GAPYENEV 2018

ULUSLARARASI GAP YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONGRESİ

INTERNATIONAL GAP RENEWABLE ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY CONGRESS

10-12 Mayıs / May 10-12

2018

Şanlıurfa-Türkiye

gapyenev2018.harran.edu.tr

BİLDİRİLER KİTABI
PROCEEDING BOOK

Yayım Tarihi / Release Date: 06.11.2018

ULUSLARARASI GAP YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ KONGRESİ (GAPYENEV 2018) BİLDİRİLER KİTABI

INTERNATIONAL GAP RENEWABLE ENERGY AND ENERGY EFFICIENCY CONGRESS (GAPYENEV 2018) THE BOOK OF TEXTS

Editörler/ Editors:

Mehmet Akif İLKHAN
Dr. Abdulkadir GÜMÜŞÇÜ
Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Dr. Nurettin BEŞLİ
Dr. Bülent YEŞİLATA

Grafik Tasarım/Graphic Design:

Ahmet TABANLIOĞLU

ISBN NO: 978-975-7113-67-6

Copyright ©2018

Yayım Tarihi/ Release Date : 06.11.2018

Bu Kongre Harran Üniversitesi GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi ve GAP Bölge Kalkınma İdaresi işbirliğinde gerçekleştirilmiştir.
This Congress was organized in cooperation with Harran University GAP Renewable Energy and Energy Efficiency Center and GAP Regional Development Administration.

Önsöz / From Editors

GAP İdaresi Başkanlığı ve Harran Üniversitesi-GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (GAP-YENEV) iş birliği ile 10-12 Mayıs 2018 tariihlerinde gerçekleştirilen ‘‘Uluslararası GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi-GAPYENEV 2018” kapsamında; 8 farklı ülkeden 116 kişilik bilim kurulu, 1000’i aşkın ziyaretçi, 176 sözlü bildiri sunumu ile sektörel ilgi odağı olma yolunda başarılı bir başlangıç sağlanmıştır.

Kongreye sunulan bildirilerin değerlendirmesi amacıyla oluşturulan Bilim Kurulu’nda Türkiye dahil 10 farklı ülkeden ve 3 farklı kıtadan, 114 Bilim insanı görev almıştır. Gerek Bilim Kurulu’nda görev yapan gerekse bildiri sunan katılımcılarımızın bağlı oldukları ulusal üniversitelerimizin sayısı ülkemizdeki her bölgeden olmak üzere 40’ın üzerindedir. GAP Bölgesinde bulunan dokuz ilin tamamındaki üniversite ve kurulumlarımızdan kongreye yoğun bir katılım ve destek sağlanmıştır. Bu istatiksel değerler kongrenin uluslararası vizyonla desteklenen, bölgesel ve ulusal olarak somut bir biçimde sahiplenilen niteliğini ortaya koymak açısından önemlidir.

Kongrede gerçekleştirilen 25 akademik oturum ile 3 tematik panel; gerek işlenen konuların zenginliği gerekse güncelliği nedeniyle yoğun ilgi çekmiştir. Tematik panellerde toplam 6 davetli konuşmacı; sadece yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği teknolojileri değil, aynı zamanda uluslararası uygulama/araştırma yöntemleri ve laboratuvarları konusundaki deneyimlerini de aktardılar.

Akademik oturumlarda ise; yenilenebilir enerji başlığı altında başta güneş enerjisi ve biyokütle teknolojileri olmak üzere, jeotermal, rüzgar, hidrolik ve hidrojen temelli enerjilerin potansiyellerinin belirlenmesi ve özgün uygulama alanlarına aktarılması yönünde çok sayıda bildiri tartışılmıştır. Bu kapsamda öne çıkan hususlardan biri, yenilenebilir enerji teknolojilerinin uygulamadaki payını arttırmak amacıyla hibrit sistem çözümlerine olan yönelimdir. En fazla bildirinin bulunduğu güneş fotovoltaik teknolojileri temelinde ise ülkemiz açısından güncelliği nedeniyle çatı üstü uygulamalara yönelik çalışmalar ön plana çıkarken, global çerçevede güncelliği nedeniyle de nesnelerin interneti ve bulut tabanlı çözümlerin entegrasyonu konularındaki sunumlar aşırı ilgi çekmiştir. Enerji verimliliği başlığı altındaki bildirilerin kapsamına bakıldığında, sanayide enerji verimliliği temelli çözümlere yönelim, binalarda enerji verimliliğine kıyasla nispeten daha öne çıkmıştır. Bu durum ülkemizdeki güncel ihtiyacı yansıtma açısından da önem taşımaktadır; ülkemizde binalardaki enerji verimliliği uygulamalarında katedilen yol, sanayide henüz istenen hızda ilerlememektedir. Sanayide enerji verimliliği kapsamında tekstil, gıda, tarımsal tesisler, seralar ve ambalaj endüstrisi gibi geniş yelpazeye dağılmış uygulamalar tartışılmıştır.

Kongrenin kısaca özetlenen bu kapsamına ek olarak en önemli sonuçlarından biri; yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çözümlerinin akademik bir pratiğin ötesinde karbon salım, iklim değişikliği, istihdam, girişimcilik ve finansman gibi somut etkileriyle birlikte ele alınması olmuştur. Kongrenin bu özelliğini yansıtan 176 bildirinin tam metin ya da özetlerinin bulunduğu bu kongre kitapçığının siz değerli katılımcı ve okuyucularımıza faydalı olmasını diler, Kongreye katkılarınızdan dolayı gönülden teşekkür ederiz.

Prof Dr. Bülent YEŞİLATA	Prof. Dr. Mehmet Azmi AKTACİR
Bilim Kurulu Başkanı	Düzenleme Kurulu Başkanı

İçindekiler / Contents

Önsöz / From Editors III

Kongre Kurulları / Congress Committees XII

Onur Kurulu / Honorary Committee XII

Bilim Kurulu / Science Committee XII

Düzenleme Kurulu / Organizing Committee XVII

Davetli Konuşmacılar / Keynote Speakers XVIII

Tam Metinler / Full Texts XIX

006-Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı Hedeflerinin Gerçekleşme Durumunun Değerlendirilmesi 1

007-Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Kullanımı: Mevcut Durum ve Gelecek için Öngörüler 6

009-Türkiye'de Sektörel Enerji Verimliliğinin Artırılması 10

012-Parabolik Kollektörle Absorbsiyonlu Buzdolabının Deneysel Çalışması 14

015-Dünyada ve Türkiye de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Hakkında Bir Literatür Araştırması 19

016-Bina Çatılarındaki Güneş Panellerinin Güneşten Azami Ölçüde Yararlanacak Şekilde Konumlandırılması 25

020-Adıyaman İli Bina Çatılarında Güneş Paneli Sistemi ile Elektrik Üretim Potansiyelinin Araştırılması 28

025-Taşınmaz Değerleme Açısından Yeşil Binalar 32

027-Türkiye ve Şanlıurfa İlinin Lignoselülozik Etanol Üretim Potansiyelinin İncelenmesi 35

028- Yeşil Gübre Baklanın (Vicia faba L.) Organik Yetiştirilen Pamukta(Gossypium hirsutum L.) Azot Döngüsünün Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi 39

029-Diyarbakır İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Biyogaz ve Elektrik Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi 44

030- Yeşil Büyüme Odaklı Maliye Politikaları: Türkiye'den Uygulamalar 49

031-Türkiye' de Endüstriyel Enerji Verimliliği Uygulamaları 54

036- Yenilebilir Enerji Kaynakları Tabanlı Mikrokojenerasyon Sistemlerin: Genel Bir Bakış 57

037- Güneş Panelleri için Kısmi Gölgelenme Koşulu Kontrolleri: Genel Bakış 62

038- Biyogaz Üretiminde Mikrobiyal Konsorsiyuma Moleküler Bir Bakış 66

041-Üçüncü Ve Dördüncü Nesil Biyoyakıtların Araştırılması 71

042-AHP-TOPSIS Kombinasyonu ile Hidroelektrik Santrallarda Bakım Planlaması 76

044- AHP-TOPSIS-Tam Sayılı Programlama Entegrasyonu ile Hidroelektrik Santrallarda Bakım Strateji Optimizasyonu 80

048- Güneş Enerji Santrali (GES) Kurulumunda Harita Mühendisliği 85

052-Ambalaj Endüstrinde Enerji Verimliliği Ön Etüt Uygulamaları.....88

053-Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları 92

054-Enerji Verimliliği Merkezi ve Bursa Örneği.....96

071- Konutlar için Çatı Üstü PV Sistemlerinde Tasarım Kriterlerinin İncelenmesi 100

076-Düzlemsel Tip Güneş Kollektörlerinin HAD İle Modellenmesi.....104

083- Temel Enerji Göstergeleri Açısından Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü Ülkelerinin COPRAS Yöntemi ile Karşılaştırılması 109

084- Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Analizi 114

091-Hibrit Güç Sistemlerinde Arıza Tespiti.....118

096-Güneş Takip Sistemi ve Maksimum Güç Noktası Takip Sisteminin PV Panel Verimine Etkileri 122

097-Güneş Enerji Santrallerinde Kısmi Gölgelenmenin Verimliliğe Etkisi 127

099-PV Sistemlerde Isı ve Tozlanmanın Panelin Performansı Üzerindeki Etkileri.....131

100- Opuntia ficus indica ve Sığır Atığının Kofermentasyonu ile Biyogaz Üretiminin Araştırılması 136

103- Enerji Verimli Üretim Çizelgeleme 140

108- PV Sistemlerde Elektriksel ve Diğer Arızalar.....144

113- Arazi Uygulamaları İçin Çok Noktalı Veri Toplama ve Kablosuz İletim Sistemi Geliştirilmesi ve Uygulanması 148

116- Yüzey geometrisinin enerji verimliliğine etkisi 153

124-Gıda Endüstrisinde Enerji ve Ekserji Uygulanması 157

127- Yerleşim Alanında Bulunan Bina Yüzeylerindeki Basınç Katsayılarının Sayısal Olarak İncelenmesi 161

130- Şehir Aydinlatmasinda Enerji Verimliliğinin İrdelenmesi: Şanliurfa İli Örneği 165

133- Rüzgar Santrallerinin Şebeke Bağlantı Kriterlerine Uygunluğunun İncelenmesi.....169

135- Yenilenebilir Enerji Maliyetlerinin Toplum ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkisi 173

141- Şebekeye Bağlı PV sistemlerde LCL Filtre Parametrelerin Dizaynı 177

143- Arazi Şartlarına Uygun Fotovoltaik Kaynaklı Mikrodenetleyici Kontrollü Sensör Ağır Güç Ünitesi Tasarımı 182

146- Alkali Yakıt Pilleri ve Tesis Uygulamaları 186

166- Su Üzerinde Kurulacak Fotovoltaik Enerji Santrallerinde Dalga Etkileri 189

172- GAP Bölgesi Tarım-Gıda Değer Zincirinin Karbon-Nötr Ekonomi Perspektifinde İncelenmesine Yönelik Bir Çalışma 193

173- Gelecek Nesil Bir Güneş Enerjisi Panelinin Kavramsal Tasarımı 201

178- Pilot Bir Uygulama için Sabit ve Çift Eksenli Fotovotaik Sistem Simulasyonlarının Enerji Üretimi Karşılaştırması 196

Özet Metinler / Abstracts.....200

010-İklim Verilerini Kullanarak Güneş Enerjisi Elektriksel Güç Tahmini.....201

011- Akıllı Kent Sistemleri ile Enerji Verimliliği 211

014-Plunger Vanalarda Akışın Sayısal İncelenmesi 212

017- Arazi Tesviyesinin Karbondioksit Emisyonuna Etkisi 215

018- Sıcaklığın Topraktaki Karbondioksit Emisyonuna Etkisi.....216

019-Sulamanin Topraktaki Karbondioksit Salınımına Etkisi 217

022- Güneş Enerjisi Destekli Jeotermal Isı Pompasının Yapay Sinir Ağı ile Performans Tahmini.218

023- Diyarbakır İli İçin Uzun Dönemli Güneş Radyasyonunun Ekserji Analizi 220

024- Nötral pH'da Elektrokatalitik Hidrojen Üretimi için kararlı ve aktif Ni-katkılı MnOx Nanotel Elektrokatalizörünün Geliştirilmesi 221

025-800 Kw Monoblok Bir Trafo Köşkünün Akış Ve Isı Karakteristiklerinin Nümerik Araştırılması 223

032-Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Santrali Karbon Yaşam Döngüsü.....225

033- Biyogaz Motorlu bir Birleşik Isı ve Güç Üretim Sisteminin Genetik Algoritma Yöntemi ile Optimizasyonu 227

034- Optoelektronik ve Güneş Pili Uygulamaları İçin Nano-taneli Zn1-xFexO İnce Filmlerinde Film Büyütme Tekniğinin Rolü 228

035- Zn1-xMnxO İnce Filmlerinin Belirli Fiziksel Özelliklerinin Üretim Yöntemine Bağlı Olarak Güneş Hücresi Uygulamaları İçin Geliştirilmesi; Sol-gel ve Magnetron Püskürtme 230

039- Nesnelerin İnterneti İle Konutlarda Enerji Verimliliği 232

040- Design and simulation of a maximum power point tracker using buck converter for photovoltaic system 234

043-Hidroelektrik Santrallarda Kısıt Programlama ile Vardiya Çizelgeleme Probleminin Çözümü 238

045- Güneş Panellerinde Tozlanma Tespiti ve Temizleme Protokolünün Kontrolü için Histerezis Yükseltme Aşaması Sistemi 239

046-Yüksek Sıcaklıkta Çalışan Fotovoltaik Hücrelerin Soğutmasını İyileştirmek için Sayısal Bir Çalışma 241

047-Dünyada ve Türkiye'de Biyoetanol Potansiyeli ve Kullanım Alanları 243

049-Vacuum-free Processed Cu2ZnSnS4 Solar Cell 245

050- Investigation of Optical and Electrical Properties of ITO Thin Films Produced by Magnetron Sputter Technique 246

056-Türkiye'nin Günlük Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Durumu ve Gelişimi 247

057-Türkiye Enerji Güvenliği ve Dışa Bağımlılığın Azaltılmasında Yenilenebilir Enerjinin İşlevi 248

058-Yeşil Konutlarda, Alternatif Soğutma Sistemi Olarak Metal Hidrid Soğutma Sisteminin Kullanılabilirliğinin Araştırılması 250

059- Biyokütlenin Isıl Değerinin Kısa Analiz ve Elementel Analiz Sonuçlarının Birlikte Kullanılmasıyla Belirlenmesi 253

061- Akıllı Evlerde Tüketilen Enerjinin Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Belirlenmesi 255

062- Jeotermal Rezervuar Modelleme 258

063- Türkiye Biyogaz Potansiyeli ve Biyogaz Üretim Süreci 260

064- Kütahya-Simav Jeotermal Sahası Re-Enjeksiyon Çalışmaları 262

065- Elektrik Tesisinde Harmonik İncelemesi ve Harmonik Filtreli Kompanzasyon 264

066- Elektrik Enerjisiyle Çalışan Absorpsiyonlu Buzdolabının Performansının Tespit Çalışması .265

067- Metal Hidrid Tankların Diziliminde Optimum Aralığın Deneysel Olarak Bulunması 266

068- H2O'dan Hidrojen elde edilmesi ve CO2 kullanımı için Kobaloksim Katalizatörlerinin Katalitik Stratejileri 268

069- Bitcoin Madenciliğide Harcanan Enerji ve Sürdürülebilirliği 270

070- Organoboron Katalizörleri İle Sera Gazı CO2'in Fiksasyonu 272

072-Bitlis İli Su Kaynaklarının Jeotermal Enerji Üretimi Açısından Değerlendirilmesi 274

073- Sabit Eğimli ve Tek Eksen İzleyicili Fotovoltaik Panellerin Enerji Verimliliği Açısından Karşılaştırılması 277

075- Düzlemsel Tip Güneş Kollektörlerde Verim Artırıcı Uygulamalar.....280

080- Güneş Enerji Sistemlerinde Kullanılan İnverter Tasarımındaki Son Gelişmeler.....281

081- Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller Ve Gelişimi.....283

082- CZTS/CdS Diode for the Substrate Type Solar Cell Application 285

085- Konutlarda Optimum PV Öz-tüketim Değerlerinin Bulunması 286

086-İklimsel Veriler Kullanarak Toprak Sıcaklığının Sonlu Fark Metoduyla Hesaplanması.....288

087- Şırnak Üniversitesi Binalarının Çatı üstü Fotovoltaik Panel Potansiyelinin Belirlemesi 290

088- Hareketli ve Sabit Güneş Panellerinin Benzetim Ortamında Verimliliklerinin Analizi 292

089- Kısmi Gölgelenme Şartları için MATLAB Tabanlı Fotovoltaik Sistem Modellemesi ve MPPT Teknikleri 294

090- Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık Etkisinin Benzetim Ortamında Analizi.....296

092- Türkiye' nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Düşük Sıcaklıklı Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi.....298

093- Adıyaman İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Arıtma Çamurundan Biyogaz Üretimi....300

094-Mikroalglerden Biyoetanol Üretimi.....301

095-İhtiyaç Fazlası Elektrik Enerjisinin Depolanma Yöntemleri 303

098- Fotovoltaik Uygulamalar için MGNİ Yöntemlerinin Derinlemesine Araştırılması.....305

101- İskenderun Bölgesi için Ortalama Rüzgar Hızının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini 307

104- Ejektörlü Aşırı Soğutmalı Yeni Nesil Bir Soğutma Sisteminin Termodinamik Similasyonu 309

105- Farklı Akışkan Çiftleri Kullanarak Mekanik Aşırı Soğutmalı Bir Soğutma Çevriminin Analitik Olarak İncelenmesi 314

106-Fotovoltaik Panellerin Yerkaynaklı Isı Değiştiricisi Kullanarak iyileştirilmesi 318

107- Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Gerikazanımı için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santraller 323

109- Mikrobiyal Yakıt Hücrelerinde Katodik Elektron Alıcılar 325

110- Jet Etkili Havalı Güneş Kollektörünün Etkinliğinin Deneysel Analizi.....327

111- Yenilenebilir Enerjilere Yönelik Devlet Teşvikleri 329

112- Seralarda Enerji Verimliliği 332

114- Türkiye'de Yerel Yönetimlerin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Bakışı 334

115- Veri Madenciliği Yöntemleri ile Meteorolojik Verilerden Kayıp Güneş Işınım Değerlerinin Tahmini 335

117- Biyoetanol Elde Edilme Mekanizmaları, Avantajları-Dezavantajları.....336

118- Farklı Bakır Tuzlarının Kimyasal Depolama Yöntemi İle Depolanan CuS İnce Filmlerin Özellikleri Üzerindeki Etkisi.....338

119- Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Endüstriyel İşletmelerin Enerji Verimliliği Değerlendirmesi 340

120- Püskürtme Yöntemi ile Depolanan SnO2 İnce Filmin Fiziksel Özellikleri 342

121- Molaritenin Bakır Sülfür İnce Filmlerin Yapısal ve Optik Özellikleri Üzerindeki Etkisi 344

122- Tünel Aydınlatmasında Kullanılan LED ve Geleneksel Armatür Verimliliğinin Sayısal Analizi 347

123- Nümerik Hesaplamlarla Oluşturulan Reflektör Tasarımının Enerji Verimliliğine Katkısı.....349

125- Endüstriyel Solar Kurutma Uygulamaları 351

126- Stirling Motorlu Enerji Üretimi 352

128- Atıksuların Arıtılmasında Kullanılan Anaerobik Biyoreaktörlerde Biyogaz Üretim Potansiyellerinin Kıyaslanması 354

129- GAP Bölgesi için Güneş Takip Sistemi Yapılarının ve Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi .356

131- GAP Bölgesi için Güneş Takip Sistemi Yapılarının İncelenmesi.....358

132- Fotovoltaik Sistemlerin Yapilarda Kullanim Biçimleri ve Gap Bölgesinde Fizibilite Çalışması 360

134-Recent Developments in Urban Energy Efficiency: A Review for Turkey 362

136- Sosyal Medya Ortaminda Kullanilan Enerji Kavramlarinin Karşilaştirilmasi.....364

137- Tarımsal Üretimde Veri Madenciliği ve Optimizasyon Uygulamaları 366

138- Kare Tipi Menfez Kullanılan Bir Ortamdaki Hız, Sıcaklık Dağılımlarının Sayısal Olarak İncelenmesi 367

139- Mikro Şebeke Yapıları ve Enerji Yönetimi 369

140- Şanlıurfa İstasyonun Aylık Ortalama Global Güneşlenme Şiddetinin Trend Analizi 371

144- Güneş Panellerinin Monte Edildiği Yüzeyin Panel Kirlenmesine ve Termal Karakteristiğine Etkisi.....372

145-800 KW Monoblok Bir Trafo Köşkünün Çatı Sıcaklığının Havalandırma Performansına Etkisi 373

147- Güneş Panellerinin Monte Edildiği Yüzeyin Panel Rüzgar Direncine Etkisinin Nümerik Araştırılması 374

148- Farklı Tip Güneş Kollektörlerinin Isıl Verim Değerlerinin Hesapsal Zekâ Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi 375

149- Şebeke Bağlantılı Bir Fotovoltaik Sistemin Bursa Şartlarında Tasarımı ve Performans Değerlendirmesi 376

150- Seramik Kurutucu Bir Fırında Isı Kaçışlarının Nümerik ve Deneysel Araştırılması.....378

151- Çalışma Basıncının Fan Tipi Bir Sulama Memesinin Performansına Etkisinin Nümerik Araştırılması 379

152- Düzlemsel Vakum Tüplü Bir Termal Kolektörün Tasarımı 380

153- Şanlıurfa'da Jeotermal Enerji Kaynaklarının Yönetimi İçin İdari Bir Model 381

155- Binalar Etrafındaki Türbülanslı Akışın Sayısal Olarak İncelenmesi 382

156- Farklı Tipte Dış Duvar Yapı Elemanları için Örnek bir Binanın Isıtma Yükünün TS825 ile Hesaplanması.....384

157- Hidrojenin Depolanması ve Borhidrürlerden Hidrojen Üretimi 386

158- Düşük Sıcaklıklı Bir Kurutma Sisteminin Analizi 390

159- Nem Almalı-Nem Uzaklaştırmalı Bir Damıtma Sisteminin Analizi.....392

160- Farklı Yapıya Sahip Seralar için Isıtma İhtiyacının Belirlenmesi.....394

161- Kırmızı Biberlerin Güneşte Kurutulması Sırasında Parçalanma Kinetiği.....396

162- Kırmızı Biberlerin Güneşte Kurutulması Sırasında Uçucu Bileşiklerdeki Değişimler.....397

163- Geleneksel Rüzgar Değirmenlerinin Yeşil Gıda İşlemede Rolü.....399

165- Siirt İlinde Küçük Ölçekli Bir Güneş PV Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Analizi .400

167- Partikül Maddelerin PV Panel Performansına Etkileri 402

168- ZnO Tabanlı Heterojonksiyon Foto Diyotun Işığa Duyarlılık Performansı 404

169- Çatı Kurulumlu Fotovoltaik Enerji Santralinin Performans Değerlendirmesi 405

170- GAP Bölgesinde Karbon-Nötr Ekonomiye Geçişte Yeşil Enerji Teknolojilerine Yönelik Değer Zincirinin Kurulması 407

171- Karbon-Nötr Ekonomiye Geçiş Perspektifinde Bir Yazılım Algoritmasının Geliştirilmesi ve GAP Bölgesi Binalar Sektörüne Uygulanması.....409

174- Yenilenebilir Enerji Uygulamaları için Altın Takılı Plasmonik TiO2 Nanoyapılar 411

175- Dairesel Silindirin Yakın Ard İzi Bölgesindeki Akışın Kontol Edilmesi 413

176- Dairesel Silindirin Yakın Ard İzi Bölgesindeki Akışın Delikli Silindir ve Ayırıcı Plaka ile Kontol Edilmesi.....416

177- Güneş Pilli Sulama Sistemlerine Örnek Projeler 418

Kongre Kurulları / Congress Committees

Onur Kurulu/ Honorary Board

Prof. Dr. Ramazan	TAŞALTIN	Harran Üniversitesi Rektörü
Sadrettin	KARAHOCAGİL	GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanı

Bilim Kurulu Başkanı / Chairman of the Scientific Committee

Dr. Bülent	YEŞİLATA	GAPYENEV Kurucu Müdürü / Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bilim Kurulu / Science Board

No	Unvan-Ad	Soyad	Üniversite
1	Dr. Ahmet Ziyaettin	ŞAHİN	King Fahd University, S.Arabistan
2	Dr. Lina Abu	GHUNMİ	The University of Jordan, Ürdün
3	Dr. Giovanni	ESPOSİTO	University of Cassino and Southern Lazio, İtalya
4	Dr. Yifeng	ZHANG	Technical University of Denmark
5	Dr. Francesco	DI CAPUA	University of Naples Federico II
6	Dr. Yasuji	YAMADA	Shimane University, JAPAN
7	Dr. Yanjun	DAİ	Shanghai Jiao Tong University, China
8	Dr. Yogi	GOSWAMI	University of South Florida, USA
9	Dr. Nicola	ROMEO	University of Parma, Italy
10	Dr. Soteris	A. KALOGIROU	Cyprus University of Technology, Cyprus
11	Dr. Hamit	ADİN	Batman Üniversitesi
12	Dr. Dursun	AKASLAN	Harran Üniversitesi
13	Dr. Hüseyin	AKILLI	Çukurova Üniversitesi
14	Dr. Mehmet Azmi	AKTACİR	Harran Üniversitesi
15	Dr. Bülent	AKTAŞ	Harran Üniversitesi
16	Dr. Metin	AKTAŞ	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
17	Dr. Hacı Mehmet	ALAĞAŞ	Kırıkkale Üniversitesi
18	Dr. Halil Murat	ALGIN	Harran Üniversitesi
19	Dr. Dilan	ALP	Şırnak Üniversitesi
20	Dr. Şehmus	ALTUN	Batman Üniversitesi

21	Dr. Ahmet	ALTUNCU	Dumlupınar Üniversitesi
22	Dr. Mevlüt	ASLAN	Bozok Üniversitesi
23	Dr. Ferhat	ASLAN	Harran Üniversitesi
24	Dr. Mustafa	ASLAN	Harran Üniversitesi
25	Dr. A. Ferit	ATASOY	Harran Üniversitesi
26	Dr. Nihat	ATMACA	Gaziantep Üniversitesi
27	Dr. Salih	AYDEMİR	Harran Üniversitesi
28	Dr. Kadir	AYDIN	Çukurova Üniversitesi
29	Dr. Orhan	AYDIN	Karadeniz Teknik Ün.
30	Dr. İ. Berkant	AYDİLEK	Harran Üniversitesi
31	Dr. Mustafa Hakkı	AYDOĞDU	Harran Üniversitesi
32	Dr. Asım	BALBAY	Siirt Üniversitesi
33	Dr. Kemal	BAYRAKTAR	İzocam
34	Dr. Nurettin	BEŞLİ	Harran Üniversitesi
35	Dr. Selim	BÖREKÇİ	Akdeniz Üniversitesi
36	Dr. Hüsamettin	BULUT	Harran Üniversitesi
37	Dr. Orhan	BÜYÜKALACA	Çukurova Üniversitesi
38	Dr. Hüseyin	CANBOLAT	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
39	Dr. Fatih Vehbi	ÇELEBİ	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
40	Dr. Cenk	ÇELİK	Kocaeli Üniversitesi
41	Dr. Salim	ÇERÇİ	Adıyaman Üniversitesi
42	Dr. Emine	ÇOKGÖR	İstanbul Teknik Üniversitesi
43	Dr. Mehmet Ali	ÇULLU	Harran Üniversitesi
44	Dr. İhsan	DAĞTEKİN	Fırat Üniversitesi
45	Dr. Fatih	DİLEKOĞLU	Harran Üniversitesi
46	Dr. Tuba Rastgeldi	DOĞAN	Harran Üniversitesi
47	Dr. Orhan	ENGİN	Selçuk Üniversitesi
48	Dr. Saffet	ERDOĞAN	Harran Üniversitesi
49	Dr. Tamer	EREN	Kırıkkale Üniversitesi
50	Dr. Fred Barış	ERNST	Harran Üniversitesi

51	Dr. Ahmet	FERTELLİ	Cumhuriyet Üniversitesi
52	Dr. Nilgün	FIĞLALI	Kocaeli Üniversitesi
53	Dr. Zeynel A.	FIRATOĞLU	Harran Üniversitesi
54	Dr. Gökhan	GELEN	Bursa Teknik Üniversitesi
55	Dr. Ayetül	GELEN	Bursa Teknik Üniversitesi
56	Dr. Fahrettin	GÖKTAŞ	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
57	Dr. Abdullah	GÖKTAŞ	Harran Üniversitesi
58	Dr. Tahir	GÜLLÜOĞLU	Harran Üniversitesi
59	Dr. Hakkı	GÜLŞEN	Harran Üniversitesi
60	Dr. Bilal	GÜMÜŞ	Dicle Üniversitesi
61	Dr. Veysel	GÜMÜŞ	Harran Üniversitesi
62	Dr. Abdülkadir	GÜMÜŞÇÜ	Harran Üniversitesi
63	Dr. Ali	GÜNGÖR	Ege Üniversitesi
64	Dr. Metin	GÜRÜ	Gazi Üniversitesi
65	Dr. İsmail	HİLALİ	Harran Üniversitesi
66	Dr. Ertaç	HÜRDOĞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
67	Dr. Nesrin	ILGIN	Dicle Üniversitesi
68	Dr. Oğuz	IŞIK	ODTÜ/YTM-MATPUM
69	Dr. Ali	KAHRAMAN	Konya N. Erbakan Ü.
70	Dr. Mehmet	KANOĞLU	Gaziantep Üniversitesi
71	Dr. Refet	KARADAĞ	Adıyaman Üniversitesi
72	Dr. Kerim	KARADAĞ	Harran Üniversitesi
73	Dr. Serkan	KAYA	Harran Üniversitesi
74	Dr. Murat	KISA	Harran Üniversitesi
75	Dr. Günnur	KOÇAR	Ege U. Güneş Enerjisi Enstitüsü
76	Dr. Nihat	KÜÇÜK	Harran Üniversitesi
77	Dr. Ferhat	KÜP	Harran Üniversitesi
78	Dr. Mehmet Akif	NACAR	Harran Üniversitesi
79	Dr. Necdet	ÖZBALTA	Ege Üniversitesi
80	Dr. Evrencan	ÖZCAN	Kırıkkale Üniversitesi

81	Dr. Mustafa	ÖZEN	Harran Üniversitesi
82	Dr. Hasan Hüseyin	ÖZTÜRK	Çukurova Üniversitesi
83	Dr. Mehmet Koray	PEKERİÇLİ	ODTÜ/YTM-MATPUM
84	Dr. Melih	PINARCIOĞLU	ODTÜ/YTM-MATPUM
85	Dr. Ramazan	SAĞLAM	Harran Üniversitesi
86	Dr. Ali	SARIIŞIK	Harran Üniversitesi
87	Dr. Gencay	SARIIŞIK	Harran Üniversitesi
88	Dr. Mehmet Yaşar	SEPETÇİOĞLU	Harran Üniversitesi
89	Dr. Barış	SEVİM	Yıldız Teknik Üniversitesi
90	Dr. Muhyettin	SİRER	UNDP
91	Dr. Esra	SİVEREKLİ	Harran Üniversitesi
92	Dr. Deniz	SUNAR ÇERÇİ	Adıyaman Üniversitesi
93	Dr. Hadi	SÜZER	Harran Üniversitesi
94	Dr. Beşir	ŞAHİN	Çukurova Üniversitesi
95	Dr. Erkan	ŞAHİNKAYA	Medeniyet Üniversitesi
96	Dr. Mehmet	ŞİMŞEK	Harran Üniversitesi
97	Dr. Ali Murat	TANYER	ODTÜ/YTM-MATPUM
98	Dr. Mustafa	TOMBUL	Anadolu Üniversitesi
99	Dr. Mehmet Fatih	TÜYSÜZ	Harran Üniversitesi
100	Dr. Deniz	UÇAR	Harran Üniversitesi
101	Dr. Habib	UMUR	Uludağ Üniversitesi
102	Dr. Sinan	UYANIK	Harran Üniversitesi
103	Dr. Fatih	ÜNAL	Mardin Artuklu Üniversitesi
104	Dr. Hasan	VARDİN	Harran Üniversitesi
105	Dr. Onur	YEMENİCİ	Uludağ Üniversitesi
106	Dr. Kasım	YENİGÜN	Harran Üniversitesi
107	Dr. Mehmet İrfan	YEŞİLNACAR	Harran Üniversitesi
108	Dr. Erdal	YILDIRIM	Harran Üniversitesi
109	Dr. Ali	YILDIRIM	Harran Üniversitesi
110	Dr. Remzi	YILDIRIM	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
111	Dr. Cengiz	YILDIZ	Fırat Üniversitesi

112	Dr. Abdullah	YILDIZ	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
113	Dr. Tuncay	YILMAZ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
114	Dr. Recep	YUMRUTAŞ	Gaziantep Üniversitesi

Düzenleme Kurulu Başkanı / Chairman of the Organizing Committee

Dr. M. Azmi	AKTACİR	GAPYENEV Müdürü

Düzenleme Kurulu / Organizing Committee

No	Ad	Soyad	Kurum
1	Mehmet Akif	İLKHAN	Harran Üniversitesi
2	Mehmet Emin	TENEKECİ	Harran Üniversitesi
3	Abdülkadir	GÜMÜŞÇÜ	Harran Üniversitesi
4	Ahmet Ersin	ALTIPARMAK	Harran Üniversitesi
5	Yusuf	IŞIKER	Harran Üniversitesi
6	Yunus	DEMİRTAŞ	Harran Üniversitesi
7	Harun	ÇİFTÇİ	Harran Üniversitesi
8	Yılmaz	DAĞTEKİN	GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
9	Muhyettin	SİRER	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
10	Ahmet	TABANLIĞLU	GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
11	Sami	ABAMOR	Harran Üniversitesi
12	Ümran	ATAY	GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
13	Mehtap	SARAÇOĞLU	GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
14	Mustafa	GERGER	GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
15	Öskan	BARUTÇUOĞLU	Harran Üniversitesi
17	Fatma Didem	ALAY	Harran Üniversitesi
18	Fatma Zuhal	ADALAR	Harran Üniversitesi

Davetli Konuşmacılar / Invited Speakers

No	Ad	Soyad	
1	Dr. Samer	ZAWAYDEH	AEE Yönetim Kurulu Üyesi
2	Dr. Birol	KILKIŞ	Başkent Üniversitesi Öğretim Üyesi, TTMD Başkanı
3	Dr. Günnur	KOÇAR	Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Müdürü
4	Dr. Kemal Gani	BAYRAKTAR	İzocam Pazarlama Direktörü, ISES YK Üyesi
5	Dr. Halime Ömür	PAKSOY	Çukurova Üniversitesi Öğretim Üyesi
6	Dr. Deniz	SUNAR ÇERÇİ	Adıyaman Üniversitesi Öğretim Üyesi

TAM METİNLER/ FULL TEXT

Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı Hedeflerinin Gerçekleşme Durumunun Değerlendirilmesi

Evaluation of Realization Performance the Targets of National Renewable Energy Action Plan in Turkey

Hasan Hüseyin ÖZTÜRK[1]
Cahit GÜNGÖR[2]
Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM[3]
Ümran ATAY[4]

[1]Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, hhozturk@cu.edu.tr
[2]Tarım Ekonomisi Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, gungorc@cu.edu.tr
[3]Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye, kaan.kucukerdem@ıgdır.edu.tr
[4]GAP Tarımsal Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye, umranatay47@gmail.com

Özetçe—Bu çalışmada, Yenilenebilir Enerji Eylem Planında (YEEP) 2017 ve 2023 yılları için öngörülen hedeflerin gerçekleşme durumu değerlendirilmiştir. Ülkemizde 2013-2023 dönemi için hazırlanan YEEP hedeflerine göre, 2023 yılında elektriğin en az % 30'u yenilenebilir kaynaklardan üretilecektir. 2023 yılına kadar, yaklaşık 159 TWh elektrik üretebilecek 61 GW'lık yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi oluşturulacaktır. YEEP'nın da 2017 yılı için 41.2 GW yenilenebilir enerji kurulu gücü ve 109.7 TWh elektrik üretimi öngörülmüştür. Enerji Piyasası Düzenlenme Kurumunun (EPDK) verilerine göre, 2017 yılında yenilenebilir enerji kurulu gücü 38.4 GW ve elektrik üretimi 84.5 TWh olarak gerçekleşmiştir. YEEP'nın da 2017 yılı için öngörülen yenilenebilir enerji kurulu gücünün %97.3'ü ve elektrik üretiminin % 70.2'si gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler — Türkiye; yenilenebilir enerji elektrik üretimi; kurulu güç.

***Abstract*—**In this study, the realization of the targets for 2017 and 2023 of the Renewable Energy Action Plan (REAP) was evaluated. According to the REAP targets prepared for the period 2013-2023 in our country, at least 30% of electricity will be produced from renewable sources in 2023. By 2023, a renewable energy installed capacity of 61 GW will be generated to produce approximately 159 TWh of electricity. The YEEP foresees 41.2 GW renewable energy installed power and 109.7 TWh electricity generation for 2017. According to the Energy Market Regulatory Authority (EPDK), in 2017 the renewable energy board power was 38.4 GW and electricity generation was 84.5 TWh. In the YEEP, 97.3% of the renewable energy power and 70.2% of the electricity production foreseen for 2017 were realized.

Keywords—Turkey, energy efficiency, sectoral improvements.

I. GİRİŞ

Türkiye dünyanın 17. Avrupa'nın ise 6. büyük ekonomisidir. Büyüyen ekonomisi ve artan nüfusu ile birlikte, Türkiye'deki enerji talebi hızlı bir şekilde artmaktadır ve bu durum hem elektrik hem de diğer birincil enerji kaynakları için olmak üzere enerji arz güvenliğini hükûmet gündeminin en üst sıralarına taşımıştır. Türkiye ekonomisi ithal enerji kaynaklarına bağımlı bir ülkedir ve 2012 yılı itibariyle birincil enerji tüketiminin yüzde 90'ı, ağırlıklı kısmı ithal edilmekte olan fosil yakıtlara dayalıdır. Önümüzdeki yıllarda da Türkiye'nin ekonomik kalkınma surecinin devam edeceği öngörülmektedir ve dolayısıyla da enerji talebinin artmaya devam edeceği beklenmektedir.

Mevcut tahminlere göre, 2011-2023 döneminde birincil enerji talebinde yaklaşık % 90'lık bir artış yaşanacaktır. Bu ortamda, yeni üretim yatırımların devreye alınması, enerji kaynaklarının çeşitliliği (örneğin, yerli ve yenilenebilir kaynaklara duyulan ihtiyaç) ve enerji verimliliğinin en üst düzeye çıkarılması Türkiye için önemli hususlar olarak öne çıkmaktadır. Yüksek düzeydeki enerji bağımlılığından kaynaklanan risklerin önlenmesi ve sürdürülebilir bir enerji modelinin geliştirilebilmesi için, Hükümet temel olarak yenilenebilir enerjiye dayalı alternatif çözümlerin teşvik edilmesi konusunda kararlılık göstermektedir. Türkiye geleceğe

donuk olarak yenilenebilir enerjinin önemli bir rol oynadığı yenilikçi bir enerji politikası yürütmektedir.

Türkiye bir yandan 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi talebinin en az yüzde 30'unu karşıladığı bir üretim portföyü oluşmasını ve ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının yüzde 10'unun yenilenebilir enerjiden karşılanmasını hedeflemekte, diğer yandan 2023 yılında enerji yoğunluğunu yani birim GSYH başına tüketilen enerji miktarını 2011 referans yılında gerçekleşmiş olana göre en az yüzde 20 düşürmeyi amaçlamaktadır. Hükümet hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin yüksekliğinden hareketle 2023 yılı için bu kaynaklara dayalı elektrik üretimine ilişkin oldukça iddialı hedefler belirlemiştir. Bu kaynakların daha fazla kullanımı ile birlikte 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı en az %30'a yükselecektir [1].

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretilmesi ve enerji verimliliği önlemlerinin teşvik edilmesi enerji politikasının iki önceliğini oluşturmaktadır. Bu öncelikler, sürdürülebilir bir sanayi gelişimini de desteklemektedir. Bunun en önemli göstergelerinden biri ise Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (YEEP) ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planıdır (EVEP). Enerji politikasının temel amaçları arz güvenliği ile ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasıdır. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2013-2023 dönemi için Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planını hazırlamıştır. Bu çalışmada, YEEP'nın da 2017 ve 2023 yılları için öngörülen hedeflerin gerçekleşme durumu değerlendirilmiştir.

II. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ÜRETİMİ

A. *Fosil Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi*

Dünya genelinde olduğu gibi, Türkiye'de de elektrik üretimi fosil yakıtlara dayalı olarak üretilmektedir. Türkiye'de, 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle, toplam (lisanslı+lisansız) elektrik kurulu gücünün ve üretiminin fosil enerji kaynakları bazında dağılımı, sırasıyla Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)			Oran (%)
	Lisanslı	Lisanssız	Toplam	
Doğal gaz	26.329,31	85,88	26.415,19	56,979
Linyit	9.267,12	-	9.267,12	19,990
İthal kömür	8.936,35	-	8.936,35	19,276
Fuel oil	712,27	-	712,27	1,536
Taş kömürü	616,15	-	616,15	1,329
Asfaltit	405,00	-	405,00	0,874
Nafta	4,74		4,74	0,010
LNG	1,95		1,95	0,004
Motorin	1,04		1,04	0,002
TOPLAM	**46.273,93**	**85,88**	**46.359,81**	**100**

Tablo 1. Türkiye'de toplam elektrik kurulu gücünün fosil enerji kaynakları bazında dağılımı [2]

Kaynak Türü	Elektrik Üretimi (MWh)			Oran (%)
	Lisanslı	Lisanssız	Toplam	
Doğal gaz	8.909.718,09	12.941,37	8.922.659,46	50,049
İthal kömür	4.756.105,46	-	4.756.105,46	26,678
Linyit	3.586.730,40	-	3.586.730,40	20,119
Taş kömürü	275.572,83	-	275.572,83	1,546
Asfaltit	199.907,90	-	199.907,90	1,121
Fuel oil	86.081,03	-	86.081,03	0,483
Motorin	600	-	600	0,003
LNG	352	-	352	0,002
TOPLAM	**17.815.067,71**	**12.941,37**	**17.828.009,08**	

Tablo 2. Türkiye'de toplam elektrik üretiminin fosil enerji kaynakları bazında dağılımı [2]

Tablo 1 incelendiğinde, Türkiye'de, 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle, fosil enerji kaynaklarına bağlı toplam elektrik kurulu gücünün 46.359,81 MW olduğu görülmektedir. Toplam elektrik kurulu gücünü; 26.415,19 MW'ını doğal gaz, 9.267,12 MW'ını linyit ve 8.936 MW'ını da ithal kömür kullanılan termik santraller oluşturmaktadır. 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle fosil yakıta dayalı toplam elektrik kurulu gücünün % 96.05'ini lisanslı olarak üretim yapan doğal gaz, linyit ve ithal kömür kullanan santraller oluşturmaktadır. Termik santraller arasında kurulu güç bakımından doğal gaz santralleri % 56.98 değeri ile birinci sırada olup, doğal gaz santrallerini % 19.99 değeri ile linyit yakan santraller ve % 19.28 değeri ile ithal kömür kullanılan santraller izlemektedir.

Türkiye'de 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle, fosil enerji kaynaklarına bağlı toplam 17.828.009,09 MWh elektrik üretilmiştir (Tablo 2). Termik santrallerin kurulu güç değerlerine paralel olarak, belirtilen tarih itibariyle, fosil yakıtlara dayalı elektrik üretiminin % 50'si doğal gaz santrallerinde, % 26,68'i linyit santrallerinde ve % 20,12'si ithal kömür kullanılan santrallerde gerçekleştirilmiştir (Tablo 2).

B. *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretimi*

Türkiye, coğrafi konumu ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu kaynaklardan azami ölçüde yararlanmak hem enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak hem de yeni istihdam alanlarının oluşumuna zemin hazırlayacaktır. Türkiye; 1.520 kWh/m^{2}yıl güneş enerjisi, 160 000 GWh/yıl hidroelektrik, 48 GW rüzgar, 35 GW jeotermal ve 8.6 Milyon TEP biyokütle enerjisi potansiyeline sahiptir [3,4].

Enerji Piyasası Düzenlenme Kurumunun (EPDK) verilerine göre, 2017 yılında yenilenebilir enerji kurulu gücü 38.4 GW ve elektrik üretimi 84.5 TWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de, 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle, toplam (lisanslı+lisansız) elektrik kurulu gücünün ve üretiminin yenilenebilir enerji kaynakları bazında dağılımı, sırasıyla Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Ülkemizde, barajlı hidrolik ve akarsular dışında, 6.514,22 MW rüzgar, 2.997,49 MW güneş, 1.063,73 jeotermal ve 516,44 MW biyokütle kaynaklı kurulu güç bulunmaktadır (Tablo 3). Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün, % 16,98'ini rüzgar elektrik santralleri

(RES), % 7,81'ini güneş elektrik santralleri (GES), % 2.77'sini jeotermal elektrik santralleri (JES) ve % 1,35'ini biyokütle elektrik santralleri (BES) oluşturmaktadır.

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)			Oran (%)
	Lisanslı	Lisanssız	Toplam	
Barajlı hidrolik	19.742,95	-	19.742,95	51,459
Akarsu	7.522,68	8,69	7.531,37	19,630
Rüzgar	6.482,12	32,1	6.514,22	16,979
Jeotermal	1.063,73	-	1.063,73	2,773
Biyokütle	449,72	66,72	516,44	1,346
Güneş	17,9	2.979,59	2.997,49	7,813
TOPLAM	**35.279,10**	**3.087,10**	**38.366,20**	100,00

Tablo 3. Türkiye'de toplam elektrik kurulu gücünün yenilenebilir enerji kaynakları bazında dağılımı [2]

Kaynak Türü	Elektrik Üretimi (MWh)			Oran (%)
	Lisanslı	Lisanssız	Toplam	
Barajlı hidrolik	41.278.222,47	0	41.278.222,47	48,835
Rüzgar	17.859.858,19	9.646,93	17.869.505,12	21,141
Akarsu	17.130.225,74	1.647,45	17.131.873,19	20,268
Jeotermal	5.969.481,97	0	5.969.481,97	7,062
Biyokütle	2.004.901,88	16.256,89	2.021.158,77	2,391
Güneş	24.557,68	230.779,03	255.336,71	0,302
TOPLAM	**84.267.247,93**	**258.330,3**	**84.525.578,23**	100,0

Tablo 4. Türkiye'de toplam elektrik üretiminin yenilenebilir enerji kaynakları bazında dağılımı [2]

Türkiye'de 2017 yılı Aralık ayı sonu itibariyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına bağlı toplam 84.525.578,23 MWh elektrik üretilmiştir (Tablo 4). Barajlı hidrolik ve akarsu santralleri dışında, yenilenebilir elektrik santrallerin kurulu güç değerlerine paralel olarak, belirtilen tarih itibariyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin % 21,14'ü RES'lerinde, % 7,06's JES'lerinde, % 2,39'u BES'lerinde ve % 0,30'u GES'lerinde gerçekleştirilmiştir (Tablo 2).

III. YENİLENEBİLİR ENERJİ EYLEM PLANI

A. *Yenilenebilir Enerji Eylem Planının Amaç ve Hedefleri*

Türkiye'nin Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (UYEEP) 2009/28/EC sayılı Direktif ile uyumlu ve 30.06.2009 tarihli (2009/548/EC sayılı) Avrupa Komisyonu Kararında belirtilen şablon dikkate alınarak hazırlanmıştır. UYEEP'nın amacı, Türkiye'de yenilenebilir enerjinin geliştirilmesini teşvik etmeye yönelik stratejileri oluşturmaktır. Bu stratejiler aşağıdaki amaçlar için oluşturulmuştur [1]:

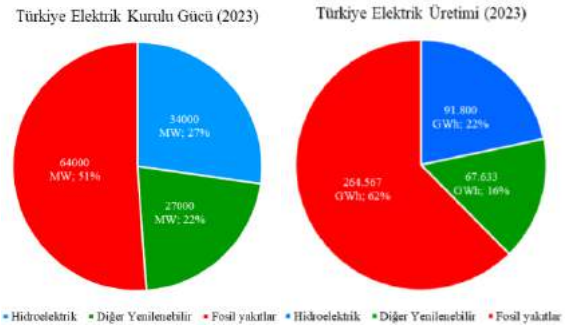
- Türkiye'de yenilenebilir kaynakların ekonomik potansiyelinin yüksek olduğu göz önüne alınarak, 2023 yılına kadar yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin toplam üretimdeki payının en az %30'a yükseltmek.
- 2009/28/EC sayılı Direktifte belirtilen ulaştırma sektöründe yenilenebilir enerji kullanım düzeyini %10'a yükseltmek.
- 2023 yılına kadar daha yüksek yenilenebilir enerji kurulu gücüne ulaşarak teknolojik ve endüstriyel kalkınmaya katkıda bulunmak.
- İklim değişikliği etkileri ve ekosistemin sürdürülebilirliği dikkate alınarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını planlanmak ve planları iklim değişikliğini azaltmak doğrultusunda yönlendirmek.
- Aşağıda belirtilen önlemleri alarak ülkede yenilenebilir enerjinin gelişmesinin önündeki engelleri ortadan kaldırmak:
  - ✓ Projelere yönelik finansal desteği artırmak.
  - ✓ İdari süreçlere ilişkin engelleri kaldırmak.
  - ✓ Yeni çözümler için yasal çerçeve geliştirmek.
  - ✓ Elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarına güvenli erişim sağlamak.
  - ✓ İlgili altyapı kullanımını optimize etmek.
  - ✓ Destek paket programları geliştirmek.
  - ✓ Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı dağıtık üretimin yaygınlaştırılmasını ve binalarda yenilenebilir enerjinin kullanımını teşvik edecek uygun bir çerçeve hazırlamak

UYEEP'nın amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimindeki payının 2023 yılında en az yüzde %20'e yükseltilmesidir. Bu rakam, 107 MTEP'lik beklenen toplam enerji tüketimi göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji yaklaşık 21,7 MTEP'lik bölümünü karşılaması anlamına gelmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi için 2017 yılında gerçekleşen ve öngörülen değerler ile 2023 yılı için belirlenen hedefler Tablo 5'de verilmiştir.

Kaynak	Kurulu Güç Kapasitesi (GW)			Elektrik Üretimi (GWh)		
	2017 G*	2017 Ö*	2023 H*	2017 G*	2017 Ö*	2023 H*
Hidroelektrik	27,3	28,8	34	58.410,1	77.584	91.800
Rüzgar	6,5	9,6	20	17.869,5	23.973	50.000
Jeotermal	1,1	0,6	1	5.969,5	2.849	5.100
Biyokütle	0,5	0,5	1	2.021,2	2.422	4.533
Güneş	3,0	1,8	5	255,3	2.880	8.000
TOPLAM	**38,4**	**41,2**	**61**	**84.525,6**	**109.708**	**159.433**

Tablo 5. Elektrik üretimi ve kurulu güç kapasitesi: 2017 gerçekleşmeleri ve 2023 hedefleri [1] **G***-Gerçekleşen, **Ö***-Öngörülen, **H***-Hedeflenen

Amaç doğal gazın üretim karmasında azami % 30 paya sahip olacak şekilde doğal gaz payının azaltılmasının sağlanmasıdır. 2023 yılına kadar, yaklaşık 159 TWh elektrik üretebilecek 61.000 MW'lık yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesi oluşturulacaktır. Şekil 1'de elektrik üretimi ve kurulu 2023 yılı için hedefler verilmiştir.



Şekil 1. Elektrik kurulu gücü ve üretimi için 2023 yılı hedefleri

Model farklı teknolojilere ilişkin kurulu kapasiteyi tahmin etmektedir ve Türkiye'nin enerji sistemine ilişkin 2023 hedeflerine dayanmaktadır. Belgelerde ilan edilmiş kurulu güç kapasitesi hedefleri şöyledir:

- 34.000 MW hidroelektrik kapasite
- En az 600 MW jeotermal
- En az 5.000 MW güneş enerjisi
- 20.000 MW rüzgar enerjisi (karasal RES)
- 1.000 MW biyokütle enerjisi

Toplamda 2023 yılına kadar mevcut kurulu güç kapasitesine ilave olarak yaklaşık 60 GW'lık yenilenebilir enerjiye dayalı kurulu güç kapasitesi tesis edilecektir. Baz yıldan 2023 yılına kadar kurulu güç kapasitesinin gelişimi aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır:

- *Hidroelektrik*: Bu teknolojilere ilişkin son verilere ve geleceğe yönelik tahminlere dayalı büyüme eğilimi
- *Jeotermal*: Elektrik talebindeki eğilimlere ve mümkün olan potansiyelin tamamını hayata geçirmek üzere.
- *Güneş*: Fotovoltaik güneş enerjisi için, elektrik talebindeki eğilimlere ve belirlenen hedefi yakalama ihtiyacına göre.
- *Rüzgar*: Yıllık ilave artışının 1000 MW'a yükselmesi beklenmektedir. 2014'ten itibaren, artış eğilimi elektrik talebindeki eğilimlere ve belirlenen hedefi yakalama ihtiyacına göre ortaya çıkacaktır.
- *Biyokütle*: Elektrik talebindeki eğilimlere ve mümkün olan potansiyeli hayata geçirebilmek

Yukarıda verilen hedefler göz önüne alındığında, 2023 yılında brüt elektrik üretimi hidroelektrik için 91.800 GWh; rüzgar enerjisi için 50.000 GWh; jeotermal enerji için 5.100 GWh; güneş enerjisi için 8.000 GWh; ve biyokütle için 4.533 GWh olacaktır. Toplamda yenilenebilir enerji kaynaklarından yapılan brüt elektrik üretimi yaklaşık 159.433 GWh'e ulaşacaktır. Bu miktar 2023 yılındaki toplam tüketim tahmininin yaklaşık % 37'sini oluşturmaktadır; Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi hedefi ise en az % 30, yani 127.324 GWh'dir.

B. *Yenilenebilir Enerji Eylem Planı Gerçekleşme Durumu*

UYEEP'nda elektrik üretimi ve kurulu güç kapasitesi bakımından hedeflenen değerlerin gerçekleşme oranları (%) Tablo 6'da verilmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan elektrik kurulu gücüne ilişkin 2017 yılı için öngörülen değerler, toplam olarak dikkate alındığında,% 93.2 oranında gerçekleşmiştir. Bu gerçekleşme oranı, 2023 yılı için hedeflenen değerler dikkate alındığında, % 62.9 değerine karşılık gelmektedir. 2017 yılı için en yüksek gerçekleşme oranı (% 190,3) jeotermal enerji kurulu gücünde gerçekleşmiştir. Bu oran, 2023 yılı için hedeflenen değere 2017 yılında ulaşıldığı belirtmektedir. Son yıllardaki fiili gerçekleşme dikkate alındığında, jeotermal enerji kurulu gücü için 1000 MW'ın üzerinde bir gerçekleşme öngörülmektedir. 2017 yılı için öngörülen değerlerin gerçekleşme oranları dikkate alındığında, jeotermal kurulu güç kapasitesini, % 166,5 değeri ile güneş enerjisi, % 97,4 ile biyokütle ve % 94,9 ile hidroelektrik kurulu güçleri izlemiştir. En düşük gerçekleşme oranı % 68,2 ile rüzgar kurulu gücünde oluşmuştur.

Kaynak	**Kurulu Güç Kapasitesi (%)**		**Elektrik Üretimi (%)**	
	2017 Ö*-G*	**2017-2023 G*-H***	**2017 Ö*-G***	**2017-2023 G*-H***
Hidroelektrik	94,9	80,3	75,3	63,6
Rüzgar	68,2	32,6	74,5	35,7
Jeotermal	190,3	106,4	209,5	117,0
Biyokütle	97,4	51,6	83,4	44,6
Güneş	166,5	59,9	8,9	3,2
TOPLAM	93,2	62,9	77,0	53,0

Tablo 6. UYEEP hedeflerinin gerçekleşme oranları **G***-Gerçekleşen, **Ö***-Öngörülen, **H***-Hedeflenen

Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimine ilişkin 2017 yılı için öngörülen değerler, toplam olarak dikkate alındığında, % 77 oranında gerçekleşmiştir. Bu gerçekleşme oranı, 2023 yılı için hedeflenen değerler dikkate alındığında, % 53 değerine karşılık gelmektedir. 2017 yılı için en yüksek gerçekleşme oranı, kurulu güç kapasitesindeki gerçekleşme oranına paralel olarak, % 209,5 değeri ile jeotermal elektrik üretiminde gerçekleşmiştir. 2023 yılında jeotermal kaynaklı elektrik üretiminin daha yüksek olması beklenmektedir. 2017 yılı için öngörülen değerlerin gerçekleşme oranları dikkate alındığında, jeotermal enerjiden elektrik üretimini, % 83,4 değeri ile biyokütle, % 75,3 ile hidroelektrik ve % 74,5 ile rüzgar enerjisinden elektrik üretimi izlemiştir. En düşük gerçekleşme oranı % 8,9 ile güneş enerjisinden elektrik üretiminde oluşmuştur.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye, son 10 yılda kaydettiği ekonomik büyümeye paralel olarak, dünyanın en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri haline gelmiştir. Türkiye, coğrafi konumu ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu kaynaklardan azami ölçüde yararlanmak hem enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak hem de yeni istihdam alanlarının oluşumuna zemin hazırlayacaktır. Elektrik üretiminde kaynak çeşitliliğinin sağlanması, kaynakların etkin kullanılabilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması açısından önemlidir.

KAYNAKÇA

[1] T.C. Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı 2014.
[2] EPDK Aylık Sektör Raporu 2018.

[3] Öztürk, H. H., and Küçükerdem, H. K. "State supports for renewable energy investments in Turkey: Current ststus and future perspectives", III. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, Barcelona, Spain, 27-30 April 2017, vol. 1, no.2, pp. 21-30.

[4] Öztürk, H. H., and Atay, Ü. "Electricity generation by renewable resources in Turkey: Current status and future perspectives", International Advanced Researches & Engineering Congress, Osmaniye, Turkey, 16-18 November 2017, vol.1, no.1, pp. 41-49.

Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Kullanımı: Mevcut Durum ve Gelecek İçin Öngörüler
Sustainable Energy Use in Turkey: Present Status and Future Perspectives

Hasan Hüseyin ÖZTÜRK[1]
Cahit GÜNGÖR[2]
Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM[3]
Ümran ATAY[4]

[1]Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, hhozturk@cu.edu.tr
[2]Tarım Ekonomisi Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, gungorc@cu.edu.tr
[3]Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye, kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr
[4]GAP Tarımsal Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye, umranatay47@gmail.com

***Özetçe*—** Bu çalışmada, Türkiye'de 2000-2012 yılları arasında sürdürülebilir enerji kullanımına ilişkin bazı göstergeler incelenmiştir. Belirtilen yıllar arasındaki 10 yıllık dönemde enerji tüketimi ortalama 96.970 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Ortalama enerji tüketiminin, 5.223 MTEP değerine eşit olan, yaklaşık % 5.31'i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Toplam enerji tüketiminin, yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanma oranında, 2010 yılından sonra önemli düzeyde artışlar gerçekleşmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik oranı ortalama % 23.92 ve kombine ısı ve elektrik üretim oranı % 4.05 düzeyindedir. Ulaştırmada tüketilen yakıtlar içinde yenilenebilir kaynakların payı, 2006-2012 yılları arasında ortalama % 0.073 olarak belirlenmiştir. Enerji kaynaklarında dışa bağımlılık oranı, tüm enerji ürünleri için % 71.7, taşkömürü ve türevleri için % 90, petrol ürünlerinde % 92.71 ve doğal gazda % 98.03 olarak gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler — Türkiye; sürdürülebilir enerji; öneriler.

***Abstract*—** In this study, some indicators were examined on the sustainable use of energy in Turkey between the years 2000-2012. In the 10-year period between the mentioned years, the average energy consumption was 96.970 MTEP. Approximately 5.31% of the average energy consumption, which is equivalent to 5.223 MTEP, has been covered by renewable energy sources. Significant increases have been achieved since 2010, at the rate of total energy consumption from renewable energy sources. The electricity rate generated from renewable sources is 23.92% on average and the combined heat and electricity production rate is 4.05%. The ratio of renewables consumed in transportation was 0.073% on average between 2006 and 2012. The external dependency rate for energy resources was 71.7% for all energy products, 90% for hard coal and its derivatives, 92.71% for petroleum products and 98.03% for natural gas.

Keywords—Turkey, sustainable energy, conclusions.

I. GİRİŞ

Doğal çevreyi tüm insan faaliyetleri etkilemektedir. Bu faaliyetlerin en etkililerinden biri enerji alanıdır. Sanayi devrimimin başlangıcından beri giderek artan ve aşırı boyutlara ulaşan, artışı tükenme pahasına sürdürülen fosil yakıt kullanımı, enerji-çevre sorunlarının oluşmasının temel nedenidir. Diğer enerji kaynaklarının da doğal çevre üzerinde etkileri vardır. Onların kullanımı fosil yakıtlar düzeyine ulaşmadığından, teknolojilerinin farklılığından etkileri daha sınırlı bulunmaktadır. Ancak, teknik ve teknolojik açıdan, "enerjinin kirlisi yoktur, ama üretim teknolojisinin kirlisi vardır". Dolayısı ile temiz üretim, temiz ürün çözüm yolu görülmelidir. Çevre teknolojilerinin dünyadaki gelişim sürecine bakıldığında, 1970'li yıllarda geliştirilen ilk teknolojiler kirlilik kontrol amaçlıdır. Kirleticilerin havaya, suya ve toprağa atılmadan engellenmesini ya da azaltılmasını amaçlayan uygulamalardır. Ancak, bu teknolojiler üretim sürecinin sonuna yönelik olup, fazla malzeme ve enerji gereksinimli, düşük verimli teknolojilerdir. 1980'lerin

başında çevre yönetimi yaklaşımı ile üretim sürecinin her aşamasında çevre ve enerji verimliliklerini artıracak tasarımlar üzerinde durulmaya başlanmıştır [1].

20. yüzyılın son çeyreği *sürdürülebilir kalkınma* kavramını getirmiştir. *Sürdürülebilir kalkınma* çevre ile uyumlu biçimde, kaynakların yüksek verimlilikle değerlendirilmesini gerektirmektedir. Nüfus artışının yanı sıra ekonomik büyüme nedeni ile enerji kullanım verimine bağlı olarak enerji talebi artacaktır. Cumhuriyetin 100. yılı olacak 2023 yılı için seçilen hedef, Türkiye'nin gelişmiş ülkeler ortalamasını yakalayabilmesidir. 2023 yılının Türkiye'si Avrupa ile entegrasyonu tamamlanmış bir Türkiye olmalıdır. Bu bağlamda Türkiye, her alanda Avrupa standartlarını tutturabilmelidir. Türkiye bu hedefe ulaşabilmek için sürdürülebilir bir büyüme süreci içine girmelidir. Sürdürülebilir büyüme mekanizmasının önemli kollarından biri yeterli enerji sektörüdür. Fosil yakıta dayalı enerji kullanımı; fosil yakıt dışalımının büyümesi, ithalat giderinin artması gibi bir olumsuzluktan başka, çevre kirlenmesinin de artmasına neden olmaktadır. Sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından ithalatın ihracata oranının küçük olmasının önemi kadar, üretim güvenirliği olan bir enerji alt yapısının oluşturulması, enerji sektörünün çevre ile uyuşması önemlidir. Sürdürülebilir ekonomik büyüme için ekonomik sınırlar kapsamında, kullanıma uygun teknolojilerle yeni ve yenilenebilir enerji eşiğinin aşılması gerekmektedir [1].

Enerji ve çevre çoğu zaman çatışır. İki ayrı kavram ve/veya alan gibi görülmek ya da gösterilmek istenmişse de, enerji ve çevre ilişkilerinin optimal bir dengede uyuşması olanaklı olduğu gibi, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir enerjinin paralel gelişimine çalışılmaktadır. Uzun menzilli bir ekonomik büyümenin tabanı, sürdürülebilir çevre olarak görülmektedir. Bu kapsamda ekonominin tüm sektörlerinde enerjinin etkin kullanımının artırılması ile temiz ve sürdürülebilir enerji olanak ve teknolojilerinin geliştirilmesi istenmektedir. *Sürdürülebilir enerji* kavramı, tüm birincil enerji kaynaklarından yapılan enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, tükenir fosil kaynakların yerine olabildiğince tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynaklarının yerleştirilmesini, bir çevrimde atık biçimde ortaya çıkan enerjinin, bir başka çevrimde girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir kavramdır [1].

Bu çalışmada, Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (UYEEP) kapsamında yer alan; Türkiye'de enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılık oranı, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ve kojenerasyon uygulamaları gibi sürdürülebilir enerji kullanımının mevcut durumu ve toplam enerji tüketimde yenilenebilir enerji payı ve tüketim oranı gibi beklentiler tartışılmıştır.

II. ENERJİ KULLANIMI VE ÇEVRESEL ETKİLER

Sera etkisi oluşturan gazların başında karbondioksit (CO_2) gelir ve bu etki küresel özelliktedir. Bazı kirleticilerin etkileri ise SO_2 emisyonun neden olduğu asit yağmurları gibi yerel özelliktedir. Enerji üretiminin neden olduğu çevre etkileri; asit kirleticiler, sera etkisi (global ısınma), insan sağlığı ve emniyet sorunu, partiküller, ağır metaller, tehlike afet olasılığı, atık sorunu, çirkin görüntü, gürültü, ışık kirliliği, radyasyon kirliliği, arazi gereksinimi olmak üzere gruplandırılabilir [1].

ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'ne bağlı olarak Havai'de faaliyet gösteren Mauna Loa İstasyonu tarafından yapılan ölçümlere göre, atmosferdeki CO_2 yoğunluğunun 2018 yılı Mart ayı ortalaması 409,46 ppm olarak gerçekleşmiştir. Aynı değer 2017 yılının Mart ayında ise 407,18 ppm olarak gerçekleşmiştir. Bu durumda atmosferdeki CO_2 yoğunluğu ortalaması bir yıl içinde 2,28 ppm yükselmiştir. Atmosferdeki milyon parçacık içindeki CO_2 yoğunluğunu gösteren bu değerin 350 ppm'i aşması, iklim değişikliği açısından güvenilir sınırın aşıldığı anlamına gelmektedir. Bu değer, Mauna Loa İstasyonu'nda ilk ölçümün yapıldığı 1958 yılının Mart ayında 317,71 ppm olarak belirlenmişti. Güvenilir sınır olarak kabul edilen 350 ppm değeri, aylık ortalama bakımından ilk defa 1988 yılının Ocak ayında ölçülen 350,39 ppm ile aşılmıştır. Sanayileşme öncesi 280 ppm düzeyinde olan bu değer, son bin yıldır 300 ppm seviyesini aşmamıştır [2].

Türkiye, endüstriyel faaliyetlerin olumsuz çevresel etkilerinin en aza indirilmesi ile ilgili olarak, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine taraf olmuş ve 28 Mayıs 2009 tarihinde Kyoto Protokolünü imzalamıştır. Ayrıca, Türkiye 2010 yılından bu yana olumsuz çevresel etkilere karşı bir dizi önlem uygulamaktadır. Bu önlemlerin başlıcaları şunlardır [3]:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını, enerjinin verimli kullanımını ve temiz kömür teknolojilerini teşvik etmek
- Sera gazı emisyonlarını azaltmak
- Biyokütle/biyogaz potansiyelinden yararlanmak
- Madencilik faaliyetlerinde sürdürülebilir madencilik ve sürdürülebilir çevre ilkelerine uyum için kontrol ve denetimlerin etkililiğini arttırmak
- İklim değişikliği ve çevre dostu teknolojilere ilişkin eğitim/bilinçlendirme çalışmaları yapmak

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'de toplam sera gazı emisyonu 2016 yılında 496,1 milyon ton karbondioksit eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Bu dönemde toplam emisyonlarda CO_2 eşdeğeri olarak en büyük payı % 72,8 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla % 12,6 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, % 11,4 ile tarımsal faaliyetler ve % 3,3 ile atıklar izlemiştir. CO_2 eşdeğeri olarak 2016 yılı toplam sera gazı emisyonu, 1990 yılına göre % 135,4 artmıştır. 1990 yılında kişi başına karbondioksit eşdeğer emisyonu 3,8 ton/kişi olarak hesaplanırken, bu değer 2016 yılında 6,3 ton/kişi olarak gerçekleşmiştir [4].

Türkiye'de 2016 yılında toplam CO_2 emisyonlarının % 33,5'i elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere % 86,1'i enerjiden, % 13,6'sı endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, % 0,3'ü ise tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanmıştır. Metan emisyonlarının % 55,5'i tarımsal faaliyetlerden, % 25,8'i atıktan, % 18,6'sı enerjiden ve % 0,03'ü ise endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından kaynaklanmıştır. N_2O emisyonlarındaki en büyük payı ise % 77,6 ile tarımsal faaliyetler oluşturmuştur. Bunu, % 12,1 ile enerji, % 6,5 ile atıklar,% 3,8 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı izlemiştir [4].

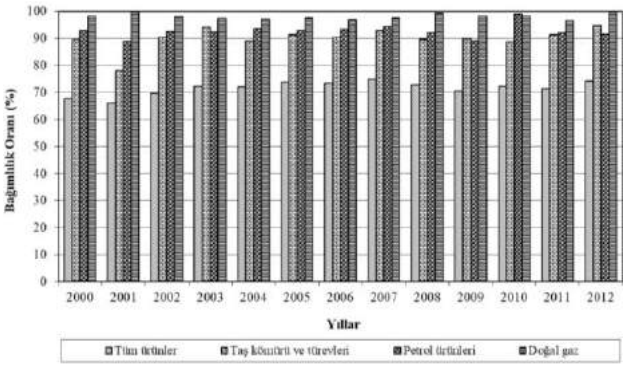
Elektrik üretimi amacıyla yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi, atmosfere CO_2 salımlarını azaltacaktır. Bu etki tahmini aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır [3]:

- Yenilenebilir enerji tesisleri, şu anda en ileri ve yaygın fosil yakıt teknolojisi olan kombine çevrim gaz türbini ünitelerini ikame edecektir.
- Kombine çevrim gaz türbini teknolojisi ile üretilen MWh elektrik başına emisyon faktörü 0,37 tondur.

III. TÜRKİYE'DE SÜRDÜLEBİLİR ENERJİ KULLANIMI

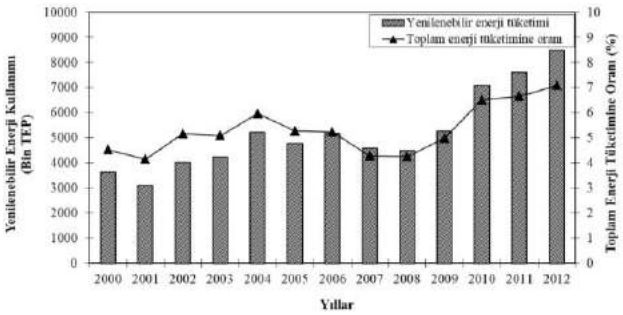
A. *Mevcut Durumun Değerlendirilmesi*

Ülkemizin enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılığı Şekil 1'de verilmiştir. Ülkemizde 2000-2012 yılları arasında tüm enerji ürünlerinde dışa bağımlılık ortalama %71,7 olarak gerçekleşmiştir. Enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılığımız son yıllarda giderek artış göstermektedir. Dışa bağımlılık oranı en yüksek olan yakıt tipi %98 ile doğalgaz olup, bunu sırasıyla %92,7 ile petrol ve petrol ürünleri ve %90 ile taş kömürü ve türevleri izlemiştir.



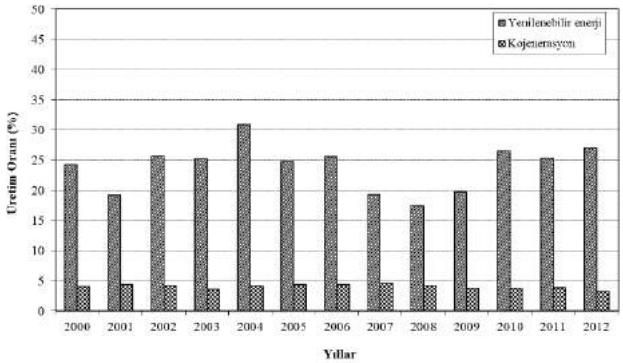
Şekil 1. Türkiye'nin fosil yakıtlar bakımından dışa bağımlılık oranı [5].

Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi ve bu tüketimin toplam enerji tüketimi içerisindeki payının yıllara bağlı olarak değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Türkiye'de 2000-2012 yılları arasında toplam enerji tüketimi ortalama 96970,23 Bin ton eşdeğeri petrol (TEP) olarak gerçekleşmiş olup bu değerin ortalama 5223,92 binTEP'lik kısmı yenilebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Belirtilen yıllar arasında ülkemizin toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji tüketiminin payı ortalama %5,31 olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde toplam enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji tüketiminin payı 2000-2009 yılları arasında ortalama %4,88 olarak gerçekleşirken, 2010-2012 yılları arasında, Yenilebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Üretiminin Desteklenmesi Mekanizmasının (YEKDEM) devreye girmesiyle bu rakam %6,75 olarak gerçekleşmiştir. Bu oranın 2012'den sonraki yıllarda daha da yüksek olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 2. Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketiminin değişimi [5].

Ülkemizde 2000-2012 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi oranı ile kombine ısı ve elektrik üretimi (kojenerasyon) oranının yıllara bağlı olarak değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Belirtilen yıllar arasında hidroelektrik santrallerde (HES) üretilen elektrik de dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim oranı ortalama %23,92 olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde, YEKDEM'in devreye girmesiyle belirgin bir artış gözlenmektedir. Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik oranı 2000-2009 yılları arasında %23,21 iken, 2010-2012 yılları arasında %26,67 olarak gerçekleşmiştir. Kojenerasyon ile ısı enerjisi ve elektrik üretimi oranı 2000-2012 yılları arasında ortalama %4,05 olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi için uygulanan teşviklerin artmasıyla, özellikle ko/trijenerasyon uygulamalarının artacağı öngörülmektedir.



Şekil 3. Türkiye'de yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ve kojenerasyonla enerji üretim oranının değişimi [5].

B. Gelecekteki Beklentiler

Türkiye'de her bir sektörün yenilenebilir enerjinin nihai enerji tüketimindeki payına katkısı Tablo 1'de verilmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin beklenen toplam tüketimi 2020 yılında 20361 kTEP, 2023 yılında ise 23225 kTEP olarak öngörülmektedir.

Sektörel Katkılar	Enerji Tüketimi (kTEP)						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin ısıtma ve soğutma için beklenen nihai brüt tüketimi (A)	6652	6752	6851	6951	7050	7150	7249
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin beklenen nihai brüt tüketimi (B)	9425	10359	11281	11925	12526	13111	13709
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin ulaştırma için beklenen nihai brüt tüketimi (C)	689	902	1185	1486	1868	2061	2267
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin beklenen toplam tüketimi (D)	16766	18012	19317	20361	21445	22322	23225

Tablo 1. Her bir sektörün yenilenebilir enerjinin nihai enerji tüketimindeki payına katkısı [3]

Önümüzdeki yıllarda ülkemizde yenilenebilir enerjinin ulaştırma sektörü içerisindeki payının beklenen değişimi Tablo 2'de verilmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin ulaştırma için beklenen nihai tüketimi 2020 yılı için 19 kTEP ve 2023 yılı için 20 kTEP olarak öngörülmüştür. Atıklardan, artıklardan, gıda dışı selülozik maddelerden ve lignoselülozik maddelerden elde edilen biyoyakıtların ulaştırma sektöründe beklenen tüketimi 2020 yılı için 1467 kTEP, 2023 yılı için ise 2247 kTEP olarak öngörülmektedir.

kTEP	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin ulaştırma için beklenen nihai tüketimi (1) (C)=(H)+(I)	689	901	1185	1486	1868	2061	2267
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektriğin ulaştırma için beklenen nihai tüketimi (H)	16	17	18	19	19	20	20
Atıklardan, artıklardan, gıda dışı selülozik maddelerden ve lignoselülozik maddelerden elde edilen biyoyakıtların ulaştırma sektöründe beklenen tüketimi (I)	673	885	1167	1467	1849	2041	2247
Ulaştırma sektör hedefi göz önüne alındığında, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin, ulaştırma sektöründeki beklenen katkısı (J)=(C)+(2,5-1)*(H)+(2)-(1)*(I)	1386	1812	2380	2980	3746	4132	4544

Tablo 2. Yenilenebilir enerjinin ulaştırma sektörü içerisindeki payı [5]

Önümüzdeki yıllar içerisinde ulaştırma sektöründe teknoloji bazında yenilenebilir enerji kullanım tahminleri Tablo 3'de verilmiştir. Yenilenebilir enerjilerin ulaşım sektöründe tüketimleri 2020 ve 2023 yılları için sırasıyla biyoetanol (723 kTEP, 886 kTEP), biyodizel (718 kTEP, 1319 kTEP) elektrik (19 kTEP ve 21 kTEP) olarak öngörülmüştür.

Yenilenebilir kaynakların elektrik, ısıtma-soğutma ve ulaşım sektöründe kullanılma oranlarına ait öngörüler Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, 2023 yılında yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin %37,57'si elektrik, %14,16'sı ısıtma-soğutma ve %10,08'i ise ulaştırma amacıyla kullanılacağı beklenmektedir.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Biyoetanol/ETBE	440	529	623	723	830	857	886
Biyodizel	218	338	522	718	988	1148	1319
Yenilenebilir kaynaklardan elektrik	16	17	18	19	19	20	21
karayolu ulaştırma	4	4	4	4	4	4	4
karayolu ulaştırma dışı	12	13	14	15	15	16	17
Toplam (alt sınır)	690	901	1181	1479	1856	2045	2246

Tablo 3. Ulaştırma: Yıllar itibariyle tüketimde yenilenebilir enerji kullanım tahminleri (teknoloji bazında) 2017-2023 [3]

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Yenilenebilir enerji kaynakları - ısıtma + soğutma (%)	13,30	13,43	13,56	13,71	13,86	14,01	14,16
Yenilenebilir enerji kaynakları - elektrik (%)	35,27	36,62	37,75	37,84	37,77	37,65	37,57
Yenilenebilir enerji kaynakları - ulaştırma (%)	3,70	4,71	6,00	7,29	8,88	9,48	10,08
Yenilebilir enerji kaynakları - toplam (%)	17,10	17,92	18,75	19,29	19,83	20,16	20,47

Tablo 4. 2023 yılı için ulusal hedef ve elektrik, ısıtma-soğutma, ulaştırma sektörlerinde yenilenebilir kaynakların payında beklenen ilerlemeler [3]

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik üretimi amacıyla yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi, atmosfere CO_2 salımlarını azaltacaktır. 2023 yılında elektriğin en az % 30'u yenilenebilir kaynaklardan üretilecektir. 2030 yılında yenilenebilir kaynaklarından en az 127 TWh elektrik üretilecektir. Türkiye'de 2023 yılı için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak ulaşım alanında tüketilen toplam enerji miktarının 1.800 kTEP olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de son yıllardaki gerçekleşmeler dikkate alındığında 2023 yılı itibari ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecek olan elektrikle 21 milyar m^3 daha az doğalgaz ithalatı sağlanmış olacak ve bu çerçevede 47 milyon ton daha az CO_2 emisyonu gerçekleşmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

[1] Ültanır, M.Ö.,"21. yüzyıla girerken Türkiye'nin enerji stratejisinin değerlendirilmesi", *Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği, Yayın no: TÜSİAD-T/98-12/239, ISBN: 975-7249-59-9, Lebib Yalkın Yayımları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.*

[2] ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi, 2018. https://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo/.

[3] UYEEP, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014

[4] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2018.

[5] TÜİK, Sürdürülebilir Kalkınma Göstergeleri, 2012 – 2013.

Türkiye'de Sektörel Enerji Verimliliğinin Artırılması
Improving of Sectoral Energy Efficiency in Turkey

Hasan Hüseyin ÖZTÜRK[1]
Cahit GÜNGÖR[2]
Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM[3]
Ümran ATAY[4]
[1]Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, hhozturk@cu.edu.tr
[2]Tarım Ekonomisi Bölümü, Ziraat Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, gungorc@cu.edu.tr
[3]Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye, kaan.kucukerdem@ıgdır.edu.tr
[4]GAP Tarımsal Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye, umranatay47@gmail.com

Özetçe— Türkiye'de birincil enerji tüketimi 2005-2015 döneminde % 46 oranında artmıştır. Diğer bir deyişle, bir birim katma değer üretmek için giderek daha az enerji tüketilmektedir. Enerji verimliliğinin önemli bir göstergesi olan birincil enerji yoğunluğu indeksi uygulanan önlemlerle 2015 yılında 2000 yılına göre toplamda %23,1 azalmış ve yıllık bazda ortalama %1,65 oranında iyileşme sağlanmıştır. Nihai enerji yoğunluğu indeksinde ise son on beş yılda (2000-2015) %21,0 azalma sağlanarak yıllık bazda ortalama %1,5 oranında iyileşme gerçekleşmiştir. Enerji verimliliği indeksine göre 2000-2015 döneminde imalat sanayiinde yıllık bazda %1,8, konut sektöründe %1,9 ve ulaştırma sektöründe %2,7 oranında iyileşme kaydedilmiştir. Toplamda ise enerji verimliliğinde yıllık bazda %2,1 oranında iyileşme sağlanmıştır. Alınan enerji verimliliği önlemleri ile 2000-2015 döneminde kümülatif olarak imalat sektöründe 9,7 MTEP, konut sektöründe 7,1 MTEP ve ulaştırma sektöründe 24,6 MTEP, toplamda ise 41,5 MTEP enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'de gelecek yıllarda sektörel bazda enerji verimliliğinin artırılması amacıyla, bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım sektörlerinde alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Türkiye; enerji verimliliği; sektörel önlemler.

Abstract— Primary energy consumption in Turkey has increased by 46% during the period 2005-2015. In other words, less energy is consumed to produce a unit value added. The primary energy intensity index, an indicator of energy efficiency, decreased by 23.1% in total in 2015 compared to 2000 and improved by an average of 1.65% annually. The final energy intensity index has decreased by 21.0% in the last fifteen years (2000-2015), resulting in an average improvement of 1.5% per annum. According to energy efficiency index, in the period of 2000-2015, the manufacturing industry improved by 1.8% on an annual basis, by 1.9% in the housing sector and by 2.7% in the transportation sector. In total energy efficiency improved by 2.1% on an annual basis. With the energy efficiency measures taken in the 2000-2015 period, energy saving was achieved by 9,7 MTEP in the manufacturing sector, 7,1 MTEP in the housing sector and 24,6 MTEP in the transportation sector, and 41,5 MTEP in total. In this study, a sectoral basis in order to increase the energy efficiency in Turkey next year, and building services, industry and technology, energy, were discussed measures to be taken in the transport and agriculture sectors.

Keywords—Turkey, energy efficiency, sectoral improvements.

I. GİRİŞ

Enerji verimliliği; enerji maliyetlerinin ekonomiye olan yükünün hafifletilmesi, enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, düşük karbonlu ekonomiye geçiş ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan ve bunları yatay kesen bir alandır. Sürdürülebilir kalkınmanın giderek önem kazanması enerji verimliliğine yönelik çabaların değerini de artırmaktadır. Bu durum, bütün ülkeleri enerji verimliliğine yöneltmiş ve bu konudaki kararlı adımları hızlandırmıştır. Nüfus artışı, refah düzeyinin yükselmesi, hizmet sektörünün güçlenmesi ve sanayileşme gibi nedenlerden dolayı ülkemizin enerji kullanımı gelişmiş ülkelere göre daha hızlı artmaktadır.

Türkiye'nin, 2005-2015 döneminde 2009 ve 2010 yılları hariç olmak üzere gayri safi yurt içi hasılası (GSYİH) sürekli artmış olup 2005 yılına göre %65 oranında büyümüştür. Aynı dönemde yıllık bazda ortalama büyüme oranı ise %5,2 olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji tüketimi de aynı dönemde %46 oranında artarak GSYİH artışından daha düşük oranda gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, bir birim katma değer üretmek için giderek daha az enerji tüketilmektedir [1].

Enerji verimliliğinin önemli bir göstergesi olan birincil enerji yoğunluğu indeksi uygulanan önlemlerle 2015 yılında 2000 yılına göre toplamda %23,1 azalmış ve yıllık bazda ortalama %1,65 oranında iyileşme sağlanmıştır

(Tablo 1). Nihai enerji yoğunluğu indeksinde ise son on beş yılda (2000-2015) %21,0 azalma sağlanarak yıllık bazda ortalama %1,5 oranında iyileşme gerçekleşmiştir [1].

Ülke/Bölge	GSYH (milyar 2010 USD)	Birincil Enerji Arzı (Mtep)	Enerji Yoğunluğu (Mtep/bin 2010 USD)	Kişi Başı Birincil Enerji Arzı (tep/kişi)	Kişi Başı Elektrik Tüketimi (MWh/kişi)
DÜNYA	75488,96	13647,37	0,18	1,86	3,05
OECD	48750,41	5259,45	0,11	4,12	8,02
AB 28	17889,61	1586,36	0,09	3,11	5,97
TÜRKİYE	1087,55	128,81	0,12	1,66	2,96
ALMANYA	3696,61	307,79	0,08	3,77	7,01
JAPONYA	5986,14	429,79	0,07	3,38	7,86

Tablo 1. 2015 yılı için enerji göstergelerinin karşılaştırılması [2]

Enerji verimliliği indeksi imalat, konut ve ulaştırma sektörlerinde birincil ve nihai enerji tüketiminde sağlanan enerji tasarrufunun ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ile ülke ekonomisine sağlanan katkının ortaya konulması açısından önemli bir göstergedir. Bu indekse göre 2000-2015 döneminde imalat sanayiinde yıllık bazda %1,8, konut sektöründe %1,9 ve ulaştırma sektöründe %2,7 oranında iyileşme kaydedilmiştir. Toplamda ise enerji verimliliğinde yıllık bazda %2,1 oranında iyileşme sağlanmıştır. Alınan enerji verimliliği önlemleri ile 2000-2015 döneminde kümülatif olarak imalat sektöründe 9,7 MTEP, konut sektöründe 7,1 MTEP ve ulaştırma sektöründe 24,6 MTEP, toplamda ise 41,5 MTEP enerji tasarrufu sağlanmıştır [1].Kişi başı enerji tüketimimiz gelişmiş ülkelere göre daha düşük olmakla birlikte, enerji yoğunluğumuzun halen yüksek olması Türkiye'nin önemli miktarda enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu belirtmektedir. 2005-2014 döneminde Türkiye'nin GSYİH'sı 1 birim artarken enerji tüketimi 0,7 birimlik artış göstermiştir. Bununla birlikte, aynı dönemde GSYİH'sını 1 birim artıran Fransa enerji tüketimini 1,1, Almanya 0,7, Japonya 3,3 ve İngiltere 2,0 birim azaltmıştır [2].

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 12/12/2016 tarihinde yayımlanan 2009 yılı bazlı yeni GSYİH serisi rakamları dikkate alınarak hesaplanan 2015 yılı Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu 2010 yılı dolar fiyatlarıyla 1000 Dolar başına 0,12 TEP'dir. Bu rakam dünya ortalaması olan 0,18 değerinden düşük olmakla beraber OECD ortalaması olan 0,11 değerine göre yüksektir. Almanya'nın 0,08, İtalya'nın 0,07 olduğu Avrupa Birliği 28 üye ülke ortalaması 0,09'dur [2].

Bu çalışmada, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) kapsamında yer alan; Türkiye'de gelecek yıllarda sektörel bazda enerji verimliliğinin artırılması amacıyla; bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım sektörleri için gerekli önlemler tartışılmıştır.

II. ULUSAL ENERJİ VERİMLİLİĞİ EYLEM PLANI

Ülkemiz, enerji ve doğal kaynaklarını verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlama misyonu, enerji ve doğal kaynaklarda güvenli bir gelecek vizyonu ile enerjinin üretiminden nihai tüketimine kadar bütün süreçlerde verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ile yeni bir dönüşüm süreci başlatılmıştır. 2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile de 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri oluşturulmuş ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı hazırlanarak etkin bir biçimde uygulamaya geçirilmesi ve izlenmesi öngörülmüştür.

Ülkemiz güncel ihtiyaçlarını ve dünyadaki iyi uygulamaları dikkate alarak hazırlanan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı eylemlerin uygulama adımlarını, temel performans göstergelerini, nasıl uygulanacağını, çıktılarını ve muhtemel etkilerini ortaya koymaktadır. Enerji verimliliğinin birçok sektörü ve paydaşı ilgilendiren çok disiplinli bir konu olması sebebiyle bu Planda tanımlanan eylemlerin uygulanmasından ve sonuçlarının değerlendirilmesinden sorumlu olan kurum ve kuruluşlar arasında yakın bir işbirliği kurulması gerekmektedir. Söz konusu koordinasyonun ve işbirliğinin sağlanması, Eylem Planının izlenmesi, raporlanması ve geçerliğinin onaylanması süreçlerini Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü yürütecektir.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve bütün sektörleri ilgilendiren yatay konulara yönelik toplam 55 eylemi kapsamaktadır. Teknolojik, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan, yenilikçi ve en iyi uygulamaları dikkate alan, katılımcılığı, paydaş yönetimini önceliklendiren, etkinlik ve etkililik ilkesi çerçevesinde hazırlanan Eylem Planı rekabetçiliği artırma noktasında kaynak verimliliğini de içermektedir. Plan, süreç ve metot yeniliğine açık olarak esnek, ölçülebilir, değişen koşullara göre güncellenebilir bir yapıda geliştirilmiştir.

2017-2023 yılları arasında uygulanacak Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir. 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması öngörülmektedir. 2017 fiyatları ile 2033 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarruf 30,2 milyar ABD Doları olup bazı tasarrufların etkisi 2040 yılına kadar devam edecektir. Eylemlerin geri ödeme süresi ortalama 7 yıldır [1].

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) ile enerji verimliliğinde destek modellerinin daha etkin hale

getirilmesi, sürdürülebilir finansman mekanizmalarının geliştirilmesi, sürdürülebilir satın alma, kamu ve özel sektörde enerji verimliliği kültürünün, farkındalığının ve bilincinin geliştirilmesi, yerinde üretim ve tüketimin özendirilmesi, akıllı şehirlerin ve akıllı şebekelerin enerji verimliliği açısından konumlandırılması, sanayide, ulaşımda ve tarımda enerji verimliliğinin arttırılması, bölgesel ısıtma sistemlerinin yaygınlaştırılması, alternatif yakıt ve kaynakların enerji verimliği çerçevesinde kullanımının çoğaltılması, sürdürülebilir çevre dostu yapıların yaygınlaştırılması ve mevcut yapıların daha verimli hale getirilmesi kapsamında tüm sektörlerde enerji verimliliği etkinliğinin arttırılması çalışmaları yürütülecektir.

III. SEKTÖREL ENEJİ TÜKETİMİ

A. *Bina ve Hizmetler Sektörü*

Türkiye'de bina sektörü son yıllarda hızla gelişmekte olup sektörün nihai enerji tüketimi 2000 yılında 19,5 MTEP iken %66 artarak 2015 yılında 32,4 MTEP değerine ulaşmıştır. Yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir. Benzer şekilde 2000 yılında nihai elektrik tüketiminde %47,4'lük bir paya sahip olan bina ve hizmetler sektörü, 2015 yılında %49,9'luk payı ile sanayi sektörünün önüne geçmiştir. Aynı dönemde toplam artış oranı %135, yıllık ortalama talep artış oranı ise %9 olarak gerçekleşmiştir [1].

B. *Sanayi ve Teknoloji Sektörü*

2015 yılında GSYİH'mizde %26'lık paya sahip olan sanayi sektörü son yıllarda büyüme eğilimini devam ettirerek birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de büyümenin lokomotif sektörü olmuştur. 2015 yılı nihai enerji tüketiminin %32,4'ünün ve net elektrik tüketiminin ise %47,6'sının sanayi sektöründe gerçekleştiği Türkiye ekonomisi, gelişmiş ülkelere kıyasla "enerji yoğun" ekonomilerden biridir. Enerji maliyetlerinin işletmelerin üzerindeki en büyük yüklerden biri olması enerji verimliliğini öncelikli bir alan hâline getirmiştir. Sanayi sektöründe enerji verimliliği alanında yapılabilecek iyileştirmeler enerji tüketiminin azaltılması yanı sıra, proses verimliliği, teknolojik gelişmişlik seviyesinin yükseltilmesi ve sera gazı salımlarının azaltılması için de önemli fırsatlar sunmaktadır [1].

C. *Enerji Sektörü*

Yükselen yaşam standartları ve nüfus artışı ile birlikte son yıllarda Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi önemli oranda artmıştır. 2016 yılında bir önceki yıla göre %3,3 artarak 278,3 milyar kWh'e yükselen brüt elektrik enerjisi tüketiminin 2023 yılı için düşük talep senaryosuna göre 367,9 milyar kWh'e veya yüksek talep senaryosuna göre 407,9 milyar kWh'e ulaşması beklenmektedir [3].

Önemli enerji göstergelerinden biri sayılan kişi başına elektrik enerjisi tüketimi değerlerine bakıldığında Türkiye'nin 3.224 kWh (brüt), ABD'nin 12.902 kWh, Fransa'nın 7.124 kWh, Almanya'nın 6.779 kWh, İngiltere'nin 5.217 kWh ve OECD ortalamasının 8.106 kWh olduğu görülmektedir [4].

D. *Ulaştırma Sektörü*

2015 yılı verilerine göre Türkiye'nin toplam nihai enerji tüketiminin yaklaşık %25'i ulaştırma sektöründe gerçekleşmiştir. Bu enerji tüketiminin %91,6'sı karayolu ulaşımına ait olup karayolu ulaşımındaki enerji tüketiminin ise neredeyse tamamını petrol ürünleri oluşturmaktadır [1]. Petrol ihtiyacının çok büyük bir bölümünün ithalat yolu ile karşılandığı ülkemizde, alınacak bir takım önlemler ile ulaştırma sektöründe enerji verimliliğinin artırılması ve bu sayede ülkemizin petrolde bağımlılığın azaltılması mümkündür.

Ulaştırma sektöründe modlar arasında dengeli bir dağılımının sağlanması için yük ve yolcu taşımacılığında, kombine/intermodal/multimodal taşımacılık uygulamalarının geliştirilerek demiryolu ve denizyolu taşımacılığı paylarının artırılması ve ulaştırma planlamasında koridor yaklaşımına geçilmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023 ile demiryolu yük taşımacılığındaki payının %15'in ve yolcu taşımacılığındaki payının ise %10'un üzerine çıkarılması hedefi bulunmaktadır. Bu sayede 2023 sonuna kadar karayolunun yük taşımacılığındaki payının %60, yolcu taşımacılığındaki payının da %72'ye çekilmesi planlanmaktadır [1].

E. *Tarım Sektörü*

Ülkemizde rekabetçi bir tarım sektörünün oluşturulmasında, fiziki potansiyelin, enerjinin ve kaynakların etkin kullanılması, arazi düzenlemesi ve toplulaştırılması, tarımsal mekanizasyon düzeyinin yükseltilmesi için enerji verimliliği faaliyetlerinin yaygınlaştırılması ve tarım uygulamalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Tarımın, Türkiye'nin ulusal enerji tüketiminde payı son 10 yılda sürekli olarak artmaktadır. Farklı tarım ürünlerinin verimleri, optimum düzeyde enerji kullanılarak % 30'a kadar arttırılabilir [6]. Türkiye'de tarım sektöründe tüketilen enerji miktarı 1990 yılında 1956 TEP iken, 2000 yılında 3073 TEP değerine ulaşmış ve 2010 yılında 5089 TEP olarak gerçekleşmiştir. Tarım sektöründe enerji tüketim hızı, 1990-2000 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte % 57,1 oranında, 2000-2010 yılları arasındaki 10 yıllık süreçte ise % 65,6 oranında artmıştır. Türkiye'de 1990'lı yıllarda, tarım sektörünün toplam enerji tüketimindeki payı % 5 düzeylerinde iken, 2008 yılından sonra % 6'dan daha yüksek düzeylere ulaşmıştır. Belirtilen dönemde sanayi sektörünün toplam enerji tüketimindeki payı ortalama % 37,85 iken, tarım sektörünün payı ise % 5,35 olarak gerçekleşmiştir [6].

IV. SEKTÖREL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

Bu bölümde, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) kapsamında yer alan; Türkiye'de gelecek yıllarda sektörel bazda enerji verimliliğinin artırılması amacıyla, bina ve hizmetler, sanayi ve teknoloji, enerji, ulaştırma ve tarım sektörlerinde alınması gereken önlemler verilmiştir [1].

A. Bina ve Hizmetler Sektörü

- İnşaat sektöründe kullanılan malzeme ve teknolojiye ilişkin en iyi uygulamaların tespiti ve paylaşılması
- Binalar için enerji tüketim verilerini de içeren bir veri tabanı oluşturulması
- Kamu binaları için enerji tasarrufu hedefi tanımlanması
- Belediye hizmetlerinde enerji verimliliğinin artırılması
- Mevcut binaların rehabilitasyonu ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi
- Merkezi ve bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinin kullanımının özendirilmesi
- Mevcut binaların enerji kimlik belgesi oranının artırılması
- Sürdürülebilir yeşil binalar ile yerleşmelerin belgelendirilmesinin özendirilmesi
- Yeni binalarda enerji verimliliğinin özendirilmesi
- Mevcut kamu binalarında enerji performansının iyileştirilmesi
- Binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması
- Kobi niteliğindeki binalara yönelik enerji verimliliği etüt programları ve etütler için kaynak tahsisi

B. Sanayi ve Teknoloji Sektörü

- Isı kullanan büyük endüstriyel tesislerde kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması
- Sanayide enerji verimliliği projelerini ve çeşitliliğini artırmak için destek sağlanması
- Sanayi sektöründe verimliliği artırmak
- Cihazlarda enerji verimliliği performans standartları ve çevre duyarlı tasarım, üretim, etiketleme sisteminin uygulanması
- Sanayi sektöründe verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesi
- Sanayide enerji tasarruf potansiyeli haritasının çıkarılması
- Gönüllü anlaşmaların iyileştirilmesi

C. Enerji Sektörü

- Kojenerasyon ve bölgesel ısıtma-soğutma sistemlerinin potansiyelinin belirlenmesi ve yol haritasının hazırlanması
- Doğal gaz altyapısı için verimlilik standartları uygulanması
- Tüketiciye kıyaslanabilir ve daha detaylı bir fatura bilgisinin sunulması, ölçüm bilgisinin akıllı yönetimi için enerji veri platformunun oluşturulması
- Elektrik sayaçlarının okunması ile ilgili düzenleyici çerçevenin Avrupa Birliği Müktesebatı ile belirlenen ana esaslarla uyumlaştırılması (akıllı sayaçların yaygınlaştırılması)
- Transformatörlerde asgari performans standartlarının uygulanması
- Isıtma ve soğutma kaynaklı puant yükün yönetilmesi
- Genel aydınlatmada enerji verimliliğinin artırılması
- Elektrik iletim ve dağıtım faaliyetleri verimlilik artışının geliştirilmesi
- Mevcut elektrik santrallerinde verimliliğin artırılması
- Talep tarafı katılımı uygulaması için piyasa altyapısının oluşturulması

D. Ulaştırma Sektörü

- Enerji verimli araçların özendirilmesi
- Alternatif yakıtlar ve yeni teknolojilerle ilgili karşılaştırmalı çalışmanın geliştirilmesi
- Bisikletli ve yaya ulaşımının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi
- Şehirlerdeki trafik yoğunluğunun azaltılması: otomobil kullanımının azaltılması
- Toplu taşımanın yaygınlaştırılması
- Kentsel ulaşım için kurumsal yeniden yapılanmanın geliştirilmesi ve uygulanması
- Denizyolu taşımacılığının güçlendirilmesi
- Demiryolu taşımacılığının güçlendirilmesi
- Ulaşıma yönelik veri toplanması

E. Tarım Sektörü

- Traktörlerin ve biçerdöverlerin enerji verimlileri ile yenilenmesinin özendirilmesi
- Enerji verimli sulama yöntemlerine geçilmesi
- Tarım sektöründe enerji verimliliği projelerinin desteklenmesi
- Tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesi
- Biyokütle elde etmek amacıyla tarım yan ürün ve atık potansiyelinin belirlenmesi ve kullanımının teşvik edilmesi
- Su ürünleri sektöründe enerji verimliliğinin desteklenmesi

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye bir yandan 2023 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam elektrik enerjisi talebinin en az yüzde 30'unu karşıladığı bir üretim portföyü oluşmasını ve ulaştırma sektörü ihtiyaçlarının % 10'unun yenilenebilir enerjiden karşılanmasını hedeflemekte, diğer yandan 2023 yılında enerji yoğunluğunu yani birim GSYH başına tüketilen enerji miktarını 2011 referans yılında gerçekleşmiş olana göre en az % 20 düşürmeyi amaçlamaktadır. Elektrik sektöründe yerli kaynaklara dayalı yenilenebilir enerji tesislerinin geliştirilmesi, ithal enerji girdilerine dayalı fosil yakıtlı üretim tesislerinin yapımını önleyecek ve aynı zamanda arz güvenliğine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

[1] UEVEP, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, 2017-2023, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016.

[2] IEA, International Energy Agency, 2017.

[3] ETKB, "Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu", T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016.

[4] TEİAŞ, "OECD Ülkelerinde Kişi Başına Kurulu Güç, Brüt Üretim, Brüt Arz, Net Tüketim2015 Yılı Değerleri", Türkiye Elektrik İşleri Anonim Şirketi, 2017.

[5] Singh, K.P., Mehta, C.R., Singh, M.K., Tripathi, H. and Singh, R.S., "Effect of conservation agricultural practice on energy consumption in crop production system in India", *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 47(4),21–26*, 2016.

[6] Ozturk, H.H., "Türkiye tarımında enerji tüketimi", *28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 177-181, 4-6 Eylül Konya*, 2013.

Parabolik Kollektörle Absorbsiyonlu Buzdolabının Deneysel Çalışması
Experimental Study of Absorbent Refrigerator with Parabolic Collector

Cuma ÇETİNER[1] Ahmet ONAT[2]

[1]Mak. Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye ccetiner@gmail.com
[2]Mak. Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ahmed.onat.2163@gmail.com

Özetçe—Bu çalışmada, parabolik güneş kollektöründe ısı transfer yağı ile elde edilen ısıyla absorpsiyonlu bir buzdolabının deneysel çalışması yapılmıştır. Parabolik kollektörden elde edilen ısıyla generatöre ısı transferi yapılmış ve minibar buzdolabı çalıştırılmıştır. 3.5 saatlik sürede minibar buzdolabının generatör haznelerine 140 ºC sıcaklığındaki yağın ısısı verilmiştir. Minibar buzdolabı belirli bir süre çalıştıktan sonra evaporatör sıcaklığının ölçümleri alınmıştır. Minibar buzdolabının belirli yerlerine termokupllar yerleştirilerek data logger cihazıyla sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca minibar buzdolaplarındaki generatör, kondenser, absorber ve habbecik pompası için gerekli teorik hesaplamalar yapılmıştır. Sıcaklık değerleri, kütlesel debi, sistem basıncı ve eriyik konsantrasyonları ile minibar buzdolabın ısıl değerleri ile performans değerleri hesaplanmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Parabolik kollektör, absorbsiyonlu buzdolabı, amonyaklı su, ısı transfer yağı.

Abstract— In this study, an experimental absorption refrigerator with heat transfer oil was used in the parabolic solar collector. As far as we can get from the parabolic collector, the generator and minibar refrigerator are operated. In the 3.5 hour period, to the generator of the minibar refrigerator was supplied with oil heat of 140 ºC. Evaporator temperature measurements were taken after the minibar cooler has been running for a while. The thermocouples are placed in certain places in the mini refrigerator and the temperature values are measured with a data logger. In addition, the theoretical calculations were made for generators, condensers, absorbers and bulk pumps in mini refrigerators.The temperature values of the mini refrigerator, mass flow rate, system pressureand melt concentrations and calorific values were calculated and compared with the experimental results

Keywords — Parabolic collector, absorber refrigerator, ammonia water, heat transfer oil.

I. G*İRİŞ*

Yenilenebilir enerji kaynakların başında güneş enerjisi gelir. Güneş enerjisinden ısıtma, elektrik elde etme, kurutma yapılabildiği gibi soğutma işlemi de yapılabilir. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin çalışması, buhar sıkıştırmalı absorbsiyonlu soğutma sistemine benzemektedir. Bu soğutma sisteminde kompresör yerine generatör ve absorber elemanları yer almaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde ısıl enerji kullanıldığından fosil yakıt yerine yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi, biyokütle, atık enerjisi vb.) ısıl kaynak olarak kullanılabilir. Birçok çeşit absorbsiyonlu soğutucu akışkan çifti [1] olmakla birlikte daha çok Li-Br-H_2O ve NH_3-H_2O akışkan çiftleri kullanılmaktadır [2]. Li-Br-H_2O absorbsiyonlu sisteminde su soğutucu, NH_3-H_2O sisteminde ise amonyak soğutma işlemini görmektedir. Li-Br-H_2O akışkan çiftli absorbsiyonlu soğutma işleminde Li-Br-H_2O yu ayrıştırmak için 85-90 ºC sıcaklığa ihtiyaç duyulur. Güneş enerjisinden bu sıcaklık değerlerini elde etmek için düz kollektörler kullanılarak istenilen sıcaklıklar elde edilebilir. NH_3-H_2O akışkan çiftinin generatörde ayrışması ise yaklaşık 140-150 ºC sıcaklığı civarındadır.
Isı kaynağı olarak güneş enerjisi ile soğutma teknolojisinde kullanılması durumunda atmosferde sera gazına neden olmadığı gibi buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerindeki ozon tabakasındaki delinmesine neden olmaz [3]. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin COP değeri 0.3-1.2 arasında düşük olmasına rağmen çevreye zararlı emisyonları olmadığından kullanılmaktadır.

Güneş enerjili absorbsiyonlu sistemlerin simülasyonu ve uygulamalar ile ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Yapılan modellemelerde konstrasyon oranı, tek etkili ve çok etkili, kullanılan soğutucu akışkan çeşitleri, ara eşanjör kullanılması durumunda sistemde elde edilen kazanç üzerinde durulmuştur [4,5,6].

Güneş enerjisinden generatöre ısı transferinde Li-Br-H_2O akışkan çiftleri için düz kollektörler ile yapılabilir. NH_3-

H_2O akışkan çiftli soğutmada kondenser ve absorberi hava soğutmalı ise jeneratör için 125-170 ºC, su soğutmalı ise 95-120 ºC sıcaklığa gereksinim duyulur[8]. Güneş Enerjiisnden yüksek sıcaklık elde etmek için parabolik kollektöre ihtiyaç vardır. Kollektörlerde toplanan enerji bir ısıl tanka depolanarak bir pompa vasıtasıyla absorpsiyonlu soğutma jeneratörüne gerekli ısıl verilebilir. Literatürde absorpsiyonlu soğutma tekniğinde kondenser ve absorberin soğutulması için kullanılan Li-Br-H_2O veya NH_3-H_2O akışkan çiftleri, prototip veya firmaların parabolik kollektörleri üzerinde çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. [9]. Hindistan Teknoloji Enstitüsü Güneş Enerjisi Laboratuvarında Himalux firması tarafından üretilen absorpsiyonlu buzdolabında değişiklikler yaparak 1,5 m^2 açıklık alanına sahip bir parabolik kollektörle gıdaları 3 °C de muhafaza etmek için çalışma yapmışlardır [10]. İspanya'da ENUSA şirketi tarafından 1080 m^2 açıklık alanına sahip bir parabolik kollektörle 180 °C sıcaklıkta çıkan ısıl yağ ile soğutma işlemi yapılmıştır [11]. Yine İspanya da kurulan 2 KW gücünde parabolik kollektörle NH_3-H_2O absorpsiyonlu soğutma için 150°C sıcaklık elde edilerek sistem test edilmiştir [12]. Türkiye de güneş enerjili soğutma uygulamalarında SOLITEM ile Dalamandaki "Iberotel Sarigerme Park" Alanya daki "Hotel Grand Kaptan" and Gebze deki Yüksek Teknoloji Enstitüsünde kurulan soğutma sistemi örnekleri vardır [13].

Bu çalışmada absorpsiyonlu sistemlerin bir çeşidi olan habbecik pompalı absorbsiyonlu sistem incelenmiştir. Bu soğutma tekniği literatürde DAR "diffusion absorption refrigeration" olarak bilinmektedir [14]. DAR sisteminde generatör ve habbecik pompası, ayrıştırıcı, kondenser, gaz ısı değiştiricisi, buharlaştırıcı, absorber ve eriyik ısı değiştiricisi bulunmaktadır. Sistemdeki habbecik pompası, absorpsiyon sistemindeki pompa gibi sirkülasyonu sağlamak için kullanılmaktadır [15]. Habbecik pompalı absorbsiyonlu soğutma sisteminin basıncı bu sistemde hidrojen kullanılarak dengelenmektedir [16]. NH_3-H_2O çifti akışkanlarının kullanıldığı emme soğutma sistemi içerisinde her bir akışkan için ayrı ayrı çevrimler meydana gelmektedir. Bu çevrimler, karışım çevrimi, NH_3 çevrimi ve basınç dengeleyici gaz çevrimleridir[17]. Sistemde pompa ve kompresör gibi herhangi bir mekanik parça bulunmadığından sessiz çalışmaktadır. Bu nedenle sessizliğin istendiği otel ve ofislerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminin basıncı hidrojen kullanılarak dengelenmektedir. Bu sistemde pompa ve kompresör gibi herhangi bir mekanik parça bulunmadığından sessiz çalışmaktadır. Bu nedenle sessizliğin istendiği otel ve ofislerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

II. Materyal ve Yöntem

A. *Parabolik Kollektör.*

Şekil 1.'de gösterildiği gibi parabolik kollektörden 3.5 kW ısıl güç elde edebilecek şekilde hesabı ve tasarımı yapılarak imalatı yapılmıştır.

Şekil 1. Parabolik Kollektör.

$$y^2=4.f.x \quad (1)$$

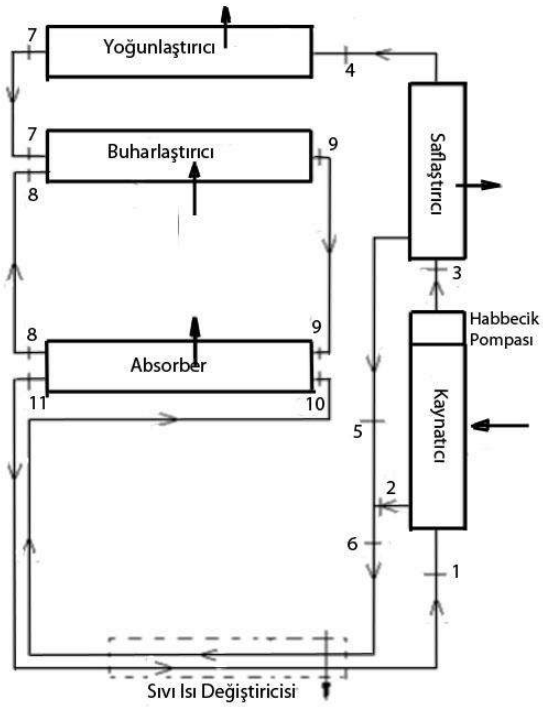
Parabol formülünden (1) parabolik kollektörün odak mesafesi f = 0.92 m, yüksekliği L_p = 0.76 m paraboliğin açıklığı w = 3.35 m dir. Parabolik kollektörün uzunluğu 4.5 m'dir. Kollektör güneş sensörlü olup, doğu-batı yönünde güneşi takip etmektedir. Kontrol kartı güneş sensörünün aldığı ışınıma göre hareket eder. Sistemde ısı transfer yağı kullanılmaktadır. Bu yağ kızgın yağ pompasıyla sistemde dolaştırılmaktadır. [18] Yağın giriş ve çıkış sıcaklığı, cam borunun dış yüzey sıcaklığı ve ortam sıcaklığını bir data logger ile ölçümleri kayıt altına alınmaktadır. Direk ışınım değerleriyle[19] hesaplamalar yapılmıştır.

B .Diffüzyonlü Minibar Buzdolabının Çalışma Prensibi.

Elektrolüks tipi soğutucular genellikle absorpsiyonlu sistemi için kullanılır. Bu sistemde genellikle çevrim ısı etkisiyle sağlanır. Bu deneyde ısı kaynağı olarak sıcak yağın ısısı kullanılmıştır. Sistem 4 ana parçadan oluşur. Jeneratör, absorber, kondenser, evaporatör ve ısıtıcı elamanından oluşur. Jeneratör bölümü amonyak ve su karışımını içerir.

Parabolik kollektörden elde edilen yüksek sıcaklık ile sistemde dolaştırılan yağın ısısı jeneratöre transfer edilmesi sonucu, jeneratörde (kaynatıcı) NH_3-H_2O karışımında amonyak buharlaşarak ayrışır (Şekil 2.) Sıvı fazda kalan ve NH_3 bakımından fakirleşen karışım absorbere gelirken, NH_3 buharı habbecik pompası vasıtasıyla saflaştırıcıya doğru hareket eder. Pompadan çıkan NH_3 buharı saflaştırıcıda içinde kalmış su buharından arındıktan sonra kondensere girer. Kondenserde yoğustuktan sonra sıvı halde evaporatör girer. Evaporatörde hidrojen gazıyla karşılaşan amonyağın kısmi basıncında belirgin bir düşme meydana gelir ve amonyak buharlaşarak hidrojen gazı içerisine yayılır. NH_3 buharı ve hidrojen gazından oluşan karışım absorbere girmesiyle birlikte, NH_3 buharı fakir karışım tarafından

soğurulur ve zengin karışım halinde tekrar kaynatıcı bölgesine gider. Soğutucu akışkan olarak işlev yapan NH_3 çevrimini tamamlamış olur. Jeneratörden ve ayrıştırıcıdan gelen fakir karışım ise buharlaştırıcıdan gelen NH_3 buharını absorbe ederek tekrar jeneratöre(kaynatıcıya) döner ve çevrimini tamamlar. Absorber içindeki NH_3 buharından arınan hidrojen gazı, yoğunluğunun azalması nedeniyle buharlaştırıcı girişine kadar geri gelir. Basınç dengeleyici gaz çevrimi ise bu sayede sonuçlanmış olur.



Şekil 2. Diffüzyonlu Absorber buzdolabının çevrimi

C.*Deneyin Yapılışı*

Oda mahallinde 60 W'lık absorber mini buzdolabı elektrikli rezistansları sökülerek şekil 3 te görüldüğü gibi yağın jeneratörü ısıtması için 0,6 mm saç malzemesinden yarım ay şeklinde iki hazne imal edilmiştir. Yarım ay hazneleri jeneratörü tam sarmış durumda olup birbirlerine kelepçeler yardım ile jeneratöre sabitlenmiştir. Şekil 3.te görüldüğü haznelere dolan sıcak yağ ısısını jeneratöre verir. Haznelerden çıkan sıcak yağ tekrardan borular yardımıyla ısıtılması için kollektör kızgın yağ pompası tarafından emilerek kollektöre basılır. Parabolik kollektör ve tesisat borularındaki çevrim kapalı çevrim olup ve bu şekil sürekli devam eder. Parabolik kollektörden gelen yağın ısısının ortamda kayba uğramaması için yalıtılmıştır.

Parabolik kollektörde yağın giriş ve sıcaklıkları ile absorpsiyonlu buzdolabında sıcaklığı ölçülmek istenilen yerlere T tipi termokupllar yalıtım bantlarıyla yerleştirilmiştir(Şekil 3.). Deneyde data logger vasıtasıyla ölçümler kayd edilmiştir. Absorber buzdolabında 3.5 saat sıcaklık değerleri alınmıştır.

Şekil 3. Sıcak yağ hazneleri ve T-tipi termokupler ile ölçüm noktaları.

D.Absorpsiyonlu Buzdolabı Termodinamik Analizi

Buzdolabı bilgileri Kleo buzdolabı kataloğundan alınmıştır. Buzdolabı soğutma çevriminde 1000 g eriyik mevcuttur. Bu eriyiğin 220 g amonyak 780 g su oluşturmaktadır. Sistemin kondenser kısmında amonyak % 100 buhar olduğu kabul edilmiştir. Buzdolabı 60 W gücündedir.

Jeneratöre sıcak yağ tarafından verilen ısının tamamının amonyak buharının ayrıştığı ve Jeneratör çıkışı amonyak buharı %100 derişiklikte $x_3 = 1$ kabul edilmiştir. Analizde çevreye ısı geçişinin olmadığı kabul edilmiştir. Jeneratör çıkışı için, kütle korunum ve enerji korunum denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (2)$$
$$\dot{m}_1 x_1 = \dot{m}_2 x_2 + \dot{m}_3 x_3 \quad (3)$$
$$\dot{m}_1 h_1 + q_{gen} = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_3 h_3 \quad (4)$$
$$\dot{m}_1 h_1 + q_{gen} = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_3 h_3 \quad (5)$$

Kondenser

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad (6)$$
$$q_{kon} = \dot{m}_3 h_{buhar} \quad (7)$$

Evaporatör

$$q_{buh} = \dot{m}_4 (h_5 - h_4) \quad (8)$$

Absorber

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_5 \quad (9)$$
$$\dot{m}_2 + \dot{m}_5 = \dot{m}_1 \quad (10)$$
$$\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_5 h_{5,a} = \dot{m}_1 h_1 + q_{abs} \quad (11)$$

Soğutma tesir katsayısı

$$COP = \frac{q_{eva}}{q_{gen}} \quad (12)$$

bağıntılarından hesaplanmaktadır[21]

Sistem basıncı amonyak buharının yoğuştuğu doyma basıncına eşittir. Yağ ısıtmalı buzdolabında belirli

noktalarda sıcaklık değerleri 3.5 saat süre için alınmıştır. $\dot{m}_1 = 9.259*10^{-5}$ kg/s, $\dot{m}_2 = 7.222*10^{-5}$ kg/s, $\dot{m}_3 = 2.037*10^{-5}$ kg/s olarak hesaplanmıştır.(Tablo1,2)

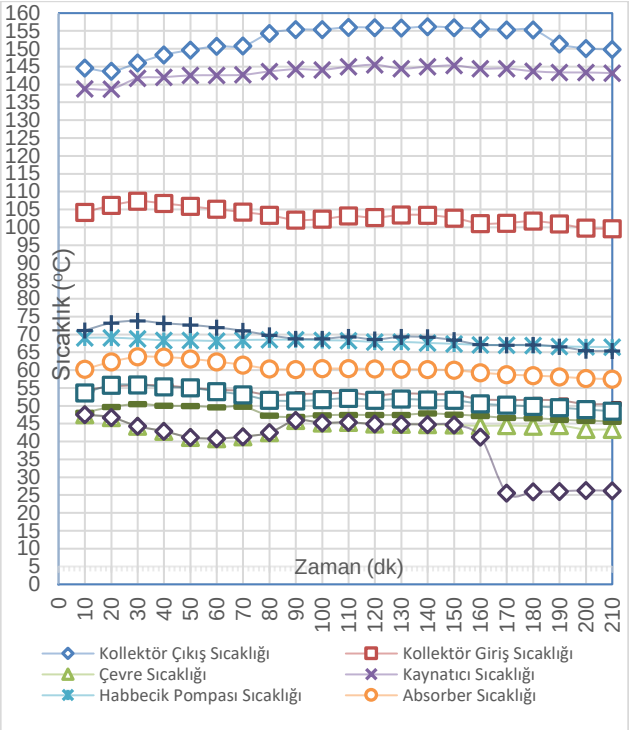
Tablo1. Yağ ısıtmalı buzdolabının termodinamik analiz sonuçları

qgen	30.36 W
qkon	30.35 W
qbuh	21.50 W
qabs	24.93 W
COP	0,708

Tablo 2. Yağ ısıtmalı buzdolabına ait sıcaklık, konsantrasyon ve entalpiler

Ortalama Sıc.(°C)		Sıc.ve Konst.	Entalpiler (kJ/kg)
Evaporator giriş	47.92	$T_{eva,g}$ = 47.92 °C x = 0	h_4 = 424.47
Evaporator çıkış	26	$T_{eva,ç}$ = 26 °C x = 1	h_5 = 1480
Absorber çıkış	52.26	T_{abs} = 52,26 °C x_{fakir} = 0,82	h_2 = 1143.54
Habbecik Pomp.Giriş	67.94	T_{hab} = 67.94 °C x_{zengin} = 0,65	h_1 = 951.35
Kondenser giriş	69.64	$T_{kon,g}$ = 69.64 °C x = 1	h_{buhar}= 1490
Kondenser çıkışı	53.41	$T_{kon,ç}$ = 53,41 °C x = 0	$h_ç$ = 455.19
Jenerator çıkış	143.32	T_{gen}=143.32 °C (kızgın buhar)	h_3 = 1760.51
Absorber giriş	52.26	$T_{abs,g}$ = 52.26 °C x = 0	$h_{5,a}$ =1492

Parabolik güneş kollektöründen ve yağ ısıtmalı buzdolabında alınan sıcaklık değerleri şekil 4 teki grafikte gösterilmiştir. Parabolik güneş kollektöründe yağ çıkış sıcaklığı ve buzdolabı generatöründeki ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla, 152.38 °C ve 143.02 °C'dır. 9.36 °C sıcaklık kaybı oluşmaktadır. Habbecik pompası, kondenser, evaporatör, absorbere giriş, absorber, kondenser çıkış sıcaklığı jeneratör sıcaklığına bağlı olarak az değişmekle beraber sabit kalmaktadır. Evaporatör çıkış sıcaklığı jeneratör sıcaklığına bağlı olarak 3 saatten önce çevre sıcaklığındadır. 3 saatten sonra ise sıcaklığı düşerek soğutma yapmaktadır. Evaporatör soğutma sıcaklığı generatör sıcaklığının değişmesiyle değişmektedir



Şekil 4. Parabolik kollektörde ve yağ ısıtmalı buzdolabında oluşan sıcaklıklar ve zaman grafiği

III. SONUÇLAR VE İRDELEME

Bu çalışmada alternatif enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma deneyi yapılmıştır. Parabolik kollektörün ısıl gücü 3,5 kW mini bar buzdolabının gücü ise 60 W dır. Parabolik kollektörde gerekli iyileştirmeler yapılıp yeniden dizayn edildiğinde hem sabah ve akşam saatlerinde de yüksek sıcaklıklar elde edilir hem de fazla sayıda buzdolabını çalıştırabilir. Yapılan deneylerde güneş kollektöründe jeneratör için gerekli sıcaklık öğle saatlerinde oluşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı deneyler öğle saatlerinde yapılmıştır. Öğle saatlerinde parabolik kollektörde gerekli sıcaklık değerinin oluşması sağlanarak, ısıtılmış yağ absorbsiyonlu buzdolabına 3,5 saat süre kadar transferi sağlanmıştır.

Amonyak, generatörde 140 °C ve belirli bir süre içinde buhar fazına bir miktar su ile geçmektedir. Belirli sıcaklık noktalarına termokupullar yerleştirilerek sıcaklık değerleri data logger cihazı ile alınmıştır. Alınan sıcaklık değerleri, sistem basıncı, kütlesel debi ve konsantrasyonlar ile termodinamiksel analizler yapılmıştır. Yağ ısıtmalı bu buzdolabında jeneratör sıcaklığı ortalama olarak 143.32 °C olarak ölçülmüştür. Yağ ısıtmalı buzdolabında 3 saatten sonra soğumaya başladığı gözlemlenmiştir. Yapılan termodinamik analizler sonucunda bu değer yağ ısıtmalı buzdolabında 30.36 W olarak hesaplanmıştır. Buzdolabının performansı yağ ısıtmalı buzdolabında 0.708 değerindedir.

Güneşin gündüz olup gece olmadığı için sürekli olarak direkt ışınım olmamaktadır. Bu nedenle yağ ısıtmalı buzdolabı tek başına parabolik kollektör ile sürekli olarak çalışmamaktadır. Böylece sürekli olarak buzdolabının çalışması mümkün olmamaktadır. Yağ ısıtmalı buzdolabın sürekli olarak çalışmasını sağlamak için, güneşin parabolik kollektörde yağın ısıtmadığı zamanlarda başka yöntemlerle yağın ısıtılması gerekir. PV de elektrik elde edilerek güneşin olduğu zamanlarda depolanarak, güneşin olmadığı zamanlarda ise depo edilen elektrik rezistansta ile kullanarak yağ ısıtılabilir. Bu yöntemler ile sürekli olarak yağ ısıtılmış olup buzdolabı çalıştırılabilir. Parabolik kollektörün çok iyi dizayn edilmesi ve güneşi daha iyi takip edilmesi iyileştirilebilir.

Amonyak su akışkan çifti yerine daha düşük sıcaklıkta buharlaşan başka bir soğutucu akışkanın kullanılması ile gün boyu soğutma sistemini ısıtmak yeterli hale gelebilir.

KAYNAKÇA

[1] Srikhirin P. and "A Review of Absorption Refrigeration Technologies" Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 343–372, 2001.

[2] Khalid A. Joudi ve ark., "Simulation of a simple absorption refrigeration system", Energy Conversion and Management 42, , 1575-1605, 2001 ,

[3] B. Choudhury, "Review paper on solar-powered air-conditioning through adsorption route", Renewable and Sustainable Energy Reviews 14. 2189–2195,2 010.

[4] Kent E. Fuad. "Solar Assısted Absorption Applications For Heating And Cooling".5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009.

[5] U. Jakob ve ark. "Simulation and experimental investigation into diffusion
absorption cooling machines for air-conditioning applications", Applied Thermal Engineering 28, 1138–1150, 2008.

[6] F. Assilzadeh "Simulation and optimization of a LiBr solar absorption cooling system with evacuated tube collectors". Renewable Energy 30 1143–1159,2005.

[7] Atmaca, i., Yigit A. "Simulation of solar-powered absorption cooling System" Renewable Energy 28, 1277–1293,2003.

[8] Florıdes G. A., "Modelling And Simulation Of An Absorption Solar Cooling
System For Cyprus", Solar Energy Vol. 72, No. 1, pp. 43–51, 2002.

[9] Cabrera F.J., "Use of parabolic trough solar collectors for solar refrigeration and
air-conditioning applications" Renewable and Sustainable Energy Review,20,103-118,2003

[10] Raheman H, Gupta CP. "Development of a solar-energy-operated vapour absorption-type refrigerator", Applied Energy,34,89–98. 1989.

[11] Schweiger H, et al. "The potencial of solar heat in industrial processes. A estate of the art review for Spain and Portugal. EuroSun. Copenhage (Denmark). 2000.

[12] De Francisco A, et al.,"Development and testing of a prototype of low-power water-ammonia absorption equipment for solar energy applications.", Renewable Energy, 25,537–544, 2002;

[13] Lokurlu A. "Configurations of worldwide first solar cooling systems using parabolic trough collectors on locations in Turkey". Goswami DY, Zhao Y,editors. Proceedings of ISES world congress (Vol I–Vol V), 2007

[14] Rami Mansouri, , "Experimental investigations and modelling of a small capacity diffusion absorption refrigerator in dynamic mode", Applied Thermal Engineering 113 . 653–662, 2017

[15] Taieb A., "Detailed thermodynamic analysis of a diffusion-absorption refrigeration cycle", Energy 115, 418-434, 2016.

[16] A. Acuña, "Influence of a compound parabolic concentrator in the performance of a solar diffusion absorption cooling system", Applied Thermal Engineering,V.102,p1374-1383.2016

[17] Zohar, A., "Numerical Investigation of a Diffusion Absorption Refrigeration Cycle." International Journal of Refrigeration, 28, 515-525, 2005.

[18] Çetiner, C., Parabolik Bir Güneş Kolektörünün Statik Analizi. Gazi University Journal of Science, 4(1), 21-29, 2015.

[19] Bulut, H ve akd. Güneş Enerjisi Uygulamalarının Potansiyelini Belirlemek İçin Toplam, Direkt ve Yayılı Güneş Işınım Şiddetlerinin Anlık Ölçümü. Kamu-Üniversite-Sanayi İş Birliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası, 24-26 Ocak, Diyarbakır, s.484-490, 2010.

[20] Adewusi, S.A., and ZUBAİR, S.M., 2004. Second Law Based Thermodynamic Analysis of Ammonia-Water Absorptıon System. Energy Conversion and Management, 45(15-16): 2355-2369.

[21] Yildiz A. "Thermoeconomic analysis of diffusion absorption refrigeration systems", Applied Thermal Engineering 99, 23–31, 2016

Dünyada ve Türkiye de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Hakkında Bir Literatür Araştırması

A Literature Research about Wind Energy Potential in the World and Turkey

Fatih TAŞDELEN[1]
Mehmet DURANAY[2]
İhsan DAĞTEKİN[3]

[1]Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, TBMYO, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, fth_tasdelen@hotmail.com
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, mduranay@firat.edu.tr
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, idagtekin@gmail.com

***Özetçe*—**Birçok ülke enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ancak enerji ihtiyaçlarını karşılamak için fosil yakıtların aşırı tüketimi ilerleyen yıllar içerisinde bu yakıtların tüketilmesine sebep olacaktır. Bu sebeple Dünyanın birçok ülkesinde enerji kaynakları hakkında çeşitli toplantılar düzenlenmektedir. Bu toplantılar doğrultusunda çoğu ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojisi ile rüzgâr, güneş, hidrolik ve jeotermal gibi enerji kaynakları kullanılabilir enerji formlarına dönüştürülürler. Bu enerji kaynaklarının en büyük avantajları saf, tükenmeyen, yerli olmaları ve çevreyi kirletmemeleridir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan rüzgâr enerjisinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada, Dünyanın çeşitli ülkeleri ve Türkiye deki rüzgâr enerjisi potansiyelleri hakkında bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması sonucunda rüzgâr enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonlarının yaygın olarak kullanıldığı anlaşılmıştır. Ayrıca bu dağılım fonksiyonlarından Weibull dağılımının Rayleigh'e göre rüzgâr enerjisi potansiyelini daha iyi modellediği tespit edilmiştir. Rüzgâr enerjisinden faydalanmak için rüzgâr enerjisi potansiyelinin, rüzgâr türbini boyutlarının ve rüzgâr mili yüksekliğinin önemli parametreler olduğu anlaşılmıştır. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelinin 48.000 MW olduğu tespit edilmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir. Türkiye'de 2017 yılı sonu itibarıyla 6.516 MW toplam kurulu güce sahip 207 adet rüzgar enerji santrali (RES) devrede olup Türkiye'nin toplam kurulu gücünün %7.6 sına karşılık geldiği tespit edilmiştir. Türkiye'de 2017 yılında rüzgâr enerjisi kaynaklı 17.909 GWh elektrik üretildiği tespit edilmiştir. Bu değerin toplam üretimin %6.06'sı olduğu belirlenmiştir. 2014 yılı ilk altı ayında rüzgâr enerjisi kurulu gücünde Çin % 41, Almanya % 10, Brezilya % 7, Hindistan % 6, ABD %5 ve Türkiye'nin % 3'lük bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Türkiye'de bulunan dört farklı yerleşim yeri (Bababurnu, Belen, Datça ve Gökçeada) için rüzgâr enerjisi potansiyelleri araştırılmıştır. Belen ve Gökçeada bölgelerinde yapılan araştırmalarda 50 m yüksekliğinde yıllık ortalama rüzgâr hızı yaklaşık olarak 10.2 m/s olarak tespit edilmiştir. EİE tarafından yapılan çalışmalarda rüzgâr enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale'nin zengin bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Rüzgâr enerjisi; Elektrik üretimi; Weibull dağılımı; Rayleigh dağılımı.

***Abstract* —** Many countries supply from fossil fuels their energy needs. However, the excessive consumption of fossil fuels to meet energy needs will cause to consume of these fuels in the following years. Therefore, it has organized various meetings about energy resources in many countries of the world. Most countries have tended to renewable energy sources in the direction of these meetings. With renewable energy technology, energy sources such as wind, solar, hydraulics and geothermal are converted into usable energy forms. The greatest advantages of these energy sources are pure, nonconsumable, indigenous and they don't pollute the environment. The use of wind energy which has an important place among renewable energy sources has increased day by day. In this study, It was conducted a literature search about the potentials of wind energy in various countries of the world and Turkey. In the literature search result, it was understood that widely used of Weibull and Rayleigh distribution functions in the calculation of wind energy potential. Also it was detected that better modelling of wind energy potential according to Rayleigh of Weibull distribution from these distribution functions. It was understood that to be important parameters of the wind energy potential, wind turbine

dimensions and wind shaft height for use from wind energy. It was determined that to be 48.000 MW of wind energy potential of Turkey. Total area corresponding to this potential coincides 1.30% of Turkey's surface. By the end of 2017, there were 207 Wind Power Plants with a total installed power of 6.516 MW in Turkey. It was determined that correspond to 7.6% of Turkey's total installed capacity of this value. In 2017, it was determined that generated electricity 17.909 GWh from wind power in Turkey. It was determined that to be 6.06% of total production of this value. In the first six months of 2014, the installed capacities of wind energy in China, Germany, Brazil, India, ABD and Turkey were detected to provide an increase % 41, % 10, % 7, % 6, %5 and % 3 respectively.The wind energy potentials were investigated for four different site (Bababurnu, Belen, Datça ve Gökçeada) in Turkey. The annual average wind speed was determined about 10.2 m/s at 50 m height in the researchers conducted in Belen and Gökçeada regions. In the studies conducted by EIE, Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu and Çanakkale have been detected that to be rich regions in terms of wind energy.

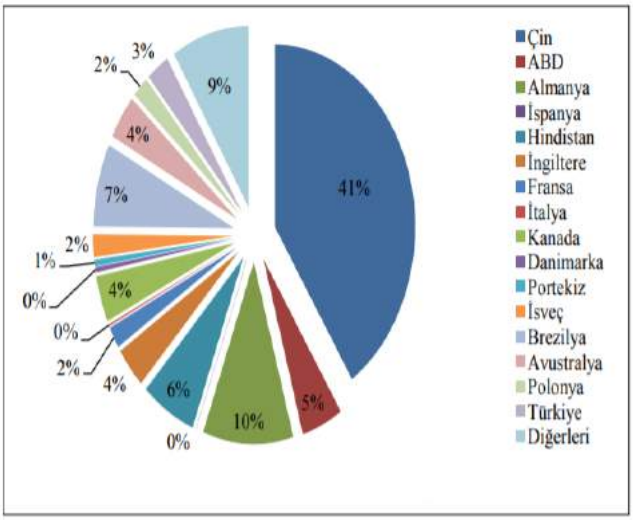
Keywords —Wind energy; Electricity generation; Weibull distribution; Rayleigh distribution.

I. GİRİŞ

Enerji, ekonomik kalkınma ve büyümenin vazgeçilmez bir unsurudur. Birçok ülke enerji talep ve arzını dengelemek için enerji gündemi ile ilgili toplantılar yapmaktadırlar. Günümüzde çoğu ülke enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ancak enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtların aşırı tüketimi ilerleyen yıllar içerisinde bu yakıtların tüketilmesine sebep olacaktır. Bu nedenle birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojisi ile rüzgâr, güneş, hidrolik ve jeotermal gibi enerji kaynakları kullanılabilir enerji formlarına dönüştürülürler. Bu enerji kaynaklarının en büyük avantajları saf, tükenmeyen, yerli olmaları ve çevreyi kirletmemeleridir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisinin yeri ve önemi oldukça büyüktür. Bu çalışmada Dünyanın çeşitli ülkeleri ve Türkiye'deki rüzgâr enerji potansiyelleri hakkında bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasında rüzgâr enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonlarının yaygın olarak kullanıldığı ayrıca rüzgâr enerjisinin verimli kullanılabilmesi için rüzgâr enerji potansiyelinin, rüzgâr türbini boyutlarının ve rüzgâr mili yüksekliğinin önemli parametreler olduğu tespit edilmiştir.

II. DÜNYADA VE TÜRKİYE DE RÜZGÂR ENERJİSİ POTANSİYELİ

Şekil 1'de rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2014 yılının ilk altı ayındaki artışlarının ülkelere göre dağılımı verilmiştir. 2014 yılı ilk altı ayında rüzgâr enerjisi kurulu gücünde Çin % 41, Almanya % 10, Brezilya % 7, Hindistan % 6, ABD %5 ve Türkiye % 3'lük bir artış sağlamıştır [1,2].



Şekil 1. 2014 yılı ilk altı ayında ülkelere göre rüzgâr enerji kurulu gücündeki artışların dağılımı [1]

Ülkelere göre Dünya da rüzgâr santrali kurulu gücü Tablo 1' de verilmiştir. Tablo 1 incelendiği zaman Aralık 2016 yılında Çin 168.732 MW rüzgâr santrali kurulu gücü ile birinci sırada yer almaktadır. Dünya sıralamasında Türkiye ise Kasım 2017 yılında 6.504 MW rüzgâr santrali kurulu gücü ile on ikinci sırada yer almaktadır [3].

Tablo 1. Ülkelere göre Dünya da rüzgâr santrali kurulu gücü [3]

S.No	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç (MW)
1	Çin	Aralık 2016	168.732
2	ABD	Aralık 2016	82.184
3	Almanya	Ekim 2017	55.340
4	Hindistan	Aralık 2016	28.700
5	İspanya	Temmuz 2017	22.841
6	Birleşik Krallık	Aralık 2016	14.543
7	Fransa	Aralık 2016	12.066
8	Kanada	Aralık 2016	11.900
9	Brezilya	Aralık 2016	10.740
10	İtalya	Aralık 2016	9.257
11	İsveç	Aralık 2016	6.520
12	Türkiye	Kasım 2017	6.504
13	Polonya	Aralık 2016	5.782
14	Portekiz	Aralık 2016	5.316
15	Danimarka	Aralık 2016	5.228

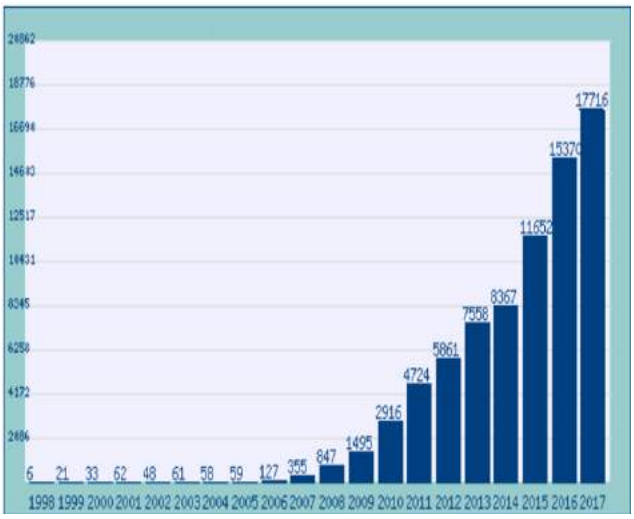
Şekil 2'de 2001-2016 yılları arasında Dünyada bulunan toplam rüzgâr kurulu güçleri verilmiştir. Şekil 2 incelendiği zaman 2001 yılında Dünya da toplam rüzgâr kurulu gücü 23.900 MW iken bu değer 2016 yılı sonu itibari ile 486.750 MW olmuştur [4].

Şekil 2. Dünyadaki toplam rüzgâr kurulu güçleri (2001-2016) [4]

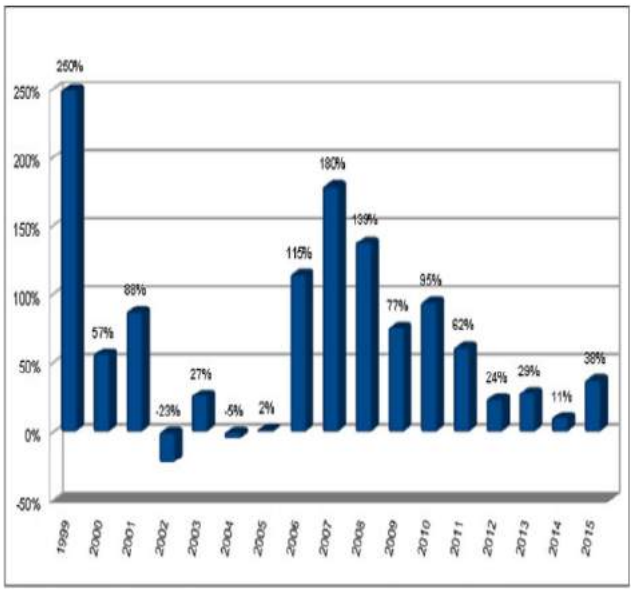
Literatür araştırmasında rüzgâr enerjisinin dünyadaki durumuna yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur. Kidmo ve arkadaşları [5], Kamerun'un en kuzeyindeki Kousseri ve Maroua çevresindeki dağ sırtlarını, rüzgâr enerjisi gelişimi ve elektrik üretimi potansiyelini değerlendirmek için araştırmışlardır. Rüzgâr hızlarındaki değişimleri olasılıklı bir şekilde tanımlamak için yaygın bir şekilde kabul gören Weibull dağılım modelini kullanarak, zemin seviyesinden 10 m yükseklikte ölçülen 28 yıllık (1985-2013) rüzgâr hızı verilerini istatiksel olarak analiz etmişlerdir. Weibull ölçeği ve şekil parametrelerini yinelemeli bir yöntemle yani moment yöntemini kullanarak belirlemişlerdir. Kamerun'da dağ sırtlarındaki rüzgâr enerjisinin ucuz düşük karbonlu elektriğe erişimi artırmak için kullanılabilir olduğunu ve rüzgâr türbini uygulamaları için Kousseri ve Maroua civarındaki 100 m ile 300 m arasında değişen tepelerin rüzgâr potansiyeli açısından uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırılan rüzgâr türbinleri arasında YDF-1500-87 (1500 kW)'ın en düşük enerji maliyeti ve en yüksek kapasite faktörü ile kurulum için en cazip seçenek olarak ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Bilal ve arkadaşları [6], Senegal'in kuzeybatı kıyılarında elektrik üretimi için rüzgâr enerjisi potansiyelini belirlemeye çalışmışlardır. Sekiz farklı bölgedeki (Kayar, Potou, Gandon, Sakhor, Sine Moussa Abdou, Botla, Dara Andal ve Nguebeul) rüzgâr karakteristiklerini ve rüzgâr enerjisi potansiyellerini her bölge için bir yıl boyunca toplanan rüzgâr hızı verilerini kullanarak analiz etmişlerdir. Yıllık ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğunu hesaplamışlardır. Bütün bölgeler için rüzgâr türbinlerinin performans araştırmasını, faktör kapasitesini ve çıkış enerjisini belirlemişlerdir. Bütün rüzgâr türbinlerinin Sakhor bölgesinde en iyi kapasite faktörüne sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Yıllık çıkış enerjisini büyük rüzgar türbinlerinden olan Ecotècnia 80 için Gandon'da 750.300 kWh/yıl, repower türbini için sakhor'da 4.517.900 kWh/yıl olarak bulmuşlardır. Küçük rüzgâr türbinlerinden olan Inclin 600 için Gandon'da 312 kWh/yıl ve EolSenegal 500 için Sakhor'da 1470 kWh/yıl enerji çıktısı elde etmişlerdir. Belabes ve arkadaşları [7], Cezayir'in kuzeyindeki altı bölgede (Oran, Setif, Skikda, Tlemcen, Tiaret ve Miliana) elektrik üretimi için rüzgâr türbinlerini kullanarak teknik ve ekonomik bir değerlendirme yapmışlardır. Altı bölgenin 10 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgâr hızlarını sırasıyla 4.20, 3.46, 3.18, 2.64, 5.07 ve 2.91 m/s olarak elde etmişlerdir. Tiaret'de Vestas V80/2 MW rüzgâr türbinini kullanarak en yüksek kapasite faktörü, yıllık güç ve enerji çıkışını sırasıyla % 33.16, 622 kW/yıl ve 5.8 GWh olarak elde etmişlerdir. Tlemcen'de ise AN Bonus 300 kW/33 rüzgâr türbinini kullanarak kapasite faktörü, yıllık güç ve enerji çıkışını sırasıyla % 5.40,16.21 kW/yıl ve 142 MWh olarak bulmuşlardır. De Jong ve arkadaşları [8], Brezilyanın Kuzeydoğusundaki rüzgâr enerjisinin, kuzeydoğudaki elektrik ihtiyacının % 57'sini 2020 yılına kadar üretmesinin beklendiğini belirtmişlerdir. 2014 yılının rüzgâr hızlarının simülasyonunu yapmak ve Brezilyanın tüm kuzeydoğu bölgesi boyunca rüzgâr enerjisini hesaplamak için Hava Araştırma ve Tahmin Modelini (WRF) kullanmışlardır. 2020 yılına kadar rüzgâr enerjisinin WRF simülasyonuna göre Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí ve Pernambuco eyaletleri için sırasıyla yıllık kapasite faktörlerinin % 50.2, % 45.4, %

37.6, % 43.0 ve % 40.3 olduğunu ve işletmek için planlanan bütün rüzgâr santralleri için tüm kuzey doğu alt sisteminin ortalama yıllık kapasite faktörünün % 44 olduğunu tahmin etmişlerdir. Bell ve arkadaşları [9], Avustralya Ulusal Elektrik Piyasası'ndaki elektrik talebini enerji depolama yardımı olmadan karşılamak ve rüzgâr türbin jeneratörlerinin kabiliyetini belirlemek için rüzgâr hızı ve elektrik talebi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. 2010 - 2012 yılları için Hava Araştırma ve Tahmin Modeli (WRF 2015) rüzgâr hızı verilerini ve Avustralya Enerji Piyasası Operatörü (AEMO) elektrik talep verilerini kullanarak rüzgâr hızı ve elektrik talebi verileri arasındaki ilişkiyi hesaplamışlardır. Elektrik talebi ve rüzgâr hızı arasındaki ilişkide küçük geçici bir artış bulmuşlardır. Elektrik talebi ve rüzgâr hızı arasındaki ilişkinin Queensland, Güney Avustralya ve Tasmania çevresel devletleri arasında en güçlü olduğunu tespit etmişlerdir. Martinez-Anido ve arkadaşları [10], bağımsız sistem işletmecisi – New England güç sisteminin bir üretim maliyet modelini kullanarak elektrik fiyatları üzerinde rüzgâr enerjisinin etkisini araştırmışlardır. Rüzgâr nüfuzu, rüzgâr tahminleri ve rüzgâr azalması açısından farklı senaryoları rüzgâr enerjisinin elektrik fiyatları üzerindeki etkisini analiz etmek için modellemişlerdir. Rüzgâr gücünün fiyat oynaklığı üzerindeki etkisinin kısa vadede daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Rüzgârın nüfuz etmesiyle elektrik fiyatlarının düşmekte olduğunu ve elektrik fiyatlarındaki dalgalanmanın arttığını belirtmişlerdir. Yüksek rüzgâr nüfuzlarında rüzgâr enerjisinin azalmasına izin vermenin elektrik fiyatlarındaki oynaklığı azalttığını tespit etmişlerdir. Chadee ve arkadaşları [11], Karayip adalarının en güneyinde yer alan Trinidad ve Tobago'da rüzgârdan elektrik üretiminin maliyetini belirlemek için teknik ve ekonomik değerlendirmeler yapmışlardır. Değerlendirmelerinde uzun vadeli ölçümler (1989-2009) için Crown Point ve Piarco'da 10 m seviyedeki rüzgâr verilerini ve 20 kW'dan 3050 kW'a kadar değişen sekiz adet rüzgâr enerjisi dönüşüm sisteminin rüzgâr türbini özelliklerini kullanmışlardır. Crown Point ve Piarco'da rüzgâr enerjisi yoğunluklarının ilgili tahminleri 381 W/ m^2 ve 296 W/ m^2 iken zeminden 80 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgâr hızlarını sırasıyla 6.93 m/s ve 5.86 m/s olarak tahmin etmişlerdir. Rüzgâr türbinleri arasında Goldwind 1.5/87 1500 kW modelinin en düşük elektrik maliyetini Crown Point ve Piarco'da sırasıyla 0.031 US$/kWh ve 0.039 US$/kWh olarak ürettiğini tespit etmişlerdir. Rüzgâr enerjisinin Türkiye'deki durumunu incelediğimiz zaman, EİE tarafından yapılan çalışmalarda rüzgâr enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale'nin zengin bölgeler olduğu tespit edilmiştir [12]. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyelini 48.000 MW olarak belirtmiştir. Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1.30'una denk gelmektedir. 2017 yılı sonu itibarıyla 6.516 MW toplam kurulu güce sahip 207 adet Rüzgar Enerji Santrali (RES) devrede olup Türkiye toplam kurulu gücünün %7.6'sına karşılık gelmektedir. Türkiye'de 2017 yılında rüzgâr enerjisi kaynaklı 17.909 GWh elektrik üretilmiş olup bu değer toplam üretimin %6.06'sıdır [13].

Türkiye de ilk kez rüzgâr enerjisi ile elektrik üretimi 1998 yılında başlamıştır. Türkiye deki rüzgâr santrallerinin 1998-2017 yılları arasındaki yıllık elektrik üretimleri Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiği zaman 1998 yılında 6 GWh olan elektrik üretimi 2017 yılında 17716 GWh olmuştur [3]. Türkiye de rüzgârdan elektrik üretiminin önceki yıllara göre artışı Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiği zaman 1999 yılında %250'lik bir artış görülmektedir. Bu büyük artışın en büyük sebebi yukarıda da belirttiğimiz gibi 1998 yılında Türkiye'nin ilk kez rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine başlamış olmasıdır [3].



Şekil 4. Türkiye'deki rüzgâr santrallerinin yıllık elektrik üretimleri (1998-2017) [3]



Şekil 5. Türkiye de rüzgârdan elektrik üretiminin önceki yıllara göre artışı (1999-2015) [3]

Türkiye için yapılan çalışmalar incelendiği zaman, Bilgili ve arkadaşları [14], Türkiye'nin güney, güneybatı ve batı kıyılarında bulunan Akhisar, Bababurnu, Belen, Datça, Foça, Gelendost, Gelibolu, Gökçeada ve Söke bölgelerindeki rüzgâr enerjisi potansiyelini istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Rayleigh ve Weibull dağılım fonksiyonlarının yanında ayrıca WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programını kullanarak bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelini araştırmışlardır. Tüm istasyonlar için WAsP programı ve Weibull modeli kullanılarak elde edilen değerlerin Rayleigh modeli kullanılarak elde edilen değerlere göre daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. En yüksek rüzgâr gücü potansiyelinin sırasıyla; Gökçeada'da 526 W/m^2, Gelibolu'da 410 W/m^2, Belen'de 387 W/m^2 olarak tespit etmişlerdir. Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz Bölgelerinin bazı kısımlarının rüzgâr potansiyeli açısından oldukça zengin olduğu ve bu bölgelerin rüzgâr santrali kurulmasına elverişli olduğunu belirtmişlerdir. Köse ve arkadaşı [15], Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüsü bölgesinde kurulan ölçüm istasyonundan elde edilen verileri değerlendirerek bölgenin rüzgâr enerjisi potansiyelini araştırmışlardır. Yerli imalat faktörleri ve ölçülen değerler göz önüne alınarak yatırım maliyeti, kapasite ve basit geri ödeme sürelerini hesaplamışlardır. Bölgeye kurulabilecek rüzgâr enerjisi santrali için minimum maliyet ve geri ödeme süresi verecek şekilde uygun türbin tipini seçmişlerdir. Yapılacak olan yatırımın, ilk yatırım maliyetini 6 yıldan daha az sürede karşılayacağını tespit etmişlerdir. Bu değerin literatür araştırmalarına göre oldukça kısa olduğunu belirtmişlerdir. Oral ve arkadaşı [16], enerji üretimi için rüzgâr verilerinin değerlendirilmesini araştırmışlardır. Rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde kullanılan Weibull dağılımı hakkında bilgiler vermişlerdir. Sakarya-Esentepe bölgesinde kurulan rüzgâr ölçüm istasyonundan 2007 yılının ilk altı ayına ait rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı verilerini kullanarak istatistiksel analiz yapmışlardır. Sonuç olarak Weibull sonuçları ile gerçek sonuçların birbirine çok yakın olduğunu ve bölgenin ortalama rüzgâr hızının, elektrik enerjisi üretimi açısından orta düzeyin aşağısında olduğunu tespit etmişlerdir. Korukçu [17], Türkiye'de bulunan dört farklı yerleşim yeri (Bababurnu, Belen, Datça ve Gökçeada) için rüzgâr enerjisi potansiyellerini araştırmıştır. Rayleigh dağılımını rüzgâr enerjisi potansiyelinin hesaplanması için kullanılmıştır. 50 m yüksekliğindeki yıllık ortalama rüzgâr hızını Belen ve Gökçeada bölgelerinde yaklaşık olarak 10.2 m/s değerinde bulmuştur. Bu bölgelerdeki yüksek rüzgâr hız ortalamaları nedeniyle elde edilebilecek güç yoğunluğu değerlerini de diğer iki bölgeye göre daha yüksek bulmuştur. Güç yoğunluğu değerlerini Belen ve Gökçeada bölgeleri için sırasıyla 1581 W/m² ve 1297 W/m² olarak tespit etmiştir. Kurban ve arkadaşları [18], Eskişehir Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'nde kurulan rüzgâr gözlem istasyonundaki 30 metrelik ölçüm direğinin 10 m yüksekliğinden 15 saniyede bir veri almışlardır. 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarına ait rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı verileri kullanılarak kampüsün rüzgâr enerjisi potansiyelinin ön araştırmasını istatistiksel olarak yapmışlardır. Sonuç olarak, rüzgâr hızını Weibull dağılımının Rayleigh'e göre daha iyi modellediğini ve Weibull dağılımından hesaplanan aylık güç yoğunluğu değerlerindeki hata oranının Rayleigh dağılımından hesaplanan değerlere oranla daha küçük çıktığını tespit etmişlerdir.

III. SONUÇ

Bu çalışmada, Dünyanın çeşitli ülkeleri ve Türkiye deki rüzgâr enerjisi potansiyelleri hakkında bir literatür araştırması yapılmıştır. Bulunan sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Literatür araştırması sonucunda rüzgâr enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonlarının yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir.
- Rüzgâr enerjisinin kullanılabilmesi için rüzgâr enerjisi potansiyelinin, rüzgâr türbini boyutlarının ve rüzgâr mili yüksekliğinin önemli parametreler olduğu anlaşılmıştır.
- 2014 yılı ilk altı ayında rüzgâr enerjisi kurulu gücünde Çin % 41, Almanya % 10, Brezilya % 7, Hindistan % 6, ABD %5 ve Türkiye % 3'lük bir artış sağlamıştır.
- Türkiye'de EİE tarafından yapılan çalışmalarda rüzgâr enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale'nin zengin bölgeler olduğu tespit edilmiştir.
- 2017 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de 6.516 MW toplam kurulu güce sahip 207 adet Rüzgâr Enerji Santrali'nin (RES) devrede olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Şenel, M. C., & Koç, E. Dünyada ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme. *Engineer & the Machinery Magazine*, (663), 2015.
[2]http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf [3.12.2017 saat 15:15]
[3]http://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-ruzgar-enerjisi.html [23.05.2018 saat 14:10]
[4]http://polatenerji.com/bilgi-bankasi/dunya-da-ruzgar-enerjisi [23.05.2018 saat 14:30]
[5] Kidmo, D. K., Deli, K., Raidandi, D., & Yamigno, S. D. Wind energy for electricity generation in the far north region of Cameroon. *Energy Procedia*, *93*, 66-73, 2016.
[6] Bilal, B. O., Ndongo, M., Kebe, C. M. F., Sambou, V., & Ndiaye, P. A. Feasibility study of wind energy potential for electricity generation in the northwestern coast of Senegal. *Energy Procedia*, *36*, 1119-1129, 2013.
[7] Belabes, B., Youcefi, A., Guerri, O., Djamai, M., & Kaabeche, A. Evaluation of wind energy potential and estimation of cost using wind energy turbines for electricity generation in north of Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *51*, 1245-1255, 2015.
[8] de Jong, P., Dargaville, R., Silver, J., Utembe, S., Kiperstok, A., & Torres, E. A. Forecasting high proportions of wind energy supplying the Brazilian Northeast electricity grid. *Applied Energy*, *195*, 538-555, 2017.

[9] Bell, W. P., Wild, P., Foster, J., & Hewson, M. Wind speed and electricity demand correlation analysis in the Australian National Electricity Market: Determining wind turbine generators' ability to meet electricity demand without energy storage. *Economic Analysis and Policy*, *48*, 182-191, 2015.
[10] Martinez-Anido, C. B., Brinkman, G., & Hodge, B. M. The impact of wind power on electricity prices. *Renewable Energy*, *94*, 474-487, 2016.
[11] Chadee, X. T., & Clarke, R. M. Wind resources and the levelized cost of wind generated electricity in the Caribbean islands of Trinidad and Tobago. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017.
[12] https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx [3.12.2017 saat 17:14]
[13] http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar [25.05.2018 saat 13:20]
[14] Bılgılı, M., Şahın, B., & Şımşek, E. Türkiye'nin güney, güneybatı ve batı bölgelerindeki rüzgar enerjisi potansiyeli. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology*, *30*(1), 2010.
[15] Köse, F., & Özgören, M. Rüzgar enerjisi potansiyeli ölçümü ve rüzgar türbini seçimi. *Mühendis ve Makina*, *46*(551), 20-30, 2005.
[16] Oral, F., & Behçet, R. Rüzgar verilerinin enerji üretimi amaçlı değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *4*(2), 2015.
[17] Korukçu, M. Ö. Türkiye'de dört yerleşim yeri için rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi. Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering, 16 (1), 2011.
[18] Kurban, M., Hocaoğlu, F. O., & Kantar, Y. M. Rüzgar enerjisi potansiyelinin tahmininde kullanılan iki farklı istatistiksel dağılımın karşılaştırmalı analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *13*(1), 103-109, 2007.

Bina Çatılarındaki Güneş Panellerinin Güneşten Azami Ölçüde Yararlanacak Şekilde Konumlandırılması

Positioning of the Solar Panels in the Building Roofs to Benefit from the Sun at the Maximum Size

Hüseyin İNCE[1]
Nuri ERDEM[2]

[1]Harita Kadastro Programı, Teknik Bilimler MYO, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye, hince2017@gmail.com
[2]Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, nurierdem@osmaniye.edu.tr

Özetçe — **G**üneş ışınlarının, yaz mevsimine göre dünyaya daha eğik olarak geldiği Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında, panelin yaz mevsimine ayarlanmış konumuyla, panelden sıcak su temin etmek zorlaşır. Belirtilen aylarda da güneşten yararlanmak gerekli olduğundan, güneş panellerinin, bir yerde, güneş azimut açısının maksimum ve minimum değerleri arasında konumlandırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, bir bina damına birbirine paralel konumda çok sayıda güneş paneli yerleştirilmesi durumunda, ikinci ve üçüncü sıraya yerleştirilecek paneller arasındaki ara uzaklığın ve panellerin eğim açılarının ne olacağı, sadece yaz mevsiminde değil kış aylarında da kullanılacak olan panellerin hangi eğim açısıyla yerleştirileceği gibi konular detaylı olarak incelenmiş, sayısal uygulamalar yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — güneş enerjis; güneş panel; panel konumlandırma.

Abstract— In the months of November, December, January, February and March when the sun's rays are more oblique to the earth than in the summer, it is difficult to obtain hot water from the panel because the panel is set to summer. Since it is necessary to utilize the sun in the specified months, the solar panels must be positioned somewhere between the maximum and minimum values of the sun azimuth angle. In this study, the topics were examined in detail, numerical applications and suggestions were made for it is assumed that the distance between the second and third rows of panes to be placed and the slope angles of the panes, in case of the placement of a large number of solar panels parallel to each other in a building, the slope angle of the panes to be used in winter.

Keywords — solar energy; solar panel; panel positioning.

Giriş

Günümüzde güneş ışınım enerjisinden ısıtma, sıcak su elde etme ve iklimlendirmede yararlanıldığı bilinmektedir [1]. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [2].

Güneş panellerinden yararlanmak için, yatay düzlemle belirli bir eğim açısıyla eğik konumda yerleştirilen panel yüzeylerinin yaklaşık olarak güney yönüne çevrilmesi gerekmektedir. Yaz mevsiminde gün boyunca panel yüzeyinin yaklaşık olarak güneye çevrilmesi, sıcak su temini için yeterli olabilir. Ancak güneş ışınlarının, yaz mevsimine göre dünyaya daha eğik olarak geldiği Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında, panelin yaz mevsimine ayarlanmış konumuyla, panelden sıcak su temin etmek zorlaşır. Belirtilen aylarda da güneşten yararlanmak gerekli olduğundan, güneş panellerinin, bir yerde, güneş azimut açısının maksimum ve minimum değerleri arasında konumlandırılması gerekmektedir. Ülkemizde Trakya, İç Anadolu ve Doğu Akdeniz Bölgelerinde; güneşten azami yararlanmak için yapılacak binaların cephelerinin, güneş azimut açısının 150^g ila 250^g değerleri arasında konumlandırılmasında olduğu gibi, bir binanın çatısına veya damına yerleştirilen güneş panellerinin de buna uygun olarak konumlandırılması gerekmektedir.

Gerek binaların gerekse bina damına veya çatısına yerleştirilecek güneş panellerinin gün ışığndan yararlanacak şekilde yönlendirilmesinde, güneş ışınlarının yeryüzünde belirlenen bir noktaya geliş doğrultusundan (güneş azimut açısından) yararlanılır. Güneş azimut açısının hesabında çalışma bölgesinin enlemi (φ), yılın belirli bir günü için güneşin denklinasyon açısı (δ) ile lokal öğle vaktine göre güneşin doğuş ve batış saat açıları

(h) girmektedir. Bu açılara güneş açıları denir [3], [4]. Bu çalışmanın başlangıcında güneş açılarının tanımları ve formülleri belirtilmiş [3-5], binaların gün ışığından azami yararlanacak şekilde yönlendirilmesinde, konuyla ilgili Trakya bölgesinde ve Doğu Akdeniz bölgesinde yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre [6], [7], güneş azimut açılarına göre 150^g ila 250^g değerleri arasında konumlandırılması gerektiği, bu temel düşünceden hareketle, güneş panellerinin de, güneş azimut açılarının 150^g ila 250^g değerleri arasında olmasından dolayı konumlandırmanın da bu değerlere uygun olması gerektiği vurgulanmıştır.

Güneş panellerinden verim sağlayabilmek için [8];

- Güneş panellerinin yatay düzlemle kaç derecelik açı yapacak şekilde yerleştirilmesi,
- Güneş panelinin yerleştirileceği bina yakınında ağaç, direk gibi güneş ışığının panele gitmesini engelleyen bir durum varsa bu durumda güneş panelinin nasıl yerleştirileceği,
-

konuları detaylı olarak incelenmiştir.

Güneş panellerinin aplikasyonunda;

- Kullanılan aletler tanıtılmış,
- Güneş paneli sehpası bina damına veya çatısına yerleştirilmeden önce proje aşamasında; bina cepheleri, gün boyunca azami güneşlenecek şekilde konumlandırılmış binalarda ve rastgele konumlanmış binalarda, binanın damına yerleştirilecek güneş paneli sehpasının uç noktalarının binanın damına, nasıl yerleştirileceği [9],
- İnşaatı tamamlanmış bir binanın damında ve çatısında; pusula ile güney yönünün nasıl aplike edileceği, ön uç noktaları itibariyle güney yönünde olan güneş paneli sehpasının arka köşe noktalarının, yatay düzlemle arzu edilen eğim açısını yapacak şekilde nasıl aplike edileceği [10],
- Bina çatısına güneş panelinin yerleştirilmesi durumunda, binanın çatısının mevcut eğiminin basit eğim ölçer aletle nasıl ölçüleceği, güneş paneli sehpasının köşe noktaları dik bir doğrultuda olacak şekilde güneş panelinin nasıl aplike edileceği,

açıklanmıştır.

Uygulama

Trakya bölgesini temsilen Edirne için, her ayın 1'i, 15'i, Haziran ayının 1'i, 21 ve Aralık ayının 1'i ve 22 'si seçilerek, güneşin doğuşuna batışına ve öğleye ait zamanları gösteren yapraklı takvimden yararlanılarak

- Bir bina damına birbirine paralel konumda çok sayıda güneş paneli yerleştirilmesi durumunda ikinci ve üçüncü sıraya yerleştirilecek paneller arasındaki ara uzaklığın ve panellerin eğim açılarının ne olacağı,
- Sadece yaz mevsiminde kullanılacak ve sadece kış mevsiminde kullanılacak panellerin hangi eğim açısıyla yerleştirileceği,
- Güneş panelinden enerji üretimini en üst seviyeye çıkarmak için; güneş panel sehpasının, gün doğusundan gün batımına kadar güneş ışığını en doğru açıda görecek şekilde yerleştirilmesi,
- Güneş paneli sehpası yerleştirilmeden önce, bina damında ve çatısında pusula yardımıyla güney yönünün aplike edilmesi,
- Güneş paneli sehpası bina çatısına yerleştirilecekse, işin başlangıcında bina çatısının eğiminin, eğim ölçer aletle ölçülmesi,

formüldeki n değerleri, buna bağlı olarak ilgili bağıntıdan δ denklinasyon açıları, yerel öğle vakti sıfır kabul edilerek öğle vaktinden güneş doğuş ve batış saatine kadar birer saat aralıklarla güneş zenit açıları hesaplanmış ve bir çizelgede gösterilmiştir.

Sonuçlar

- Trakya ve Doğu Akdeniz Bölgesinde, gün boyunca güneş ışığından yararlanacak şekilde binaların konumlandırılmasında belirtilen güneş azimut açılarının, binaların damına, çatısına yerleştirilecek güneş panellerinin konumlandırılmasında da gerekli olduğu,
- Belirtilen bölgelerde gün boyunca azami güneşlenme için, güneş panellerinin güneş azimut açılarının 150^g ila 250^g değerleri arasında konumlandırılması gerektiği,
- Sadece yaz mevsiminde için kullanılacak güneş panellerinden maksimum verim sağlayabilmek için, güneş ışınlarının panel yüzeyiyle yaklaşık dik açı oluşturması gerekmektedir. Bu durumda güneş panellerinin eğim açısının, bulunduğu yerin enlem derecesi $+15^o$ olması gerektiği,
- Sadece sonbahar ve ilkbaharda kullanılacak güneş panellerinden maksimum verim sağlayabilmek için, güneş ışınlarının panel yüzeyiyle yaklaşık dik açı oluşturması gerekmektedir. Bu durumda güneş panellerinin eğim açısının, bulunduğu yerin enlem derecesi -15° olması ve güneş panelinin, güneş azimut açısının 150^g (veya 135°) veya 250^g (veya 225°) değerine uygun

olarak yani kuzey doğu – güney batı veya kuzey batı – güney doğu yönünde konumlandırılması gerektiği,

- Güneş paneli tüm yıl boyunca kullanılacaksa, güneş panellerinin güneş azimut açılarının 150^g ila 250^g değerleri arasında konumlandırılması gerektiği, buna göre panelin üç parçalı olarak oluşturulması, ortadaki panelin güneye bakacak şekilde, bunun sağındaki güneş panelinin kuzey doğuya bakacak şekilde, soldaki güneş panelinin kuzey batıyı görecek şekilde düzenlenmesi gerektiği,
- Bina damında veya çatısında güney yönünü belirlemek için pusulanın yeterli araç olduğu, basit ölçü aletleriyle, harita teknikeri veya mühendisi tarafından bir güneş paneli sehpasının bir binanın damına ve çatısına aplike etmenin kolay olduğu,

belirtilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Akıncıtürk, N., *"Güneş Işınımlarının Yapıdaki Yararlı Etkilerinin İncelenmesi"*, YTÜ, Yapı Fiziği Fiziksel Çevre Denetimi Kongresi, 18-19 Kasım 1999, İstanbul.

[2] http://www.eie.gov.tr/index.html, Mayıs 2016.

[3] Deriş, N., Güneş Enerjisi Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, *Sermet Matbaası,* 1979, İstanbul.

[4] Kılıç, A., Öztürk, A., Güneş Enerjisi, İTÜ Mak. Fak., *Kipaş Dağıtımcılık*, 1980, İstanbul.

[5] Aksoy, A., Jeodezik Astronominin Temel Bilgileri (Küresel Astronomi), *M. T. Basımevi*, 1975, İstanbul.

[6] İnce, H., *"Trakya Bölgesinde Toplu Konut Alanlarında Yapılacak Binaların Gün Boyu Güneş Işığından Yaralanması İçin Bir Tasarım Önerisi"*, 4. Planlı Dönemde Trakya'da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bildiriler Kitabı, Sayfa 371-380, 14-15 Ekim 2005, Edirne.

[7] Erdem, N., İnce, H., *"The Proposal Of The Building Application For More Benefiting From Solar Light"*, Selçuk International Scientific Conference On Applied Sciences Conference, 27-30 September, Belek- Antalya, CD Copy, 199 p., 175 x 250 mm, ISBN 978-605-65700-1-8.

[8] MEB, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri Yapılarda Güneş Panel Sisteminin Kurulması, MEB Yayını, 2013, Ankara.

[9] http://ozdogangunesenerji.com/pdf/katalog2017.pdf, Mart 2018.

[10] Tüdeş, T., Aplikasyon, *KTÜ, Müh. Mim. Fak. Yayını*, 1995, Trabzon.

Adıyaman İli Bina Çatılarında Güneş Paneli Sistemi ile Elektrik Üretim Potansiyelinin Araştırılması

Investigation of Electricity Production Potential with Solar Panel System in Adıyaman City Building Roofs

Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[1]
Tuba ULUM[2]
Mustafa ASLAN[3]
Harun TÜRKMENLER[4]
[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, dilekoglu@harran.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, tubaulum6743@gmail.com
[3]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, maslan@harran.edu.tr
[4]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye, hturkmenler@adiyaman.edu.tr

Özetçe—Günlük hayatımızda ve yaşamın sürdürülebilirliği için enerji önemli bir parametredir. Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün artarak devam etmektedir. Buna bağlı olarak da alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi önem arz etmektedir. Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan Güneş enerjisi tükenmeyen, sürekli, yenilenebilir ve fiyat talep edilmeyerek var olan bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada Türkiye'nin önemli bölgelerinden biri olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güneş enerjisi bakımından en verimli ili Adıyaman'ın kent merkezindeki bina çatılarında güneş paneli sistemi ile elektrik üretimi ve potansiyeli araştırılmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi coğrafi konumundan dolayı Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 2993 saat/yıl ile en fazla güneşlenme potansiyeline sahiptir. Bu güneşlenme potansiyelinin 880 saat/yıl gibi önemli bir payına sahip Adıyaman ili güneşlenme potansiyelinde ilk sırada yer almaktadır. Yapılan çalışmada Adıyaman ilinde belirli bir pilot bölge oluşturularak güneş panelleri sistemi ile elektrik üretimi ve potansiyeli araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda Adıyaman ilinin Altınşehir mahallesi özelinde güneş panelleri sistemi ile **416.100 kW/yıl** elektrik üretiminin gerçekleşebileceği ve bu mahallenin takribi yıllık elektrik tüketimininde payı ve mevcut potansiyelin araştırılması ortaya konmuş ve enerji noktasında fayda sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — Adıyaman; yenilenebilir enerji; elektrik; güneş enerjisi; güneş panelleri.

Abstract— Energy is an important parameter in our daily lives and for the sustainability of life. The need for renewable energy resources in the world continues to increase day by day. Accordingly, interest in alternative energy sources is important. Solar energy which is among the alternative energy sources, is a never ending constant, renewable and unquestioned energy source. In this study, power generation with solar panels system and its potential in the most productive province, Adıyaman with regard to solar energy in Southeastern Anatolia Region have been researched. Thanks to the geographic location, Southeastern Anatolia Region has the maximum sunshine potential with the average annual sunshine duration of 2993 hours/year. Adıyaman Province with a significant share of 880 hours/year of sunbathing potential is placed on the top. In a conducted study, power generation with solar energy and its potential have been researched creating a certain pilot region in Adıyaman. As a result of this study, the share of power generation with solar energy and its current potential have been revealed and have been aimed to avail on energy.

Keywords — Adiyaman; renewable energy; electric; solar energy; solar panels.

I. GİRİŞ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücünü yaratmaktadır. Fosil yakıtlarında, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek

çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır. Yeryüzüne her sene düşen güneş ışınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Bu bakımdan güneş enerjisinin bulunması sorun değildir. Asıl sorun bunun insan faaliyetlerine uygun kullanılabilir bir enerji türüne dönüştürülebilmesindedir. Güneş enerjisi hem bol hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Bunların yanı sıra geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmayışı bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji yapmaktadır [1]. Ülkemizin güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli İspanya dışındaki tüm Avrupa ülkelerinden fazladır. Türkiye, ortalama 1000 – 1450 kWh/m²yıl oranlarında güneş enerjisinden faydalanabilme potansiyeline sahiptir. Bu oran da ülkemizin tükettiği elektrik enerjisi ve fosil enerji kaynaklarının 10,000 katından fazladır [2]. Yenilenebilir enerji çeşitliliğini arttırarak enerjide dışa bağımlılığı azaltmak bilinci ile hareket edilmesi hedeflenmektedir. Türkiye'nin önemli bölgelerinden biri olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi coğrafi konumundan dolayı yıllık ortalama güneşlenme süresi 2993 saat/yıl'dır [3]. Bu güneşlenme süresinin 880 saat/yıl gibi büyük bir kısmını Adıyaman ili sağlamaktadır [4]. Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güneşlenme süresi bakımdan en verimli yeri olan Adıyaman ilinin güneş paneli sistemi ile elektrik üretimi ve potansiyeli pilot bir bölge (Altın-şehir Mahallesi) oluşturularak araştırılmıştır.

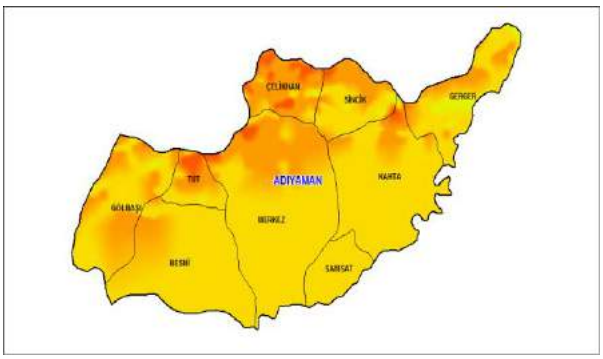
II. MATERYAL VE METOD

Güneş enerjisi günümüzde konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma), yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında; tarımsal teknolojide, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında; sanayide, güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında; ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılmaktadır [5]. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir: Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş Pilleri: Fotovoltaik piller de denen bu yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler. Güneş ışınımının, güneş paneline gelmesiyle güneş pilindeki yarı iletken teknolojisi sayesinde gerçekleşen elektron alışverişi sonucu elektrik akımı üretimi sağlanabilmektedir. Doğada en yaygın olarak bulunan silisyum, ticari ortama girmiş güneş pillerinin en yaygın kullanılanıdır. Genel olarak çatı sisteminde silisyumlu güneş pillerinden yapılan monokristal ve polokristal paneller kullanılmaktadır.

III. BULGULAR

3.1 Adıyaman İlinin Güneş Paneli Sistemi Elektrik Üretimi ve Potansiyeli

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporlarına göre 2050 yılına kadar güneş elektriğinin, küresel elektrik üretiminin %20-25'ini oluşturabileceği öngörülmektedir. 2010 yılı itibariyle Türkiye 108 milyon ton eşdeğeri (MTEP) birincil enerji tüketimine karşılık, 30 MTEP birincil enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Enerji bağımlılığının %70'ler düzeyinde olduğu görülmektedir. Coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1,311 kWh/m2-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m2) olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisi potansiyeli ülke genelinde toplam 380 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye genelinde yıllık güneşlenme süresi 2.640 saat iken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi yıllık ortalama 2.993 saatlik güneşlenme süresine sahiptir [6]. Şekil 1'de gösterildiği gibi Adıyaman ilinde oldukça yüksek güneş enerjisi potansiyeli bulunmakta olup kuzey kesimlere gidildikçe bu potansiyel artmaktadır.



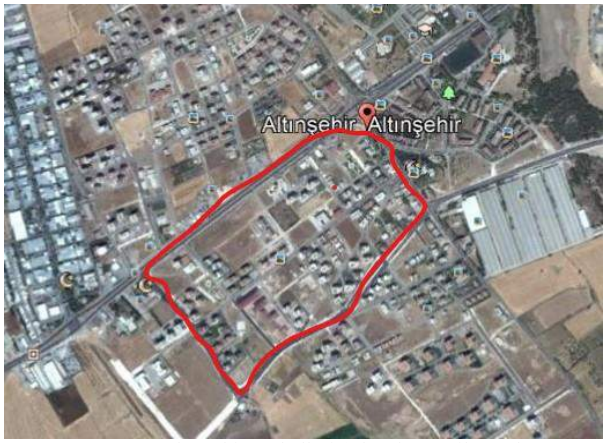
Şekil 1. Adıyaman Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

Adıyaman'ın ortalama güneşlenme süresinin 12,25 saat ile en fazla Temmuz ayında, en az ise 4,01 saat ile Aralık ayında gerçekleştiği görülmektedir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 8,11 saattir. Adıyaman ili toplam güneş radyasyonun en çok olduğu ay Haziran ayıdır. Adıyaman gerek güneşlenme süresi gerekse güneş radyasyonu ortalamalarında Türkiye ortalamasının üzerindedir. Türkiye geneli toplam güneş radyasyonu Haziran ayında 6,57 kWh/m2–gün iken Adıyaman ilinde 6,82 kWh/m2–gün olarak gerçekleşmektedir.

Tablo 1. Adıyaman Merkez ve İlçelerin Global Güneş Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süresi

İlçeler	Global Güneş Radyasyon Değerleri (kWh/m²gün-yıl)	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)
Gölbaş	52.59	97.05
Besni	52.26	98.40
Tut	53.04	96.72
Merkez	52.44	98.00
Samsat	52.12	104.36
Kahta	52.26	97.49
Çelikhan	53.36	96.05
Sincik	52.75	95.91
Gerger	52.72	95.78

Adıyaman merkez ve sekiz ilçesinin yıllık Global Güneş Radyasyon değerleri ve Güneşlenme süresi Tablo 1.'de gösterilmektedir. Tablo 1.'de yıllık toplam Global Radyasyon değeri 473.04 kWh/m². gün ve toplam Güneşlenme süresi 880 saat/yıl olarak hesaplanmıştır [7]. Bu değer Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en çok güneş enerjisi potnasiyeline sahip ili olduğunu göstermektedir. Adıyaman ili toplam 8 ilçe, 131 köy, 49 mahalleden oluşmaktadır. Pilot uygulama bölgesi olarak Altınşehir mahallesi araştırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Altınşehir Mahallesi (Ele Alınan Pilot Bölge)

4 kişilik bir ailenin elektrik enerjisi tüketiminin güneş panellerinden üretilen elektrik enerjisi ile sağlanması için örnek bir hesaplama ve maliyet analizi yapılarak Tablo 2, 3, 4'te ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Altınşehir mahallesi 1.200.000m²'lik bir alana sahiptir. Dört kişilik bir ailenin kullanılacağı panellerimizin kaplayacağı alan 12.6m²'dir. Bu da demek oluyor ki 1.200.000/12.6=~95.238 adet panel kurulabilir. Altınşehir mahallesindeki konutların çatılarına kurulacak olan güneş paneli sistemi için Altınşehir mahallesi 30.000 nüfusa sahip ve 6500 haneden meydana gelmektedir [8]. Altınşehir mahallesi 30.000/4 =7500 (4 kişilik aile) bulunmaktadır. Bir güneş panelinin ürettiği elektrik miktarı 200watt'tır.

Tablo 2. 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi Tüketimi ve Dağılımı

Kullanım Amacı	Toplam Günlük Güç İhtiyacı(Wh)
Fırın	400
Aydınlatma	400
Buzdolabı	935
Televizyon	680
Çamaşır makinası	300
Bulaşık makinası	300
Ütü, Saç kurutma Mks-Diğer ev Aletleri	600
Bilgisayar	700
TOPLAM	**4355**

Tablo 3. 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisinin Güneş Enerjisinden Sağlanması İçin Gerekli Ekipmanlar ve Maliyet Analizi

Kahramanmaraş'ta 1 kWp kurulu Güçten Elde Edilebilecek Aralık Ayı Ortalama Elektrik Enerjisi Miktarı (kWh/gün)	2,38
Gerekli Kurulu Solar Güç (Wp)	1830
Kullanılacak Solar Panel Gücü (Wp)	175
Kullanılacak Solar Panel Sayısı Panellerin	10
Panellerin Kaplayacağı Alan (m²)	12,6
12 V Akü Kapasitesi (Ah) *	907
Şarj Kontrol Cihazı gücü (Amper) ** 2	23,8

* %40 Deşarj derinliğine (Depth of Discharge) göre
** 2 seri x 9 paralel panel bağlantısına göre

Tablo 4. 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisinin Güneş Enerjisinden Sağlanması İçin Toplam Maliyet Analizi

Kullanılacak Malzeme	Adet	Fiyatı	Toplam
Panel (175 Watt 24 V)	10	510	5100
Akü (200 Ah 12 V)	6	330	1980
İnvertör (12/24/48 Volt, 3000 Watt)	1	1180	1180
Şarj Kontrol Cihazı (12/24 Volt, 24 Amper)	2	75	510
KDV hariç Toplam (Euro)			8410

Bu durumda 95.238*200=190.476watt=190kW elektrik üretimi meydana gelecektir. Türkiye'de güneşlenme süresi en fazla 12, en az 6 saat olduğu düşünülürse; 190kW/saat*6saat/gün*365gün = 416.100kW/yılda enerji üretimi meydana gelir. Ancak tüm sistemde kablo kayıpları, akü kayıpları, inverter kayıpları gibi bazı kayıplar olur.

Bu kayıpları da ortalama **%10** olarak alırsak; 416.100Kw/yılda*%90=374.490kW/yılda üretir. Türkiye' de 4 kişilik bir ailenin yıllık tükettiği elektrik enerjisi miktarı 3.036 kWh'tir. Yani Altınşehir mahallesi sakinlerinin bir yılda tüketeceği elektrik enerjisi 7500*3.036 = 22770 kWh/yıl'dır. Çatılara kurulacak olan güneş paneli ile üretilecek olan elektrik enerjisi Altınşehir mahallesinin 1 yıllık elektrik enerjisini karşılaycak ve aynı zamanda 351.720 kW/yıl gibi büyük bir bölümü ile de başka mahallelerin elektrik enerjisine katkıda bulunacaktır. Günlük hayatımızda ve sanayi alanında kullanılan elektriğin üretimi için kWh başına doğaya karbon salınımı veriliyor. Ama tamamen temiz enerji ile üretim yapan Güneş enerjisi sayesinde 1 kwh başına 0.6 kg CO_2 salınımı engelleniyor. Altınşejir mahallesi ise 374.490 kWh yıllık üretirse; yıllık 224.694 kg CO_2'nin doğaya salınımı engellenebilir. Ayrıca doğaya salınması engellenen bu karbondioksit sayesinde birçok ağaç kurtarılıyor. Elektrik üretimi yapılcak olan Altınşehir mahallesinde bu sayede yaklaşık 2042 adet ağacı kurtamış olacaktır. Çünkü doğada 1 adet ağaç 11 kg CO_2'ti tutabiliyor. Ayrıca kurulacak olan panel sistemleri ile de devlete yüksek miktarlarda para da kazandırabilecektir.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya'nın ve Türkiye'nin gün ve gün artan enerji talebi ve fosil yakıtların yakın zamanda tükenecek olması alternatif enejileri kaynaklarının önemini ortaya koymaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları içinde bulunan güneş enerjisi potansiyeli bakımından Dünya ülkeleri ile yarışacak kadar önemli cografi alanda yer almaktadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi Güneş enerjisi bakımından en büyük paya sahiptir. Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinin güneş enerjisi bakımından en verimli ili Adıyaman da pilot bölge olarak Altınşehir mahallesinin üretebilieceği elektrik enerjisi ve potansiyeli araştırıldı. Sonuç olarak kendi elektrik enerjisini üretip, aynı zamanda da başka mahallelerin de elektrik üretiminde katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Ülkemizin, enerjide büyük oranda dışa bağımlılığını azaltmak ve milyarlarca doları her yıl başka ülkelere ödemek yerine tüketicileri bilinçlendirerek, çeşitli destekler ve teşvikler vererek güneş enerjisinin kullanımı özendirilmelidir.

KAYNAKÇA

[1] *B. Kamil Varınca, Gönüllü, M. Talha "Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, 2006.*

[2] *Gümüş, B., Tüzün, M., N.: "Kentlerde Enerji Verimliliği, Van İlinin Enerji Üretim Potansiyeli ve Elektrik Enerjisi Problemleri", Van Kent Sempozyumu, 1-3 Ekim 2009, sayfa: 301 – 320, Van.*

[3] *EİE, Elektrik İşleri Etüd İdaresi.*

[4] *GEPA, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.*

[5] *Tsoutsos, T., vd., "Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies", Energy Policy, 33, 289-296, 2005.*

[6] *EİE, Elektrik İşleri Etüd İdaresi.*

[7] *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, YEGM, 2012.*

[8] *www.tuik.gov.tr (TÜİK, Türkiye İstatik Kurumu).*
www.birimcevir.com *http://www.energyeducation.tx.gov.*
file:///C:/Users/lenovo/Desktop/Yenilenebilir%20makale/ADIYAMAN%20FİZİBİLİTESİ.pdf.
http://www.solar-bazaar.com/gunes.asp?id=204.

Taşınmaz Değerleme Açısından Yeşil Binalar
The Appraisal Of Real Estate Of Green Buildings

Nuri ERDEM

Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, nurierdem@osmaniye.edu.tr

Özetçe — Bir binanın yeşil bina kategorisinde yer alabilmesi için planlama aşamasından, inşaat ve kullanım aşamasına kadar geçen süreçteki tüm çalışmalarında çevreye duyarlı olması ve kaynaklarını verimli kullanması gerekmektedir. Günümüzde çevrenin korunmasına karşı toplumsal bilincin gelişmesiyle birlikte yeşil binalara olan ilgili de artmaktadır. Bunun bir sonucu olarak yeşil bina değerlemesi konusu da giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışma, taşınmaz değerleme açısından yeşil binalar incelenerek bu alanda daha önce yapılmış olan çalışmaların ortaya konulduğu bir derleme çalışması şeklinde hazırlanmıştır. Öncelikle yeşil bina, taşınmaz değerleme açısından yeşil bina ve yeşil değerleme kavramları detaylı olarak açıklanmış ve bugüne kadar yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Çalışma sonucunda, taşınmaz değerinde artışlar sağlayan yeşil binaların yaygınlaşmasının, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımındaki olumlu etkilerinin yanı sıra, çevre ve toplum sağlığı açısından da önemli kazanımlar sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — yeşil bina, yeşil değerleme, yenilenebilir enerji.

Abstract— In order for a building to be placed in the category of green building, it is necessary to be sensitive to the environment and use its resources efficiently in all the processes from planning stage to construction and use stage. Today, with the development of social consciousness against the protection of the environment, the interest in green buildings is also increasing. As a result of this, the theme of green building evaluation is becoming increasingly widespread. In this study, green buildings were examined in terms of real estate valuation and this area was prepared as a compilation study in which previous studies were made. First of all, the concepts of green building, green building and green appraisal in terms of immovable valuation are explained in detail and the works done so far are summarized. As a result of the study, it has been evaluated that the widespread use of green buildings, which increase the value of real estate, will provide significant benefits in terms of environmental and community health as well as the positive effects of using renewable energy sources.

Keywords — green building, green appraisal, renewable energy.

Giriş

Günümüzde taşınmaz sektörü ve buna bağlı olarak gelişen taşınmaz değerlerinin belirlenmesi hizmetleri, uluslararası küresel ekonomik ilişkilerin vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Değerleme faaliyetleri, ekonomik sistemde bir bütünün içinde geniş bir yer tutmakta ve farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Taşınmaz değerlerinin belirlenmesi işi ve bu değerlerin likidite olarak piyasada işlem görebiliyor olması, sağlıklı bir ekonomik yapının en önemli unsurlarıdır [1].

Taşınmaz değerlendirmesi, bir taşınmazın kısmen veya tamamen nitelik ve nicelikler bakımından ifade edilmesi olarak tanımlanabilir [2]. Taşınmaz değerlemeye; vergilendirme, kamulaştırma, özelleştirme, toprak düzenlemeleri, tescile esas işlemler, irtifak hakkı tesisi gibi kamusal uygulamalar ile sermaye piyasası, bankacılık, kredilendirme, sigortacılık gibi özel sektör uygulamalarında yoğun bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır.

Bina kelimesinin karşılığı genellikle "yapı" ile ifade edilirken, 3194 sayılı İmar Kanunu'nda bina, "kendi başına kullanılabilen, üstü örtülü ve insanların içine girebilecekleri ve insanların oturma, çalışma, eğlenme veya dinlenmelerine veya ibadet etmelerine yarayan, hayvanların ve eşyaların korunmasına yarayan yapı" olarak tanımlanmıştır [3, 4].

Yeşil bina ise; yeşil alan kullanımı, düşük seviyedeki dış aydınlatma kirliliği, verimli enerji kullanımı ile işletme anlamda ekonomik, insan sağlığını olumsuz etkilemeyen inşaat malzemelerinin kullanımı demektir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde yeşil binalar sektörü her geçen gün gelişmekte ve yeşil binaların sayıları artmaktadır. Bu tür binalar standart binalardan daha nitelikli ve verimli binalar olduklarından, gayrimenkul değerleme sürecinde bu tür binaların farklı ele alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu durum, gayrimenkul değerleme sürecinde yeni bir bakış açısı ihtiyacını doğurmaktadır. Gayrimenkul

değerleme uzmanlarının yeşil binaları değerleme konusunda zorlandığı noktalar [5]:

- Sürdürülebilirlik nedir?
- Bir binanın sürdürülebilir/yeşil olmasının piyasa değerine etkisi nedir?
- Yeşil Binalar sadece ekonomik değil, çevresel ve sosyal faydalar sağlıyor. Bu faydaların gayrimenkul değerini gösteren fiyata etkisi hesaplanabilmeli, ama nasıl?
- Yeşil Bina değerlemesinde standartlaşmış, sistematik, kavramsal bir yaklaşım ve metedolojinin bulunmayışı nasıl çözümlenir?
- Değerleme uzmanları için iyi ve doğru tanımlanmış açıklama ve terminolojilerin olmayışı (yeşil bina nedir? Enerji verimli bina nedir? v.b.) nasıl bertaraf edilir?
- Gayrimenkul değerlemeye sürdürülebilir odaklı ve değerlemeye konu olan taşınmaz için en uygun yaklaşım nasıl ortaya konur?

Yeşil değerleme konusu dünya literatüründe de araştırılmaya devam edilen bir konu olup, henüz yeşil binaların değerlemesi konusunda gelişmiş ülkelerce de genel geçer bir yaklaşım, sistem ve metodoloji bulunmamaktadır. Türkiye'de ise yeşil binalar sektörü henüz gelişmektedir ve bu tür binaların artması ile gayrimenkul değerlemede yeşil binaların yeşil olmayan standart binalardan (kahverengi) farklı olarak ele alınması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır [5].

Yeşil Bina Sertifika Sistemleri

Türkiye'deki ilk yeşil bina 2008 yılında sertifika kazanmış olup, bugün toplam 250 bina sertifika kazanmış ya da sertifikaya kayıtlıdır. Ülkemizde, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), DGNB (Deutsche Gesellschaft fur Nachhaltiges Bauen) sertifika sistemleri mevcut olup, en yaygın olarak LEED öne çıkmaktadır [5].

Emlak vergisi amaçlı toplu değerleme işleminde bağımsız bölümlerin bakış yönü, mimari proje ve kadastral pafta, halihazır harita, uydu görüntüsü çakıştırılarak tespit edilmelidir. Bağımsız bölümün yoğun olarak baktığı cephe belirlenmelidir. Bağımsız bölümün baktığı yönlerin sayısı mimari proje ve kadastral pafta, halihazır harita, uydu görüntüsü çakıştırılarak sağlanmalıdır.

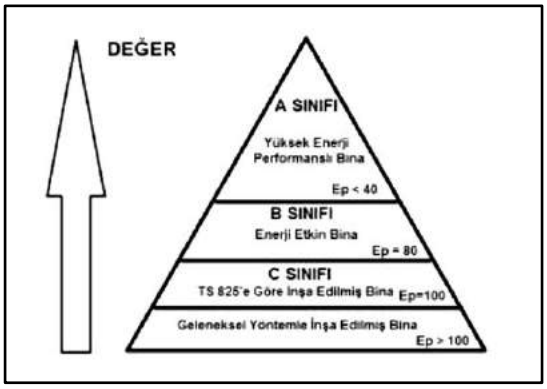
Bina türü taşınmaz değerlemesinde, *"Tapu ve Kadastro Bilgileri"*, *"İmar Bilgileri"* ve *"Çevre ve Konum Özellikleri"* bilgileri üzerinde bulunduğu *arsa* veya *arazi* ile aynı olacağından, bu kapsamdaki bilgiler doğrudan ilgili imar planı sınırları içerisindeki yapılar (bina, konut, işyeri, ofis, akaryakıt istasyonu vb.) için arsa, tarımsal amaçlı alanlardaki yapılar (ahır, samanlık, kümes, depo vb.) için arazi verileri tablolarından alınması gerekmektedir. Buna göre bina değerlemesi için [6]; Değerleme işleminde yalnızca binanın değeri hesaplanmak isteniyor ve "Maliyet Yöntemi" tercih ediliyorsa, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının (ÇŞB) her yıl yayınlamış olduğu yapı yaklaşık birim maliyetleri tablosu kullanılmak suretiyle değerlemesi yapılır. Ancak değerleme işlemi üzerinde bulunduğu arsayı da kapsıyor ise, arsa değeri buna ilave edilerek "yapılı arsanın değeri" hesaplanmış olur. Eğer yapılı arsa değerlemesinde, "Maliyet Yöntemi" dışındaki değerleme yaklaşımlarından birisi kullanılmak isteniyorsa, veri tekrarı olmaması açısından, arsa değerlemesi için oluşturulan veri tablosuna ilave olarak aşağıdaki bina veri tablosunu kullanmak suretiyle "yapılı arsanın değeri" hesaplanmış olur.

Yeşil Binaların Gayrimenkul Değerine Etkisi

Bir Değerleme Yaklaşımı: Yeşil Bina Sistemlerinin Gayrimenkul Değerine Etkisi isimli rapor değerleme uzmanları için yeşil binaların değerlemesi konusunda bir bakış açısı sağlamak amacıyla GYODER Gayrimenkul Değerleme ve Geliştirme Komitesi tarafından hazırlanmıştır. Bu çalışma yeşil değerleme konusunda bir altlık oluşturmak için başlangıç niteliğinde olup, sonraki çalışmalarla geliştirmeye açıktır. Bu çalışmanın amacı LEED gibi yeşil bina sertifika sistemlerinin binaların gayrimenkul değerine etkisini ortaya koyup, sektörün konuya dikkatini çekmektir [5].

Türkiye'de sertifika almış ve sertifikaya aday toplam 250 bina bulunmaktadır. Bunların sadece 70 tanesi sertifika almış olup, 180 adedi halen sertifikasyon sürecindedir. Dolayısıyla Türkiye geneline ve farklı bina türlerine yayılmış olan 70 adet yeşil binanın (60 adedi LEED, 10 adedi BREEAM) emsal karşılaştırma yöntemi için yeterli emsal ve veriyi sağlayamadığı görülmüştür [5].

Türkiye'de Enerji Kimlik Belgesi (EKB)'lerin yeni inşaat izinleri için koşul haline getirilmiş olması, ilerleyen dönemlerde binaların enerji etkin tasarımı konusunda değerleme uzmanlarına fikir verecektir. EKB'de yer alacak sınıflandırmaya göre G sınıfından A sınıfına doğru, enerji etkinliğine göre gayrimenkul değerlerinin artış göstermektedir (Sekil 1). Ayrıca, enerji ile ilgili sayısal veriler ve açıklayıcı notlar rapora entegre edilmelidir [7].



Sekil 1. EKB'ye göre enerji sınıflandırması-değer ilişkisi [7].

Ünsal 2011 de yapılan çalışmada [7]; yeşil binaların inşa maliyetinin, konvansiyonel binalara göre yüksek olması nedeniyle yeşil yatırımlar risk olarak görülmekte ve dolayısıyla yasal bir zorunluluk olmadıkça yeşil yatırımdan kaçınıldığı, bu konudaki *yeşil kavramının* toplumun çoğunluğu tarafından henüz kabul görmemiş olmasının da önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir.

Ayrıca, Uğur ve Leblebici, 2015'e göre [8]; enerji etkinliği ve sürdürülebilirlik ilkelerinin taşınmaz değerlemesindeki etkileri konusundaki çalışmaların geliştirilmesi de önem taşımaktadır. Bu amaçla, konuyla ilgili belirsizlikler netleştirilmeli, örnek proje ve metodolojiler geliştirilmeli, değerleme uzmanlarına eğitimler verilmelidir.

Sonuç

Yeşil bina değerlemesinde yapılan çalışmalara göre;

- Değerlemeyi yapan uzmanın diğer binalara göre farklı bir yaklaşım geliştirmesi gerekir,
- Genel kullanılan değerleme yöntemleri taşınmaza ait enerji tasarrufu kriterlerini dikkate almakta yetersiz kalmasına rağmen, *Gelir Kapitalizasyonu Yöntemi* en uygun metottur.
- Önümüzdeki süreçte yeşil bina kavramı taşınmazların el değiştirmesinde önemli bir kriteri haline gelecektir. Çünkü bu alanda yapılan enerji tasarrufu doğrudan taşınmaz değerine yansıyacaktır.

KAYNAKÇA

[1] HKMO, Sempozyum Bildiriler Kitabı, *Arazi Yönetiminde Taşınmaz Değerleme ve Kadastro Sempozyumu*, ATO Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, HKMO&TKGM, 22-23 Mayıs, Ankara, 240 s., 2012.

[2] Yalpır, Ş., *Bulanık Mantık Metodolojisi İle Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 248 s., 2007.

[3] Güncel Türkçe Sözlük, *Türk Dil Kurumu Resmi İnternet Sitesi,* **http://www.tdk.gov.tr,** (E. T.: 2015).

[4] FIG, FIG Statement on Cadastre, Publication, No. 11, Fédération Internationale des Géomètres, 1995.

[5] GYODER, *Bir Değerleme Yaklaşımı: Yeşil Bina Sistemlerinin Gayrimenkul Değerine Etkisi*, Gayrimenkul ve Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı Derneği, İstanbul, 2014.

[6] Erdem, N., *"Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı"*, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2016.

[7] Ünsal, B., *"Enerji Etkin Tasarımın Gayrimenkul Değerleme Açısından İncelenmesi"*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir, 2011.

[8] Uğur, L.O., Leblebici, N., *"Yeşil Bina Sertifikalandırma Sistemlerinin İnşaat Maliyetleri ve Taşınmaz Değeri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi"*, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (2015) 544-576

Türkiye ve Şanlıurfa ilinin lignoselülozik etanol üretim potansiyelinin incelenmesi

Investigation of lignocellulosic ethanol production potential of Turkey and Sanlıurfa

Asiye Gül BAYRAKCI ÖZDİNGİŞ[1, a]
Günnur KOÇAR[1, b]

[1]Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Merkezi (BESTMER), Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,
[a]g_bayrakci@hotmail.com.tr
[b]gkocer@gmail.com

Özetçe— Ülkemizde, fosil enerji rezervleri yeterli olmadığından ve var olan rezervlerin kullanımında yüksek maliyetlerle karşılaşıldığından, dışa bağımlı bir enerji politikası yürütülmektedir. Bu durum, ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilerken, sürdürülebilirlik kavramına da engel oluşturmaktadır. Ülkemizde birincil enerji arzındaki ilk basamak, doğalgazla birlikte petrol ve petrol türevlerini göstermektedir. Yurdumuzun özellikle doğu bölgesinde petrol rezervleri olmasına rağmen, yerel üretimimiz maalesef ki ihtiyacımızı karşılayamamaktadır. Bu nedenle, Türkiye, petrol konusunda "dışa bağımlı ülke" konumuna düşmektedir. Birincil enerji tüketimindeki büyük payı göz önüne alındığında, benzin yerine ve/veya benzinle kullanılabilen biyoetanol üretiminin artırılması, ülkemizin bu dışa bağımlılığını belli bir oranda azaltarak, ekonomiye ve sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilecek niteliktedir. Bunun için ülkemizin verimli topraklarında üretilen enerji bitkilerinin yanı sıra, tarımsal faaliyetlerden arta kalan ve yakılarak bertaraf edilmeye çalışılan tarımsal ürünlerin atık/artıkları, hasat edildikten sonra atılmak için ayrılan ve hayvan yemi için kullanılmayan ot, çim, çimen gibi lignoselülozik artıklar ile farklı sucul bitkiler, lignoselülozik biyoetanol üretiminde kullanılması mümkün hammaddeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde hala, gıda ürünlerinin işlenmesiyle sürdürülen birinci nesil biyoetanol üretiminin yerini, yukarıda belirtilen hammaddelerin kullanımıyla ikinci nesile bırakması beklenmektedir. Bu çalışma kapsamında ülkemizin ikinci nesil biyoetanol üretim kapasitesi ve Şanlıurfa bölgesinde mevcut bitkisel artıkların lignoselülozik etanol üretim potansiyeli ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye genelindeki tüm bitkisel artıkların kullanımıyla yaklaşık 27 milyon m^3 lignoselülozik etanol üretimi mümkün görünmektedir. Ayrıca, Şanlıurfa, bulunduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en yüksek tarımsal faaliyet gösteren ve tarımsal artık miktarına sahip il olarak bulunmuştur. Yaklaşık 3,7 milyon ton/yıl olan bitkisel artıkların tamamının %100 verimle prosese sokulduğu varsayılırsa, Şanlıurfa'nın lignoselülozik biyoetanol üretim potansiyelinin 1 milyon m^3 olabileceği tahmin edilmektedir. Ancak, daha gerçekçi bir yaklaşımla, mevcut biyokütle kaynaklarının prosese uygunluğu ve verim parametreleri göz önüne alınırsa, bu değerlerin Türkiye için yaklaşık 15 milyon m^3 ve Şanlıurfa için yaklaşık 600 bin m^3 olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler — — lignoselülozik biyoetanol; biyokütle; potansiyel, Türkiye, Şanlıurfa.

Abstract— An outward dependent energy policy is being implemented in our country, as fossil energy reserves are not sufficient and high costs are encountered in the use of existing reserves. While this affects the country's economy in a negative way, it also hinders the concept of sustainability. The primary energy demand in our country is gasoline and petroleum derivatives together with natural gas. Despite the fact that our country has oil reserves, especially in the eastern region, our local production unfortunately can not meet our needs. Therefore, Turkey became a "foreign-depended country" in the terms of the petroleum. When the petroleum's share in Turkey's primary energy demand take into account, increasing the production of bioethanol, which can be used with or instead of gasoline, could decrease the foreign-dependency in a way and can contribute to economics and sustainability. Lignocellulosic residues,

which are mostly burnt to dispose, could be obtained from energy plant agriculture and from other agricultural activities, such as grass, straws, cobs, etc. and aquatic plants could be used to produce lignocellulosic bioethanol. It is expected that the first generation of bioethanol production, which is still continuing with the processing of food products in our country, will be replaced by the second generation using the above-mentioned raw materials. Within the scope of this study, the second generation bioethanol production capacity and the potential of lignocellulosic ethanol production by plant residues in our country and Şanlıurfa region have been revealed. According to the obtained results, if the whole plant residues are used, about 27 million m^3 of lignocellulosic ethanol production seems possible for Turkey. In addition, Şanlıurfa was found to be the province with the highest agricultural activity in the Southeastern Anatolia Region and with the highest agricultural waste amount. Assuming that all of the lignocellulosic residues, which are about 3.7 million tons/year, are processed in 100% efficiency, Şanlıurfa's lignocellulosic bioethanol production potential is estimated to be 1 million m^3. However, with a more realistic approach, if the current biomass sources' availability for the bioethanol process and efficiency parameters, for Turkey it would be worth about 15 million m^3 and for Şanlıurfa it is estimated about 600 thousand m^3.

Keywords — lignocellulosic bioethanol;biomass; potential; Turkey; Şanlıurfa.

I. GİRİŞ

Ülkemizde birincil enerji arzındaki ilk basamak, doğalgazla birlikte petrol ve petrol türevlerini göstermektedir. Yurdumuzun özellikle doğu bölgesinde petrol rezervleri olmasına rağmen, çıkartılmasının maliyetli olması ve ekstra teknolojik yöntemler gerektirmesi nedeniyle yerel üretimimiz maalesef ki ihtiyacımızı karşılayamamaktadır. Bu nedenle, Türkiye, petrol konusunda "dışa bağımlı ülke" konumuna düşmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması, özellikle birincil enerji tüketimindeki büyük payı göz önüne alındığında, benzin yerine ve/veya benzinle kullanılabilen biyoetanol üretiminin artırılması, ülkemizin bu dışa bağımlılığını belli bir oranda azaltarak, ekonomiye ve sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilecek niteliktedir. Ülkemizde sürdürülen ve insan gıda zincirinde yer alan ürünlerden üretilen birinci nesil biyoetanol yerine, ülkemizin verimli topraklarında üretilen enerji bitkileri, tarımsal faaliyetlerden arta kalan ve yakılarak bertaraf edilmeye çalışılan tarımsal ürünlerin atık/artıkları, hasat edildikten sonra atılmak için ayrılan ve hayvan yemi için kullanılmayan ot, çim, çimen gibi lignoselülozik artıklar ile farklı sucul bitkiler, ikinci nesil biyoetanol üretiminde kullanılması mümkün hammaddeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak ikinci nesil biyoetanol üretiminin en büyük dezavantajlarından biri birinci nesile oranla daha fazla zaman, enerji ve maliyet gerektirmesidir. Birinci nesil etanol üretiminde kullanılan hammaddeler şekerli ya da nişasta formunda şeker içeren; mısır, buğday, arpa, pirinç, patates, şeker pancarı gibi sofralarımızda görebileceğimiz yiyeceklerdir. Lignoselülozik etanol üretimini birinci nesle göre zor kılan ise, kullanılan hammadde içindeki şekerin mikroorganizmalarca tüketilebilecek olan bir forma dönüştürmenin güçlüğüdür. Lignoselülozik yapının kırılması ve içeriğindeki selüloz ve hemiselüloz yapının karbon kaynaklarının açığa çıkarılması için, birinci nesilden farklı olarak mutlaka enzimatik hidroliz basamağının eklenmesi gerekmektedir. Bu durum, toplam lignoselülozik biyoetanol üretim prosesinin enerji ve maliyet girdilerini yükseltmektedir.

II. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE LİGNOSELÜLOZİK BİYOETANOL

A. *Dünyada Lignoselülozik Biyoetnaol*

Dünya genelinde biyoetanol üretimine bakıldığında birinci nesil etanol üretiminin yoğun olduğu görülmektedir. Çoğunlukla mısır, buğday, şeker kamışı, şeker pancarı gibi tarımsal ürünlerin kullanımıyla devam ettirilen birinci nesil biyoetanol üretiminde dünya lideri açık ara farkla Amerika'dır. Amerika, tek başına global etanol üretiminin yaklaşık %60'ını gerçekleştirmektedir. Amerika'yı sırasıyla Brezilya ve Avrupa Birliği üyesi ülkeler takip etmektedir[1]. Global biyoetanol üretiminde, gelişmiş biyoyakıt olarak da nitelendirilen lignoselülozik biyoetanolün payı ise yaklaşık %3,5 iken, sadece mısırın kullanıldığı birinci nesil biyoetanol üretimi oranı yaklaşık %58'dir[2].

*Etanol üretim lideri olan Amerika'da 7 adet lignoselülozik biyoetanol üretim fabrikası vardır ve bu fabrikalar yakıt etanolü üretmektedirler. Bu firmaların 30 Nisan 2018 tarihli satış fiyatları 0,6 $/l ve 1,2 $/l (2,43 TL/l ve 4,86 TL/l) aralığında değişmektedir. Aynı tarihte Amerika'da benzin litre fiyatı 0,8 $ (3,24 TL/l) iken ülkemizde benzinin litre fiyatı 6,11 TL'dir. Amerika'daki büyük kurumlar ve otomobil geliştiricileri alternatif yakıtların ve özellikle lignoselülozik etanolün kullanımı konusunda çeşitli yaptırım ve teşvik uygulamalarını yürütmektedirler.

B. *Türkiye'de Lignoselülozik Biyoetanol*

Türkiye, global biyoetanol üretim payında henüz kayda değer bir paya sahip değildir. Ancak, günümüzde birinci nesil olarak biyoetanol üretimine devam eden 3 adet fabrika mevcuttur. Bu fabrikalardan Konya Şeker A.Ş. bünyesindeki Çumra Şeker ve Alkol Fabrikası'nda şeker üretimi yan ürünü olan küspe ve melasla birlikte şeker pancarı kullanılmaktadır. Ayrıca, Bursa'da yer alan Tarkim ile Adana'da kurulu Tezkim firmaları da sene boyunca

* *Tüm döviz dönüşümleri ve kabuller 30 Nisan 2018 tarihindeki kur fiyatları üzerinden yapılmıştır.*

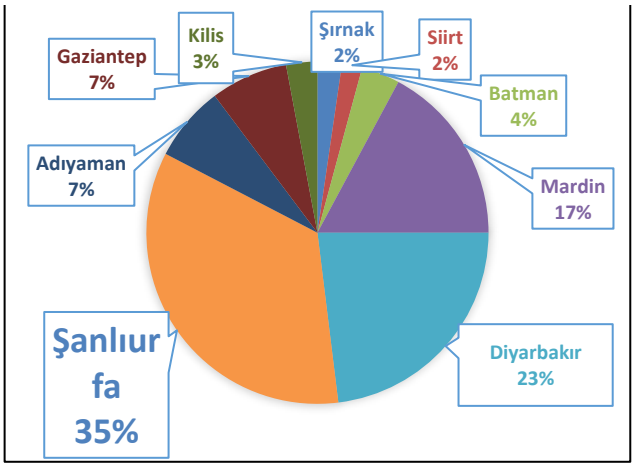
kesintisiz olarak buğday ve mısırdan biyoetanol üretimi gerçekleştiren yerel fabrikalarımızdandır.

Türkiye Kyoto Protokolü'ne üye bir ülke olarak 2015 yılında katıldığı Paris Anlaşması'nda Ulusal Niyet Katkı Beyanı'nı (INDCs) sunmuş, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının %21 oranında azaltılacağını beyan etmiştir. Bu kapsamda ülkemizin yapmayı ve hayata geçirmeyi planladığı faaliyetler arasında; uygun sektörlerdeki atıklardan elde edilecek alternatif yakıtların kullanımının ve bu yakıtları kullanacak araçların sayısının artırılması, atıkların; yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile geri kazanılması, enerji kaynağı olarak kullanılması konuları öne çıkan maddelerdir. Ayrıca, Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Denetleme Kurumu'nun 28346 sayılı Resmi Gazete'de yayımladığı tebliğe göre, Türkiye'de yerli tarımsal ürünlerden elde edilmiş biyoetanolün 01.01.2013'ten itibaren %2, 01.01.2014'ten itibaren %3 oranında benzinle karıştırılması gerekliliği mevcuttur. Bu durumda ülkemizde üretilen etanolün yakıtlara katkı maddesi olarak eklendiği görülmektedir.

Ülkemizde benzin tüketiminin (2017 değerlerine göre) yıllık ortalama 6,5 milyon m^3 ve üretilerek akaryakıt dağıtım şirketlerine satılan yakıt etanolünün miktarı yıllık yaklaşık 221 bin m^3 olduğu, bu oranın da benzinin % 3,4'üne denk geldiği hesaplanmaktadır[3]. Lignoselülozik artıkların ton başına etanol üretim verimi 280 l olarak ele alındığında[4] ve ülkemiz yıllık bitkisel artık miktarının 96.451.594 ton[5] olduğu göz önüne alındığında, ülkemiz lignoselülozik biyoetanol üretim potansiyelinin yaklaşık 27 milyon m^3 olabileceği öngörülmektedir (%100 verimle üretimin gerçekleştiği düşünülürse). Ancak, daha gerçekçi bir yaklaşımla incelenecek olursa, tüm artıkların bu proseste değerlendirilemeyeceği, taşınması-işlenmesi zor artıkların hesap dışı bırakılması, dönemsel artık farklılıkları ve proses veriminin değişkenliği gibi konular göz önüne alındığında yaklaşık %60 verimle 15 milyon m^3 lignoselülozik etanol üretiminin mümkün olabileceği görülmektedir.

III. Şanlıurfa İlinin Lignoselülozik Biyoetanol Potansiyeli

Şanlıurfa, GAP bölgesinde bulunan 9 ilden biridir ve GAP bölgesinin merkezi olarak nitelendirilmektedir. Verimli toprakları ve yoğun zirai çalışmalar nedeniyle, GAP bölgesindeki diğer illerden tarımsal ürün ve artık miktarları olarak büyük farkla öne çıkmaktadır. Şekil 1'de GAP bölgesinde yer alan illerin yıllık tarımsal artık miktarları verilmiştir.



Şekil 1. GAP illerinin tarımsal artık dağılımı (ton/yıl)[5]

Şanlıurfa yıllık bitkisel artık miktarı yaklaşık 3,5 milyon tondur ve bunun yaklaşık 3,3 milyon tonu tarla bitkileri artıklarından meydana gelmektedir. En çok tarımı yapılan sırasıyla mısır, buğday ve pamuk artıkları en yüksek paya sahip artıklardır. Ayrıca üzüm, antep fıstığı ve domates artıkları da Şanlıurfa için diğer önemli artıklar arasında yer almaktadır.

Tüm bu bitkisel artık potansiyeli göz önüne alındığında Şanlıurfa için yaklaşık 1 milyon m^3 lignoselülozik etanol üretim potansiyelinin varlığından söz etmek mümkündür. Ancak, yine daha önceden de belirtilen nedenlerden ötürü, maksimum %60 verimle etanol üretiminin gerçekleşebileceği düşünülürse mümkün olan potansiyelin yıllık 600 bin m^3 olacağı hesaplanmaktadır.

IV. Sonuç ve Öneriler

Elde edilen verilere göre, Şanlıurfa'da aylık ortalama 5.300 m^3 benzin kullanımı gerçekleşmektedir ve 81 il içinde Şanlıurfa ortalama 22. sırada yer almaktadır. Tüketilen fosil kaynaklı benzin yerine, Şanlıurfa'nın yerel artıklarının kullanılmasıyla aylık ortalama 50.000 m^3 selülozik etanol üretim potansiyelinin olduğu görülmüştür.

Hem Şanlıurfa hem de ülkemiz için değersiz görülen, zaman zaman tarlaların ortasında yakılarak bertaraf edilmeye çalışılan bitkisel artıkların toplanması, işlenmesi, bunlarla etanol üretilmesi ve kullanımının yaygınlaşması ile yeni sektörlerin gelişmesi, kuruluşların açılması ve istihdam oranlarında artış olması beklenen sonuçlardır.

Ülkemizdeki bitkisel artık potansiyelinin yüksek olduğu göz önüne alınırsa ve optimistik bir yaklaşımla (lignoselülozik etanol üretim prosesi optimizasyonu ve seri üretimi sağlandığı takdirde), şu andaki mevcut %3'lük katım oranının yerine tarımsal artıklardan elde edilecek biyoetanolün benzine katım oranının % 10 seviyelerine çıkarılmasıyla, olası fiyat düşüşünün yaklaşık %4 olması beklenmektedir. Burada beklenen en büyük düşüş hammadde fiyatlarının birinci nesle oranla çok daha düşük olmasıdır.

Yakın gelecekte, özellikle ülkemizin dışa bağımlılığını bir nebze de olsa azaltabilecek, ülkemiz sürdürülebilirlik kavramına destek olabilecek yaklaşımlar için, EPDK'nın yönetmeliğinde geçen "Yerli Tarımsal Ürünler" yerine "Yerli Tarımsal Artıklar" ibaresinin kullanılması ve üretilecek biyoetanolün kullanımının mecburi hale getirilmesi büyük önem arz etmektedir. Ayrıca yine yakın bir gelecekte yapılabilecek bir faaliyet olarak etanolün benzine katım oranının %3'ten %5'e çıkarılması ve ÖTV'den muaf edilmesi de sektöre katkı sağlayabilecek niteliktedir.

Böylece hem Türkiye tarımına yeni ve katma değeri yüksek bir sektör kazandırılmış olacak, hem dışa bağımlılığımızın azaltılmasına katkıda bulunulacak, hem de tarım ürünlerimiz çeşitlendirilerek daha güçlü bir zirai yapılanmamız olabilecektir.

KAYNAKÇA

[1] Statistica-2018, www.statista.com/statistics/281606/ethanol-production-in-selected-countries, (Erişim tarihi 08.05.2018), 2018

[2] OECD/FAO, OECD-FAO Agricultural Outlook, OECD Agriculture statistics (database), .Doi: 10.1787/agr-data-en, 2017

[3] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Raporları 2018.

[4] Balat, M., Balat, H., Oz, C., Progress in bioethanol processing, Progress in Energy and Combustion Science, 34(5),551–573pp, ISSN 03601285, 2008.

[5] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA), http://bepa.yegm.gov.tr/ (Erişim tarihi: 07.05.2018), 2018

Yeşil Gübre Baklanın (*Vicia faba* L.) Organik Yetiştirilen Pamukta(*Gossypium hirsutum* L.) Azot Döngüsünün Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi

İmpact of Green Manure of Faba Bean (*Vicia faba* L.) onto Nitrogen Cycle, Yield and Yield Component in Organically Grown Cotton (*Gosspium hirsutum* L.)

Cevher İlhan CEVHERİ[1]
Ahmet YILMAZ[2]
[1]Peyzaj ve Süs Bitkileri Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, icevheri@harran.edu.tr
[2]Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hayilmaz@harran.edu.tr

Özetçe— Azot**,** karbon, hidrojen ve oksijen gibi canlı maddelerin ana bileşenlerinden birisidir. Ancak azot diğerleri gibi tabiattaki haliyle bitkiler tarafından alınamaz. Azot atmosferde serbest halde bulunmasına rağmen, bu haliyle bitkiler, hayvan ve insanlar tarafından doğrudan kullanılamaz. Önce bitkilerin kullanabileceği bir şekle dönüştürülür, bitki bünyesine alındıktan sonra nebati gıdalarla ya da bunların değişimi olan hayvansal gıdalarla insan vücuduna alınabilir. Doğadaki serbest azotun bitkiler tarafından alınabilmesi için nitrat (NO3) tuzlarına çevrilmesi gerekir. Azotun canlılar açısından önemi büyüktür. Proteinlerin yapısında bol miktarda azot vardır. Ayrıca DNA, RNA, ATP ve birçok koenzimin yapısında bulunan organik bazlarda ve bazı vitaminlerde de bulunmaktadır. Canlılar yaşamsal fonksiyonlarını yapabilmek için azota ihtiyaç duyarlar. Atmosferimizde serbest azot oranı % 78 olmasına rağmen, hiçbir bitki ve hayvan bunu kullanamaz. Diğer bitkilerde olduğu gibi Pamuk yetiştiriciliğinde de azot, en çok kullanılan makro besin elementlerinden birisidir. Havadaki azotun ise gübre formuna dönüştürülmesi yüksek oranda enerjiye ihtiyaç duyar. Oysa tabiatta bulunan baklagil bitkileri bir takım bakteriler ise simbiotik (Ortak) yaşam sürdürerek hem kendi azot ihtiyaçlarını karşılamakta hemde atynı tarlada kendisinden sonra yetiştirilecek bitkilere azotça zengin bir toprak bırakmaktadır. Böylece azot döngüsü hiç bir enerji tüketmeden meydana gelmektedir. Bu çalışma 2016 ve 2017 yıllarında kış sezonunda bakla (Vicia faba L.) bitkisi ile Pamuk üretiminden önce havadaki serbest azotu toprağa bağlamak ve Pamuk tarımı için gerekli olan besin maddelerini temin etmek; bitki sağlığı, toprak ve çevrenin korunması, özetle sürdürülebilir tarımın sağlanması amacıyla yürütülmüştür. Çalışma Harran Üniversitesi Akçakale MYO Organik Tarım programı deneme alanında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deney desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yapılan toprak tahliline göre kışın yetiştirilen ve yeşil gübre olarak uygulanan baklanın, dekar başına yaklaşık 8 kg saf azot bağladığı ve toprağı organik maddece zenginleştirdiği Pamuk bitkisinin verim ve verim unsurlarına olumlu etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Azot döngüsü; baklagil bitkileri; pamuk; verim unsurları; anahtar kelimeler.

Abstract— It is one of the main components of living things such as nitrogen, carbon, hydrogen and oxygen. However, nitrogen can not be taken by plants as it is natural. Although nitrogen is free in the atmosphere, plants can not be used directly by animals and humans in this state. It can be transformed into a form that plants can use first, then it can be taken to the human body with the vegetative food, which is changed with the vegetable food or the change thereof after it is taken into the plant. Naturally occurring free nitrogen plants must be converted to nitrate (NO_3) salts so that they can be picked up by plants. Nitrogen is bigger in terms of living things. Proteins have plenty of nitrogen in their structure. It is also found in organic bases and some vitamins found in the DNA, RNA, ATP and many coenzymes. Living creatures need nitrogen to make their vital functions Despite the 78% free nitrogen in our atmosphere, no plant

or animal can use it. As in other plants Nitrogen is one of the most used macro nutrients in cotton cultivation. The nitrogen in the air to be transformed into fertilizer form needs high energy. However, a number of leguminous plants in nature are living in a symbiotic (common) life, meeting both their own nitrogen needs and leaving a rich soil of nitrogen in the plants that will be grown on fields after themselves. Thus the cycle of nitrogen comes into being without consuming any energy. This study aims the free nitrogen of the air to link the soil before the sown of cotton with the plant (*Vicia faba* L.)grown in winter season 2016 and 2017 and to provide the nutrients necessary for cotton cultivation;to ensure plant health, protection of soil and environment, in short, to ensure sustainable agriculture. This study was carried out at Harran University Akçakale Vocational High School Organic Agriculture program with three replications according to the split parcel experiment design in randomized blocks. According to soil analysis It has been determined that green fertilizer binds about 8 kg of pure nitrogen per decare and fertilizers the soil with organic matter performed and yield and yield components of cotton plant. According to the soil analysis made, grown in winter faba and applied as green fertilizer bind about 8 kg pure nitrogen per decare and fertilize the soil with organic matter and It has been determined that the cotton plant has a positive effect on the yield and yield components.

Keywords — nitrogen cycle; legume plants; cotton; yield elements; key words.

I.GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde nüfus artışı % 0.5 düzeyinde iken gelişmekte olan ülkelerde bu oran % 2.5'e kadar çıkabilmektedir. İmkânların daha sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kimi zaman güvenlik ve çevre kirliliği gibi, etkileri uzun süre sonra ortaya çıkabilecek konular daha az dikkate alınmakta ve bunun sonucu olarak tarımsal alanlarda kontrolsüz gübre ve ilaç kullanımı gündeme gelebilmektedir(Atılgan ve ark., 2007).

Tarım toprakları, bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alınması, yıkanması ve erozyona uğraması sonucu zamanla fakirleşmektedir. Bu nedenle; tarımsal üretimin en önemli kaynağı olan toprak; gübreleme, zararlılarla mücadele, işleme, sulama gibi tarımsal işlemler ile verimli hale getirilmeye çalışılmaktadır. Toprağın verimliliğini sürdürebilmesinde bitkilerce kaldırılan besin maddelerinin toprağa takviye edilmesi yani gübrelenmesi önemli konulardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Gübreler bu nedenle yıllardır önceliğini korumaktadır.

Tarımsal uygulamaların en önemlilerinden birisi olan kimyasal gübreleme bir yandan üretimde katkılar sağlarken diğer yandan da birtakım olumsuzluklara neden olabilmektedir. Uygulama miktarı ve zamanı bu olumsuzlukların meydana gelmesinde önemli etkenler olarak görülmektedir. Tarım topraklarında kimyasal gübrelemeden kaçınmanın söz konusu olamayacağı gerçeği dikkate alındığında, yanlışlıklarının giderilmesi ve özellikle organik gübrelerle desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Türkiye topraklarının % 70'inden fazlası organik madde bakımından yetersiz durumdadır ve organik gübre uygulamalarına zamanla hız vermek kimyasal gübrelerin olumsuz etkilerinin minimize edilmesinde bir etken olabilecektir. Ayrıca organik gübrelerle kimyasal gübrelerin kullanım miktarları azalacak ve mevcut olumsuzlukların oluşması engellenebilecektir (Sönmez ve Ark., 2008).

Volkanik gazlardan bir ölçüde litosfer azotuna kaynaklık eder. Bitkiler atmoserde hacim ilkesine göre %78 civarında bulunan moleküler azottan (N_2) doğrudan yararlanırlar. Bu azotun bitkilere yarayışlı şekle dönüşmesi için iki azot atomu arasındaki (N≡N) üçlü kovalent bağın kırılması ve nitrat veya amonyuma dönüşmesi gerekir. Yapay olarak yapılması durumunda çok yüksek enerji gerektiren bu dönüşüm işlemini bazı mikroorganizmalar kolayca gerçekleştirebilmektedir. Atmosferde bulunan moleküler azotun çeşitli mikroorganizmalar aracılığıyla bitkiler tarafından yararlanılabilir şekle dönüştürülmesine 'Biyolojik Azot Bağlanması (Fiksasyonu)' denir. Gaz molekülü (N_2) halindeki azotun bağlanabilmesi için, önce moleküler azotun üç bağının (N ≡ N) koparılması, sonra da (su molekülündeki hidrojenin ilavesiyle) iki molekül amonyağa (NH_3) dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlemin gerçekleşebilmesi için çok fazla enerjiye ihtiyaç duyulur ve bu nedenle azot bağlanması enerji tüketimi açısından oldukça masraflı bir işlemdir. Örneğin, baklagil nodül bakterisi tarafından biyolojik yolla 1 g azot bağlanabilmesi için, bitkinin fotosentez ürünü olan glikozdan yaklaşık 10 g kadar (≈40 kcal) harcanması gerekir. Görüldüğü gibi burada etkinlik ya da verimlilik ancak %10 kadardır. Öte yandan, serbest yaşayan azot bağlayıcı bakteriler, 1 g azotu bağlayabilmek için yaklaşık 100 g glikoz gereksinim duyarlar (ki burada verimlilik çok daha az olup, ancak %1'dir). Bu verilerden hareket ederek, endüstriyel yollarla azot bağlanması için önemli ölçüde fosil yakıt enerjisi harcanması gerektiği ortaya çıkar. Bu nedenle, endüstriyel yolla elde edilen azot gübreleri, aynı miktardaki diğer gübrelere göre çok daha pahalı satılmaktadır (Anonim, 2018a).

Özetlenirse, atmosferde gaz halinde bol miktarda bulunan azot, canlıların büyük bir bölümü tarafından alınıp kullanılamaz. Bu gazı, biyolojik yollarla yalnız ilkel yapılı mikroorganizmalar, gaz halinden diğer azot bileşiklerine dönüştürerek kullanılabilir hale getirirler. Bu mikroorganizmalar ileri yapılı bitki türleriyle karşılıklı

yarar sağlayan ortaklıklar oluşturduğu zaman, azot bağlanması büyük ölçüde artar. Bu ortaklık sürecinde bitki, mikroplara uygun mekan sağlamakta (kök nodülü ya da yaprak cepleri gibi), onları aşırı O_2'den korumakta (ki aşırı oksijen, azot bağlanmasını azaltır), ve mikropların ihtiyaç duyduğu kaliteli enerjiyi sağlamaktadır. Bunun karşılığında bitki, bağlanmış haldeki azotun kolaylıkla özümlenebilen diğer bileşiklerine erişebilmektedir. Karşılıklı yarar sağlayarak her iki tarafın da hayatta kalmasını olası kılan bu strateji, doğal sistemlerde oldukça yaygındır. İnsan yapısı sistemlerde de bu tip stratejiler uygulanabilir. Azot bağlayan mikroorganizmalar, çevrelerindeki azot kaynağı düşük olduğu zaman daha çok çalışır ve daha çok azot bağlarlar. Bunun tam aksi olduğu zaman (örn., baklagil bitkisine azot gübresi verilince), biyolojik yolla azot bağlanması azalır ve hatta tamamen durur.

Nodül oluşumu doğada genellikle baklagil bitkilerde yaygındır. Genetik mühendisliği yoluyla, baklagil türü olmayan mısır ve diğer tahıl ürünleri üzerinde de nodül oluşturmak mümkündür. Böylece, hem yapay azot gübre kullanımı azalacak, hem de topraktaki azotun yıkanıp taşınması yoluyla ortaya çıkan çevre kirlenmesi (eutrofikasyon) nispeten önlenecektir. Çünkü biyolojik uolla bağlanan azot, yapay gübredeki azota göre daha az yıkanmaktadır. Bir çok ticari genom şirketi, mısır bitkisine azot bağlayan genlerin eklenmesi üzerinde yoğun olarak çalışmaktadır. Bununla birlikte, bu işlem gerçekleşse bile mısır veriminde düşüş görülebilir. Çünkü -daha önce de belirtildiği gibi- fotosentezde üretilen glikozun bir kısmı, tane üretimi yerine nodül oluşumu ve nodüldeki mikroorganizmaları beslemek için harcanacaktır.

Yeşil gübrelemenin en başta gelen yararı toprağın organik madde yönünden varsıllaştırılmasıdır. Özelikle ahır gübresinin az bulunduğu yerlerde yeşil gübreleme yoluyla toprağın organik madde düzeyi önemli miktarda artırılmaktadır. Yeşil gübreleme ile toprağa organik materyalin uygulanması, toprak mikroorganizmalarına besin kaynağı sağlanması nedeniyle, toprakta mikroorganizmaların nicelik ve işlevleri üzerine olumlu etki yapar. Yeşil gübreleme ile yetiştirilen bitkiler toprağın derinliklerinden aldıkları bitki besin elementleri ile toprağın üst kısımlarının varsıl hale gelmelerine yardımcı olurlar (Soyergin, 2003).

Bu çalışma Organik tarım koşullarında yeşil gübrelemenin pamuk verimine ve toprağın biyolojik ve fiziksel yapısına katkısını tespit etmek amacıyla yürütülmüştür.

II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2016 ve 2017 yıllarında, Harran Ovası organik tarım koşullarında, Yeşil Gübre Baklanın (*Vicia faba* L.) Organik Yetiştirilen Pamukta(*Gossypium hirsutum* L.) Azot Döngüsünün Verim ve Verim Unsurlarına etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme yeşil gübreli ve yeşil gübresiz olmak üzere iki lokasyonda gerçekleştirilmiştir. Pamuk ekiminde organik çiftlik gübresi (2000 kg/ha), solucan gübresi (1500 kg/ha) ve bunların karışımları uygulanmıştır. Çalışmada; May tohumculuk firmasından temin edilen Stonoville 468 (ST 468) ve Progen tohumculuk firmasından temin edilen BA 119 pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitleri bitki materyali olarak kullanılmıştır. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre iki faktörlü ve 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Deneme parsel uzunlukları 12 metre, parsel genişlikleri 2.8 metre ve parseller arasında 3 metre boşluk olacak şekilde planlanmıştır. Ekim zamanları 2016 yılında 29 Nisan ve 2017 yılında 28 Nisan tarihlerinde yapılmış olup, ana parselleri çeşitler, alt parselleri organik gübreler oluşturmuştur. Gübre uygulamaları; Biofarm (katı çiftlik gübresi), Solucan gübresi, Biofarm gübresi + Solucan gübresi ve Kontrol parselleri şeklindedir. Denemede kullandığımız gübrelerin içeriklerine baktığımızda Biofarm gübresi; Büyükbaş hayvan gübresi ve bitkisel protein kaynaklarının fermantasyonu yöntemiyle üretilmiştir. Toprağın fiziksel yapısını düzelten, toprağı bitki besin maddeleri ve humusça zenginleştiren bir gübredir. Biofarm gübresinin içeriğine baktığımızda, organik madde oranı %50, toplam azot (N) %2, Organik Azot (N) %1.6, toplam fosfor P_2O_5 %2, suda çözünür potasyum K_2O %2, maksimum nem %20, C/N 9-12, pH aralığı 7-8 dolaylarındadır (Anonim, 2018b).

Çalışmada kullanılan Solucan gübresinin, solucanların sindirim sisteminde, çok sayıda bitkiye yararlı mikroorganizmalar, azot fikse eden bakteriler, mikorizal mantarlar, doğal büyüme hormonları, amino asitler, enzimler, toprak kaynaklı patojen(hastalık yapan) mikroorganizmalara karşı etkili 40'tan fazla antimikrobiyal etki gösteren madde bulunur. Bitkilerde sağlıklı ve hızlı gelişim sağlayan mikro, makro, iz elementlerden oluşan bitki besinlerini içerir. Topraktaki alınamayan bitki besin elementlerini alınabilir forma dönüştürür ve ürün miktarında artış sağlar. Bitkilerde direnç, hızlı büyüme ve gelişme, üründe erkencilik sağlar. Verim artışı sağlar. Bitkide kök gelişimini hızlandırır. Saçaklanmayı artırır, kökün güçlü olmasını sağlar (Anonim, 2018c).

Denemede ST-468 ve BA-119 pamuk çeşitleri kullanılmıştır. ST-468 çeşidi, Adaptasyon kabiliyeti ve verim potansiyeli yüksek, orta erkenci bir çeşittir. Yaprakları çok tüylü olup, emicilere karşı (*Thrips* ve

Empoasca) dayanıklıdır. Çırçır randımanı % 42-43 dolaylarındadır. Kozaları orta büyüklükte olup, hem makine hem de elle hasada uygundur. 1000 tohum ağırlığı 106 g'dır. Kuraklığa ve *verticillium wilt* ve *fusarium wilt* hasatlıklarına karşı toleranslı bir çeşittir. Hasat döneminde meydana gelebilecek fırtına veya yağmurdan dolayı lüleler dökme yapmaz. BA-119 çeşidi ise erkenci çeşit olup, orta boylu, bölgeye adapte olmuş, makineli hasada uygun verimli bir çeşittir. Deneme alanın toprakları killi tınlı yapıya sahip olup, toplam tuz oranı % 1.36, kireç oranı ($CaCo_3$) % 26.9, organik madde oranı % 1.11 ve toprak reaksiyonu pH:7.82 olup biraz alkali yapıya sahip topraklardır. İki yılda deneme aynı yere kurulmuş olup çakılı deneme formatında yürütülmüştür. Toprak hazırlığı, kasım ayından sonra pullukla 25 cm derinliğinde sürülmüş ve bakla ekimine hazır hale getirilmiştir. Denemede, pamuk öncesi ürün olarak kışlık bakla, 2015 ve 2016 yılının Kasım aylarında 200 kg/ha ölçeğinde parsel ekimi gerçekleştirilmiştir. Bakla bitkisi Nisan ayının ortasında köklerinde nodozite oluşumu görüldüğünde pullukla sürülerek toprağa karıştırılmıştır. Bakla bitkisinin yeşil aksamı ve köklerindeki nodoziteler toprağa karışmış, toprak organik madde ve azot miktarı bakımından verimli hale gelmiştir. Buradaki amaç toprağa karıştırılan yeşil baklanın bir sonraki bitki olan pamuğa besleyici değeri daha yüksek bir toprak bırakmasıdır. Bakla ekim öncesi, baklanın toprağa karışımı sonrası ve pamuk hasadı sonrası yapılan toprak tahlil sonuçlarında bu durum açık olarak görülmüştür.

Pamuk yetişme süresinin sonunda, iki çeşit için farklı organik gübrelerle tesis edilen parsellerin iki başından 1'er metre atılmış ve ortadaki iki sıra (toplam 14 m²) hasat alanı olarak belirlenmiştir. Hasat, 2016 yılında, 30.09.2016 ve 14.10.2016 tarihlerinde; 2017 yılında, 22.09.2017 ve 05.10.2017 tarihlerinde iki kez elle hasat edilmiştir.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 1'den sonuçlara bakıldığı zaman yeşil gübreli ve yeşil gübresiz topraklarda incelenen özellikler bakımından çeşitli farklılıklar çıkmıştır. Özellikle Pamuk ekim zamanı ile hasat dönemi arasında gerek yeşil gübreli gerekse yeşil gübreli tarladaki; PH oranı, tuz oranı(%), kireç(%), organic madde(%), Azot (kg/da), fosfor(kg/da) ve potasyumda(kg/da) önemli farklılıkların olduğu görülmektedir. Özellikle yeşil gübrelemenin azot fiksasyonuna etikisinin incelendiği denemede, yeşil gübre olarak baklanın ekildiği ve çiçeklenme döneminde toprağa karıştırıldığı deneme alanında toprağa bağlanan azot miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Tablo 1'den yeşil gübresiz alanda pamuk ekim zamanında azot miktarı (N) 0.80 kg/da iken hasat zamanında 0.23 kg/da oranında bulunmuştur. Yeşil gübreli alanda pamuk ekim zamanında azot miktarı (N) 8.00 kg/da iken hasat zamanında 0.90 kg/da oranında bulunmuştur. Bu değerlere göre havada bulunan yaklaşık %78 oranındaki azotun baklagil bitiklerinden birisi olan kışlık bakla(*Vicia faba* L.) aracılığı ile toprağa bağlandığını ve bunun toprağın toprağın organik madde ve azot miktarını yükselttiği söylenebilir. Bunun sonucunda bakla bitkisinden sonra üretilen organik pamuk üretimine havadan fikse edilen azotun katkı sağladığı sonucuna varılabilir. Bulgularımız Tang ve Yang'ın bulguları ile uyum içindedir. Çünkü; (Tang ve Yang, 1988) yaptıkları araştırmada; bakla yeşil gübresinin ayrışması ile ortaya çıkan azot miktarının, pamuğun koza dönemindeki "N" isteği ile eşit olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bulgularımız, Soyergin'in bulguları ile uyum içindedir. Soyergin'in (2003), yaptığı araştırmada baklagil bitkilerinin yeşil gübre olarak üretilmesi sonucu topraktaki organic madde miktarının arttığını bildirmiştir.

Tablo 1. Yeşil gübre uygulanmayan(pamuk ekim zamanı,çiçeklenme zamanı) ve yeşil gübre uygulanan(pamuk ekim zamanı,çiçeklenme zamanı) deneme alanındaki toprakların analizleri.

Uygulama	Suyla Doymuş Toprakta PH	Organik Madde (%)	Azot N (kg/da)	Fosfor P_2O_5 (kg/da)	Potasyum K_2O (kg/da)
1	8.01	1.09	0.80	6.04	300.35
2	7.90	1.22	0.23	5.38	258.56
3	7.93	1.89	1.56	9.30	270.87
4	7.74	1.53	0.90	5.55	231.75

1. Yeşil Gübresiz (Pamuk Ekim Zamanı), 2. Yeşil Gübresiz (Pamuk Hasat Zamanı), 3. Yeşil Gübreli(Pamuk Ekim Zamanı), 4. Yeşil Gübreli (Pamuk Hasat Zamanı)

KAYNAKÇA

[1] Anonim., 2018a. http://biyologlar.com/azot-fiksasyonu.
[2]Anonim.,2018b.http://www.camli.com.tr/tr/urun/biofarm-humus-organik-gubre.
[3]Anonim., 2018c. https://www.ekosol.net/wp-content/uploads/Ekosol-Farm-Kullanim-Talimatlari-2018.pdf.
[4]Atılgan, A., Coskan, A., Saltuk, B., Erkan, M. (2007). Antalya yöresindeki seralarda kimyasal ve organik gübre kullanim düzeyleri ve olasi qevre etkileri. *Ekoloji, 16*(62), 37-47.
[5]Atilla, A., 1999. Yeşil gübreleme. Ekolojik Tarım. Ekolojik Tarım Eğitimi Ders Notları,Tarım ve Köyişleri Bakanlığı İzmir İl Müdürlüğü, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, ETO, Emre Basımevi İzmir, 60-78.
[6]Soyergin, S., (2003). Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler Ve Organik Toprak İyileştiricileri.
[7]Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, *25*(2), 24-34.

[8]Tang,Y.S.; R.X.Yang,1985. Experiments on Vicia faba as a Green Manure Crop in The Huanghuaihai Area. China Cottons. (5):18-21. Field Crop Abst.(1988) Abst.No.493.

Diyarbakır İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Biyogaz ve Elektrik Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi

Determination of Biogas and Electric Energy Potential to be Obtained from Animal Wastes in Diyarbakır Province

Mustafa ASLAN[1]
Roşin Hilal AYDIN[1]
Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[1]
Harun Türkmenler[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye

Özet

Gün geçtikçe dünya nüfusunun artması ile enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Fosil yakıtların tükendiği ve küresel ısınmanın göz ardı edilemeyecek bir tehlike olduğu şu dönemde, yenilenebilir enerji ihtiyacı olduğu bir gerçektir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biri biyogazdır. Biyolojik olarak parçalanabilen organik atıkların oksijensiz sindirimi ile enerji üretiminin yanı sıra atık kaynaklı toprak su ve hava kirliliği en aza indirgenmektedir. Bununla birlikte besin değeri yüksek organik gübre elde edilmektedir. Bu çalışmada Diyarbakır ilinin hayvansal kaynaklı atıklarından üretilebilecek biyogazın eşdeğer enerji potansiyeli tespit edilmiştir. Diyarbakır ilindeki büyük baş, küçük baş ve kanatlı hayvan sayıları TUİK' ten alınan değerlere göre hesaplanmıştır. Haziran 2017 tarihi itibari ile il genelinde 419.366 adet büyük baş, 1.442.958 adet küçük baş, 735.650 adet kanatlı hayvan bulunduğu hesaplanmıştır. Hesaplanan atık miktarlarına göre, elde edilebilecek gübre miktarı büyükbaş hayvan için 1.509.717 ton/yıl, küçükbaş hayvan için 214.006,80 ton/yıl ve kanatlılar hayvan için ise 5.089,88 ton/yıl gübre olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan gübre miktarlarına göre biyogaz üretim miktarı büyükbaş hayvandan elde edilebilecek gübre miktarına göre; 33.213.774 $m^{3/}$yıl, küçükbaş hayvan için 39.056.063 m^3/yıl ve kanatlılar için ise 841.583 m^3/yıl biyogaz olup, toplam elde edilebilecek enerjinin eşdeğer karşılıkları ise 343.623.673 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır

Anahtar Kelimeler: Biyogaz; Hayvansal atık; BiyoEnerji; Elektrik Üretimi.

Abstract

As the days go on, the need for energy increases with the increase of world population. At this time, renewable energy is a necessity, as fossil fuels are exhausted and global warming is a danger that cannot be ignored. One of these renewable energy sources is biogas. Biodegradable organic wastes are the most energy-consuming as well as oxygen-free digestion, as well as waste water and air pollution from waste. However, high nutrient organic fertilizer is obtained. In this study, an equivalent energy potential of biogas that can be produced from the animal wastes of Diyarbakır province has been determined. The number of head, small head and poultry in Diyarbakır province were calculated according to the values obtained from TUIK. As of June

2017, it is estimated that there are 419,366 large heads, 1,442,958 small heads and 735,650 poultry. According to the calculated amount of waste, the amount of fertilizer that can be obtained was calculated as 1.509.717 ton/year for cattle, 214.006, 80 ton/year for small cattle and 5.089,88 ton/year for birds. According to the calculated fertilizer amounts, the amount of biogas production was 33.213.774 m^3/year in the cattle, 39.056.063 m^3 /year in the small cattle and 841.583 m^3/year in the poultry, and the equivalent of the total available energy was calculated as 343.623.673 kWh/year

Keywords: Biogas; Animal waste; BioEnergy; Electric Production.

1.GİRİŞ

Enerji sektörü, ülkelerin kalkınma politikaları içinde önemli bir yer tutmaktadır.Artan enerji fiyatları, dünya nufusundaki artış ve bunu takiben enerji talebindeki artış, sanayileşme ve kentleşme olguları, küreselleşme sonucu artan ticaret imkanları doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır.Buna karşın fosil yakıt kaynaklarının azalması, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda gelişen duyarlılık yenilenebilir enerji ihtiyacını ortaya koymaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından yapılan çalışmalar, mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artacağına işaret etmektedir

Ülkemiz sınırlı sayıda fosil kökenli yakıt rezervlerine sahip olduğundan dolayı enerjide dışa bağımlıdır. Enerji tüketiminin yaklaşık olarak %76 (TUİK)'sı ithalatla karşılanmaktadır. Oysa ülkemiz fosil kökenli yakıtlara alternatif olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Ne yazık ki bu kaynakların kullanımı iyi bir şekilde değerlendirilmemektedir. Bizim gibi yoğun tarım ile uğraşan ülkelerde çok fazla potansiyele sahip bu enerji yöntemi değerlendirilmelidir. Son yıllarda güneş, hidrolik, jeotermal, rüzgar kaynaklı yenilenebilir enerji üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır.Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü hidrolik akarsu %8,9 iken hidrolik baraj %23.8, jeotermal enerji %4.9, rüzgar enerjisi %7.8 ,güneş ve biokütle enerjisi ise %1'in altındadır (TEİAŞ). Biyokütleden direkt yakma ile enerji üretimi yaygın olarak yapılmaktadır. Buna karşın biokütle kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan bitkisel ve hayvansal atıkların fermantasyonu ile biyogaz üretimi çok düşüktür. Tüm bu bahsedilen yenilenebilir enerji kaynakları tek işlevlidir.Yani ana işlevleri enerji üretmektir. Biokütle (özellikle biyogaz) birden çok yararı bulunmaktadır.

Son yapılan araştırmalar fosil yakıt kaynaklarından petrolün 2047, doğalgazın 2068, kömür rezervinin ise 2140 yılına kadar sonlanacağını göstermektedir (TUİK) . Bu manada fosil enerji kaynaklarının (petrol, kömür, doğalgaz vb.) tükenebilir olması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgar, güneş, hidrolik, jeotermal, vb.) yatırım değerlerinin fazla olması özellikle kırsal bölgelerde yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyogazın değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Türkmenler ve ark., 2014).

Dünya nüfusunun artmasından dolayı hayvancılık sektörü büyümüş, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çevre kirliliğine neden olan hayvansal atığın birikmesine ve oluşmasına sebep olmuştur. Bu atıklar çevre için oldukça zararlıdır ve bertaraf edilmesi zordur. Son yıllarda Türkiye'de hayvansal atıkların yanında özellikle kümes ve çiftlik hayvanlarının sebep olduğu çevresel atıklar, oldukça önemli çevresel sorunlardır. Bu sebeple hayvan yetiştiriciliği sektöründe dışkının oluşturduğu çevresel sorunlar önemli olmaya başlamıştır.

Hayvan atıklarının su kirliliğine olan zararlı etkilerini inceleyecek olursak, hayvancılık endüstrisi ülkemizde çok geniş bölgelere yayıldığından dolayı, suları kirletmesi açısından değerlendirilmesi gerekirse bu yönden etkilerinin tespit edilmesi zordur. Yerleşik olmayan kirlilik kaynakları olarak bilinen gübreler, yaş organik atıklar, hayvansal atıklar vb. yüzey sularına veya yer altı sularına ulaşarak suların kalitesini bozmakta ve kirletmektedir. Bu durumda sular kullanılamaz duruma gelmektedir.

Hayvancılık işletmelerinde çevre kirliliği oluşturan atıklar, önemli bir ekonomik potansiyelinin olduğu ortaya konmuştur (Öztürk, 2005. Hayvan endüstrisindeki atıkların neredeyse hepsi gübre ve yem üretimi gibi alanlarda kullanılabilmektedir. Böylece hayvan endüstrisindeki atıkların değerlendirilmesi hem çevre kirliliğini azaltır hem de bu atıkların ekonomik olarak geri kazanımı sağlanır. Ancak bu atıkların herhangi bir fermantasyon işlemiyle patojen bakterilerden ayrılma gibi işlemler uygulanmadan doğrudan tarımda ekim alanlarına veya akarsulara uygulanması çevre kirliliğinin yanında toprağın ürün verimliliğini de etkilemektedir (Tolay, 2008).

1.1.Biyogaz Enerjisi Üretiminin faydaları;

- Çevre kirliliği oluşturmaz ,atık bertarafı sağlar.
- Atıkların İşlenerek toprağa geri döndürülmesi ile tarımsal verimliliği artırır.
- Çevre kirliliğini önler.
- Sosyo ekonomik faydaları vardır.Ülke ekonomisini, çiftçiyi destekler.(Atik toplama-işleme-gübre dağıtımı zincirinin kurulması ile istihdam yaratır).

Sera gazı oluşturmaz.İklim değişikliğinin en önemli sebeplerinden sera gazının oluşumunu , etkilerini azaltır.

1.2. Biyogaz Üretimi

Biyogaz sabit bir sıcaklık altında anaerobik ortamda, organik maddelerin çeşitli mikroorganizma grupları tarafından parçalanmasıyla meydana gelen yanıcı bir gazdır. Çıkan gazın %60-80 metandan oluşur (Öztürk İ., 1999). Biyogaz; renksiz, yanıcı, ana bileşenleri metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) olan, az miktarda hidrojen sülfür (H_2S), azot (N_2), oksijen (O_2) ve karbon monoksit (CO) içeren bir gaz karışımından oluşmaktadır. Genellikle organik maddenin %40-% 60 kadarı biyogaza dönüşür. Geri kalan artık ise kokusuz, gübre olarak tarımda kullanmak için elverişli bir katı veya sıvı üründür. Bu atık ise çevreye zarar verici olan organik atıkların bertaraf edilmiş halidir ve organik gübre olarak kullanılabilir (Tolay, 2008).

Çevreye olumsuz etkileri olan karbon dioksit, insan sağlığına zararlı gazlar ile kıyaslandığında (azot dioksit, asit yağmurlarını oluşturan sülfür dioksit, karbon monoksit gibi) çok iyi bir yenilenebilir enerji kaynağıdır (Öztürk İ. 1999). Ayrıca biyogaz kullanılırken atmosfere bırakılan karbondioksit, bitkiler tarafından fotosentez yolu ile geri alınır (www.kimyamuhendisi.com). Ancak bu kaynak Türkiye' de iyi bir şekilde değerlendirilememektedir. 2009 yılı İtibarı ile sadece bazı belediyeler atıklardan metan gazı üretimi yapmakta, bazı sanayi tesisleri ve sınırlı sayıda tarım ve hayvancılık işletmesi biyogaz tesisleri ile enerji üretmektedir. Tahminen şuan potansiyelinin %1'i bile kullanılamamaktadır (Perendeci ve ark., 2014).

Mikrobiyal faaliyetler nedeniyle atmosfere her yıl 590-880 milyon ton metan salınmaktadır ve metanın yaklaşık %90'ı biokütlenin ayrışmasından elde edilmektedir, kalan kısmı ise fosil kökenli (petrokimyasal prosesler vb.) kaynaklardan oluşmaktadır (Öztürk İ., 1999).

1.3. Biyogazın oluşum aşamaları

Biyogazın oluşumu reaktör içinde seri bir biyolojik proses sonuçunda olmaktadır. Bu biyolojik prosesi çok kısaca şu şekilde özetleyebiliriz.

1) Fermantasyon ve Hidroliz

Bu aşamada fermantatif ve hidrolik bakteri grupları organik maddenin üç temel öğesi olan karbon hidratları , proteinleri ve yağları parçalayarak CO_2, asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler.

2) Asetik Asidin Oluşumu

Bu aşamada, birinci aşama sonucunda açığa çıkan asetojenik (asit oluşturan) bakteri grupları devreye girmekte asetojenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürmektedir. Diğer bir kısım asetogenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturmaktadır. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır.

1.4. Biyogaz ve Biyogaz Üretimi Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları

Biyogaz, enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanımı da mümkün olmaktadır. Ayrıca biyogaz üretimi sonucu ortaya çıkan yan ürünler de çeşitli amaçlarla kullanılabilmektedir.

1.5. Biyogazın ısıtmada kullanımı

Biyogazın yanma özelliği bileşiminde bulunan metan gazından ileri gelmektedir. Biyogaz hava ile 1/7 oranında birleştiğinde tam yanma gerçekleşir. Isıtma amacıyla gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklardan yararlanılabileceği gibi termosifon ve şofbenlerde biyogazla çalıştırılarak kullanılabilir (Minnesota Department of Commerce State Energy Office, 2003). Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilmektedir. Biyogaz sobalarda kullanıldığında bünyesinde bulunan hidrojen sülfür gazının yanmadan ortama yayılmasını önlemek üzere bir baca sistemi gerekli olmaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı bir ısınma için kalorifer sistemleri tercih edilmektedir.

1.6. Biyogazın enerji amaçlı kullanımı

Biyogaz yanma ve elektrik enerjisine çevrilerek aydınlatmada kullanılabilmektedir. Biyogazın doğrudan aydınlatmada kullanımında sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılmaktadır.

1.7. Biyogazın Motorda Kullanımı

Biyogaz, benzinle çalışan motorlarda doğrudan hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan kullanılabildiği gibi içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak da kullanım verimi artırılabilir.

1.8. Yan Ürün Değerlendirme İmkanları

Biyogaz üretimi sonucu patojen mikroorganizmalardan arındırılmış fermente organik gübre elde edilmektedir. Elde edilen gübre tarlaya sıvı olarak uygulanabildiği gibi granül haline getirilebilir ve/veya beton-toprak havuzlarda kurutulabilir (Erzincanlı., 2009). Metan gazı üretim verimi uzun bekleme sürelerinde yüksektir. Bekleme süresi kısaltılırsa metan içeriği %50'nin altına düşeceğinden biyogaz uzun süreli yanmaz. Propan bütan gibi gazlar oda sıcaklığında, düşük basınçlar da sıvılaştırılırken biyogazın sıvılaştırılması çok yüksek basınç ve düşük sıcaklık gerektirdiğinden ekonomik olarak uygun değildir. Ekonomik kısıtlamalar nedeniyle tüplere doldurulamamakta ancak üretildiği yerde kullanılabilmekte veya taşınması borular vasıtasıyla yapılabilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, Diyarbakır ilinin hayvansal atıklarından biyogaz üretim ve enerji potansiyelinin belirlenmesi için büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları TUİK 2017 yılı Haziran ayı istatistikleri verilerinden faydalanılmış, kabuller doğrultusunda hesaplamalar yapılmış çizelgeler oluşturulmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Yöntem

Akbulut ve Dikici'ye (Akbulut ve Dikici, 2004) göre "Elde edilebilecek biyogaz potansiyelini belirlemek için aşağıdaki kabuller ve araştırma sonuçları kullanılmıştır.

Gübre ile ilgili kabuller

Büyükbaş hayvandan 3.6 ton (gübre/yıl), küçükbaş hayvandan 0.7 ton (gübre /yıl), kanatlı hayvandan 0.022 ton (gübre/yıl) ortalama olarak elde edildiği kabul edilir. Gübrelerin yaklaşık 1/3'ünün meralarda kaybolduğu dikkate alınmıştır.

Biyogaz ile ilgili kabuller

1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m^3 biyogaz, 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m^3 biyogaz, 1 ton kanatlı hayvan gübresinden 78 m^3 biyogaz elde edildiği dikkate alınmıştır.

Biyogazın elektrik enerjisi olarak eşdeğeri

Akbulut ve Dikici'ye göre "1 m^3 biyogazın elektrik enerjisi cinsinden değeri; 4.70 kWh enerjidir.

Bu kabuller, araştırma sonuçları ve verilere göre Diyarbakır ilindeki toplam hayvan sayısına göre gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli hesabı yapılmıştır.

3. BULGULAR

Diyarbakır ilindeki büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığı ;

Diyarbakır ilindeki 2017 yılı toplam büyükbaş hayvan sayısı 419.366 adet, küçükbaş hayvan sayısı 1.442.958 adet ve kanatlı hayvan sayısı 735.650 adet olduğu hesaplanmıştır (TUİK, 2017).

Diyarbakır ili Büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan varlığından elde edilebilecek gübre miktarları verilen kabuller doğrultusunda yapılan hesaplamalar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre, bir yılda elde edilebilecek net büyükbaş gübre miktarı 1.006.478 ton, küçükbaş gübre miktarı 6.733.804 ton ve kanatlı gübre miktarı ise 10.789 ton'dur. Bu verilere doğrultusunda Diyarbakır ilinde elde edilebilecek biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Hayvan sayısına göre net gübre miktarı

Hayvan Türü	Toplam Hayvan Sayısı	Toplam gübre (ton/yıl)	Net Gübre*
Büyükbaş	419.366	1.509.717	1.006.478
Küçükbaş	1.442.958	1.100.706	6.733.804
Kanatlı	733.650	161.843	10.789

* Gübrelerin yaklaşık 1/3'ünün meralarda kaybolduğu dikkate alınmıştır.

Tablo 2. Net gübre ile elde edilebilecek biyogaz ve elektirik enerjisi

Hayvan Türü	Biyogaz(m3/yıl)	Elektrik(kWh/yıl)
Büyükbaş	33.213.774	156.047.737
Küçükbaş	39.056.063	183.563.496
Kanatlı	841.583	3.955.440
Toplam	73.111.420	343.623.673

4. SONUÇ

Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre Diyarbakır ilinde hayvansal atıklardan elde edilebilecek yıllık biyogaz 73.111.420 m^3, elektrik ise 343.623.673 kWh'dir. TEDAŞ verilerine göre 1 kWh elektriğin fiyatı 0.44TL'dir. Yapılan hesaplamalar ve kabuller doğrultusunda Diyarbakır ilinin hayvansal atıklardan yıllık olarak elde edilebilecek biyogaz fiyatı 151.194.416TL'dır (TUİK, 2017). Bu çalışma Diyarbakır ili biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Potansiyelin değerlendirilmesi için kırsal kesim ve üreticiler biyogaz üretimi ile ilgili bilinçlendirilmelidir. **Tarımsal amaçlı biyogazdan ısı ve elektrik üreten tesisler ile güneş ve rüzgar enerjisinden elektrik üreten tesis projelerinin % 50'sine hibe desteği verilecceği ile ilgili üretici bilinçlendirilmesi gerekir.**

5. *KAYNAKLAR*

[1] Öztürk, M., 'Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi', T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Müsteşarlığı, Ankara, 2005

[2] Entürk, E., 'Tavuk Çiftliklerinden Kaynaklanan Gübre Atıklarının İncelenmesi ve Uygun Arıtma Sisteminin Önerilmesi, Y. Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.

[3] Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S., Reiter, R., "Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi", VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008, İstanbul, 17-19 Aralık 2008.

[4] Türkmenler, H., Varınca, K., ve Can, R. Biyogaz Çalıştayı sonuç Raporu, 2014.

[5] Öztürk, İ., *Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 1999.

[6] Akbulut, A. ve Dikici, A. Elazığ ilinin biyogaz maliyet potansiyeli ve maliyet analizi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 36-41. 2004.

Şenol, H., Elibol, E.A., Açıkel, Ü., ve Şenol M. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 6(1), 1-11, 2017

[7] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, YEGM.

[8] Altınay Perendeci, Aslı Seyhan Çığgın, Çukurova Bölgesinde Oluşan Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz Yoluyla Enerji Üretimi, Endüstriyel Simbiyoz Konferansı, 2014

[9] TUİK Diyarbakır ili hayvan sayısı istatistikleri, 2017

Erzincanlı, H.O. Türkiyede Atıklardan Biyogaz Üretrimi, Enerji Dünyası, 2009.

(www.kimyamuhendisi.com).

Yeşil Büyüme Odaklı Maliye Politikaları: Türkiye Uygulamaları

Esra SİVEREKLİ[1]
Murat DEMİR[2]

[1] Maliye Bölümü, İkitisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, esrasiverekli@harran.edu.tr
[2] Maliye Bölümü, İkitisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mdemir@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Ekonomik, siyasal ve sosyo-kültürel alanlarda Dünyanın büyük bir hızla değişim gösterdiği günümüz küresel süreci, devlet anlayışında mali ve yönetsel anlamda önemli bazı ilke ve uygulamaları beraberinde getirmiştir. Devletlerin özellikle kürenin sınırlarının ortadan kalkarak ekonomik ve belirli ölçülerde siyasal açıdan birbirine entegre olduğu bu süreçte; yönetim anlayışı ve uygulamalarında dünyada ortaya çıkan bazı gelişmelerin de etkisiyle maliye politikası anlayışında bazı değişimler belirginlemeye başlamıştır. Karar ve politika saptamalarının küresel düzeyde yapılarak, uygulamaların yerelde gerçekleştirilmesi gerekliliğinin vurgulanmaya başlanıldığı bu süreçte, çevreye duyarlı ekonomik büyüme anlayışı maliye politikaları uygulamalarına dahil olmuş ve "yeşil büyüme" ilkesinin sahip olduğu önem de böylece bu dönemde dikkat çekmeye başlamıştır. Bu kapsamda, yeşil büyüme odaklı bakış açısı ile öncelikle dikkate alınan temel saha *enerji* sahası olmuş ve sürekliliği olan doğal süreçlerdeki enerji akışından elde edilen yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki teşvik uygulamaları maliye politika uygulamaları bağlamında mevzuattaki yerini almıştır.

Anahtar Kelimeler — Küreselleşme, Maliye Politikası, Yeşil Büyüme, Enerji

***Abstract*—** In today's global process the world is changing at a rapid pace in economic, political and socio-cultural fields. This process brought together some important principles and practices in the financial and managerial sense of government considerations. In this process the borders of the world have risen from the middle and states are integrated economically and politically in a certain measure. Some changes in the understanding of fiscal policy have begun to appear with the influence of some developments in the world of management understanding and practices. In this process, it is emphasized that decisions and policy determinations should be made at global level and applications should be realized locally. In this period, the concept of environmentally conscious economic growth has been included in fiscal policy applications, and the importance of the "green growth" principle has begun to attract attention. In this context, the primary field considered primarily by the green growth-oriented perspective has been the energy field. Accordingly, the incentive practices on renewable energy sources obtained from the energy flows in the natural processes, which have taken place in the legislation and the context of fiscal policy implementations.

Keywords —Globalization, Fiscal Policy, Green Growth, Energy

I. GİRİŞ

Mal, hizmet ve sermayenin dünyada serbestçe dolaşımını ifade eden küreselleşme sürecinde yeşil büyüme anlayışına atfedilen önem maliye politikası uygulamalarının da bu kapsamda gerçekleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Böylece, Dünyanın birçok ülkesinde çevreye duyarlı maliye politikası uygulamaları belirginleşmeye başlamış ve bu uygulamalar ülke kamu politikalarındaki yerini almıştır. Söz konusu uygulamalar bağlamında; çevre kirliliği ile mücadelede maliye politikalarının önemi ve rolü artmış ve küresel düzeyde çevre kirliliği ile mücadelede dünyanın misyonunu destekleyecek çevre uygulamaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Özellikle, ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında çevre kirliliği ile mücadelenin yadsınamaz rolleri yasal olarak da teminat altına alınmış ve mevzuatlarda konu ile ilgili düzenlemelere yer verilmiştir.

Maliye politikası uygulamalarının çevre politikaları odaklı belirlenmesini konu olarak edinen ve söz konusu başlığı ana çerçeve ile ele almaya çalışacak olan bu çalışmanın birinci bölümü; küresel süreçte maliye politikalarını tasvir edecektir. Maliye politikalarının çevre konusundaki düzenlemelerini konu alacak olan ikinci bölümün devamında Türkiye'de karar birimlerinin bu konudaki rolleri maliye politikaları bağlamında üçüncü bölüm başlığı altında değerlendirilecektir. Çalışmada dikkate alınacak olan yöntem, anlatıma dayalı betimsel yöntemdir. Çalışmanın sınırlılıkları küreselleşme sürecinin ikinci dalgasının ortaya çıktığı dönem olan 1980 sonrası dönemde mevzuata dayalı uygulamalar ve Türkiye'de maliye politikaları uygulamaları üzerinden çizilmiştir.

II. KÜRESEL SÜREÇTE MALİYE POLİTİKALARI

Kamu ekonomisi karar birimi olan devletin gelir ve giderlerinin hacim ve bileşimlerinin belirlenmesinde belirleyici bir role sahip olan maliye politikaları; ekonomik ve siyasi konjonktürel dalgalanmalara, gelişmişlik düzeyine, iktisadi anlayışlarda meydana gelen değişimlere ve hükümet tercihlerine göre değişim gösterir. Ülkelerde çeşitli faktörlerin etkisiyle şekillenen maliye politikaları ekonomik ve yapısal oluşumların oluşturduğu iç dinamiklerin yanısıra, dünyadaki konjonktürel değişimlerin yol açtığı dış dinamiklerin de etkisiyle uygulama alanı bulur.

Küreselleşme; ekonomik, siyasi, sosyal ve kültürel alanlarda bazı ortak değerlerin yerel ve ulusal sınırları aşması ile dünya çapında yayılarak etkili ve/veya geçerli olmasını ifade eden bir kavramdır. Mevcut tanımla birlikte, küreselleşme kavramı genellikle ekonomik içeriği ile ön plana çıkmaktadır. Nitekim; gerek gelişmiş, gerekse gelişmekte olan ülkelerde benimsenen ekonomik sistem ve buna bağlı olarak uygulanan ekonomi politikalarının giderek benzerlik göstermesi, Doğu Bloku ülkelerinin çöküşü ile birlikte, dünyada neo-liberal ekonomi politikalarının yaygınlaşması ve tüm dünyada kamu ekonomisi karar birimi olarak devletin görev ve fonksiyonlarının yeniden tanımlanması bu durumun önemli bir göstergesidir. Bu bağlamda, küreselleşme sürecinin beraberinde getirmiş olduğu yeni anlayış ve değişimlerden birisi de *yeni ekonomik düzen* veya *yeni ekonomi* kavramıdır.

Küreselleşme süreci ile birlikte, devlet anlayışında ortaya çıkan değişimin devletin mali alandaki görev ve fonksiyonlarına önemli yansımaları olmuş ve bu süreçte, devletlerin milli ekonomide uygulamış oldukları maliye politikalarında da bazı değişimler yaşanmaya başlamıştır. Bu değişimler uygulamada; maliye politikasının araçları olan vergi, harcama, bütçe ve borçlanma politikası üzerinde meydana gelen değişimler şeklinde ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, ulus devletlerin geleneksel olarak gerçekleştirdikleri faaliyetlerde ortaya çıkan değişimler de yeni devlet anlayışının maliye politikası üzerindeki etkilerini ortaya koymak bakımından önemlidir. Bu açıdan, devletlerin ürettikleri mal ve hizmetlerdeki değişim aynı zamanda ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanması, ekonomik istikrarın sağlanması ve gelir dağılımında adaletin sağlanması işlevlerini yakından etkileyeceğinden bu değişimin yönünü de küresel süreçte ortaya koymak maliye politikalarının değişimini değerlendirmek açısından önemli bir gerekliliktir [1].

III. ÇEVRE ODAKLI MALİYE POLİTİKALARI

Küreselleşme sürecinin İngiltere Sanayi Devriminden sonraki ikinci dalgasını oluşturan ve 1980 sonrası dönemde ortaya çıkan *düzenleyici ve denetleyici devlet anlayışı*nın benimsendiği süreçte maliye politikası uygulamalarının en önemli ve öncelikli değişim gösterdiği alan devlet faaliyetlerinde özellikle içerik itibariyle meydana gelen değişim olmuştur. Söz konusu değişimin temel konularından birisini kamu ekonomisi hizmet alanı dahilinde çevre kirliliği ile mücadele oluşturmuş ve böylece ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında *çevreye duyarlı politikalar öncelikli hizmet bakış açısı* ile ele alınmaya başlamıştır.

Günümüzde çevresel sorunlar açısından özellikle çevre kirliliği insan yaşamını tehdit eden en temel çevre problemlerinden birisi haline gelmiştir. Bu problemin temel kaynağı ise fosil yakıt kullanımı ve nüfus artışına paralel olarak gittikçe artan sanayi faaliyetleridir. Bu bağlamda, çevre sorunları ile mücadelede son yıllarda önemi artan yeşil ekonomiye geçiş önerileri önemlidir. Çünkü devletin elinde bulundurduğu maliye politikası araçları, bu süreci teşvik etmek yoluyla hızlandırabilmektedir. Devlet, kamu teşvikleri ve vergi indirimleri ile yeşil büyüme sürecini hızlandırabileceği gibi; bizzat üretici olarak piyasaya girdiğinde kamusal ve özel yatırımları bu alanlara hassas/duyarlı hale getirerek de bu süreci yönetebilmektedir. Diğer yandan, söz konusu alanda gerçekleştirilen yatırımlar sürdürülebilir kalkınmaya da destek olmaktadır. Özellikle Birleşmiş Milletler gibi uluslararası kuruluşların girişimleriyle ortaya çıkarılan *yeşil ekonomi* girişimleri sadece çevre problemlerini azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda istihdam ve refah artışı, büyüme hızında artış gibi pozitif dışsallıklarla sürdürülebilir kalkınmaya da katkıda bulunmaktadır [2].

Çevreye duyarlı politika uygulamalarından en önemlisini oluşturan ve kendisini yenileyen enerji kaynakları olarak tanımlanabilen *yenilenebilir enerji kaynakları*; arz güvenliğinin artırılmasına olumlu katkıları olmakla birlikte, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak sera gazı emisyonlarında da azalma sağlamaktadır. Ayrıca, bu alandaki enerji teknolojilerine yönelik sanayinin gelişmesi ve istihdam olanaklarının artışı etkilerini de beraberinde getirmesi açısından büyük öneme sahiptir.

IV. ENERJİ TEŞVİK UYGULAMALARI PERSPEKTİFİNDEN YEŞİL BÜYÜME VE TÜRKİYE UYGULAMALARI

Türkiye ekonomik ve sosyal kalkınma bağlamında kamu politikalarını çevrenin korunması ve kalitesinin iyileştirilmesi ile sürdürülebileceğinin bilincinde olarak, gelecek nesillerin de tükenebilir/sınırlı doğal kaynaklardan faydalanmasını güvence altına almak üzere gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda, kalkınma planları ve strateji belgelerinde belirlenen politika hedeflerine ulaşmak için *sürdürülebilir kalkınma* amacına hizmet eden birçok yasal, kurumsal ve finansal düzenlemeye gidilmiştir.

Nitekim, Çevre Kanunu'nda 2006 yılında yapılan değişiklikle Kanunun amacı sürdürülebilir kalkınma prensibine dayandırılmıştır. Diğer yandan, AB katılım müzakerelerinde çevre faslının açılması daha temiz bir çevre ve daha yüksek standartlara ulaşma konusundaki uygulamalara ve kararlılığa ivme kazandırmıştır [3].

Türkiye'deki elektrik enerjisi sistemi üç temel zorlukla karşı karşıyadır. Birincisi, ekonomik büyümenin enerji kullanımını arttırmasına bağlı olarak elektriğe olan talebin artmasıdır. İkinci olarak, artan talebi karşılamak için elektrik arzının artması ile doğal tekel niteliğinde olan elektrik fiyatlarının bu durumdan etkilenmesidir. Son olarak, enerji ve elektriğin modern ekonomilerin yapı taşı olması dolayısıyla, enerji güvenliğinin elektrik sektörü için hayati önemde olmasıdır. Artan talep, ödenebilir fiyatlar ve enerji güvenliğinin birbiriyle çelişen gerekleri arasında bir denge tutturabilmek için, benimsenecek politikanın, bu gereksinimleri karşılayacak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayacak teknoloji ve projeleri teşvik eden bir çerçeve ortaya koyması gerekmektedir [4]. Bu gereklilik, aynı zamanda yeşil büyüme odaklı enerji politikalarının uygulanabilirliği açısından da önemli bir gerekliliktir.

Türkiye'de 2001 yılında uygulamaya giren 4628 Sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu" ile yenilenebilir enerjiye iki tedbir getirilmiştir. İlk olarak, kanun; ruhsat alma ve yıllık aidatlarla ilgili harcamaları düşürerek ruhsat maliyetini azaltmış, ikinci olarak, Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'ye (TEİAŞ) yenilenebilir enerji tesislerinin sisteme bağlanmasına öncelik verme zorunluluğu getirmiştir. Türkiye, yenilenebilir enerjiye yönelik ilk özel kanununu ise 2005 yılında 5346 Sayılı Kanun ile çıkarmıştır. Bu kanun, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik için 10 yıl boyunca megawatt-saat başına 225 EUR oranında tarife garantisi (FIT) sağlamıştır. Diğer ülkelere göre düşük oran ve sınırlı süre tarife garantisi niteliğindeki bu uygulama, yenilenebilir enerji alanındaki yatırım hacmini artırmaya yeterli olmamıştır. Bunun sonucunda, 2010 yılında kanunda bir değişiklik yapılarak; teknoloji türüne göre tarifeler farklılaştırılmış ve yerli teknoloji kullanan projelere faaliyetlerinin ilk 5 yılında ödenmek üzere prim ödemesi getirilmiştir [5]. 2013 yılında yürürlüğe giren 6446 Sayılı *Elektrik Piyasası Kanunu* ile "elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması" hedeflenmiştir [6].

Türkiye'de tarife garantisi ve prim ödemesi uygulamaları ile birlikte; yenilenebilir enerji yatırımları *Genel Yatırım Teşvik Planı* kapsamında sübvanse edilmektedir. Bu plan, yatırımın 6. Bölge'de yapılması şartıyla; projelere, KDV muafiyeti, gümrük vergisi muafiyeti ve gelir vergisi stopaj desteği sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji projelerinin geliştirilmesi ve faaliyetlerinin kolaylaştırılması amacıyla; ruhsatlama süreci, arazi tahsisi ve elektrik alımı konularını da kapsayan finansal veya diğer destekler verilmesi de söz konusu plan dahilinde öngörülmüştür (Bakınız Tablo 1).

Teşvik Türü	Proje Geliştirme	Faaliyet
Gelir ve Fiyat Desteği		Feed-in tariff payable for 10 years Guaranteed purchase of electricity
Feragat Edilen Devlet Geliri		VAT exemption Customs duty exemption
Malların ve hizmetlerin piyasa değerinin altında temini	Sistem bağlantısı önceliği Hazine arazilerine erişim izni Gücü 1 MW'tan düşük tesisler için ruhsat muafiyeti Ruhsatlama maliyetinin değerinin %1'inde sabitlenmesi	İlk 8 yıl için ruhsat harcından muafiyet Arazi kullanımı ve kira bedellerinde %85 indirim İlk 10 yıl için Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü harcı muafiyeti

Tablo 1. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji İçin Sağlanan Teşvikler
Kaynak: Acar, S., Kitson, L. and Bridle, L., *Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri*, The International Institute for Sustainable Development, 2015, s. 14.

Türkiye, artan enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılayabilmek amacıyla enerjinin verimli kullanılmasını ve yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını tam olarak değerlendirmeyi hedefleyen bir ülkedir [7]. Bu bağlamda, uygulamaya giren Yenilenebilir Enerji (2005) ve Enerji Verimliliği (2007) Kanunları, bir yandan enerji ihtiyacını yeşil büyüme odaklı yaklaşımla giderilmesini sağlarken, diğer yandan söz konusu alanda AB'ye uyumu sağlamayı hedeflemiştir.

Artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla Avrupa'da yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına eğilim olmakla birlikte, kısa dönemde fosil yakıtların kullanımının yaygınlığı önemli bir gerçektir. Küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının yaklaşık % 80'i kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkmaktadır. Atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun iklim üzerinde tehlikeli etki yaratmayacak seviyede kalmasını sağlamak amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (UNFCCC) uygulanmasına ilişkin 2005 yılında yürürlüğe giren Kyoto Protokolüne Türkiye 2009 yılında taraf olmuştur.

Türkiye'de 29 Aralık 2010 tarihinde yürürlüğe giren 6094 Sayılı Kanun ile, 5346 Sayılı Kanunda bazı değişiklikler yapılmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi konusunda kaynak esaslı (rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, güneş) bir destekleme mekanizması tanımlanmıştır. Ayrıca, 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na 2007 yılında yürürlüğe giren 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile getirilen düzenleme ile çok küçük ölçekli yenilenebilir kaynaklı elektrik üretim tesisleri ile mikro kojenerasyon tesislerinin kurulmasında lisans alma ve şirket kurma yükümlülüklerinden muafiyet tanınmış, 30 Mart 2013 tarihinde yürürlüğe giren 6446 Sayılı yeni Elektrik Piyasası Kanunu'nda yenilenebilir enerji kaynaklarından lisanssız elektrik üretimi sınırı 0,5 MW'tan 1 MW'a çıkarılmıştır. 18 Mayıs 2009 tarihli ve 2009/11 sayılı Yüksek Planlama Kurulu Kararı eki olan, "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi"'nde yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin 2023 yılı için belirlen somut hedefler ise aşağıdaki gibi belirlenmiştir [8];

- Yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının %30 olması,
- Hidroelektrik potansiyelimizin tamamının elektrik enerjisi üretiminde kullanılması,
- Rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücün 20.000 MW'a ulaşması,
- 600 MW'lık jeotermal potansiyelin işletmeye girmesi,
- Güneş ve diğer yenilenebilir kaynakların kullanımı için gereken düzenlemelerin yapılması,
- Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için alınacak tedbirler sonucunda, elektrik üretiminde doğal gazın payının %30'un altına düşürülmesi.

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	2015	2017	2019	2023
Hidroelektrik	25.526	28.763	32.000	34.000
Rüzgar	5.660	9.549	13.308	20.000
Güneş	300	1.800	3.000	5.000
Jeotermal	412	559	706	1.000
Biyokütle	377	530	683	1.000

Tablo 2. Yenilenebilir Enerji Kaynak Bazlı Enerji Üretimi ve Hedefler (MW)

Kaynak: Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ., "Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji", *Seta Analiz*, 197, 2017 s.27.

Tablo 2'de yer aldığı üzere, Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretim hedefi tüm yenilenebilir enerji kaynaklarında önemli ölçüde artış oranı ile projekte edilmiştir. Bu durum, Türkiye'de yeşil büyüme odaklı enerji teşvikleri ile düzenlenen maliye politikaları uygulamalarının devamlılığının da önemli bir göstergesidir.

Yıl	Sabit Yatırım Tutarı (TL)	Sabit Yatırım Tutarının Yararlanacağı İndirim*	İthal Makina Tutarı (Dolar)	İthal Makina İndirimi**
2014	304.352.503	54.783.450	77.220.564	15.444.112
2015	1.863.717.618	335.469.171	353.796.960	70.759.392
2016	1.540.876.750	277.357.815	315.401.540	63.080.308
2017	219.326.608	39.478.789.	5.008.170	1.001.634

Tablo 3. Türkiye'de 2014-2017 Dönemi Güneş Enerjisi Yatırımlarındaki İndirimler

*Sabit yatırım tutarı üzerinden % 18 KDV istisnası olduğu düşünülerek hesaplama yapılmıştır.
**İthal makine tutarı üzerinden %2 Gümrük vergisi muafiyeti ve %18 KDV istisnası olmak üzere toplam % 20 indirim söz konusu olduğu düşünülerek hesaplama yapılmıştır.
Kaynak: Resmi verilerden yararlanılarak Yazar (Demir) tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 3'de yer aldığı üzere, yıllar itibariyle yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi sabit yatırım tutarının % 18'i KDV indirimi olarak, ithal makina tutarının % 20'si ithal makina indirimi olarak uygulanmıştır. Bununla birlikte, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ile ilgili düzenlemelerin eski bir geçmişe dayanmadığını ifade etmek gereklidir.

Yıl	Mevzuat	Özelliği/Amacı	Diğer (Açıklamalar)
2001	4628 Sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu"	* Ruhsat maliyetinin azaltılması, * Yenilenebilir enerji tesislerinin sisteme bağlanmasına öncelik verme zorunluluğu.	-
2005	5346 Sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun"	* Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik için 10 yıl boyunca megawatt-saat başına 225 EUR oranında tarife garantisi.	Yenilenebilir enerjiye yönelik ilk özel kanun.
2007	5627 Sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu"	* Çok küçük ölçekli yenilenebilir kaynaklı elektrik üretim tesisleri ile mikro kojenerasyon tesislerinin kurulmasında lisans alma ve şirket kurma yükümlülüklerinde muafiyet uygulaması.	-
2010	6094 Sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının	* Teknoloji türüne göre tarifelerin farklılaştırılması ve yerli teknoloji kullanan projelere faaliyetlerinin ilk	* Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi

	Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun"	5 yılında ödenmek üzere prim ödemesi uygulaması.	üretimi konusunda kaynak esaslı (rüzgar, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, güneş) bir destekleme mekanizması tanımlanması.
2013	6446 Sayılı "Elektrik Piyasası Kanunu"	* Elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması.	* Yenilenebilir enerji kaynaklarından lisanssız elektrik üretimi sınırının 0,5 MW'tan 1 MW'a çıkarılması.

Tablo 4. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Üretimine Yönelik Mevzuat Düzenlemeleri

Kaynak: Metin içerisindeki bilgilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA

[1] Ener, M. ve Siverekli, E., "Müdahaleci Devlet Anlayışının Erozyunu: İktisat ve Maliye Politikalarında Değişim-Türkiye Örneği", *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2:205-234, 2007.

[2] Kete, H., Aydın, M. S. ve Kaya, H., "Çevre Sorunları ile Mücadelede Maliye Politikaları", *Journal of Life Economics*, 4(2):167-190, 2017.

[3] Kalkınma Bakanlığı, *Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Raporu-Geleceği Sahiplenmek*, ISBN:978-605-4667-00-0, 2011.

[4] Acar, S., Kitson, L. and Bridle, L., *Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri*, The International Institute for Sustainable Development, 2015.

[5] Acar, S., Kitson, L. and Bridle, L., *Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikleri*, The International Institute for Sustainable Development, 2015.

[6] "6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu", Kabul Tarihi:14/03/2013, Yayımlandığı Resmi Gazete: 30/03/2013, Sayı:28603, Tertip:5, Cilt:53.

[7] TC. Avrupa Birliği Bakanlığı, "Avrupa Birliği Sürecinde Enerji Faslı", https://www.ab.gov.tr/files/SEPB/yayinlarveraporlar/enerjikitap.pdf.

[8] Yüksek Planlama Kurulu, 18 Mayıs 2009 tarihli ve 2009/11 sayılı "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi".

Türkiye'de Endüstriyel Enerji Verimliliği Uygulamaları
Industrial Energy Efficiency Applications in Turkey

İ.Hakan KARAÇİZMELİ[1]
Serkan KAYA[2]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hkaracizmeli@harran.edu.tr
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, serkankaya@harran.edu.tr

Özetçe— Sürdürülebilir bir dünya için tüm kaynakların etkin bir şekilde kullanılması hayati öneme sahiptir. Bu kaynakların en önemlilerinden biri de enerjidir. Enerji maliyetleri işkoluna göre değişkenlik gösterse de toplam üretim maliyetleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu doğrultuda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesindeki Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü koordinasyonunda, sanayideki verimlilik artırıcı projeler desteklenmektedir. Bu çalışmada, desteklenen projelerle ilgili hem istatistiki hem de teknik bilgiler paylaşılmış ve bu projelerin uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Ayrıca, yapılan araştırmalara ve sanayi tecrübesine göre, desteklenen projeler dışında, sanayide gerçekleştirilen diğer çalışmalardan da bilgiler aktarılarak verimlilik artırıcı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — endüstriyel enerji verimliliği; izolasyon sistemleri; enerji geri dönüşüm sistemleri; yenilenebilir enerji.

Abstract— Efficient resource use is essential for a sustainable world. One of the most important of these resources is energy. Energy costs vary considerably depending on the sector, but they have an important place in total production costs. In this regard, industrial energy efficiency projects are supported by the General Directorate of Renewable Energy within the Ministry of Energy and Natural Resources. In this study, both statistical and technical information about the projects supported is shared and the application areas are mentioned. In addition to the projects supported, according to the researches and industrial experience, information is also shared from other works done in the industry and suggestions are made to increase efficiency.

Keywords — industrial enegy efficiency; insulation systems; energy recovery systems; renewable energy.

I. GİRİŞ

Sürdürülebilir bir dünya için tüm kaynakların olduğu gibi, enerjinin de etkin bir şekilde kullanılması çok önemlidir[1]. Türkiye' de, 2015 verilerine göre, enerjinin % 72' si ithal kaynaklardan temin edilmektedir [2]. Enerji maliyetleri işkoluna göre değişkenlik gösterse de toplam üretim maliyetleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Örneğin gıda sektöründe % 10 civarında olan enerji maliyeti, çimento sektöründe % 55 düzeyine kadar yükselmektedir [3]. Türkiye'de birincil enerjinin % 24'ünü, elektriğin % 47'sini sanayi sektörü kullanmaktadır [4]. Ülkemiz OECD ülkeleri içinde enerji yoğunluğu yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye' nin kişi başına enerji tüketimi, özellikle Avrupa ülkelerinin üzerindedir. Türkiye' nin 2023 vizyonuna göre, ülkenin enerji yoğunluğunun 2011 yılına göre % 20 azaltılması hedeflenmiştir [5]. Bu doğrultuda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesindeki Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) koordinasyonunda, sanayideki verimlilik artırıcı projeler desteklenmektedir. Bu kapsamda 2009 yılından beri, 400 adet proje desteklenmiştir [6].

Ayrıca sanayide, enerjiden tasarruf etmek veya enerji verimliliğini artırmak için çeşitli alanlarda bir çok çalışma yapılmaktadır. Karaçizmeli ve Oğulata (2017), sanayide üzerinde durulan enerji verimliliği ve enerji tasarrufu yaklaşımlarını üç temel başlıkta özetlemenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Bu başlıklar, enerji verimliliği yüksek araçlar/makineler, izolasyon ve geri dönüşüm sistemleri ile yenilenebilir enerjidir [1].

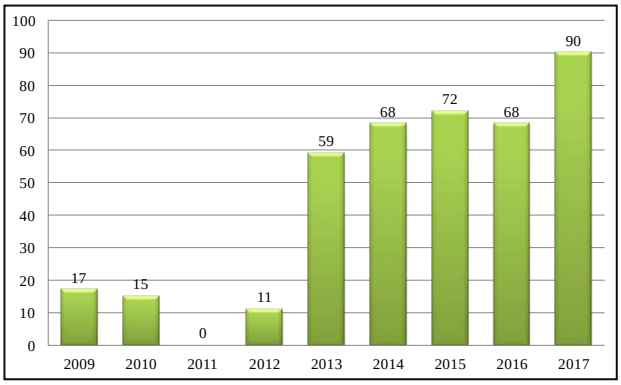
II. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Çalışma kapsamında YEGM tarafından 2009 - 2017 yılları arasında desteklenen 400 proje, YEGM' nin web sayfasında paylaştığı veriler doğrultusunda incelenmiştir. Buradan elde edilen bilgiler ile endüstrideki verimlilik

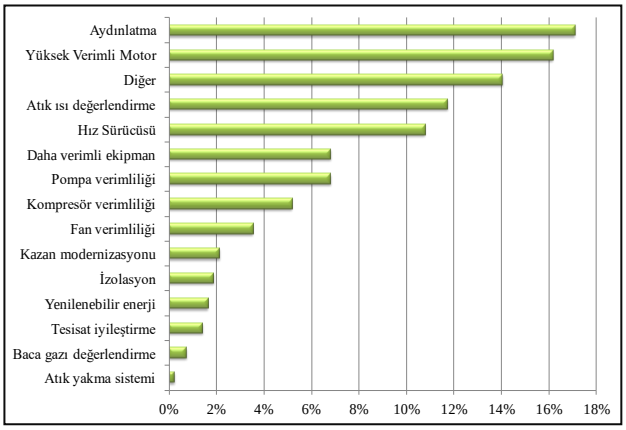
artıcı uygulamalar ile ilgili yapılan araştırmalar birleştirilerek üçüncü ve dördüncü bölümde aktarılmıştır.

III. VERİMLİLİK ARTIRICI PROJELER

2009 yılından beri Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından desteklenen projeler, 2011 yılında YEGM' nin kurulmasıyla, YEGM tarafından koordine edilmeye başlanmıştır [6].



Şekil 1. Yıllara göre desteklenen proje adetleri



Şekil 2. Konularına göre projeler

Şekil-1' de 2009 yılından itibaren desteklenen proje adetleri görülmektedir. YEGM' nin kurulduğu yıl olan 2011' de proje desteklenememiş ancak takip eden yıllarda desteklenen proje sayılarında artış görülmüştür.

Şekil-2' de görüldüğü gibi yapılan çalışmaların çoğu aydınlatmayla ilgili çalışmalardır. Ancak yüksek verimli motor, hız sürücüsü, pompa verimliliği, kompresör ve fan verimliliği başlıklarının, aslında elektrik motorlarıyla ilgili çalışmalar olduğu düşünülürse çalışmaların yaklaşık % 45' inin elektrik motorlarıyla ilgili olduğu söylenebilir.

IV. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ TASARRUFU YAKLAŞIMLARI

[10] Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu yaklaşımlarını; enerji verimliliği yüksek araçlar/makineler, izolasyon ve geri dönüşüm sistemleri ile yenilenebilir enerji şeklinde özetlemek mümkündür. Bu yaklaşımlara ek olarak kojenerasyon sistemlerinden de bahsedilmelidir.

A. *Enerji Verimliliği Yüksek Araçlar/Makineler*

Artan bilinçlenme ve gelişen teknoloji ile birlikte, üreticiler daha az enerji tüketerek çalışan, daha çevreci veya enerji verimliliği daha yüksek araçlar üretmeye başlamışlardır: A sınıfı tüketici elektroniği eşyaları, hibrit veya elektrikli otomobiller, EFF1 motorlar (yüksek verimli motorlar), led aydınlatmalar vb.[7].

Aydınlatmada enerji verimliliği için civalı aydınlatmalar yerine florasanların kullanımı, aydınlatma sistemlerinde elektronik balast kullanımı ve uygun yerlerde led aydınlatma sistemlerinin kurulumu hem YEGM tarafından desteklenmiş projelerde uygulanmıştır hem de diğer sanayi kuruluşlarında da uygulanmış çalışmalardandır.

Öte yandan aydınlatma düzeylerinin gereğinden fazla olmamasının sağlanması ve mümkün olan alanlarda gün ışığından da faydalanılması enerji verimliliğini artırabilecek yöntemlerdendir.

Ülkemizde, sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık % 70'i üç fazlı asenkron elektrik motorlarından kaynaklanmaktadır [8]. Bu motorların verimi düşük olanlarının EFF1 motorlarla dönüşümlerinin sağlanması, mümkünse DC motorların AC motorlarla değiştirilmesi, hız sürücüsü kullanımının yaygınlaştırılması ve motor bakımlarının düzenli yapılması enerji verimliliğine olumlu etki etmektedir.

Özellikle havalandırması yetersiz noktalarda çalışan ve yüksek titreşime maruz kalan motorlarda, motor yanması riski daha yüksek olmaktadır. Bu sebeple motorların daha iyi soğutulması ve titreşim azaltma yönünde önlem alınması fayda sağlamaktadır. Kaplin dengesizliklerine, bozulan rulmanlara ve aşınan yataklara bakım esnasında dikkat edilirse motor ömürleri uzatılabilir ve daha verimli çalışmaları sağlanabilir.

B. *İzolasyon ve Geri Dönüşüm Sistemleri*

Bina, tesisat, makine ve ekipman yalıtımları, ısı kayıplarını önlemek ya da azaltmak için uygulanabilecek yaklaşımlardır. Sıcak içerik taşıyan tesisatların yalıtılması enerji verimliliğine olumlu yönde etki etmektedir. Benzer şekilde ısıl işlem uygulanan makinelerde de eğer mümkünse yalıtım yapılabilir ve enerji kayıpları belirli ölçüde önlenebilir.

Tesisatlarda yalıtım dışında, kaçakların önlenmesi de önemli bir konudur. Küçük denilebilecek kaçaklar uzun vadede ciddi kayıplara neden olabilmektedir. Kullanılan yerlerde özellikle kondenstoplar da dikkat edilmesi gereken tesisat ekipmanlarındandır. Gerek sıcaktan soğuk yöne doğru gerekse soğuk yönden sıcak yöne doğru gerçekleşebilen kondenstop kaçakları da önemli bir enerji

kaybı etkenidir. Bu yüzden kondenstop kontrolleri ve bakımları da düzenli olarak yapılmalıdır.

Atık ısının değerlendirilmesi yaklaşımı da sanayide önemli bir kullanım alanına sahiptir. Reküperatör veya ekonomizer ile sistemden atılan sıcak havadaki enerji, sistemde kullanılacak taze suyu veya taze havayı ısıtmada kullanılabilir. Atık sıcak su ile eşanjör yardımıyla proseste kullanılacak taze su ısıtılabilir. Flaş buhar sistemleriyle, buhar sisteminin verimliliği artırılabilir.

Atık suyun geri kazanılması, tekrardan proseslerde mümkün değilse bahçe sulama, itfaiye kullanımı gibi amaçlarla değerlendirilmesi mümkündür. Atık sıcak su veya sıcak havadan ve diğer geri dönüşümü mümkün olmayan atıklardan -eğer yeterli miktarlarda ise- elektrik üretimi de mümkündür.

C. Yenilenebilir Enerji

Rüzgar, güneş, jeotermal, dalga vb. potansiyel enerjisi olan yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi, çevreci olmaları sebebiyle de son yıllarda artış eğilimindedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarının, teknolojinin gelişmesiyle, özellikle birim enerji üretim maliyetlerinde sağlanacak düşüşlerle, daha da yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir.

Endüstriyel tesislerde de aydınlatmada gün ışığının kullanılması, güneş panelleri yardımıyla elektrik üretimi, su ısıtmada güneş ışığının kullanılması, yenilenebilir enerji ile ilgili tercih edilen uygulamalardan bazılarıdır. Proseslerde yenilenebilir enerji kullanımı henüz pek yaygınlaşmamışsa da proses ısısı için biyokütle, ısı pompası, güneş enerjisi sistemleri kullanımı ve hidrojen eldesi için yenilenebilir kaynakların kullanımı konularında yapılmış araştırmalar mevcuttur [2].

D. Kojenerasyon Sistemleri

Kojenerasyon sistemleri, doğalgaz veya diğer yakıtların yakılmasıyla elektrik ve ısı enerjisini birlikte elde eden sistemlerdir. Bu sistemlerin bir kaç önemli avantajı vardır:

1) Kayıpların azaltılması: Kojenerasyon tesisleri tüketim yerinde kurulduğu için elektrik enerjisinin iletim mesafesi olabildiğince düşmüş durumdadır. Bu yüzden iletim hattında gerçekleşen kayıplar en aza indirilmiş olur.

2) İletim ve dağıtım tesisi ihtiyacının olmaması: Kojenerasyon tesisleri, tüketim noktasının yakınına kurulduğu için, iletim ve dağıtım için tesisler kurulmasına dolayısıyla böyle bir maliyete katlanılmasına gerek kalmaz.

3) Isı enerjisi üretilmesi: Elektrik üretirken aynı anda ısı da üretildiği için, sıcak su veya buhar tüketen işletmelerin ısı enerjisi ihtiyacı da elektrik üretimiyle birlikte karşılanmış olur.

Bu nedenlerle kojenerasyon sistemleri geleneksel konvansiyonel enerji üretim sistemlerine göre daha verimli sistemlerdir.

V. SONUÇ

Bu çalışmada, ilk bölümde belirtilen temel başlıklarla ilgili endüstriyel uygulamalar anlatılmıştır. YEGM tarafından desteklenen projelerle ilgili hem istatistiki hem de teknik bilgiler paylaşılmış ve bu projelerin uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Ayrıca sanayide enerji verimliliğini artırabilmek için önerilerde bulunulmuştur. Enerji verimliliği yüksek ekipmanlar başlığında daha çok motor ve aydınlatma ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. İzolasyon ve geri dönüşüm sistemleri başlığında da özellikle atık ısı ve atık sıcak suyun mevcut proseslerdeki ön ısıtma işlemlerinde değerlendirilmesi ve tesisattaki kayıpların önlenmesi alanında çalışmalar yapılmıştır. Endüstriyel uygulamalarda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ise henüz pek yaygınlaşmadığı görülmüştür.

Sonuçta, enerji verimliliğini artırmak hedefleniyorsa öncelikle aşağıda belirtilen altı sorunun yanıtını vermek gerekir:

- Kullanılan ekipman ihtiyaca uygun mu?
- Mevcut ayarlar ihtiyaca uygun mu?
- Doğal kaynaklar kullanılabilir mi?
- Atıkları tekrar kullanabilir miyiz?
- İsraf var mı?
- Bakımlar zamanında ve doğru yapılıyor mu?

KAYNAKÇA

[1] Karacizmeli, I.H. and Ogulata, S.N., "Energy Consumption Management in Textile Finishing Plants: A Cost Effective and Sequence Dependent Scheduling Model", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27(2):145-152, 2017.

[2] Ünal, E., "Yenilenebilir Enerji Teknolojilerinin Sanayi Sektöründe Kullanımı Konusunda Uygulanacak Bilim ve Teknoloji Politikalarının Geliştirilmesi", *Kalkınmada Anahtar Verimlilik*, 320, 2015

[3] *Energy Consumption in the Manufacturing Industry*, State Institute of Statistics Prime Ministry Republic of Turkey, Ankara, 2004, ISBN 975-19-3611-X.

[4] Ergün, S. and Özkara, Y., "Enerji ve Verimlilik", *Kalkınmada Anahtar Verimlilik*, 277, 2012.

[5] http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliligi (Accessed 24.03.2018).

[6] http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/d_VAP.aspx (Accessed 25.03.2018)

[7] Karacizmeli, I.H., "*A Scheduling Problem, Solution Approaches and Applications for Energy Saving in Flexible Job Shops*", PhD diss., Cukurova University Institute of Natural and Applied Sciences Department of Industrial Engineering, 2017.

[8] T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, "İmalat Sanayisinde Kullanılan Elektrik Motorları Envanteri Analiz Raporu", 2016, p1.

Yenilebilir Enerji Kaynakları Tabanlı Mikrokojenerasyon Sistemlerin: Genel Bir Bakış

Microcogeneration Systems Based on Renewable Energy Sources : A General Aspect

Fırat EKİNCİ[1]
Tuğçe DEMİRDELEN[2]
Burak ESENBOĞA[3]
Mehmet BİLGİLİ[4]
Hamdi HOPLAMAZ[5]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, fekinci@adanabtu.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, tdemirdelen@adanabtu.edu.tr
[3] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, besenboga@adanabtu.edu.tr
[4]Makine Bölümü, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, mbilgili@cu.edu.tr
[5]Barış Mühendislik, Adana, Türkiye

Özetçe— Yenilenebilir enerji kaynaklarının ucuz, temiz ve sürdürülebilir enerji üretiminin başlıca yollarından biri olması son zamanlarda bu kaynakları büyük bir odak noktası haline getirmiştir. Ayrıca, hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve endüstrileşme ile binalarda, tarım arazilerinde ve endüstrilerde enerji talebinin karşılanması da günümüzün başlıca sorunlarındandır. Yenilenebilir enerji kaynakları bu enerji talebini karşılamak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu enerji kaynaklarıyla bütünleşmenin ve enerji talebini karşılamanın en etkili yolu mikro-kojenerasyon sistemlerdir. Bu sistemler, enerji verimliliğini artırması, enerji maliyetini ve karbon salınımını azaltması bakımından endüstriye, konut binalarına ve tarım sektörlerine enerji tedariki için çeşitli potansiyel avantajlara sahiptir. Son yıllarda, mikro-kojenerasyon sistemler çevre dostu, yüksek performans ve düşük bakım gerektiren kaynaklarla bütünleşmek için yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte kullanılarak çalışmaya başlamıştır. Bu entegre sistemler, literatürde yenilenebilir enerji kaynakları tabanlı mikro-kojenerasyon sistemler olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemlerde, kaynak bazen güneş enerjisi ve bazen de biokütle olarak kullanılmaktadır. Bu makalede, detaylı bir literatür taraması yapılmış ve yeni yöntemler, mevcut tasarımlar, teorik ve deneysel analizler tartışılmıştır. Böylece, bu makale gelecekteki çalışmanın ne olacağı hakkında genel bir bakış açısı sunmaktadır. Son olarak, gelecekte yapılacak araştırmalara katkıda bulunmak için ileriye yönelik bir çalışma tasarlanacak ve incelenecektir.

Anahtar Kelimeler — mikro-kojenerasyon; yenilenebilir enerji; biokütle; güneş enerjisi.

Abstract— Recently, there is a great focusing on renewable energy resources because they are the main ways to produce cheap, clean and sustainable energy. Moreover, meeting energy demand in buildings, agricultures and industries are the main issues today with rapid population growth, technological development and industrialization. Renewable energy resources plays a major role in meeting this energy demand. One of the most effective way to integrate with these energy sources and meet energy demand is micro-cogeneration systems. These systems have various potential advantages for the supply of energy to industry, residential buildings and agriculture sectors in terms of improved energy efficiency and reduced energy costs and carbon emissions. In recent years, micro-cogeneration systems have also started to operate using renewable energy resources due to integrate eco-friendly, high performance and low-maintenance sources. These integrated systems are referred to in the literature as micro-cogeneration systems based on renewable energy source. In these systems, the source is sometimes used as solar energy and sometimes as biomass. In this article, a detailed literature review have been presented and novel methods, existing designs, theoretical and experimental analyses have been discussed. Thus, this article gives an overview of what future work will be. Finally, a novel future work will be designed and viewed in order to contribute to producing further research.

Keywords — micro-cogeneration; renewable energy; biomass; solar energy.

I. INTRODUCTION

Fuel reserves are continuously decreasing with global competition, rapid population growth, industrialization and technological development. Especially, limited resources are available for the energy investments in developing countries as well as the rapid growth of energy demand make energy efficiency strategies important for the countries. The production of energy, which seriously affects the economic policies of the countries, has made it more important to increase the productivity. Conventionally, the average yield for electricity generation is 35% and the losses are 65% for waste heat or otherwise in power generation system. If electricity is generated at distances far from the points of use by conventional means, about 10 to 25% of the generated electricity is given as a loss at the distribution stations and from there to the places of use. Rapid increase in industrialization forces investors to consume their energies. Thus, their own energy must be produced and also transmission and distribution losses are prevented for energy saving. Electricity and thermal energy form the basis of the energy required in industry and other service sectors. Cogeneration system is formed production of the two significant energy form. It is the combined with production of electricity and heat energy with high efficiency from a fuel source such as natural gas, biomass, and biogas. In micro-cogeneration system, maximum capacity of less than 50 kWe is defined as a small-scale cogeneration plant. Also, facilities with a total efficiency value (thermal efficiency + electrical efficiency) of 80% or more are defined as high efficiency plants.

Worldwide, energy is being consumed to generate heat and power in industries, buildings and agriculture. Because of global warming and the depletion of fossil resources, research and development studies are being carried out to make energy production systems more efficient and environmentally friendly for a more sustainable future. Renewable energy sources play the most critical role in reducing dependence on fossil fuels such as coal and oil. Renewable energy is derived from natural resources, which are continuously or repeatedly accessible. These sources can be presented as an important alternative energy because it is spontaneous in nature such as sun, wind, wave energy and is not exhausted in time. In recent years, micro-cogeneration systems have also started to operate using renewable resources. These integrated systems are referred as renewable energy source micro-cogeneration systems in literature. In order to create eco-friendly, high performance, cost effective and low-maintenance system, researchers have searched and studied on micro-cogeneration based on renewable energy. This article presents detailed work done and gives an overview to help for further research. The researcher working on this issue will provide advance notice as to what direction to proceed and what other resources may be used. Finally, the most effective and new method of micro-cogeneration based on renewable energy is proposed and discussed.

II. MICRO-COGENERATION

Cogeneration; the compound refers to heat-power generation. Sources such as natural gas, biomass and biogas are used to produce electricity and thermal energy with high efficiency thanks to cogeneration systems. Micro-cogeneration system is a small-range output cogeneration system that maximum capacity is less than 50 kWe. Figure 1 shows a basic working principle of a micro-cogeneration system. Air taken from the atmosphere is passed through a filter system. It flows into compressor section of the turbine, where it is compressed and delivered to the combustion chamber. The fuel injected into the combustion chamber interacts with the compressed air. Result of this interaction, fuel burns and high pressure gas is occurred. The high-pressure gas on the burning-out 500 - 700 ° C temperature passes through the turbine blades and rotates the turbine and generates electricity from the turbine generator. Low-pressure gas released from the gas turbine is used in many areas such as industrial or domestic heating systems after the necessary heat treatment.

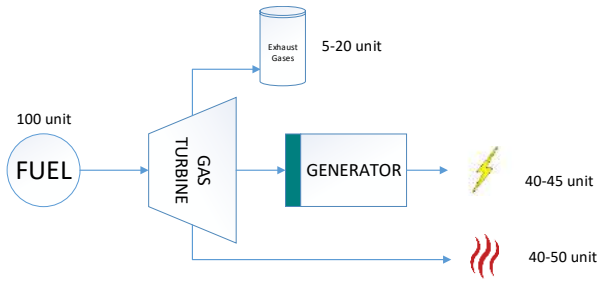


Figure1: Block diagram of a micro-cogeneration system

Such a system, electricity, hot water and steam are simultaneously produced and supplied to the user. While only 30-40% of the thermal power plants that produce electricity do not exceed 30% to 40%, micro-cogeneration produces dual efficiencies with 80-95% levels. Micro-cogeneration systems are the most efficient way to convert fuel, electricity and heat. With this system, the energy production costs are reduced by 30% and maximum savings are achieved.

III. A GENERAL ASPECT OF LITERATURE

In literature review shown in Table 1, micro-cogeneration systems are generally based on solar and biomass energy. Total system efficiency is increased by using these renewable energy sources.

Micro-cogeneration system based on renewable energy sources	**Renewable Energy Resources**		**Energy Form**	
Articles	Solar	Biomass	Heat	Electricity
1	x		x	

2		x	x	
3	x		x	x
4		x	x	
5	x		x	
6		x	x	
7	x		x	
8		x	x	
9	x	x	x	
10		x	x	
11	x		x	
12	x	x	x	
13	x	x	x	
14	x	x	x	
15		x	x	

Table 1: Micro-cogeneration system based on renewable energy sources in literature

Facão and Oliveira 2006 [1] present synthesis of solar collectors and micro-cogeneration. This solar micro-cogeneration system is composed of two steps: first step, working fluid is heated up by solar collectors and boiler in order to obtain high pressure gasses which provide to rotate the turbine. Second step, working fluid expands in the turbine and then condenses in the condenser. Therefore, waste fluid is gained back and also used for domestic or industrial heating. The main aim is to increase energy input with the help of solar collectors. Although installation cost of the system is high, the energy cost is reduced by increasing energy input and the total production efficiency is increased. Maraver D. et al. 2013 [2] aim to present environmental benefits and energy efficiency performance of micro-cogeneration system based on biomass energy. One of the major energy conversion technology of biomass fueled micro-cogeneration system is Stirling engine. Stirling engine turns the heat to electricity in more efficient way. It is used with renewable energy resources (solar and bio energy) has increased the importance of this engine. Stirling engine is used in this study so primary energy saving is achieved thanks to biomass energy and this useful engine. Prinsloo, Dobson and Mammoli 2016 [3] use a new model of solar based micro-cogeneration with Stirling system. This cost effective model provides both electrical and heat energy gain. Solar collectors and photovoltaic (PV) panels are used to produce heat and electricity energy in mean time. While solar collectors supply heat energy for Stirling engine. PV panels provides external electricity energy so total efficiency is increased at maximum level. This study aims to reduce energy poverty and provide cost effective energy performance in developing countries. (Husain, Zainal and Abdullah 2003) article [4] includes same application as the second article. Palm oil is used as biomass fuel because palm oil production is as much as half of the world in some places such as Malaysia. It is found that thermal efficiency of the system is low compared to other micro-cogeneration systems based on biomass energy due to non-homogeneity and non-uniform quality of the fuel. Tempesti, Manfrida and Fiaschi 2012 [5] use solar collectors and low temperature geothermal sources. Proposed system appropriate for small micro-cogeneration application such as buildings (with 30-40 apartments). Different fluids (R134a, R236fa, and R245fa) are used and calculated exergy efficiency of the fluids. The best performance is obtained the R245fa fluid so heat energy performance analysis is implemented. Dong, Liu and Riffat 2009 [6] carry out development of small scale biomass fueled combined heat and power systems. In this study, current application of Organic Rankine Cycle (ORC) and biomass fueled micro-cogeneration system is compared and discussed. The result shows that biomass fired micro combined heat and power system has a great market potential due to its environmental protection, cost effective and high energy efficiency. Rodriguez R. L. et al. 2017 [7] assess the performance of hybrid system composed of solar collectors, PV panel and natural gas internal combustion engine. Also, the system was tested in five different locations of Spain in various climatic conditions. As a result, the system achieves more profitable and useful in terms of improved both electrical and thermal energy. Gaun and Schmautzer 2007 [8] analyze Stirling engine by biomass fueled combined heat and power system. This work generally focuses on market potential and market interacting of the system. Modi et al 2017 [9] conduct detailed literature survey about combined heat and power systems based solar PV panel, solar collectors, solar PV-thermal hybrid model and biomass fueled. Performance and energy analysis of these systems are tested in optimal condition. The result shows that solar PV-thermal hybrid system and biomass are particularly for both small and large capacity plants. Capaldi P. et al. 2014 [10] design a new engine for biogas in order to produce heat and electrical energy at the same time. The micro-cogeneration performance of this engine is shown in Table 2.

Power [kW]	**Total heat [kW]**	**Total energy [kW]**	**Electric efficiency [%]**	**Thermal efficiency [%]**
1.95	4.57	7.60	25.6	60

Table 2: Total electrical and thermal output of the new engine

Result shows that total efficiency of the engine is 85.6%. The proposed system shows great overall performance and achieves to catch great sale potential. Immovilli et al. 2008 [11] review and compare micro-cogeneration system based on solar energy with respect to traditional fossil fuel micro-cogeneration system. Solar energy part includes solar PV-thermal (PVT) collectors. As a result of the experiment, this system achieves better energy conversion than photovoltaic panels because the temperature of surface on the PVT collector is decreased by thermal absorber. Thus, the total efficiency of the module is increased by converting extra heat into useful thermal energy. Angrisani et al. 2013 [12] emphasize a new concept that uses two renewable energy sources (direct solar and biomass) so the system certainly performs in continuous operation thanks to solar energy. Also, initial condition energy cost is reduced by these two renewable energy sources. Both [13] and [14] present importance of micro-cogeneration system based on solar and biomass energy. In view of these articles, renewable energy sources are generally used to increase heat energy capacity. Finally, Atanosae et al. 2018 [15] study on biomass fueled cogeneration system and analyze electrical performance of the system. The result shows that if biomass energy input is determined correctly and useful heat is delivered, high efficiency cogeneration is achieved.

IV. FUTURE WORK

When the researches in literature are compared to each other, it is obviously shown that micro-cogeneration systems have been used with generally solar and biomass resources. These hybrid systems provide to increase total efficiency of the system. However, the aim of studies is to increase the heat capacity and efficiency of the system. In recent works above these systems, the electrical efficiency is lack of improving for the capacity. The requirement for developing hybrid system is related to increase capacity, generate heat and electricity at the same time. For this purpose, authors suggest to design a novel hybrid system for micro-cogeneration system shown in Figure 2.

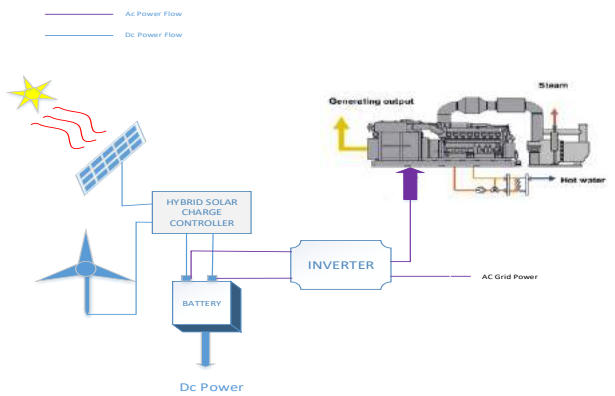


Figure 2: Proposed system

Solar PV panels and wind turbine are main ways to produce electrical energy more efficiently. Especially, Turkey has great solar and wind energy potential to produce electrical energy due to its geographical location. Thus, the future work consist of both wind and solar energy part to help micro-cogeneration system. The procedure consists of two parts: first part, electrical energy produced by solar and wind energy supplies AC power to both micro-cogeneration and also grid. In the second part, energy whose capacity is more than load can be storage with using batteries. This integrated system supplies electrical and heat energy more effectively than conventional systems. The initial cost of micro-cogeneration systems will be enhanced and electric energy efficiency will be increased maximum level.

V. CONCLUSION

This paper presents a detailed literature survey of micro-cogeneration technologies based on renewable energy sources like biomass, wind and solar energy. In order to maximize total energy saving and meet clean energy, various design and studies are analyzed and discussed. It is seen that micro-cogeneration systems are used with renewable energy resources. Although environmental impact of systems is more remarkable, initial cost is still relatively higher. Hence, the future work is proposed and presented. It will be helpful for researchers in micro-cogeneration based renewable energy technologies to generate more ideas and play an important role to meet all requirements.

REFERENCES

[1] Facão J. and Oliveira A. C., "Analysis of a micro-cogeneration system using hybrid solar/gas collectors," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 1, no. 4, pp. 285–297, 2006.

[2] Maraver D., Sin A., Sebastián F. , and J. Royo, "Environmental assessment of CCHP (combined cooling heating and power) systems based on biomass combustion in comparison to conventional generation," *Energy*, vol. 57, pp. 17–23, 2013.

[3] Prinsloo G., Dobson R., and Mammoli A., "Model based design of a novel Stirling solar micro-cogeneration system with performance and fuel transition analysis for rural African village locations," *Solar Energy*, vol. 133, pp. 315–330, 2016.

[4] Husain Z., Zainal Z. A., and Abdullah M. Z., "Analysis of biomass-residue-based cogeneration system in palm oil mills," *Biomass and Bioenergy*, vol. 24, no. 2, pp. 117–124, 2003.

[5] Tempesti D., Manfrida G., and Fiaschi D., "Thermodynamic analysis of two micro CHP systems operating with geothermal and solar energy," *Applied Energy*, vol. 97, pp. 609–617, 2012.

[6] Dong L., Liu H., and Riffat S., "Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems–A literature review," *Applied thermal engineering*, vol. 29, no. 11–12, pp. 2119–2126, 2009.

[7] Rodríguez L. R., Lissén J. M. S., Ramos J. S., Jara E. Á. R., and Domínguez S. Á., "Analysis of the economic feasibility and reduction of a building's energy consumption and emissions when integrating hybrid solar thermal/PV/micro-CHP systems," *Applied Energy*, vol. 165, pp. 828–838, 2016.

[8] Gaun A. and Schmautzer E., "Biomass-fuelled Stirling micro combined heat and power plants," 2007, pp. 429–432.

[9] Modi A., Bühler F., Andreasen J. G., and Haglind F., "A review of solar energy based heat and power generation systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 1047–1064, 2017.
[10] Capaldi P., Del Pizzo A., Rizzo R., and Spina I., "An off-grid single utility micro-cogenerator fed with Biogas," 2014.
[11] Immovilli F., Bellini A., Bianchini C., and Franceschini G., "Solar trigeneration for residential applications, a feasible alternative to traditional micro-cogeneration and trigeneration plants," 2008, pp. 1–8.
[12] Angrisani G. *et al.*, "Development of a new concept solar-biomass cogeneration system," *Energy Conversion and Management*, vol. 75, pp. 552–560, 2013.
[13] Raj N. T., Iniyan S., and Goic R., "A review of renewable energy based cogeneration technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 8, pp. 3640–3648, 2011.
[14] Martinez S., Michaux G., Salagnac P., and Bouvier J.-L., "Micro-combined heat and power systems (micro-CHP) based on renewable energy sources," *Energy Conversion and Management*, vol. 154, pp. 262–285, 2017.
[15] Atănăsoae P., Pentiuc R. D., Popescu P., and Martin V., "Factors which influence the qualification of the electricity production in high efficiency cogeneration for biomass combined heat and power plants," *Procedia Manufacturing*, vol. 22, pp. 651–658, 2018.

Güneş Panelleri için Kısmi Gölgelenme Koşulu Kontrolleri: Genel Bakış

Partial Shading Condition Controller for Solar Panels: An Overview

Fırat EKİNCİ[1]
Tuğçe DEMİRDELEN[2]
Kemal AYGÜL[3]
Mehmet BİLGİLİ[4]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, fekinci@adanabtu.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, tdemirdelen@adanabtu.edu.tr
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, kaygul@cu.edu.tr
[4]Makine Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, mbilgili@cu.edu.tr

Özetçe— Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi günün değişik zamanlarında farklı gerilim değerleri vermektedir. Güneş panelinden elde edilen farklı gerilim ve akım değerlerine karşılık, güç noktası maksimum güç noktası izleyiciler kullanılarak en yüksek seviyede tutulmaya çalışılmaktadır. Böylece sistemin en iyi verimle çalıştırılması sağlanmaktadır. PV sistemlerinin çıkış güç eğrisinde parçalı gölgelenme durumları hariç tek bir maksimum nokta oluşmaktadır. Parçalı gölgelenme meydana geldiğinde; 1 tane genel (global) ve 1 yada daha fazla yerel (local) maksimum güç noktası oluşmaktadır. Kısmi gölgeleme koşulu için, PV sisteminin güç çıkışını en üst düzeye çıkarmak amacıyla, maksimum güç noktası izleme (MPPT) yöntemleri için kontrol stratejileri üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmıştır. Yapay zeka tabanlı MPPT yöntemlerinin sağlam, güvenilir ve hızlı performansına göre, bu yaklaşımlar son zamanlarda farklı koşullarda farklı sistemlere uygulanmıştır. MPPT'ye yönelik son gelişmelerin çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda, farklı koşullar altında bu yöntemlerin performansına ve güvenilirliğine odaklanan bir gözden geçirme yapılması gerekmektedir. Bu çalışma, kısıtlılıkları ve avantajları dahil olmak üzere MPPT için literatürde etkili ve uygulanabilir olduğu kanıtlanmış yapay zeka tabanlı teknikleri gözden geçirmektedir.

Anahtar Kelimeler — kısmi gölgeli; güneş enerjisi; güneş panelleri; yenilenebilir enerji

Abstract— Electric energy obtained from solar panels gives different voltage values at different times of day. In contrast to the different voltage and current values obtained from the solar panel, the power point is being kept at the highest level by using maximum power point trackers. Thus, the system is operated with the best efficiency. There is only one maximum point in the output power curve of PV systems, except for partial shaded conditions. When fragmented shadows occur; There are 1 global (global) and 1 local maximum power point. For partial shading condition, in order to maximize power output of PV system extensive research into control strategies for maximum power point tracking (MPPT) methods has been conducted. According to the robust, reliable, and fast performance of artificial intelligence-based MPPT methods, these approaches have been applied recently to various systems under different conditions. Given the diversity of recent advances to MPPT approaches a review focusing on the performance and reliability of these methods under diverse conditions is required. This paper reviews artificial intelligence based techniques proven to be effective and feasible to implement and very common in literature for MPPT, including their limitations and advantages.

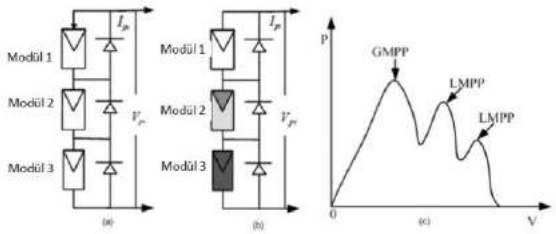
Keywords — partial shading; solar energy; solar panels; renewable energy

I. GİRİŞ

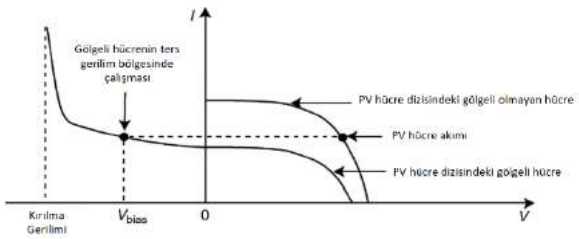
Fotovoltaik (PV) enerji üretim sistemleri temiz enerji kullanımını teşvik etmek için devletlerin başlattığı yardımlar ve uzun vadeli avantajları sayesinde dünya çapında yaygınlaşmıştır. PV sistemlerin avantajları arasında sürdürülebilirlik, bakım maliyetinin az olması, çalışmak için operatöre ihtiyaç duymaması, yapısının kompleks olmaması ve çevre dostu olması sayılabilir. Başlıca dezavantajı ise kurulumu için gereken yüksek maliyetidir. Güneş enerjisi fotovoltaik etkiyle fotonların elektrona dönüştürülmesini sağlayan PV hücreler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Bir PV hücrenin akım ve gerilim değerleri düşük seviyededir. PV hücrelerin seri ve paralel bağlantı kombinasyonları sonucu PV modüller oluşur. Hücrelerin paralel bağlanması ile çıkış akımının, seri bağlanması ile çıkış geriliminin artırılması sağlanmaktadır. Seri ve paralel bağlantı kombinasyonları kullanılarak nominal güç ve gerilim gereksinimleri karşılanacak şekilde kombinasyonlar yapılabilir.PV hücrelerin çıkış gücü karakteristiği ışınım yoğunluğu ve sıcaklık gibi çevre kaynaklı parametrelerden etkilendiği için doğrusal değildir. Işınım yoğunluğunun homojen olarak fotovoltaik modül üzerine geldiği durumlarda çıkış gücü karakteristiğinde sadece bir maksimum güç noktası gözlenmektedir. Maksimum güç noktasının konumu çevresel parametreler nedeni ile değiştiği için sistemin maksimun güç noktasını taspit etmek ve sistemin bu noktada çalışmasını sağlamak önemli bir işlemdir ve farklı yöntemler kullanılarak bu işlem gerçekleştirilmiştir.[1] Işınım yoğunluğunun homojen olarak PV modül üzerine dağıldığı durumlarda geleneksel MPPT yöntemleri [2] kullanılarak maksimum güç noktası takibi yapılabilir. PV modül yüzeyinin bir kısmının bulut, bina, ağaç gibi nedenlerden dolayı gölgelenmesi durumu kısmi gölgelenme durumu olarak isimlendirilir.[3] Kısmi gölgelenme durumunda PV sistemin çıkış gücü karakteristiğinde Şekil 1'de gösterildiği gibi global maksimum güç noktasının (GMPP) yanında yerel maksimum güç noktaları (LMPP) da meydana gelmektedir. Geleneksel MPPT yöntemleri kısmi gölgelenme durumlarında yerel maksimum güç noktalarına takıldığı için yetersiz kalmaktadır. Bu durum araştırmacıları yeni maksimum güç noktası izleme yöntemleri bulması için yönlendirmiştir. Son yıllarda yapay sinir ağları, bulanık mantık kontrolü ve doğadan esinlenen algoritmalar gibi yapay zeka ile hesaplama yöntemleri PV sistemlerde MPPT için kullanılmıştır. Bu algoritmaların sınıflandırılması Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu çalışmada son yıllarda kısmi gölgelenme durumlarında yapay zeka tabanlı MPPT yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar incelenecektir.

II. KISMİ GÖLGELENME DURUMLARINDA PV SİSTEMİN KARAKTERİSTİĞİ

Şekil 2'de birbirine seri bağlı olan hücre grubundan akan akım sabit olduğu için, gölgelenen hücrenin diğer hücreler ile aynı akımı vermek üzere zorlanarak ters gerilim bölgesinde çalıştığı görülmektedir. Gölgelenen hücrenin ters gerilim bölgesinde çalışması güç tüketmesine neden olmaktadır yani gölgelenen hücre bir güç kaynağı yerine bir yük gibi davranmaktadır. Sistemin bu durumda bir süre çalışması sonucu bütün sistemi açık devre haline getirip devre dışı bırakan sıcak yüzey etkisi meydana gelebilmektedir. Bu etkiyi önlemek amacı ile by-pass diyotları kullanılır. Bu diyotlar ters akımı önler bunun sonucunda sıcak yüzey etkisi oluşmaz ve böylece modül üzerinde geri dönüşü olmayan hasarların oluşması engellenmiş olur. Bununla birlikte by-pass diyotlarının kullanımı PV modülün çıkış güç eğrisindeki çok tepeli karakteristiğin de nedenidir.



Şekil 1. (a) Homojen ışınım yoğunluğu ve (b) kısmi gölgeli durumdaki hücreler. (c) Kısmi gölgelenme durumundaki Güç-Gerilim (P-V) eğrisi

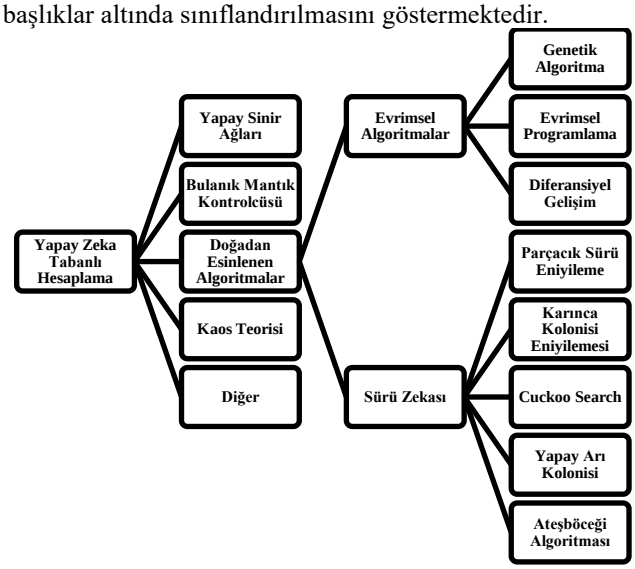


Şekil 2. Kısmi gölgelenme durumunda Akım-Gerilim (I-V) eğrisi

Kısmi gölgelenme durumunda LMPP'ler oluştuğu zaman sistemin LMPPlerde takılmayıp GMPP'de çalışması gerekir. Geleneksel MPTT yöntemleri kısmi gölgelenme durumunda sistemin LMPP'lerde takılmadan GMPP'de çalışmasını sağlama konusunda başarısız olduğu için evrimsel algoritmalar, doğadan esinlenen algoritmalar gibi yapay zeka tabanlı algoritmalar GMPP takibi için uygulanmıştır.

III. KISMİ GÖLGELENME DURUMLARINDA MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI TAKİBİ

PV paneller için kısmi gölgelenme durumunda MPPT'nin önemi anlaşıldıktan sonra bu konuda yapılan çalışmaların sayısı hızlı bir artış göstermiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde kısmi gölgelenme durumlarında MPPT için çok çeşitli yöntemler uygulandığı görülmektedir. Şekil 3 bu yöntemlerin genel başlıklar altında sınıflandırılmasını göstermektedir.



Şekil 3. Kısmi gölgelenme durumlarında MPTT için kullanılan yapay zeka tabanlı yöntemler [12]

[4] numaralı makalede yazarlar kısmi gölgelenme durumunda MPPT için Parçacık Sürü Eniyileme (PSO) yaklaşımı kullanılmış olup bu yöntemin performansı MATLAB/Simulink ortamında Artan İletkenlik (INC) algoritması ile karşılaştırılmıştır.

[5] numaralı makalede Genetik Algoritma'nın (GA) kısmi gölgelenme durumunda PV sistemde MPPT için kullanımı gösterilmiştir. Algoritmanın performansını değerlendirmek için ise benzetim çalışmaları yapılmıştır. Yazarlar belirtilen koşullarda MPPT için GA'nın kullanılmasının kolay olduğunu ve bu algoritmanın iyi bir MPPT performansı gösterdiğini belirtmişlerdir.

[6] numaralı makalede yazarlar MPPT için Yapay Arı Kolonisi (ABC) yöntemini kullanmayı önermişlerdir. Ayrıca ABC yönteminin PSO ile karşılaştırıldığında biraz daha hızlı bir takip sağladığı ancak uygulanmasının PSO'ya göre çok daha karmaşık olduğu belirtilmiştir.

[7] numaralı makalede Bulanık Mantık (FL) temelli deneysel bir yöntem önermektedir. Önerilen yöntem PV sistemin Güç-Gerilim (P-V) eğrisini tarayıp GMPP'ye yakın bir çalışma noktası bulur. Daha sonra FL GMPP'yi tespit eder. Önerilen yöntemin deneysel ve benzetim çalışmalarının sonuçları Hata ve Gözlem (P&O) algoritması ile karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin sistemde büyük güç kayıplarına yol açabilecek kadar uzun bir tarama süresi performansı gösterdiği ifade edilmiştir.

[8] numaralı makalede kontrolcünün kısmi gölgelenme durumlarında çalışmasını sağlamak için Genetik Algoritma (GA) ve optimize edilmiş Yapay Sinir Ağları (ANN) temelli bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin performansı birkaç farklı kısmi gölgelenme durumu için test edilmiştir.

[9] numaralı makalede yazarlar Karınca Kolonisi Eniyilemesi (ACO) yöntemini PV sistemin çıkışında GMPP'yi tespit etmek için uygulamışlardır. Yöntem belirlenen 4 farklı gölgelenme senaryosu üzerinde test edilmiş ve yöntemin hızlı bir şekilde GMPP'ye ulaştığı ayrıca maliyetinin düşük olduğu ulaşıldığı belirtilmiştir.

[10] numaralı makalede PSO, Cuckoo Search (CS), ABC ve Diferansiyel Gelişim (DE) algoritmalarının 50 farklı durumda performansları test edilip karşılaştırması yapılmıştır. Yazarlar CS ve DE algoritmalarının PSO ve ABC algoritmalarına kıyasla problem çözümünde daha iyi performans gösterdiklerini belirtmişlerdir.

[11] numaralı makalede Kaos Teorisi PV sistemde MPTT eniyilemesi için kullanılmıştır. PV sistemlerde gerilim optimizasyon değişkeni, güç ise uygunluk fonksiyonudur. Eniyileme için tek taşıyıcılı ve çok taşıyıcışı olmak üzere iki yöntem vardır. Tek taşıyıcılı yöntem ile maksimum güç noktasını yakalamanın çok daha uzun sürerken, çok taşıyıcılı yöntem hassasiyeti ve verimliliği artırmaktadır. Bu nedenle tek taşıyıcılı yöntemin kullanımı her zaman uygun olmamaktadır.

[13] numaralı makalede ateşböceği algoritması PV sistemler için, kısmi gölgelenme durumlarında çalışmak üzere önerilmiştir. Önerilen yöntem, P&O ve PSO algoritmaları ile birlikte iki farklı PV yapılandırmasında test edilmiştir. Test sonuçları ateşböceği algoritmasının P&O ve PSO algoritmalarına kıyasla daha iyi takip hızına sahip olduğunu ve karmaşıklık açısından daha avantajlı olduğunu göstermektedir.

[14] numaralı makalede kısmi gölgelenme durumundaki PV sistem için hibrit bir MPPT yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem P&O, IC gibi geleneksel MPPT yöntemlerini ANN ile birleştirebilmektedir. Hibrit yöntemde önce ANN tarafından MPPT için gerilim sınırları belirlenir. Daha sonra geleneksel MPPT yöntemi ile öngörülen bölgede GMPP aranır. Yazarlar yöntemin MATLAB/Simulink aracılığı ile performans analizinin yapıldığını ve bu hibrit yöntemin ANN'ye kıyasla daha hızlı bir şekilde GMPP'ye ulaştığını belirtmişlerdir.

IV. SONUÇ VE GELECEK YÖNLER

Bu çalışmada PV sistemlerde kısmi gölgelenme durumları için kullanılan modern, yapay zeka tabanlı MPPT yöntemlerine genel bir bakış sunulmaktadır. Literatürde yer alan yapay zeka tabanlı MPPT yöntemleri yapay sinir ağları, bulanık mantık

kontrolcüsü, doğadan esinlenen algoritmalar, kaos teorisi ve diğer yöntemler olmak üzere gruplara ayrılmış olup son dönemdeki çalışmalar incelenmiştir. Geleneksel bir algoritma yapay zeka tabanlı bir algoritma ile hibrit bir şekilde kullanıldığı zaman MPTT için bu iki algoritmanın tek başlarına gösterdikleri performanstan daha iyi bir performans elde edilebilmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın yazarları gelecek dönemde PV sistemlerin maksimum güç noktası izleme yöntemleri üzerine yapılacak çalışmalar için hibrit yöntemlerin ön plana çıkacağını öngörmektedir.

V. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi BAP tarafından 18103015 ve 18103016 nolu projeler ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Brito, Moacyr Aureliano Gomes De, Luigi Galotto, Leonardo Poltronieri Sampaio, Guilherme De Azevedo Melo, and Carlos Alberto Canesin. 2013. "Evaluation of the Main MPPT Techniques for Photovoltaic Applications." IEEE Transactions on Industrial Electronics 60 (3): 1156–67. doi:10.1109/TIE.2012.2198036.

[2] Subudhi, B, and R Pradhan. 2013. "A Comparative Study on Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic Power Systems." Sustainable Energy, IEEE Transactions On 4 (1): 89–98. doi:10.1109/TSTE.2012.2202294.

[3] Chen, Kai, Shulin Tian, Yuhua Cheng, and Libing Bai. 2014. "An Improved MPPT Controller for Photovoltaic System under Partial Shading Condition." IEEE Transactions on Sustainable Energy 5 (3): 978–85. doi:10.1109/TSTE.2014.2315653.

[4] Balamurugan, M, S Narendiran, Sarat Kumar Sahoo, Raja Das, and Ashwin Kumar Sahoo. 2017. "Application of Particle Swarm Optimization for Maximum Power Point Tracking in PV System" 5 (3): 1–4. doi:10.18178/ijeee.5.3.223-229.

[5] Archila Valderrama, John, María Mantilla Villalobos, Jaime Barrero Pérez, Johann Petit Suárez, and Gabriel Ordóñez Plata. 2016. "Algoritmo de Seguimiento de Máxima Potencia Para Sistemas Fotovoltaicos Bajo Condiciones de Sombras Parciales." Ingenieria y Universidad 20 (2): 239–57. doi:10.11144/Javeriana.iyu20-2.mppt.

[6] Sundareswaran, Kinattingal, Peddapati Sankar, P S R Nayak, Sishaj P Simon, and Sankaran Palani. 2015. "Enhanced Energy Output From a PV System Under Partial Shaded Conditions Through Artificial Bee Colony." Ieee Transactions on Sustainable Energy 6 (1): 198–209. doi:10.1109/TSTE.2014.2363521.

[7] Shah, Nilesh, and Chudamani Rajagopalan. 2016. "Experimental Evaluation of a Partially Shaded Photovoltaic System with a Fuzzy Logic-Based Peak Power Tracking Control Strategy." IET Renewable Power Generation 10 (1): 98–107. doi:10.1049/iet-rpg.2015.0098.

[8] Ramaprabha, R., V. Gothandaraman, K. Kanimozhi, R. Divya, and B. L. Mathur. 2011. "Maximum Power Point Tracking Using GA-Optimized Artificial Neural Network for Solar PV System." 2011 1st International Conference on Electrical Energy Systems, ICEES 2011, no. 1: 264–68. doi:10.1109/ICEES.2011.5725340.

[9] Jiang, Lian Lian, Douglas L. Maskell, and Jagdish C. Patra. 2013. "A Novel Ant Colony Optimization-Based Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems under Partially Shaded Conditions." Energy and Buildings 58. Elsevier B.V.: 227–36. doi:10.1016/j.enbuild.2012.12.001.

[10] Civicioglu, Pinar, and Erkan Besdok. 2013. A Conceptual Comparison of the Cuckoo-Search, Particle Swarm Optimization, Differential Evolution and Artificial Bee Colony Algorithms. Artificial Intelligence Review. Vol. 39. doi:10.1007/s10462-011-9276-0.

[11] Zhou, Lin, Yan Chen, Ke Guo, and Fangcheng Jia. 2011. "New Approach for MPPT Control of Photovoltaic System with Mutative-Scale Dual-Carrier Chaotic Search." IEEE Transactions on Power Electronics 26 (4): 1038–48. doi:10.1109/TPEL.2010.2078519.

[12] Li, Guiqiang, Yi Jin, M. W. Akram, Xiao Chen, and Jie Ji. 2018. "Application of Bio-Inspired Algorithms in Maximum Power Point Tracking for PV Systems under Partial Shading Conditions – A Review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 81 (July 2017). Elsevier Ltd: 840–73. doi:10.1016/j.rser.2017.08.034.

[13] Sundareswaran, Kinattingal, Sankar Peddapati, and Sankaran Palani. 2014. "MPPT of PV Systems under Partial Shaded Conditions through a Colony of Flashing Fireflies." IEEE Transactions on Energy Conversion 29 (2): 463–72. doi:10.1109/TEC.2014.2298237.

[14] El-helw, Hadi M, Ahmed Magdy and Mostafa I Marei. 2017. "A Hybrid Maximum Power Point Tracking Technique for Partially Shaded Photovoltaic Arrays" 5.

Biyogaz Üretiminde Mikrobiyal Konsorsiyuma Moleküler Bir Bakış

GAPYENEV 2018

A Molecular Overview of the Microbial Consortium in Biogas Production

Beril GÜNDOĞAN YAĞBASAN[1,a]
Günnur KOÇAR[1,b]

[1] Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Merkezi (BESTMER), Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,
[a]gundoganberil@gmail.com
[b]gunnur.kocar@ege.edu.tr

Özetçe— Son yıllarda kontrolsüz kentleşme ve sanayileşmeye paralel olarak enerji tüketimi hızlı bir şekilde artmaktadır. Artan enerji talebini karşılayabilmek adına fosil kaynaklı yakıtların hızla tüketiliyor olması, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelimi hızlandırmaktadır. Fosil kökenli yakıtların yoğun bir şekilde tüketimi, sera gazı oluşumuna kaynak teşkil ederek, küresel iklim değişikliklerine ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Fosil yakıtların kullanımından kaynaklı çevreye ve sürdürülebilirliğe verilen tahribatın önlenebilmesi adına son yıllarda dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları konusundaki çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışma alanlarından biri olan biyokütle enerjisi ve biyogaz üretim teknolojileri ön plana çıkan konulardandır. Anaerobik fermentasyonun biyogaz üretiminde sürdürülebilir atık yönetimi ile birlikte verimli bir alternatif teknoloji olduğu bilinmektedir. Biyogaz, doğrudan ve dolaylı kullanım yöntemleriyle pişirme, ısı ve elektrik üretme gibi alanlarda kullanılan temiz bir enerji kaynağıdır. Aynı zamanda anaerobik fermentasyon sonrası bitkilerin kullanışına elverişli formda yüksek azot içeriğine sahip fermente gübre oluşmaktadır. Tüm bu özelliklerinden ötürü biyogaz, dünyanın farklı bölgelerinde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde giderek daha fazla dikkat çeken yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olmuştur.

Biyogaz üretimi biyolojik ve biyokimyasal süreçlerin birleşiminden meydana geldiğinden mikrobiyal etkinlik en önemli parametrelerden biridir. Anaerobik fermentasyonun mikrobiyolojik süreçleri hidroliz, asidojenez, asetojenez ve metanojenez aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamaların her biri fermente edici bakteriler, anaerobik oksitleyici bakteriler ve metanojenik arke olmak üzere üç farklı mikroorganizma grubu tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu farklı mikrobiyal gruplar arasındaki etkileşimler son derece karmaşıktır ve henüz yeterince bilinmemektedir. Moleküler teknikler kullanılarak yapılan çalışmalar anaerobik biyoreaktörlerdeki mikrobiyal konsorsiyumun kompleks çalışma yapısını göstermekle birlikte mikroorganizmaların etkileşimleri ve işlevlerini de ortaya koymaktadır. Teknikler ‘’moleküler saat’’ veya ‘’evrimsel kronometre’’ olarak düşünülen 16s rRNA veya karşılık gelen genlere dayanmaktadır.

Son yıllardaki çalışmaların ilerlemesinin ardından, nükleik asit bazlı moleküler yöntemler, mikroorganizmaları izole etmek zorunda kalmadan rRNA genlerinin DNA dizileri ile mikroorganizmaları tanımlayabilmektedir. 16s rRNA genlerinin polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile doğrudan çoğaltılması ve dizilimi, 1990lardan beri mikrobiyal konsorsiyumların karakterizasyonu için uygulanmaktadır. 16s rRNA dizilemesi, moleküler tekniklerin kullanıldığı pek çok yeni araştırmanın gelişmesine öncülük etmiştir. Bu teknikler arasında, denatürleyici grandyan jel elektroforezi (DGGE), DNA problarıyla floresan in situ hibridizasyon (FISH) ve uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RLFP) ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında, biyogaz üretiminde mikrobiyal konsorsiyumun izlenerek sürecin verimliliği ve stabilitesinin artırılmasında etkili olan parametreler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — moleküler teknikler; 16s rRNA; anaerobik fermentasyon; biyogaz.

***Abstract*—** In recent years, energy consumption has rapidly increased in parallel with uncontrolled urbanization and industrialization. Rapid consumption of fossil fuels in order to meet rising energy demand caused the acceleration of the using renewable energy sources. Intensive consumption of fossil fuels is a source of greenhouse gas emissions, causing global climate change and environmental pollution. In recent years, the studies on renewable energy resources have gained a place in order to prevent damage to environment and sustainability caused by the use of fossil fuels. Biomass energy and biogas production technologies, which are some of these fields of studies, are the forefront issues. Anaerobic fermentation is known to be an efficient alternative technology with sustainable waste management in biogas production. Biogas is a clean energy source that is used in areas such as cooking, heat and electricity generation by direct and indirect usage methods. At the same time, fermented fertilizer with high nitrogen content is formed in a form suitable for the agricultural activities after anaerobic fermentation. Because of these features, biogas has become one of the most important renewable sources of energy in different parts of the world that draws more and more attention in both developed and developing countries.

Microbial activity is one of the most important parameters since biogas production is a combination of biological and biochemical processes. Microbiological processes of anaerobic fermentation consist hydrolysis, asidogenesis, acetogenesis, and methanogenesis. Each of these stages is carried out by three different groups of microorganisms; fermentative bacteria, anaerobic oxidant bacteria, and methanogenic archaea, respectively. The interactions between these different microbial groups are extremely complex and still not yet revealed. Studies using molecular techniques demonstrate the complex work structure of the microbial consortium in anaerobic bioreactors, as well as the interactions and functions of microorganisms. Techniques are based on 16s rRNA, or corresponding genes, thought to be "molecular clock" or "evolutionary chronometer".

Following the progress of recent studies, nucleic acid-based molecular methods can identify DNA sequences and microorganisms of rRNA genes without having to isolate microorganisms. The direct amplification and sequencing of 16s rRNA genes by the polymerase chain reaction (PCR) has been applied since the 1990s for the characterization of microbial consortia. The 16s rRNA sequence has led to the development of many new investigations using molecular techniques. Among these techniques, the denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE), fluorescent in situ hybridization (FISH) with DNA probes, and terminal fragment length polymorphism (T-RLFP) are become prominent. In this study, microbial consortium in biogas production was investigated and parameters that are effective in increasing the productivity and stability of the process were investigated.

Keywords — molecular techniques; 16s rRNA; anaerobic fermentation; biogas.

I. GİRİŞ

Son yıllarda artan küresel enerji talebiyle birlikte üretilen enerjinin yaklaşık %88'inin fosil yakıtlardan karşılanması alternatif enerji kaynakları konusundaki çalışmalara hız kazandırmıştır. Bu çalışma alanlarından biri olan biyogaz özellikle doğalgaza alternatif olmasından dolayı son yıllarda oldukça yoğun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı çalışmalar biyogazın diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre önemli avantajlara sahip, verimli ve çevre dostu bir teknoloji olduğunu göstermektedir. Biyogaz aynı zamanda enerji geri kazanımı ve atık arıtımı için alternatif bir seçenek sunmaktadır. Anaerobik fermentasyon sürecinde serbest oksijen yokluğunda organik maddelerin ayrışması sonucu metan (CH_4) üretimi gerçekleşmekte ve bu süreç farklı organik atıkların arıtılmasında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Anaerobik fermentasyon süreci doğal ortamlarda gerçekleştiği gibi aynı zamanda küçük veya büyük ölçekli kontrollü üretim için de uygulanabilmektedir. Özellikle gelişmiş ülkelerde tam otomasyonlu merkezi sistemler çoğunluktayken, gelişmekte ve kırsal kesim yoğun ülkelerde ise Hint-Çin tipi olarak isimlendirilen küçük sistemler yaygındır. Tüm bunlarla birlikte, anaerobik fermentasyon sonrasında besin maddeleri korunmakta ve bu sayede bitkilerin kullanımına elverişli yüksek azot içeriğine sahip fermente gübre oluşmaktadır.

Anaerobik fermentasyon, biyokütleyi farklı mikrobiyal yollar ve biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla biyogaza çeviren karmaşık bir biyolojik süreçtir. Anaerobik fermentasyon süreci hidroliz, asidojenez, asetojenez ve metanojenez olmak üzere 4 ardışık aşamaya ayrılmaktadır. Bu aşamaların her biri fermente edici bakteriler, okside edici bakteriler ve metanojenler olmak üzere üç farklı mikroorganizma grubu tarafından gerçekleştirilmektedir. İlk iki aşamada polimerler (karbonhidratlar, proteinler ve yağlar vs.) daha sonraki basamakta fermentasyon reaksiyonları yoluyla kısa zincirli yağ asitleri, alkoller, hidrojen ve karbondioksite dönüştürülecek olan monomerlere (uzun zincirli yağ asitleri, gliserol, amino asitler, şekerler vs.) dönüştürülmektedir. Bir sonraki aşamada, alkol ve asitlerin anaerobik oksidasyonuyla fermentasyonun son aşamasında metanojenler tarafından kullanılacak olan asetat, karbondioksit ve hidrojen asetojenler tarafından oluşturulmaktadır. Anaerobik

fermentasyon sürecinin son basamağında ise, metanojenler tarafından metan üretimi gerçekleştirilmektedir.

Biyogaz üretim süreci bir dizi ardışık metabolik reaksiyon içermektedir. Bu süreç farklı büyüme gereksinimleri ve metabolik kapasiteleri olan mikroorganizmaların kombine aktivitelerini gerektirmektedir. Son yıllarda moleküler biyolojik tekniklerin kullanıldığı çalışmalar, anaerobik biyoreaktörlerdeki mikrobiyal konsorsiyuma dahil olan mikroorganizmaların tanımlanmasının yanı sıra mikroorganizmaların birbirleriyle olan etkileşimleri ve işlevlerini de ortaya koymaktadır. Moleküler biyolojik teknikler, mikroorganizmaların kültür yöntemlerinden bağımsız olarak 16s rRNA gen dizilimlerine dayanmaktadır. 16s rRNA, primer/prob tasarımı için hem yüksek oranda korunan bölgeler hem de mikroorganizmalarının filogenetik özelliklerini tanımlamak için değişken bölgeler içerdiğinden yaygın olarak kullanılmaktadır. 16s rRNA genleri polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile doğrudan çoğaltılabilmekte, denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE), uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) ve floresan in situ hibridizasyon (FISH) teknikleri kullanılarak mikrobiyal topluluk yapısı ve dinamikleri ortaya konabilmektedir. Bu çalışma kapsamında, biyogaz üretimindeki mikrobiyal konsorsiyumun izlenerek anaerobik biyoreaktörlerin verimliliği ve süreç stabilitesinde etkili olan parametrelerin incelenmesi amaçlanmıştır.

II. MOLEKÜLER TEKNİKLER

A. *16s ribozomal RNA (rRNA)*

16s rRNA geni, yüksek ölçüde korunmuş ve değişken bölgeler içerdiğinden moleküler sistematik ve taksonomi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Woese ve arkadaşları (1977), 16s rRNA gen dizilimi analizlerine dayanarak mikroorganizmaları iki ayrı domaine (Archaea ve Bacteria) ayırmıştır. Anaerobik fermentasyon sürecinde faaliyet gösteren mikroorganizmaların bu iki domaine ait olduğu bilinmektedir. Biyogaz üretiminden sorumlu mikrobiyal topluluklar, 16s rRNA dizi analizlerinin yapılması ve 16s rRNA klon kütüphanelerinin oluşturulmasıyla belirlenmiştir. Mikrobiyal türlerin taksonomik olarak belirlenmesi, veri tabanlarında bulunan referans 16s rRNA sekanslarına karşılık gelen sekans benzerliği araştırmalarına dayanmaktadır.

16s rRNA gen dizilimi analizleri, son yıllarda anaerobik fermentasyon sürecindeki mikrobiyal topluluk yapısını karakterize etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Ziganshin ve arkadaşları (2013), tarımsal artık materyallerin anaerobik fermentasyonundaki bakteriyal komüniteyi karakterize etmiştir. Luo ve arkadaşları (2015), 16s rRNA gen dizilimlerini kullanarak farklı sıcaklık koşulları altında mikrobiyal topluluk yapısındaki değişimleri incelemiştir. Francisci ve arkadaşları (2015), biyogaz reaktörlerinde substrat değişimlerinde ortaya çıkan mikrobiyal ekolojideki değişimleri ortaya koymayı amaçlamıştır. Fitamo ve arkadaşlarının (2017) yaptığı çalışmada, farklı hammadde bileşimlerinin ve hidrolik bekletme sürelerinin (HRT) etkisi göz önüne alınarak, mikroorganizmaların varlığı ve anaerobik sindirim süreci parametreleri arasındaki korelasyonlar araştırılmıştır.

B. *Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), Denatürleyici Gradyan Jel Elektroforezi (DGGE) ve Uçtan Kesilmiş Parça Uzunluğu Polimorfizmi (T-RFLP)*

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), 16s rRNA gen dizilimine dayalı olarak bakteriyel çeşitlilik, topluluk yapısı ve taksonomi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan temel bir araçtır. Bu yöntemle, kültüre edilemeyen mikroorganizmalar tanımlanarak son yıllarda bakteriyel ekoloji ve taksonomi konusunda büyük bir ilerleme kaydedilmiştir. PCR sayesinde biyoreaktörlerdeki mikroorganizmalara ait hedeflenen DNA bölgesi kısa sürede ve kolayca çoğaltılabilmektedir. Biyoreaktörlerde bulunan farklı popülasyonlara ait DNA örnekleri, denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE) ve uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) gibi moleküler tekniklerle analiz edilebilmektedir.

PCR temelli denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE) ve uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) tekniklerivle, biyogaz üretiminin gerçekleştiği anaerobik fermentasyon sürecindeki mikroorganizma çeşitliliği belirlenebilmekte ve biyogaz üretiminde farklı operasyonel parametrelerin mikroorganizma toplulukları üzerindeki etkisi incelenebilmektedir. Denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE), aynı boyutta fakat farklı nükleik asit dizilerinin jel üzerindeki hareketi temeline dayanmaktadır. Denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE) analizleriyle, anaerobik biyoreaktörlerdeki zamanla ve farklı çevresel koşulların etkisiyle oluşan popülasyon değişimlerinin izlenmesi mümkün olmaktadır. Yu ve arkadaşları (2014), mezofilik ve termofilik koşullar altında artan organik yükleme oranıyla birlikte biyoreaktörlerdeki biyogaz üretimi ve metanojenlerin varlığını araştırmayı amaçlamıştır. Wang ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında, enzimlerin mikrobiyal topluluk yapısı üzerindeki etkileri PCR-DGGE yöntemi ile araştırılmıştır. Uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) analizi, restriksiyon enzimleri kullanılarak DNA'nın farklı büyüklükteki parçalara ayrılması yöntemine dayanmaktadır. Bu analizde, floresan işaretli primerler kullanılmakta ve jel elektroforeziyle floresan işaretlenmiş uçtan kesilmiş parçaların uzunluğu belirlenebilmektedir. T-RFLP analiziyle anaerobik biyoreaktörlerdeki mikrobiyal gruplar karakterize edilebilmektedir. Liu ve arkadaşları (2017) çalışmalarında, inokulum kaynağı ve mikrobiyal topluluk yapısının biyogaz üretim süreci üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Lim ve arkadaşları (2018), uçtan

kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) yönteminin yanı sıra iki farklı metotla biyogaz üretim sürecindeki mikrobiyal toplulukları karşılaştırma ve karakterize etmeyi amaçlamıştır.

C. Floresan In Sıtu Hibridizasyon (FISH)

Floresan in situ hibridizasyon yöntemi (FISH), denatürleyici gradyan jel elektroforezi (DGGE) ve uçtan kesilmiş parça uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) tekniklerinden farklı olarak PCR temelli bir yöntem değildir. Mikroorganizmaların hücreleri içerisinde, spesifik dizilimlere sahip nükleik asitlerin, floresan işaretli problarla spesifik olarak hibritleşmesi ve özel bir ışık mikroskobu kullanılarak hibritleşmenin görüntülenmesi temeline dayanmaktadır. Bu yöntem sayesinde, mikroorganizmaları kendi ortamlarında tespit etmekle birlikte morfolojileri, fizyolojik aktiviteleri ve birbirleriyle olan etkileşimlerini belirleyebilmek mümkün olmaktadır. Li ve arkadaşlarının (2018) yapmış oldukları çalışmada hayvansal ve bitkisel kökenli artıkların birlikte fermentasyon sürecinde mikrobiyal topluluk analizleri FISH yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

III. SONUÇ

Günümüzde kültüre dayalı yöntemler anaerobik biyoreaktörlerdeki biyogaz oluşumuna etki eden mikrobiyal konsorsiyumu belirlemede sınırlı bilgi sağlamaktadır. Anaerobik biyoreaktörlerdeki temel mekanizmalar bilinmesine rağmen, biyogaz üretim sürecindeki mikroorganizmaların aktiviteleri ve birbiriyle olan ilişkileri henüz yeterince bilinmemektedir. Moleküler teknikler, biyogaz üretim sürecinden sorumlu mikroorganizmaların tanımlanmasının yanı sıra birbirileriyle olan dinamik ve etkileşimlerini de ortaya koymaktadır. İlerleyen 16s rRNA gen dizilimine dayalı moleküler teknik ve biyoinformatik araçlar sayesinde gerek anaerobik biyoreaktörlerin performans ve verimliliği gerekse süreç stabilitesinin geliştirilebileceği ön görülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Achinas, S., Achinas, V., and Euverink, G. J. W. "A technological overview of biogas production from biowaste", *Engineering-London*, 3:299-307, 2017.

[2] Alburquerque, J.A., de la Fuente, C., and Bernal, M.P., "Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils", *Agric. Ecosyst. Environ.*, 160:15–22, 2012.

[3] Angelidaki, I., Ellegaard, L., and Ahring, B., "A comprehensive model of anaerobic bioconversion of complex substrates to biogas", *Biotechnol. Bioeng.*, 63:363-372, 1999.

[4] Angelidaki, I., Karakashev, D., Batstone, D. J., Plugge, C. M., and Stams, A. J. M., *Biomethanation and Its Potential*, Methods Enzymol., Vol:494, Elsevier, California, 2011.

[5] Appels, L., Baeyens, J., Degreve, J., and Dewil, R., "Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge", *Prog. Energy Combust. Sci.*, 34:755-781, 2008.

[6] Börjesson, P., and Tufvesson, L.M., "Agricultural crop-based biofuels – resource efficiency and environmental performance including direct land use changes", *J. Cleaner. Prod.*, 19:108– 120, 2011.

[7] Favaro, L., Alibardi, L., Lavagnolo, M.C., Casella, S., and Basaglia, M., "Effects of inoculum and indigenous microflora on hydrogen production from the organic fraction of municipal solid waste", *Int. J. Hydrogen Energy*, 38:11774-11779, 2013.

[8] Francisci, D. D., Kougias, P. G., Treu, L., Campanaro, S., and Angelidaki, I. "Microbial diversity and dynamicity of biogas reactors due to radical changes of feedstock composition", *Bioresource Technol.*, 176:54-56, 2015.

[9] Hofman-Bang, J., Zheng, D., Westermann, P., Ahring, B. K., and Raskin, L. *Molecular Ecology of Anaerobic Reactor System*, Advanced in Biochemical Engineering/Biotechnology, Vol:81, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2003.

[10] Kallistova, Yu. A., Goel, G., and Nozhevnikova, A. N., "Microbial diversity of methanogenic communities in the systems for anaerobic treatment of organic waste", *Microbiology+*, 83(5):462-483, *2014.*

[11] Kröber, M., Bekel, T., Diaz, N.N., Goesmann, A., Jaenicke, S., Krause, L., Miller, D., Runte, K.J., Viehöver, P., and Pühler, A., "Phylogenetic characterization of a biogas plant microbial community integrating clone library 16S-rDNA sequences and metagenome data obtained by 454-pyrosequencing", *J. Biotechnol.*, 142:38-49, 2009.

[12] Li, K., Liu, Ronghou, Cui, S., Yu, Q., and Ma, R., "Anaerobic co-digestion of animal manures with corn stover or apple pulp for enhanced biogas production", *Renew. Energ.*, 118:335-342, 2018.

[13] Lim J. W., Ge, T., and Tong, Y. W. "Monitoring of microbial communities in anaerobic digestion sludge for biogas optimisation", *Waste Manage.*, 71:334-341, 2018.

[14] Lozanovski, A., Linder, J.P., and Bos, U., "Environmental evaluation and comparison of selected industrial scale biomethane production facilities across Europe", *Int. J. Life Cycle Assess.*, 19:1823–1832, 2014.

[15] Luo, G., De Francisci, D., Kougias, P.G., Laura, T., Zhu, X., and Angelidaki, I., "New steady-state microbial community compositions and process performances in biogas reactors induced by temperature disturbances", *Biotechnol. Biofuels.*, 8:3, 2015.

[16] Nkoa, R., "Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review", *Agron. Sustain. Dev*., 34:473–492, 2014.

[17] Rajendran, K., Aslanzadeh, S., and Taherzadeh, M.J., "Household biogas digesters – a review", *Energies* 5:2911–2942, 2012.

[18] Schnürer, A., Zellner, G., and Svensson, B.H., "Mesophilic syntrophic acetate oxidation during methane formation in biogas reactors", *FEMS Microbiol. Ecol.*, 29:249-261, 1999.

[19] Schnürer, A., *Biogas Production: Microbiology and Technology*, Anaerobes in Biotechnology, Springer International Publishing Switzerland, 2016.

[20] Surendra, K. C., Takara, D., Hashimoto, A. G., and Khanal, S. K. "Biogas as a sustainable energy source for developing countries: opportunities and challenges", *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 31:846-859, 2014.

[21] Talbot, G., Topp, E., Palin, M.F., and Masse, D. I. "Evaluation of molecular methods used for establishing the interactions and functions of microorganisms in anaerobic bioreactors", *Water Res.*, 42:513-537, 2008.

[22] Treu, L., Kougias, P.G., Campanaro, S., Bassani, I., and Angelidaki, I. "Deeper insight into the structure of the anaerobic digestion microbial community; the biogas microbiome database is expanded with 157 new genomes", *Bioresource Technol.*, 160: 260-266, 2016.

[23] Tsapekos, P., Kougias, P. G., Treu, L., Campanaro, S., and Angelidaki, I. "Process performance and comparative metagenomic

analysis during co-digestion of manure and lignocellulosic biomass for biogas production", *Appl Energ*., 185:126-135, 2017.

[24] Venkiteshwaran, K., Bocher, B., Maki J., and Zitomer, D. "Relating anaerobic digestion microbial community and process function", *Microbiology Insights*, 8(S2):37-44, 2015.

[25] Zhu, X., Angelidaki, I., Kougias, P., and Treu, L., "Deciphering the microbial ecology in biogas reactors for optimizing the anaerobic digestion process", Kgs. Lyngby: Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark (DTU), 2018.

ÜÇÜNCÜ VE DÖRDÜNCÜ NESİL BİYOYAKITLARIN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THIRD AND FOURTH GENERATION BIOFUELS

Serdar GÖÇER[1], Zeynep ZAİMOĞLU[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, serdargocer@hotmail.com
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, zeynepzaimoglu6@gmail.com

Özetçe— Küresel ısınmanın hızla arttığı günümüz dünyasında, buna paralel olarak artan enerji ihtiyacını karşılamak için dünyada çeşitli projeler yürütülmektedir, bilim adamlarının uzun uğraşlarından sonra adeta yeni dünya düzenini oluşturabilecek tamamıyla doğal yöntemlerle elde edilecek yenilenebilir enerji biyoyakıtları keşfetmişlerdir. Biyoyakıtlar yenilenebilir enerji kaynağı, çevre dostu, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimi, kaynak çeşitliliği ve arz güvenliği için önemli, ısı, güç ve alternatif yakıt olarak kullanıma uygun niteliklerden oluşmaktadır. Biyoyakıtlar dört farklı nesillere ayrılmaktadır ve bunlar birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü nesil olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Üçüncü ve dördüncü nesil biyoyakıtların, ülkemiz için önemli biyoyakıtlar olduğu (biyodizel, biyoetanol, biyogaz) potansiyel ve gelecekleri açılarından değerlendirilmektedir. Bu yüzden biyoyaktların kullanılması ekonomik ve çevre açısından büyük ilerlemeler kaydedecektir. Artan yakıt fiyatları ve emisyonların azaltılma zorunluluğu gibi nedenlerden dolayı biyoyakıtlar son zamanlarda büyük ilgi görmüştür. Biyoyakıtların geniş kaynakları arasında mikroalgler ve alglerin yüksek biyokütlede yağ üretimi ve çevre dostu olmaları dolayısı ile umut vadeden alternatif kaynaklar arasında en önde gelen biyoyakıt kaynaklarıdır. Biyoyakıt üretiminin üçüncü ve dördüncü nesli "alg-biyoyakıt" teknolojisini içerir: Birincisi, biyoyakıt üretimi için temel olarak alg biyokütlesinin işlenmesi iken, ikincisi, oksijenli fotosentetik mikroorganizmalardan biyoyakıt üretmek için alglerin metabolik mühendisliği ile ilgilidir. Dünya çapında artan sıvı ve gaz yakıt talepleri ve sera gazı emisyonları konusundaki aşırı çevresel endişeler, bilim insanlarını ve teknoloji uzmanlarını farklı alternatif enerji kaynaklarını dikkate almaya yöneltmiştir. Geçtiğimiz yıllarda, yeni alternatif enerji kaynakları olarak kullanılma potansiyeli olan bir çok biyokütle kaynağı tespit edilmiştir. Bu makalede, üçüncü ve dördüncü nesil biyoyakıt türleri anlatılmakta ve dünyadaki araştırmacıların bu hayati alanda daha ileri araştırmalar yapmalarına yardımcı olmak için biyoyakıt yapımında farklı teknolojiler araştırılıp geleceğe yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu türlerden biyogaz ve biyodizel üretiminin önemi ileri sürülmüştür. Üçüncü ve dördüncü nesil biyoyakıt nesillerinin, avantajları, dezavantajları, önemi ve faydası ile sistematik evrimine genel bir bakış sunulmuştur. Son olarak, yapılan bu çalışmada daha iyi bir gelecek nesil biyoyakıt kaynağı sağlamak için bir bakış açısı sağlar.

Anahtar Kelimeler — biyoyakıtlar; algler; biyodizel; alternatif enerji; biyogaz;

Abstract— In today's world where global warming is accelerating, various projects are being carried out in the world to meet the growing need for energy, and after scientists' long pursuits they have discovered renewable energy biofuels that can be achieved with completely natural methods that can create new world order. Biofuels consist of qualities that are important for renewable energy source, environmentally friendly, socio-economic development of the countries, resource diversity and supply security, suitable for use as heat, power and alternative fuel. Raw materials such as rapeseed, wheat, straw, sorghum, rice, potato, rye, barley, corn, sugar beet, sugar cane, sweet sorghum and tobacco are used as raw materials in the production of biodiesel and bioethanol. In biogas production, animal, agricultural, food industry, vegetable, fruit, oil industry and slaughterhouse residues and wastewater treatment sludges are used. These raw materials consist of straw, steep, gin wastes and crustaceous wastes. Plants and plant residues to be used in the production of biofuels have been found to be an alternative source of energy and environmentally friendly renewable energy without harming human nutrition and environmental health. Biofuels are divided into four different generations, which are classified as first, second,

third and fourth generations. The third and fourth generation biofuels are assessed from the potential and future of biofuels that are important for our country (biodiesel, bioethanol, biogas). Therefore, the use of biofuels will make great progress in economic and environmental terms. Due to reasons such as increased fuel prices and the need to reduce emissions, biofuels have received great interest in recent times. Microalgae and algae among the broad sources of biofuels are the most important sources of biofuels among alternative sources of hope and promise because of high biomass oil production and environmental friendliness. The third involves the processing of algal biomass as the basis for biofuel production, while the second concerns the metabolic engineering of algae to produce biofuels from oxygenated photosynthetic microorganisms. Worldwide increased liquid and gas fuel demands and extreme environmental concerns about greenhouse gas emissions have led scientists and technology experts to consider different alternative energy sources. In the past few years, many biomass sources have been identified that have potential to be used as new alternative energy sources. Although there are 50 licensed biodiesel plants and 1.5 million tons of installed capacity in our country during the past years, there are only a few plants that produce today due to the lack of planning in the production of raw materials. In our country, the abundance and living conditions of the raw materials are abundant. However, the presence of these plants will not be enough for many years in our country, which will require energy. This article describes the third and fourth generation biofuels, and studies are underway to explore and explore different technologies in biofuel construction to help researchers around the world to conduct further research on this vital field. The importance of producing biogas and biodiesel from these species has been put forward. An overview of the advantages, disadvantages, prospects, benefits and systematic evolution of third- and fourth-generation biofuels generations is presented. Finally, this study provides a perspective to provide a better future-generation biofuel source.

Keywords—component; biofuels; algae; biodiesel; alternative energy; biogas;

I. GİRİŞ

2050 yılına kadar 9 milyarı aşması öngörülen küresel nüfusun kaçak büyümesi, zaten kısıtlı olan ekilebilir araziden üretkenliğini sınırlayan ortalama kalori alımını artıracaktır. Gelişmekte olan ülkelerdeki enerji talebinin% 84 oranında artması bekleniyor ve bu ek yakıtın yaklaşık üçte biri alternatif yenilenebilir kaynaklardan gelmektedir. Konvansiyonel enerji kaynaklarının gittikçe azalmaya başladığı günümüzde enerji, en pahalı üretim girdilerinden biri olması ile birlikte çevreyi kirletici özelliğiyle de her geçen gün önemini hissettirmektedir [1]. Birçoğu günümüzde dünyanın en önemli enerji kaynakları olan fosil yakıtların nihayetinde sürdürülemez olduğunu ve hava kirliliği, toprak kirliliği, su kirliliği ve iklim değişiklikleri ile doğrudan ilişkisi olduğunu kabul etmektedir. Bu doğrultuda küresel iklim değişikliği problemini çözen hükümetler, sanayi kuruluşları, sivil toplum kuruluşları ve tarım birlikleri çevre duyarlılığıyla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına her zaman ayrıcalık tanınmıştır. Biyoyakıtlar mevcut teknolojilere göre çok az değişiklikle ulaşım yakıtları olarak kullanılabilmeleri ve sürdürülebilirliği artırmak ve sera gazı emisyonları salınımını azaltmak için önemli potansiyele sahip olduklarından mevcut petrol esaslı yakıtlara cazip bir alternatif olduğu görülmektedir. Mısır, sorgum, kanola, soya ve ayçiçeği gibi enerji bitkilerinden biyogaz, biyodizel ve etanol üreterek geleneksel fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı oluşturması ve yakıt oluşturacağı düşünülen biyokütle enerji kaynaklarının son zamanlarda gıda sektöründe ve içme suyu kaynakları üzerinde bazı yan ve olumsuz etkileri görülmeye başlanmış ve alternatif enerji kaynağı oluşturabilecek yeni nesil biyoyakıtlar üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır [2].

Bu makalede, üçüncü ve dördüncü nesil biyoyakıtlar hakkında bilgi ve veriler paylaşılmakla birlikte alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılarak ciddi bir destek sağlamaktadır. En önemli üçüncü nesil biyoyakıtlar mikroalglerdir. Bu alternatif ve sürdürülebilirliği sağlamak için mikroalglerin bu bağlamda üçüncü nesil biyoyakıtların başında gelmektedir. Çalışmada belirtildiği gibi üçüncü nesil biyoyakıtlar olarak mikroalglerden alternatif ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması amaçlanmıştır. 4. nesil biyoyakıt üretim yöntemlerinin ortak özelliği, bitmiş ürünlerin hücrelere salgılanmasıdır ki bu da mevcut biyoyakıt üretiminde uygulanan biyokütle besleme stokunun maliyetli fermantasyonunu ve işlenmesini engelleyecektir. 4. nesil biyoyakıt üretimindeki en kritik yararın, enerji sağlayan güneş ile bu enerjinin çevreye zarar vermeden önce CO_2'nin yakalanabilmesi ve CO_2'nin yakalanması arasındaki süreç adımlarının sayısının en aza indirilmesi olduğu belirtilmelidir. Bu çalışmanın amacı fosil yakıtın sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygun bir şekilde yenilenmesi için hammadde geliştirme ve teknolojik ilerlemeyle ilgili olarak biyoyakıt araştırmalarının evrimsel yolunu sağlamaktır.

II. Biyoyakıtlar nelerdir**?**

A. Biyoyakıtların sınıflandırılması

Biyoyakıtlar organik maddelerden elde edilmekte ve genel olarak; birincil biyoyakıtlar (odun, odun talaşı, pelet, hayvan atığı, orman ve mahsul artıkları, çöp gazı vb.) ve ikincil biyoyakıtlar (biyoetanol, bütanol, biyodizel vb.) olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır [3]. Birinci nesil biyoyakıt üretim sistemleri, büyük toprak alanlarına sahip

olmanın yanı sıra, önemli ekonomik ve çevresel sınırlamalara ve dünya nüfusuna gıda üretimi için ihtiyaç duyulan tarım arazileri üzerindeki ciddi baskıları artırmıştır. İkinci nesil biyoyakıt elde edilmesinin en büyük dezavantajı, ekim için geniş alana olan talebin ve gıda üretimiyle rekabet etmeyen bitkilerin odunsu kısmının istenmesidir [5]. Üçüncü nesil biyoyakıtlar ise, algler veya genel ismiyle yosunlar, uzun yıllar alternatif bir enerji kaynağı olarak bilinmesinden çok, hayvan beslemeciliğinde besin katkısı olarak üretilip değerlendirilmiştir. Son zamanlarda artan petrol fiyatlarının da etkisiyle hızlanan biyokütle enerjisi araştırmaları sonucu algler, umut vadeden bir sürdürülebilirlik ve enerji kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır. Üçüncü nesil biyoyakıt teknolojisi olarak da adlandırılan ve doğada yer alan birçok alg türünü enerji kaynağı olarak kullanmayı amaçlayan çalışmalar, laboratuvar araştırmaları, pilot ve küçük ölçekli çalışmalarda başarılı olunmasına rağmen büyük ölçekli yerel üretimlerde ideal proseslerin oluşturulamaması durumunda istenilen verime ulaşılamamaktadır. Alternatif ve yenilenebilir bir biyoyakıt kaynağı olarak alglerin kullanılmasının temel kavramı geçtiğimiz birkaç on yıl boyunca keşfedilmiş olsa da, 4. nesil biyoyakıt üretiminin gelişimi henüz emekleme aşamasında olmasıdır. 4. nesil yakıtların ekonomik fizibilitesi uzun vadede daha üstün görünmekle birlikte, destek altyapısının sağlanmasında üstesinden gelinmesi gereken teknik riskler bulunmaktadır [4]. Birinci nesil biyoyakıtların üretimi esnasında çevresel kirlenmelerden sorumludur. İkinci nesil biyoyakıtların üretim sürecinde ise pahalı ve karmaşık teknolojiler gereklidir [6]. Bu yüzden araştırmacılar üçüncü nesil biyoyakıtları tercih etmektedirler. Üçüncü nesil biyoyakıtların ana bileşeni mikroalglerdir. Mikroalgler farklı yenilenebilir biyoyakıtların çeşitlerini sağlamaktadırlar. Bunlar biyodizel, metan ve biyo-hidrojen gibi türleri içerirler. Mikroalglerin hasat süreçleri çok kısa ve büyüme hızları çok uzun sürelidir Ancak mikroalglerin üretimi için ise çok kaliteli ve büyük alanlara ihtiyaç yoktur [7]. 4. nesil biyoyakıt üretiminin hem avantajları hem de dezavantajları vardır. Örneğin, izopropen, üretim suyundan kolaylıkla ayrılacak olan bir gazlı biyoyakıttır. Dezavantajlar arasında, biyo izopropen üretiminin, ürünün sızmasını önlemek için daha pahalı kapalı foto-biyoreaktör sistemleri gerektirdiği ve izopropenin, fotobiyoreaktörlerin egzoz gazlarından ayrılması gerektiğidir. Algler, biyodizel ve etanol gibi biyoyakıtların üretiminde, diğer ham madde kaynaklarına alternatif enerji kaynağı olarak görülmektedir. Algler, tartışmasız en iyi bir alternatif kaynaktır. Tarımsal amaçlı kullanılmayan arazilerde alg üretim tesisleri kurularak ekili alanların işleyişini de etkilemektedir. Yüksek performanslı tasarlanmış mikroalgelerde bile, diğer biyoyakıt üretim yöntemlerinde olduğu gibi, 4. nesil biyoyakıtlar için tesis tasarımı ve ilgili bilgi bankası dengesi mevcut değildir. En göze çarpan konular, mükemmel bir enerji dengesi ile maliyet etkin foto biyoreaktörler ve biyoyakıt ayırma teknolojilerinin sağlanmasıdır. 4.nesil biyoyakıtlarda ise alglerin genetik modifikasyonlarından biyokütle yetiştiriciliği, hasatı sonrasında yağ ekstraksiyonu, termokimyasal ve biyokimyasal proseslerdir [7].

III. Üçüncü Nesil Biyoyakıtlar

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan üçüncü nesil biyoyakıtların ana hammaddesi mikroalglerdir. Üçüncü nesil biyoyakıtlar; mikroalglerden biyoyakıt, biyodizel ve hidrojen üretimi amaçlanmaktadır [16]. Bununla birlikte, biyoyakıtın aynı miktarda üretilmesi için üçüncü nesil biyoyakıt üretiminde biyolojik hammadde olarak mikroalgin kullanılması ile biyoyakıt üretiminin talep ettiği üretim alanını birkaç büyüklükte azaltmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle, mikroalglerden türetilen üçüncü nesil biyoyakıtlar, birinci ve ikinci nesil biyoyakıtlarla ilişkili temel dezavantajlardan yoksun olan, uygulanabilir bir alternatif enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir [17]. Mikroalgler, biyodizel üretimi için 15–300 kat daha fazla petrol üretmeyi geleneksel olarak ekim alanlarından daha fazla üretebilmektedir. Ayrıca, genellikle yılda bir veya iki kez hasat edilen geleneksel bitkilerle karşılaştırıldığında, mikroalg çok kısa bir hasat döngüsüne sahiptir (yaklaşık olarak 1-10 gün), çok sayıda veya sürekli hasada önemli ölçüde izin verir. Mikroalg, çevredeki kirlilik kontrolü için ekolojik dengenin farklı ve çeşitli aktivitesini içerir.

IV. Dördüncü Nesil Biyoyakıtlar

Dördüncü Kuşak Biyoyakıtlar genetiği mükemmelleştirilmiş hammaddelerden üretilecek ve biyoyakıtın baca veya egzoz gazındaki karbondioksit, karbon tutma ve depolama teknolojileri ile atmosfere verilmeyecektir. “Karbon Negatif Biyoyakıtlar” olarak da bilinen bu tip biyoyakıtlarda karbon tutma ve depolama, temiz kömür teknolojisi kapsamında yoğun olarak geliştirilmeye çalışılacaktır. Bunun yanı sıra karbondioksitin mikroorganizmalarla şeker gibi maddelere ve sonrasında da etanol ve hidrojen gibi yakıtlara dönüştürülerek giderilmesi hedeflenmektedir. Dördüncü kuşak biyoyakıtların 2030 sonrasında ne zaman ticari uygulamaya başlayabileceği henüz öngörülememektedir.

A. Üçüncü ve Dördüncü Nesil Biyoyakıtların Karşılaştırılması

Üçüncü ve dördüncü nesil biyoyakıtlar mikroalginin ekimi, hasat, ekstraksiyon ve biyokütle dönüşümünün ortak basamaklarını içerir. Alg yetiştiriciliği iki aşamalı bir kültür sürecini içerir. İlk aşama zoospor yerleşimi

sırasında hücre biyokütlesinin gelişmesidir ve ikinci aşama lipid içeriğinde bir artıştır [18]. Mikroalg, ya açık bir havuz sisteminde ya da foto-biyoreaktör kullanılarak kültürlenebilir. Başlangıçta açık gölet yetiştirme sistemi, ticari açıdan bakıldığında foto-biyo-reaktörlerden daha kolay olduğu için daha kabul edilebilirdi. Bu bağlamda, biyoyakıtın üçüncü ve dördüncü kuşakları, bu tür gıda yakıtı rekabeti yaratmadıkları için daha uygundur. Ekonomik ve çevresel açıdan sürdürülebilir biyoyakıt elde etmek için bir diğer en önemli anahtar biyoyakıt üretimi için teknolojideki ilerlemedir. Biyoyakıtın karlı ticari üretimi için maliyet etkin ve yüksek verim dönüşüm sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Dönüşüm verimindeki iyileşme, metabolik mühendislik araçlarının kullanılmasıyla da elde edilebilir. Metabolik mühendislik, biyoyakıtın hem niceliksel hem de niteliksel olarak iyileştirilmesi için var olan biyolojik yolları değiştirmek için kullanılabilir.

B. Mikroalgler

Mikroalgler; karbonhidrat, protein, yağ ve vitaminler içeren mikroorganizmalar topluluğudur. Genel olarak, türlerine göre değişiklik göstermekle birlikte, mikroalgler yaklaşık %15-77 yağ içerebilmektedir. Diğer yağ bitkilerine kıyasla yüksek yağ oranı ve büyüme verimine sahip olmaları mikroalgleri biyodizel ve biyogaz üretimi için vazgeçilmez ve cazip kılmaktadır. [8]. Bu yakıtların mikroalglerden üretilmesi, artan küresel enerji ihtiyacına cevap verilebilme ve kısmen de olsa atmosferdeki fazla miktardaki karbondioksiti fotosentez yardımıyla verimli ürünlere dönüştürerek, küresel ısınmanın engellenmesine katkıda bulunma potansiyeline sahip olmalarıdır. Mikroalgler, hızlı büyüme oranı, sera gazı ve yağların yüksek üretim kapasitesinden dolayı, üçüncü nesil biyoyakıt hammaddesi olarak tercih edilmektedir ve bu yüzden en fazla tercih edilen biyoyakıt kaynağıdır. Mikroalgler ekilir olmayan alanlarda ve sucul yerlerde yetişmektedirler [8]. Çok az bir su ile, mikroalgler sadece güneş enerjisini kullanarak popülasyonlarını bir günde iki katına çıkarmaktadırlar. Hatta bazı mikroalgler bu büyümeyi sadece birkaç saat içinde tamamlamaktadırlar. Dolayısıyla mikroalgler biyoyakıt hammaddesi olarak şu an en gözde seçenekler arasındadır. Mikroalgler konusunda dünyada yapılan çalışmalar en çok biyodizel üretimi için iyi bir seçenek olduğu ve laboratuvarda üretimi kolay olduğu için tatlı su algi (Chlorella) üzerine yoğunlaşılmıştır. [14]. yaptığı bir çalışmada mikroalgdeki yağ içeriğini arttırmak için sıcaklık ve azot içeriğinin arttırılması üzerine çalışmalar yapmışlardır.

C. Mikroalglerden biyoyakıt üretimi

Mikroalgler tek hücreli mikroorganizmalar ve sucul çevrede, doğal sularda çoğunlukla yer almaktadırlar. 300.000'den fazla mikroalg türü bulunmaktadır. Bunlar solar sistemi dönüştürmede çok etkilidirler. Kendilerini çok çabuk yenilerler ve kısa sürede çoğalmaktadırlar [9]. Mikroalglerin büyümesinde ihtiyaç olan sıcaklık 20-30 ^{0}C aralığındadır. Bunların büyümesi için organik ve inorganik elementlere ihtiyaç duyulmaktadır (azot, fosfor, demir ve bazı durumlarda silikon). İz elementlerin yanı sıra karbonun yetersiz olduğu durumlarda evsel atıksularında, hayvan atıklarında, endüstriyel atıksularında çeşitli sulak alanlarda gelişmelerini sağlarlar [10]. Mikroalglerin yetiştirilmesinde iki önemli yöntem vardır bunlar askıda yetişen kültürler ve immobilize kültürlerdir. Alg biyofilmleri mikroalglerin hasatında en zorlayıcı metotdur ve önemli rol oynamaktadırlar. Alglerin hasatında çeşitli metotlar bulunmaktadır. Bunlar; kimyasal, mekanik, biyolojik ve elektriksel metotlardır. Çoğunlukla bu metotlar tercih edilmektedir. Trans-esterifikasyon prosesi kullanılarak mikroalg türlerinden biyodizel üretimi sağlanmıştır. Açıkçası alg biyoyakıtının temiz olduğu kanıtlanmıştır. Alg hücrelerinde yağ birikiminden dolayı biyodizel üretimi gerçekleşmektedir. Biyogaz ve biyodizel alglerden üretilen en önemli gaz tipleri doğal ve petrol gazı türleridir. Gaz üretiminde mikroalgler yağların büyük bir kısmına eğilimliyken algler ise yağlardan ziyade karbonhidrat ve şekerlere eğilimlidir. Fakat mikroalglerden biyodizel üretimi çok daha fazla sürdürülebilir ve uygulanabilir olması önemlidir [15]. Mikroalglerin yetiştirilmesi ve hasatı pahalı iken algler ise enerji üretimini gerçekleştirmek için alg türünün filamentleri kullanımı sağlanmaktadır [11,12].

D. Mikroalglerin avantajları

Mikroalgler; atıksu arıtımında kullanılarak giderim verimini arttırdığı yapılan çalışmalarda belirlenmiştir, güneş enerjisini biyokütleye dönüştürmesi, fazla CO_2'i uzaklaştırmak için ortamın pH'sını ayarlamaktadır, ortamda bulunan fazla besin maddelerinin uzaklaştırılmasıyla su kalite kontrolüne yardımcı olması, bazı kimyasal maddelerin üretiminde ve fermantasyonunda metan gazı eldesinde de kullanılması avantajları arasında sayılmaktadır. Algler, tek ve çok hücreli fotootototroflardan oluşan çeşitli bir gruptur. CO_2'yi atmosferden sabitleyen, güneş ışığından enerji çekmek için, büyümede ve hücre içi depolama bileşiklerinin üretilmesinde biyolojik güneş paneli olarak düşünülmüş olabilmektedir [9,13]. Ayrıca üretimi sırasında içme suyu kaynakları üzerinde karasal enerji bitkileri gibi büyük bir risk oluşturmayan mikroalgler, atıksuların arıtımında kullanılarak büyük bir avantaj sağlamaktadırlar. Algler, biyodizel ve etanol gibi biyoyakıtların üretiminde, diğer ham madde kaynaklarına alternatif olarak görülmektedir. Geçerli biyoyakıt üretim yöntemleri, karasal yakıt ürünlerine göre artan miktarda arazi alanlarına ihtiyaç duymaktadır. Algler, bu konuda benzersiz bir alternatiftir.

Bu yakıtların mikroalglerden üretilmesi, küresel ısınmanın önlenmesine katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

V. SONUÇLAR

Ülkemizde geçtiğimiz yıllar boyunca 50 tane lisanslı biyodizel tesisi ve yaklaşık 1,5 milyon ton kurulu kapasite olmasına karşılık, hammadde üretimindeki plansızlık nedeniyle bugün üretim yapan sadece birkaç tesis bulunmaktadır. 2011 yılı motorin tüketimimizin 16 milyon ton olduğu ve her yıl arttığı dikkate alındığında 2014 yılında yaklaşık 150-200 bin ton biyodizele gereksinim olacaktır. Bu yüzden yıllar geçtikçe biyodizel kullanım oranı da artacaktır. Alternatif enerji kaynaklarının hammadde sağlayıcısı olarak görülen alglerin yetiştirilmesi için gerekli olan iklim şartları ve besin kaynağı olarak kullanılan başta CO_2 olmak üzere besin elemanları ülkemizde bol miktarda mevcuttur. Bu açıdan ülkemizin ekonomik alg üretimine uygun olduğu görülmektedir. Biyoyakıtlar, tarımda yeni bir bakışın adı olmakla kalmayıp, enerjiye tarımdan hammadde alan (enerji tarımı), esas itibarıyla Türk tarımında yeni bir atılımın gerçekleştirildiği ve entegre yatırımlara giden bir felsefeyi temsil etmelidir. Biyoyakıtlar yeni bitkileri (Kolza, aspir, kenevir gibi) bitkileri gündeme getirmiştir. Ülkemizde biyoyakıtların gıda arzına zarar vereceği düşünülmemeli, aksine potansiyel alanların değerlendirilmesinde öncülük etmektedir. Çevresel olarak endişeli uluslar taşımacılıkta ve diğer sektörlerde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine vurgu yapılmaktadır. Biyoyakıt, yüksek verimli alg türlerinin tespit edilebilmesi, ileri üretim ve hasat yöntemlerinin kullanılması ve yenilikçi kuruma ve yağ emme proseslerinin kullanılması durumunda, fosile gerçek bir destek sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Ulukardeşler AH, Ulusoy Y, 2012. 3. Nesil Bıyoyakıt Teknolojisi olan Alglerin Türkiye de Üretilebilirlik Potansıyelı, Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül 2012, Koç Üniversitesi, İstanbul

[2] Behçet R, Aydın S, 2012. Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. Iğdır Univ. J. Inst. Sci.& Tech. 2(4): 55-62 BioEnergy Res, 1 (1) (2008), pp. 20-43.

[3] D. Russo, M. Dassisti, V. Lawlor, A.G. OlabiState of the art of biofuels from pure plant oil

[4] Dragone, G., Fernandes, B., Vicente, A.A. and Teixeira, J.A. (2010), Third generation biofuels from microalgae in Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, Mendez-Vilas A (ed.), Formatex, 1355-1366.

[5] P.M. Schenk, S.R. Thomas-Hall, E. Stephens, U.C. Marx, J.H. Mussgnug, An overview of second generation biofuel Technologies Bioresour Technol, 101 (6) (2010), pp. 1570-1580 Renew Sust Energ Rev, 16 (6) (2012), pp. 4056-4070.

[6] Brennan L, Owende P. (2010), Biofuels from microalgae--A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14:557-577.

[7] Scott, S.A., Davey, M.P., Dennis, J.S., Horst, I., Howe, C.J., Lea-Smith, D.J. and Smith, A.G. (2010), Biodiesel from algae: challenges and prospects, Current Opinion in Biotechnology, 21:277-286.

[8] Nigam, P.S. and Singh, A. (2011), Production of liquid biofuels from renewable resources, Progress in Energy and Combustion Science, 37(1): 52–68

[9] Chisti Yusuf. Biodiesel from microalgae. Biotechnol Adv 2007;25:294–306

[10] Zhou, W., Chen, P., Min, M., Ma, X., Wang, J., Griffith, R., Hussain, F., Peng, P., Xie, Q., Li, Y., Shi, J., Meng, J., Ruan, R. (2014), Environment-enhancing algal biofuel production using wastewaters, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 36: 256-269.

[11] Ward RL, Jeffries TW, Timourian H. Methane from algae grown in desert regions of California using available ground waters. In: Workshop on energy resources conservation. Sacramento (Califoronia, USA); July 1977. Report No. UCRL-79716.

[12] Ehimen EA, Holm-Nielsen J-B, Poulsen M, Boelsmand JE. Influence of different pre-treatment routes on the anaerobic digestion of a filamentous algae. Renew Energy 2013;50:476–80

[13] Han Wei, Clarke William, Pratt Steven. Composting of waste algae: a review. Waste Manag 2014;34:1148–55.

[14] Hermanto, M. B., Sumardi, H. L., & Fiqtinovri, S. M. (2011). Perancangan Bioreaktor Untuk Pembudidayaan Mikroalga. Jurnal Teknologi Pertanian, 12(3), 153-162.

[15] Sialve B, Bernet N, Bernard O. Anaerobic digestion of microalgae as a necessary step to make microalgal biodiesel sustainable. Biotechnol Adv 2009;27:409–16.

[16] Nigam PS, Singh A. Production of liquid biofuels from renewable resources. Progress in Energy and Combustion Science. 2010; In press. DOI: 10.1016/j.pecs.2010.01.003

[17] Li Y, Horsman M, Wu N, Lan CQ, Dubois-Calero N. Biofuels from microalgae. Biotechnology Progress. 2008; 24:815-820.

[18] E. Suali, R. SarbatlyConversion of microalgae to biofuel Renew Sust Energ Rev, 16 (2012), pp. 4316-4342.

AHP-TOPSIS Kombinasyonu ile Hidroelektrik Santrallarda Bakım Planlaması

Maintenance Planning with AHP-TOPSIS Combination in the Hydroelectric Power Plants

Rabia YUMUŞAK[1]
Evrencan ÖZCAN[2]
Tuğba DANIŞAN[3]
Tamer EREN[4]

[1,3]Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
rabiayumusak95@gmail.com[1], tugbadanisan@gmail.com[3]
[2,4]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
evrencan.ozcan@kku.edu.tr[2], teren@kku.edu.tr[4]

Özetçe— Çalışma kapsamında, elektrik üretim santrallarında bakım planlamasının kesintisiz enerji arzı üzerindeki direkt etkisinin yanında, elektrik üretiminin çevre üzerindeki olumsuz etkileri ile üretim maliyetlerini azaltması gerçekleri temel alınarak, Türkiye'deki enerji arz güvenliğine yaklaşık %20'lik toplam üretim içindeki payı ile direkt olarak etki eden hidroelektrik santrallardan büyük ölçekli bir tanesinde bakım planlaması problemi ele alınmıştır. Bu çalışmada, binlerce ekipmana sahip hidroelektrik santralların karmaşıklık seviyesinin yüksekliği ve bakım planlaması probleminin çok amaçlı ve çok kriterli yapısı birlikte değerlendirilmiş ve literatürde ilk defa bir hidroelektrik santralın bakım planlamasında çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kombinasyonu kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler — bakım planlaması, hidroelektrik santrallar, AHP, TOPSIS

Abstract—In the study, maintenance planning problem is handled based on the negative effects of electricity generation on the environment, and the direct effect of maintenance planning on uninterrupted supply of energy in power plants and the reduction of generation costs in one of the large-scale hydroelectric power plants which directly affect the security of energy supply to approximately 20% share of total generation in Turkey. In this study, the level of complexity of hydroelectric power plants with thousands of equipment and the multi-objective and multi-criteria structure of the problem of maintenance planning are evaluated together, and a combination of multi-criteria decision making approaches in the maintenance planning of a hydroelectric power plant is used for the first time in the literature.

Keywords — maintenance planning; hydroelectric power plants; AHP; TOPSIS.

I. GİRİŞ

Elektrik üretim santralları sürdürülebilir enerji arzı temel amacına sahip büyük işletmelerdir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için üretim, personel, malzeme ve bakım ayaklarının verimli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Dört temel ayaktan biri olan bakım, sürdürülebilirlik için gerekli olan kesintisiz, güvenilir, verimli ve ekonomik üretime direkt etki etmektedir ve bu nedenle kritik öneme sahiptir [1]. Ayrıca bakım zaman, iş gücü gereksinimi ve malzeme açısından maliyetli ve bu üç bileşenin kendine özgü kısıtlarından dolayı yönetilmesi zor bir süreçtir [2]. Bu sebepten dolayı farklı bakım yönetim politikaları gelişmiştir. Güvenilirlik tabanlı bakım[3], durum tabanlı bakım[4] ve risk tabanlı bakım[5] temel bakım politikalarıdır. Bu çalışmada literatürde ilginin arttığı risk tabanlı bakım temel alınmıştır. Literatür incelendiğinde bakım planlamasının maliyet ve risk gibi farklı amaçlar gözetilerek yapılması ve bu amaçları etkileyen birçok kriterin olması problemin çok amaçlı ve çok kriterli yapısını ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile problemin çok amaçlı ve çok kriterli yapısı ekipmanlar için hesaplanan risk değerlerinde yansıtılmış olup riski yüksek olan ekipmana bakım önceliği atanmıştır. Bu bakım felsefesi ile ilgili ilk çalışma Harnly [6] tarafından, bakıma ayrılacak fonun kısıtlı olması sebebiyle riski yüksek olan ekipmana öncelik vererek maliyeti minimize etmeyi amaçlayan çalışmadır. Bundan sonraki çalışmalar

risk değerlerinin farklı yöntemler kullanılarak hesaplanması şeklinde devam etmiştir[7]. Bu çalışmada ise risk değerleri problemin çok amaçlı ve çok kriterli yapısını uygulamada yansıtabilmek için çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapılan bakım planlaması çalışmaları incelendiğinde ilk olarak Chareonsuk vd. [8] kağıt fabrikasındaki üretim bileşenleri için gerekli olan periyodik bakım aralıklarını maliyet ve güvenilirlik dikkate alınarak PROMETHEE yöntemi ile bulmuşlardır. Moazami vd. [9] Tahran belediyesine ait bazı sokaklar seçip, bu sokakların bakımı etkileyen faktörlerin tüm etkilerini içeren önceliklendirme modelini Bulanık AHP kullanarak oluşturmuşlardır. Almeida [10] Bir elektrik üretim şirketinde önleyici bakım aralıklarını maliyet ve güvenilirlik kriterlerini değerlendirerek bulmuşlardır. Certa vd. [11] çok bileşenli sistemler için bakım maliyeti odaklı senaryolar üreterek ELECTRE yöntemi ile bakım planlaması modeli önermişlerdir. Özcan ve Eren [2] doğalgaz kombine çevrim santralında mekanik ekipmanları 9 kriter altında santral açısından kritiklik seviyelerini TOPSIS ile hesaplamış ve 9 yıllık bir iş gücü gereksinimi ve bakım planı elde etmişlerdir. Ouma vd. [12] bulanık AHP ve bulanık TOPSIS kullanarak Kura'daki 3 km yolun bakım öncelik sırasını elde etmişlerdir. Yapılan incelemeler doğrultusunda literatürde hidroelektrik santralda çok kriterli karar verme yöntemlerinin kombinasyonu kullanılarak yapılmış bakım planlaması çalışması bulunmamaktadır. Ayrıca hidroelektrik santral sistemini ele alarak bakım planlamasının yanında iş gücü planlaması yapan bir çalışma da görülmemiştir. Bu açılardan literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde problem çözümünde kullanılan yöntemler ardından üçüncü bölümde hidroelektrik santralda yapılmış uygulama ve son olarak dördüncü bölümde sonuç yer almaktadır.

II. YÖNTEMLER

A. *Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP)*

AHP, Saaty'nin geliştirdiği birçok karar verme problem tipinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem karar vericiye, karar verme sürecinde kriter ve alternatifleri kendi içinde analitik bir şekilde önceliklendirerek değerlendirme fırsatı sunmaktadır [13].

AHP yöntemi uygulama adımları [14]:

Adım1: Alternatif ve kriterlere ait hiyerarşik yapının oluşturulmasıdır.

Adım2: Saaty tarafından geliştirilen 1-9 önem skalası kullanılarak tüm kriter ve alternatiflerin ikili olarak önem derecelerine göre karşılaştırılmasıdır.

Adım3: Oluşturulan karşılaştırma matrisinin normalize edilmesidir.

Adım4: Hiyerarşideki karşılaştırılan öğelere ilişkin öncelik veya ağırlık vektörlerinin hesaplanmasıdır.

Adım5: Tutarlılık Oranı (CR) bulunur. CR'nin 0.1'den küçük olması yapılan uygulamanın tutarlı olduğunu göstermektedir.

A. *TOPSIS Yöntemi*

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem, karar vericilere alternatiflerin karşılaştırılması ve sıralanması imkanını sunmaktadır. [15].

TOPSIS yöntemi uygulama adımları [16]:

Adım1: Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenilen alternatifler, sütunlarında ise karar vermede etkili olan kriterler yer alacak şekilde oluşturulur.

Adım2: Standart karar matrisi oluşturulur.

Adım3: Kriterlerin değerlendirilebilmesi için ağırlık oranları belirlenir. Daha sonra her ağırlık değeri standart karar matrisindeki ilgili kriterin değeri ile çarpılarak ağırlıklı standart karar matrisi elde edilir.

Adım4: Pozitif ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması için ağırlıklı standart karar matrisindeki değerlerden maksimum ve minimum olanları tespit edilir.

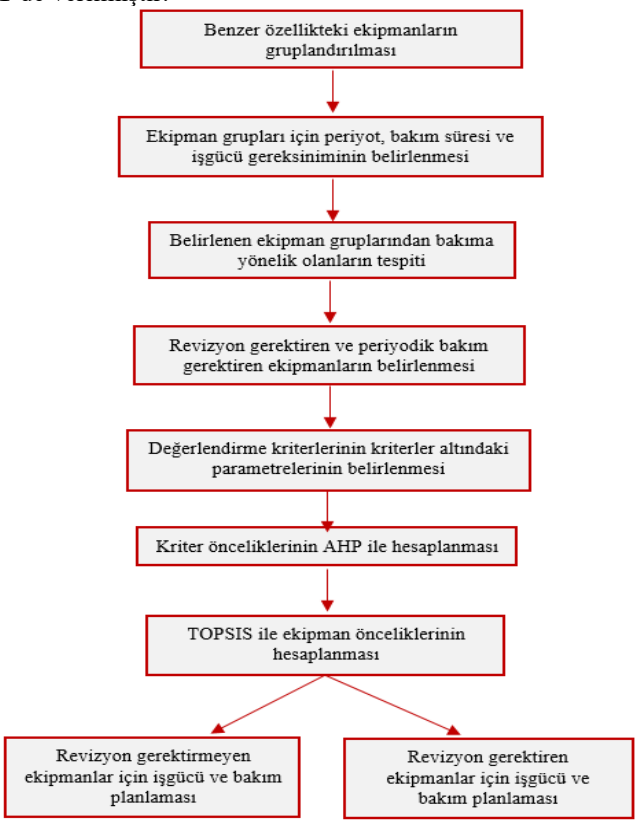
Adım5: Ayrım ölçütleri matristeki her bir karar noktasının kriter değerlerinin ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları şeklinde hesaplanır.

Adım6: Ayrım ölçütleri kullanılarak ideal çözüme göreli yakınlık hesaplanır.

III. UYGULAMA

Nüfus artışı ve sanayileşmeye yönelik yapılan çalışmalar Türkiye'deki enerji talebinin artmasına sebep olmuştur. Bu artan talebi karşılamak için alternatif bir çözüm ise mevcut elektrik üretim santrallarının bakımları yapılarak maksimum verimde çalıştırılmasıdır. Yenilenebilir enerji üretim payının yaklaşık dörtte üçlük [17] kısmını oluşturan hidroelektrik santrallar enerji arz güvenliği için büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda bu çalışmada, her biri 200 MW'lık 5 ünitesi olan ve elektriksel, mekanik, ölçme ve kontrol ekipmanları olarak gruplandırılan toplam 6.111 ekipmana sahip Türkiye'deki büyük ölçekli bir hidroelektrik santralda 1.404 elektriksel ekipmana bakım planlaması problem ele alınmıştır. Bu kadar çok sayıdaki ekipmanın bakımını yapabilmek için bir bakım prosedürü geliştirilmiştir. Bu prosedür 1.404 elektriksel ekipmandan sistem için en kritik olanlarının tespit edilmesi ve bu tespitler sonucu elde edilen ekipman önem derecesi büyük olan ekipmandan başlayarak bakım yapılması şeklindedir. Santral ekipmanlarının santral için önem seviyeleri, santral uzmanları ile belirlenen dokuz temel kriterin literatürde bu tip problemler için sıklıkla kullanılan AHP yöntemi ile hesaplanmış ve bu kriter ağırlıklarının sıralama algoritmaları arasında uygulama kolaylığı ve verdiği anlamlı sonuçlar ile bir adım öne çıkan TOPSIS

metodolojisinde kullanılarak belirlenmiştir. Ekipmanların önem seviyeleri aynı zamanda sistem için taşıdıkları riskleri ifade etmektedir. Uygulamanın aşamaları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Uygulama akış şeması

Şekil 1'de belirtildiği gibi 1404 ekipmandan benzer özellikteki ekipmanlar gruplandırılmıştır. Birbirine çok benzeyen ekipmanlar bir araya getirilmesi ile ileriki aşamalarda yapılacak olan veri toplama sürecinin kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Gruplandırmanın ardından ekipmanlar için veriler toplanmış ve bir sonraki adımda bu veriler kullanılarak ekipmanın bakıma yönelik olup olmadığı araştırılmıştır. Bu araştırmanın sebebi bir ekipman için arızalandığında değiştirilmesi, bakım yapılmasından daha az maliyetli olması ihtimalidir. Ekipmanlar için uygulanan farklı bakım stratejileri vardır. Ele alınan santralda periyodik ve revizyon bakım uygulanmaktadır. Ekipmanlar için gerekli olan bakım strateji/stratejilerinin atanması gerekmektedir. Gerekli atamalar yapıldıktan sonra ekipmanlara ait risk değerlendirmesini etkileyen kriter ve kriterlerin altındaki parametreler santral uzmanları tarafından belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra AHP çözümüne geçilmiştir.

A. *AHP Çözümü*

Bu aşamada ikinci bölümde anlatılan AHP yöntemi ile çözülmüştür ve amacı risk faktörünü etkileyen kriterlerin ağırlıklandırılmasıdır. Sonuç olarak santral uzmanların belirlediği 9 kriter, yine uzmanların verdiği değerler kullanılarak AHP yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Tutarlılık oranı 0.079 olarak bulunmuş olup 0.1'den küçük olduğu için tutarlı olduğu anlaşılmaktadır. Kriterlere ait ağırlıklar Tablo 1'de verilmiştir.

Değerlendirme Kriterleri	Ağırlık Değerleri
Ambar yedeği	0,050
Bakım öncesi koşullar	0,242
Ek iş gerekliliği	0,028
Arıza periyodu	0,072
Olası sonuçlar	0,400
Ölçüm ekipmanlarının mevcudiyeti	0,063
Ekipmanın statik-dinamik-elektriksel özelliği	0,055
Arıza giderme süresi	0,028
Arıza tespit edilebilirlik	0,062

Tablo 1: Kriter ağırlıkları

B. *Ekipman Risk Değerlerinin Hesaplanması*

Kriter ağırlıkları hesaplaması ardından ekipmanların risk (önem) derecelerini hesaplama aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada çok kriterli karar verme yöntemlerinden sıralama problemlerinde uygulama kolaylığı avantajı ile literatürde sıklıkla kullanılan TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle kriterler altında belirlenen parametreler yardımıyla, her bir ekipman için her bir kritere ait sözel değerler atanmıştır. TOPSIS yöntemi uygulaması yapılırken karar matrisindeki değerlerin nümerik olması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı ekipmanlara ait sözel değerlerden oluşan matris nümerik hale getirilmiştir. Bu dönüşüm sonucunda 1.404 x 9 boyutunda başlangıç karar matrisi oluşturulup TOPSIS yöntemi çözümüne başlanmıştır. AHP ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak ve TOPSIS yönteminin 2.A'da anlatılan uygulama adımları izlenerek ekipman risk değerleri (C^*) bulunmuştur.

C. *Bakım Planlaması*

AHP ve TOPSIS entegrasyonu ile hesaplanan ekipman risk değerleri, işgücü bakımından yetersiz olan 12 bakım personelini, santrala maksimum katma değer kazandıracak şekilde bakım planlaması yapma açısından oldukça önemlidir. Çünkü santral sistemi için en büyük risk değerlerine (önem derecelerine) sahip ekipmandan başlayarak bakımı yapmak, santraldaki elektriksel ekipmanların verimli çalışması, elektrik üretim miktarının maksimize edilmesi, santralın enerji arz güvenliği temel amaçlarına doğrudan hizmet etmektedir. Bu sebepten dolayı çalışmanın devamında yapılan bakım planlaması, ekipman öncelik değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Elektriksel ekipmanların revizyona tabi ekipmanları için iki senaryo türetilmiştir. Senaryo 1 (S1) oluşturulurken bakım öncesi duruş veya duruma göre duruş gerektiren ekipmanlar ile arızalandığında ünite duruşu ile sonuçlanan ekipmanlar ele alınmıştır. S1'e ait

ekipmanların C* ile ifade edilen önem seviyeleri 100-85,81 arasında değişmekte ve bu durum ekipmanların ne kadar önemli olduklarını ispatlamaktadır. Bu gruptaki ekipman sayısı 192 adet olup revizyon gerektiren elektriksel ekipmanlar içinde öncelikli olan gruptur. Bu grup içindeki bakım planlaması ise C* değerine göre yapılmıştır. Senaryo 2 (S2) 'de ise bakım öncesi duruş gerektirmeyen ve arızalandığında görevini eksik yapan ekipmanlar ile grup oluşturulmuştur. S1 ve S2 senaryolarına tabi ekipmanların bakım planlamasına dair veriler Tablo 2'te verilmiştir. Tabloda senaryolara göre ayrılmış ekipmanlar için toplam bakım süreleri, toplam 12 personel olduğu için personel sayısına bölünerek elde edilen ekibe dağıtılmış süre, bu veriler dakika üzerinden hesaplandığı ve bakım personelinin bir günde 8 saat çalıştığı için 480(8x60)' e bölünerek gün bazına net süre gereksinimi ve 5 üniteden oluşan bir santral olduğu için net süre ünite sayısına bölünerek ünite başına süre gereksinimi verileri yer almaktadır. Aynı zamanda Tablo 2'de senaryolara göre ekipman öncelik değerleri de verilmiştir. S1' in öncelik değerlerinin S2'nin öncelik değerlerinden büyük olduğu görülmüş ve bu sebepten dolayı öncelikle S1'de yer alan ekipmanlara bakım yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Aynı prosedür periyodik bakım içinde uygulanmıştır.

IV. SONUÇ

Sisteme direkt etkisi olan ekipmanlara bakım önceliği tanımak hem sistem verimliliği açısından etkin olacak hem de karmaşık sistem yapısını kolay bir şekilde yönetme imkanı sunacaktır. Bu kapsamda bu çalışmada hesaplanan ekipman öncelik değerlerine ve bu değerleri en çok etkileyen iki parametre üzerinden oluşturulan farklı senaryolara göre bakım ve iş gücü planlaması yapılmıştır. Planlama sonucu bakıma yönelik elektriksel ekipmanlardan revizyona tabi ekipmanlar için 17 periyodik bakıma tabii ekipmanlar için 79 gün gerekmektedir. Geriye kalan iş günleri ise beklenmedik arızalar için ayrılmıştır.

V. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018/008 kodlu bilimsel araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Özcan, E., C., Ünlüsoy, S., Eren, T., "A combined goal programming – AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1410-1423, 2017.
[2] Özcan, E, C., Eren, T., "Bakım Planlamasında TOPSIS Yöntemi Uygulaması: Doğalgaz Kombine Çevrim Santralı Örneği". *International Journal of Engineering Research and Development*, 6 (2), 1-13, 2014.
[3] Zhang, C., Gao, W., Guo, S., Li, Y., Yang, T.. "Opportunistic maintenance for wind turbines considering imperfect, reliability-based maintenance", *Renewable energy*, *103*, 606-612,2017.
[4] Alaswad, S., Xiang, Y., "A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system", *Reliability Engineering & System Safety*, *157*, 54-63, 2017.
[5] Khan, F., I., Haddara, M., M., "Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning", *Journal of loss prevention in the process industries*, *16*(6), 561-573,2003.
[6] Harnly, J., A., "Risk based prioritization of maintenance repair work". *Process Safety Progress*, *17*(1), 32-38, 1998.
[7] Arunraj, N., S., Maiti, J., "Risk-based maintenance—Techniques and applications". *Journal of hazardous materials*, *142*(3), 653-661, 2007.
[8] Chareonsuk, C., Nagarur, N., Tabucanon, M., T., "A multicriteria approach to the selection of preventive maintenance intervals". *International Journal of Production Economics*, *49*(1), 55-64, 1997.
[9] Moazami, D., Behbahan,i H., Muniandy, R., "Pavement rehabilitation and maintenance prioritization of urban roads using fuzzy logic". *Expert Systems with Applications*, *38*(10), 12869-12879, 2011.
[10] Almeida, A., T., "Multicriteria model for selection of preventive maintenance intervals". *Quality and Reliability Engineering International*, *28*(6), 585-593, 2012.
[11] Certa, A., Enea, M., Lupo, T., "ELECTRE III to dynamically support the decision maker about the periodic replacements configurations for a multi-component system". *Decision support systems*, *55*(1), 126-134, 2013.
[12] Ouma Yashon O, J. Opudo, S. Nyambenya. "Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for road pavement maintenance prioritization: methodological exposition and case study." *Advances in Civil Engineering*, 2015.
[13] Velasquez, M., Hester, P., T., "An analysis of multi-criteria decision making methods", *International Journal of Operation Research*,10(2), 56–66, 2013.
[14] Saaty, T., "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation." *McGraw-Hill*; 1980.
[15] Hwang, C., L., Yoon, K., "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications." *Springer-Verlag*, 1981.
[16] Arıbaş, M., Özcan, U., "Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi." Politeknik Dergisi, 19(2), 167-177, 2016.
[17] http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/

REVİZYON BAKIMA TABİ EKİPMANLAR İÇİN SENARYO DETAYLARI						
Senaryo No	Ekipman Adedi	Toplam Süre Gereksinimi (dk)	Ekibe Dağıtılmış Süre Gereksinimi (dk)	Net Süre Gereksinimi (gün)	Ünite Başına Süre Gereksinimi (gün)	Ekipmanların Öncelik Aralığı
S1	192	477.600	39.800	82,92	16,58	85,81 - 100
S2	8	7.200	600	1,25	0,25	9,05 - 9,05
TOPLAM	200	484.800	40.400	84	17	

Tablo 2: Senaryo Detayları

AHP-TOPSIS-Tam Sayılı Programlama Entegrasyonu ile Hidroelektrik Santrallarda Bakım Strateji Optimizasyonu

Maintenance Strategy Optimization with AHP-TOPSIS-Integer Programming Integration in the Hydroelectric Power Plants

Rabia YUMUŞAK[1]
Evrencan ÖZCAN[2]
Tuğba DANIŞAN[3]
Tamer EREN[4]

[1,3]Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
rabiayumusak95@gmail.com[1], tugbadanisan@gmail.com[3]
[2,4]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
evrencan.ozcan@kku.edu.tr[2], teren@kku.edu.tr[4]

Özetçe—Elektrik üretim santralları, kesintisiz, güvenilir, verimli, ekonomik ve çevreye duyarlı enerji üretimini gerçekleştirmek temel amacına sahip büyük ölçekli altyapı yatırımlarıdır. Sürdürülebilir enerji arzının beş temel sacayağını oluşturan bu hedeflere ulaşmak için, santralların üreticileri tarafından belirlenen işletme kurallarına uygun olarak çalıştırılması gerekmekte olup aynı zamanda, yine santral üreticisi kuruluşların önerdiği bakımların da en azından belirlenen seviyelerde yapılması büyük önem arz etmektedir. Ekipmanların, santralların yıllar içindeki işletme sürecinde maruz kaldıkları yüksek basınç, yüksek sıcaklık, metal yorgunluğu, işletme ve bakım direktiflerine uymama, operatör hataları gibi zorlayıcı koşullar altında çalıştırılması, özellikle yaşlı denilebilecek santrallarda bakım kavramını daha da önemli bir hale getirmektedir. Bununla birlikte, elektrik üretim santrallarındaki bakım süreçlerinin, zaman, malzeme ve işçilik kullanımı ile üretim kaybından doğan yüksek maliyetleri gerektirmesi göz önüne alındığında, bakımın bir sistem dahilinde yönetilmesi bir zorunluluk haline gelmektedir. Bakım yönetiminin sürdürülebilir enerji arzını gerçekleştirme hedefine hizmet etmesi, özellikle bakım planlaması temelindedir ve bakım planlamasının ilk aşaması da tüm üretim tesislerinde olduğu gibi bu santrallarda da her bir ekipmana kendi karakteristik özellikleri ile arıza ve çalışma geçmişine bağlı olarak uygun bakım tiplerinin atanması olarak tanımlanabilecek bakım strateji optimizasyonudur. Bu kapsamda bu çalışmada, Türkiye sürdürülebilir enerji politikası referans alınmış ve Türkiye enerji talebinin yaklaşık %20'sini karşılayan hidroelektrik santrallardan büyük ölçekli bir tanesinde, AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) - TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) kombinasyonu ile belirlenen ve elektriksel ekipmanlar arasında en yüksek önem derecesine sahip ekipman grubu için bakım stratejisi seçim problemi ele alınmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, ekipman grubunun belirlenmesi için santral uzmanları ile belirlenen dokuz değerlendirme kriteri, bu tip problemler için literatürde sıklıkla kullanılan AHP yöntemi ile ağırlıkladırılmış ve sıralama algoritmaları arasında verdiği etkin sonuçlar ve uygulama kolaylığı ile ön plana çıkan TOPSIS yöntemi ile 1.404 ekipman kritiklik seviyelerine göre sıralanarak santral için en kritik ekipman grubu tespit edilmiştir. Seçilen ekipman grubu için arızi, periyodik, kestirimci ve revizyon bakımdan oluşan dört strateji arasından en uygun kombinasyon, önerilen tam sayılı programlama modeli ile belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — bakım strateji optimizasyonu; hidroelektrik santrallar; tam sayılı programlama; AHP; TOPSIS.

Abstract—Power plants are the large-scale infrastructure investments with the main purpose of achieving uninterrupted, reliable, efficient, economical and environmentally friendly energy generation. To achieve these goals, which constitute the five pillars of sustainable energy supply, it is necessary to operate the power plants in accordance with the operating rules set by the producers of these facilities. At the same time, carrying out the maintenance processes recommended by the power plant manufacturers at least determined levels have also great importance for reaching the relevant targets. Operating equipment under extreme conditions such as high pressure, high temperature, metal fatigue, failure to comply with the operating and maintenance directives and operator errors makes the concept of maintenance even more important especially in power plants that may be called elderly. However, when considering that the maintenance processes in the power plants require high

costs due to time, material and labor use, and generation losses, it is becoming a necessity to manage the maintenance within a system. Serving for the maintenance management to the goal of achieving the sustainable energy supply is based on maintenance planning in particular, and the first stage of maintenance planning is maintenance strategy optimization, which can be defined as assignment of the appropriate maintenance modes to each equipment depending on their characteristics, breakdown and operating history, in power plants as in all manufacturing facilities. In this context in this study, Turkey's sustainable energy policy is based, and maintenance strategy selection problem is handled for the equipment group which has the highest importance level calculated by AHP-TOPSIS integration among the electrical equipment in one of the large-scale hydroelectric power plants meet about 20% of Turkey's energy demand. In the first phase of the study, nine evaluation criteria identified by the power plant specialists for determining the equipment group are weighted by the AHP method, which is often used in the literature for such problems, and the most critical equipment group for the plant is obtained by sorting the 1.404 equipment according to their criticality level with TOPSIS, which is being in the forefront with effective results and ease of application between ranking algorithms. For the selected equipment group, the most appropriate combination of four strategies consisting of corrective, periodic, predictive and revision maintenance is determined by the proposed integer programming model.

Keywords — maintenance strategy optimization; hydroelectric power plants; integer programming; AHP; TOPSIS.

I. GİRİŞ

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyi gerek ekonomik gerekse eğitim, sağlık, sanayi ve teknolojik alanlarda dışa bağımlı ve tüketen bir yapıya sahip olunmasının yerine yerli kaynakların etkin bir şekilde kullanılması ve üretken bir yapıya sahip olunmasına bağlıdır. Tüm bu alanlarda ülkelerin hedeflerine yönelik etkin çıktıların elde edilmesi için sistemlerin sürekli, güvenilir ve esnek bir yapıda işletilmesi gerekmektedir. Sistemlerin tamamında sürekliliği ve güvenilirliği sağlamak birçok parametreye bağlı olmakla birlikte bunlar arasında en temel parametrelerden sayabileceğimiz bir parametre bulunmaktadır: Enerji. Ülkelerin enerji alanında sağladıkları her gelişme aslında ülke bazında bu parametreye bağlı tüm sistemlerin de iyileştirilmesi demektir. Bu bağlamda özellikle enerji konusunda arz güvenliğinin sağlanması ülkelerin sanayi, sağlık, teknoloji gibi alanlarda süreklilik ve güvenilirliklerini sağlama noktasında önemli bir paya sahiptir. Çalışmanın gerçekleştirildiği ülke olan Türkiye 4.42'lik GCI (The Global Competitiveness Index) skoru ile 137 ülke arasından 53. sırada yer almaktadır [1]. Bu sıralamada önemli bir dereceye sahip olmak isteyen Türkiye'nin son yıllarda özellikle enerji alanında gerçekleştirdiği strateji ve politikalar ise bu hedefe hizmet etmektedir. Gerçekleştirilen strateji ve politikalar arasında Türkiye'de enerjinin karşılanmasında önemli paya sahip olan, toplam elektrik üretiminin yaklaşık beşte birini [2] karşılayan ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelen hidroelektrik santraller için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında santralların sürdürülebilir enerji arzını sağlamak maksadıyla üretim, personel, malzeme ve bakım unsurlarının etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu dört temel unsurdan özellikle bakım için oluşan maliyetler [3] göz önüne alındığında bakıma dair yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Bakım çalışmalarının başlangıç aşaması olan bakım stratejisinin optimizasyonu ise ekipmanlar için uygun bakımın seçilmesini sağlamaktadır. Literatürde bakım strateji seçimi için farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan en kapsamlıları ve güncelleri Shafiee [4] ile Ding ve Kamaruddin [5] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bakım stratejisi seçimi problemi haddehane [6], kimya endüstrisi [7], petrol rafinerisi [8], enerji [9,10], kağıt endüstrisi [11,12] gibi alanlarda uygulanmıştır. Yapılan çalışmada ise AHP ve TOPSIS yöntemi ile 1.404 ekipman kritiklik seviyelerine göre sıralanarak santral için en kritik ekipman grubu tespit edilmiştir. Seçilen ekipman grubu için santral bazında uygulanan bakımlardan oluşan dört strateji arasından en uygun kombinasyon, önerilen tam sayılı programlama modeli ile belirlenmiştir.

II. YÖNTEMLER

A. AHP

Çalışmada literatürde alternatifler ve bu alternatiflere ait kriterlerin önceliklendirilmesinde etkin bir şekilde kullanılan AHP yöntemi tercih edilmiştir. Saaty [13] tarafından geliştirilen AHP yönteminin genel olarak uygulama adımları ise şöyledir:

Adım 1: Amaç, kriterler, alt kriterler, alternatifler ve hiyerarşik yapının belirlenmesi

Adım 2: Kriterler ve her bir kriter için alternatifler arasındaki ikili karşılaştırmaların yapılması

Adım 3: Normalleştirme ve önem ağırlıklarının hesaplanması

Adım 4: Tutarlılık oranının (CR) hesaplanması ve kontrolü

Adım 5: AHP skorlarının analizi

Oluşturulan matris yapılarında tutarlılık oranlarının 0.1'den küçük olması gerekmektedir. Aksi takdirde karşılaştırılan matrisler tekrar oluşturularak aynı adımların tutarlılık sağlanıncaya kadar devam edilmesi gerekmektedir.

B. *TOPSIS*

Hwang ve Yoon [14] tarafından geliştirilen ve sıralama algoritmaları arasında literatürde çokça tercih edilen TOPSIS yöntemi çalışmada kullanılan bir diğer yöntemdir. Yöntemin uygulama adımları ise şu şekildedir:

Adım 1: Karar matrisinin (A) oluşturulması

Adım 2: Standart karar matrisinin (Rij) oluşturulması

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin (Vij) oluşturulması

Adım 4: Pozitif ideal (A*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması

Adım 5: Ayrım ölçütlerin (S*, S^-) hesaplanması

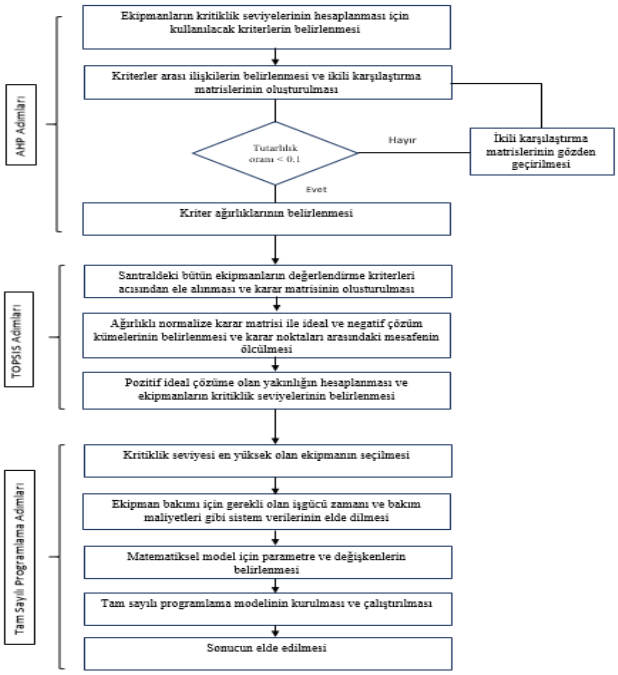
Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın (C_i^*) hesaplanması

C. *Tam Sayılı Programlama*

Çalışmada kullanılan bir diğer yöntem olan tam sayılı programlama problem değişkenlerinin bazılarının veya tamamının tam sayılı değerler aldığı programlama türüdür. İlk olarak Gomory tarafından gezgin satıcı problemini çözmek için önerilen bir algoritma ile öne çıkmıştır [15].

III. UYGULAMA

Yapılan çalışmada büyük çaplı bir hidroelektrik santraldaki 1.404 elektriksel ekipman arasından kritik ana ekipman grubunu belirlemek amacıyla AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmış ve belirlenen grup için tam sayılı bir model ile bakım strateji seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma geniş ölçekli bir çalışmanın ilk kısmını oluşturmakta ve belirlenen ekipmanlar arasından sadece önem derecesi en yüksek ekipman için tam sayılı programlama modeli önerilmektedir. Çalışmanın uygulama adımları ise Şekil 1.'de yer verildiği gibidir.



Şekil 1. Uygulama Adımları

Uygulama aşamasında ilk olarak 1.404 ekipman arasından santral bazında ekipmanların kritiklikleri açısından değerlendirilmesi amacı ile AHP yöntemi ile Tablo 1.'de belirtilen kriterler baz alınarak önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Değerlendirme Kriterleri		Ağırlık Değerleri
C1	Ambar yedeği	0,051044486
C2	Bakım öncesi koşullar	0,241414796
C3	Ek iş gerekliliği	0,029078809
C4	Arıza periyodu	0,070515831
C5	Olası sonuçlar	0,400571433
C6	Ölçüm ekipmanlarının mevcudiyeti	0,061857822
C7	Ekipmanın statik-dinamik-elektriksel özelliği	0,054580192
C8	Arıza giderme süresi	0,029078809
C9	Arıza tespit edilebilirlik	0,061857822

Tablo 1. Kriterler ve Ağırlıkları

Hesaplanan bu ağırlıklar ekipmanların sıralanması için kullanılan TOPSIS yönteminde kullanılan ağırlık matrisini oluşturmuştur. Sıralaması ve önem dereceleri hesaplanan ekipmanlar arasından ileride gerçekleştirilecek olan büyük çaplı çalışmanın ilk aşamasını oluşturmak amacıyla sadece en yüksek önem derecesine sahip ekipman için tam sayılı programlama modeli oluşturulmuştur. Tablo 2.'de hesaplanan önem derecelerinden bazılarına yer verilmiştir.

Ekipman Adı	Önem Derecesi
Generator	100
Ana güç trafosu	97.45
İkaz trafosu	96.70
Gerilim trafosu	95.02
Kesici	95.02
Akım trafosu	95.02

Tablo 2. Hesaplanan önem derecelerinden bazıları

Belirlenen önem derecelerinin ardından en yüksek önem derecesine sahip olan generator grubu seçilmiş ve tam sayılı programlama modeli ile bu ekipman grubu için bakım stratejisi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bakım stratejileri olarak hidroelektrik santralda uygulanan bakım stratejileri ele alınmıştır. Oluşturulan tam sayılı programlama modeli ise şu şekildedir:

A. *Notasyonlar*

C_r: Ekipman önem ağırlığı

C_i: i. strateji için bakım maliyeti

T_{mt}: Bakım için kullanılabilecek zaman kapasitesi

MT_i: i. strateji için gerekli bakım süresi
M: Büyük bir sayı

B. Karar Değişkenleri ve Model

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{i. bakım stratejisinin atanması durumu} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$$Y_f = \begin{cases} 1, & \text{f. arızanın oluşması durumu durumu} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases}$$

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{m} C_i * X_i \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_i \geq 1 \qquad i=\{1,2,..,m\} \qquad (2)$$

$$X_i - MY_f \leq 0 \qquad \forall\ i,\ f \qquad (3)$$

$$1 - X_i - M(1 - Y_f) \leq 0 \qquad \forall\ i, f \qquad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{m} MT_i <= T_{mt} \qquad i=\{1,2,..,m\} \qquad (5)$$

Kurulan modelde işgücü, bakım uygulamaları ve malzeme maliyetlerinin toplamından oluşan maliyet kaleminin minimize edilmesi amaçlanmıştır (Eş.1). Ele alınan kısıtlarda Eş. 2 en az bir bakım stratejisinin atanması gerektiğini, Eş 3. ve 4. ise ekipmanda meydana gelen arıza çeşitlerinin baz alınarak arızi bakımın uygulanması gerektiğini yansıtan kısıtlardır. Eş. 5.'te belirtilen kısıt ise bakım için mevcut sürenin aşılmaması gerektiği kısıttır. Model sonucunda 1.404 elektriksel ekipman arasından AHP ve TOPSIS yöntemleri ile yapılan kritiklik sıralamasında en kritik ekipman grubu olarak bulunan generator grubu için santral bazında uygulanan bakım stratejileri olan önleyici, arızi, kestirimci ve revizyon bakım arasından Tablo 3.'te de belirtildiği üzere kestirimci ve revizyon bakım uygulamalarının işletilmesinin ekipman grubunun bakımında gerek işletme gereklilikleri ve gerekse ulaşılmak istenen amaç bazında etkin olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Generator grubunda yaşanılacak herhangi bir arızanın ünite duruşu gerektirdiği göz önünde bulundurulduğunda bu ekipman grubunun sistemdeki durumunun belirli aralıklarla izlenmesi gerektiği için kestirimci bakım uygulamalarının yapılmasının ve ayrıca ekipman grubuna yapılacak herhangi bir müdahale için uzun süreli periyotlarda ele alınan, ünitenin devre dışı bırakıldığı revizyon bakım uygulamalarının etkin olacağı model sonucunun tutarlı olduğunu göstermektedir.

Ekipman	Önleyici Bakım	Arızi Bakım	Kestirimci Bakım	Revizyon Bakım
Generator grubu			✓	✓

Tablo 3. Model sonucu

IV. SONUÇ

Yapılan çalışmada AHP ve TOPSIS yöntemi ile 1.404 ekipman kritiklik seviyelerine göre sıralanarak bir hidroelektrik santral için en kritik ekipman grubu tespit edilmiştir. Seçilen ekipman grubu için santral bazında uygulanan bakımlardan oluşan dört strateji arasından en uygun kombinasyon, önerilen tam sayılı programlama modeli ile belirlenmiştir. Bu çalışma santral ekipmanlarının tamamının modele dahil edileceği büyük boyutlu bir çalışmanın başlangıç aşamasını oluşturmaktadır.

V. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018/008 kodlu bilimsel araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018

[2] http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/

[3] Bevilacqua, M., & Braglia, M., "The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection.", *Reliability Engineering & System Safety, 70(1), 71-83,2000.*

[4] Shafiee, M., "Maintenance strategy selection problem: an MCDM overview." *Journal of Quality in Maintenance Engineering, 21(4), 378-402,2015.*

[5] Ding, S. H., & Kamaruddin, S., "Maintenance policy optimization—literature review and directions." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 76(5-8), 1263-1283,2015.*

[6] Seiti, H., Tagipour, R., Hafezalkotob, A., & Asgari, F.,"Maintenance strategy selection with risky evaluations using RAHP.", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 24(5-6), 257-274,2017.*

[7] Panchal, D., Chatterjee, P., Shukla, R. K., Choudhury, T., & Tamosaitiene, J., "Integrated fuzzy ahp-codas framework for maintenance decision in urea fertilizer industry.", *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research, 51(3),2017.*

[8] Bertolini, M., & Bevilacqua, M., "A combined goal programming—AHP approach to maintenance selection problem.", *Reliability Engineering & System Safety, 91(7), 839-848,2006.*

[9] Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Eren, T., "A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 78, 1410-1423,2017.*

[10] Nguyen, T. A. T., & Chou, S. Y. , "Maintenance strategy selection for improving cost-effectiveness of offshore wind systems.", *Energy Conversion and Management, 157, 86-95,2018.*

[11] Braglia, M., Castellano, D., & Frosolini, M., "An integer linear programming approach to maintenance strategies selection.", *International Journal of Quality & Reliability Management, 30(9), 991-1016,2013.*

[12] Kirubakaran, B., & Ilangkumaran, M., "Selection of optimum maintenance strategy based on FAHP integrated with GRA–TOPSIS.", *Annals of Operations Research, 245(1-2), 285-313,2016.*

[13] Saaty T. "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.", *McGraw-Hill; 1980.*

[14] Hwang CL ve Yoon K., "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications." ,*Springer-Verlag,1981.*

[15] Jünger, M., Liebling, T. M., Naddef, D., Nemhauser, G. L., Pulleyblank, W. R., Reinelt, G., ... & Wolsey, L. A. (Eds.)., "50 Years of Integer Programming 1958-2008: From the Early Years to the State-of-the-art.", *Springer Science & Business Media, 2009.*

Güneş Enerji Santrali (GES) Kurulumunda Harita Mühendisliği

Surveying Engineering In The Solar Power Plant (SPP) Installation

Nuri ERDEM

Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, nurierdem@osmaniye.edu.tr

Özetçe— Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, büyük oranda tükettikleri enerji ile ölçülmektedir. Ülkemizde son yıllarda yaşanan ekonomik gelişmelere bağlı olarak enerji talebimiz de hızla artmaktadır. Artan enerji ihtiyacımızın yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi çevre ve toplum sağlığı açısından çok önemlidir. Enerji projeleri çok yönlü olarak disiplinler arası çalışmaların yürütülmesi gerektiren projelerdir. Bu çalışmada, sürdürülebilir ekonomik gelişmenin en önemli temeli olan enerjinin, doğal (temiz/yenilenebilir) kaynaklardan birisi olan güneşten yararlanarak üretilebilmesi için uygulanan bir güneş enerjisi santrali (GES) projesinde, Harita Mühendisliğinin yeri ve önemi ele alınmış, önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, harita mühendisliği.

Abstract— Today, the level of development of countries is measured by the energy they consume in large quantities. Depending on the economic developments experienced in our country in recent years, our energy demand is also increasing rapidly. Obtaining our increased energy needs from renewable energy sources is very important in terms of environmental and community health. Energy projects are multifaceted projects that require interdisciplinary studies to be carried out. In this study, the importance of Survey Engineering were discussed and proposals were made in a solar energy plant (GES) project which is used to produce energy, which is one of the natural (clean / renewable) sources, which is the most important basis of sustainable economic development.

Keywords — renewable energy, solar energy, survey engineering

GİRİŞ

Enerji, ülkelerin gelişme göstergesi olan sanayi, üretim ve kalkınmanın en temel girdisidir. Günümüzde ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, büyük ölçüde tükettikleri enerji ile ölçülmektedir. Ülkemizde hızlı nüfus artışı ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak enerji talebi de hızla artmaktadır. Artan enerji ihtiyacının ucuz, sürekli ve güvenli bir şekilde karşılanmasında yaşanan sıkıntılar ülkemizin en önemli problemlerinden biridir. Çözüm, üretiminden başlamak üzere *"yenilenebilir enerji projeleri"*ni hayata geçirmektir.

Harita Mühendisliği**,** özellikle yenilenebilir enerji kaynakları için üretim yerlerinin tespiti, uygulanması, alt ve üstyapı işletme tesisleri, ulaşım ve iletim şebeke inşaatları ile deformasyon ölçmelerinin yapılması gibi tüm yenilenebilir enerji projelerinin her kademesinde görev ve sorumlulukları bulunan önemli bir meslek disiplinidir. Harita Mühendislerinin enerji projelerindeki bazı görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir [1];

- Uydu gözlemlerine dayalı GPS ölçmeleri ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) amaçlı veri toplama projeleri
- Enerji projelerindeki inşaatlarda gerektiğinde prezisyonlu (hassas) aplikasyon işleri
- Uzaktan algılama (UA) görüntüleriyle orta ve küçük ölçekli topoğrafik harita üretimi
- Enerji hattının geçeceği güzergâh tespitinin yapılması
- Tespit edilen güzergâhın kurumuna onaylatılıp, kurum tarafından yer tesliminin alınması
- Güzergâhın plan ve profilinin çıkartılması için arazi çalışmalarının yapılması
- Direklerin araziye aplikasyonu, ayak enkesit diyagramlarının alınması ve ilgili kuruma onaylattırılması
- Direk yerlerinin ve direk aralarında kalan kısımlarla ilgili kamulaştırma planlarının

hazırlanması ve ilgili kuruluşlara onaylatılması (Kadastro Müdürlükleri'ne, TEİAŞ'a ve Orman İdaresi'ne)
- Tarım il müdürlüğünden "tarım dışı amaca tahsis"in yapılması
- Kamulaştırılacak parsellerle ilgili kıymet takdiri yapılması
- Şalt sahası inşaatı ve çelik konstrüksiyon işlerinin yapımı

Türkiye konumundan dolayı güneş enerjisi bakımından yüksek bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin güneşlenme süreleri yıllık olarak yaklaşık 2 bin 738 saattir. Ortalama olarak günlük 7,5 saat güneşlenme süresine sahip olan Türkiye'nin Almanya'dan yüzde 60 daha fazla güneş ışınlarından yararlanmaktadır. Buna rağmen 2015 yılı kurulu güç kapasite artışı bakımından Almanya'nın binde 6'sı kadar bir ilerleme kaydedilmiştir. Türkiye'nin güneşten elektrik üretim potansiyeli yapılan hesaplamalar doğrultusunda en az 500 bin MW olarak tahmin edilmektedir. Türkiye'de en fazla potansiyele sahip enerji kaynağı güneştir [2].

GES PROJELERİNDE HARİTA MÜHENDİSLİĞİ

Ülkemizde gerekli olan enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması amaçlanmalıdır. Güneşi Takip Eden Sistem: Genelde güneş enerjisi sistemleri güneye belli bir açıda yönlendirilmiş sabit sistemlerdir. Güneşi takip eden bir sistem ile yapılan bir çalışmada, 16 ay boyunca alınan ölçümler sonucunda, gelen güneş enerjisinden faydalanma %23 civarında olmuştur [1].

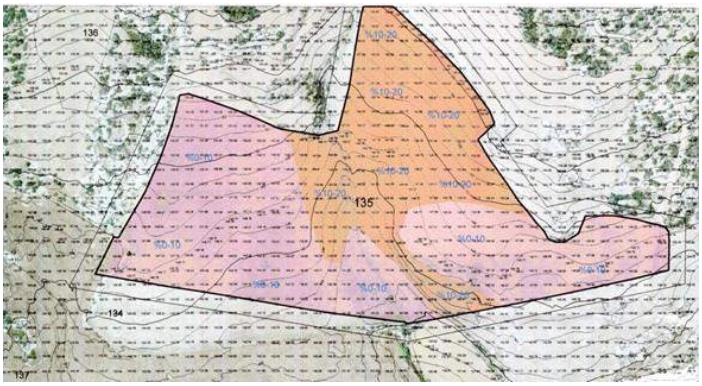
UYGULAMA

GES projelerinde harita mühendislerinin yaptığı çalışmalar [3];
- GES için uygun arazi seçiminin yapılması,
- Başvuru danışmanlığı ve kurulum için gerekli izinlerin alınması,
- TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından istenen kesin projelerin hazırlanması,
- Ön-fizibilite çalışmasının hazırlanması,
- Fizibilite çalışmasının hazırlanması,
- Kurulum ve saha danışmanlığı konularında mühendislik-proje hizmetleri,

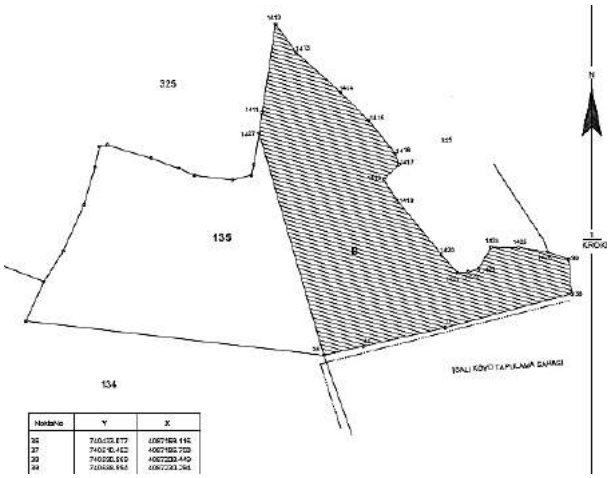
Güneş Enerji Santrali İçin Arazi Seçimi; GES için arazi seçiminde bulunurken dikkat edilmesi gereken hususlar [2, 4, 5];
- Arazinin eğimi,
- Arazinin özellikleri,
- DSİ sulama programının dışında olması,
- Maden arazisi statüsünde olmaması,
- Tarım dışı arazi statüsünde olması,
- Arazinin toprak türü,
- Çevresinde gölgelenmeye sebep olacak engel bulunmaması,
- Dağıtım şebekesine yakınlığı,
- Güneye cephe olması,

şeklinde sıralanabilir.
Bu maddeler dışında bir GES projesi için arazi bulunduğunda satın alma veya kiralama işlemi yapmak için aşağıdaki maddeleri de değerlendirmek gerekmektedir [2];
- Arazinin eğimi uygun mu? (Güneye eğimli olmasına dikkat edilmeli.)
- Ekstra arazi düzenleme veya hafriyat işlemi çıkacak mı?
- Araziye ulaşım için yol var mı?
- DSİ sulama arazisinde mi?
- Tarımsal arazi statüsünde mi? (Çevresinde ekili tarla olup olmadığı belirleyici etkenlerdir.)

Adana İli Ceyhan ilçesi X Mah. 135 Parselde kurulması planlanan 1000 kW kurulu güce haiz Güneş Enerjisi Santrali (GES) için arazide güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması planlanmıştır (Şekil 1-2). Söz konusu parselin arazi sınıfının belirlenmesi istenmiştir. 5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu ve ilgili mevzuat kapsamında ve arazinin yerinde yapılan inceleme neticesinde ilgili arazinin Kuru Marjinal Tarım Arazisi sınıfında olduğu ve çevre tarım arazileri ile tarımsal bütünlüğü bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 1: GES yeri hâlihazır haritası.



Şekil21: GES projesi için 1/25000'lik ölçü krokisi.

SONUÇ ve ÖNERİLER

- Başlıca mühendislik hizmetlerinden birisi olan Harita Mühendisliği, birçok alanda olduğu gibi yenilenebilir enerji projelerine duyulan gereksinimin artmasıyla birlikte büyük önem kazanmaya başlamıştır.
- Ülkemizde artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi kısıtlı fosil enerji kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık giderek artmaktadır. Bu durum yenilenebilir enerji projelerinin uygulanmasını zorunlu hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji projelerinin hazırlanmasından üretime geçiş aşamasına kadarki tüm işlem adımlarında Harita Mühendislerine büyük görev ve sorumluluklar düşmektedir.
- Kamusal planlama ve yerli kaynak kullanımını esas alan enerji politikalarının geliştirilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özel bir yer tutmalıdır. Enerjide ağırlıklı olarak dışa bağımlılığı azaltmanın tek çıkış yolu, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir.
- Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması, daha az dışa bağımlılık, gelecek kuşaklara bırakabileceğimiz yaşanabilir bir çevre için yenilenebilir enerji tek seçeneğimizdir.

KAYNAKÇA

[1] http://www.eie.gov.tr, (E. T.: 21.03.2018).
[2] Taktak, F., Ilı, M., Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği, Geomatik Dergisi, 2018; 3(1);1-21.
[3] http://www.mirsu.com/ges.htm, (E. T.: 25.03.2018).
[4] Güneş Santrali için Arazi Seçimi, http://www.enerjibes.com/gunes-santrali-icin-arazi-secimi/, 2017.
[5] Güçlüer, D., Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bil. Ens. İstanbul, 2010.

Ambalaj Endüstrinde Enerji Verimliliği Ön Etüt Uygulamaları
Energy Efficiency Pre-Analysis Applications in Packaging Industry

Gökhan EkremÜSTÜN1
Fatih Eray OKUR 2
Canpolat ÇAKAL3

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Görükle-Bursa, Türkiye, gokhaneu@uludag.edu.tr
[2]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, fokur@btsomesyeb.com.tr
[3]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, ccakal@btsomesyeb.com.tr

Özetçe—Enerji bir ülkede ekonomik faaliyetlerin temel girdisi olması bakımından en önemli değer ve zenginlik kaynağıdır. Bir ülkenin enerji politikasının temelini, üretimde kullanılan enerjinin yeterli miktarda, kesintisiz, en az maliyetle, çevreye en az zarar veren yöntemlerle ve güvenilir bir şekilde temin edilmesi koşulları oluşturur. Bu kapsamda, ülkemizin jeopolitik konumu ve gereksinimleri doğrultusunda Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde ivme kazanması gereken ihtiyaç-odaklı alanlar içerisinde enerji de belirlenmiştir [1]

Örnek uygulama Bursa'da faaliyet gösteren poşet ve ambalaj üretimi yapan bir işletmede yapılmıştır. İşletme, 7000 m2 kapalı alan içinde yıllık 22.000 ton ambalaj üretimi yapmakta ve ortalama 523 TEP/yıl (Ton Eşdeğer Petrol) enerji tüketim potansiyeline sahiptir. İşletmenin üretim alanları;

a. Baskı

b. Ekstruder

c. Grafik tasarım

d. Kesme ve dilimleme

e. Laminasyon bölümlerinden oluşmaktadır.

Enerji verimlilik analizleri, bir metodolojiye bağlı olarak ele alınmış, elektrik ana enerji kaynağı olmak üzere, önemli enerji kullanıcılarına bağlı fırsatlar değerlendirilmiştir. Bu kapsamda 2015-2016 yılları baz alınmış ve 2017 yılı tüketimleri üzerinden tasarruf potansiyelleri irdelenmiş ve %17'lik bir enerji tasarruf potansiyeli hedef olarak öngörülmüştür. Bu toplam enerji tüketiminde 389.861,96 TL/yıl'lık bir mali tasarrufa karşılık gelmektedir. Çalışmada enerji verimliliğinin geliştirilmesi için 5 yatırım gerektirmeyen fırsat, 6 az yatırım gerektiren fırsat ve 4 adet yatırım gerektiren fırsat tanımlanmıştır. Özellikle basınçlı hava, geri dönüşüm ve balon şişirme bölümlerinde bir proje çalışması yapılabileceği de tespit edilmiştir. Ayrıca bu bölümlere ek olarak soğutma sistemleri, elektrik motorları için detay etüt çalışmalarının yapılması (detay etütler; sistem etkinliği, alternatif çözümler, yaşam döngü analizleri ve yatırım çözümleri ile finans modellerini içermelidir) öncelikle önerilmiştir.

Gerçekleştirilen etüt çalışması ile işletmede enerji verimliliği ve tasarrufu için potansiyel hesaplamalar ortaya konmuş ve ele alınması gereken önemli noktalar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — enerji verimliliği merkezi, enerji verimliliği, enerji etütleri, ambalaj sektörü.

Abstract— Energy is the most important value and wealth source as the basic input of economic activities in a country. The basis of an energy policy of an country should be created a reliable way of providing conditions related to a sufficient amount of energy used in production, continuously, minimum cost, and with minimal damage to the environment. In this context, energy has also been identified in need-focused areas that need to be developed in the direction of our country's geopolitical position, requirements, R & D and innovation activities. [1]

The sample application was made in a company in Bursa that produces bags and packaging operating. The company produces 22,000 tons of packaging per year in a

closed area of 7000 m2 and has an average energy consumption potential of 523 TOE/year (Ton equivalent Oil). Production areas of the company are given as below;

a. Printing

b. Extruder

c. Graphic design

d. Cutting and slicing

e. Lamination

Energy efficiency analyzes were dealt with in a methodology, assessed the opportunities associated with important energy users, including the main energy source of electricity. In this context, 2015-2016 years were based on and efficiency potential are examined according to 2017 consumption. In the analyzes, energy saving potential with 17% is predicted as a target. This corresponds to a financial saving of 389.861,96 TL/year in total energy consumption. To improve energy efficiency in analyses, some opportunities were defined as 5 not require investment, 6 less require investment and 4 require investment. Particularly in compressed air, recycling and balloon inflating parts, a project study could be done. In addition to these sections, Detail studies (detailed studies should include system efficiency, alternative solutions, life cycle analysis and investment solutions and finance models) for cooling systems and electric motors primarily been proposed.

Potential calculations for energy efficiency and savings were made with the audit conducted and important points were determined.

I. GİRİŞ

Yıllık 22000 ton ambalaj üretim kapasitesine sahip fabrika, 2015-2017 yılı olmak üzere üç yıllık enerji tüketim verileri üzerinden değerlendirmeye alınmıştır. Alınan verilere göre, fabrikanın yıllık ortalamada 523,24 TEP/yıl enerji tüketen bir işletmedir.

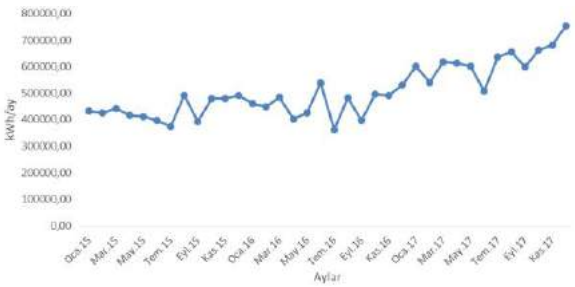
İşletme; 2015 yılı baz alındığında 2016 yıl tüketimini %5,85 arttırırken (Üretim %3,85 artmış), 2016 yılı baz alındığında 2017 tüketimini %34,87 artmıştır (Üretim %34,28 artmış). 2017 yılı ile 2015 yılını karşılaştırdığımızda bu artış oranı %42,76'lık bir değere sahip olduğu görülmektedir ((Üretim %39,46 artmış). Bu kapsamda üretim dışı sınırlı olmasına karşın özellikle üretim ve tüketimde bir denge dikkat çekmektedir.

İşletmenin enerji üretim ilişkisi işletmenin üretim akışıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Ancak işletmede verimliliğin değerlendirilmesi üretim süreçlerinde ele alınacak analizlerle ilişkilidir.

II. ENERJİ VERİMLİLİK ANALİZLERİ

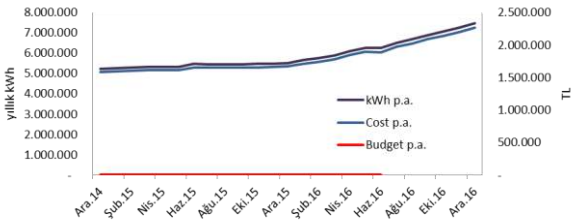
Enerji verimlilik analizlerinde işletmede kapsam ve sınırlar öncelikle ele alınmıştır. Mevcut yapıda enerji kaynağı olarak elektrik incelenmiş, üretim süreçleri bütünlük içinde değerlendirilmiştir. İşletmede üç yıllık veriler sorgulanmış, ürün ilişkisi incelenmiştir. Bu süreçte ürünün doğrudan bir spesifik değişken olarak tanımlanması incelenmiştir. Spesifik değişken enerji ile ilişki geliştirmek için önemli bir parametredir. Bu yönüyle her bir enerji kaynağı için enerji verimlilik analizinde ele alınmıştır.

İşletmenin elektrik tüketiminin üç yıllık analizleri bütünlük içinde aylık tüketimler yönüyle ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre aylık dağılımları Şekil 1'de görülebilir.



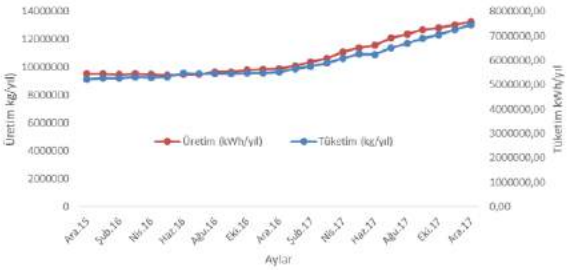
Şekil 1. Aylık elektrik tüketimi

Bu tüketim dağılımlarında her üç yıl da dalgalanmalarda son yıllarda tüketim artışı dikkat çekicidir. Ancak en düşük ayların 2016 Temmuz ayı olduğu görülmektedir. İşletmenin enerji performansını değerlendirmenin bir başka yönü yıllık değişimlerdir. Aşağıda işletmenin yılık tüketim ve üretim değişimi verilmiştir. 2014 yılı Ancak her üç yılın dağılımında Kasım ve Şubat aylarında oldukça sert değişimler dikkat çekmektedir. 2014 yılından itibaren yıllık değişimler gözlenmiştir. Yıllık dağılım değişimleri Şekil 2'de görülebilir.



Şekil 2. Yıllık elektrik tüketim dağılımı

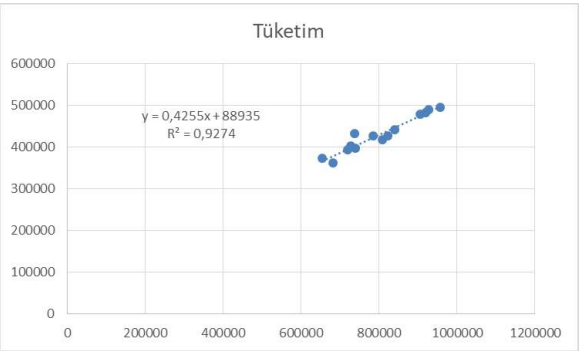
Yıllık birim maliyet değişimlerinin oldukça sınırlı olduğu yükte, toplam değişim %43'leri bulmuştur. Mali yükün de birlikte değişi gösterdiği süreçte yıllık üretimle tüketim arasındaki ilişki incelenmiş sonuçlar Şekil 3'da verilmiştir.



Şekil 3. Yıllık elektrik tüketim ve toplam üretim dağılımı

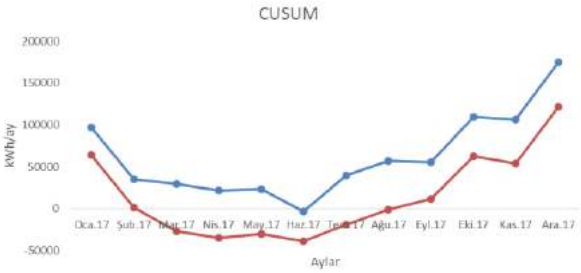
Yıllık bazda üretim dalgalanmaları olsa da, elektrik tüketimi ile üretim arasında bir paralellikten söz edilebilir. Bu durumda üretim elektrik analizinde bir spesifik değişken olarak görülmüştür. Çalışmada 2015, 2016 yılı baz alınmış ve elektrik için geçerli denklem oluşturulmuş ve 2017 yılı bu yönüyle incelenmiştir. Ayrıca tüketimin farklı değişkenlerle ilişkisi de ele alınmıştır. Buna göre özellikle kış şartlarının etkilendiği HDD (Isı derece gün) koşulları ve CDD (soğutma derece gün) değerleri tüketimle analiz edilmiştir.

2017 yılı enerji verilerinin 2015-2016 yılına göre tüketimler incelendiğinde, sadece beklenen tüketim verileri üzerinden elektrikte %1,3'lük bir değişim ortaya çıkmıştır. Böylelikle işletmenin süreç değerlendirmede kullanabileceği bir denklem tanımlanmıştır. İşletmenin tüketim dağılımları üretim yükleriyle referans alınan doğru denklemi, R^2 değeri 82,49 için y==(0,5465*Üretim)+9581 olan bir doğru denklemi olarak tanımlanmıştır. İşletmenin Mevcut verileri üzerinden hedef değerlendirmesi ele alınmış ve işletmenin oluşabilecek dağılımları incelenmiştir. Buna göre tüketimle ilişkili doğru denklemi tanımlanmış dağılımlar Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Elektrik değişkenleri ve regresyon sonuçları

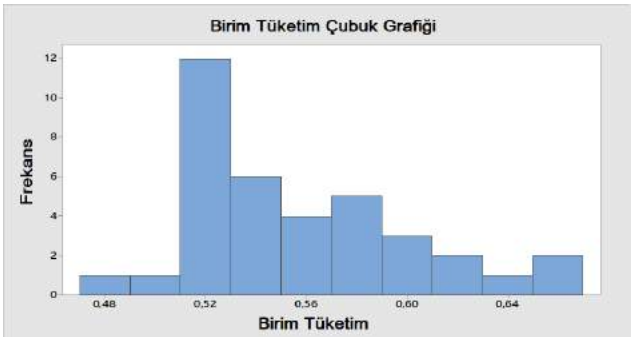
Spesifik değişkenin üretim olduğu doğru denklemi, R^2 değeri etkin olduğu görülmüştür. R^2 değeri 92,74 olarak standart doğru denklemi, y=88935+(0,4255*Üretim) olarak bulunmuştur. Bu değer işletmenin standart tüketimi ile değerlendirilmiştir. İşletmede hedef tüketime bağlı tasarruf maliyet potansiyeli 227047,5 TL/yıl olarak tespit edilmiştir. Buna göre standart tüketim ve hedef tüketimleri analiz edilerek CUSUM grafiği oluşturulmuştur(Şekil 5)



Şekil 5. Standart ve hedef CUSUM grafiği

Standart hedef tüketiminde %3 hata payı ile saptanan tüketim eğrisinde, işletmenin enerji tüketim eğrisi hazirandan itibaren yukarı bir seyir izlemiştir. Bu üretim artışına rağmen enerji tüketimindeki yükselen etki işletme için olumsuz görülmelidir.

İşletmede tüketim değerlendirmesi için enerji tüketim histogramı değerlendirilmiştir. İşletmede dağılım oldukça ilginç bir yapı göstermektedir. İşletmenin dağılımları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Tüketim histogramı

Tüketim dağılımlarında 0,52 kWh tüketimle oldukça yaygın bir performans dikkat çekicidir. Birim tüketimlerde bu dağılımda bir performans değeri olabilir. Bu kapsamda en iyi performans üzerinden işletmenin hedef tüketimleri ile standart tüketimler aylık bazda değerlendirilmiştir.

İşletmede iyi performans referans alınarak sağlanabilecek tasarruf, 2017 yılı için yaklaşık %17 ve 1286673,14 kWh/yıl olmak üzere toplam 389861,96 TL/yıl

olabileceği görülmektedir. Bu değerlendirme işletme verileri incelendiğinde daha da anlam kazanmıştır.

İşletme için enerji verimliliği adına önerilen fırsatlar aşağıda tanımlanmıştır;

1.1 Yatırım gerektirmeyen fırsatlar

a. İşletmede bir enerji yöneticisi (sanayide enerji yöneticisi sertifikalı) istihdam edilerek enerji yönetim alt yapısı oluşturulmalıdır.

b. Proseslerde işletme parametreleri gözden geçirilmelidir. Özellikle basınçlı hava tüketimi ve balon proseslerinde işletme parametreleri, enerji verilerini doğrudan etkilemelidir.

c. Satın alma süreçlerinde özellikle motor tercihlerinde enerji etiketi sorgulanmalıdır. Bir yüksek enerji sınıfını tercih etmek %12 tasarruf sağlayacaktır.

d. Aydınlatma genel enerji tüketimiyle oldukça düşük bir paya sahiptir. Ancak lüks değerleri iş güvenliği yönüyle düşüktür. Aydınlatma verimliliği %55 olarak bulunmuştur. Aydınlatmada floresan tercihlerinde elektronik balast tercihi önemlidir.

e. Sistemlerde işletme yük değerleri doğrudan enerji tüketimiyle ilişkilidir. Bu yönüyle her ünite için yük sınırları tanımlanmalıdır.

1.2 Az yatırım gerektiren fırsatlar

a. Basınçlı hava tüketimlerinde özellikle kesme bölümünde yaklaşık bir inçlik hava atışı önemli bir problemdir. Bu makinaların mevcut kompresörle beslenmesi tüketimi arttıran bir durumdur. Bu ünitelerde lokal besleme planlanmalıdır.

b. Atık ünitesinde prosesten soğutmaya yaklaşık 80 °C'yi bulan sıcak su çıkışı görülmüştür. Anlık yükte önemli bir potansiyel olan bu değer işletmenin idari bina ısıtması dahil olmak üzere sıcak su ihtiyaçları için revize edilebilir.

c. Balon şişirmelerde soğutma hatlarında önemli ısı potansiyelleri görülmüştür. Bu proseslerde de enerji yük analizlerinin belirlenmesi için detay etütler yapılmalıdır.

d. İşletmenin idari bina yüzeylerinde önemli sayıda klima görülmüştür. Bu klimalar ortam ısısının yükselmesine neden olduğu gibi, kondenser soğutmada ortam havasını kullandığı için enerji tüketimleri arttırmaktadır. Bu yönüyle idari bina ihtiyaçlarına göre tüketimler değerlendirilmeli ve alternatifler üretilmelidir.

e. Motor yükleri, bazı motorlarda %30 seviyesindedir. Bu motorların yük performansları değerlendirilmelidir. Bu tür motorlarda işletme parametreleri üretim programı ile birlikte ele alınmalıdır.

f. Üretimde çalışan tüm personele enerji verimliliği, önemli enerji kullanıcıları, üretimde enerji verimli davranışlar, enerji yönetimi konusunda farkındalık eğitimlerinin verilmesi planlanmalıdır. Bu tür eğitimlerin, işletmede enerji kullanım yoğunluğuna bağlı olarak % 3-15 arasında bir katkı sağladığı görülmüştür.

1.3 Yatırım gerektiren fırsatlar

a. Basınçlı hava sistemi işletmenin önemli bir problemi olarak görülmüştür. Bu konuda işletmenin bütüncül yükü de dikkate alınarak, son bölümde lokal olmak üzere alternatif bir proje çalışması yapılmalıdır.

b. Soğutma sisteminde yasaklı R22 gazı kullanan sistem, oldukça düşük verimde çalışmaktadır. İhtiyaçlarda istenilen soğutma etkinliğinin sağlanamadığı, enerji maliyetlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu kapsamda mutlaka bir revizyon ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir.

c. Atık proseste önemli atık enerji potansiyelinin olduğu ve bu atık enerjinin işletme ihtiyaçlarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

d. Özellikle ekstrüzisyonlarda 150 °C'leri bulan atık ısı dikkat çekicidir. Bu konuda işletme için kullanılabilecek bir başka atık kaynak olarak görülebilir.

Gerçekleştirilen etüt çalışması ile işletmede enerji verimliliği ve tasarrufu için potansiyel hesaplamalar ortaya konmuş ve ele alınması gereken önemli noktalar tespit edilmiştir.

VI. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma "Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi" tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2010, Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Stratejisi 2011-2016.

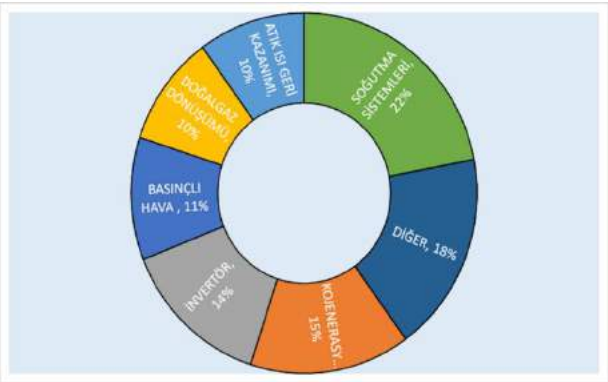
Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği Uygulamaları
Energy Efficiency Applications in Textile Sector

Gökhan EkremÜSTÜN[1]
Fatih Eray OKUR [2]
Canpolat ÇAKAL[3]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Görükle-Bursa, Türkiye, gokhaneu@uludag.edu.tr
[2]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, fokur@btsomesyeb.com.tr
[3]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, ccakal@btsomesyeb.com.tr

Özetçe—Enerji verimliliği kavramı, günlük hayatımızda olduğu kadar bu enerjinin çok büyük bir bölümünü kullanan endüstriyel tesislerde de hayati önem taşımaktadır. Verimlilik aynı işi daha az enerji kullanarak yapmaktır. Enerji verimliliği uygulamaları, ekonominin sürdürülebilir büyümesi, rekabet edebilirlik ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması ülkelerin geleceğe dönük hedef alanlardan bir tanesidir. Türkiye'de endüstriyel tesislerde yıllık 3,7 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) denk düşen bir enerji tüketimi mevcuttur. Yapılan bazı çalışmalar, Türk sanayisinde kullanılan enerjinin % 30'unun tasarruf edilebileceğini göstermektedir. [1]

Sanayide, ülkelerin yapısına bağlı olarak nihai enerji tüketimlerinde en yüksek paya sahip sektör Tekstil sektörüdür. Bursa'da faaliyet gösteren tekstil işletmelerinde gerçekleştirilen 'Detaylı Enerji Etütleri' ile belirlenen tasarruf potansiyelleri aşağıdaki grafikte verilmiştir;



Şekil 1. Tasarruf Potansiyelleri

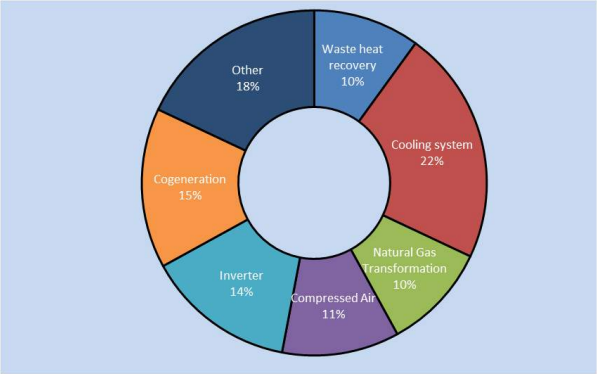
Grafikte tespiti yapılan enerji verimliliği potansiyelleri tekstil sektöründeki 11 firmanın enerji analizi neticesinde oluşturulmuş ve aşağıda belirtilen örnek uygulama projesi sonuçları elde edilmiştir;

Örnek çalışma ile tekstil fabrikasında hayata geçirilecek enerji verimliliği uygulamaları için 933.127 TL'lik yatırım uygulaması neticesinde yıllık olarak 536.449 TL'lik enerji tasarruf potansiyeli olduğu ve 20 ayda kendisini amorti edebileceği hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler — amortisman, enerji verimliliği, enerji etütleri, tekstil sektörü.

Abstract—Energy efficiency is vital for industrial plants that use a large portion of this energy as much as it is in our daily lives. Efficiency means doing a job with less energy. Energy efficiency processes, growth of the economy, competition and reduction of adverse environmental impacts are the main target areas of the countries. annual 3.7 million TOE (tons of oil equivalent) of energy consumption in industrial plants in Turkey. Some research shows that 30% of the energy used in Turkish industry can be saved.

Textile sector, which has the highest share in final energy consumption depending on the structure of the countries in the industry. Saving potentials determined by "detailed energy studies" carried out in textile enterprises operating in Bursa are given in the following graphic;



Graphic 1. Saving Potentials

The energy efficiency potentials shown in the graph are generated in the context of the energy analysis of 11 firms in the textile sector and the following sample project results are obtained.

As a result of the investment study of 933,127 TL for energy efficiency applications which will be used in the textile factory, it is estimated that energy saving potential is 536,449 TL annually and it can be amortized in 20 months.

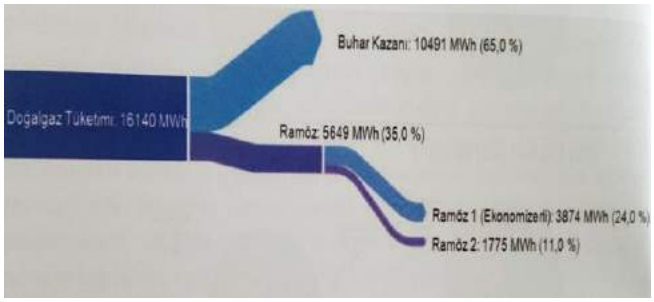
Keywords —depreciation, energy efficiency, energy studies, textile sector.

I. GİRİŞ

Enerji ithalatının toplam ithalatımızın yaklaşık dörtte birini oluşturması nedeniyle, önümüzdeki dönemde küresel enerji piyasalarındaki fiyat ve arz gelişmeleri, Türkiye ekonomisini hem büyüme dinamikleri hem de cari açık açısından etkilemeye devam edecektir. Enerjide dışa bağımlılığımızı azaltmaya yönelik alternatif politikalar oluşturulması, büyüme ve cari açık üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır. Bu kapsamda, arz tarafında linyit başta olmak üzere yerli kaynakların daha fazla değerlendirilmesi, nükleer enerjinin elektrik üretimi amacıyla kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının yükseltilmesi önem taşımaktadır. [2]

TTSİS (Türkiye Tekstil Sanayi İşverenleri Sendikası) 2005 verilerine göre boya terbiye işletmelerinde enerji maliyeti, % 16'lık oranla önemli maliyet bileşenleri arasında gösterilmektedir. Bu bilgiye göre enerji maliyetleri ürün birim fiyatını önemli oranda etki etmektedir. Bu yüzden enerji verimliliği rekabet edebilirliğin ve sürdürülebilirliğin önemli aktörlerinden biridir. Çünkü en ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir. Bu bakış açısı göz artı edilmeden tüketilen enerjinin verimli kullanılması sektörün en büyük hedefi olmalıdır. [3]

II. BİR BAKIŞTA DOĞALGAZ TÜKETİMİ



Şekil 2. Doğalgaz Tüketim Analizi

Yukarıdaki Sankey diyagramında fabrikanın doğalgaz tüketim analizi ortaya konulmuştur. Fabrikanın doğalgaz tüketimi büyük oranda buhar kazanı ve ramöz makinasında gerçekleşmektedir. Ayrıca idari binanın ısıtılması amacıyla kombi cihazında da doğalgaz tüketimi vardır. Ancak tüketim değerleri çok düşük olduğundan dikkate alınmamıştır. Bu veriler doğrultusunda enerji etüt çalışmasında söz konusu noktalara daha fazla odaklanılarak ölçüm ve analizler yapılmış elde edilen veriler detaylı olarak incelenmiştir. 2013 yılının son aylarında devreye alınan ısı geri kazanımsız ramöz makinası ile ısı geri kazanımlı ramöz makinalarının doğalgaz tüketimleri karşılaştırılması yapılmıştır. Ramöze uygulanan ısı geri kazanımının 1. Ünitesi (havadan havaya ısı eşanjörü) ile % 20 oranında enerji tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir. Isı geri kazanımının 2. Ünitesi (havadan suya ısı eşanjörü) ile 70° C ' de sıcak su elde edilerek fabrikanın muhtelif yerlerinde kullanıldığı görülmüştür.

III. BİR BAKIŞTA ELEKTRİK TÜKETİMİ

Şekil 3. Elektrik Tüketim Analizi

Fabrikanın elektrik tüketimi analizinde yine yukarıdaki Sankey diyagramı vasıtasıyla ortaya konulmuştur. İşletmenin elektrik tüketimlerinin büyük bir bölümü kumaş boyama, iplik boyama ve dokuma ünitelerinde gerçekleşmektedir. İdari bina ve şu anda kullanım dışı olan devere makinasının elektrik tüketimleri oldukça düşüktür. Bu sebeple detaylı ölçüm ve analizler söz konusu üç ünitede gerçekleştirilmiştir.

IV. ÖNEMLİ ENERJİ ALANLARINA GENEL BAKIŞ

Bu çalışma kapsamında Sankey diyagramları vasıtasıyla doğalgaz ve elektrik tüketiminin yoğun olduğu bölümler ortaya konmuştur. Söz konusu bölümler başta olmak üzere fabrikanın incelendi. Önemli enerji kullanım noktalarında ölçümler yapılarak enerji tüketimlerinin analizi ve mevcut durum tespiti yapıldı.

Ayrıca tesisat ve ekipmanların yalıtımları, atık ısı geri kazanımı ve basınçlı hava kaçakları gibi konularda ele alınmış olup, gerekli gözlem, ölçüm ve hesaplar sonucu detaylı bir çalışma ortaya konmuştur. Bu çalışmada enerjinin geri kazanımı konusunun irdelenmesi ve enerji kayıplarının önlenmesine yönelik tedbirlerin teknik ve ekonomik boyutları ile ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yapılan bu enerji etüdü çalışmasında toplam tüketilen enerjinin yaklaşık % 78'ni doğalgaz % 22'sinin ise elektrik tüketiminin oluşturduğu belirlenmiştir. Bu tespit doğrultusunda doğalgaz tüketiminin olduğu noktalar ağırlıklı olmak üzere elektrik tüketiminin yüksek olduğu noktalarda detaylı çalışmalar yapılmıştır.

V. FIRSATLAR

Enerji verimliliği potansiyelleri tekstil sektöründeki 11 firmanın enerji analizi neticesinde oluşturulmuş ve aşağıda bu 11 firma içinden belirlenen örnek uygulama projesi sonuçları açıklanmıştır;

A. Kondens hattı izolasyonu

28 ^{0}C ortam sıcaklığında, ortalama 80 ^{0}C yüzey sıcaklığına sahip kondens hatlarında izolasyon eksikleri nedeniyle ısı kayıpları meydana gelmektedir.

Yaklaşık 3.967 TL'lik bir yatırım maliyeti ile yıllık 24.827 TL'lik bir tasarruf miktarı elde edilebilmektedir.

B. Boya makinalarında yalıtım uygulaması

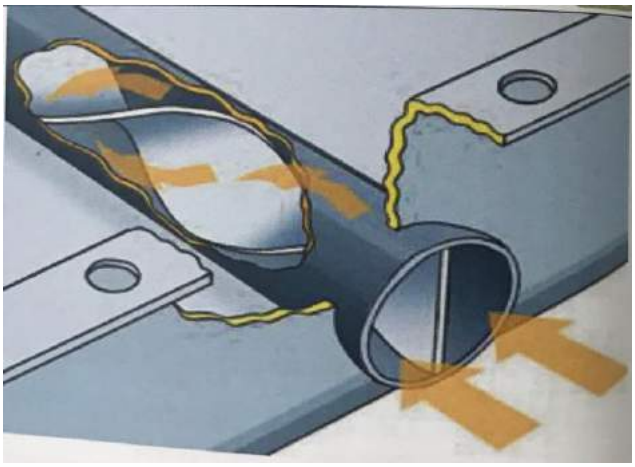
80 ^{0}C yüzey sıcaklığına sahip jet boya makinalarında yüksek ısı kayıpları oluşmaktadır.

Projede belirlenen 157.736 TL'lik bir yatırım ile yıllık 32.390 TL'lik bir tasarruf imkanı belirlenmiştir.

C. Buhar Vana İzolasyonu

Yüzey sıcaklığı 160 ^{0}C ye varan buhar hattı vanalarında yüksek ısı kayıpları oluşmaktadır. Bu yüzeylerin izolasyonu ile 2.200 TL'lik bir yatırımlar yılda 9.446 TL'lik bir tasarruf imkanı belirlenmiştir.

D. Yakma Sistemlerinin İyileştirilmesi



Şekil 4. Türbülatör Montaj Planı

Buhar kazanında baca gazı sıcaklığından kazan içerisinde faydalanılması için buhar kazanı içerisine türbülatör konulması planlanmıştır. Böylece 2.000 TL yatırım ile 11.833 TL'lik bir tasarruf tespit edilmiştir.

E. Buhar Kazanı Ekonomizeri

Buhar kazanı sistemlerinde ekonomizer kullanılmaması, yüksek baca gazı sıcaklığının yararlanılmadan atmosfere verilmesine neden olmaktadır. Projede tespiti yapılan baca gazı ekonomizeri için 80.000 TL'lik bir yatırım ile yıllık 30.240 TL'lik bir tasarruf sağlanabileceği tespit edilmiştir.

F. Kondenstop Kaçaklarının Giderilmesi

Buhar hatlarındaki termal çekimler sonucunda kondenstoplarda buhar kaçakları tespit edilmiştir. Bu kaçakların giderilmesi neticesinde 17.850 TL'lik bir yatırım gerekmekte ve bu yatırımın firmaya kazancı yıllık 110.088 TL olacaktır.

G. Brülör Fan Motoruna İnvertör Eklenmesi

İnvertör uygulaması ile brülör fan motorunun elektrik tüketiminde %20 enerji tasarrufu sağlanacaktır.

H. Flaş Buhar Tankı İlavesi

Flaş buhar tankı kullanarak, buhar atmosfere atılmadan degazör sisteminde buhar ihtiyacının karşılanması için tekrar değerlendirilmesi enerji tasarruf imkanı sağlamaktadır.

İ. Ramöz Cihazı İnfrared Brülör Değişikliği

Şekil 5. Ramöz Kurutma Cihazı

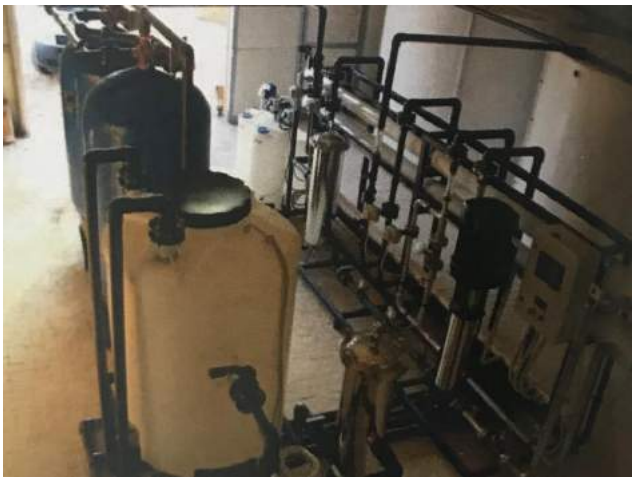
Ramöz makinalarında kullanılan brülör yerine infrared doğalgazlı panel ısıtıcı kullanılması enerji tasarrufu sağlayacaktır. Fakat bu iyileştirmenin geri dönüş süresi uzundur.

J. Kompresör Soğutma Yağı Atık Isı Geri Kazanımı

Şekil 6. Soğutma Yağı Atık Isı Geri Kazanımı

Yapılan ölçümler kompresör soğutma yağının sıcaklığının 70 ^{0}C civarlarında olduğu tespiti yapılmış ve bu enerjinin başka bir alanda değerlendirilmesi enerji tasarrufu sağlayacaktır.

K. Ters Osmoz Kimyasal Arıtma Uygulaması



Şekil 7. Arıtma Sistemi

Kondens suyunun iletkenlik değerinin artmasından dolayı yüzey ve dip blöf yapılmaktadır. Yapılan blöf sonucunda yüksek sıcaklıktaki su buharı dışarı atılmaktadır. Bu durumda ciddi enerji kaybına neden olmaktadır. Ters ozmos arıtma ile düşük iletkenlik değerlerinde daha az blöf yapılacaktır.

L. Aydınlatma Sisteminin İyileştirilmesi

Tesis bünyesinde lüks değeri düşük ve yüksek elektrik tüketen cıva buharlı armatürler tespit edilmiş. Bunların daha az enerji tüketen armatürlerle değiştirilip enerji tasarrufu sağlanması planlanmıştır.

VI. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma “Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi” tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Prof. Dr. Mehmet Kanoğlu,Gaziantep Üniversitesi,Makina Mühendisliği Bölümü,Mart 2010, Gaziantep, Enerji Verimliliği Örnek Projeleri, syf 1, Bölüm giriş

[2] http://web2.bilkent.edu.tr/wp-content/uploads/sites/16/2016/03/KalkinmaBakanligiOnuncuKalkinmaPlani2014_2018.pdf

[3] https://greenyikama.weebly.com/uploads/2/1/2/8/21280136/tekstil_terbiye_sektrnde_enerjinin_verimli_kullanm.pdf

Enerji Verimliliği Merkezi ve Bursa Örneği
Energy Efficiency Center and Bursa Example

Gökhan EkremÜSTÜN[1]
Fatih Eray OKUR [2]
Canpolat ÇAKAL[3]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Görükle-Bursa, Türkiye, gokhaneu@uludag.edu.tr
[2]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, fokur@btsomesyeb.com.tr
[3]Enerji Verimliliği Merkezi, Mesleki Yeterlilik Sınav ve Belgelendirme Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası, Bursa Türkiye, ccakal@btsomesyeb.com.tr

Özetçe— Enerjinin ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biri olduğu, yaşam standartlarının yükseltilmesinde hayati bir rol oynadığı bilinmektedir. Sürdürülebilir bir kalkınmanın sürekli ve kaliteli bir enerji arzıyla mümkündür. Enerji verimliliği hem enerjinin üretimi ve iletimi, hem de tüketimi alanında genel etkinlik çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Bir tarafta daha az maliyet ve daha az birincil kaynak kullanımıyla daha çok enerji üretimi yönünde çalışmalar sürerken, diğer tarafta aynı miktar enerjiyle daha çok iş yapılması veya aynı miktar işin daha az enerji tüketilerek yapılması konusunda çeşitli çalışmalar yürütülmekte, tedbirler geliştirilmekte, politika ve stratejiler üretilmektedir [1].

Enerji Verimliliği Derneği Bursa şubesi ve Bursa Ticaret ve Sanayi Odası (BTSO) Enerji konseyinin ortak çalışmaları neticesinde BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı)'nın desteği ile Ocak 2016'da Enerji Verimliliği Merkezi (EVM) 1.250.000 TL'lik bir yatırımla Bursa'da hayata geçirilmiştir. Merkez;

- Enerji verimliliği uygulamalı eğitimleri
- Enerji verimliliği etütleri
- Enerji yönetim sistemi danışmanlığı
- TÜRKAK tarafından akredite edilmiş enerji laboratuvarı ile ölçüm hizmeti
- Alternatif enerji kaynakları çözümleri hizmeti
- Sera gazı izleme ve karbon ayak izi hesabı hizmeti
- Uygulama ve projelendirme hizmeti

gibi enerji verimliliği ve çevre alanında hizmetler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler — enerji verimliliği merkezi, enerji verimliliği, enerji etütleri, enerji verimliliği eğitimi

Abstract— It is known that energy is one of the basic components of economic and social development and plays a vital role in raising living standards. Sustainable development is possible with continuous and high quality energy. Energy efficiency includes both the transmission of production and energy, as well as the overall efficiency of consumption.

Work is continuing towards more energy production with less cost and fewer primary sources. Various studies are being carried out, measures are being developed, policies and strategies are being produced, with the same amount of energy being used to do more work or the same amount of work being consumed with less energy.

Bursa Chamber of Commerce and Industry (BTSO) Energy Efficiency Center (EVM) was established in Bursa with an investment of 1.250.000 TL in January 2016 with the support of BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Development Agency).

Center;

- Energy efficiency practical trainings
- Energy efficiency analyzes,
- Energy management system consultancy
- Measurement service with energy laboratory accredited by TÜRKAK

• Alternative energy resources solutions service

• Greenhouse gas monitoring and carbon footprint account service

• Application and projecting service

such as energy efficiency and environmental services.

Keywords — energy efficiency center, energy efficiency, energy analyzes, energy efficiency training.

I. GİRİŞ

Enerji Verimliliği Derneği Bursa şubesi ve Bursa Ticaret ve Sanayi Odası (BTSO) Enerji konseyinin ortak çalışmaları neticesinde BEBKA (Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı)'nın desteği ile Ocak 2016'da Enerji Verimliliği Merkezi (EVM) 1.250.000 TL'lik bir yatırımla Bursa'da hayata geçirilmiştir. Merkezde;

II. BUHAR KAZANI ÜNİTESİ

Şekil 1. Buhar Kazanı Eğitim Ünitesi

Buhar kazanı sistemi; buhar kazanı verimliliğinin nasıl hesaplanabileceği, farklı enerji verimliliği uygulamalarının etkilerinin ölçümler ve hesaplamalar ile deneysel olarak tecrübe edilmesini amaçlamaktadır. İstasyon bünyesinde, hatalı ve doğru uygulamaların karşılaştırılabileceği farklı senaryoların simüle edilebileceği, güncel teknolojinin el vermiş olduğu en yüksek emniyet standartlarına göre tasarlanmıştır. Buhar kapanı eğitim ünitesinde; çeşitli tiplerdeki sağlam ve arızalı kondenstopların çalışma farklılıkları, bunların dışarıdan ölçümlenmesinin tecrübe edilmesi ve otomatik kaçak kontrol sistemlerinin uygulaması gösterilmektedir.

III. POMPA EĞİTİM ÜNİTESİ

Şekil 2. Pompa Eğitim Ünitesi

Pompa eğitim ünitesi ile aynı işin açık ve kapalı devre sirkülasyonu ile yapılması arasındaki enerji farkı, hatalı hat tasarımı ile ideal hat tasarımı arasındaki enerji farkı, hatalı pompa seçimi ile ideal pompa seçimi arasındaki enerji farklarının öğrencilere deneyimlendirilmesinin yanı sıra, doğru ve uzun ömürlü kullanım için gerekli olan teknik bilgiler de öğretilebilmektedir.

IV. BASINÇLI HAVA ÜNİTESİ

Şekil 3. Basınçlı Hava Eğitim Ünitesi

Basınçlı hava sisteminde debi ve basınç düşümüne, yanlış boru çapı seçiminin etkilerinin irdelenmesi, sistemdeki hava kaçaklarının, elektrik tüketimine olan olumsuz etkilerinin görülmesi ve verimlilik hesabının yapılması uygulamalı olarak görülebilmektedir.

V. SOĞUTMA ÜNİTESİ

Şekil 4. Soğutma Sistemi Eğitim Ünitesi

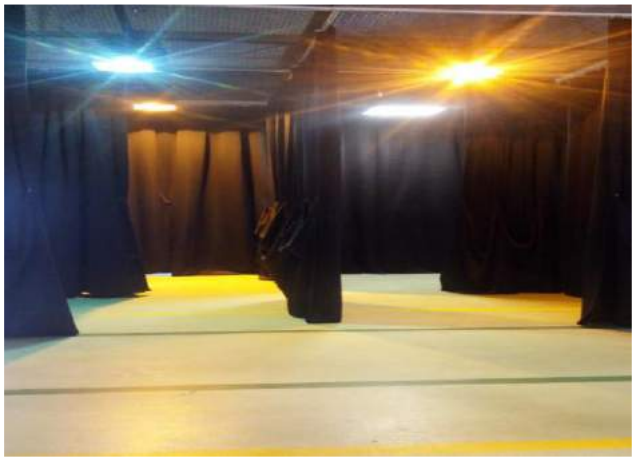
Soğutma ünitesi ile sistemde tüketilen enerji, elde edilen soğutma enerjisi ve sistemden atılan enerjilerin ölçülmesi, atık enerjilerin nerelerde değerlendirilebileceği uygulamalı olarak görülebilmektedir.

VI. FIRIN VE ISI GERİ KAZANIM ÜNİTESİ

Şekil 5. Fırın ve Isı Geri Kazanım Eğitim Ünitesi

Fırın Ünitesinde; Toplam enerjinin ne kadarı faydalı enerjiye dönüşür, Atık enerjinin geri kazanımı, Meydana gelen radyasyon kayıpları, Atık ısının soğutma gibi farklı amaçlar için kullanılıp kullanılamayacağı gibi çeşitli konuların ölçümlerle desteklenerek mühendislik hesapları yapılabilmektedir.

VII. AYDINLATMA ÜNİTESİ



Şekil 6. Aydınlatma Eğitim Ünitesi

Aydınlatma Ünitesinde; gaz deşarjlı metal halide, kompakt floresan lamba, gaz deşarjlı yüksek basınç sodyum buharlı, gaz deşarjlı alçak basınç sodyum buharlı, Led ve T5 Floresan armatürlerin akım, gerilim, güç(Aktif – Reaktif) değerlerinin irdelenmesi ve cos değerlerinin ölçülmesi ve karşılaştırılması imkanı sağlanabilmektedir.

VIII. ENERJİ VERİMLİLİĞİ MERKEZİ FAALİYETLERİ

- Enerji verimliliği uygulamalı eğitimleri
- Enerji verimliliği etütleri
- Enerji yönetim sistemi danışmanlığı
- TÜRKAK tarafından akredite edilmiş enerji laboratuvarı ile ölçüm hizmeti
- Alternatif enerji kaynakları çözümleri hizmeti
- Sera gazı izleme ve karbon ayak izi hesabı hizmeti
- Uygulama ve projelendirme hizmeti

gibi enerji verimliliği ve çevre alanında hizmetler sunmaktadır. Merkezin faaliyetleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır;

1. Uygulamalı Enerji Verimliliği Eğitimleri

Benzer uygulama tesisleri Türkiye'de 3 adet bulunmaktadır. Fakat BTSO EVM eğitimlerine farklılık katarak sertifikasyon eğitimlerinin yanı sıra sanayideki mavi yakalı çalışanlara ve farklı eğitim seviyelerindeki öğrencilere de uygulamalı eğitimler vermektedir. Enerji verimliliğinin kültür ve davranış değişikliği haline getirilmesi için; Buhar Kazanı Ünitesi, Buhar Kapanı

Eğitim Ünitesi, Pompa Eğitim Ünitesi, Basınç Hava Ünitesi, Soğutma Ünitesi, Fırın ve Isı Geri Kazanım Ünitesi, Aydınlatma Ünitesi eğitimleri verilmektedir. BTSO EVM kursiyerlerin sahada yaşayabilecekleri sıkıntıları, israfa neden olan davranışları ve sistemleri teorik eğitimlerin ardından tesiste simüle ederek adaylara görsel olarak göstermekte ve eğitimin etkinliğini artırmaktadır.

2. Enerji Verimliliği Etütleri

BTSO EVM ağırlıklı sanayi bölgeleri olmak üzere tüm Türkiye'deki sanayi kuruluşlarına enerji verimliliği etüt hizmeti vermektedir. Firmaların enerjileri analiz edilerek potansiyel verimlilikleri ortaya çıkarılmakta, ürünler ile enerji kullanımı ilişkilendirilmekte ve belirli metodolojilere dayandırılarak referans denklemler oluşturulup firmaların enerjisini otokontrol etmeleri sağlanmakta, mühendislik hesapları ile sistem çözümleri önerilmekte, tasarruf miktarları ve önemli enerji kullanıcıları belirlenip yatırım fırsatları belirlenmekte, yatırım miktarı, yıllık tasarruf oranı ve geri ödeme süreleri hesaplanarak ayrıntılı bir rapor halinde firmaya sunulmaktadır. Ayrıca proses verimlilikleri de akademisyenler ve sektörde deneyimli kişilerle beraber değerlendirilerek enerji verimliliğine doğrudan ve dolaylı olarak katkıları da raporla belirtilir. Etütler neticesinde işletmelerdeki makine ve ekipmanlar enerji verimliliği açısından ne kadar yüksek verimlilikte seçilirlerse seçilsin, kullanıcıların bilinç düzeyleri artırılmadığı takdirde etkin bir verimlilik sağlanamadığı tespit edilmiştir.

3. Enerji Yönetim Sistemi Danışmanlığı

BTSO EVM alanında deneyimli ve sektörde adı bilinen personelleri ile firmalara enerji yönetim sisteminin kurulmasında danışmanlık desteği vermektedir. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kullanıyor olmak firmaya;

- Enerji tüketiminin izlenmesi yoluyla performans hakkında bilgi edinilmesini,
- Uygulamaya konulan projeler yardımıyla enerji tüketimini azaltmayı,
- Enerjiden kaynaklanan masrafları kontrol altında tutarak azaltmayı,
- Mevcut cihaz ve ekipmanların kullanımını kontrol altında tutmayı,
- Verimliliğin artırılması ve yasalara uygunluğu,
- İsraftan kaynaklanan olumsuz çevre etkisini azaltmayı,
- Enerji bilinci ile ilgili olarak toplum içinde saygınlığı arttırmayı,
- Sera gazı emisyonlarının azaltılmasını,
- Diğer yönetim sistemleri ile entegrasyonu halinde kaynak tasarrufunu
- Sistematik bir yaklaşımla enerjinin bütüncül değerlendirilmesi ve firmadaki tüm paydaşların faaliyetlerinde enerji verimliliğini esas alacak şekilde hareket etmesini sağlamaktadır.

Ayrıca 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu gereğince Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının sağlamış olduğu VAP(Verimlilik Artırıcı Proje) teşvik programına başvurabilmek için firmaların ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi belgesine sahip olma zorunluğu vardır.

4. Akredite Ölçüm Laboratuvarı

BTSO EVM Türkiye'de TÜRKAK tarafından enerji alanında 17025 standartlarına göre akredite edilen ilk ve tek olarak laboratuvardır. Enerji alanında akredite ile ilgili herhangi zorunlu bir yasa olmamasına rağmen BTSO EVM müşterilerine ve enerji sektöründeki kuruluşlara hem örnek hem de nitelikli bir hizmet sağlamak için ölçümlerini uluslararası kabul görmüş standartlara göre gerçekleştirmekte ve TÜRKAK tarafından onaylı bir kuruluş olarak ölçüm raporlarını TÜRKAK onaylı vermektedir. TÜRKAK onaylı ölçüm raporları KOBİ kapsamındaki kuruluşlar için KOSGEB tarafından minimum %50 desteklenmektedir. (Destek oranları bölgelere göre farklılık arz etmektedir)

IX. BİLGİLENDİRME

Bu çalışma "Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Enerji Verimliliği Merkezi" tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] TC Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı (DAP), 2005, Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayisinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, S.1

Konutlar için Çatı Üstü PV Sistemlerinde Tasarım Kriterlerinin İncelenmesi

Analysis of Design Criteria in Roof-top PV systems for Residential Buildings

Erdal YILDIRIM[1]
Mehmet Azmi AKTACİR[2]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, erdaly@harran.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Bu çalışmada ortalama günlük elektrik tüketim profili belli bir konut için, hiç bir batarya sistemi kullanmadan kurulabilecek PV sisteminin optimum tasarım kriterlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Değişen azimut açılarında değişen eğimli yüzeye bir yıl boyunca düşen ışınım miktarları hesaplanarak maksimum güneş enerjisinin elde edilebileceği eğim ve yön tespit edilmiştir. Sonuçlar Şanlıurfa için yıllık optimum yönün Güney ve optimum yüzey eğiminin yaklaşık 30° olduğunu göstermiştir. %100 öz-tüketim değerlerinde CdTe PV teknolojisi için maksimum panel alanı optimum alan olarak belirlenmiştir. Bu konut için %100 öz-tüketim hedeflendiğinde PV panel alanının 9 m^2 olduğu görülmüştür. LCS değerinin maksimum olduğu noktada optimum öz-yeterlilik belirlenmiştir. Şanlıurfa iklim şartlarında günlük yaklaşık 27 kWh tüketime sahip bir konut için hiçbir enerji depolama olmaması durumunda CdTe teknolojisi için en ekonomik PV alanı 11 m^2 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler —optimum eğim; %100 öz-tüketim; PV panel alanı; ömür boyu tasarrufu.

***Abstract*—**In this study, it aimed to determine the optimal design criteria for the PV system installed without using any battery for a given residential building with an average daily electricity consumption profile. The amount of solar radiation on the varying slopes and azimuth angles is calculated for a year. The slope and the orientation, at which the maximum solar energy can be obtained, are determined. The results show that the optimum annual orientation for Şanlıurfa is south and the optimum slope is about 30°. The maximum panel area at 100% self-consumption values was determined as the optimum area. It is seen that the PV panel area is 9 m^2 when 100% self-consumption is targeted for this residence. Optimal self-sufficiency was determined at the point where the LCS value is maximum. In case of no energy storage, the most economical PV area for CdTe technology was found to be 11 m^2 for a residence with 27 kWh/day electricity consumption in Şanlıurfa climate conditions.

Keywords — optimum slope; 100% self-consumption; PV panel area; life-cycle savings.

I. GİRİŞ

PV sistemler konutlarda ve ticari binalarda tüketilen elektriğin bir kısmını karşılamak amacıyla kullanılan yenilenebilir enerji sistemlerinden birisidir. Bu amaçla binaya kurulması istenen PV sisteminin panel teknolojisinin ve alanının belirlenmesi gereklidir. PV sistemlerin elektrik üretim performansını meteorolojik ve coğrafik koşulların yanı sıra PV teknolojileri de etkilemektedir. PV sistemden optimum oranda faydalanmak için düşen ışınım miktarının maksimum olması ve panel alanının optimum olması gereklidir. Bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar vardır. Farklı teknolojilerdeki PV sistemlerinin ürettiği enerji, gerekli kurulum alanları ve bölgede üretilebilecek potansiyel güneş enerji miktarı açısından incelendiği çalışmalar mevcuttur [1]. Bunun birlikte tüm bir bölgenin [2,3], fiziksel, coğrafik ve teknik çatı üstü PV potansiyelleri incelenmiştir. Belirli bir PV teknolojisinin farklı yerleşim yerlerinde [4] ürettiği elektriğin, yatırım ve fayda-maliyet açısından incelendiği çalışmalar da vardır.

PV panellerin eğim ve azimut açısı elektrik üretimini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Literatürdeki çalışmalarda, genellikle güneye doğru yönlendirilmiş yüzeyler için optimum eğimler tespit edilmiştir. [5]'te

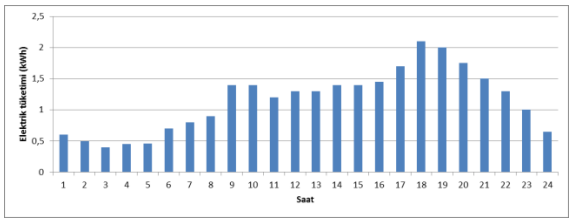
yıllık maksimum güneş enerjisi için panel eğiminin enlem açısına (φ) eşit ve güneye yönlendirilmesi önerilmektedir. [6]'da optimum eğim yaz ayları için (φ-34°) kış ayları için (φ+19°) olarak bulunmuştur. Yıllık eğim ise yaklaşık (φ-8°) olarak bulunmuştur.

Optimum panel alanının bulunmasına yönelik olarak [7]'de öz-tüketim ve öz-yeterliliğe ilişkin olarak optimizasyon yapılmıştır. Öz-tüketimi artırmak için farklı maliyetlerdeki bataryalar araştırılmıştır. [8]'de ise herhangi bir batarya ile depolama yapılmadan üretilen PV elektrik için, öz-tüketim %100 seviyelerindeyken öz –yeterlilik oranının geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada ortalama günlük elektrik tüketim profili belli bir konut için, hiç bir batarya sistemi kullanmadan kurulabilecek PV sisteminin optimum tasarım kriterlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bir PV sistemde üretilen elektrik enerjisi solar panel verimi (η), performans oranı (Pr), güneş ışınımı (I) ve panel alanına (A) bağlıdır. Bu çalışmada panel verimi PV teknolojine bağlı olarak sabit kabul edilmiştir. Pr değeri ise 0.75 olarak alınmıştır. PV sistemde üretilen elektrik enerjisinin optimum değerlerde olması için PV panel yüzeyine düşen güneş ışınım miktarının (I) ve panel alanının (A) optimum değerleri elde edilmiştir.

II. YÖNTEM

Bu çalışmada, günlük elektrik tüketimi yaklaşık 27 kWh olan bir konutun 24 saatlik elektrik tüketim profili [9] kullanılmıştır. Konutun elektrik tüketim profili Şekil 1'de gösterilmektedir. Evin elektrik ihtiyacını karşılamak için PV panelleri çatı yüzeyine monte edilecek şebekeye bağlı (on-grid) sistem tasarlanmıştır. Çatılara yerleştirilen PV paneller için yaygın olarak kullanılan PV panellerden birisi olan CdTe teknolojisi seçilmiştir.



Şekil 1. Konutun günlük elektrik tüketim profili

Bu çalışmada kullanılan yatay yüzeye düşen ışınım (I) değerleri 2014-2016 arasını kapsayan meteorolojik verilerdir. Onar dakikalık aralarla ölçülmüş verilerin ait olduğu saatteki ortalaması alınmış ve saat boyunca sabit değerde olduğu kabul edilmiştir. Eğik yüzeye düşen toplam güneş ışınımı değerlerinin hesaplanması için [5]'te verilen izotropik difüz model kullanılmıştır. Bu metotla eğik yüzeye düşen toplam güneş ışınımı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$I_T = I_b R_b + I_d\left(\frac{1+cos\beta}{2}\right) + I\rho_g\left(\frac{1-cos\beta}{2}\right) \quad (1)$$

Denklem (1)'in sağ tarafındaki ifadeler sırasıyla toplam güneş ışınımının direkt, difüz ve yerden yansıyan elemanlarıdır. I_b ve I_d değerleri yatay yüzeye düşen toplam direkt ve difüz ışınımları gösterir. Denklem (1)'de verilen β ise yüzey eğim açısıdır. Geometrik faktör R_b, her hangi bir zamanda eğik yüzeydeki direkt ışınımın yatay yüzeydeki ışınıma oranıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanır [5],

$$R_b = \frac{Cos\,\theta}{Cos\,\theta_z} \quad (2)$$

Işınımın yüzeye geliş açısı θ ise yüzeye gelen direkt ışınım ile yüzeyin normali arasındaki açıdır. Işınımın yüzeye geliş açısıyla diğer açılar arasındaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilir [5],

$$\begin{aligned} Cos(\theta) &= sin(\delta).sin(\varphi).cos(\beta) \\ &- sin(\delta).cos(\varphi).sin(\beta).cos(\gamma) \\ &+ cos(\delta).cos(\varphi).cos(\beta).cos(\omega) \\ &+ cos(\delta).sin(\varphi).sin(\beta).cos(\gamma).cos(\omega) \\ &+ cos(\delta).sin(\beta).sin(\gamma).sin(\omega) \end{aligned} \quad (3)$$

Yatay yüzeyler için geliş açısı zenit açısına eşittir, θ_z. Bu durumda eğim açısı $\beta = 0$ olur ve eşitlik aşağıda verilen ifadeye dönüşür,

$$Cos(\theta_z) = cos(\varphi).cos(\delta).cos(\omega) + sin\,\varphi.sin(\delta) \quad (4)$$

φ yerel enlem açısıdır. Şanlıurfa için enlem ve boylam sırasıyla 37.70 K ve 38.49 D'dur. ω ise saat açısıdır. Güneşin yerel meridyenin doğusunda veya batısında açısal hareketidir ve her bir saat için 15° dir. Sabah saatlerinde eksi, öğleden sonra ise artı değeri alır. γ azimut açısıdır ve güney yönlü yüzeylerde değeri sıfırdır. δ, deklinasyon açısı ise [5]'de verilen aşağıdaki ifade kullanılarak hesaplanır,

$$\delta = 23{,}45\,sin\left(360\frac{284+n}{365}\right) \quad (5)$$

Bir fotovoltaik sistemin çıktısı olarak üretilen elektriği belirlemek için genel formül aşağıdaki gibidir [10],

$$E = A.\eta.I.Pr \quad (6)$$

burada A toplam panel alanıdır ve η panel verimidir. Pr ise gölgeleme, sıcaklık, tozlanma vb. kayıplarını ifade eden performans oranıdır. Bu çalışmada kullanılan PV paneller için performans oranı 0.75 olarak alınmıştır.

Bu çalışmada dikkate alınan PV sistemlerinin ekonomik göstergelere göre optimum kurulu güç kapasitelerinin belirlenmesinde ömür boyu tasarrufu (LCS) yöntemi olarak bilinen P1, P2 yöntemi [5] kullanılmıştır. Ömür boyu tasarrufu aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$LCS = P_1 C_F\, L\, F - P_2(C_A A_C + C_E) \quad (7)$$

burada F , öz-yeterlilik, tüketilen PV enerjisinin (E_c), ihtiyaç duyulan elektrik yüküne (E_L) oranıdır. Denklem (8)'a göre hesaplanır.

$$F = \frac{E_C}{E_L} \tag{8}$$

Denklem (7)'de verilen C_F elektrik enerjisi birim maliyeti, L, ihtiyaç duyulan elektrik yükü, A_C panel alanı, C_A alana bağlı maliyetler, C_E alandan bağımsız diğer maliyetlerdir. Bu çalışmada C_F 0,087 euro/kWh olarak alınmıştır. C_E ihmal edilmiştir. C_A değerinin belirlenmesi için CdTe PV teknolojisinin (η) verimi %18.6 olarak alınmıştır [11]. 1 kWp kurulu güç için CdTe PV kullanılması durumunda 5 m^2 alana ihtiyaç duyulduğu kabul edilmiştir [7]. CdTe PV teknolojisinin kurulum maliyeti ise 1.29 €/Wp [12] olarak kabul edilmiştir.

Denklem (7)'de verilen P_1 ömür boyu enerji tasarrufunun ilk yıl elde edilen enerji tasarrufuna oranıdır. Denklem (9)'a göre hesaplanır.

$$P_1 = (1 - C\bar{t})PWF(N_e, i_F, d) \tag{9}$$

C, gelir getiren veya getirmeyen bir üretim (sırasıyla 1 veya 0 değeri alır) $\bar{t}$ etkin gelir vergisi oranı, N_e ekonomik analiz periyodu, i_F yakıt maliyet enflasyon oranı, d iskonto oranıdır. Bu çalışmada, 2017 yılı ekonomi verilerine göre, i_F = 0.8 ve d= 0.9 olarak alınmıştır. Ayrıca PV sistemlerin ömürleri 25 yıl olarak kabul edilmiştir.

P_2 ise hayat boyu harcamaların ilk yatırım maliyetine oranıdır. Denklem 11'e göre hesaplanır.

$$P_2 = 1 + M_s P_1 + \frac{R_v}{(1+d)^{N_e}} \tag{10}$$

$M_s$ilk yıl bakım ve sigorta gibi çeşitli harcamalarının ilk yatırım maliyetine oranı, R_v analiz periyodu sonunda satış fiyatının ilk yatırım maliyetine oranıdır.

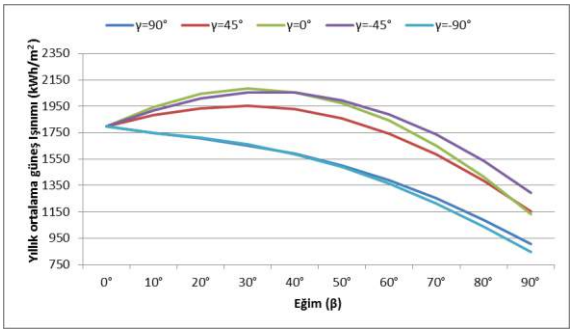
Öz-tüketim (G), tüketilen PV (E_C), toplam üretilen PV enerjisine (E_{PV}) oranıdır. Denklem (11)' e göre hesaplanır.

$$G = \frac{E_C}{E_{PV}} \tag{11}$$

III. TARTIŞMA

A. *Optimum Panel Eğimi ve Yüzey Azimut Açısının Belirlenmesi*

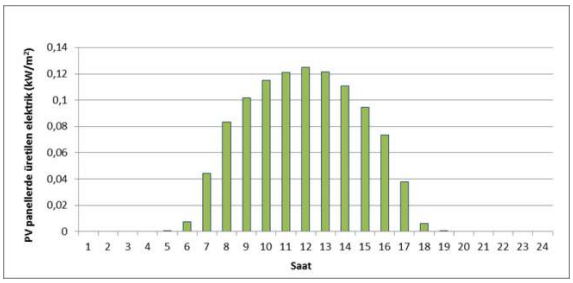
Güneş ışınım değerleri 0° ile 90° arasındaki eğimlerde ve Batı, Güneybatı, Güney, Doğu ve Güneydoğu yüzey azimut açısı değerlerinde bulunmuştur, böylelikle maksimum güneş enerjisinin elde edilebileceği eğim ve yön tespit edilmiştir. Belirli azimut açıları için değişen eğimli yüzeye bir yıl boyunca düşen güneş ışınım miktarları Şekil 2'de gösterilmektedir. Maksimum güneş enerjisinin elde edilebileceği eğim yaklaşık 30° güneye yönlendirilmiş yüzeylerde olduğu grafikten görülmektedir. Yıllık sabit optimum eğimdeki yüzeye düşen ışınım 2084 kWh/m^2'dir.



Şekil 2. Sabit azimut açılarında değişen eğimli yüzeye yıl boyunca düşen güneş ışınım değerleri

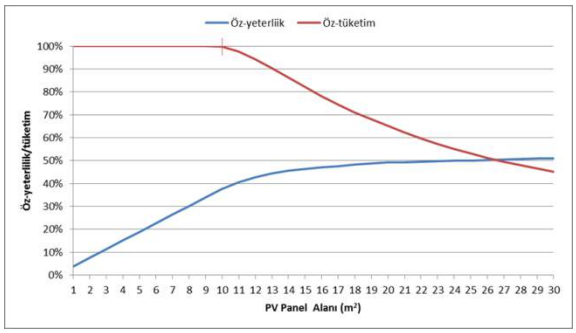
B. *Optimum PV panel Alanının Belirlenmesi*

Şekil 3'de CdTe PV teknolojisine ait panellerin birim alanında elde edilebilecek elektrik enerjisinin gün boyunca değişimi gösterilmiştir. CdTe için yıllık ortalama gün boyunca 1.043 kW/m^2 güç çıktısı elde edilebilmektedir.



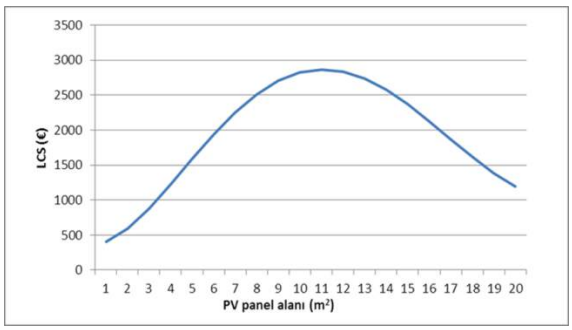
Şekil 3. CdTe PV teknolojisi kullanılarak birim alan başına üretilebilecek elektrik miktarının yıllık ortalamasının günlük değişimi

CdTe PV teknolojisinin öz-yeterlilikleri ve öz-tüketimlerinin panel alanıyla değişimi Şekil 4'te gösterilmektedir. Bu grafik gün içi maksimum pik yük talebinin 1.2 kW olmasına göre şekillendirilmiştir (Şekil 1). Şekil 4'te görüldüğü gibi, PV panel alanının artmasıyla birlikte öz-yeterlilik de artmaktadır. Konutun elektrik yük ihtiyacı sabit kalırken kurulu PV panel alanının artmasıyla birlikte öz-tüketim de azalmaktadır. Grafikten %100 öz-tüketim değerlerinde CdTe PV teknolojisi için maksimum panel alanı (optimum alan) 9 m^2 olarak bulunmuştur. Üretilen elektrik enerjisinin tamamının kullanılması (%100 öz-tüketim) durumunda ihtiyaç duyulan yıllık elektrik enerjisinin % 34'ü karşılanmakta diğer bir ifade ile öz yeterlilik değeri % 34 olmaktadır.



Şekil 4.Konutta CdTe PV teknolojisinin kullanılması durumunda öz yeterlilik ve öz tüketimin alanla birlikte değişimi

Hesaplanan PV sisteminin ekonomik göstergelere göre kurulu güç kapasitesinin belirlenmesinde ömür boyu tasarrufu (Life-Cycle Savings) yöntemi kullanılmıştır. Şekil 5'te LCS değerlerinin PV panel alanı ile değişimi gösterilmiştir. Optimum değerde, ömür boyu tasarrufunun PV panel alanına göre türevi sıfıra eşittir. Dolayısıyla optimum PV panel alanı Şekil 4'teki öz yeterlilik eğrisinin alana göre türevinin $(P_2C_A/P_1C_F\ L)$ (Eşitlik 7) olduğu noktada elde edilir. Konutun elektrik ihtiyacının karşılanmasında CdTe teknolojisinin kullanılması durumunda optimum panel alanı 11 m^2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Konutta CdTe PV teknolojisinin kullanılması durumunda ömür boyu tasarrufun alanla birlikte değişimi

IV. SONUÇ

Bu çalışmada yıl boyunca ortalama günlük elektrik tüketimi belirli bir konut için, herhangi enerji bir depolama yapılmaması durumunda, yüzde yüz anlık tüketim ve ekonomik açıdan optimum PV sisteminin boyutlandırılması incelenmiştir. Bu amaçla yaygın kullanılan CdTe PV teknolojisi seçilmiştir. Optimum eğim ve yüzey azimut açısında, PV sistemin öz yeterlilik, öz-tüketim, ömür boyu tasarrufu gibi parametreleri kullanılarak optimizasyon yapılmıştır.

%100 öz-tüketim şartlarında yapılan optimizasyon sonucunda CdTe PV teknolojisi kullanılması durumunda kurulu sistemin anlık pik yükün 1.5 katının (9 m^2 PV panel alanı ve 1.8 kWp kurulu güç) olmasının en uygun durum olduğu bulunmuştur.

Ekonomik parametrelerin dikkate alınmasıyla yapılan optimizasyon sonucunda ise Şanlıurfa iklim şartlarında günlük yaklaşık 27 kWh tüketime sahip bir konut için hiçbir enerji depolama olmaması durumunda CdTe teknolojisi kullanıldığında en ekonomik PV alanının 11 m^2 olduğu bulunmuştur. 2.2 kWp kurulu gücün elde edildiği bu panel alanı, gün içi anlık pik yükün 1.83 katına eşittir.

KAYNAKÇA

[1] Yilmaz,S., Ozcalik, H. R., Kesler, S., Dincer, F., Yelmen, B., "The analysis of different PV power systems for the determination of optimal PV panels and system installation—A case study in Kahramanmaras, Turkey", *In Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 52, Pages 1015-1024, ISSN 1364-0321, 2015.

[2] Hong,T.,Lee,M., Koo, C., Jeong, K., Kim, J. "Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis", *Applied Energy*, Volume 194, Pages 320-332, 2017.

[3] Ordonez J., Jadraque E., Alegre J., and Martinez G., "Analysis of the Photovoltaic Solar Energy Capacity of Residential Rooftops in Andalusia (Spain)", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.14, pp.2122–30, 2010.

[4] J.F. Armendariz-Lopez, A. Luna-Leon, M.E. Gonzalez-Trevizo, A.P. Arena-Granados, G. Bojorquez-Morales, "Life cycle cost of photovoltaic technologies in commercial buildings in Baja California, Mexico", *Renewable Energy*, Volume 87, Part 1,Pages 564-571, ISSN 0960-1481, 2016.

[5] Duffie, J.A. ve Beckman, W.A., *Solar Engineering Thermal Process*, Wiley-Interscience, New York, 1991.

[6] Ülgen K., "Optimum tilt angle for solar collectors", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28 (13), 1171-1180, 2006.

[7] Merei, G., Moshövel, J., Magnor, D., Sauer, D. U.,"Optimization of self-consumption and techno-economic analysis of PV-battery systems in commercial applications", *In Applied Energy*, Volume 168, Pages 171-178, ISSN 0306-2619, 2016.

[8] Martín-Chivelet, N., Montero-Gómez, D., "Optimizing photovoltaic self-consumption in office buildings", *Energy and Buildings*, Volume 150, Pages 71-80, ISSN 0378-7788, 2017.

[9] Abdelazeem, A. A., Gabbar, H. A., Musharavati, F., Pokharel, S.,"Dynamic aggregated building electricity load modeling and simulation", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 42:19-31, 2014.

[10] Khagendra P. Bhandari, Jennifer M. Collier, Randy J. Ellingson, Defne S. Apul, "Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 47, Pages 133-141,2015.

[11] Green M.A., Hishikawa Y., Warta W., et al."Solar cell efficiency tables (version 50)",*Prog Photovolt Res Appl*.,25:668–676, 2017.

[12] Honrubia-Escribano, A., *et al.*, "Influence of solar technology in the economic performance of PV power plants in Europe. A comprehensive analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 (2018), 1, pp.488-501, 2018.

Düzlemsel Tip Güneş Kollektörlerinin HAD İle Modellenmesi

Modeling of Flat Type Solar Collectors with HAD

Ersan KIRAR[1]
Cenap GÜVEN [2]
Yusuf İŞIKER [3]
M. Azmi AKTACİR[4]

[1] Şanlıurfa Teknik Bilimler MYO, Makine Programı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ekirar@harran.edu.tr
[2] Şanlıurfa Teknik Bilimler MYO, Makine Programı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, cenap_guven@harran.edu.tr
[3] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye yusuf47@harran.edu.tr
[4] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

Özetçe— Verim parametresi düzlemsel güneş kolektörlerin tasarımında en önemli noktalardan biridir. Güneş ışınımı ile kolektöre gelen enerjinin sadece bir kısmı akışkana geçebilir. Bu oran panel verimi olarak adlandırılır. Bu çalışmada düzlemsel kolektörlerin modellemesi yapılarak verimi etkileyen parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda sulu tip bir düzlemsel güneş kolektörü HAD yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Modelleme çalışmasında, Fluent programı kullanılmıştır. Sulu tip düzlemsel güneş kolektörleri için elde edilen modelin doğruluğunun test edilmesi için doğrulama deneyleri yapılmıştır. Bu amaç için, GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi bünyesinde kurulan Güneş Enerjisi Teknolojileri Test ve Sertifikasyon Laboratuvarı altyapısı kullanılmıştır. Bu çalışmanın son adımında modellenen sulu tip güneş kolektörünün doğrulama deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışma ve modellemeden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak modellemenin doğruluğu teyit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Güneş enerjisi, Düzlemsel Güneş kollektörü, Sonlu Hacimler Analizi.

Abstract— The efficiency parameter is one of the most important points in the design of planar solar collectors. Only a fraction of the energy coming from the collector from sunlight can flow into the fluid. This ratio is called panel efficiency. In this direction, it is aimed to determine the parameters affecting the efficiency by modeling the flat type collectors. In this study, a watery planar solar collector was modeled with using the CFD method. In the modeling operation, the Fluent program was used. Verification tests were made to test the accuracy of the obtained model for watery type solar collectors. For this purpose, the infrastructure of the Solar Energy Technology Testing and Certification Laboratory, established within the GAP Renewable Energy and Energy Efficiency Center was used. In the final step of this study, validation experiments of the watery type solar collector modeled with the fluent program was performed. The validity of the model was confirmed by comparing the results obtained from the experimental study and the model.

Keywords — Solar energy, flat type solar collector, finite volume analysis.

1. GİRİŞ

Her geçen gün ülkelerde artan nüfus artışı ve gelişmişlik düzeyiyle enerjiye olan ihtiyacı artmaktadır [1]. Ekonomik ve sosyal kalkınmanın en büyük bileşenlerinden bir tanesi enerjidir. Özellikle yaşam standartlarını iyi seviyeye getirmek için enerjinin önemi büyüktür. Yani yaşam standartlarının artması demek enerjiye olan ihtiyacın artması demektir ve bu şekilde de enerji tüketimi artmaktadır. Bir ülkenin kalkınabilmesi için yeterli seviyede enerjiye sahip olması gerekir. Bu enerji ihtiyacı içinde enerji için dışa bağımlılığı azaltmak için yenilebilir enerjiye verilen önem arttırılmalıdır. Elektrik üretiminde ve sıcak su üretimde özellikle yenilebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi çok kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden ülkemiz coğrafi konumu gereği iyi bir şekilde yararlanılabilecek durumdadır [2].

Güneş enerjisinden yüzde yüz verim almak günümüz teknolojisinde mümkün değildir. Sıcak su hazırlama sistemleri güneş enerjisini kullanan ve en iyi verime sahip sistemlerdir [1]. Güneş enerjisini içinden geçen akışkana aktaran yenilenebilir enerji uygulamasına güneş

kolektörleri denilmektedir. Bu tip güneş kolektörleri hava ve su ısıtmada yaygın olarak kullanılmaktadır [3]. Günümüzde kullanılan düzlemsel güneş kolektörleri termal amaçlı sıcak su üretiminde kullanılmaktadır [1].

Güneş kolektörlerine yönelik literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında; hem nümerik, hem deneysel ve hem de her ikisini beraber yapan çalışmalar mevcuttur. Nümerik ya da deneysel çalışmalarda; genellikle kolektörlerin mevcut malzeme yapısını (Cam) değiştirilerek ve nano partikül ekleyerek verime olan etkilerini incelemişlerdir [1-2]. Ayrıca değişik emici plaka tasarımları HAD [3] ve numerik [4] ile çalışılmıştır. Boruların içine şerit ekleyerek verime olan etkileri literatürde deneysel olarak incelendiği görülmüştür [5]. Deneysel olarak sıvı içine nano partikül eklenmesi incelenmiştir [6]. Literatürde HAD ve deneysel çalışma ile sıvı değişikliğini [7], boru çapını, emici plaka optik özelliklerini, emici plaka ve cam arası mesafeyi [8] incelemişlerdir. Ayrıca değişik tasarımlardaki emici plakaları da HAD yöntemiyle literatürde incelenmiştir [9].

Literatür incelemesi sonucunda düzlemsel güneş kolektörünün veriminin arttırıcı birçok çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Özellikle verim arttırıcı nanopartikül ekleme, sıvıyı türbülansa itici veya değişik emici plaka tasarımları üzerinde çalışmaların olduğu görülmüştür.

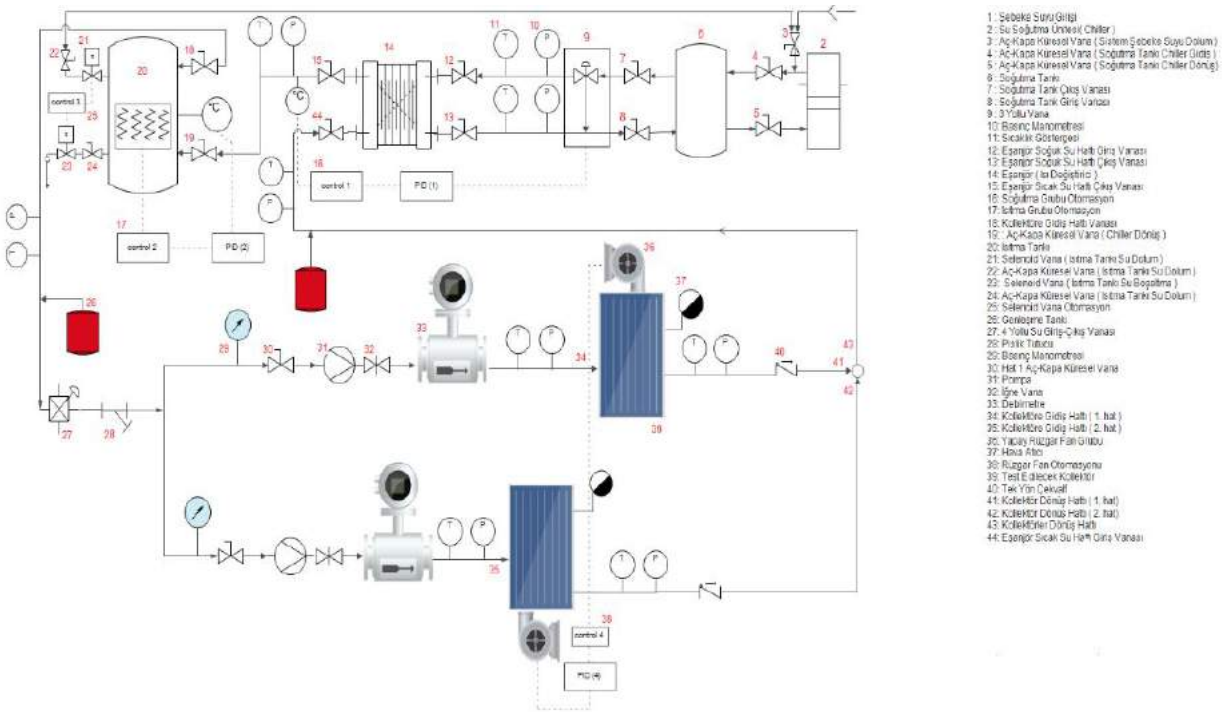
Bu çalışmada Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesinde bulunan, Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi'nde (GAPYENEV) Güneş Enerjisi Teknolojileri Test ve Sertifikasyon Laboratuvarında ölçülen termal kollektörün sıcaklığa bağlı verim ifadesi TS EN ISO 9806: 2014-04 standardına göre deneysel olarak tespit edilmiştir [10].

Tespit edilen verim, Şanlıurfa bölgesinde kullanılan güneş kolektörünün incelenmesi için sonlu hacimler analiziyle simule edilmiştir. Alınan sonuçlar deneysel çalışmayla karşılaştırılarak analizin doğruluğu değerlendirilmiştir. Bu sayede verim artırma amaçlı yapılacak düzenlemelerin maliyetinin ve süresinin azaltılması sağlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güneş Kollektörünün Deneysel Olarak İncelenmesi

Bu çalışmada şekil 1'de gösterilen akış şeması kullanılarak GAPYENEV test ve sertifikasyon bünyesindeki test ekipmanlarıyla teste tabi tutularak düzlemsel güneş kolektörü deneysel olarak verimi incelenmiştir. Deneysel çalışma normalde farklı giriş sıcaklıkları için yapılmıştır. Fakat bu çalışma için nisan ayının 15'indeki verilerden saat 13:00'a ait veri kullanılmıştır [10].



Şekil 1. Performans Deneyi Sistemi Diyagramı

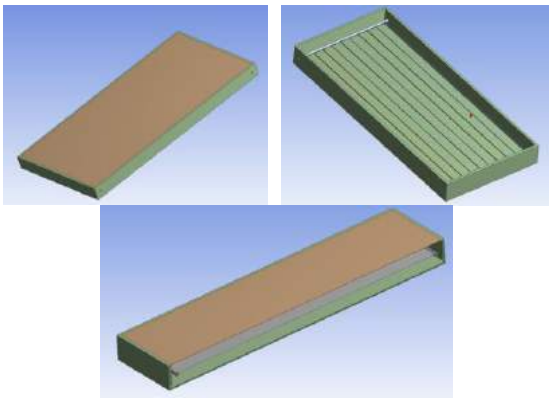
2.2. Güneş Kolektörünün Sonlu Hacimler Analiziyle Modellenmesi

Bu çalışmada şekil 2'de gösterilen düzlemsel sulu tip güneş kolektörüne ait katalog değerleri kullanılmıştır. Teknik özellikleri verilen düzlemsel güneş kolektörü sonlu hacimler analiziyle modellenmiştir. Güneş kolektör sistemleri zamana bağlı çalışan ve bu şekilde zaman içinde suyu ısıtan sistemlerdir. Ama sonlu hacimler analiziyle yapılan modellemede zamandan bağımsız (steady state) kabulü ile analiz yapılmıştır. Anlık olarak güneş enerjisinde suya absorbe olan enerji ile verim inceleneceğinden analiz zamana bağlı yapılmamıştır. Analiz sonucunda suyun absorbe ettiği enerji ve kolektörün verimi incelendiği için bu çözüm yöntemi kullanılmıştır.

TEKNİK BİLGİ	ÖLÇÜLER (mm)	992x1958x50
	KASA	Elektro Statik Boyalı Aluminyum Kasa
	AĞIRLIK(kğ)	25
	BRÜT ALAN	1,94
	BOŞLUK ALANI (m^2)	1,76
	EMİŞ ALANI (m^2)	1,75
EMİCİ	EMİCİ MALZEME	Almeco-tinox Yüksek Seçici Aluminyum
	SOĞURMA/YAYMA	0,95/0,04
	KAYNAK YÖNTEMİ	Laser Kaynak
BAKIR BORULAR	ISI TAŞIMA HACMİ	1,43
	EMİCİ BORU ÇAPI/BAŞLIK BORU (mm)	8/18
	BORU SAYISI	10
CAM	CAM MALZEME	Düşük Demir Temperli Cam AR Cuated
	CAMIN KALINLIĞI (mm)	3,2
İZOLASYON	İZOLASYON MALZEMESİ	Cam Yün
	YÜNÜN YOĞUNLUĞU (kğ/m^3)/YÜNÜN KALINLIĞI (mm)	14/50
MAKSİMUM ORANLAR	SABİT SICAKLIK (^{0}C)	194,5/203
	MAKSİMUM İŞLETME BASINCI (bar)	8,6
	NOMİNAL DEBİ (lt/h)	105
	TABAN KAPLAMA	Kabartmalı bitmiş alüminyum levha
	MONTAJ TİPİ	İç çatı - Dış çatı - Düz çatı

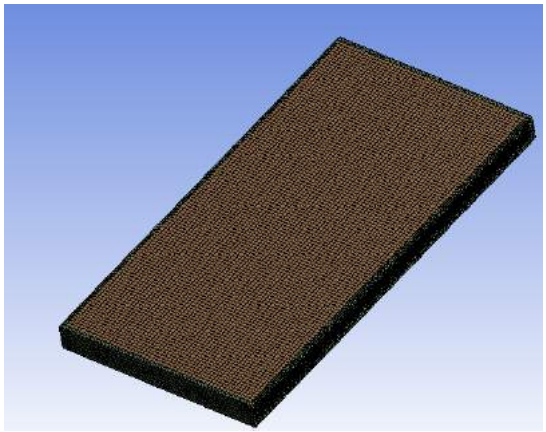
Şekil 2. Kullanılan düzlemsel güneş kollektörün özellikleri [11]

Termal güneş kollektörü şekil 3'te gösterildiği gibi önce analiz için hazırlıkları yapılmıştır. Hazırlık aşamasında teste uygun şekilde kollektör 30° eğimli hale getirilmiş, akışkan kısım çıkarılmış, mesh için boru ve su kısmı çeşitli işlemlere tabi tutulmuştur. Sadece analizde dış kısım adyabatik kabul edileceği için izole levhası analize dahil edilmemiştir. Ayrıca giriş ve çıkış boru kısımları mesh işleminde kolaylık sağlamak ve bu kısımlar adyabatik kabul edildiği için analize dahil edilmemiştir.



Şekil 3. Düzlemsel güneş kolektörünün analizde düzenmiş hali

Daha sonra analizin gerçekleştirilmesi için şekil 4'te gösterildiği kolektöre uygun yapıda mesh ağı örülmüştür. Daha önceden de belirtildiği gibi mesh yapısının daha uygun hekzagonal yapıda olması için kesme işlemleri su ve boru kısmı için yapılmış ve bu şekilde de kolay ve daha uygun mesh atılabilmiştir. Meshleme işleminde borulara sweep mesh kullanılarak daha uygun mesh atılmıştır. Komple modelin mesh kalitesi skewness ile ölçülmüş ve ortalama % 31 kalitede mesh elde edilmiştir. Bu meshin çözüm için yeterli doğrulukta sonuç verebileceği kanaatine varılmıştır.



Şekil 4. Düzlemsel güneş kolektörüne atılan mesh yapısı

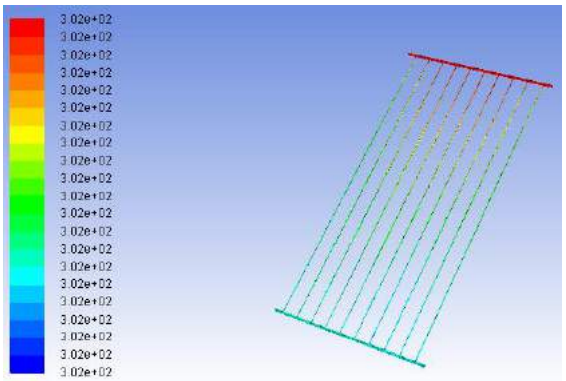
Ayrıca analizde kullanılacak tüm bölgeler named selection ile programa tanıtılmıştır. Tüm bu yapılan ön hazırlıklar sonucunda model Fluent ara yüzüne aktarılmıştır. Bu kısımda önce steady state tanımı ve yerçekimi ivmesi tanımlamaları yapılmıştır. Daha sonra kollektörde ısı transferi meydana geldiği için enerji hesaplamaları aktif edilmiştir. Çalışma normalde türbülans çok az olmaktadır. Özellikle ilk aşamada olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bu kısmı daha net görebilmek için default parametreler ile k-epsilon türbülans modeli tanımlanmıştır. Bu kısımda güneşle olan radyasyon ısı transferi için Şanlıurfa meteorolojik verilerinin güneye

yönlenmiş ve nisan ayının tipik bir günü için enerji değerleri meteoroloji müdürlüğünün verilerinden alınarak çalışmaya girilmiştir. Türbülans parametreleri yaklaşık sonuç için aynı bırakılmıştır. Malzeme olarak bakır, cam ve su tanımlamaları yapılıp bölgelere malzeme atamaları yapılmıştır. Camın termal özellikleri 12 nolu kaynaktan alınmıştır. Giriş deneysel çalışmadaki gibi su sıcaklığı ve debi ile tanımlanmıştır. Çıkış atmosfere çıkış olarak ve camın ön kısmı geçirgen olarak tanımlanmıştır. Absorberin ön kısmı güneş enerjisini alacak şekilde tanımlanmıştır. Dıştaki ve içteki taşınım enerjisi çok az etkilediği için ihmal edilmiştir. Diğer duvar kısımları aynı güneş kolektöründeki gibi adyabatik tanımlanmıştır. Çözücüde energy için first order upwind seçilmiştir ve analizin yakınsama durumuna göre solution control den energy relaxation factor düşürülmüştür.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

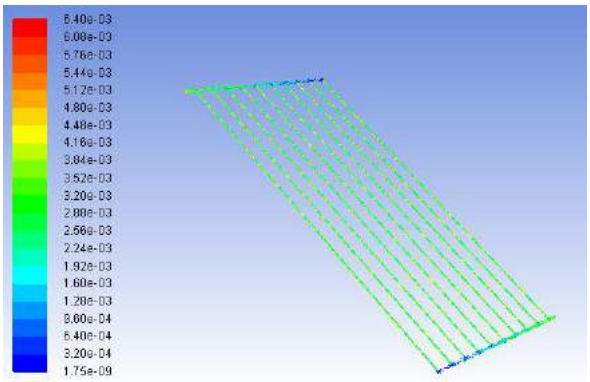
Yapılan analiz sonuçlarında özellikle karşılaştırma yapabilmek için suya absorbe olan ısı akısı (heat flux) incelenmiştir. Bu alınan parametre sayesinde verim anlık olarak hesaplanmış ve gerçek deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Şekil 5'te gösterildiği gibi analiz sonucu elde edilen sıcaklık dağılımı gösterilmektedir. Bu sıcaklık dağılımına bağlı olarak sıcaklık su giriş noktasından çıkışa doğru artığı gözlemlenmiştir. Analiz steady state bir analiz olduğundan anlık aldığı enerji ile ancak sıcaklığını 1° yükseltmektedir. Bu durumun gayet normal olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Analizden alınan sudaki sıcaklık dağılımı

Şekil 6' da suyun kolektör içindeki hız dağılımını göstermektedir. Su aşağı doğru indikçe yerçekimi nedeniyle hızlanmaktadır.



Şekil 6. Analizden alınan suyun akış hız sonuçları

Yapılan analiz sonucunda suyun absorbe ettiği enerji miktarı 512,2 W/m^2 olarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmadan ise bu değer 542,04 W/m^2'dür. Deneysel çalışmanın verimi % 68,31 iken, analiz sonucunun verimi % 64,55'dir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi iyi bir yakınsama elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada düzlemsel güneş kolektörü Fluent yazılımında modellenmiş ve deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda iyi bir yakınsama elde edilmiştir. Bu sayede tasarım aşamasında model kullanılarak zamandan ve deneme maliyetinden önemli oranda tasarruf sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

1. ŞAHİN E., 2013, Yüksek lisans tezi, Düşük sıcaklıklarda çalsan farklı tip güneş kolektörlerinin teorik ve deneysel incelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, 69s.
2. YURDDAŞ A., 2013, Doktora tezi, nano akışkanlı düzlemsel güneş kollektörlerinde isi transferinin sayısal analizi, Celal Bayar Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, 138s.
3. ÇORAPÇIOĞLU C., 2015, M.Sc. Thesis, CFD based thermal and hydraulic performance investigation of air heating plate type solar collectors with different duct profiles, İstanbul Technical University ,energy institute, 83s.
4. KORKMAZ M., 2006, yüksek lisans tezi, düzlemsel güneş kollektörlerinde farklı profillerdeki emici plakaların deneysel incelenmesi, Gazi Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, 56s.
5. KÖSE İ. İ., 2011, yüksek lisans tezi, düzlemsel güneş kollektör borusu içerisinde kıvrılmış şerit kullanımının isi transferine etkisinin deneysel

incelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, fen bilimleri enstitüsü, 71s.
6. KILIÇ F., 2017, doktora tezi, güneş kolektörlerinde nano boyutta metal oksit içeren akışkanların performans üzerine etkileri, Gazi Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, 136s.
7. HAWWASH A.A., RAHMAN A. K. ABDEL, NADA S.A., OOKAWARA S., Numerical Investigation and Experimental Verification of Performance Enhancement of Flat Plate Solar Collector Using Nano fluids, Applied Thermal Engineering 130, 2018, 363–374.
8. DOVIC D. and ANDRASSY M., Numerically assisted analysis of flat and corrugated plate solar collectors thermal performances, Solar Energy, 86, 2012, 2416–2431.
9. WANG N., ZENG S., ZHOU M. and WANG S., Numerical study of flat plate solar collector with novel heat collecting components, International Communications in Heat and Mass Transfer, 69,2015, 18–22.
10. Altıparmak Ahmet Ersin, Işıker Yusuf, Aktacir Mehmet Azmi (2017). "Düzlemsel Termal Güneş Kolektörlerinde Akışkan Giriş Sıcaklığının Performans Üzerindeki Etkisi", 2nd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2017) Adana, October 25-27 2017.
11. Solar thermal collectors, Solimpeks, technical specifications
12. JIANDONG Z., HANZHONG T. and SUSU C., Numerical simulation for structural parameters of flat-plate solar collector, Solar Energy 117, 2015, 192–202.

Temel Enerji Göstergeleri Açısından Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü Ülkelerinin COPRAS Yöntemi ile Karşılaştırılması

A Comparison of Member Countries in Black Sea Economic Cooperation Organization with COPRAS Method in Terms of Basic Energy Indicators

Ahmet SARUCAN[1]
M.Emin BAYSAL[2]
Orhan ENGİN[3]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, sarucan@selcuk.edu.tr
[2] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, mebaysal@gmail.com
[3] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, orhanengin@yahoo.com

***Özetçe*—**1992 Yılında İstanbul merkezli kurulan Karadeniz Ekonomik İşbirliği Örgütü'nün (KEİ) amacı üye ülkeler arasında ikili ve çok taraflı ekonomik, teknolojik ve sosyal ilişkileri çeşitlendirerek geliştirmek, sonuçta Karadeniz bölgesinde barış, istikrar ve refahın hakim olmasını sağlamaktır. Örgütün kuruluş düşüncesinin temelinde 1980'lerde eski Sovyetler Birliği'nin gıda ve tüketim mallarına ve ülkemizin de enerjiye olan ihtiyacının karşılanması çerçevesinde bir işbirliği kurulması fikri yer almaktadır. Başlangıçta üye ülkeler arasında, bir serbest ticaret bölgesi oluşturma fikri ön plana çıkmıştır. Daha sonra ise hedefin ekonomik işbirliği çerçevesinde değerlendirilmesi kararlaştırılmıştır. KEİ dünyanın özellikle enerji alanında önemli üretici ülkeleri ile tüketici ülkelerini bir çatı altında toplamaktadır. Bu çalışmada, KEİ çatısı altındaki ülkelerin temel enerji göstergeleri referans alınarak sergiledikleri enerji performansları sıralanmıştır. KEİ ülkelerinin performanslarının değerlendirmesi bir karar verme süreci olup Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) teknikleri kullanılabilir. Çalışmada önce KEİ ülkelerinin 2015 yılı temel enerji gösterge oranları (Toplam Birincil Enerji Arzı (TPES)/Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GDP), Elektrik Tüketimi/Nüfus, CO_2/TPES, CO_2/Nüfus, CO_2/GDP) referans alınarak kriterler belirlenmiştir. Bu karar probleminde değerlendirmede kullanılan kriterler Uluslararası Enerji Ajansının yayınlamış olduğu enerji istatistiklerinden alınmıştır. Kriterlerin önem derecesini belirlemek için nesnel değerlendirme yöntemi olan CRITIC (Criteria Importance Through Intercritera Correlation-Kriterler Arası Korelasyon Yardımıyla Nitelik Ağırlıklandırma) kullanılmıştır. KEİ'ye üye olan 12 ülke alternatif olarak ele alınmıştır. Bu ülkeler; Türkiye, Azerbaycan, Ermenistan, Gürcistan, Moldova, Rusya Federasyonu, Ukrayna, Bulgaristan, Romanya, Arnavutluk, Sırbistan ve Yunanistan'dır. Bu ülkelerin enerji göstergeleri açısından performansları bir ÇKKV yöntemi olan COPRAS (COmplex PRoportional ASsesment – Kompleks Oransal Değerlendirme – Karmaşık Nispi Değerlendirme) ile sıralanmıştır. Sonuç olarak; bu tür problemlerde ÇKKV tekniklerinin etkili ve anlaşılır sonuçlar sunduğu ve kriterlere dair kullanılan nesnel ölçütlerin tarafsız çıktılar oluşturduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Enerji Göstergeleri; Performans Değerlendirme; KEİ; CRITIC Yöntemi; COPRAS Yöntemi.

***Abstract*—**The Black Sea Economic Cooperation Organization (BSEC), which was established in 1992 in Istanbul, aims to develop bilateral and multilateral economic, technological and social relations among the member countries and to ensure peace, stability and prosperity in the Black Sea region. The founding idea of the organization is based on the idea of establishing a cooperation in the 1980s on the food and consumer goods of the former Soviet Union and on the need to meet the energy needs of our country. Initially, the idea of creating a free trade zone between member countries emerged. Later, it was decided that the target should be evaluated within the framework of economic cooperation. BSEC collects important producer countries and consumer countries under one roof, especially in the energy field of

the world. In this study, the energy performances exhibited by the countries under the BSEC framework with reference to the basic energy indicators are ranked. Evaluating the performances of BSEC countries is a decision-making process and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques can be used. In the first part, criteria were set by reference to the basic energy indicator ratios (TPES (Total Primary Energy Supply)/GDP (Gross Domestic Product), Electricity Consumption/Population, CO_2/TPES, CO_2/Population, CO_2/GDP) of the BSEC countries in 2015. The criteria used in this decision problem are taken from the energy statistics that the International Energy Agency has published. In order to determine the importance level of the criteria, CRITIC (Criteria Importance through Inter-criteria Correlation), which is the objective evaluation method was used. Twelve countries that are members of the BSEC are considered as alternatives. These countries are Turkey, Azerbaijan, Armenia, Georgia, Moldova, the Russian Federation, Ukraine, Bulgaria, Romania, Albania, Serbia and Greece. The performances of these countries in terms of their energy indicators are ranked by COPRAS (COmplex PRoportional ASsesment) method. Consequently, in such problems MCDM techniques can provide effective and comprehensive results and can be observed unbiased output consisting of objective measures on the criteria used.

Keywords — Energy Indicators; Performance Evaluation; BSEC; CRITIC Method; COPRAS Method.

I. GİRİŞ

Ülkemiz açısından Avrupa Birliği'ne katılım sürecinde KEİ üye ülkeler ile olan ilişkiler önem arzetmektedir. KEİ'nin özellikle Balkan üye ülkeler arasındaki işbirliğini arttırarak ilerde Avrupa Birliği ile bütünleşmeye katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

KEİ üye ülkelerinden bazılarının dünyadaki en geniş petrol yataklarına sahip bölge üzerinde olduğu düşünülürse, enerji konusunda işbirliğinin önemi tartışmasız olacaktır. Hazar havzasındaki 200 milyar varil düzeyinde petrol yatağının yanısıra dünya doğal gaz rezervinin de yüzde 27'si bu bölgededir. KEİ'nin jeostratejik önemi, hem kapsadığı coğrafi alanda önemli miktarda petrol ve doğal gaz yataklarına sahip olmasından hem de Batı dünyasına yönelik enerji nakil yollarının topraklarının üzerinden geçmesinden kaynaklanmaktadır. KEİ bölgesindeki doğal gaz ve petrol yataklarından sağlanacak enerji kaynaklarının, çevreye zarar vermeden, etkin bir şekilde boru hatlarıyla Batı dünyasındaki tüketici ülkelere pazarlanması bölgede kalıcı bir barışın tesisine yardımcı olacaktır. Böylece KEİ ülkeleri arasındaki ilişkiler daha sağlam temellere dayanacaktır [1].

Bu çalışmanın amacı, enerji göstergeleri açısından KEİ üye ülkelerini COPRAS yöntemi ile karşılaştırarak bir sıralama oluşturmak ve ülkemizin bu sıralamadaki yerini tespit etmektir.

Çalışma aşağıdaki gibi organize edilmiştir. İkinci bölümde çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlıklarını belirlemede kullanılan CRITIC yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde alternatiflerin performansını sıralayacak COPRAS yöntemi açıklanmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde uygulama sunulmuş ve son kısımda sonuçlar verilmiştir.

II. CRITIC YÖNTEM

CRITIC yöntemi 1995 yılında Diakoulaki ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir [2]. Bu yöntem ile kriterlerin ağırlıklarını belirleme aşamasında kriterlerin hem standart sapması hem de kriterler arası korelasyon dikkate alınmaktadır [3]. Yöntem 4 adımdan oluşmaktadır [4,5].

A. Adım1: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Bu adımda, m adet alternatif ve n adet kriterden oluşan karar matrisi ($A = (a_{ij})_{mxn}$) denklem (1) ve (2) yardımıyla normalize edilir. Kriter fayda yönlü ise (1), kriter maliyet yönlü ise (2) kullanılır. Denklemlerde a_j^{min}, j. kritere göre en düşük değere sahip olan alternatifi; a_j^{max}, j. kritere göre en yüksek değere sahip olan alternatifi; a_{ij} ise karar matrisinin elemanlarını göstermektedir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - a_j^{min}}{a_j^{max} - a_j^{min}} \quad i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n \qquad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{a_j^{max} - a_{ij}}{a_j^{max} - a_j^{min}} \quad i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n \qquad (2)$$

B. Adım 2: Korelasyon Katsayılarının Hesaplanması

Kriterler arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için doğrusal korelasyon katsayıları (ρ_{jk}) denklem (3) yardımı ile hesaplanır. Çalışmada korelasyon katsayıları Microsoft Excel'in "korelasyon" fonksiyonu ile hesaplanmıştır.

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^{m}(r_{ij} - \overline{r_j})(r_{ik} - \overline{r_k})}{\sqrt{\sum_{i-1}^{m}(r_{ij} - \overline{r_j})^2 \sum_{i-1}^{m}(r_{ij} - \overline{r_k})^2}} \quad j,k = 1,\dots,n \qquad (3)$$

C. Adım 3: Bilgi Miktarı ve Standart Sapmanın Hesaplanması

Kriterin toplam bilgisi (C_j), denklem (4)'e göre hesaplanırken standart sapma (σ_j) denklem (5)'e göre hesaplanır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^{n}(1 - \rho_{jk}) \qquad (4)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i-1}^{m}(r_{ij} - \overline{r_j})^2}{m}} \qquad (5)$$

D. Adım 4: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin ağırlıkları denklem (6) yardımıyla hesaplanır.

$$w_j = \frac{c_j}{\sum_{j=1}^{n} c_j} \quad (j = 1,2,\dots,n) \tag{6}$$

III. COPRAS YÖNTEMİ

Zavadskas ve Kaklauskas tarafından 1996 yılında geliştirilmiştir. Kriterleri fayda ve maliyet yönlü sınıflandırarak alternatifleri sıralayan bir yöntemdir. Kriter değerlendirmesinde fayda bazlı kriterlerin üst düzeye çıkartılması ve maliyet bazlı kriterlerin en aza indirilmesi için kullanılır [6]. Yöntem 7 adımdan oluşmaktadır [4, 7-9].

A. Adım1: Karar Matrisinin Oluşturulması

CRITIC yönteminin ilk adımında oluşturulan karar matrisi kullanılır.

B. Adım2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması

Denklem (7) yardımıyla karar matrisi normalize edilir. Burada a_{ij} karar matrisinin elemanlarını göstermektedir.

$$a_{ij}^{*} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad j = 1,2,\dots,n \tag{7}$$

C. Adım3: Ağırlıklandırılmış Karar Matrisinin Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış karar matrisi; normalize edilmiş karar matrisinin sütunları, hesaplanan kriter w_j ağırlık değerleri ile çarpılarak bulunur.

D. Adım4: Faydalı ve Faydasız Kriterlerin Hesaplanması

Faydalı kriterler (optimizasyon durumu max olan) için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı S_{i+} , faydasız kriterler (optimizasyon durumu min olan) için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisindeki değerlerin toplamı S_{i-} olarak gösterilir.

E. Adım5: Q_i Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

Denklem (8) yardımıyla göreceli önem değerleri (Q_i) hesaplanır.

$$Q_i = S_{i+} + \frac{\sum_{i=1}^{m} S_{i-}}{(S_{i-}) \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{S_{i-}}} \tag{8}$$

F. Adım6: En Yüksek Göreceli Önem Değerlerinin Hesaplanması

Denklem (9) yardımıyla hesaplanır.

$$Q_{max} = \text{en büyük } \{Q_i\}, \quad i=12, \dots, m \tag{9}$$

G. Adım7: Her Bir Alternatif için Performans İndeksi P_i Değerlerinin Hesaplanması

Denklem (10) ile performans indeksi hesaplanır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} 100\% \tag{10}$$

IV. UYGULAMA

Ülkelerin enerji göstergeleri ve büyüme potansiyelleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [10-13]. Bu çalışmalar ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile gerçekleşen enerji göstergeleri arasında doğrusal bir ilişkiyi kanıtlamaktadır, ayrıca enerji tüketimi, enerji üretimi, emisyon değerleri gibi temel değişkenler ışığında ülkeleri derecelendirmek mümkün olmaktadır [14]. Ülkelerin enerji göstergelerine göre sıralanmasını ele alan çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan temel göstergeler birer karar kriteri olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada KEİ üyesi 12 ülkenin enerji göstergeleri açısından performanslarının ölçülmesi çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olan COPRAS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak veriler ve kriterler Uluslararası Enerji Ajansının yayınlamış olduğu enerji istatistiklerinden alınmıştır [15]. Tablo 1'de görüldüğü gibi kullanılan enerji gösterge kriterleri, çalışmanın tutarlılığını artırmak için oransal olarak alınmıştır. Yöntemlerin uygulanması Microsoft Excel'de yapılmıştır.

Nesnel ağırlık belirleme yöntemlerinden biri olan CRITIC yöntemine göre ilk adım Tablo 2'de verilen karar matrisini oluşturmaktır. Bu matristeki K1 ve K2 kriterleri (1)'e göre kalan kriterler ise (2)'ye göre normalize edildikten sonra kriterlerin korelasyon katsayıları (3)'e göre hesaplanır. Korelasyon değerleri negatif ve sıfıra yakın olduğundan kriterlerin birbirinden bağımsız hareket ettikleri söylenebilir. Kriterlerde aranan temel özellik birbirlerini etkilememesidir. Yöntemin Adım 2, 3 ve 4 uygulama sonuçları Tablo 3'de görülmektedir. CRITIC yöntemine göre bulunan ağırlık değerleri COPRAS yönteminin ağırlıklandırılmış karar matrisinin oluşturulması adımında kullanılacaktır.

KEİ ülkelerinin enerji göstergeleri açısından performansları COPRAS yönteminin yedi adımını ile sıralanmıştır. Sıralama ülkelerin performans indeksi P_i değerine göre büyükten küçüğe doğru yapılmıştır. Sıralama sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Enerji gösterge oranları	Ölçüm birimi	Optimizasyon durumu
K1: TPES/GDP	toe/1000 $	Max
K2: Elektrik Tüketimi/Nüfus	kWh/kişi başı	Max
K3: CO_2/TPES	tCO_2/toe	Min
K4: CO_2/Nüfus	tCO_2/kişi başı	Min
K5: CO_2/GDP	kg CO_2/$	Min

Tablo 1. Enerji gösterge kriterleri

	Kriterler				
Alternatifler	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**
Türkiye	0,12	2959,24	2,46	4,10	0,29
Ukrayna	0,74	3208,8	2,10	4,20	1,56
Moldova	0,48	1396	2,24	2,13	1,08
Rusya Federasyonu	0,41	6588	2,07	10,19	0,85
Romanya	0,17	2645	2,18	3,51	0,37
Sırbistan	0,37	4540	3,02	6,27	1,11
Yunanistan	0,09	5212	2,79	5,95	0,26
Gürcistan	0,31	2734	1,81	2,26	0,57
Bulgaristan	0,34	4858	2,35	6,10	0,80
Azerbaycan	0,24	2245	2,15	3,19	0,52
Ermenistan	0,27	1901	1,53	1,56	0,41
Arnavutluk	0,17	2092	1,75	1,32	0,29

Tablo 2. Karar matrisi

	K1	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**
K1	1	0,039	0,094	-0,146	-0,957
K2	0,039	1	-0,488	-0,955	-0,148
K3	0,094	-0,488	1	0,509	0,18
K4	-0,146	-0,955	0,509	1	0,264
K5	-0,957	-0,148	0,180	0,264	1
C_j	1,322	1,616	1	1,190	1,408
σ_j	0,266	0,291	0,270	0,275	0,302
w_j	0,202	0,248	0,153	0,182	0,215

Tablo 3. Korelasyon katsayıları, toplam bilgi, standart sapma ve ağırlık değerleri

Alternatifler	Q_i	P_i	**Sıralı** P_i	**Ülke Sıra**
Türkiye	0,075	72,29	100,00	1-Arnavutluk
Ukrayna	0,087	83,81	95,52	2-Ermenistan
Moldova	0,072	69,54	85,60	3-Rusya Fed.
Rusya Fed.	0,089	85,60	85,16	4-Gürcistan
Romanya	0,078	75,29	83,81	5-Ukrayna
Sırbistan	0,074	71,94	77,98	6-Bulgaristan
Yunanistan	0,078	75,62	75,62	7-Yunanistan
Gürcistan	0,088	85,16	75,29	8-Romanya
Bulgaristan	0,081	77,98	73,02	9-Azerbaycan
Azerbaycan	0,076	73,02	72,29	10-Türkiye
Ermenistan	0,099	95,52	71,94	11-Sırbistan
Arnavutluk	0,104	100,00	69,54	12-Moldova

Tablo 4. COPRAS yöntemi sonucu

V. SONUÇ

Sonuç itibariyle; uygulamaya konu olan ülkeler (karar alternatifleri), ölçüme yönelik belirlenen kriterler, ÇKKV tekniklerinden olan CRITIC ve COPRAS yöntemleri ile yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, nesnel ölçüte göre ülke sıralamaları elde edilmiştir. Enerji göstergeleri dikkate alındığında ilk sırayı Arnavutluk almıştır. Çalışmada ikinci sırayı Ermenistan, üçüncü sırayı ise Rusya Federasyonu almıştır. Türkiye toplamda 12 ülke arasından onuncu sırada kendisine yer bulmuştur. Moldava ise son sırada kalmıştır.

Ülkelerin enerji göstergeleri açısından karşılaştırıldığı bu çalışma, belirlenen kriterler ve alternatifler arasından bir sıralama oluşturmuştur. Farklı ağırlık değerlerine göre bu sıralamanın değişeceği aşikardır. Çalışma ile bu konudaki problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemlerinin elverişli sonuçlar sunduğu, nesnel ağırlıklar kullanılarak ülkeler arasında bir derecelendirme yapılabileceği görülmüştür.

Enerji göstergeleri açısından KEİ ülkeleri arasında ülkemizin enerji sıralaması ölçülmüş ve bu sürecin nesnel ölçüt yardımıyla daha etkili bir şekilde modellenebileceği gösterilmiştir. İleriki çalışmalarda aynı kriterlerin güncel verileri dikkate alınarak ülkelerin sıralamaları yakından takip edilebilir. Farklı ÇKKV yöntemleriyle problem çözülüp sonuçlar kıyaslanabilir. Ayrıca, nesnel ölçüt yardımıyla gerçekleştirilen bu çalışma karar vericinin öznel yargılarını da dikkate alarak farklı bir senaryo ile çözülebilir.

KAYNAKÇA

[1] http://www.mfa.gov.tr/karadeniz-ekonomik-isbirlici-_kei_---orgutunun-dunu_-bugunu-ve-gelececi.tr.mfa (Erişim tarihi: 06.04.2018)

[2] Diakoulaki, D., Mavrotas, G., and Papayannakis, L., "Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method", Computers Ops Res., 22(7): 763-770, 1995.

[3] Chunyan, G., Yanfang, W., and Wenhua, J., "An empirical study of evaluation ındex system and measure method on city's soft power: 17 cities in Shandong province", CSCanada Cross-Cultural Communication, 9(6): 27-31, 2013.

[4] Ersoy, N., "Measuring corporate sustainability performance in the rubber coating industry: an integrated multicriterion framework", The Online Journal of Science and Technology, 7(4): 146-161, 2017.

[5] Jahan, A., Mustapha, F., Sapuan, S.M., Ismail, M.Y., and Bahraminasab, M., "A framework for weighting of criteria in ranking stage of material selection process", Int J Adv Manuf Technol., 58:411–420, 2012.

[6] Podvezko, V., "The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS", Engineering Economics, 22(2): 134-146, 2011.

[7] Bakhouyi, A., Dehbi, R., and Talea, M., "Multiple criteria comparative evaluation on the interoperability of LMS by applying COPRAS method", Future Technologies Conference 2016, 361-366, 2016.

[8] Kundakçı, N., and Tuş Işık, A., "Integration of MACBETH and COPRAS methods to select air compressor for a textile company", Decision Science Letters, 5: 381-394, 2016.

[9] Şahin, C., and Öztel, A.,"Comparative analysis of habitability levels of countries with COPRAS method: BRICS countries and Turkey", International Journal of Western Black Sea Social and Humanities Sciences, 1(1):75-84, 2017.

[10] Mozumder, P., and Marathe, A., "Causality relationship between electricity consumption and GDP in Bangladesh", Energy Policy, 35:395-402, 2007.

[11] Asafu-Adjaye, J., "The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries", Energy Economics, 2: 615-625, 2000.

[12] Belke, A., Dobnik, F., and Dreger, C., "Energy consumption and economic growth – new insights into the cointegration relationship", Energy Economics, 33: 782-789, 2011.

[13] Korkmaz, Ö., ve Develi, A., "Türkiye'de birincil enerji kullanımı, üretimi ve Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) arasındaki ilişki", DEÜ İİBF Dergisi, 27(2): 1-25, 2012.

[14] Gök, M., G20 Ülkelerinin Enerji Göstergeleri Açısından Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Sıralanması, Anakara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2015.

[15] International Energy Agency, Key World Energy Statistics, 2017.

Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinin Analizi

Analysis of Multi-Criteria Decision Making Technique for Renewable Energy Alternatives

Orhan ENGİN[1]
Ahmet SARUCAN[2]
Mehmet Emin BAYSAL[3]

[1] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, orhanengin@yahoo.com
[2]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, sarucan@selcuk.edu.tr
[3] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye, mebaysal@gmail.com

Özetçe— Sosyal yaşantımızda ve ekonomik gelişmemizde enerji oldukça önemlidir. Fosil kaynaklı yakıtların kullanılması, atmosferdeki karbon emisyonunu artırmaktadır. Bu emisyon iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynakları, fosil kaynaklı yakıtlara göre daha etkilidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok avantajı vardır. Özellikle atmosferdeki karbon emisyonunu azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, geleneksel elektrik enerji sistemlerine göre bakım maliyetlerinden dolayı daha az rekabetçidirler [1]. Yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji ve hibrit enerji sistemlerinden oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumunda yer seçimi günümüzde önemli bir karar problemidir. Aynı zamanda, yenilenebilir enerji kaynaklarından en iyi alternatifin seçimi de önemli bir problemdir. Literatürde, yenilenebilir enerji, enerji planlama, enerji arz talebi ve enerji tahmin modelleri üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Son yıllarda, yenilenebilir enerji ile ilgili çok kriterli karar analizleri metodu, yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, en uygun yenilenebilir enerji alternatiflerini belirlemek için çok kriterli karar verme prosedürü ile ilgili son on yılda literatürde yapılan araştırmalar analiz edilmiştir. Yenilenebilir enerji sistemlerinde, çok kriterli karar verme tekniğinin kullanımında farklı aşamalar uygulanır. Bunlar, kriter seçimi, kriterleri ağırlıklandırma, değerlendirme ve nihai birleştirmedir. Literatürde, enerji tedarik sistemlerinde, teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal kriterler kullanılmaktadır. Kriter seçim yöntemi olarak da Delphi, en küçük ortalama kareler, minimax sapma ve korelasyon katsayısı metotları kullanılmaktadır. Kriterleri ağırlıklandırma metotları üç kategoriye ayrılır [2]. Bunlar öznel ağırlıklandırma, nesnel ağırlıklandırma ve kombinasyon ağırlıklandırma yöntemleridir. Ağırlıklandırma yöntemi olarak da basit çoklu özellik değerlendirme tekniği, SWING, SIMIS, çift karşılaştırma ve analitik hiyerarşi süreci kullanılmaktadır. Amaç ağırlıklandırma metodu olarak da entropi, ideal çözüme yakınlığı tercih etme tekniği ve dikey-yatay yöntemler kullanılmaktadır [2].

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji kaynakları, çok kriterli karar analiz metodu.

Abstract— Energy is very important for our social life and economic development. In the recent years, the demand for energy has increased. The use of fossil fuel resources is increased the carbon emissions to the atmosphere. This emission is becoming climate change. That's why, the renewable energy sources more effectively than fossil fuel resources energy. The renewable energy sources have several advantages. Especially, it reduces in carbon emissions to the atmosphere. The renewable energy is known to be less competitive than the traditional electric energy systems due to high maintenance cost [1]. Renewable energy is classified by wind power, solar energy, hydropower, biomass energy, geothermal energy and hybrid systems. To establish renewable energy system in a given place is an important decision criteria problem nowadays. Also which renewable energy source is the best choice is an important criterion too. At the literature, some papers have

reviewed renewable energy, energy planning, energy supply demand and energy forecasting models. Multi-criteria decision analysis methods have used popular for renewable energy in recent years. At this study multi-criteria decision- making procedures in order to determine the most appropriate renewable energy alternative are reviewed at the literature for last decade. The multi-criteria decision-making for renewable energy have different stages. These are criteria selection, criteria weighting, evaluation and final aggregation. At the literature, the criteria of energy supply systems are technical, economic, environmental and social criteria. The methods of criteria selection are Delphi, least mean square, minimax deviation and correlation coefficient method. The weighting methods of criteria are classified into three categories [2]. These are subjective weighting, objective weighting and combination weighting methods. The weighting methods are simple multi-attribute rating technique, SWING, SIMOS, pair-wise comparison and analytic hierarchy process. The objective weighting methods are entropy, technique for order preference by similarity to ideal solution and vertical and horizontal method [2].

Keywords — renewable energy sources, multi-criteria decision analysis methods.

I. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları, temiz, uygun fiyatlı ve tükenmez enerji sağlamaktadır. Bu enerji kaynakları aynı zamanda sera gazlarının emisyonunu azalttığı için küresel ısınmanın ortadan kaldırılmasına katkı sağlamaktadır [3]. Yenilenebilir enerji kaynakları, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji ve hibrit enerji sistemlerinden oluşmaktadır.

Rüzgâr enerjisi: Yenilebilir enerji kaynakları arasında yer alan rüzgâr enerjisi sürdürülebilir kalkınmayı sağlayan güvenli bir enerji kaynağıdır.

Güneş enerjisi: Güneşte yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisi, güneş enerjisi üretimini oluşturmaktadır [4].

Hidroelektrik enerjisi: Hidroelektrik santrallerinde, akan su içerisindeki enerji, tribünler yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür.

Biyokütle enerjisi: Biyokütle, mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöplerin kaynak olarak kullanılıp yakılması sonucu üretilen enerjidir [5].

Jeotermal enerji : Bu enerji, yer altında depolanmış yüksek sıcaklık ve basınca sahip ısı enerjisidir.

Hibrit enerji sistemleri: Birden fazla enerji kaynağı kullanılarak oluşturulan sistemler, hibrid enerji sistemleri olarak adlandırılmaktadırlar.

Bu araştırmada, yenilenebilir enerji alternatiflerini belirlemek için çok kriterli karar verme prosedürü ile ilgili son on yılda literatürde yapılan çalışmalar analiz edilmiştir.

II. ÇOK KRITERLI KARAR VERME METOTLARI

Yenilenebilir enerji alternatiflerinin belirlenmesinde kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri; Ağırlıklı toplam metot, Ağırlıklı çarpım yöntemi, Analitik hiyerarşi süreci, PROMETHEE, ELECTRE, TOPSIS, Uzlaşma programı ve Çok nitelikli fayda teorisidir [6].

Ağırlıklı toplam metot: Yaygın olarak kullanılan tek boyutlu, çok kriterli bir karar verme metodudur.

Ağırlıklı ürün yönetimi: Bu yöntem, ağırlıklı toplam metoda benzemektedir.

Analitik hiyerarşi süreci(AHP): AHP, karar hiyerarşisinde, kararı etkileyen faktörlerin yüzde dağılımlarını veren bir karar metodudur[7].

PROMETHEE: Bu yöntem, alternatiflerin önem derecelerine göre daha önemli olanları kullanır.

ELECTRE: Bu yöntemde, ikili karşılaştırma yapılarak uygun olmayan alternatifler elenmeye çalışılır.

TOPSIS: Karar vericinin belirli kriterlere göre sayısal değerlendirmeler yoluyla farklı alternatifleri sıralamak için kullandığı çok kriterli bir karar verme tekniğidir [8].

Uzlaşma programı: Bu yöntemde, etkili çözümler içerisinde en iyi olanı tanımlanır[6].

Çok özellikli fayda teorisi: Bu yöntemde, karar verici fayda fonksiyonunu tercih eder.

III. YENILENEBILIR ENERJI ALTERNATIFLERININ SEÇIMINDE ÇOK KRITERLI KARAR VERME TEKNIKLERININ KULLANIMI

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji alternatiflerini belirlemek için çok kriterli karar verme prosedürü ile ilgili son on yılda literatürde yapılan araştırmalar analiz edilmiştir.

Atıcı ve Ulucan [9] çalışmalarında, Türkiye enerji sektörü için çeşitli hidroelektrik santral projelerini ELECTRE yöntemi ile sıralamışlar ve rüzgâr santrali projelerini de PROMETHEE tekniği kullanarak sıralamışlardır. Sarucan ve ark. [7] yenilenebilir elektrik üretimi seçimi için çok kriterli yeni bir karar verme metodu önermişleridir. Önerdikleri metot da, analitik hiyerarşi süreci ile gri ilişki analizini birlikte kullanmışlardır. Kaya ve Kahraman [10] araştırmalarında, iyileştirilmiş bulanık TOPSIS metodu ile en iyi alternatif enerji teknolojilerini belirlemeye çalışmışlardır. Uysal [11], Türkiye'de yenilenebilir enerji

alternatiflerinin seçimi için graf teori ve matris yaklaşımını önermiştir. Özcan ve Erol [12], Türkiye'de elektrik üretim planlaması için çok amaçlı bir karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli önermişleridir. Ayan ve Pabuçcu [13], Analitik hiyerarşi süreci yaklaşımı ile Türkiye için yenilenebilir enerji kaynakları yatırımları arasında bir öncelik sıralaması belirlemeye çalışmışlardır. Ertay, Kahraman ve Kaya [14] çalışmalarında, çok kriterli karar verme metotlarından olan MACBETH ve AHP yöntemlerini, yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirilmesi için bulanık verilerle karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Onar, Oztaysi, Otay ve Kahraman[15], rüzgâr enerjisinde teknoloji seçimi için aralık değerli, sezgisel bulanık kümeler kullanarak çok uzmanlı bir model önermişlerdir. Kahraman, Onar, ve Oztaysi[3], rüzgâr enerjisi yatırım alternatiflerinin karşılaştırılması için aralık değerli sezgisel bulanık fayda/maliyet analiz metodunu önermişlerdir. Sağır ve Doğanalp [16], Türkiye de enerji üretimi için farklı enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ilişkin bulanık çok-kriterli bir karar verme modeli sunmuşlardır. Ervural, Ervural ve Evren [4] enerji problemlerini, karar seviyesi, uygulama alanı ve enerji türü bakımından sınıflandırmışlardır. Özcan, Özcan ve Eren [17], çalışmalarında, güneş enerjisinden elektrik üretimini sağlayan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojilerinden Parabolik oluk kolektör, Doğrusal fresnel reflektör, Merkezi alıcı sistem, Merkezi sistem ve Parabolik çanak sistemlerini, değerlendirmişlerdir. Özcan, Ünlüsoy ve Eren [18], ağırlıkları ANP (Analytic Network Process) yöntemi ile hesaplanan, 4 ana kriter ve bunlara bağlı 12 alt kriter belirlemişlerdir. Türkiye'nin sahip olduğu hidroelektrik, rüzgâr, biyokütle, güneş ve jeotermal enerji kaynaklarını, TOPSIS yöntemi ile sıralamış ve bu kaynaklar ile yapılacak yatırım önceliklerini belirlemişlerdir. Uyan [19] Konya ili Çumra ilçesinde güneş enerji santrali kurulabilecek en uygun alanların, Coğrafi Bilgi Sistemi ve Analitik Hiyerarşi Süreci kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Damgacı, Boran ve Boran [20] çalışmalarında, sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak Türkiye için uygun yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesini teknik, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörler yardımıyla belirlemişlerdir.

IV. SONUÇ

Bu araştırmada, en uygun yenilenebilir enerji alternatiflerini belirlemek için çok kriterli karar verme prosedürü ile ilgili son on yılda literatürde yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Çok kriterli karar verme teknikleri olarak, genellikle, Analitik hiyerarşi süreci, PROMETHEE, ELECTRE ve TOPSIS metotlarının kullanıldığı tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Banos, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F.G., Gil, C., Alcayde, A., Gomez, J., "Optimization Methods Applied to Renewable and Sustainable Energy: A Review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 1753-1766, 2011.

[2] Wang, J.J. Jing, Y.Y., Zhang, C.F., Zhao, J.H., "Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 2263-2278, 2009.

[3] Kahraman, C., Onar, S.C., Oztaysi, B. "A Comparison of Wind Energy Investment Alternatives Using Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Benefit/Cost Analysis", *Sustainability*, 8 (118): 2-18, 2016.

[4] Ervural B.Ç., Ervural, B., Evren R., "Enerjide Optimizasyon Uygulamaları: Bir Literatür Araştırması", *Ege Akademik Bakış*, 16, 51- 70, 2016.

[5] Anonim, "Biyokütle Enerjisi Nedir?" *http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_enerjisi.aspx*, Erişim Nisan 2018.

[6] Pohekar, S.S., Ramachandran, M., "Application of Multi-criteria Decision Making to Sustainable Energy Planning- A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8:365-381, 2004.

[7] Sarucan, A., Baysal, M.E., Kahraman, C., Engin, O., "A Hierarchy Grey Relational Analysis for Selecting the Renewable Electricity Generation Technologies", *Proceedings of the World Congress on Engineering*, July 6-8, London, 2011.

[8] Baysal, M.E., Kahraman, C., Sarucan, A., Kaya, İ., Engin, O., "A Two Phased Fuzzy Methodology for Selection among *Municipal Projects", Technological* and Economic Development of Economy, 21(3), 405- 422, 2015.

[9] Atıcı, K.B., Ulucan, A., "Enerji Projelerinin Değerlendirilmesi Sürecinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşimlari ve Türkiye Uygulamalari", *H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27 (1), 161-186, 2009.

[10] Kaya, T. Kahraman, C., "Multicriteria Decision Making in Energy Planning Using a Modified Fuzzy TOPSIS Methodology" *Expert Systems with Applications*, 38, 6577- 6585, 2011.

[11] Uysal, F., "Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori Ve Matris Yaklaşim" *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13, 23- 40, 2011.

[12] Özcan, E.C., Erol, S., "Türkiye'de Elektrik Üretim Planlamasi İçin Çok Amaçli Bir Karişik Tam Sayili Doğrusal Programlama Modeli", *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 1, 1, 2013.

[13] Ayan, T.Y., Pabuçcu, H., "Yenilenebilir Enerji Kaynaklari Yatirim Projelerinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Değerlendirilmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 18, 3, 89-110, 2013.

[14] Ertay, T., Kahraman, C., Kaya, İ., "Evaluation of Renewable Energy Alternatives Using Macbeth and Fuzzy Ahp Multicriteria

Methods: The Case of Turkey", *Technological and economic development of economy*, 19, 1 38-62, 2013.

[15] Onar, S.C., Oztaysi, B., Otay, İ, Kahraman, C., "Multi-expert wind energy technology selection using interval-valued intuitionistic fuzzy sets", *Energy*, 74-285, 2015.

[16] Sağır, H., Doğanalp, B., "Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme Perspektifinden Türkiye İçin Enerji Kaynakları Değerlendirmesi", *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari*

[17] Özcan, E.C., Özcan, N.A., Eren, T., "CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallarının Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı ile Seçimi", Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi, 1, 1, 18-44, 2017.

[18] Özcan, E.C., Ünlüsoy S., Eren, T., "ANP ve TOPSIS Yöntemleriyle Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Yatırım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi", *SUJEST*, 5, 2, 204- 219, 2017.

[19] Uyan, M., "Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması", *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 23, 4, 343-351, 2017.

[20] Damgacı, E., Boran, K., Boran, F.E., "Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanarak Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*,; 20, 3, 629-637,2017.

Hibrit Güç Sistemlerinde Arıza Tespiti
Fault Detection in Hybrid Power Systems

Ümit ÖZLEYEN[1]
Fatih ÜNAL[2]
Sami EKİCİ[2]

[1]Elektrik Enerjisi Üretim, İletim ve Dağıtım Programı, İliç Dursun Yıldırım Meslek Yüksekokulu, Erzincan Üniversitesi, Erzincan, Türkiye, uozleyen@erzincan.edu.tr
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, sekici@firat.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada Matlab / Simulink yazılımı ortamında bir hibrit güç sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistemde hat boyunca hibrit güç sisteminde oluşabilecek muhtemel arıza durumları incelenmiştir. Enerji iletim hattında belirli mesafelerde sanal arızalar meydana getirilmiş ve bu arızalara ait akım ve gerilim işaretleri bilgisayar ortamında kaydedilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veriler ön işleme aşamasında normalize edildikten sonra sayısal işaret işleme aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada amaç, farklı noktalarda meydana gelen arızalar için akım ve gerilim işaretlerinden ayırt edici özellikler çıkartmaktır. Toplam uzunluğu yüz kilometre olan üç fazlı enerji iletim hattının on beşinci kilometresinden başlatarak seksen beşinci kilometresine kadar sanal arıza meydana getirilmiştir. Deneyler tekrarlanarak toplam 497 adet farklı arıza meydana getirilmiştir. Yapılan benzetimlerin gerçek sistemdeki duruma benzer hale getirilmesi için hazırlanan bir matlab programı ile arıza tipleri, arıza dirençleri ve arıza oluş açıları rastgele oluşturulmuştur. Ayırt edici özelliklerin elde edilmesi için on iki seviyeli Ayrık Zamanlı Dalgacık Dönüşümü kullanılmıştır. Elde edilen detay ve yaklaşık katsayıları için entropi, standart sapma, çarpıklık ve basıklık gibi dört ayrı istatistiksel parametreler hesaplanarak eğitim veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin eğitim ve geçerlilik testi için Matlab Regression Learner uygulaması kullanılmış ve literatürde kullanılan birçok yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntemin oldukça düşük bir hata oranı ile arıza yerini tahmin ettiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler — hibrit güç sistemleri, dalgacık dönüşümü, arıza yeri, yapay zeka

Abstract— In this study, a hybrid power system was created in Matlab / Simulink software environment. In this system, probable fault conditions that may occur in the hybrid power system have been investigated along the line. Virtual disturbances at certain distances in the energy transmission line are simulated and a data base is created by recording the current and voltage signals of these faults in the computer environment. After normalizing this data in the preprocessing phase, it is passed to the digital signal processing stage. The goal in this phase is to obtain distinctive features of current and voltage signals for faults occurring at different points. Starting from on the fifteenth kilometers up to eighty-five kilometers, virtual faults have been created at each km of the three-phase transmission line which has hundred kilometers length. By repeating the experiments, four hundred and ninety-seven different faults have been created. Fault types, fault resistances and fault inception angles are changed randomly to obtain similar fault occurrence conditions as in real life by preparing a matlab program. To obtain distinctive features, twelve-level Discrete Wavelet Transform is used. Four different statistical parameters including entropy, standard deviation, skewness and kurtosis are computed for detail and approximation coefficients to build final dataset. For training and validation of the dataset, Matlab Regression Learner App is employed and the obtained results are compared with a lot of methods which are used in the literature. The obtained results show that the proposed method can estimate fault locations with rather small error rate.

Keywords — hybrid power systems, wavelet transform, fault location, artificial intelligence

I. GİRİŞ

Enerji, günlük yaşamımızı etkileyen ve biçimlendiren en önemli faktörlerdendir. Her geçen gün artan enerji talebi ve dünyadaki nüfusun hızla artmasına bağlı olaraktan artan yaşam standartları ve ekonomik faaliyetlerin büyümesi ile hızlı bir şekilde artmaktadır. Enerji ihtiyacı arttıkça enerji kaynaklarının verimli kullanımı ve bu kaynakların üzerinde hâkimiyet kurma çabası önem kazanmış, enerji yönetiminin başarılı bir biçimde uygulanması öncelikli bir konu haline gelmiştir. Son yüzyılın enerji altyapılarının büyük bir kısmının fosil yakıt (kömür, petrol, doğalgaz vb.) temelli olduğu görülmektedir [1]. Hibrit sistemlere dayalı oluşturulan yenilebilir enerji sistemleri gerek küresel

ısınma gerekse iklim değişiklikleri ile yapılan mücadelelerde etkin bir rol oynamaktadır. Hibrit bir sistem, güneş, rüzgâr v.b. yenilenebilir enerjinin bir veya daha fazla kaynağının beraber kullanılmasıdır [2]. Hibrit güç sisteminin iletim hattında çok sayıda arıza meydana gelebilir. Bu arızalar, hat boyunca güç akışında düzensizlikler ile sonuçlanır [3]. Bir iletim hattında arıza meydana geldiğinde, akım ve gerilim sinyallerinde ani bir değişime neden olur [4]. Arıza akımı sağlam duruma göre oldukça yüksek olup sistem üzerinde yıkıcı etkiye sahiptir [5]. İletim hattında meydana gelen çeşitli arızaları modellemek ve analiz etmek için bir Matlab/Simulink modeli oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen simulink modelinde tek faz toprak, iki faz toprak ve 3 faz toprak arızaları oluşturulmuş, arıza durumlarına ait akım ve gerilim sinyalleri analiz edilerek elde edilen özellik vektörleriyle akıllı bir sayısal mesafe koruma rölesi modeli geliştirilmiştir.

Bugüne kadar çok sayıda farklı arıza yeri tespit yöntemi önerilmiş olsa da, doğru arıza yeri tahmini için kullanılacak yöntemin seçimi her zaman zor bir karar olmuştur. Yapılan sinyal işleme ve yapay zekâ tabanlı çalışmalar genellikle klasik güç sistemleri üzerinde yoğunlaşmıştır [6]-[8]. Son yıllarda yüksek gerilim, doğru akım enerji iletim hatlarının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte az da olsa bu tip hatların üzerinde yapılan çalışmalar da mevcuttur [9]. Hibrit güç sistemleri üzerinde yapılan çalışma sayısı ise yok denecek kadar azdır.

Rüzgâr ve güneş santralleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının hayatımıza girişi ile birlikte bu enerji kaynaklarının güç şebekeleri ile birleştirilmesi sonucu sistem daha karmaşık bir hale gelmiştir. Hibrit güç sistemlerinde arıza yerinin mevcut röleler ile tespit edilmesi oldukça zor bir hale gelmiştir. Bu çalışmada, hibrit güç sistemleri için yeni ve etkili bir arıza yeri tespit yöntemi sunulmuştur.

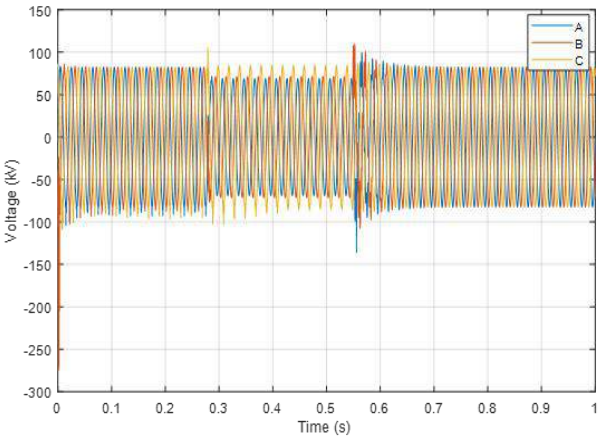
II. MATERYAL VE METOD

Simülasyon çalışmasında rüzgar enerji santrali ve fotovoltaik güneş santrali ile senkron generatöre bağlı bir hibrit güç sistemi oluşturulmuştur. Üç fazlı iletim hattın toplam uzunluğu 100 km'dir ve 15-85. kilometreler arasında her bir kilometrede üç faza ait arıza akım ve gerilim sinyallleri kaydedilmiştir. Sanal arızaların başlangıç ve bitiş süreleri otomatik olarak rastgele belirlenmektedir. Başlangıç zamanı (a), bitiş zamanınından (b) büyük ise (a>b) ise her defasında yeni b değerleri üretilmektedir. Bu işlem a<b oluncaya kadar tekrarlanmaktadır. Aynı zamanda arıza durumları da rastgele belirlenmektedir. A, B, C fazları sıfır (0) ya da bir (1) değerlerini rastgele almaktadır. Örneğin: ABC değerleri: 100 olarak üretilmiş ise arıza durumu A fazı-toprak olarak seçilecektir. ABC değerleri 000 ise herhangi bir arıza olmadığı anlaşılmaktadır. Arıza direnci 0 ile 100 ohm arasında rastgele seçilmektedir. Bu parametrelerden arıza analizi sırasında yaralanabilmek için rastgele üretilen arıza durum bilgisi, arıza direnci, arıza başlangıç ve bitiş süreleri kaydedilmiştir. Her seferinde farklı değerler üretilerek otomatik olarak çalıştırılan hibrit sistem modelinde senkron generatör tarafından ve rüzgar ve güneş santrallerinin bulunduğu taraftan ölçülen üç faz akım ve gerilim sinyalleri kaydedilmiştir. Bu parametrelerin gerçek sistemlerde olduğu gibi rastgele atanabilmesi için ayrı bir matlab programı yazılmıştır. Güç sistemi modeli için hazırlanan program 7 defa çalıştırılmış ve toplam 497 (7x71) arıza simülasyonu verisi elde edilmiştir. Ölçümlerin hem senkron generatör hem de rüzgar, güneş santrali tarafında üç faz akım ve gerilim değerleri için yapıldığı düşünüldüğünde oldukça büyük bir veri seti elde edilmiştir. Simülasyonda kullanılan örnekleme frekansı 20 kHz'dir.

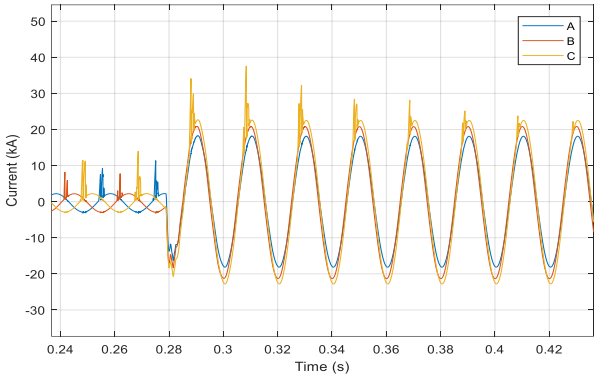
Simülasyon çalışmasından elde edilen akım ve gerilim sinyalleri [-1, 1] aralığında normalize edilmiştir. Daha önce kaydedilen arıza başlangıç ve bitiş sürelerinden yararlanarak yarım periyot arıza öncesi, yarım periyot arıza sonrası olmak üzere toplam 1 periyotluk (400 örenek) sinyallere 12 seviyeli ayrık dalgacık dönüşümü uygulanmıştır. Elde edilen yaklaşık ve detay katsayıları için standart sapma, entropi, çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanarak özellik veri matrisinin boyutları düşürülmüştür. Oluşturulan nihai veri seti Matlab Regression Learner uygulamasına giriş olarak uygulanmış ve arıza yeri tahminleri yapılmıştır. Regression Learner eklentisi R2017a sürümüyle gelen ve literatürde yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerini bir defada eğiterek kullanıcıya karşılaştırma yapma ve en uygun modeli belirleme imkânı sunan bir eklentidir [10].

III. BULGULAR

Rastgele oluşturulan arıza durumu bilgisi (A, B,C), arıza direnci (Rg), arıza başlangıç (a) ve bitiş zamanları (b) bir FT matrisinde FT = [A B C Rg a b] olarak kaydedilmiştir. Şekil 1(a) ve (b)'de iletim hattının 15. kilometresinde meydana gelen, güneş ve rüzgâr santrallerinin bağlı olduğu baradan ölçülen bir AB fazı-toprak (G) arızasına ait 3 faz gerilim ve akım sinyalleri görülmektedir.



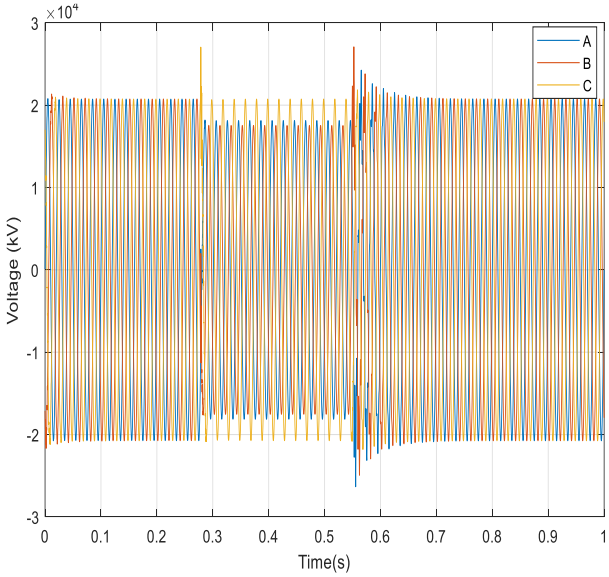
(a)



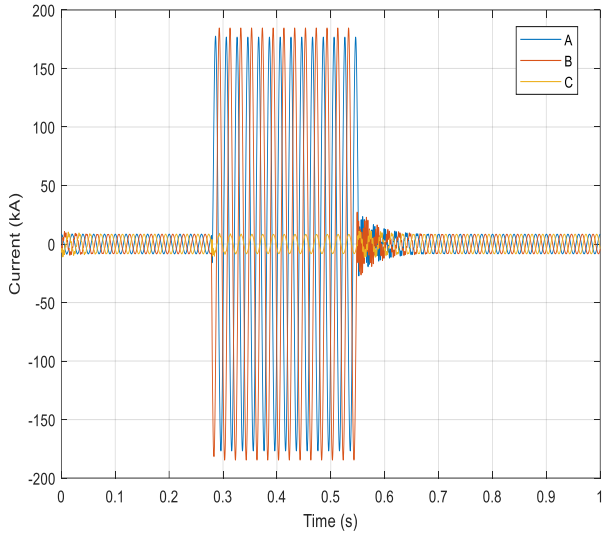
(b)

Şekil 1. 15. km'de ABG arızasına ait gerilim (a) ve akım (b) sinyalleri

Yine iletim hattının 15. kilometresinde meydana gelen bir iki faz-toprak (ABG) arızasına ait gerilim ve akım sinyalleri ise senkron generatörün bağlı olduğu baradan Şekil 2 (a) ve (b)'de ki gibi ölçülmüştür.



(a)



(b)

Şekil 2. 15. km'de ABG arızasına ait gerilim ve akım sinyalleri

Matlab Regression Learner regresyon algoritmaları kullanılarak eğitilen özellik veri setinin çapraz geçerlilik testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Matlab Regression Learner eklentisi bünyesinde doğrusal regresyon, karar ağaçları, bütünleşik ağaçlar, Destek Vektör Makinaları (DVM) ve Gauss süreç regresyon yöntemleri ve bunların alt yöntemleri yer almaktadır.

Kullanılan Yöntem		Arıza Türü						
		AG	**BG**	**CG**	**ABG**	**BCG**	**ACG**	**ABCG**
Gauss Süreç Regresyon (Matern 5/2)	RMSE	3.83	0.6	1.54	1.72	6.11	1.59	4.83
	R^2	0.95	1	0.99	0.99	0.90	0.99	0.95
	MSE	14.66	0.36	2.38	2.96	37.29	2.53	23.25
	MAE	1.35	0.39	0.68	0.87	1.91	0.80	2.22
	Tahmin Hızı (obs/sec)	380	320	330	400	380	560	310
	Eğitim Süresi(sn)	3.709	3.75	4.58	3.64	3.78	5.20	3.82

Tablo 1. Matlab Regression Learner regresyon algoritmaları kullanılarak elde edilen ortalama karesel hata değerleri

Matlab Regression Learner analizinde en başarılı sonuçlar Gauss süreç regresyon yöntemiyle elde edilmiştir. Ortalama karasel hata (RMSE), karesel regresyon parametresi (R^2), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama karasel hata (MSE), tahmin hızı ve eğitim süresi değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Kullanılan Yöntem		Arıza Türü / Ortalama Karesel Hata Değerleri						
		AG	**BG**	**CG**	**ABG**	**BCG**	**ACG**	**ABCG**
Doğrusal Regresyon	Doğrusal Regresyon	8.46	52.66	30.77	9.01	26.08	32.42	56.79
Karar Ağaçları	Basit	18.02	19.53	19.66	21.14	18.88	20.52	22.41
	Orta	10.46	8.71	9.01	7.55	11.7	9.79	14.45
	Kompleks	7.34	7.13	6.18	4.75	10.6	7.7	7.27
Bütünleşik Ağaçları	Güçlendirilmiş	3.92	3.63	3.59	3.93	7.73	5.66	6.42
	Torbalanmış	6.26	5.5	7.23	6.78	8.6	6.94	10.17
Destek Vektör Makineleri (DVM)	Doğrusal	9.66	2.87	2.79	3.43	6.77	2.93	15.38
	Ikinci Derece	14.07	4.98	2.79	3.76	6.78	3.18	18.62
	Kübik	16.28	3.26	2.94	4.28	6.82	3.33	14.0
	İyi Gauss	10.46	5.76	7.73	11.42	11.21	9.25	11.73
	Orta Gauss	7.23	3.95	4.37	5.12	8.49	3.78	10.07
	Kötü Gauss	14.46	14.36	15.17	14.82	14.39	12.93	19.29
Gauss Süreç Regresyon	Karesel Eksponansiyel	3.87	0.6	1.61	1.72	6.25	1.6	4.82
	Matern 5/2	3.83	0.6	1.54	1.72	6.11	1.59	4.83
	Üstel	5.06	1.83	2.77	3.31	6.71	1.81	6.43
	Rasyonel İkinci Dereceden	3.87	0.6	1.61	1.72	6.25	1.6	4.82

Tablo 2. Matlab Regression Learner analizde en iyi sonucu veren Gaussian regresyon yönteminin performans değerleri

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Matlab Regression Learner eklentisi kullanılarak bir arıza yeri tahmin yöntemi önerilmiş ve önerilen yöntemin performans değerlendirmesi yapılmıştır. Hibrit enerji santrallerine bağlanan iletim hattında meydana gelen arıza dirençleri, arıza tipleri ve oluş açıları gerçek hayatta olduğu gibi rastgele belirlenmiştir. Önerilen yöntem hem hibrit sisteme uygulanması hem de arıza yerinin tespitine doğrudan etki eden parametrelerin rastlantısal olarak seçilmesi yönüyle literatürde bir ilk olma niteliği taşımaktadır. Hibrit enerji santrallerinin sisteme olan olumsuz etkileri dikkate alındığında, önerilen yöntemin arıza yerlerini yüksek bir doğruluk ile tahmin edebildiği gözlemlenmiştir. Gelecekteki çalışmalarda, önerilen yöntemin daha kompleks yapıdaki güç sistemlerine uygulanması düşünülmektedir. Kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin ayarlanabilir parametrelerinin optimize edilmesi de sonuçların daha iyi çıkmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Sekuçoğlu, S.A., Fotovoltaik (pv), rüzgâr ve hibrit sistemlerin tasarımı ve ekonomik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon., 2012.

[2] Kaur, M., and Singh, V., Design and Analysis of Hybrid Power System with Fault Detection and Removal Capability in Transmission Line: International Journal of Current Engineering and Technology, Vol.5, No.5, 2015.

[3] Nandi, R. Panigrahi, B.K., Detectıon Of Fault In A Hybrıd Power System Usıng Wavelet Transform, Michael Faraday IET International Summit: Kolkata, India, September 12 – 13, 2015.

[4] M. N. Hashim, M. K. Osman, M. N. Ibrahim, and A. F. Abidin, "Investigation of features extraction condition for impedance-based fault location in transmission lines," 7th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), November, pp. 325–330, 2017.

[5] C. Rangari and A. Yadav, "A hybrid wavelet singular entropy and fuzzy system based fault detection and classification on distribution line with distributed generation," 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), pp. 1473–1477, 2017.

[6] Gururaja Rao, H. V., Mala, R. C., Chaitanya K. S. Karanam and Pavan Kumar Thota., Detection, Classification and Location of Overhead Line Faults using Wavelet Transform, Indian Journal of Science and Technology. Vol 10(3), 2017

[7] Ekici, S., and Yildirim, S. Fault Location Estimation on Transmission Lines Using Wavelet Transform and Artificial Neural Network. In: IC-AI., pp. 181-184, 2006.

[8] Ekici, S., Elektrik güç sistemlerinde akıllı sistemler yardımıyla arıza tipi ve yerinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2007.

[9] Ünal, F. and Ekici, S., A fault location technique for HVDC transmission lines using extreme learning machines. In Smart Grid and Cities Congress and Fair (ICSG), 5th International Istanbul, IEEE, pp. 125-129, 2017.

[10] MathWorks, "Statistics and Machine Learning Toolbox" 2018. [Online]. Available: https://ch.mathworks.com/solutions/big-data-matlab.html. [Accessed: 15-Apr-2018]

Güneş Takip Sistemi ve Maksimum Güç Noktası Takip Sisteminin PV Panel Verimine Etkileri

Effect of Solar Tracking System ana Maximum Power Point Tracker System on PV Panel Efficiency

Yazar Yıldırım ÖZÜPAK[1]
Yazar Mehmet Salih MAMİŞ[2]

[1] Elektrik ve Enerji Bölümü, Silvan Meslek Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, yildirimozupak@gmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, msalihmamis@gmail.com

Özetçe—Bu çalışmada güneş panellerinde verimi etkileyen yöntemler; Güneş Takip Sistemi (GTS), deneysel olarak, Maksimum Güç Noktası Takip sistem (MGNT) benzetim ortamında incelenmiş ve sistemden yüke maksimum güç aktarımını sağlayan çeşitli yöntemlerin performans üzerindeki etkisi araştırılmıştır. GTS ile gün içerisinde farklı açılarla yeryüzüne ulaşan güneş ışınımlarının açıları bir takip edici yardımıyla belirlenerek, tespit edilen bu açılarla panellerin konumlandırılması sağlanmıştır. Bu şekilde Dünya'nın doğu-batı ekseninde günlük hareketi sonucu oluşan ışınımın yön değiştirmesinin güneş enerji sistemi üzerindeki zayıflatıcı etkileri azaltılmıştır. Bu sistem, PV panellerinin bir MATLAB simülasyon modeli oluşturulmuş ve PV panel çıkışına MGNT kontrol ünitesi eklenerek MGNT ile çıkış gücü kontrol edilmesi sağlanmış ve MGNT kontrol ünitesi sayesinde panelin çıkışından yüke aktarılan gücün maksimum noktada olması sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — PV, GTS, MGNT, panel, ışınım.

Abstract—In this paper, the methods that affect the efficiency of solar panels; Solar Tracking System (STS) is examined experimentally and the impact of various Maximum Power Point Tracking (MPPT) methods enable the maximum power transfer to the load on the performance of system is investigated. The angle of solar radiation reaching the earth at different angles during the day in the sun tracking system is detected by a tracker and positioning of the panel is done in this respect. Thus, weakening effect on the system due to the change in the direction of radiation in east-west axis as a result of the world's daily action is reduced. a MATLAB simulation model is constructed for the system. The output power is controlled by connecting an MPPT control unit to the output of PV panels and maximum power is delivered to the load from the output of the panel.

Keywords — PV, STS, MPPT, solar cell, irridation

I. GİRİŞ

Güneş hücreleri doğru akım üreten yapılar olup hücrelerin akım-gerilim seviyeleri bu hücrelerin birbirine seri veya paralel bağlanması ile değiştirilebilir. Güneş hücreleri foton enerjisini kullanarak güneş ışımasından elektrik enerjisi elde ederler. Bu yapılarda elde edilen elektriksel çıkış panel tarfından emilen güneş ışınımı miktarı ile doğru orantılıdır [1-3]. Dünyanın günlük hareketinden dolayı güneş ışınları gün içerisinde farklı açılarla yeryüzüne ulaşmaktadır [4-6]. Bundan dolayı PV sistemin maksimum verimlilikle çalışmasını sağlamak ve elektrik enerji çıktısı elde etmek için güneş ışınlarını takip eden bir sistem kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada güneş enerji santrallerinde verimliliği etkileyen unsurlardan MTS ve MGNT incelenmiş ve güneş santrallerinde verimliliği arttırmaya yönelik teknikler üzerinde durulmuştur. Güneş enerji santrallerini oluşturan bileşenlerde görülmesi muhtemel yapısal, tasarımsal ve çevreden kaynaklanan sistem kayıpları üzerinde durulmuştur. Maksimum Güç Noktası Takibi (MGNT) algoritmalarının ve Güneş Takip Sistemi (GTS)'nin verimliliği arttırmaya yönelik çalışmaları üzerinde durulmuştur ve bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda, GTS deneysel olarak incelenmiş ve PV panellerinin bir MATLAB simülasyon modeli oluşturularak PV panel çıkışına MGNT kontrol ünitesi

eklenmiş ve MGNT'nin çıkış gücü üzerindeki etkisi benzetim ortamında incelenmiştir.

II. MGNT ALGORITMALARI VE BENZETIM

A. *Değiştir-Gözle Algoritması*

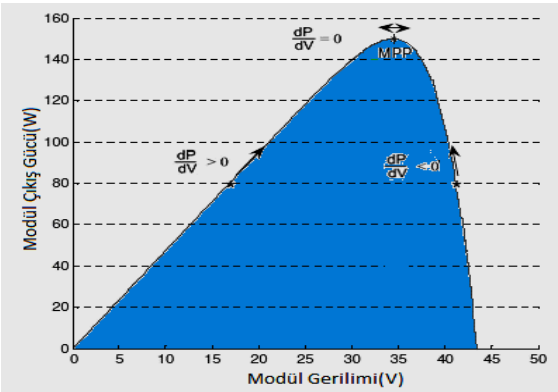
En yaygın kullanılan denetim metotlardan biridir. Değiştir-gözle yönteminde PV panelin çıkış gücü sürekli olarak takip edilir ve kontrol değişkeninin yani gerilim değişiminin hareketi ile gücün hareketi arasında bir bağıntı kurularak referansın azaltılmasına ya da arttırılmasına karar verilir. Aşağıda Tablo 1'de algoritmanın çalışma mantığı sunulmuştur [8-10].

Referans değişimi	Güçteki değişim	Bir sonraki ref. değişimi
Pozitif	Pozitif	Pozitif
Pozitif	Negatif	Negatif
Negatif	Pozitif	Negatif
Negatif	Negatif	Pozitif

Tablo 1. Değiştir-gözle değişim verileri

B. *Artan İletkenlik Algoritması*

Artan iletkenlik algoritması değiştirme olmaksızın dP/dV hesabıyla PV dizisinin artan iletkenliğini kullanarak maksimum güç noktasındaki $dP/dV = 0$ ifadesini kullanarak yapmaktadır. Bu şart ile başlayarak maksimum güç noktasında $dI/dV = -I/V$ olduğunu göstermek mümkündür. Böylece artan iletkenlik maksimum güç noktasının yakalandığını belirleyebilir ve çalışma noktasında uyarma durdurulabilir. Eğer durum sağlanmamışsa yön dI/dV ve $-I/V$ arasındaki ilişki kullanılarak hesaplanabilir [5- 8]. Artan iletkenlik metodu PV dizi güç eğrisinin eğiminin maksimum güç noktasında sıfır olması, maksimum güç noktasının solunda pozitif ve sağında ise negatif olması üzerine kuruludur. Algoritmanın çalışma şakli aşağıda Şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Artan iletkenlik algoritması karakteristiği

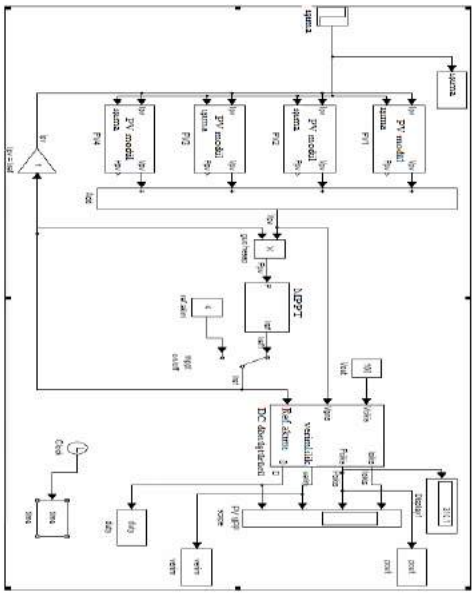
C. *Benzetim ve Sonuçları*

Uygulamada başlangıç ışıma değerleri farklı olmak üzere iki durum incelenmiştir. Birinci durumda; MGNT kontrol ünitesi sisteme dahil edilmeksizin sabit akım referansıyla örnek bir uygulama yapılmıştır. Daha sonra eşit değerler için MGNT kontrol ünitesi sisteme dahil edilerek ikinci bir uygulama yapılmıştır. Her iki durum için de elde edilen çıkış güçleri ve verim değerleri kıyaslanmıştır. MATLAB'ta simülasyon ortamında kurulan PV paneline ait elektriksel değerler Tablo 2'de sunulmuştur.

Oransal Kısa Devre Akımı	5.75 A
Oransal Açık Devre Voltajı	23.4 V
Maksimum Güçte Akım	4.85 A
Maksimum Güçte Voltaj	18 V

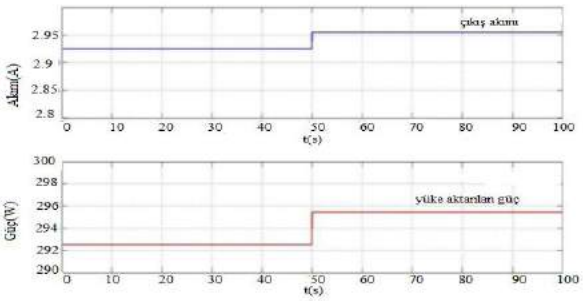
Tablo 2. PV panele ait veriler

PV sistem için oluşturulan simülasyon modeli aşağıda Şekil 2'de sunulmuştur.

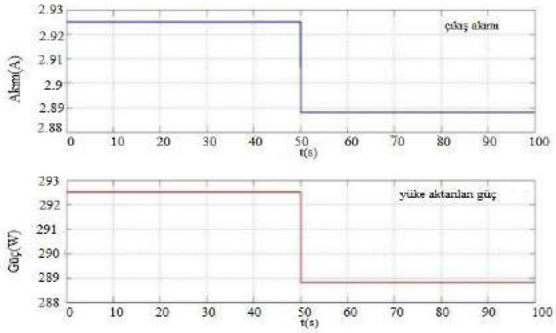


Şekil 2. PV simülasyon modeli

MGNT kullanılmadan yapılan birinci uygulamada ilk ışıma değeri 1000 W/m² ile başlayan simülasyonun, 50. saniyede ışıma değeri 1050 W/m² yükseltilmiştir. İkinci uygulamada 1000W/m² lik ilk ışıma değeriyle başlayan simülasyon 50. saniyede 950 W/m² ye indirilmiş ve uygulama sonucunda elde edilen çıkış güçleri ve akımları Şekil 3 ve 4'te sunulmuştur.

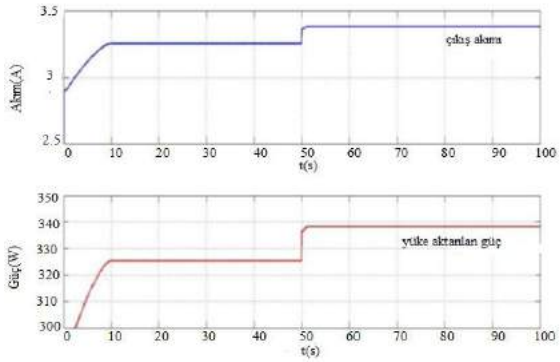


Şekil 3. MGNT yokken yapılan ilk uygulamanın sonuçları

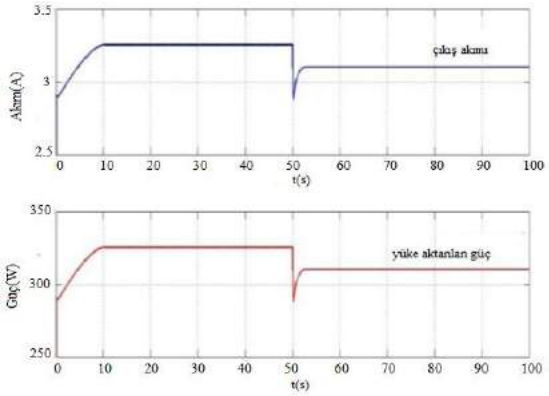


Şekil 4. MGNT yokken yapılan ikinci uygulamanın sonuçları

İkinci uygulamada birinci durumdan farklı olarak MGNT kontrol ünitesi sisteme dahil edilerek sabit akım referansıyla örnek bir uygulama yapılmıştır. Işıma değeri 1000 W/m² ile başlayan simülasyonun, 50. saniyede ışıma değeri 1050 W/m² yükseltilmiştir. Daha sonra 1000 W/m² lik ilk ışıma başlayan simülasyonun 50. saniyede 950 W/m² ye indirilmiş ve uygulama sonucunda elde edilen çıkış güçleri ve akımları karşılaştırılarak aşağıdaki şekillerde sunulmuştur.



Şekil 5. MGNT varken yapılan ikinci uygulamanın sonuçları



Şekil 6. MGNT varken yapılan ikinci uygulamanın sonuçları

Yapılan ilk uygulamada yani ışıma miktarındaki artış durumunda elde edilen güçlerin artışı her iki durum için de (MGNT varken ve MGNT yokken) görülmektedir. Işıma değerinin 1000W/m² olduğu başlangıç ışıma şartında MGNT kontrol ünitesi kullanılmadığında yüke aktarılırken güç 292.4 W, MGNT sisteme dahil edildiğinde ise yüke aktarılan güç 324.4 W'dır. 50. Saniyeye gelindiğinde ışımama miktarı 50 W/m² düşürülerek MGNT'nin olmadığı durumda 288.1 W, sisteme MGNT ünitesi dahil olduğu durumda ise yüke aktarılan güç 309.8 W olmuştur. İkinci uygulamada içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

III. GTS'NIN DENEYSEL UYGULAMASI

Tesis edilen PV sistemde güneşi doğudan batıya yatay tek eksende takip edip, güneş panellerine düşen ışık açısının daha büyük derecede tutulması Güneş Takip Sistemi ile sağlanmıştır.

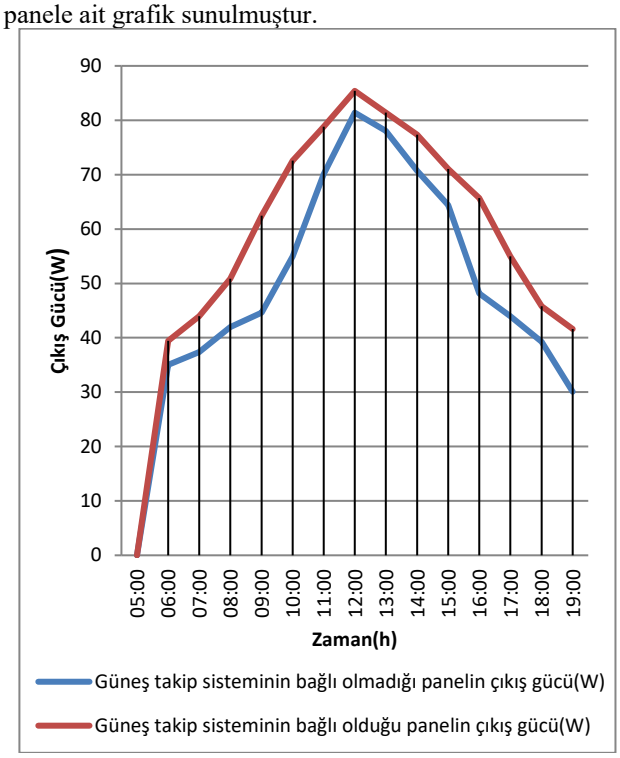
A. Sistemin Kurulması

Kurulan sistem, SCADA yazılımı ile kontrol edilmektedir. Bu yazılımla sistemdeki tüm veriler anlık olarak izlenip sisteme uzaktan müdahale imkânı sağlanmaktadır. Bu ara yüz yazılımıyla inverterlerden alınan veriler önce RS232/RS485 converterine buradan da bilgisayarın RS232 portuna gelmektedir. Daha sonra alınan bu veriler derlenerek ilgili işlemler (gerilim, akım, hava sıcaklığı, bağıl nem, arıza bilgileri gibi) yapılmakta ve yapılan tüm işlemler yazılımın ara yüzünde görülmektedir. Bu ara yüz yazılımı, verileri derleyerek önceden programlanan algoritmalara göre işlemleri yapmaktadır. Yapılan işlemler aynı zamanda sistemin veri tabanına eş zamanlı olarak kayıt altına alınmaktadır. Sistemin kontrolü için de Modbus RTU protokolüne sahip 4 adet dijital çıkış ve 4 adet dijital girişe sahip I/O kartı kullanılmıştır. Bu kartla sistemin pc ile kumandası ve arıza bilgileri alınmaktadır. Merkezdeki bilgisayarda internet ağı mevcut ise başka bir yerden de kullanıcı şifresi ile bu bilgisayara bağlanılarak sistem kontrol edilebilmektedir.

B. GTS'nin Verimliliğe Etkisi

Bir PV sistemden elde edilen elektriksel enerji, panele düşen ışınım miktarına bağlı olarak değişir. Güneş panellerini hareket ettirerek ve güneşe yönelmelerini sağlayarak panellerin elektrik üretimleri maksimuma getirilebilir.

Bu uygulamada aynı teknik özelliklere sahip güneş takip sistemi donanımının bağlı olduğu ve bu donanımın bağlı olmadığı iki panelin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu panellerin bir güne ait verileri 05:00-19:00 saatleri arası her saat başı alınmış ve bir ara yüz yazılımı aracılığıyla bilgisayar ortamında kayıt altına alınıp grafik şeklinde sunulmuştur. Aşağıda Şekil 7'de GTS'nin bağlı olduğu panele ait grafik sunulmuştur.



Şekil 7. GTS'li ve GTS'siz sonuçların karşılaştırılması

Sonuçların daha net görülmesi için saat başı değerler alınıp Tablo 3'e aktarılmıştır.

Zaman	**Güneş takip sisteminin bağlı olmadığı panelden elde edilen enerji (W/h)**	**Güneş takip sisteminin bağlı olduğu panelden elde edilen enerji (W/h)**
05:00	0	0
06:00	35.04	39.42
07:00	37.4	44
08:00	41.99	50.83
09:00	44.6	62.44
10:00	55	72.6
11:00	70.08	78.84
12:00	81.4	85.41
13:00	78.05	81.4
14:00	70.72	77.35
15:00	64.38	71.04
16:00	48.18	65.7
17:00	44	55
18:00	39.24	45.78
19:00	30.08	41.61

Tablo 3. Sonuçların karşılaştırılması

IV. SONUÇ VE ÖNERILER

GTS kullanılmayan sistemde elde edilen toplam enerji 581,33W/h, GTS kullanılan sistemde elde edilen toplam enerji 871,42W/h olmuştur.

MGNT kullanılmadan elde edilen enerji 292.4 W, MGNT sisteme dahil edildiğinde ise yüke aktarılan güç 324.4 W'dır. 50. Saniyeye gelindiğinde ışımama miktarı 50 W/m² düşürülerek MGNT'nin olmadığı durumda 288.1 W, sisteme MGNT ünitesi dahil olduğu durumda ise yüke aktarılan güç 309.8 W olmuştur.

Bir PV sistemi tasarlanırken panellerden yüksek verim elde etmek iin GTS ve MGNT'nin birlikte kullanılması önerilmektedir.

V. BİLGİLENDİRME

GTS için yapılan deneysel uygulama İnönü Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] REN21, 2012. Renewables 2012 Global Status Report, Renewables Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris, France.

[2] Knoema.com, 2012. "Statistical Review of World Energy-2012 Main Indicators," http://knoema.com/ BPWES2012, son erişim tarihi: 24.12.2012.

[3] Swiegers, W. , Enslin, J. , "An lntegrated Maximum Power Point Tracker For Photovoltaic Panels", 23.12.2012.

[4] Panwar S. ve Saini R.P, Development and Simulation of Solar Photovoltaic model using MATLAB/simulink and its parameter extraction.(ICCCE 2012) International Conference on Computing and Control Engineering, pp 2-5, 12 & 13 April, 2012

[5] Mohamed Zahran, Yousry Atia, Abdullah Al-Hussain & Ihab El-Sayed, "LabVIEW Based Monitoring System Applied for PV Power Station", The 12th WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '10), Catania, Sicily, Italy, May 29-31, 2010.

[6] Reisi A. R., Moradi M. H., Jamasb S., Classification and comparison of maximum power point tracking techniques for photovoltaic system: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19, 433-443.

[7] Kuperman A., Averbukh M., Lineykin S., Maximum power point matching versus maximum power point tracking for solar generators, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 19, 11-17.

[8] Taghvaee M.H., Radzi M.A.M., Moosavin S. M., Hizam H., Marhaban M. H., A current and future study on non-isolated DC-DC converters for photovoltaic applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 17, 216-227.

[9] Emrah Aslan, Nurettin Beşli, Akif İlkhan, Bülent Yeşilata, Comparison of Solar İrridation Models For Sanlıurfa Providence, 2016, İstanbul.

[10] Aslan E, "Güneş Radyasyonu Modellemesi ve Elektrik Santrali Fizibilite Raporu Oluşturulması", Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, 2016.

Güneş Enerji Santrallerinde Kısmi Gölgelenmenin Verimliliğe Etkisi

The Effect of Partial Shading on the Efficiency of Solar Power Plants

Yazar Yıldırım ÖZÜPAK[1]
Yazar Emrah ASLAN[2]
Yazar Halime SELOĞLU[3]

[1]Silvan Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Pr, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, yildirimozupak@gmail.com
[2]Silvan Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, emrah.aslan@dicle.edu.tr
[3]Silvan Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Pr, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, halime.seloglu@dicle.edu.tr

***Özetçe*—**Fotovoltaik sistemlerde gölgeli alan ve gölgeli olmayan alanlarda panel yüzeyine düşen ışınım miktarı değişmektedir. Bu ışınım farkından dolayı PV sistemde gölgelenme kayıpları meydana gelmektedir. Gölgelenme, kurulacak santral sahasının coğrafik yapısından veya modül diziliminin yanlış tasarlanmasından kaynaklanmaktadır. Fotovoltaik sistemlerde panel yüzeyine düşen küçük bir gölge bile PV sistemin verimini önemli derecede düşürebilmektedir. Bu yüzden PV sistem tasarlanmadan önce panellere gölge etkisi yaratabilecek dağ, tepe, ağaç gibi coğrafik etkilere dikkat edilmelidir. Aynı zamanda panel dizileri birbirlerini gölgelemeyecek şekilde konumlandırılmalıdır.

Bu çalışmada fotovoltaik panellerin kısmi gölgelenme durumlarındaki I-V karakteristiklerinin ölçümü ve karşılaştırılması yapılmıştır. Güneşli bir günde ortalama 28℃ sıcaklıkta ve 900$\boldsymbol{W/m^2}$ ışıma altında kısmi gölgelenme durumlarında çok hücreli fotovoltaik panellerin verim analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece fotovoltaik panellerin kısmi gölgelenmede akım gerilim (I-V) değerlerinin nasıl davranış gösterdiği belirlenmiş ve farklı oranlardaki gölgelenmenin panel verimi üzerindeki etkileri elde edilmiş ve grafik olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler — PV, panel, gölgelenme, DC/DC dönüştürücü, güneş pilleri.

***Abstract*—**In photovoltaic systems, In photovoltaic systems, the amount of radiation falling on the surface of the panel varies in shaded areas and non-shaded areas. Due to this radiation awareness, shading losses occur in the PV system. Shading is due to the geographical structure of the plant area to be installed or the improper design of the module layout. Even a small shadow falling on the panel surface in photovoltaic systems can significantly reduce the efficiency of the PV system. Therefore, before the PV system is designed, attention must be paid to the geographical effects such as mountain, hill, tree which will cause shadow effects on the panels. At the same time, the panel arrays must be positioned so that they can not shade each other.

In this study, measurement and comparison of I-V characteristics of partial shadowing conditions of photovoltaic panels were made. The yield analysis of multi-cell photovoltaic panels was performed in partial shaded conditions at an average temperature of 28 °C on a sunny day and 900W / $\boldsymbol{m^2}$ irradiation. Thus, how the current-voltage (I-V) values of the photovoltaic panels behave in partial shadows has been determined and the effects of panel shadows on different rates of shadows have been obtained and presented graphically.

Keywords — PV, panel, shading, DC/DC converter, solar cell.

I. GİRİŞ

Güneş hücreleri foton enerjisini kullanarak güneş ışımasından elektrik enerjisi elde ederler. Bu yapılarda elde edilen elektriksel çıkış panel tarfından emilen güneş ışınımı miktarı ile doğru orantılıdır [1]. Dünyanın günlük hareketinden dolayı güneş ışınları gün içerisinde farklı açılarla yeryüzüne ulaşmaktadır [2]. Bundan dolayı PV sistemin maksimum verimlilikle çalışmasını sağlamak ve elektrik enerji çıktısı elde etmek için güneş ışınlarının panel tüm yüzeyine düşmesi önem arz etmektedir. Bunu niçin kurulması planlanan PV sistemlerin kurulduğu alanın fiziki ve coğrafi şartlarına dikkat edilmelidir.

Çevreden kaynaklanan gölgelenme, PV santralin tesis edildiği bölgedeki dağ tepe gibi doğal gölgelenmelerdir.

Modül Sırası Gölgelenmesi, art arda ya da yan yana dizilen panellerden Güneşin açısına bağlı olarak öndeki bir panelin arkasındaki veya yanındaki bir paneli gölgede bırakmasıdır. Güneş enerji sistemlerinin neredeyse hepsinin performans oranını ciddi bir şekilde etkileyen tasarımsal faktörlerden bir tanesi de gölgelenmedir.

Yıllık ve günlük, güneşin konumu sürekli değişim halindedir. Bu sürekli hareketten dolayı gölgeler ve gölgelerin yönleri sürekli değişmektedir [3]. Bundan dolayı gölgelenmenin güneş hücreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek ve ölmekte zorluk teşkil etmektedir. Özellikle gölge kaynağı olan etkenlerin kendi içerisindeki sürekli durum değişimi gibi. Gölge faktörü güneş enerji sisteminde önemli bir yer almaktadır. Nedeniyse bir güneş panellerinde ufakta olsa bir gölgelenmenin panellerin toplam çıkış gücü üzerinde önemli bir düşüşe sebep olmasıdır.

Her güneş panelinin en verimli çalıştığı bir güç noktası vardır, Maksimum Güç Noktası (MGN) denilen panelin çalışma noktası. PV sistemlerde ışınıma bağlı olarak çalışırlar ve ışınım miktarına bağlı olarak da enerji elde ederler [4]. PV panellerden herhangi birinin gölgelenmesiyle birden fazla maksimum çalışma noktası oluşur ve bu da ciddi bir verim kaybına neden olmaktadır.

II. PV PANELLERDE KISMI GÖLGELENME

Gölgelenme etkisi, bir güneş panelinin gölgede kalan kısmıyla gölgelenmeyen kısmı arasındaki ışınım farkıyla ortaya çıkan kayıplara gölge etkisi denir. İki çeşit gölgelenme etkisi vardır;

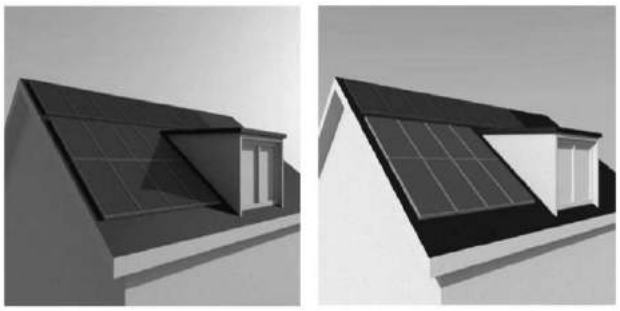
A. Çevreden Kaynaklanan Gölgelenme

PV santralin tesis edildiği bölgedeki dağ tepe gibi doğal gölgelenmelerdir.

B. Modül Sırası Gölgelenmesi

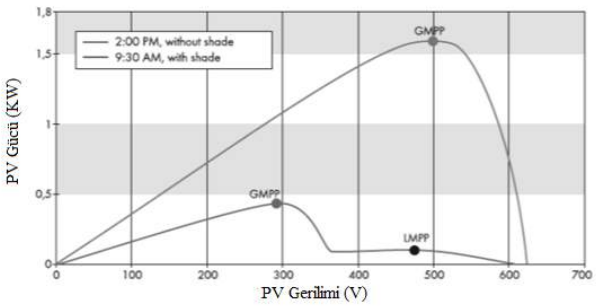
Ard arda ya da yan yana dizilen panellerden güneşin açısına bağlı olarak öndeki bir panelin arkasındaki veya yanındaki bir paneli gölgede bırakmasıdır.

Gölge faktörü güneş enerji sisteminde önemli bir yer almaktadır. Nedeniyse güneş panellerinde ufakta olsa bir gölgelenmenin panellerin toplam çıkış gücü üzerinde önemli bir düşüşe sebep olabilmesidir [5]. Her güneş panelinin en verimli çalıştığı bir güç noktası vardır, Maksimum Güç Noktası (MGN) denilen panelin çalışma noktası. PV sistemlerde ışınıma bağlı olarak çalışırlar ve ışınım miktarına bağlı olarakta enerji elde ederler. PV panellerden herhangi birinin gölgelenmesiyle birden fazla maksimum çalışma noktası oluşur ve bu da ciddi bir verim kaybına neden olur [6]. Şekil 1 bir meskenin damındaki gölgelemeye aittir.

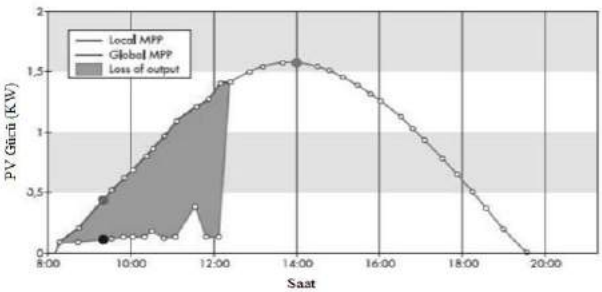


Şekil 1. Bir meskenin damındaki gölgelenme

Aşağıdaki grafiklere bakıldığında iki ayrı maksimum çalışma noktası olduğu görülmektedir. Bunlar; Lokal MGN (LMGN) ve Global MGN (GMGN) noktasıdır. AC bağlantılı inverterlerde MGN izleme yapan MGNT üniteleri mevcuttur. Bu kontrol üniteleri sayesinde panel çıkışındaki gücün sürekli maksimum noktada olması sağlanır ve panelden maksimum verimlilik elde edilir. Bir mikrokontrolör tarafından kontrol edilen bu üniteler sayesinde güneş pillerinden elde edilen gücün maksimum noktada olması sağlanır. Bir güneş enerji sistemine ait gölgelenmeden kaynaklanan farklı ışınım değerleri için Şekil 2 ve 3'te çıkış gerilimi-çıkış gücü eğrisine ait grafikler sunulmuştur.



Şekil 2. Gölgelenmeden kaynaklanan farklı ışınım değerleri için güç-gerilim grafiği [6]



Şekil 3. Sabah saatlerinden itibaren gölgeleye maruz kalan bir sistemin Yerel ve Evensel MGN'leri [6]

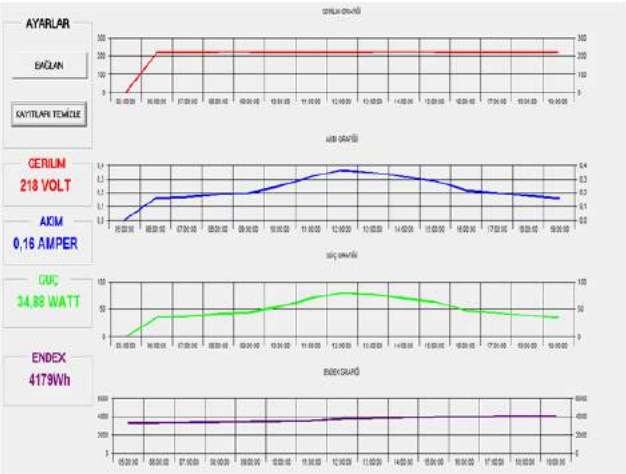
III. DENEYSEL UYGULAMALAR VE SONUÇLARI

[11] Kurulan PV sistemde aynı teknik özelliklere sahip paneller kullanılmıştır. Bu sistem, SCADA yazılımı ile kontrol edilmektedir. Bu yazılımla sistemdeki tüm veriler anlık olarak izlenip sisteme uzaktan müdahale imkânı sağlanmaktadır. Bu ara yüz yazılımıyla inverterlerden alınan veriler önce RS232/RS485 converterine buradan da bilgisayarın RS232 portuna gelmektedir. Daha sonra alınan bu veriler derlenerek ilgili işlemler (gerilim, akım, hava sıcaklığı, bağıl nem, arıza bilgileri gibi) yapılmakta ve yapılan tüm işlemler yazılımın ara yüzünde görülmektedir. Bu ara yüz yazılımı, verileri derleyerek önceden programlanan algoritmalara göre işlemleri yapmaktadır. Yapılan işlemler aynı zamanda sistemin veri tabanına eş zamanlı olarak kayıt altına alınmaktadır. Sistemin kontrolü için de Modbus RTU protokolüne sahip 4 adet dijital çıkış ve 4 adet dijital girişe sahip I/O kartı kullanılmıştır. Bu kartla sistemin pc ile kumandası ve arıza bilgileri alınmaktadır. Merkezdeki bilgisayarda internet ağı mevcut ise başka bir yerden de kullanıcı şifresi ile bu bilgisayara bağlanılarak sistem kontrol edilebilmektedir.

A. *Kısmi Gölge Etkisi*

Bu uygulamada gölge etkisinin panellerin verimliliği üzerindeki etkisini daha iyi görebilmek için bir panelin yüzeyi %9 oranında gölgeye maruz bırakılarak deneysel bir uygulama yapılmıştır. Bu uygulamadan elde edilen verileri yüzeyine gölge düşmeyen bir panelin verileri ile kıyaslamak ve farkı görebilmek için, bir güne ait veriler 05:00-19:00 saatleri arası her saat başı alınmış ve grafik şeklinde sunulmuştur.

Şekil 4. Kısmi gölgeli panele ait grafik

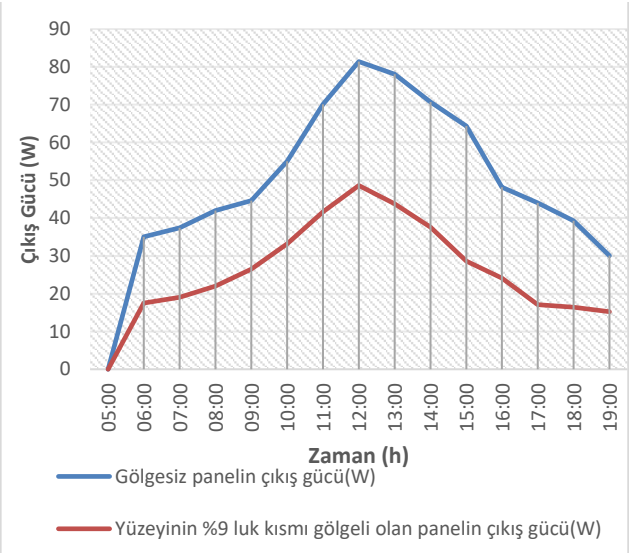


Şekil 5. Gölgesiz panele ait grafik

B. *Sonuçların Karşılaştırılması*

İki panel için de gün boyunca elde edilen güç grafikte sunulmuştur; gölgesiz panelden elde edilen toplam enerji 696.52 W/h iken, yüzeyi %9 oranında gölgeye maruz kalan panelden elde edilen toplam enerji 392.09 W/h'dir. Sonuçlar karşılaştırıldığında 304.43 W/h'lik bir enerji kaybı olmuştur. Bu fark da yaklaşık olarak %42'lik verim kaybına denk gelmektedir

Sonuçların daha iyi görülmesi için iki grafiğe ait verilerin tek grafik üzerinde karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar aşağıda Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Kısmi gölgeli ve gölgesiz panele ait sonuçların karşılaştırılması

IV. SONUÇ VE ÖNERILER

İki panel için de gün boyunca elde edilen güç grafikte sunulmuştur; gölgesiz panelden elde edilen toplam enerji 696.52 W/h iken, yüzeyi %9 oranında gölgeye maruz kalan panelden elde edilen toplam enerji 392.09 W/h'dir. Sonuçlar karşılaştırıldığında 304.43 W/h'lik bir enerji kaybı olmuştur. Bu fark da yaklaşık olarak %42'lik verim kaybına denk gelmektedir.

Sonuçlardan anlaşılacağı üzere, gölgeden kaynaklanan verim kayıplarının önlenmesi ve sistemin daha verimli ve güvenli çalışması için PV sistemin kurulacağı yerlerin fiziki ve coğrafi şartlar göz önünde bulundurularak gölge etkisi yaracak etkenlere dikkat edilmelidir.

V. BİLGİLENDİRME

Bu uygulama projesi İnönü Üniversitesi BAP birimi tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkürler.

KAYNAKÇA

[1] G. Lijun, R. Dougal, L. Shengyi & A. Lotova,"Parallel-Connected Solar PV System to Address Partial and Rapidly Fluctuating Shadow Conditions," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 56,

[2] H. Patel & V. Agarwal, "MATLABBased Modeling to Study the Effects of Partial Shading on PV Array Characteristics," IEEE

[3] A. Chouder & S. Silvestre, "Analysis Model of Mismatch Power Losses in PV Systems," Journal of Solar Engineering, May 2009, Vol. 131

[4] Grunow, P.; Preiss, A.; Koch, S. & Krauter, S. (2009). Yield and Spectral Effects of A-Si Modules, Proceedings of the 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 2846-2829, ISBN 3-936338-25-6, Hamburg, Germany, September 2009

[5] Delplanque, E. Case study: impact of photovoltaic modules, www. asunenergy.com.

[6] Deline, C., Partially Shaded Operation of a Grid-Tied PV System, NREL, 2009.

[7] SMA Solar Technology AG, Shade management, www.sma.de

[8] M. Piliougine, J. Carretero, M. Sidrachde-Cardona, D. Montiel, P. SánchezFriera. Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses. Proceedings of 23rd European Solar Energy Conference, 2008, pp. 2698-2700.

[9] Kymakis, E.; Kalykakis, S. & Papazoglou, T.M. (2009). Performance Analysis of a Grid Connected Photovoltaic Park on the Island of Crete. Energy Conversion and Management, Vol. 50, No. 3, March 2009, pp. 433–438

PV Sistemlerde Isı ve Tozlanmanın Panelin Performansı Üzerindeki Etkileri

Effects of Heat and Dust on the Performance of Panel in PV Systems

Yıldırım ÖZÜPAK[1]
Mehmet Salih MAMİŞ[2]
Emrah ASLAN[3]
[1] Elektrik ve Enerji Programı, Silvan Meslek Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, yildirimozupak@gmail.com
[2] Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, msalihmamis@gmail.com
[3] Bilgisayar Programcılığı, Silvan Meslek Yüksekokulu, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, emrah.aslan@dicle.edu.tr

Özetçe—Fosil yakıtların sınırlı olması, çevreyi kirletmesi ve iklim değişikliğine neden olması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarından biri olan fotovoltaik sistemler (PV) ile elektrik üretimi üzerine araştırma ve geliştirme çalışmaları son yıllarda oldukça yoğunlaşmış ve birçok güneş enerji santrali kurulmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda güneş enerji santrallerindeki kayıpları azaltmak ve bu santrallerden maksimum verimlilik elde etmek için çalışmalar önem kazanmıştır.

Bu çalışmada güneş panellerinde verimi etkileyen etmenlerden sıcaklık etkisi ve kirlenme-tozlanma etkisi deneysel olarak incelenmiş ve bu etkenlerin sistemin performansı üzerindeki olumsuz etkileri belirlenmiştir. Paneldeki yüksek sıcaklık ve panel yüzeyindeki tozlanmanın panellerin verimliliğindeki azaltıcı etkisi analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — PV, panel, DC/DC dönüştürücü, güneş hücresi, sıcaklık, tozlanma.

Abstract—Due to limited fossil fuel potential, polluting of environment and as it leads to climate change, one of the alternative energy sources is photovoltaic systems (PV) and in the recent years research and development in electricity generation has been focused on PV and many solar power plants have began to set up. To reduce the losses and to achieve maximum efficiency in solar power plants in these plants work in this direction has gained importance.

In this paper, the effects of temperature and dusting on the solar panels were experimentally investigated and the negative effects of these factors on the performance of the system were determined. The decreasing effect of high temperature on the panel and the efficiency of dusting panels on the panel surface has been analyzed.

Keywords — PV, panel, DC/DC converter, solar cell, dusting, temperature.

GİRİŞ

Güneş hücreleri doğru akım üreten yapılar olup hücrelerin akım-gerilim seviyeleri bu hücrelerin birbirine seri veya paralel bağlanması ile değiştirilebilir. Güneş hücreleri foton enerjisini kullanarak güneş ışımasından elektrik enerjisi elde ederler. Bu yapılarda elde edilen elektriksel çıkış panel tarfından emilen güneş ışınımı miktarı ile doğru orantılıdır [1]. Panelin yüzey sıcaklığı ve yüzeyin tozlanması-kirlenmesi panel veriminde önemli yere sahip iki etkendir.

Güneş panellerinin mevsime bağlı olarak yüzeylerinin zamanla tozlanması ve karla kaplanmasıyla panellere güneşten gelen ışınımın azalması sonucu meydana gelen sistem kayıplarıdır. Tozlanma üzerine yapılan literatür araştırmalarına göre, az yağışlı yerlerde kurulan güneş enerji sistemlerinde panellerin yüzeyleri daha çok tozlanır. Aşırı tozlanma durumunda verim kaybı meydana gelmektedir [2].

Bir güneş panelinde panelden elde edilen güç panel sıcaklığıyla ters orantılı olarak artar veya azalır [3]. Panelin sıcaklığı, optimum sıcaklık olarak kabul edilen 25°C'den daha yüksek olursa panelin çıkış gücü düşmektedir [4]. Bir PV sistemde panel sıcaklığının artması önemli derecede kayıplara neden olmaktadır [5]. Literatür verilerine göre bir güneş panelinin nominal çalışması olarak kabul edilen

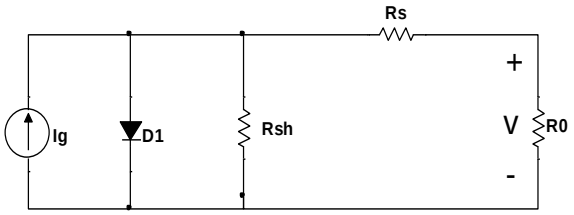
durumlar; ışınım 1000 W/m^2, rüzgâr esiş hızı 1m/s ve hava sıcaklığının 25℃ olduğu şartlardır.

Bu çalışmada ısı ve tozlanma etkisi deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aynı nteknik özelliklere sahip panellerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu şekilde ısı ve tozlanmanın verim üzerindeki etkisi incelenmiştir.

I. PV HÜCRENIN MATEMATIKSEL MODELI

A. *Güneş Pili Eşdeğer Devresi*

Bir güneş pilinin elektronik davranışının anlaşılması için, davranışları iyi bilinen ayrık elektriksel bileşenler kullanılarak elektriksel eşdeğer devresinin elde edilmesi gerekir [6]. İdeal bir güneş pili, Şekil 1'de görüldüğü gibi bir diyot ve paralel bir akım kaynağı kullanılarak modellenebilir. Güneş pilleri non-lineer bir aygıttır. Güneş pili eşdeğer devresi Şekil 1' de sunulmuştur.



Şekil 1. Güneş pili eşdeğer devresi

PV modelin I-V karakteristiğini açıklayan basit denklem aşağıda verilmiştir.

$$I = I_L - I_0\left(e^{\frac{q(V+IR_S)}{nkT}} - 1\right) - \frac{V+IR_S}{R_{sh}} \quad (1)$$

Burada;

I: *Hücre akımı(A)*

IL: I_g *Işık kaynaklı akım(A)*

I_0: *Diyot doyma akımı*

q: *Elektron yükü (*$1{,}6.10^{-19}$*Coulomb)*

K: *Boltzman Sabiti (J/K)*

T: *Hücre sıcaklığı (K)*

R_s: *Hücrenin seri direnci*

R_{sh}: *Hücrenin shunt direnci*

V: *Hücre çıkış voltajıdır.*

R_{sh} *çok büyük olduğundan, elektriksel modeli basitleştirmek için* R_{sh} *ihmal edilebilir.*

$$I = I_L - I_0\left(e^{\frac{q(V+IR_S)}{nkT}} - 1\right) \quad (2)$$

$$I_L = I_{sc,1000}.\frac{G}{G_0} \quad (3)$$

$$G_0 = 1000W/m^2 \quad (4)$$

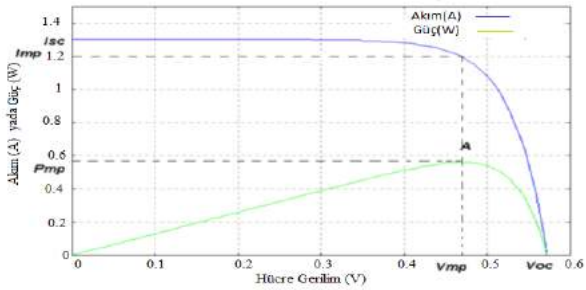
$$I = I_{sc,1000}.\frac{G}{1000} - I_0\left(e^{\frac{q(V+IR_S)}{nkT}} - 1\right) \quad (5)$$

$$I_0 = \frac{I_{SC}}{(e^{\frac{qV_0}{nkT}}-1)} \quad (6)$$

$$I = \left[I_{sc,1000}.\frac{G}{1000}\right] - [\left(\frac{I_{SC}}{(e^{\frac{qV_0}{nkT}}-1)}\right)\left(e^{\frac{q(V+IR_S)}{nkT}} - 1\right) \quad (7)$$

B. *Güneş Pili Karakteristiği*

Bir Güneş piline ait akım-gerilim (I-V) ve güç-gerilim (P-V) karakteristiği Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Güneş paneline ait I-V, P-V karakteristiği

Şekilde gösterilen performans parametreleri:

Açık Devre Voltajı (Open Circuit Voltage - $\boldsymbol{V_{oc}}$): Şekil 2' de I-V eğrisinin x eksenini kestiği yani akımın sıfır olduğu noktadır. Bu noktada güç sıfıra eşittir.

Kısa Deve Akımı (Short Circuit Current - $\boldsymbol{I_{sc}}$): Şekil 2' de I-V eğrisinin y eksenini kestiği yani voltajın sıfır olduğu noktadır. Bu noktada güç sıfıra eşittir.

Maksimum Güç Noktası (Maximum Power Point – MGN): Gücün maksimuma ulaştığı noktadır. Şekil 2' de A noktası ile gösterilmiştir. Bu noktada güç maksimuma ulaşmaktadır.

Maksimum Güç Voltajı (Maximum Power Voltage - $\boldsymbol{V_{mp}}$): Gücün maksimum olduğu noktadaki voltaj değeridir.

Maksimum Güç Akımı (Maximum Power Current - $\boldsymbol{I_{mp}}$): Gücün maksimum olduğu noktadaki akım değeridir.

Fill Factor (FF): Maksimum gücün $I_{sc}.V_{oc}$ değerine oranıdır. Fill Factor oranı I-V eğrisinin keskinliğini belirlemektedir. İyi PV hücreleri için FF değeri 0,7'den yüksektir. Kalite kontrol testleri için FF değeri önemli bir parametredir.

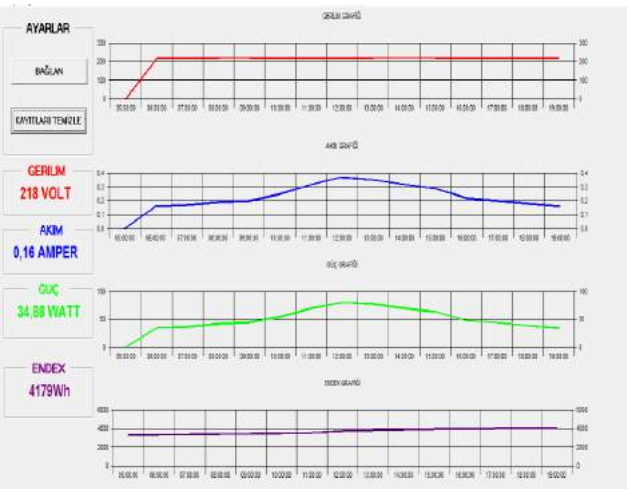
II. DENEY SISTEMININ KURULMASI

[10] Kurulan PV sistemde aynı teknik özelliklere sahip paneller kullanılmıştır. Isı ve tozlanma etkini incelemek için sonradan ekstra işlemler yapılmıştır. Tesis edilen PV sistemde hücre sıcaklığının sistemdeki etkisini incelemek için bir ufo kullanılmıştır. Tozlanmanın PV sistemin verimini nasıl etkilediğini görebilmek için bir panelin yüzeyi $10g/\,0{,}63/m^2$ tozla kaplanmıştır. Kurulan sistem, SCADA yazılımı ile kontrol edilmektedir. Bu yazılımla sistemdeki tüm veriler anlık olarak izlenip sisteme uzaktan müdahale imkânı sağlanmaktadır. Bu ara yüz yazılımıyla inverterlerden alınan veriler önce RS232/RS485 converterine buradan da bilgisayarın RS232 portuna gelmektedir. Daha sonra alınan bu veriler derlenerek ilgili işlemler (gerilim, akım, hava sıcaklığı, bağıl nem, arıza bilgileri gibi) yapılmakta ve yapılan tüm işlemler yazılımın ara yüzünde görülmektedir. Bu ara yüz yazılımı, verileri derleyerek önceden programlanan algoritmalara göre işlemleri yapmaktadır. Yapılan işlemler aynı zamanda sistemin veri tabanına eş zamanlı olarak kayıt altına alınmaktadır. Sistemin kontrolü için de Modbus RTU protokolüne sahip 4 adet dijital çıkış ve 4 adet dijital girişe sahip I/O kartı kullanılmıştır. Bu kartla sistemin pc ile kumandası ve arıza bilgileri alınmaktadır. Merkezdeki bilgisayarda internet ağı mevcut ise başka bir yerden de kullanıcı şifresi ile bu bilgisayara bağlanılarak sistem kontrol edilebilmektedir

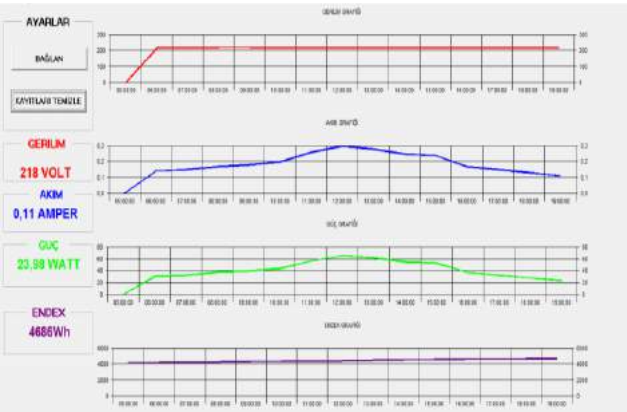
III. UYGULAMALAR

A. *Panel Performansında Tozlanma-Kirlenme Etkisi*

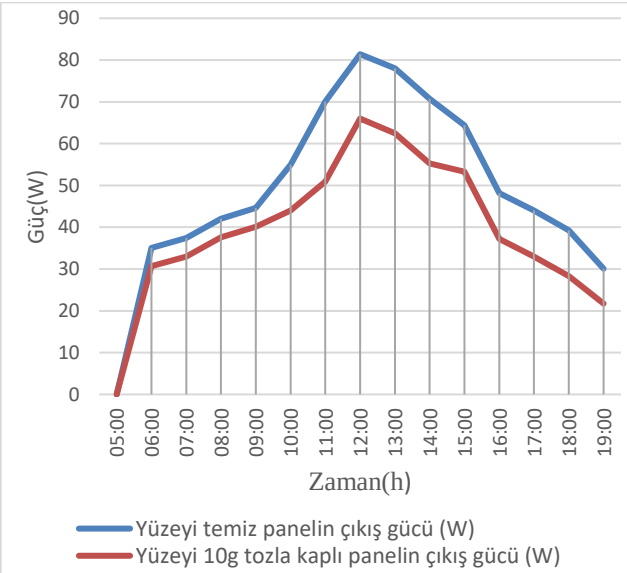
Bu uygulama 90 W'lık panelin, sıcaklığın 23°C −28°C arasında değiştiği şartlarda yapılmış ve 05:00-19:00 saatleri arası kayıt alınarak grafiğe aktarılmıştır. Bu uygulamada yüzeyi temiz olan panel ile yüzeyi $10g/0{,}63m^2$ tozla kaplanmış olan panelin karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen verilerden, panel yüzey temizliğinin verimliliği nasıl etkilediği Şekil 3 ve 4'te sunulmuştur.



Şekil 3. Yüzeyi temiz panel grafiği



Şekil 4. Yüzeyi kirli panel grafiği

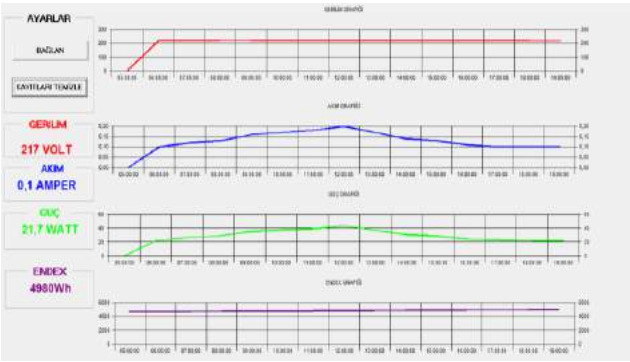


Şekil 5. Sonuçların karşılaştırılması

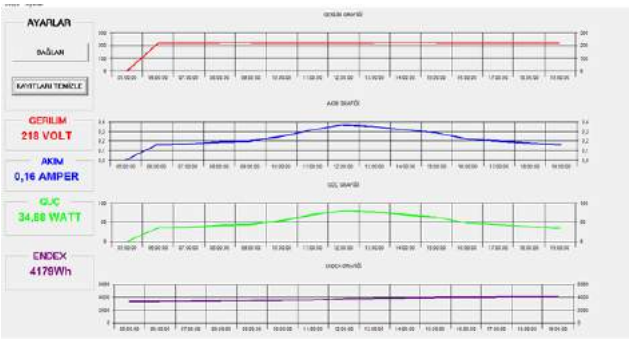
B. *Panel Performansında Sıcaklığın Etkisi*

Işınımın Güneş paneline gelmesiyle birlikte panellerde elektrik üretimi başlar. Fakat panel verimlerinin %100 olmadığı için güneşten enerjisinin bir kısmından elektrik enerjisi elde edilirken bir kısmı da ısı enerjisine dönüşür. Bu durum güneş hücrelerinin ısınmasına sebep olur ve bu da panel verimlerinin azalmasına sebep olur. Sıcaklık ne kadar düşük olursa, solar hücrelerin sağladığı voltaj o kadar yükselir ve elektrik üretimi de aynı oranda artar. Solar modüller aşırı sıcaklara oranla daha ılık iklim koşullarında, rakım olarak yüksek bölgelerde daha iyi çalışır.

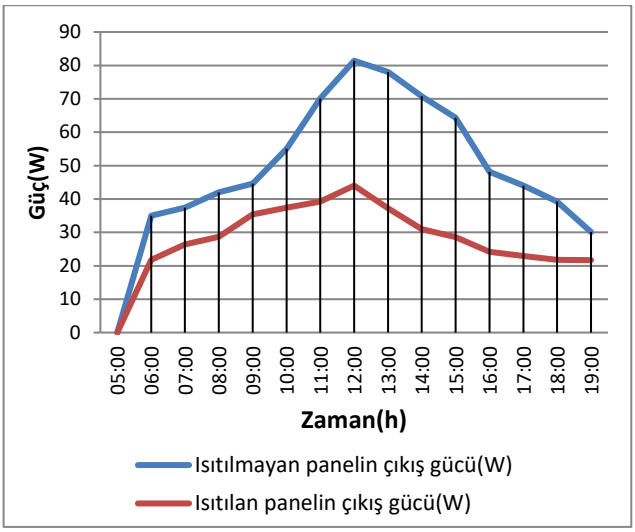
Bu deney uygulamada 90 W'lık panel bir ufo yardımıyla ısıtılarak sıcaklık artışının panelin verimliliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sıcaklık artışının PV panelin çıkış gücü üzerindeki etkisini daha iyi görebilmek için sistemin 05:00-19:00 saatleri arası kayıtlar alınıp grafiğe aktarılmıştır. Ayrıca ısı etkisinin verimliliği nasıl etkilediğini daha net görebilmek için aynı teknik özelliklere sahip ama ısıtılmayan bir panel ile karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen verilerden sıcaklığın verimlilik üzerindeki etkisi Şekil 6'nın Şekil 7 ile karşılaştırılmasıyla daha iyi anlaşılabilmektedir.



Şekil 6. Isıya maruz kalan panel grafiği



Şekil 7. Isıya maruz kalmayan panel grafiği



Şekil 8. Sonuçların karşılaştırılması

IV. SONUÇ VE ÖNERILER

Bu çalışmada sıcaklık ve tozlanma etkenlerinin panel performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tozlanma etkisi ele alındığında Şekillerden görüldüğü üzere panellerde gün boyunca elde edilen enerji; temiz panelde 696,52 W/h iken, yüzeyi 10g/0,63m^2 tozla kaplı olan panel için 593,55 W/h olmuş 102,93 W/h'lık bir güç kaybı meydana gelmiştir. Bu da yaklaşık %13 lük verim kaybına neden olmaktadır.

Sıcaklık etkisini imncelemek için de benzer metotlar denmeiştir İki panel için de gün boyunca elde edilen toplam enerji grafikte görülmektedir; ısıtılmayan panelde toplam enerji 696,52 W/h iken, ufo yardımıyla yüzeyi ısıtılan panel için toplam enerji 420,64 W/h olmuştur. Sonuçlar kıyaslandığında 275,36 W/h'lik bir enerji kaybı meydana gelmiştir.

Verimli bir PV sistemi için bu iki etken göz önünde bulundurulmalıdır. Periyodik olarak panelin yüzey temizliği yapılmalı ve sıcaklığın panel için optimum olduğu alanlar seçilmelidir.

KAYNAKÇA

[1] *Rustemli S. ve Dincer F, Modeling of Photovoltaic Panel and Examining Effects of Temperature in MATLAB/Simulink. Elektronika Ir Elektrotechnika (Journal of Electronics and Electrical Engineering), 3(109), pp. 35 – 40, March 2011.*

[2] Wirth, G., T. Weigl, J. Weizenbeck, M. Zehner, M. Schroedter-Homscheidt, und G. Becker. „Mapping of snow cover periods for yield assessment and dimensioning of PV systems.“ 24. European Photovoltaic Solar Energy Conference. Hamburg, Germany, 2009.

[3] B. Herteleer, "Berekenen en dimensioneren van autonome fotovoltaısche installaties voor kantoren in Afrika [Calculating and sizing of autonomous photovoltaic systems for offices in Africa]," Master's thesis, Catholic University College Ghent, 2011.

[4] Herteleer, B., Cappelle, J., Driesen, J., Quantifying low-light behaviour of photovoltaic modules by identifying their irradiance-

dependent efficiency from data sheets, European Photovoltaic Solar Energy Conference edition:27 location:Frankfurt date:23-28 September 2012.

[5] Wirth, G., T. Weigl, J. Weizenbeck, M. Zehner, M. Schroedter-Homscheidt, und G. Becker. „Mapping of snow cover periods for yield assessment and dimensioning of PV systems.“ 24. European Photovoltaic Solar Energy Conference. Hamburg, Germany, 2009.

[6] M. Piliougine, J. Carretero, M. Sidrachde-Cardona, D. Montiel, P. SánchezFriera. Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses. Proceedings of 23rd European Solar Energy Conference, 2008, pp. 2698-2700.

Opuntia ficus indica ve Sığır Atığının Kofermentasyonu ile Biyogaz Üretiminin Araştırılması

Investigation of Biogas Production from *Opuntia ficus indica* and Cattle Manure Co-fermentation

Bahadır Han SABANLI [1, a]
Benginur BAŞTABAK [1, b]
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ERYAŞAR [1, c]
Arş. Gör. Şefik ARICI [1, d]
Prof. Dr. Günnur KOÇAR [1, e]

[1] BESTMER, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye,
[a]bhan.sabanli@gmail.com
[b]benginurbastabak@outlook.com
[c]ahmeter@gmail.com
[d]sefikarici@gmail.com
[e]gkocer@gmail.com

Özetçe—Biyogaz teknolojisi, atık/artık olarak nitelendirilen organik materyallerin bertaraf edilmesini sağlarken aynı zamanda fosil kaynaklı yakıtlarla kıyaslandığında temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyogaz üretiminde sığır atığı gibi hayvansal atıklar kullanılabildiği gibi, bitkisel artıkların da kullanımı mümkün olmaktadır. Genellikle, tek başına kullanılan sığır atığının metan ve biyogaz verimi sınırlı bir seviyede kalmaktadır. Bu kapsamda kofermentasyon yöntemi ile verim artırma çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Yapılan çalışmada, sığır atığı ile birlikte Crassulaceae Asit Metabolizması (CAM) bitkilerinden biri olan *Opuntia ficus indica* kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, marjinal koşullarda yetişebilen bir bitki türü olarak seçilen *Cactaceae* familyasına ait *Opuntia ficus indica* (OFİ) ile sığır atığının (SA) farklı oranlarda karıştırılmasına bağlı olarak biyogaz ve metan verimindeki değişim incelenmiştir. Denemeler, 79 gün boyunca 36°C'lik mezofilik bölgede sürdürülmüştür. %100 SA, %20 OFİ-%80 SA ve %30 OFİ-%70 SA olmak üzere farklı oranlarda ve iki tekerrürlü olacak şekilde 1,2 litrelik çelik reaktörlerde gerçekleştirilmiştir. %30 OFİ-%70 SA karışım oranında anaerobik kofermentasyonun biyogaz veriminin 437,38 L biyogaz/kg UK, metan veriminin ise 205,67 L metan/kg UK olduğu belirlenmiştir. %100 SA karışım oranında gerçekleştirilen anaerobik kofermentasyonun ise, biyogaz veriminin 311,78 L biyogaz/kg UK, metan veriminin ise 163,01 L metan/kg UK olduğu belirlenmiştir. Elde edilen biyogaz ve metan verimleri karşılaştırılmıştır. Buna göre, %30 OFİ-%70 SA karışım oranında gerçekleştirilen anaerobik kofermentasyon ile ulaşılan verim değerlerinin, biyogaz verimi için yaklaşık %40, metan verimi için ise yaklaşık %26 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, özellikle ülkemiz coğrafyasında marjinal koşullarda yetiştirilebilirliği olan *Opuntia ficus indica*'nın biyogaz sistemleri için alternatif bir enerji bitkisi olarak önerilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler — *biyogaz, kofermentasyon, anaerobik fermentasyon, Opuntia ficus indica, sığır atığı.*

Abstract— Biogas technology provides elimination of organic materials that are considered to be wastes/residues, but at the same time it is a clean and renewable energy source of energy compared to fossil fuels. In biogas production, animal wastes such as cattle manure as well as vegetable waste/residues can be used. Generally, the methane and biogas yield of the cattle manure used only remains at a limited level. Within this scope, efficiency improvement studies are carried out by co-fermentation method.

In this study, *Opuntia ficus indica* (OFİ) one of the Crassulaceae acid metabolism (CAM) plants belonging to the *Cactaceae* family, was used with cattle manure (CM). *Opuntia ficus indica*, which can grow in marginal conditions, was investigated by mixing cattle manure at different ratios and the change in the yield of methane and biogas. Experiments were conducted under mesophilic conditions at 36°C for 79 days. The studies were carried out in 1.2 liter steel reactors with two repetitions at 100% CM, 80% CM-20% OFI and 70% CM-30% OFI, respectively. It was determined that the biogas yield of anaerobic co-fermentation was 707.38 L biogas/kg VS, methane yield was 205.67 L methane/kg VS at 70% CM-30% OFI mix ratio. In experiment with 100% CM mixture, biogas yield was found to be 311.78 L biogas/kg UK, methane yield was 163.01 L methane/kg VS. Biogas and methane yields obtained as a result of the experiments were compared. According to this, the yield values obtained with anaerobic co-fermentation of 70% CM-30% OFI mixture were found to be about 40% for biogas production and about 26% for methane production.

As a result, it is predicted that Opuntia ficus indica, which can grow under marginal conditions in our country, may be an alternative energy plant for biogas systems.

Keywords — biogas, co-fermentation, anaerobic fermentation, Opuntia ficus indica, cattle manure.

GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte gıda ve enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Artan bu talebi karşıyabilmek adına, tarımsal üretimde birim alandan daha yüksek verim elde etmek ve alternatif enerji kaynaklarına yönelim gerekli olmuştur. Gıda arzının karşılanabilmesi için yürütülen hayvancılık ve tarımsal faaliyetler sonucunda organik atık/artık ortaya çıkmaktadır. Bu organik atık/artıklar, biyolojik olarak parçalanırken çok sayıda patojenik mikroorganizmanın çoğalması için uygun ortam oluşturduklarından güvenli şekilde bertaraf edilmezlerse çevre ve insan sağlığını tehdit eden sorunlara neden olabilmektedir.

Hayvansal atıklar kırsal bölgelerde genellikle açık alanda kontrolsüz şekilde çürümeye bırakılmakta ya da kurutulup kış mevsiminde sobalarda yakılmaya uygun hale getirilmektedir. Bitkisel atık-artıklar ise tarım işletmelerinde yakılarak ya da toprağa gömülerek bertaraf edilmektedir. Bu atık veya artıkların yakılmasıyla ortaya çıkan sera gazları çevreyi olumsuz etkilerken aynı zamanda topraktaki mikro/makro biyolojik faunayı olumsuz yönde etkileyerek tarımsal verimi de ciddi ölçüde düşürmektedir. Diğer bir bertaraf yöntemi olan atık-artıkları toprağa gömme işleminde, sezon boyunca bitki zararlıları için üreme ve barınma ortamı oluşturarak popülasyonlarının artmasına ve buna bağlı olarak pestisit kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Pestisit kullanımı, çevreye zararlı olmakla birlikte ekonomik olarak maliyeti yüksek olmaktadır. Hayvansal ve bitkisel atık/artıkların çevreye verdikleri zarar göz önünde bulundurulduğunda çevre ve insan sağlığı açısından ciddi problemlere neden olabilmektedir.

Biyogaz teknolojisi, ısı ve elektrik üretimi konusunda fosil yakıt kullanımıyla karşılaştırıldığında yalnızca sera gazı emisyonlarını azaltmakla kalmayıp, organik atık/artık olarak karşımıza çıkabilecek materyallerin anaerobik fermantasyon yoluyla bertarafını da sağladığı için çevreci bir yaklaşıma sahiptir.[1] Hayvansal ve bitkisel atık/artıkların biyogaz üretim teknolojilerinde kullanılmasıyla hem ısı ve elektrik üretimi sağlanabilmekte hem de atık veya artıkların bertarafı gerçekleşmektedir.

Anaerobik kofermentasyon, iki veya daha fazla substratın oksijensiz ortamda çeşitli mikroorganizma grupları tarafından parçalanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Kofermentasyonun amacı, pozitif etkileşimlerin sağlanması (besin ve nem dengesi), inhibisyonun önlenmesi ve metan üretiminin optimize edilmesidir.[2] Ayrıca kofermentasyonun organik atık arıtımında ekolojik, teknolojik ve ekonomik avantajları bulunmaktadır.

Kaktüsgillerden olan *Opuntia ficus indica*, kserofit, etli gövdeli, çok yıllık, kurak ve yarı-kurak bölgelerde yetişebilen bir bitki türüdür.[3,4] Santos ve arkadaşlarının (2016) yapmış olduğu çalışmada, *Opuntia ficus indica*'nın önemli miktarda pektin bileşenleri (galaktoz ve üronik asitler) ve biyoyakıta ek olarak sanayi sektörleri için de ilgi çekici olan oksalik asit içerdiği belirtilmiştir. Araştırmada üç ayrı *Opuntia ficus indica* çeşidi için etanol üretiminin potansiyeli (1490-1875 L ha^{-1} $yıl^{-1}$), geleneksel biyokütle kaynaklarına (örn: şeker kamışı ve şeker pancarı) kıyasla düşük kalmaktadır.[5] Bu çalışma kapsamında, sığır atığı ile birlikte Crassulaceae Asit Metabolizması (CAM)[6] bitkilerinden biri olan, *Cactaceae* familyasına ait marjinal koşullarda yetişebilen *Opuntia ficus indica* kullanılmıştır. *Opuntia ficus indica* (OFİ) ile sığır atığının (SA) farklı oranlarda karıştırılmasına bağlı olarak biyogaz ve metan verimindeki değişim incelenmiştir.

I. MATERYAL VE METOT

Kullanılan sığır atığı, İzmir, Yakaköy'de bulunan süt besiciliği yapılan bir ahırdan temin edilmiştir. *Opuntia ficus indica* numuneleri İzmir, Bornova bölgesinde bulunan bahçelerden toplanmıştır. Öncelikle *Opuntia ficus indica* blenderden geçirilerek parçalanmıştır.[7] Daha sonra *Opuntia ficus indica* ve ham sığır gübresinin pH, kuru madde ve kül analizi yapılmıştır.[8] Çıkan sonuçlara göre, katı madde oranları %10 olacak şekilde %100 SA

(kontrol), %20 OFİ-%80 SA ve %30 OFİ-%70 SA olmak üzere farklı oranlarda, her reaktöre 1 litre numune eklenerek deney seti oluşturulmuştur. Reaktörler çelik ve 1.2 litre hacme sahiptir. Deneyler 2 tekerrürlü kurulmuş ve 36ºC'ye ayarlanmış sıcaklık kontrollü odada inkübe edilmiştir. Oluşan biyogaz miktarı, 79 gün boyunca günlük olarak, suyun yer değiştirme prensibi ile çalışan gazometrelerle ölçülmüştür. Biyogaz içerikleri ise portatif biyogaz analizörü ile incelenmiştir (Geotech, UK). Katı madde, pH ve uçucu katı ölçüm sonuçları, Tablo 1 de belirtilmiştir.

NUMUNE	pH	Toplam Katı (%)	Uçucu Katı (% TK)
Sığır Atığı	6.98	13.36	86.52
Opuntia ficus indica	4.38	7.89	73.91

Tablo 1. Kullanılan atıkların analiz sonuçları

II. SONUÇ VE TARTIŞMA

Reaktörlerden gaz çıkışı durduğunda deney sonlandırılmıştır. Açılan her reaktörden numune alınmış; pH, Kjeheldal N tayini, katı madde ve kül analizi yapılmıştır. Analizlerde başlangıç pH'ı ve uçucu madde miktarları karşılaştırılmıştır. *Opuntia ficus indica* bitkisinin başlangıç pH'ının düşük olduğu gözlenmiştir. Fakat sığır gübresinin tamponlama kapasitesinin yüksek olması nedeni ile fermentasyon ortamının pH değeri yaklaşık 7 seviyesine gelmiştir.[9] Reaktörlerin pH değerleri incelendiğinde en düşük 6,15 olan pH değerinin 7,1'e kadar yükseldiği görülmüştür (Tablo 2).

NUMUNE	*Başlangıç pH*	*Bitiş pH*	*Kjeheldal N (%YA)*
% 100 SA (KONTROL)	6.61	6.9	9.02
% 20 OFİ % 80 SA	6.23	7.06	3.62
% 30 OFİ % 70 SA	6.15	7.09	2.35

Tablo 2 Reaktörlerdeki pH değişimi

Deney sonuçlara göre, en yüksek verim %30 OFİ-%70 SA karışımının olduğu reaktörden elde edilmiştir. (Tablo 3). Bu karışım oranında gerçekleşen anaerobik kofermentasyon sonucu biyogaz veriminin 437,38 L biyogaz/kg UK, metan veriminin ise 205,67 L metan/kg UK olduğu belirlenmiştir. Böylece sadece sığır atığının anaerobik fermentasyonu sonucu elde edilen biyogaz ve metan verimleri (311,78 L biyogaz/kg UK, 163,01 L metan/kg UK) ile karşılaştırıldığında, %30 OFİ-%70 SA karışım oranında gerçekleştirilen anaerobik kofermentasyonla elde edilen verimin, metan için yaklaşık %26 ve biyogaz için ise yaklaşık %40 daha yüksek olduğu görülmüştür.

NUMUNE	Biyogaz Verimi (L biyogaz/kg UK)	Metan Verimi (L biyogaz/kg UK)
% 100 SA (KONTROL)	311.77	163.00
% 20 OFİ % 80 SA	268.28	129.13
% 30 OFİ % 70 SA	437.38	205.67

Tablo 3 Biyogaz ve metan verimleri

Opuntia ficus indica'nın hektar başına verimi, yetiştirme koşullarına bağlı olarak 20 ile 100 ton aralığında değişmektedir.[10] Hektar başına verim 20 ton iken, %30 OFİ-%70 SA karışım oranında; günde 6,5 m^3, yılda 2357,61 m^3 gaz üretiminin gerçekleşebileceği ön görülmektedir. Bu koşullardaki kofermentasyon için 5 büyükbaş hayvan sayısının yeterli olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, hektar başına verim 100 ton olarak ele alınırsa, %30 OFİ-%70 SA karışımından; günde 33m^3, yılda 12.045 m^3 gaz üretiminin gerçekleşeceği düşünülmektedir. Bu koşullarda, kofermentasyon prosesi için 20 büyükbaş hayvan sayısının yeterli olabileceği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, *Opuntia ficus indica*'nın, geleneksel enerji bitkileri ile kıyaslanabilir şekilde, yüksek metan verim oranlarına (3717 $m^3ha^{-1}yıl^{-1}$) sahip bir biyokütle kaynağı olarak öne çıktığı görülmektedir.[5]

Ülkemizde nadasa bırakılan araziler için *Opuntia ficus indica* bitkisi yetiştiriciliği düşünüldüğünde, alternatif bir enerji bitkisi olabileceği görülmektedir. Türkiye'de tarımsal alanlar incelendiğinde, nadasa bırakılan arazi 3.697 bin hektar ile %15'lik bir alanı kapsamaktadır.[11] Bu alanların % 10'unda *Opuntia ficus indica* bitkisi yetiştirildiğinde, yılda yaklaşık 871 milyon m^3 biyogaz üretimi mümkün olmaktadır. Özellikle Akdeniz kuşağı bölgelerinde yetiştirilebilir olması nedeniyle, kurak ve sulamanın yetersiz olduğu bölgeler için ürün çeşitliliğinin artırılmasını sağlayabileceği ve dolaylı olarak istihdama katkıda bulunulabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, özellikle ülkemizde marjinal koşullarda yetiştirilebilecek *Opuntia ficus indica*'nın vejetatif aksamının biyogaz sistemleri için alternatif bir enerji bitkisi olacağı ön görülmektedir. *Opuntia ficus indica*'nın yüksek sıcaklığa dayanımı, sulama ihtiyacının çok düşük olması ve fakir topraklarda yetiştirilebilmesi nedeniyle, ülkemizde Ege, Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerindeki marjinal alanlarda yürütülen tarımsal faaliyetlerde kullanılabilecek bir bitki türü olarak alternatif gelir kaynağı olabileceğini düşündürmektedir. Ancak, bu bitki hakkında ülkemizde araştırma çalışmalarının artması ve pilot bölgeler seçilerek yetiştiriciliğinin yapılması gerekliliği mevcuttur.

III. BİLGİLENDİRME

Çalışma boyunca olanaklarını bize sunan Ege Üniversitesi Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Merkezi (BESTMER)'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

[1] Koçar, G., Eryaşar, A.. Ersöz, Ö. Arıcı, Ş., Bayrakçı, G., Aytav, E. 2013.Kırsal Kesim Biyogaz Teknolojilerinin Geliştirilmesi Ve Yaygınlaştırılması Güdümlü Teknoloji Geliştirme Projesi Proje No: 07/Dpt/003

[2] Joan Mata-Alvarez, Joan Dosta, Sandra Macé & Sergi Astals (2011) Codigestion of solid wastes: A review of its uses and perspectives including modeling, Critical Reviews in Biotechnology, 31:2, 99-111, DOI: 10.3109/07388551.2010.525496

[3] Mulas M., Mulas G., 2004 - Utilizzo strategico di piante dei generi Atriplex e Opuntia nella lotta alla desertificazione.- Publ. Università di Sassari (I), pp.108.

[4] Wang N., Zhang H., Nobel P.S., 1997 - Phloem-xylem water flow in developing cladodes of Opuntia ficus-indica during sink to source transition. - J. Exp. Bot., 48:675-682.

[5] Santos, T. N.,Dutra, E. D., Prado, A. G., Leite, F. C. B., Souza, R.F.R., Santos, D.C., Abreu C.A.M., Simões, D. A., Potential for biofuels from the biomass of prickly pear cladodes: Challenges for bioethanol and biogas production in dry areas, Biomass and Bioenergy, Elsevier Volume 85, February 2016, Pages 215-222

[6] Nobel, P.S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge, NY, USA, Cambridge University Press. 270 pp.

[7] Chang VS, Burr B, Holtzapple MT. Lime pretreatment of switchgrass. (Biotechnology for fuel sand chemicals). 1997 Springer; 3–19.

[8] Collection of Methods for Biogas-Methods to determine parameters for analysis purposes and parameters that describe processes in the biogas sector 2016 VOLUME 7 ISSN (online): 2364-897X

[9] Varnero, M.T. & Lopez, X. 1996. Efecto del tamaño y edad de cladodios de tuna en la fermentación metanogénica de guano de bovino. Boletin No. 11, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, pp. 80–89.

[10] Crop Ecology, Cultıvatıon And Uses Of Cactus Pear. the Food and Agriculture Organization of the United Nations And The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas Rome, 2017

[11] Tarım,Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı verileri (Erişim Tarihi 2018)

Enerji Verimli Üretim Çizelgeleme
Energy-Efficient Production Scheduling

İ.Hakan KARAÇİZMELİ[1]

[1]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hkaracizmeli@harran.edu.tr

Özetçe— Sanayide enerji verimliliği veya enerji tasarrufu denildiğinde ilk akla gelen uygulamalar, enerji verimliliği yüksek ekipmanların kullanımı, kayıp-kaçakların önlenmesi veya tüketilen enerji kaynaklarının en azından bir kısmının geri kazanılmasıdır. Bu uygulamaların katkısı çok önemli düzeydedir. Öte yandan kullanım alışkanlıkları da enerji tüketimine önemli düzeyde etki etmektedir. Günlük hayatta, bireylerin gereksiz tüketimleri önlemesi gerektiği gibi üretim tesislerinde de çeşitli çizelgeleme çözümleriyle gereksiz enerji tüketimini önleyerek, enerji tüketimini azaltmak ya da en azından enerji maliyetini azaltmak mümkündür. Bu çalışmada da sanayide enerji verimliliğini artırma amacıyla, çeşitli çizelgeleme fikirleri ve dikkat edilmesi gereken noktalar paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler — endüstriyel enerji verimliliği; çizelgeleme; enerji maliyetleri; zamana bağlı enerji tarifesi.

Abstract— In the manufacturing industry, leading applications for energy efficiency and energy saving are the use of energy efficient equipment, the prevention of loss-leak or the recovery of at least some of the energy resources consumed. The contribution of these applications is very important. Furthermore, consumption habits, also have a significant impact on energy consumption. In daily life, it is necessary to prevent unnecessary consumption of individuals and it is possible to reduce energy consumption or at least reduce energy cost by various scheduling solutions in manufacturing facilities as well. In this study, various scheduling ideas and important points are shared in order to increase energy efficiency in the industry.

Keywords — industrial enegy efficiency; scheduling; energy costs; time-of-use energy tariff.

I. GİRİŞ

Enerji, endüstri için en önemli kaynaklardan biri olup sektörden sektöre değişse de üretim maliyetleri içerisinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye' de birincil enerjinin %24'ü, elektriğin % 47'si sanayide kullanılmaktadır [1]. Enerji üretmek için kullanılan fosil yakıtlar hızla tükenirken, enerji üretmek için de çoklukla çevreye zarar verilmektedir [2]. Böyle bir durumda endüstri mühendisleri, enerji verimliliğine nasıl katkı sunabilir, diye düşünüldüğünde genel olarak en çok çalışılan konulardan biri olan ancak enerji özelinde görece az çalışılan çizelgeleme konusu akla gelmektedir.

II. ÇİZELGELEME

Çizelgeleme, üretim ve servis endüstrilerinin çoğunda kullanılan bir karar verme işi olup, belirli zaman dilimleri için, yine belirli bir veya birden çok amacı sağlamaya yönelik olarak kaynakları görevlere atama işidir [3]. Çizelgeleme problemlerini modelleyebilmek için anlaşılması gereken üç önemli nokta vardır:

1) Üretim ortamı: Üretim ortamındaki makine parkı ve üretilen ürünlerin makineleri kullanım düzeni, kurulacak çizelgeleme modeli için oldukça önemlidir. Tek makineli, paralel makineli, akış tipi, atölye tipi, esnek atölye tipi üretim ortamları en çok duyulan üretim ortamlarındandır.

2) Amaç Fonksiyonu: Problemde amacın ne olması gerektiği amaç fonksiyonuyla matematiksel hale getirilir. En yaygın kullanıma sahip amaç fonksiyonu, tamamlanma zamanının en küçüklenmesidir. Bunun dışında ürünlerin toplam gecikme sürelerinin en küçüklenmesi ya da bu amaçların, duruma özel başka amaçlarla ağırlıklandırılmış halleri de sıkça kullanılmaktadır.

3) Kısıtlar: Problemin matematiksel olarak modellenebilmesi için gerekli kısıtların, yani problemin diğer karakteristik özelliklerinin de belirlenmesi gerekir. Örneğin, ürünler bölünebilir mi değil mi; hazırlık süresi var mı yok mu; hazırlık süresi varsa standart mı ürüne özel mi; ürünler arasında veya prosesler arasında öncelik kısıtları var mı, vb. soruların yanıtlarının verilmesi gerekir.

Bahsedilen üç nokta, net bir şekilde belirlendikten sonra çizelgeleme modeli kurulabilir. Çizelge, üretim yapılan veya servis verilen her işletmede çok önemli bir karar verme aracıdır. Hem ilerleyen teknoloji ve farklılaşan müşteri ihtiyaçları hem de dünya çapında artan rekabetle

birlikte, artan ürün çeşitliliği ve ürün farklılaşmaları sebebiyle üretim ortamları iyice karmaşık hale gelmiştir [4]. Böylesi üretim ortamlarında, çizelgeleme daha da önemli hale gelmektedir.

Çizelgelemeye konu olan problem karmaşıklaştıkça, modellemek ve çözüm almak zorlaştığı için araştırmacılar genellikle bir takım varsayımlarla, problemi belli ölçüde kolaylaştırmaktadırlar. Ancak, bu da kurulan modelin gerçek ortama uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu noktada, mevcut çalışmalarla ilgili bilgiler vermek faydalı olacaktır.

A. *Çizelgeleme Çalışmalarıyla İlgili Genel Bilgiler*

Karaçizmeli ve Oğulata' nın (2017) bildirdiğine göre özellikle problem karmaşıklaştıkça yani atölye tipi veya esnek atölye tipi üretim ortamına doğru geçildikçe yapılan çalışma sayısı da görece azalmaktadır [5]. Yapılan çalışmaların çoğunda, amaç fonksiyonu olarak tamamlanma süresi veya bununla bağlantılı fonksiyonlar kullanılmıştır [5]. Ayrıca daha çok sıralamadan bağımsız hazırlık süreleri kullanılmasına rağmen sıralamaya bağlı hazırlık sürelerinin çizelge performansını artırdığı bilinmektedir [6,7,8,9].

B. *Hazırlık Süreleriyle İlgili Bilgiler*

Hazırlık işlemi sayılarının veya sürelerinin azaltılmaya çalışıldığı çalışmalar vardır ancak bu çalışmaların çoğu, tek veya iki aşamalı süreçler için gerçekleştirilmiştir. Özellikle daha karmaşık problemler için yapılan çalışmalarda, makinelerde gerçekleşen hazırlık işlemlerinin genelde göz ardı edildiği, kullanıldığında da prosesler içerisinde veya standart kabul edildiği görülmektedir [10]. Bunun nedeni geliştirilen modellere, optimum çözüm bulma zorluğudur. Özellikle atölye tipi veya esnek atölye tipi üretim ortamlarında, artan ürün ve proses çeşitlilikleri nedeniyle çok sayıda hazırlık işlemi yapılmaktadır [4]. Dolayısıyla hazırlık işlemleri özellikle karmaşık problemlerde oldukça önemlidir.

C. *Enerji Tasarrufuyla İlgili Çizelgeleme Çalışmaları*

Literatürde genel olarak, enerji verimli çizelgeleme veya enerji çizelgeleme problemi şeklinde adlandırılan bu konuda, daha çok bilgisayar işlemcileriyle ilgili çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bu araştırmalarda işlemci yongalar üzerindeki aşırı yüklenmeyi ya da ısınmayı önleyecek çizelgeleme çalışmaları yapılmıştır. Örneğin, Karaçizmeli' nin (2017) bildirdiğine göre Baptiste ve ark (2012), işlemcinin çalışma düzenini dengeleyerek enerji tüketimlerini azaltmışlardır [4,11]. Yapı itibariyle bu problem, tek makine çizelgeleme problemine benzemektedir.

Karaçizmeli ve Oğulata (2016), üretim çizelgeleme alanında kullanılmış enerji tasarrufu yaklaşımlarını ise şöyle sıralamışlardır [12]:

- Hat hızını yavaşlatarak enerji maliyetinin düşürülmesi,
- Üretimlerin, çizelgenin belirli bölgelerine toplanmasıyla oluşan boşluklarda makinelerin kapatılması,
- Zamana bağlı elektrik tarifesine göre çizelgeleme yapılması,
- Makinelerin boşta bekleme sürelerinin azaltılması yoluyla, stand-by enerji tüketiminin azaltılması,
- Hazırlık işlemi sayılarının azaltılması.

Bu yaklaşımlara ek olarak Karaçizmeli ve Oğulata (2017) ise kurdukları modelde zamana bağlı elektrik tarifesini kullanarak çizelgeleme yapmışlardır [5]. Modellerinde hem makinelerde oluşan boşlukları azaltmayı hedeflemişler hem de hazırlık işlemlerindeki ve proseslerdeki makine ısıtma-soğutma durumlarını optimize etmişlerdir.

III. ENERJİ VERİMLİ ÇİZELGELEME FİKİRLERİ

Enerji verimliliğinin artırılması veya en azından enerji maliyetinin düşürülebilmesi için, öncelikle enerji maliyetinin çizelgelenecek ürünlere doğru bir şekilde dağıtılması gerekir. Ancak muhasebe işlemlerinde kolaylık sağlaması açısından, enerji maliyetleri genellikle ürünün makine kullanımına göre, yani makine süresi dağıtım anahtarıyla, ürünlere dağıtılır [2]. Bu durum muhasebe açısından yanlış olmasa da enerji verimli çizelgeleme için yetersizdir. Çizelgeleme arka planında kullanılmak üzere, en azından bir kez, ürünlerin makinelerdeki fiili enerji tüketimleri ölçülmeli ve buna bağlı maliyetler hesaplanmalıdır. Yani maliyetlendirme klasik yönteme göre değil, faaliyete göre yapılmalıdır.

Hazırlık işlemlerinin sayısının ve süresinin azaltılması da, mevcut çalışmalarda da görüldüğü gibi, enerji verimliliğine olumlu etki etmektedir. Hazırlık işlemlerinin ürüne katkısı olmadığından, bu işlemler esnasında tüketilen enerji, verimsizliğe neden olmaktadır. En iyi sıralamayla hazırlık işlemleri mümkün mertebe azaltılmalıdır.

Çizelgeleme esnasında makinelerin boşta kalma sürelerinin en aza indirilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca üretim ortamında paralel makineler varsa, bunların özelliklerinden doğan çeşitliliklerine de dikkat edilmelidir. Modeline, yaşına bağlı olarak paralel makineler arasında enerji tüketim farkları olabilir. Çok enerji ihtiyacı olan ürünler az enerji tüketen makinelere çizelgelenebilir.

Eğer üretim durumu uygunsa ve ürün yapısında bozulma olmayacaksa hat hızı değişken olarak uygulanabilir. Bazı makineler hızlandıkça enerji tüketimleri artan bir ivmeyle artar. Şartlar uygunsa hat yavaşlatılarak enerji tüketimi azaltılabilir.

Zaman Dilimi	Gündüz	Puant	Gece
Saat Aralığı	06:00-17:00	17:00-22:00	22:00-06:00
Birim Fiyat (TL/kWh)	0.29	0.47	0.16

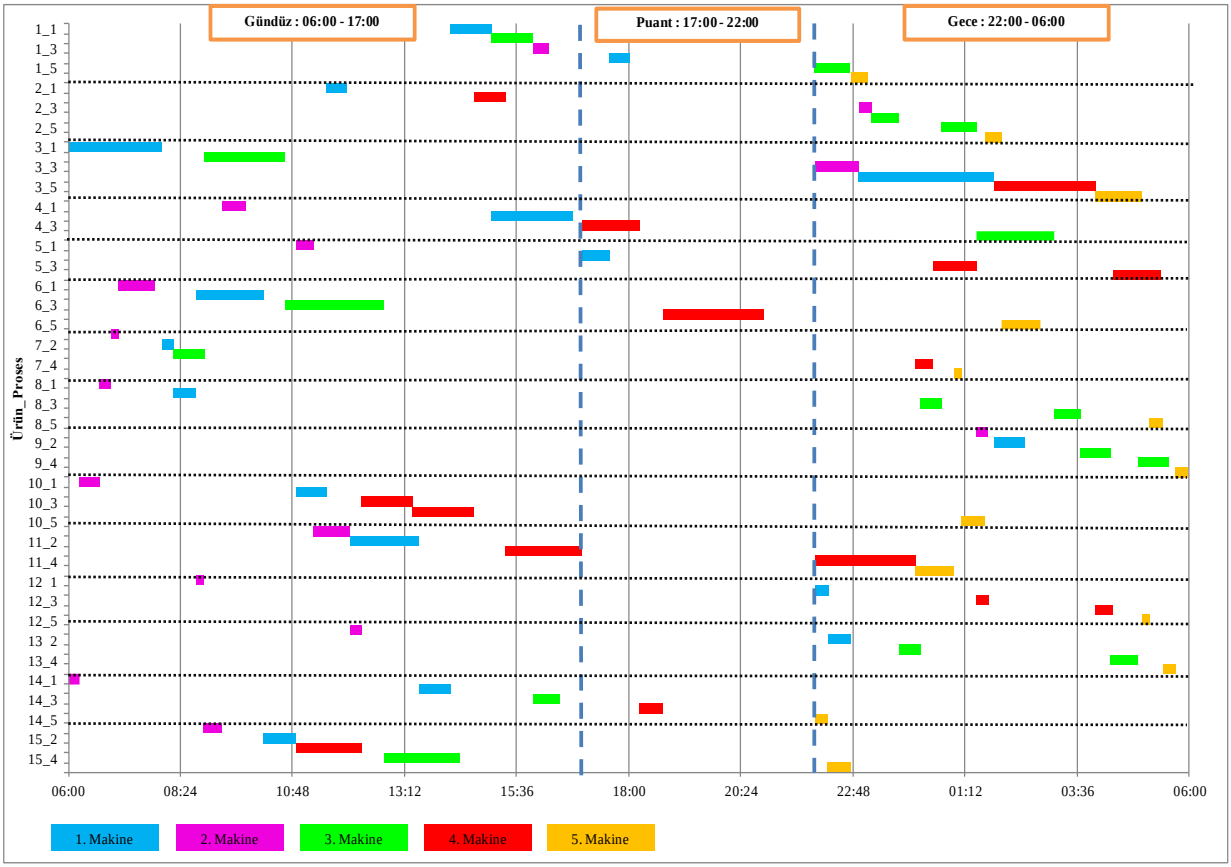
Tablo 1. Zamana bağlı elektrik enerjisi tarifesi [13]

Ülkemizde zamana bağlı elektrik enerjisi tarifesi uygulanmaktadır (Bkz. Tablo-1). Bu tarifeyi kullanan işyerlerinde enerji tüketimi yüksek olan ürünler, enerjinin ucuz olduğu zaman dilimine çizelgelenebilirler. Şekil-1' de Karaçizmeli ve Oğulata' nın (2017) bu mantıkla kurguladıkları çizelgeleme modeli ile oluşan örnek bir çizelge görülmektedir. Elektrik enerjisinin en pahalı olduğu puant zaman dilimine, daha az ürün çizelgelenmiştir.

Bir başka önemli enerji tüketim kaynağı da ısıl işlemlerdir. Isıl işlemlerin uygulandığı makinelerde, üründen ürüne geçişlerde gerçekleştirilen ısıtma ve soğutma içeren hazırlık işlemleri, ürünlerin enerji tüketimleri dikkate alınarak kurgulanmalıdır. Örneğin, makine ısısı kademeli olarak artırılabilir veya azaltılabilir. Böylece ısıtma-soğutma durumları optimize edilebilir ve enerji verimliliği artırılabilir.

IV. SONUÇ

Maliyet dağıtımında ve hesabında kullanılan, süre bazlı kriterler çizelgeleme penceresinden bakınca bazen yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden enerji verimli çizelgeleme için faaliyete bağlı maliyetlendirme çok önemlidir. Ayrıca genelde hazırlık işlemleri ürüne bağlı olarak değişiyor gibi görünse de, aslında ürünün prosesinin hangi makinede hangi operasyon türü olduğuna bağlı olarak değişir. Dolayısıyla hazırlık süreleri problemi karmaşıklaştırsa bile net olarak modele eklenmelidir. Türkiye' nin de aralarında bulunduğu bazı ülkelerde, zamana bağlı elektrik enerjisi tarifesi uygulanmaktadır. Bu tarifeyi çizelgeleme modeline adapte ederek, enerji maliyetini düşürmek mümkündür [5]. Öte yandan makinelerin boşta kalma süreleri ve enerji tüketim farklılıkları ihmal edilmemelidir. Özetle, herhangi bir yatırıma gerek kalmadan, çizelgeleme çözümleriyle kullanım alışkanlıklarını değiştirerek, sanayide enerji verimliliğini artırmak mümkündür.



Şekil 1. Gannt şeması örneği [4]

KAYNAKÇA

[1] Ergün, S. and Özkara, Y., "Enerji ve Verimlilik", *Kalkınmada Anahtar Verimlilik, 277, 2012.*

[2] Karacizmeli, I H; Ogulata, S N 2014, Energy conservation approaches on production scheduling: A Comparative research for textile industry, *14th AUTEX World Textile Conference*, 26-28 May 2014, Bursa/Turkey.

[3] Pinedo M.L., Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Springer, ISBN 0387221980, 2005.

[4] Karacizmeli, I.H., "*A Scheduling Problem, Solution Approaches and Applications for Energy Saving in Flexible Job Shops*", PhD diss., Cukurova University Institute of Natural and Applied Sciences Department of Industrial Engineering, 2017.

[5] Karacizmeli, I.H. and Ogulata, S.N., "Energy Consumption Management in Textile Finishing Plants: A Cost Effective and Sequence Dependent Scheduling Model", *Tekstil ve Konfeksiyon, 27(2):145-152, 2017.*

[6] Wilbrecht J.K. ve Prescott W.B., The influence of setup time on job shop performance, *Manage Science* 1969;16, B274-B280.

[7] Hershauer J.C., An empirically-derived simulation to explore sequencing decisions, *Ph.D. Thesis*, Indiana University, 1970.

[8] Flynn B.B., Group technology vs. process layout: a comparison using computerized job shop simulation, *Ph.D. Thesis*, Indiana University, 1984.

[9] Kim S.C. ve Bobrowski P.M., Impact of sequence-dependent setup times on job shop scheduling performance, *Int. J. Prod. Res.*, 1994;32:1, 503-520.

[10] Allahverdi A., Ng C.T., Cheng T.C.E. and Kovalyov M.Y., "A survey of scheduling problems with setup times or costs", *European Journal of Operational Research, 187, 985–1032, 2008.*

[11] Baptiste P., Chrobak M. and Dürr C., "Polynomial-Time algorithms for minimum energy scheduling", *ACM Transactions on Algorithms, 8:3, Article 26, 29, 2012.*

[12] Karacizmeli, I H; Ogulata, S N 2016, Energy conservation approaches on production scheduling: A new mathematical model for textile industry, *16th AUTEX World Textile Conference*, 8-10 June 2016, Ljubljana/Slovenia.

[13] https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-1/tarifeler (Erişim: 09.05.2018)

PV Sistemlerde Elektriksel ve Diğer Arızalar
Electrical and Other Faults in PV systems

Bilal Gümüş1
Heybet Kılıç2
Musa Yılmaz3
Mehmet Emin Asker4

1Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr
2Elektrik-Enerji Bölümü, DTBMYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, heybet.kilic@dicle.edu.tr
3Elektronik Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Batman, Türkiye, musa.yilmaz@batman.edu.tr
4Elektrik-Enerji Bölümü, DTBMYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, measker@dicle.edu.tr

***Özetçe*—**Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) artan talep ve küresel çevre kirliği göz önüne alındığında, sürdürülebilir enerji üretimine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Çeşitli YEK'lar arasında, güneş enerjisi, teknik, ekonomik ve çevresel yararlarından dolayı en cazip güç kaynaklarından biridir. PV sistemlerinin yaygınlaştırılması, PV endüstrisinde bilinmeyen birçok teknik sorunu ortaya çıkarmaktadır. PV sistemlerde meydana gelen arızalar önceden tespit edilememesi sistemdeki güç üretim verimliliğini azaltmakla birlikte sistemde sıcak noktaların oluşmasından kaynaklı yangı gibi felaketlere de neden olabilmektedir. Bu makalede PV sistemlerde meydana gelen elektriksel arızalar, bu arızaların nedenleri ve bu arızaların ortaya çıkaracağı sonuçlar üzerine çalışma yapılmıştır.

Anahtar PV santraller; Arıza tespiti; Pv sistemlerde elektriksel arızalar.

***Abstract*—**Renewable energy sources (RESs) are a significant contributor to sustainable energy production, given the growing demand and global environmental pollution. Among the various RESs, solar energy is one of the most attractive power sources due to its technical, economic and environmental benefits. The spreading of PV systems has led to many unknown technical problems in the PV industry. Defects in PV systems can lead to disasters such as fire caused by the formation of hot spots in the system, as well as reducing power generation efficiency in the system. In this article, the electrical failures in PV systems, the causes of these failures and the consequences of these failures have been studied.

Keywords — PV plants; Fault Diagnosis; Electrical faults in PV systems.

I. GİRİŞ

Güneş fotovoltaik (PV) sistemlerinde beklenmedik olayları önlemek için arıza analizi, tespit ve koruma şarttır. Solar PV sistemlerinin hiçbir hareketli parçaya sahip olmalarına ve genellikle az bakım gerektirmelerine rağmen, bunlar PV dizileri, güç klima üniteleri, bataryalar, kablolama ve şebeke ara bağlantıları boyunca çeşitli arıza veya hatalara maruz kalırlar [1-5]. Özellikle PV dizileri için (dc tarafı), güneş ışığı ile gündüz vakti enerjilendikleri için, FV modülleri arızalar sırasında tamamen kapatır. Ayrıca, PV seri ve paralel konstrüksiyonda çok sayıda PV modülünü bağlayarak bir PV güç santrali kurabilen ölçeklenebilir ve modüler bir teknolojidir. PV modülleri elektriksel olarak bağlandıktan sonra, bunlar arasındaki herhangi bir hata, tüm sistem performansını artırabilir. Bu, PV sisteminin sadece en zayıf bağlantı kadar sağlam olduğu anlamına gelir (örneğin, arızalı PV bileşenleri). Büyük bir PV dizisinde, tüm sistem bozulana kadar, FV sisteminde gizli kalabilen bir arızayı doğru tespit etmek veya tanımlamak olabilir[6-9]. Ek olarak, geleneksel seri-paralel PV kon- trasyonları, voltaj ve akım değerlerini artırır ve büyük arıza akımları veya DC arkları için daha yüksek risk oluşturur[10-12].

Günümüzde, PV sistemlerinin artan kapasitesi nedeniyle, PV kurulumlarına eklenen güç dönüştürme üniteleri, izleme sistemleri, koruma cihazları ve iletişim ekipmanlarının çoğalması olmuştur. Sonuç olarak, aşırı PV verileri (hem anlık hem de tarihsel) kullanılabilir hale gelir. Tipik bir şebekeye bağlı PV sistemi, çeşitli PV verileri hava istasyonu, PV dizileri, PV invertörleri ve şebeke şebekesinden temin edilebilir. Bu PV verileri temel olarak PV sistemi performansını değerlendirmek ve uzun zaman dilimlerinde enerji kayıplarını hesaplamak için kullanılır. Geçmiş PV verileri kullanılarak arıza tespiti yapılmasına

rağmen, hata tespit yanıtını ve verimliliğini engelleyebilecek uzun bir işlem süresi (en az birkaç saat veya gün) gerektirir. Bu nedenle, bu kolayca elde edilebilen PV verilerinin daha iyi kullanılmasını sağlayan daha duyarlı hata tespit algoritmalarının geliştirilmesi gerekmektedir[13-15].

II. ELEKTRIKSEL PV ARIZALARI

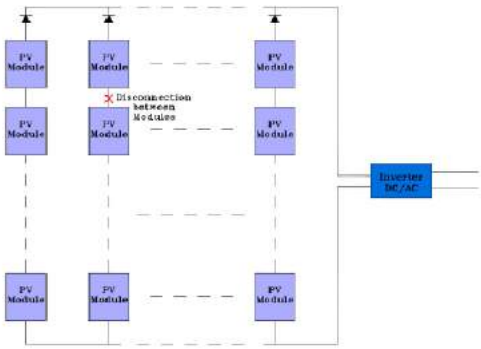
Bina-entegre PV sistemlerinde araştırmanın öncelikli amaçlarından biri, sistemin verimliliğini, kullanılabilirliğini ve güvenilirliğini arttırmaktır. Bir fotovoltaik modülün performansını ve verimliliğini arttırmak için teknolojik tasarım üzerinde çok fazla çalışma yapılmış olmasına rağmen, PV sistemleri için arıza teşhisi konusunda şimdiye kadar çok az araştırma bulunmaktadır. Bir FV sistemindeki arızalar, tespit edilmezse, sadece gç üretimini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda sıcak noktaları da geliştirebilir, aynı zamanda kullanılabilirliğin ve güvenilirliğin, tüm sistemin etkin bir şekilde "güvenliğini" tehdit eder.

A. Dize Arızası

PV dizisi genellikle paralel olarak birkaç dizgeye sahiptir ve her bir dizinin çıkışı bağlantı kutusunda kontrol edilebilir. Bir dizge, bağlantı kesilmesi veya bozulma gibi bir arızaya sahip olabilir. Temel fark, bağlantı kesilmesinin sabit enerji kaybı olarak tanımlanabilmesi ve bozunmanın enerji kaybını değiştirdiği düşünülmektedir.

B. Elektriksel Kopukluk

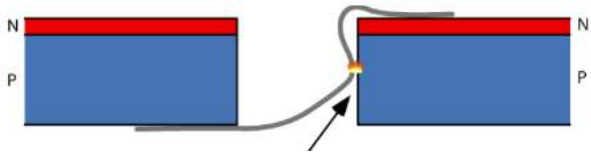
Bir dizgenin Şekil 1'de gösterildiği gibi bir kopma sorunu varsa, bu dizinin çıktısı sıfırdır ve enerji kaybı sabittir. Bu durumda, enerji kaybının yüzdesine bağlı olarak, invertör konumunda bağlantısız dizilerin sayısı tespit edilebilir. .



Şekil 1. Dize kopukukları

C. Bozulma

Güç bozulması güneş hücrelerinin yaşlanmasından kaynaklanır. Bunun sebebi, p-n birleşiminden kaynaklanan metal göçüne bağlı olarak paralel olarak bağlı olan su buharının neden olduğu kontakların veya korozyonun azalması veya paralel olarak meydana gelen şant direncindeki azalmaya bağlı olarak modüller arasındaki seri dirençteki artış olabilir. Ayrıca, yansıma önleyici kaplama kaybı da güç bozulmasına neden olabilir. Şekil 2, hücreler arasında kısa devreyi göstermektedir. Bozunma, PV modülünün çıkış gücünü düşürmek gibi PV sisteminin daha düşük performansına katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda korozyona bağlı olarak hücre hasarına ve erken sistem arızasına yol açabilir. Bir dizide bozulma meydana gelirse, I – V eğrisi bozulmuş olabilir, ancak dize güç üretmeye devam edecektir.



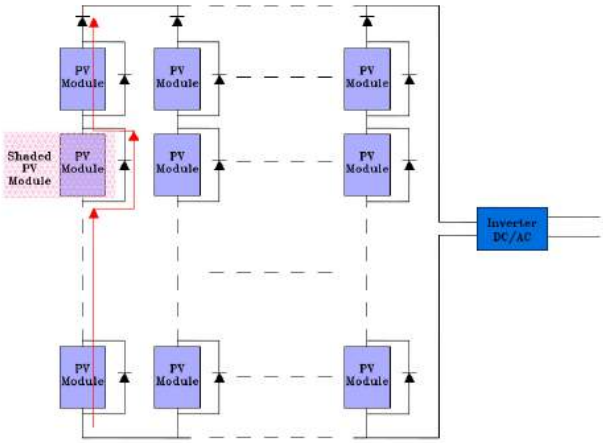
Şekil 1. Ara bağlantı kısa devre yoluyla hücre hatası

D. Kirlenme

Kirlenmenin, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nin Güneybatı bölgesi gibi kurak bölgelerde, PV sistemlerinin performansı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Güneş panelleri üzerindeki kir birikimi, bir modülün, bir dizinin veya yağış olaylarının periyotları arasında bir dizinin normal akım üretme kapasitesinin azaltılmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, enerji kayıplarını önlemek için temiz bir panelin yüzeyinin korunması önemlidir.

E. Gölgeleme

Gölgeleme genellikle, yakındaki binalar, nesneler veya diğer PV dizi kenarları güneş ve güneş dizisi arasında yer aldığında oluşur. PV sistemi işletmesinde en büyük enerji kayıplarından biridir. Gölgeleme, düşük güç çıkışına katkıda bulunabilir, yüksek hücre sıcaklığı nedeniyle modüllerde termal strese neden olabilir ve hatta aşırı ısınma nedeniyle gölgeli hücrelerin voltajını tersine çevirebilir. Gölgeleme etkilerinin üstesinden gelmek ve enerji kayıplarını en aza indirmek için, bypass diyotları, Şekil 3'te gösterildiği gibi, normal çalışma koşullarında engellenirken, gölgeli hücreler veya modüller etrafındaki akımı sürdürmeye devam etmek için bir dizi güneş hücresine paralel olarak bağlanır.



F. Kar kaplanmsı

Kar örtüsü sadece soğuk kış günlerinde gerçekleşir. Kar olaylarının, çıkış gücü üretimindeki azalma gibi PV sisteminin performansı üzerinde olumsuz bir etkisi vardır. Bir panel kar tarafından engellendiyse, yüksek bir küresel radyasyon olmasına rağmen, bütün dize yetersiz çalışacaktır.

G. Ağaç yaprakları ve kuş pisliği

Çıplak yüzeyinden dolayı ağaç yapraklarının ve kuş pisliklerinin PV panellerine düşmesi, bazı hücrelerin güç üretiminin azalmasına katkıda bulunabilir. Kuş pislikleri veya ağaç yaprakları toz ve kir nedeniyle kirden çok daha fazla güç kaybına yol açacaktır. Bu nedenle, kuş pisliklerinin veya ağaç yapraklarının modülden hemen çıkarılması gereklidir. Bu durumlarda, gölgeleme için, etkileri en aza indirmek için bypass diyotlarına ihtiyaç vardır. Normal çalışma koşullarında bloke edilirken, hücreler bazı nesneler tarafından kaplanırsa akımı gerçekleştirmek için güneş pilleri veya modüllerine paralel olarak bağlanırlar.

H. Şebeke Kesintileri

Güç üretimi, hava koşullarına ve günün saatine büyük ölçüde dayanır. Bir kaza veya doğal afet meydana gelirse ve şebeke gücü kaybı olursa, PV dizisinden gelen güç kaynağı da kapatılır. Bir şebeke kesintisi, bu süre zarfında PV sistemi için güç üretimi anlamına gelir.

İ. Toplam Karartmalı Hatalar

Toplam karartma, güzel havalarda kalıcı bir güç kaybı olarak tanımlanır. PV sisteminden herhangi bir veri gönderilmezse, toplam karartma nedeniyle oluşan hatalar kabul edilebilir.

PV'deki arızalar sadece bir PV sisteminin net performansını azaltmaz, aynı zamanda tüm sistemin güvenliğini ve güvenilirliğini de tehdit edebilir. Toplam karartma nedeniyle oluşan arızalar kolaylıkla teşhis edilir. Ancak, FV sistemindeki diğer arızalar, genel verimlilik değerlerinin belirsizlikleri ve referans değerlerin eksikliğinden dolayı kolayca tespit edilemez. Bu nedenle, bir PV sistemindeki hataları tespit etmek için bir yöntem geliştirmek, enerji kayıplarını en aza indirmek ve PV sisteminin performansını artırmak için çok önemlidir.

III. SONUÇLAR

A. Gölgeleme

- Kısmi gölgeli koşullar altında, tüm PV dizisi muntazam olmayan güneş ışınımını aldığında, I – V eğrileri birden fazla aşamaya sahipken, P-V eğrileri çoklu pikler ile karakterize edilir.
- Küresel tepe güneşin güneşe çıkma seviyesine, hücre yüzey sıcaklığına, PV dizisi konfigürasyonuna ve gölgeleme modeline bağlıdır.
- Kısmi gölgeleme, önemli bir enerji kaybına neden olur. Zamana bağlı güç özellikleri, gölgelendirme deseni ve gölgeleme süresi ile düzensiz olarak değişir.

B. Dize kopuklukları

- Enerji kaybı meydana gelir ve bir dizge kopması hatası meydana geldikten sonra sabit kalır.
- Based on the percentage of energy loss, the number of disconnected strings can be detected.

C. Degradasyon: Direnç Artışı

- Maksimum güç noktası, direnç arttıkça hafifçe azalır. Dahili seri direncinin artması, pik gücün bozulmasına neden olabilir.

D. Kirletme

- Kirletici efektler, I – V eğrileri ve P – V için birden fazla tepe noktası için birden çok aşamaya yol açabilir.
- The slight output power difference between soiled and clean PV array indicate soiling.
- Önemli bir yağış olayından sonra PV sistemi normal olarak çalışacaktır.

E. Kar etkisi

- Kar örtüsü sadece soğuk kış günlerinde gerçekleşir. Düşük sıcaklık ve karla kaplı ve temiz PV dizisi arasındaki büyük fark kar gösterir.
- Kar örtüsü koşulları altında, I – V eğrileri çoklu adımlar gösterebilir ve P – V eğrileri karla kaplı paterne bağlı olarak birden fazla tepe noktasıyla karakterize edilebilir.
- Kar mevsiminde, günlük ışınlama 1000 watt / m2'den daha büyük olsa bile, çıkış gücü kardan kaynaklanan aşırı derecede düşük olabilir.
- PV sistemi kar eridikten sonra normal olarak çalışır.

IV. DEĞERLENDİRME

Dünyadaki PV sistemlerinin katlanarak artması nedeniyle, sistemlerin performansını ve ömrünü arttırmak amacıyla yeni PV izleme yöntemleri geliştirmek gittikçe önem kazanmaktadır. Bununla birlikte, son zamanlarda piyasaya birçok yeni araç çarptı, bu da sistemin çeşitli parametrelerinin izlenmesine izin veriyor ve mevcut üretim belirli bir eşiğin altında olduğunda uyarılar yayıyor. Bu çalışmada farklı koşulların Pv sistemlerdeki oluşturacağı etkiler incelenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] X. Li, Y. Li, J. E. Seem, and P. Lei, “Detection of internal resistance change for photovoltaic arrays using extremum-seeking control MPPT signals,” IEEE Trans. Control Syst. Technol., vol. 24, DOI 10.1109/TCST.2015.2424857, no. 1, pp. 325–333, Jan. 2016.

[2] N. L. Georgijevic, M. V. Jankovic, S. Srdic, and Z. Radakovic, “The detection of series arc fault in photovoltaic systems based on the arc current entropy,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 31, DOI 10.1109/TPEL.2015.2489759, no. 8, pp. 5917–5930, Aug. 2016.

[3] M. E. Ropp, M. Begovic, and A. Rohatgi, “Analysis and performance assessment of the active frequency drift method of islanding prevention,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. 14, DOI 10.1109/60.790956, no. 3,pp. 810–816, Sep. 1999.

[4] M. H. Wang, M. L. Huang, and K. J. Liou, “Islanding detection method for grid connected photovoltaic systems,” IET Renewable Power Generation, vol. 9, DOI 10.1049/iet-rpg.2014.0264, no. 6, pp. 700–709,2015.

[5] K. A. Kim, G. S. Seo, B. H. Cho, and P. T. Krein, “Photovoltaic hot-spot detection for solar panel substrings using ac parameter characterization,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 31, DOI 10.1109/TPEL.2015.2417548, no. 2, pp. 1121–1130, Feb. 2016.

[6] A. Colli and W. J. Zaaiman, “Maximum-power-based PV performance validation method: Application to single-axis tracking and fixed-tilt c-Si systems in the italian alpine region,” IEEE J. Photovolt., vol. 2, DOI 10.1109/JPHOTOV.2012.2203794, no. 4, pp. 555–563, Oct. 2012.

[7] C. L. Kuo, J. L. Chen, S. J. Chen, C. C. Kao, H. T. Yau, and C. H. Lin, “Photovoltaic energy conversion system fault detection using fractionalorder color relation classifier in microdistribution systems,” IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 8, DOI 10.1109/TSG.2015.2478855, no. 3, pp. 1163–1172, May. 2017.

[8] R. Platon, J. Martel, N. Woodruff, and T. Y. Chau, “Online fault detection in PV systems,” IEEE Trans. Sustain. Energy, vol. 6, DOI 10.1109/TSTE.2015.2421447, no. 4, pp. 1200–1207, Oct. 2015.

[9] S. Vergura, G. Acciani, V. Amoruso, G. E. Patrono, and F. Vacca, “Descriptive and inferential statistics for supervising and monitoring the operation of PV plants,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 56, DOI 10.1109/TIE.2008.927404, no. 11, pp. 4456–4464, Nov. 2009.

[10] P. Guerriero, F. D. Napoli, G. Vallone, V. d’Alessandro, and S. Daliento, “Monitoring and diagnostics of PV plants by a wireless self-powered sensor for individual panels,” IEEE J. Photovolt., vol. 6, DOI 10.1109/JPHOTOV.2015.2484961, no. 1, pp. 286–294, Jan. 2016.

[11] P. Guerriero, G. Vallone, V. d’Alessandro, and S. Daliento, “Innovative algorithm for true maximum detection based on individual PV panel sensor network,” in Clean Electrical Power (ICCEP), 2013 International Conference on, DOI 10.1109/ICCEP.2013.6586963, pp. 42–47, Jun. 2013.

[12] B. And, S. Baglio, A. Pistorio, G. M. Tina, and C. Ventura, “Sentinella: Smart monitoring of photovoltaic systems at panel level,” IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 64, DOI 10.1109/TIM.2014.2386931, no. 8, pp. 2188–2199, Aug. 2015.

[13] Y. Hu, J. Zhang, W. Cao, J. Wu, G. Y. Tian, S. J. Finney, and J. L. Kirtley, “Online two-section PV array fault diagnosis with optimized voltage sensor locations,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 62, DOI 10.1109/TIE.2015.2448066, no. 11, pp. 7237–7246, Nov. 2015.

[14] R. Hariharan, M. Chakkarapani, G. S. Ilango, and C. Nagamani, “A method to detect photovoltaic array faults and partial shading in PV systems,” IEEE J. Photovolt., vol. 6, DOI 10.1109/JPHOTOV. 2016.2581478, no. 5, pp. 1278–1285, Sep. 2016.

[15] L. Chen, S. Li, and X. Wang, “Quickest fault detection in photovoltaic systems,” IEEE Trans. Smart Grid, vol. PP, DOI 10.1109/TSG.2016.2601082, no. 99, pp. 1–1, 2016.

Arazi Uygulamaları İçin Çok Noktalı Veri Toplama ve Kablosuz İletim Sistemi Geliştirilmesi ve Uygulanması

Seymur SHUKUROV[1]
Uğur BAYSAL[2]

[1]Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, elsymr09@hacettepe.edu.tr
[2] Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ubaysal@hacettepe.edu.tr

Özetçe— Ulaşılması zor olan, gerekli altyapının zor kurulduğu alanlarda sistem kontrolü ve ortam değişkenlerinin takibini sağlamak ciddi bir sorundur. Bu sorunu çözmek için kablosuz iletişim sistemleri tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında açık veya kapalı alanda çalışacak, anlık olarak 4 analog voltaj değerini okuyabilme kapasitesine sahip ve kablosuz haberleşen sensör birimlerinde oluşan Kablosuz Sensör Ağı (KSA) tasarlanmış, 1 Merkez 3 İkincil İstasyon olmak üzere toplam 4 biriminden oluşan KSA prototipi üretilmiş ve başarıyla test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Kablosuz Sensör Ağı, Zincir-Tipi Topoloji, Kablosuz Veri Gönderimi, Uzaktan Gözetleme, 2.4 GHz İletişim

I. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi ile sensör, mikrodenetleyici ve kablosuz iletişim birimlerinin maliyetleri ile beraber boyutları da önemli ölçüde azalmıştır. Bu durum onları sahalarda ve ulaşılması zor alanlarda kullanmak için ideal bir vasıta haline getirmiştir. Günümüzde sıcaklık, nem ve basınç ölçümleri, hareket algılama, gürültü tespiti yapan sensörler farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [1].

Bu çalışma kapsamında, Ağaç Topolojisinin özel durumu olan Zincir topolojisini kullanan, açık veya kapalı alanda çalışma kapasitesine sahip KSA tasarlanmıştır. Daha sonra tasarım baz alınarak 4 adet sensör biriminden oluşan prototip üretilmiştir. Son olarak sistemin çalışması farklı saha şartlarında başarılı bir şekilde test edilmiştir.

II. SENSÖR AĞLARININ TARİHİ GELİŞİMİ

Birçok teknoloji alanında olduğu gibi sensör ağlarında da gelişim savunma sanayisi öncüllüğünde olmuştur. Bu alanda ilk örneklerden biri olarak Soğuk Savaş sırasında Sovyet denizaltılarını bulmak ve takip etmek için Amerika tarafından kurulmuş Ses Gözetleme Sistemi (Sound Surveliance System, SOSUS) gösterilebilir [2]. Bu sistem daha sonraları geliştirilmiş ve şu anda okyanuslarda oluşan doğa olaylarını gözlemlemek için kullanılmaktadır. Yine Soğuk Savaş döneminde Amerika Birleşik Devletleri'ni ve Kanada'yı kapsayan hava savunma radar ağları kurulmuştur. Bu sistem kapsamına daha sonraları Aerostatlar ve AWACS uçakları da dahil edilerek sistem kapasitesi artırılmıştır.

Modern sensör ağları gelişimi 1980'lerde Dağılmış Sensör Ağı (Distributed Sensor Network, DSN) programı kapsamında yine bir savunma sanayi öncülüğünde, Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) tarafından başlatılmıştır. Aynı zamanda DARPA'da çalışan ve TCP/IP kurucularından olan R. Kahn, daha yeni gelişmekte olan Arpanet (Internet'in öncülü) sistemini sensör ağları üzerinde uygulamaya çalışmıştır.

Carnegie Mellon Universite'sinda çalışan bilim adamları çalışmalarını esnek çalışabilen, daha az hata üreten işletim sistemi üzerinde yapmıştır ve DSN'ler için haberleşme odaklı işletim sistemi olan 'Accent'i geliştirmişler. Bu sistem ağ yapılandırması, sistem ayarlanması ve yeniden-bağlanma gibi temel sensör ağı uygulamalarını desteklemiştir. Daha sonra 'Accent' ticari olarak daha fazla rağbet görmüş 'Mach' işletim sistemine evirilmiştir.

Gelişen mikroişlemci ve elektronik alanlarının sensör ağlarının gelişmesinde çok büyük katkısı olmuştur. Maliyetlerin düşmesi ve elektronik ekipmanların boyutlarının küçülmesi gibi önemli gelişmeler sayesinde sensör ağları önceden kullanılamadığı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Buna örnek olarak MICA2 sistemi gösterilebilir. Bu sisteme ait alt birimler TinyOS işletim sistemi kullanmaktadır ve standart AA pilleri ile 1 seneye yakın servis sağlayabilme kapasitesi sahiptir. Ayrıca ışık, sıcaklık, basınç, manyetik ve başka fiziksel değerleri ölçen sensör birimlerinin cihaza bağlanması ile

sistem farklı uygulama alanlarında kullanılabilme esnekliğine sahiptir [3].

III. KABLOSUZ SENSÖR AĞLARI

[14] KSA gelişen mikroişlemci, haberleşme teknolojileri ile daha fazla kullanım alanı bulan bir teknolojidir. Askeri uygulamalardan hastaların durum takibine, günlük olarak kullanılan akıllı ev sistemlerinden deprem zamanı yer tabakasındaki verilerin ölçülmesine kadar çok farklı uygulamalarda kolaylıkla kullanılmaktadır. Kullanıldıkları

[15] alanlar ve sistem tasarımları arasında çok büyük değişkenlik olsa da bu sistemlerin temel mantığı aynı kalmaktadır: sensör birimlerinden verilerinin ölçülmesi ve bunların sorunsuz bir şekilde merkez istasyona iletilmesi.

A. *Fiziksel Katman*

Kablosuz haberleşme ile iletişim yapabilme kapasitesi sensör ağlarının geniş kullanım alanları bulmasındaki en önemli etkenlerinden biridir. Bu haberleşme türü temelde haberleşme frekansı, kanal modülasyonu, sinyal algılanması ve veri şifrelenmesi gibi farklı özellikleri içermektedir. Sensör ağlarında bulunan fiziksel katman yukarıda bahsedilmiş değişkenleri kontrol ederek birimler arasındaki maksimum güvenilir haberleşme sağlamakla yükümlüdür [4].

İletişim kanalının ilk aşaması olarak kaynak kodlayıcı sensör biriminden alınan verileri işleyerek onları farklı biçimde kaydetmektedir. Bu aşamada verilerde olan fazlalıklar kaldırılarak sinyal kapasitesi düşürülmekte ve dolayısıyla daha verimli bir iletişim sistemi elde edilmektedir. Kaynak kodlamasından sonra işlenmiş dijital veriler kanal kodlayıcısına iletiliyor. Kanal kodlayıcısı iletilecek olan veriyi iletim hattında gerçekleşebilecek hatalardan korumak için gönderilecek olan veriye ek bilgi eklemektedir. Yukarıda açıklanmış aşamaları geçen sinyal modülatör tarafından alınıyor. Dijital modülatör basitçe açıklanırsa sıralı ayrık zaman sembollerini iletim için uygun olan sürekli zaman sinyallerine dönüştüren bir birimdir.

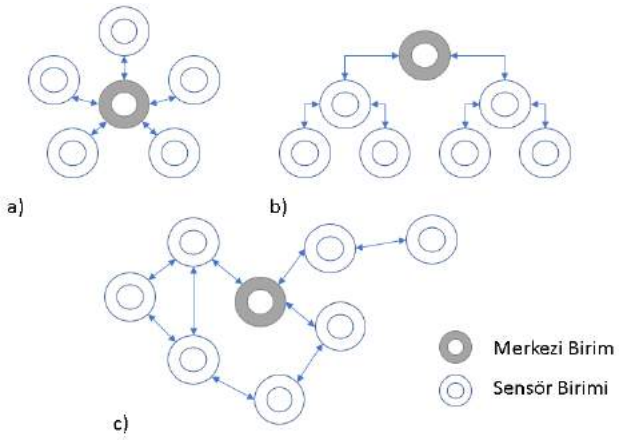
B. *Ortam Erişim Kontrolü*

Kablosuz Sensör Ağları belirli bir alanda rastgele dağılmış veya seçilmiş konumlarda yerleştirilmiş ve bir-biri ile kablosuz çok-sekmeli iletişim kullanarak haberleşen cihazlardan oluşmaktadır. Bu cihazlar ortak kablosuz iletişim ağını paylaşmaktadır. Ortam Erişim Kontrolü (Medium Access Control, MAC) protokolü bu ağ yapısı içinde olan haberleşme trafiğini kontrol ederek tüm sistemdeki iletişimin sorunsuz çalışmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla MAC protokolünün seçimi performans ve enerji verimliliğini etkileyen önemli bir husustur [5].

C. *Ağ Topolojisi*

Bir KSA tasarlanırken ilk önce sensör birimlerinin hangi ağ yapısı altında birleşeceği seçilir. Bu seçim tasarlanacak olan sistemin hangi amaçla kullanılacağı ile doğrudan ilişkilidir. Genel olarak KSA bir alan içerisine dağılmış sensör grubundan oluşmaktadır. Böyle bir sistemde kullanılabilecek Yıldız (Star), Küme/Ağaç (Cluster / Tree) veya Örgü (Mesh) gibi topoloji çeşitleri mevcuttur. Bazı önemli topolojiler hakkında bilgiler aşağıda verilmiştir:

- Yıldız Topolojisi: Bu tür topolojiye sahip KSA'larda alt birimleri direk olarak merkezi istasyona bağlanmıştır, dolayısıyla sensör birimleri arasında iletişim olmamaktadır. Eğer topoloji içerisinde herhangi bir sensör birimi çalışmayı durdurursa sistem bundan etkilenmeyecek ve çalışmaya devam edecektir.
- Küme/Ağaç Topolojisi: Yıldız topolojisinin genişletilmiş hali olup tek merkezi birimden ve buna bağlı farklı seviyelerde konumlanmış sensör birimlerinden oluşmaktadır. Bu sistemler ağaç yapısına benzer şekilde tasarlanmış olup, veriler en uçtaki sensör birimlerinden merkezi birime sıralı şekilde taşınıyor.
- Örgü Topolojisi: Diğer türlere göre daha fazla avantajı bulunan bu ağ türü doğal olarak daha fazla alanda kullanılmaktadır. Örgü topolojisi genellikle bir merkezi birimde ve buna bağlı sensör birimlerinden oluşmaktadır. Sensör birimleri de aynı zamanda kendi aralarında bağlantı kurabilir.



Şekil 2. KSA Topoloji Çeşitleri: a) Yıldız, b) Küme, c) Örgü

D. *Kablosuz Sensör Birimi Mimarisi*

Sensör birimleri KSA'nın temel yapı taşlarıdır ve ağda olan tüm işlemler bu birimler vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Temel olarak bunlar algılama, işleme, iletişim ve güç işlemlerini yapan farklı parçalardan oluşmaktadır. Genel bir sensör birimi sensör, işlemci ve iletişim alt birimlerinden oluşmaktadır.

- Sensör Altbirimi: Bu birim fiziksel bir özelliği dijital sinyale çevirerek ölçülmesi istenen değişkeni farklı bir şekilde sisteme tanıtıyor. Genellikle fiziksel birimi analog sinyale daha sonra da analogdan dijitale çevirerek bu işlem yapılıyor. Farklı alanlarda amaca uygun olarak sensör türleri değişkenlik göstermektedir.
- İşlemci Altbirimi: Bu alt birim diğer birimleri bir araya getirerek sensör altyapısını oluşturmaktadır. Genel olarak program tanımlamalarının kaydedildiği kalıcı bellekten, işlemci yongasından, sensör verilerinin geçici olarak saklandığı aktif bellekten, dahili veya harici saatten ve dış birimlerle iletişim için dijital bağlantılardan oluşmaktadır.
- İletişim Altbirimi: Sensör biriminin en önemli parçalarından biri olup veri alışverişi, sinyal modülasyonu gibi işlevlerden sorumludur.

IV. SİSTEM TASARIMI

Bu çalışma kapsamında açık alan veya kapalı bir yapı içerisinde belirli noktalara konumlanmış sensör birimlerinden oluşan KSA tasarlanmıştır. KSA'ya ait birimler aynı anda 4 farklı kanaldan analog gerilim değerlerini ölçe bilecek kapasitededir ve birimler birbiriyle kablosuz olarak haberleşmektedir. Ölçülen değerler hat boyunca belirli aralıklarda konumlandırılmış alt birimler aracılığıyla merkezi istasyona iletilmektedir. Bu bölümde tasarlanacak olan sistemin tüm yapım aşamaları ayrıntılı biçimde ele alınmıştır.

A. *İşlemci*

Sistemde kullanılacak olan işlemcinin maliyetinin uygun olması ve kullanıcının onu kolay elde edebilmesi göz önünde bulundurulmuştur. Araştırmalar sonucu bu çalışma için en uygun aday olan Atmel şirketine ait 'Atmega328/P' marka işlemcisi seçilmiştir.

Atmel'in seçilmesinin bir diğer nedeni yonga dahilinde 6 analog veri girişi yoluna sahip Analogdan Dijitale Çevirici (Analog to Digital Converter, ADC) olmasıdır. ADC'nin çözünürlüğü 10 bit olup bu özelliği sayesinde sensör birimlerinde voltaj verilerinin örneklenmesi için fazladan devre elemanlarının kullanılmamasını sağlayacak, maliyet ve güç tüketimini azaltacaktır. ADC'nin bu uygulamadaki görevi sensörden alınan analog voltaj değerlerini dijital sinyale çevirerek işlemciye iletmek olacaktır.

Seçilmiş mikrodenetleyici ayrıca SPI ve I2C haberleşmelerini desteklemektedir. Merkez biriminde bulunan SD kart okuyucu, RTC saat birimi ve iletişim birimi bu haberleşmeleri kullanacaktır.

B. *İletişim Sistemi*

Bu sistem tasarlanacak olan KSA'nın belki de en önemli kısmıdır. Bu çalışma kapsamında kullanılmak üzere Nordic Semiconductor'a ait nRF24L01+ modülü seçilmiştir. Bu modül 2 Mbps iletim hızına kadar çıkabilme ve 1km mesafeye veri iletebilme kapasitesine sahiptir. Buna karşılık maksimum akım tüketimi 13 mA olup, düşük enerji modunda bu değer 900 nA'e kadar düşebilmektedir. Modülün çalışma frekansı 2400-2525 MHz'dir ve ayarlanabilen 126 iletim kanalından oluşmaktadır. Modülasyon olarak bu birim Gaussian Frequency-Shift Keying (GFSK) kullanmaktadır ve birimin iletim gücü 0-18 dBm arası 4 farklı seviyeye ayarlanabilmektedir [5].

İletişim birimi haberleşme için SPI kullanmaktadır. İşlemci tarafından gönderilen verileri alarak 32 bit'lik paketler halinde diğer birimlere iletmektedir.

C. *İkincil Birimler*

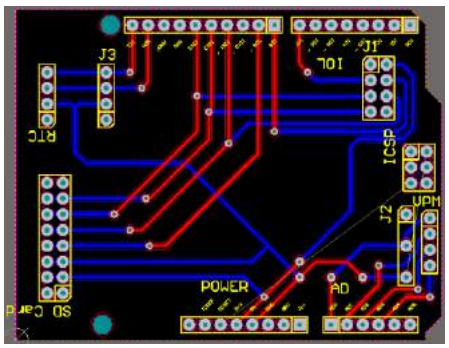
Projede ana birimler dışında yardımcı sistemler de bulunmaktadır. Bunlar merkezi birimde kullanılan saat ve SD kart okuyucu modülleridir.

KSA'lar sensör birimlerinden oluşmakta ve bu birimler belirli aralıklarla kurulduğu ortamdan veri toplamaktadır. Verileri anlamlandırmak için aynı zamanda tarih ve saat bilgilerinin de veriler ile beraber kaydedilmesi gerekmektedir. Hazırlanmış prototipte bu görevi merkezi birime eklenmiş Gerçek Zamanlı Saat (Real Time Clock, RTC) birimi yapmaktadır. RTC olarak Adafruit şirketine ait PCF8523 modeli seçilmiştir.

Bağımsız çalışan KSA'larda veriler belirli aralıklarla kaydedilmektedir. Uygulamaya göre ölçülmüş veriler ya her bir sensör birimde ya da tek bir merkezde kaydedilebilir. Bu prototipte verilerin merkezi istasyonda kaydedilmesi uygun görülmüştür ve bu amaçla SD kart okuyucu modülü kullanılmıştır. Bu modül merkezi birimde konumlanmıştır ve sensör birimlerinden alınan veriler bu modül aracılığıyla hafıza kartına aktarılmaktadır. Hafıza kartında veriler 'text' formatında kaydedilmektedir

D. *Donanım*

Donanım tasarımına sensör birimi içindeki alt birimlerin bağlanacağı çift katmanlı baskı devre tasarımı ile başlanmıştır. Devreye ait çizim Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Sensör Birimi PCB Tasarımı

Devre kartı seçilmiş Arduino UNO mikrodenetleyici kartı ile uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. nRF24L01, güç birimi, analog voltaj girişi, RTC ve SD kart okuyucu giriş çıkışları kart üzerinde konumlanmıştır. Kartın alt kısmında ise Arduino UNO'ya bağlanacak çıkışlar bulunmaktadır. Tasarımı Altium Designer yazılımı ile yapılmıştır.

Son olarak bu bölümde belirtilmiş tüm birimler tasarlanmış olan PCB üzerinde uygun konumlarına yerleştirilmiş ve 130x45x60 mm boyutlarında ABS malzemesinden yapılmış kutu içine konulmuştur. Sensör birimlerinin dış görünüşü Şekil 3'de görülebilir.

Şekil 4. Sensör Birimi

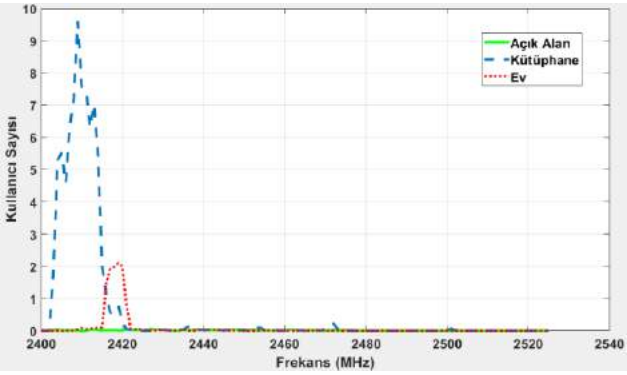
E. Yazılım

Son olarak kullanılan işlemci Arduino IDE derleyicisi kullanılarak kodlanmıştır. Haberleşme frekansı, iletişim gücü, zamanlama ayarları yazılım ile ayarlanmıştır.

V. TESTLER

Sistem tasarımı yapıldıktan sonra 1 Merkezi Birim, 3 İkincil Birim olmak üzere toplam 4 adet sensör biriminden oluşan KSA prototipi üretilmiştir. Birimler 130x45x60 mm boyutlarında kutulardan oluşmaktadır ve ortalama ağırlıkları 0,24 kg olarak ölçülmüştür. Üretilmiş prototip birimler daha sonra çeşitli testlere tabi tutulmuştur.

Sistem kablosuz haberleşme yapacağı için ilk önce çalışacağı frekans seçimi yapılması gerekmektedir. Frekans seçilirken kullanım yoğunluğunun az olmasına dikkat edilmelidir. Bunun için üç farklı konumda (Açık alan, Beytepe Kütüphanesi, Yaşam alanı) 2.4 – 2.54 MHz arasında frekans taraması yapıldı ve her frekansa ait yoğunluk grafiği çıkarıldı. Sonuçlar Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Kullanıcı Yoğunluk Grafiği

Bir sonraki testte birimlerin iletişim mesafesi test edilmiştir. Kullanım kılavuzunda haberleşme biriminin maksimum iletim mesafesinin 1000 metreden fazla olduğu yazmaktadır. Bunu test etmek için iki sensör birimi Konya İl'inde açık alanda test edilmiştir. Bu testte iletişim hızı olarak 250 kbps, frekans olarak 2.4 GHz seçilmiştir. Verici birimi 4 metrelik platforma kurulurken alıcı birimi açık alanda hareket ettirilmiştir. Çıkan sonuçlarda kullanım kılavuzunda verilmiş olan 1000 metrelik haberleşme mesafesine ulaşılmıştır.

Daha sonra sistem olarak prototipin çalışma performansı testleri yapılmıştır. Bu testler üç farklı ortamda gerçekleştirilmiştir. İlk test kapalı ortamda İstanbul'da bir ofiste yapılmıştır. Testte 4 sensör biriminin hepsi kullanılmıştır. Birimler arası mesafe sırasıyla 9, 12 ve 8 metre olarak ölçülmüştür. İkinci test Konya'da açık alanda gerçekleştirilmiştir. Bu sefer de birimler aynı konfigürasyonda konumlandırılmıştır. Tek fark birimler arası mesafe açık alan koşulları izin verdiği için 90, 70 ve 80 metre olarak ayarlanmıştır. Son test Beytepe Kampüsünde Ankara'da gerçekleştirilmiştir. Testin kurulduğu alan Şekil 5'te gösterilmiştir.

Şekil 6. Beytepe Test Alanı

Bu testte birim ayarları aynı önceki testler ile aynı kalmıştır, sadece birimler arası mesafe değiştirilmiştir. Burada mesafe sırasıyla 90, 140 ve 130 metre olarak ölçülmüştür.

Tüm testlerde birimler arası iletişim başarılı biçimde sağlanmıştır ve istenilen hızlarda ve doğrulukta 4 kanaldan analog voltaj veri iletimi gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E., *Wireless sensor networks: a survey*, *Computer Networks*, 38:393-422, 2002.

[2] Whitman, E.C., *Sosus: The 'secret weapon' of undersea surveillance*, Undersea Warfare, 7(2):256, 2005.

[3] Farshchi, S., Nuyujukian, P.H., Pesterev, A., Mody, I., Judy, J.W., *A TinyOSenabled MICA2-BasedWireless neural interface*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 53(7):1416-1424, 2006

[4] Dargie, W., Poellabauer, C., *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 2010.

[5] Anonim, Nordic Semiconductor nRF24L01+ Ultra low power 2.4GHz RF Transceiver IC, http://www.nordicsemi.com/eng/Products/2.4GHz-RF/nRF24L01P (Nisan, 2017).

Yüzey geometrisinin enerji verimliliğine etkisi

Effect of surface geometry on energy efficiency

Onur Yemenici[1]
Zeynel Abbidin Fıratoğlu[2]
Habib Umur[3]

[1]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, oseckin@uludag.edu.tr
[2]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[3]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, umur@uludag.edu.tr

Özetçe— Yüzey geometrisinin enerji verimliliği üzerindeki etkisi, bir rüzgar tüneli içerisinde düz, konkav, konveks ve bloklu yüzeyler üzerinden 15 m/s serbest akış hızına sahip bir akışta deneysel olarak incelenmiştir. Hız ve sıcaklıklar sırasıyla sabit sıcaklıklı bir kızgın tel anemometresi ve bakır-konstantan termal çiftler ile ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki, blokların varlığı ve konkav eğrilik, konveks eğriliğin aksine, ısı transferini etkili bir şekilde arttırabilir. Ayrıca, blokların ısı transferini konkav yüzeye göre daha çok arttırdığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler — enerji verimliliği; bloklu yüzey; konkav yüzey; konveks yüzey.

Abstract— Effect of surface geometry on energy efficiency was experimentally investigated over the flat, concave, convex, and ribbed surfaces in a wind tunnel with the free stream velocity of 15 m/s. The velocity and temperatures were measured by a constant-temperature hot-wire anemometer and copper–constantan thermocouples, respectively. The results indicate that the presence of the ribs and concave curvature can effectively enhance the heat transfer, contrary to the convex curvature. Moreover, it is found that ribs give the higher heat transfer augmentation than concave surface.

Keywords — energy efficiency; ribbed surface; concave surface; convex surface.

I. INTRODUCTION

Surface geometry is of great importance for engineering applications, such as heat exchangers, electronic cooling systems, biomedical devices and nuclear reactors that cause heat transfer enhancement or reduction. Therefore, there have been several previous investigations on different surface geometries, for instance, ribbed surfaces, concave and convex surfaces and etc. Umur [1] carried out a study on the concave wall heat transfer characteristics with longitudinal pressure gradients and discrete wall jets. Turner et al. [2] worked on a concave curvature and reported a heat transfer enhancement about 13% and 8% in laminar and turbulent flows, respectively. Umur [3] showed that concave curvature caused Stanton number in turbulent flows to increase around 40% than that of flat plates. An increase of 20% and a decrease of 15% in Stanton number due to concave and convex curvature were observed by Thomann [4] respectively, similar to Mayle et al. [5]'s reports. Ryu et al. [6] indicated that the block arrangements significantly affected flow characteristics and increased heat transfer. Tsay and Cheng [7], who indicated that heat transfer increased with increasing block height. Sara et al. [8] studied the effect of block arrangement on both heat transfer and pressure drop and reported that the heat transfer could be enhanced or reduced depending on the blocks arrangements. Yuan [9] conducted a numerical study for the flow and heat transfer in a channel with fins, and indicated that properly enlarging the fin pitch was profitable to both the heat transfer enhancement and the frictional reduction. Therefore, this study has been carried out to investigate all combined effects of the heated surface geometries with near zero pressure gradients in turbulent flow.

II. EXPERIMENTAL METHOD

The experimental investigation carried out in a blowing-type, low-speed wind-tunnel in the Fluid Mechanics Laboratory of the Mechanical Engineering Department at Uludag University. The tunnel is run by a

5.7 kW axial fan which has a maximum free stream velocity of 30 m/s with a turbulence level of 0.7% and the flow rate is controlled by a butterfly valve. Air passes through a metal duct, a honey comb, a nozzle with 1.5:1 contraction ratio and 0.2mx0.305m exit area and a straight duct with 400mm length before the test section, as shown in Fig.1. The test section has 1.5m length and a cross section dimension of 0.2mx0.305m.

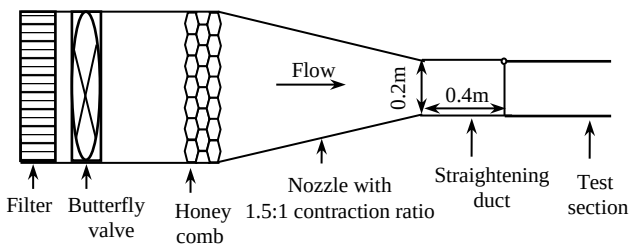


Figure1. Wind tunnel and test section.

A flat, ribbed, concave and convex copper surface which has 0.24 m spanwise distance and 0.8 mm thick was used in experiments, as shown in Fig. 2. The streamwise distance (L) is 0.75 m in flat surface, 1.25 m in curved surfaces and 0.51 m in ribbed surface. The ribbed surface has a sequence of 8 ribs with streamwise length of 0.51 m, an aspect ratio (w/h) of 2.0 and a rib frequency (s/w) of 1.0.

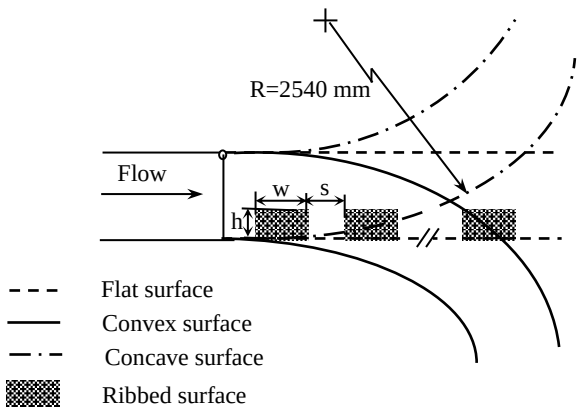


Figure 2. Heated surfaces

A constant temperature hot wire anemometer with a model P11 probe and copper-constant thermocouples with a data logger was used to measurements of the velocity and temperature, respectively. The thermocouples were embedded backside of the surfaces where were furnished with chrome-nickel resistive wires to obtain the near constant heat flux condition. In order to acquire uniform heat distribution, the wire knitting was fixed by the silicon layer. The silicon layer was covered with fiberglass to achieve minimum the heat loss. The wire knitting was regulated with a variable AC voltage controller and coated with silicon layer. The first measurement station was located at 0.06 m and the other five stations at interval of 120 mm on the flat, concave and convex surfaces and at interval of 15 mm in the streamwise direction on the ribbed wall. The heat transfer coefficient and experimental Nusselt number were calculated by

$$h = \frac{q}{(T_w - T_0)} \tag{1}$$

and

$$Nu_x = \frac{hx}{k} \tag{2}$$

where $q=q_f-q_o$, q_f $(=V_fI_f/A)$ and q_o $(=V_oI_o/A)$ are flow-on and flow-off powers, and T_w, T_0 and k refer to wall temperature, free stream temperature and thermal conductivity, respectively.

The maximum uncertainty in the Nusselt number calculation is estimated to be less than 4%, using the uncertainty estimation method of Kline and McClintock [10].

III. RESULTS AND DISCUSSION

The experiments performed over all surface at the free stream velocity of 15 m/s encompassing the turbulent flows. The streamwise variation of the convective heat transfer coefficients over the flat, concave and convex surface are shown in Fig. 3. The heat transfer coefficients showed monotonically decreasing distributions in the streamwise direction, as expected. The local heat transfer coefficients of the first and last measurement station over the convex surface %5 and %20 smaller than those of the flat plate values respectively, while %15 and %23 bigger over concave surface.

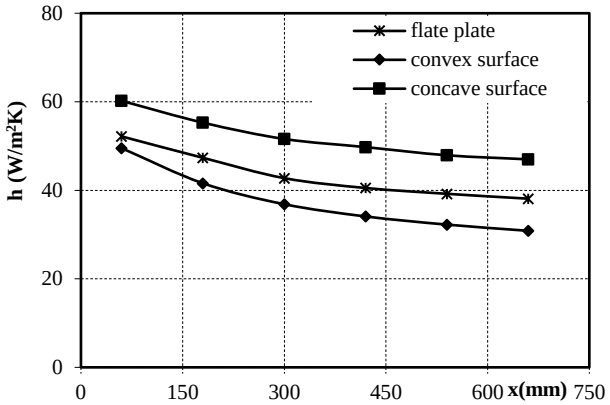


Figure 3. Streamwise variation of heat transfer coefficients over flate, convex and concave surface

The streamwise variations of experimental convective heat transfer coefficient on the ribbed surface are given in Fig. 4. The ribbed surface caused augmentation in heat transfer values by 75%-10% on the ribs and 23%-5% on the cavities in streamwise direction comparing to those of flat plate values. The recirculation region and adverse pressure gradient caused lower h values over the cavities than those of the ribs. The maximum h value was obtained at the beginning corner of the first rib where the maximum velocity observed and then decreased in the subsequent ribs.

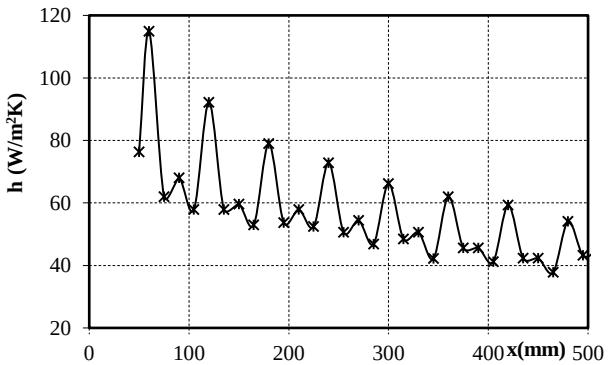


Figure 4. Streamwise variation of heat transfer coefficients over ribbed surface.

The local Nusselt number distributions over the flat, concave, convex and ribbed surfaces walls in the streamwise direction are presented in Fig. 5. The average Nu_x values decreased by 14% with the convex curvature due to the thicker boundary layer thickness and lower skin friction while the concave surface increased the values by 20% in streamwise direction comparing to those of flat plate. The ribbed surface caused higher fluid mixing and turbulence level and raised the average Nu_x by 38%.

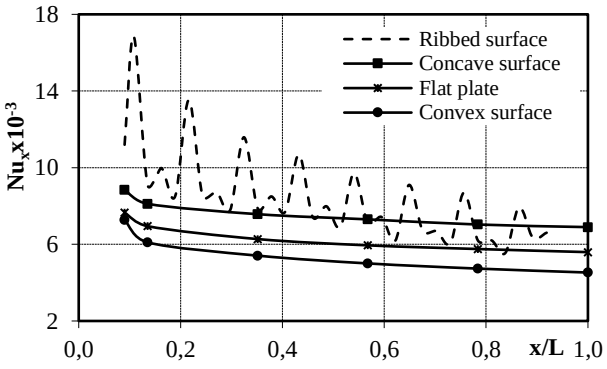


Figure 5. Streamwise variations of Nusselt numbers.

IV. CONCLUSIONS

The influence of the surface geometry on heat transfer enhancement for the free stream velocity of 15 m/s has been experimentally studied. The results showed that concave curvature and presence of the ribs increased the heat transfer performance while the heat transfer rates were decreased by the convex curvature. The heat transfer enhancement of the ribbed surface was more remarkable than the concave surface. The maximum heat transfer were obtained at the front corner of the first rib and then decreased in the subsequent ribs. The heat transfer values of the cavities are smaller than those of the top faces of the ribs, but still bigger than flat plate values. The average Nusselt numbers of the concave and ribbed surface were higher than those of the flat surface by 20% and 38% while smaller by 14% for convex surface, respectively.

REFERENCES

[1] Umur, H., "Concave wall heat transfer characteristics with longitudinal pressure gradients and discrete wall jets", *JSME Int. J.*, 37:403–412, 1994.

[2] Turner, A.B., Hubbe-Walker, S.E. and Bayley, F.J., "Fluid flow and heat transfer over straight and curved rough surfaces", Int. J. Heat Mass Transfer, 43: 251-262, 2000.

[3] Umur, H., "Flow and heat transfer with pressure gradients, Reynolds number and surface curvature", Int. Com. Heat and Mass Transfer, 27:397-406, 2000.

[4] Thomann H., "Effect of streamwise wall curvature on heat transfer in a turbulent boundary layer", J. Fluid Mechanics, 33:283-292, 1968.

[5] Mayle, R.E., Blair, M.I. and Kopper, F.G., "Turbulent boundary layer heat transfer on curved surfaces", ASME J. Heat Transfer, 101:521-525, 1979.

[6] Ryu, D.N., Choi, D.H. and Patel, V.C., "Analysis of turbulent flow in channels roughened by two-dimensional ribs and three-dimensional blocks, Part II: Heat transfer", Int. J. Heat Fluid Fl., 28:1112-1124, 2007.

[7] Tsay, Y.-L. and Cheng, J.-C., "Analysis of convective heat transfer characteristics for a channel containing short multi-boards mounted with heat generating blocks", Int. J. Heat Mass Transfer, 51:145–154, 2008.

[8] Sara, O.N., Pekdemir, T., Yapici, S. and Yilmaz, M., "Enhancement of heat transfer from a flat surface in a channel flow by attachment of rectangular blocks", Int. J. Energy Res., 25:563–576,2001.

[9] Yuan, Z. X. "Numerical study of periodically turbulent flow and heat transfer in a channel with transverse fin arrays", Int. J. of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, 10(8): 842-861,2000.

[10] Kline, S.J. and McClintock F.A., "Describing uncertainties in single sample experiments", Mechanical Engineering, 75:3-8,1953.

Gıda Endüstrisinde Enerji ve Ekserji Uygulanması Application of Energy and Exergy Analyses in Food Industry

Elif Sena KIRMIZIKAYA[1]
İnci ÇINAR [2]

[1]Biyomühendislikve BilimleriAnabilim Dalı, FBE, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye
[2] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye, icinar@ksu.edu.tr

Özetçe— Türkiye'de gıda kurutma çalışmalarının büyük çoğunluğu güneşte, açık havada vs. gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler ucuzluk ve kolaylık yönünden tercih edilse de kurutulan ürünlerin kalitesi düşük olmaktadır. Ürün kalitesini etkileyen işleme teknikleri gıda endüstrisinde daha kaliteli kurutma arayışını getirmiştir. Ancak kurutma maliyetinin toplam maliyetin%60-70'ini oluşturması gıda piyasasını düşük enerjili kurutma prosesine yönlendirmekte ve dünya ekonomisi için önemli hale getirmektedir. Bu durum verimlilik ve performans değerlendirmesi açısından enerji ve ekserji analizleri ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına dayanan bu analizler çeşitli enerji dönüşüm süreçlerinin tahmini için temel bir yaklaşım sunmakta ve kayıplara karşı daha gerçekçi görüş sağlamaktadır. Böylelikle prosesteki verimsizliğin kaynaklarını ölçmek, enerji tüketiminin kalitesini ayırt etmek ve optimal koşulları seçerek deneysel etkileri azaltmak hedeflenmektedir. Literatüre bakıldığında son yıllarda gıda işleme operasyonlarında enerji-ekserji analizleri ile ilgili çalışmaların arttığı görülmüştür. Bu çalışmada ise son yıllarda gıda endüstrilerinde uygulanan enerji-ekserji analizleri hakkında bilgi vermek amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler enerji, ekserji, analiz, gıda endüstrisi, termodinamik.

Abstract— The vast majority of food drying operations is made with solar, air etc. in Turkey. Although favorably preferred in terms of cheapness and convenience, the quality of dried products is low. Processing techniques that affect food quality lead food industry to a search for better drying techniques. Drying expenditure that accounts for 60-70% of the total costs pushes food market towards the low-energy drying processes and makes it important for the world economy. This reveals the need for energy and exergy analyses in terms of efficiency and performance evaluation. These analyzes based on the first and second laws of thermodynamics and provide a basic approach to the estimation of various energy conversion processes and a more realistic view of energy losses. In this sense, it is targeted to find sources of inefficiency, to distinguish the quality of energy consumption, to select optimal operation conditions and to reduce the experimental impacts. Increasing number of the studies on energy-exergy analyses of different food processing operations have been seen in recent literature. Study aims to briefly summarize basics of energy-exergy analyzes and their applications in food industries.

Keywords — energy, exergy, analysis, food industries, thermodynamics.

I. GİRİŞ

Sürdürülebilir olmayan enerji kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması yakın gelecekte fosil yakıt rezervlerinin yeterli olmayacağını göstermektedir. Bu durum yenilenebilir enerji üzerine olan çalışmaların önemini artırmaktadır. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra enerjinin daha verimli ve etkin kullanılması günümüz araştırma konusu haline gelmiştir.Son yıllarda enerji ve ekserji analizleri gibi termodinamik analizler sistem tasarımı ve termal sistemlerin optimizasyonları için önemli bir araç olarak görülmektedir [1].

Enerjinin korunumu ilkesi anlamına gelen termodinamiğin birinci yasası mühendislik sistemlerinin performans analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Enerji analizi çeşitli enerji dönüşüm sistemlerini araştırmak için uygulanan geleneksel bir yaklaşımdır. Ancak bu analiz enerji miktarını verirken kalite ve değerlendirme açısından yetersiz kalmaktadır [3, 4]. Termodinamiğin ikinci

yasasına dayanan ekserji ise mevcut iş olarak tanımlanmakta ve sistem performanslarını değerlendirmek için etkili yol olarak kabul edilmektedir. Ancak enerji korunumunun aksine süreç veya proses esnasında ekserji korunamamakta ve kaybolmaktadır [5]. Bu durum termodinamik süreçte geri dönüşümsüzlüğün neden ve büyüklüğünü belirleyerek enerji kayıpların yerini göstermekte ve verimlilik, maliyet, kaynak kullanımı, sürdürülebilirlik vs. gibi önemli noktalara eş zamanlı ulaşılmasına yardımcı olmaktadır [3, 4, 6]. Termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına dayanan genel kütle, enerji ve ekserji dengeleri sırasıyla Eşitlik 1, 2 ve 3 ile özetlenebilmektedir [7]:

$$\sum m_{in} - \sum m_{out} = 0 \qquad (1)$$

$$\sum (mh)_{out} - \sum (mh)_{in} = Q - W \qquad (2)$$

$$\sum (mb)_{in} - \sum (mb)_{out} - \sum Q_k \left(1 - \frac{T_0}{T_k}\right) - W = X_{loss} \qquad (3)$$

Eşitliklerde kütle (m), entalpi (h), ısı (Q), ısı kaynağı (k), akımın akış kullanılabilirliği (b) ve sistemden çıkan iş (W) ifade edilmiştir. Bir akışın ekserji içeriği termomekanik durumuna (basınç, sıcaklık, bileşim) ve kimyasal yapısına bağlıdır. Sistemin birinci yasa analizleri üretim esnasında kullanılan enerjinin miktarı hakkında sonuç verirken ekserji analizi enerjinin maksimum kullanılabilirlik değeri belirlenebilmektedir. Böylelikle sistemin her bir aşamasına gerçekçi bir bakış açısıyla güçlü verilerin elde edilmesi sağlanmaktadır [8-9].

Sektörde gıda üretim süreçleri ısıtma ve soğutma işlemlerinin yaygın olarak uygulanması nedeniyle enerjinin yoğun olduğu sistemlerdir. Proses aşamalarının pek çok safhasında meydana gelen farklı ısı ve kütle akışları, enerji ve ekserji analizleri termodinamik bilgilerle birlikte hesaplamayı gerektirmektedir. Özellikle kurutma gibi işlemler yüksek enerji gerektiren proseslerdir. Mevcut üretim sektöründe kullanılan toplam enerjinin ortalama %12'sinin endüstriyel kurutucular tarafından tüketildiği belirlenmiştir [3]. Sadece kurutma işleminin gerektiği üretim sektöründe kurutma maliyeti ise toplam maliyetin %60 ile %70'ini oluşturmaktadır [10]. Bu durum kurutma proseslerinde optimum koşullarda enerji tasarrufu sağlamak için enerji ve ekserji analizlerini kullanmayı zorunlu hale getirmiştir [2].

II. ÖNCEKI ÇALIŞMALAR

Gıda üretim süreçlerinin enerji ve ekserji analizlerine dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Zisopoulos ve ark. (2017) gıda endüstrisinde ekserji analizi uygulamaları, analiz yöntemleri ve uygulama zorlukları hakkında geniş bir derleme yapmıştır [11]. Erbay ve İçier (2008) ise enerjinin Türkiye ve dünyadaki durumunu değerlendirerek tarım ürünlerinin işlenmesinde kullanılan enerjinin %60'dan fazlasının kurutma esnasında tüketildiği belirtmiştir. Ekserji analizi uygulama yöntemlerinin de araştırıldığı çalışmada özellikle gıda kurutmasında etkili olduğu vurgulanmıştır [12].

Literatürde gıda alanındaki yapılan enerji ve ekserji analizlerinin %66'sını kurutma, %6'sını pastörizasyon ve %4'ünü evaporasyon oluşturmaktadır. Kalan çalışmalar ise ısıtma, buharlaştırma ve tarım sektörü de dahil olmak üzere tüm çeşitli alanlara yoğunlaşmıştır [11]. Solar kurutma, tepsili kurutucu ve akışkan yataklı kurutucu başta olmak üzere çeşitli kurutma yöntemlerinin enerji ve ekserji analizi uygulamalarında son yıllarda artış görülmektedir. Solar kurutma çalışmaları Panwar ve ark. (2012) tarafından gözden geçirilmiş ve güneş enerjisi kurutucusunun enerji ve ekserji analizi üzerine bütünsel bir yaklaşım çalışması yapılmıştır [13]. Aviara ve ark. (2014) tepsili kurutucuda kurutulan manyok nişastasının enerji ve ekserji analizlerini incelemişlerdir. 40 ile 60°C arasında yapılan kurutma denemelerinde enerji verimliliği %16.036'dan 30.645'e yükselirken ekserji giriş, çıkış ve kaybın da sırasıyla 0.399'dan 2.686'ya, 0.055'ten 0.555'e ve 0.344'den 2.131 J/s'ye yükseldiği belirlemişlerdir. Çalışma sonunda sıcaklık artışı ile enerji ve ekserji verimliliği arttığını tespit etmişlerdir [2].

Sarker ve ark. (2015) çeltik kurutmak için tasarlanan saatte 22 ton kapasiteli bir akışkan yataklı kurutucunun verimliliğini araştırmışlardır. Sistemin ekserji kullanımının %31-37'sinin kullanıldığını belirlenmiş, kurutucu gövdesine yeterli izolatör sağlayarak ve egzoz havasını geri dönüştürerek verimin artırılabileceğini belirtmişlerdir [14]. Akışkan yataklı kurutucuyu konu alan bir başka çalışmada ise Ranjbaran ve Zare (2013) mikrodalga desteğiyle kurutulan soya fasulyelerinin termodinamik analizlerini yapmışlardır. Çalışma sonunda kurutma havası sıcaklığını artırmanın daha yüksek ekserji verimliliğine yol açtığı bulmuşlardır. Ayrıca mikrodalga gücünün akışkan yataklı kurutucuların termodinamik etkinliğini artırabildiğini, kurutma işleminin ilk aşamasında mikrodalga gücünün uygulanmamasının daha verimli olduğu sonucuna varmışlardır [15].

Bir başka kurutma yöntemi olan sprey kurutucu su buharlaşmasının yüksek gizli ısısı ve püskürtme durumunda enerjinin verimsiz kullanımı nedeniyle en çok enerji gerektiren işlemlerden biridir. Erbay ve Koca (2012) farklı atomizasyon basınçlarında (294.2-588.4 kPa) farklı giriş (160-230 °C) ve çıkış (60-100 °C) kurutma hava sıcaklıkları için beyaz peynir tozu üretiminin enerji ve ekserji performanslarını incelemişlerdir. Sistemin

enerji verimliliği %9.46 ile %21.61 aralığında iken ekserji verimliliği %2.66–6 aralığında bulunmuştur. Çalışma sonunda ekserjetik verimin giriş kurutma havası sıcaklığı arttıkça arttığı ancak çıkış havası sıcaklığı ve atomizasyon basıncındaki bir artışın ekserjetik verimde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir [16].

Pastörizasyon işlemi üzerinde enerji ve ekserji analizleri sürdürülmektedir. Yıldırım ve Genç (2015) jeotermal enerji destekli bir süt pastörizasyon sürecinin termodinamik analizlerini yapmış, işleminin ekserjetik verimliliğini çeşitli jeotermal kaynak sıcaklıkları için %22.61-56.81 aralığında bulmuştur [17]. Aynı araştırmacılar bir başka çalışmada jeotermal enerji destekli süt tozu üretim hattında termodinamik olarak çalışmıştır. 150°C ve 90°C aralığında jeotermal akışkan sıcaklığı için en yüksek ekserji kaybının evaporatör kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Sistemin toplam enerji ve ekserji verimliliği ise sırasıyla %85.4 ve 57.45 olarak hesaplanmıştır [5]. Her iki çalışmada da jeotermal enerji uygulamalarının ilk kurulum pahalı olduğu ancak işletme maliyetlerinin fosil yakıtlı sistemlerden çok daha düşük olacağı vurgulanmıştır. Benzer şekilde Jokandan ve ark. (2015) endüstriyel ölçekli yoğurt üretiminin ekserji analizlerini konu almıştır. Buhar üretimi, sıfırın üstünde soğutma, süt standardizasyon-pastörizasyon ve yoğurt üretim hatları dâhil dört ana alt sisteme ayrılarak incelenmiş, ekserji tüketimine yüzdelik katkıları sırasıyla %82.62, 9.36, 2.80 ve 5.21 olarak bulunmuştur. Çalışma sonunda toplam ekserji tüketiminin 841.34 kJ/kg olduğu, en büyük ekserji kaybının ise kazan ve kompresör kombinasyonunda meydana geldiğini belirlenmiştir [18].

Kurutma dışında endüstriyel ölçekte yapılan gıda üretimlerinin enerji ve ekserji analizleri literatürde yer almaktadır. Genç ve ark. (2017) kırmızı şarap üretim sürecinin enerji ve ekserji analizini yaparak sistemin birinci ve ikinci yasa verimini hesaplamışlardır. Sistemin termal verimliliği %57.2 ekserji verimliliği ise %41.8 olarak bulunmuştur [19]. Genç ve Hepbaşlı (2015) tarafından patates gevrek kızartma işleminin üç aşamadan oluşan yakma, eşanjör ve fritöz aşamalarının performanslarını incelemiş, ekserji değerlerini sırasıyla %58, 82 ve 77 olarak bulunmuştur [20].

III. SONUÇ VE DEĞERLENDIRME

Gelişen teknoloji ve hızlı nüfus artışı ile birlikte dünyada her geçen gün daha fazla enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Endüstride gıda alanı enerjinin yoğun olarak kullandığı bir sektörü temsil etmektedir. Bu sebeple gıda endüstrisinde enerjinin sürdürülebilirliği kadar verimli kullanılması da önemli rol oynamaktadır. Enerji ve ekserji analizleri sistemdeki verimsizliklerin nedenleri, konumları ve büyüklükleri hakkında bilgi edinmemize yardımcı olmaktadır. Bu çalışma ile kurutma prosesleri başta olmak üzere diğer sistemlerin enerji ve ekserji analiz uygulamaları derlenerek işlemlerin optimizasyonlarına dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Böylelikle ticari uygulamalarda gıda kalitesinden ödün vermeden proses maliyetinin düşürülebildiği sistemlerin oluşturulması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Darvishi, H., Hosainpou, A., Nargesi, F. and Fadavi, A., “Exergy and energy analyses of liquid food in an Ohmic heating process: A case study of tomato production”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31:73-82, 2015.

[2] Aviara, N.-A., Onuoha, L.-N., Falola, O.-K. and Igbeka, J.-C., “Energy and exergy analyses of native cassava starch drying in a tray dryer”, *Energy*, 73:809-817, 2014.

[3] Aghbashlo, M., Mobli, H., Rafiee, S. and Madadlou, A., “A review on exergy analysis of drying processes and systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22:1-22, 2013.

[4] Soufiyan, M.-M. and Aghbashlo, M., “A case study of yogurt drink production plant”, *Food and Bioproducts Processing 101*, 118-131, 2017.

[5] Yildirim, N. and Genc, S., “Energy and exergy analysis of a milk powder production system”, *Energy Conversion and Management*, 149:698-705, 2017.

[6] Rabha, D.-K., Muthukumar, P. and Somayaji, C., “Energy and exergy analyses of the solar drying processes of ghost chilli pepper and ginger”, *Renewable Energy*, 105:764-773, 2017.

[7] Sorgüven, E. and Ozilgen, M., “Energy utilization, carbon dioxide emission, and exergy loss in flavored yogurt”, *Energy*, 40:214-225, 2012.

[8] Mahmood, R., Parshetti, G.-K. and Balasubramanian, R., “Energy, exergy and techno-economic analyses of hyrothermal oxidation of food waste to produce hydro-char and bio-oil”, *Energy*, 102:187-198, 2016.

[9] Pekdoğan Göztok, S. ve İcier, F., “Karbon fiber destekli kabin kurutucuda farklı sıcaklıklarda elma dilimlerinin kurutulmasının incelenmesi: Kurutma karakteristikleri ve performans değerlendirmesi”, Akademik Gıda, 15:4, 355-367., 2017.

[10] Çolak Güneş, N., “*Gıda kurutma Sistemlerinin Ekserji Analizi*”, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2009.

[11] Zisopoulos, F.-K., Rossier Miranda, F.-C., Van Der Goot, A.,-J. and Boom, R, “The use of exergetic indicators in the food industry – A review”, *Critical Reviews in Food Science and Nutriotion*, 57:1, 197-211, 2017.

[12] Genç, S., “Endüstriyel pekmez üretim sürecinde enerji analizi”, *Akademik Gıda*, 15:1, 51-59, 2017.

[13] Panwar, N.-L. and Kaushik,S.C., “A review on energy and exergy analysis of solar drying systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5):2812-2819, 2012.

[14] Sarker, S.-H., Ibrahim, N., Aziz, N.-A. and Punan, M.-S., “Energy and exergy analysis of industrial fluidized bed drying of paddy”, *Energy*, 84:131-138, 2015.

[15] Ranjbaran, M., and Zare, D., “Simulation of energic and exergetic performance of microwave-assisted fluidized bed drying of soybeans”, *Energy*, 59:484-493, 2013.

[16] Erbay, Z., and Koca, N., “Energetic, exergetic and exegoeconomic analyses of spray-drying process during

white cheese powder production", *Drying Techology*, 30:4, 435-444, 2012.

[17] Yildirim, N., and Genc, S., "Thermodynamic analysis of a milk pasteurization process assisted by geothermal energy", *Energy*, 90:987-996, 2015.

[18] Jokandan, M.-J., Aghbashlo, M. and Mohtasebi, S.-S., "Comprehensice exergy analysis of an industrial-scale yogurt production plant", Energy, 93:2, 1832-1851, 2015.

[19] Genc, M., Genc, S. and Goksungur, Y., "Exergy analysis of wine production: Red wine production process as a case study", *Applied Thermal Engineering*, 117:511-521, 2017.

[20] Genc, S. and Hepbasli, A., "Performance Assesment of a Potato Crisp Frying Process", *Drying Techology*, 33:7, 865-875, 2015.

Yerleşim Alanında Bulunan Bina Yüzeylerindeki Basınç Katsayılarının Sayısal Olarak İncelenmesi

Numerical Investigation of Pressure Coefficients of Building Surfaces in Residential Area

Ahmet FERTELLİ[1]
Mehmet BALTA[2]

[1] Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, fertelli@cumhuriyet.edu.tr
[2] Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Amasya, Türkiye; mehmet.balta@amasya.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada, yerleşim alanında binalarda yüzeyler üzerindeki basınç katsayılarının etkileri incelenmiştir. Bina modelleri etrafındaki akış yapıları üç boyutlu ve zamandan bağımsız olarak FLUENT programı ile hesaplanmıştır. Türbülans modeli RNG k-ε kullanılarak yapılan analizlerde, rüzgâr hızı için Sivas ili için ortalama rüzgâr hızı profili oluşturulmuştur. Analizler sonucunda hız profilleri, türbülans kinetik enerji profilleri ile model yüzeylerinde ortalama basınç katsayısı dağılımları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler — Rüzgâr yükü, Basınç katsayısı, Bina aerodinamiği, Türbülans modeli

Abstract — In this study, the effects of pressure coefficients of building surfaces in residential area were investigated. The flow around the building models are calculated by FLUENT program in three dimensions and independent from to time. In the analyzes using turbulence model RNG k-ε, velocity profile was established by determining the average wind speed for Sivas province for wind speed. As a result of the analyzes velocity profiles, turbulence kinetic energy profiles and average pressure coefficient distributions on the model surfaces were calculated.

Keywords — Wind load, Pressure coefficient, Building aerodynamic, Wind load, Turbulence

I. GİRİŞ

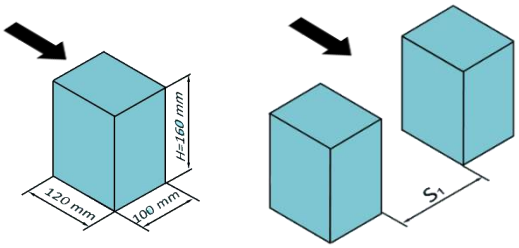
Artan kentleşmeye paralel olarak çok katlı binaların sayısında her geçen gün artış olduğu görülmektedir. Farklı sayıda binalardan oluşan projelerde binalar arası mesafenin, binaların birbiri üzerindeki etkisinin en aza indirilmesi gereklidir. Binalar üzerindeki rüzgâr etkisi, bina yüksekliğine paralel olarak artmaktadır. Rüzgârın bina üzerinde oluşturduğu girdap grupları farklı basınç alanları oluşturarak hem titreşim ve gürültü hem de binalarda hasar oluşturmaktadır.

Çok sayıda sayısal ve deneysel olarak yapılan çalışmalarda rüzgârın binalar etrafındaki etkileri incelenmiştir. Özmen ve ark. [1] farklı eğim açılarında üçgen çatıya sahip binalar etrafındaki akış alanlarını, %10, %20 ve %30 oranında köşe boşaltma yapılması durumunda türbülans etkilerini [2] incelemiştir. Hunte [3] tarafından iki farklı türbülans modeli (RSM ve Realizable k-ε) kullanılarak incelenmiş ve RSM türbülans modelinin basınç katsayısı değerlerinin deneysel verilerle yakın olduğunu belirtmiştir. Blocken ve ark. [4], k-ε türbülans modeli kullanarak paralel binalar etrafındaki akış yapısını, Yüksek binalar etrafındaki akış

Bu çalışmada, yan yana 0.5H mesafesindeki iki ve tek bina etrafındaki akış yapıları incelenmiştir. Analizler sonucunda hız profilleri, türbülans kinetik enerji profilleri ve basınç katsayıları dağılımları elde edilmiştir.

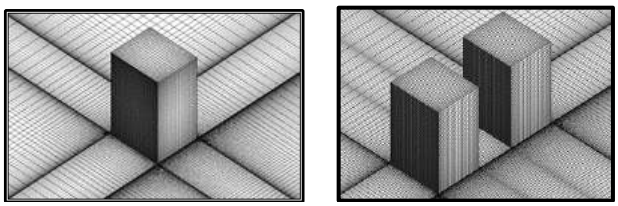
II. MODEL VE SAYISAL YÖNTEM

Bina modelleri ve boyutları 48 daireden oluşan 12 katlı bina ölçülerine göre belirlenmiştir. Şekil 1'de 1/250 ölçeği kullanılarak oluşturulan 100 mm × 120 mm kesitine ve H= 160mm yüksekliğine sahip modeller gösterilmektedir. Rüzgar hızı meteoroloji verilerinden hesaplanarak ortalama 12 m/s olarak tespit edilmiş ve Re= 179.000 olarak hesaplanmıştır. Giriş sınır şartı olarak ortalama hız ve türbülans profilleri verilmiştir. ANSYS - FLUENT 14.0 sonlu hacimler programı ile üç boyutlu çözümler gerçekleştirilmiştir [5].



Şekil 1. Bina modelleri a) Tek bina (Model1) b) İki bina (Model 2)

Çözümlemelerde ağ elemanı olarak dörtgensel eleman, tek bina modelinde 2700000 ve iki bina modelinde ise 400000 eleman oluşturulmuştur (Şekil 2).

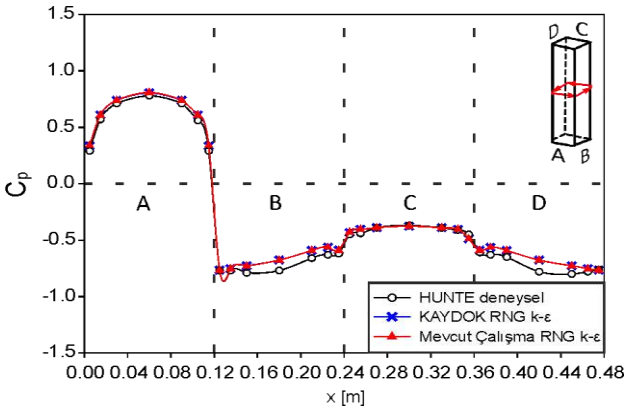


a) b)

Şekil 2. Uygulanan ağ yapısı a) Model 1 b) Model 2

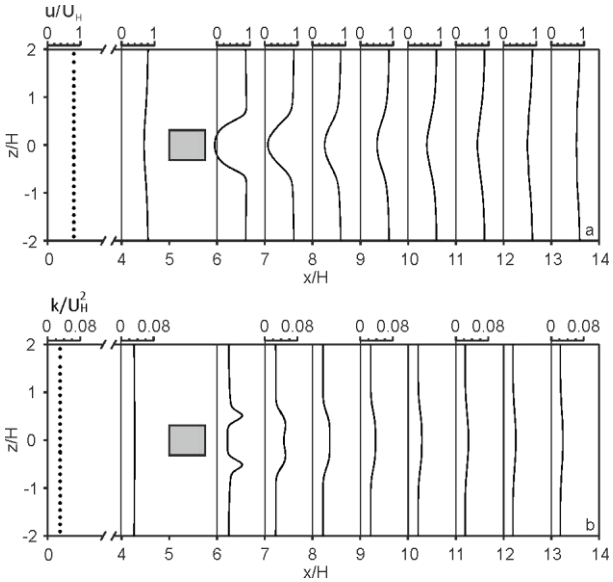
III. SAYISAL SONUÇLAR

Daha önce yapılmış deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmada, bina orta yüksekliği için tüm yüzeylerdeki basınç katsayılarının (C_p) değişiminin sonuçlarla uyumlu olduğu Şekil 3'de görülmektedir.



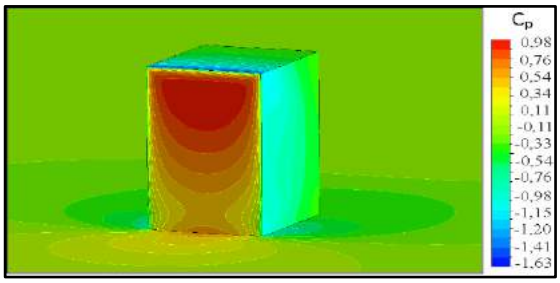
Şekil 3. Basınç katsayılarının literatür ile karşılaştırılması

Model yarı yüksekliğinde (y=0.08m) yatay doğrultuda farklı noktalardaki hesaplanan hız ve türbülans kinetik enerji profilleri Şekil 4'de gösterilmektedir. Model iz bölgesinde hız değerleri azalmış ve ters akış bölgesi oluşmaktadır. Akış yönünde ilerleyen konumlarda hız değerlerindeki azalma etkisi kaybolmaktadır. Türbülans kinetik enerji değişimlerinde, binanın her iki yan yüzeyde oluşan türbülanslı sınır tabaka sebebi ile türbülans kinetik enerji değerlerinde artış görülmektedir. Akış yönünde ilerleyen konumlarda türbülans kinetik enerji değerlerinde bu artış etkisi kaybolmaktadır.



Şekil 4. Tek bina modeli için a) hız profili b) türbülans kinetik enerji profili.

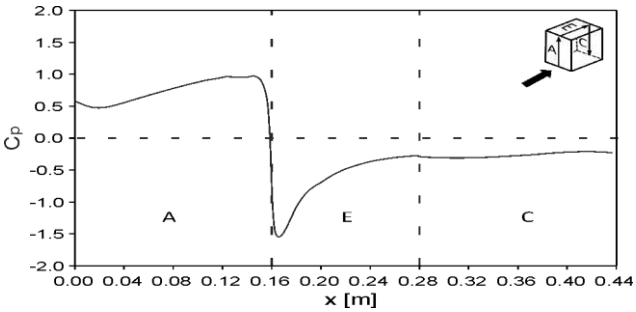
Şekil 5'de tek bina modeli için basınç dağılımları gösterilmektedir. Binanın ön yüzeyi (A) rüzgâra doğrudan maruz kalmakta ve basınç katsayısı yüksekliğin artmasına bağlı olarak artmaktadır. Ön yüzeyde pozitif basınç katsayıları oluşurken, çatı bölgesinde basınç katsayısı azalmaktadır. Tüm yan (B,D) ve arka yüzeylerde (C) negatif basınçlar oluşmakta ve yan yüzeylerdeki basınç katsayısı değerlerinin arka yüzeylerdekinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 6'da binanın ön (A), çatı (E) ve arka (C) yüzeyleri düşey doğrultuda orta eksen boyunca hesaplanan basınç dağılımları gösterilmektedir. Binanın ön yüzeyinde (A) basınç katsayılarının pozitif değerlerde olduğu ve yüksekliğe bağlı olarak arttığı görülmektedir.



Şekil 5. Model 1 yüzeylerindeki deki basınç katsayısı dağılımı.

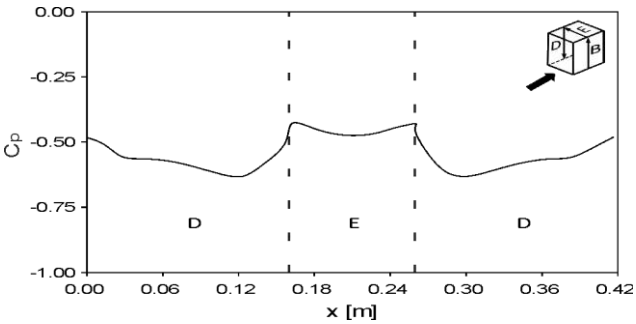
Düz çatının (E) ön kenarından ayrılan akış sebebi kritik basınç değerinin oluştuğu ve orta eksen doğrultusunda ilerledikçe ayrılan akışın yüzeye tekrar tutunduğunda negatif basınç katsayısın azaldığı görülmektedir. Binanın arka (C) yüzeyinde de negatif basınç katsayısı oluşmakla birlikte çatı yüzeyi ile kıyaslandığında azaldığı tespit

edilmiştir. Şekil 7'de binanın sağ (B), çatı (E) ve sol (D) yüzeyleri düşey doğrultuda orta eksen boyunca hesaplanan basınç dağılımları gösterilmiştir. Model yan yüzeylerinde (B ve D) ve model çatısının (E) tamamen negatif basınç etkisi altında olduğu ve modelin her iki yan yüzeyde hesaplanan basınç dağılımlarının simetrik olduğu görülmektedir.



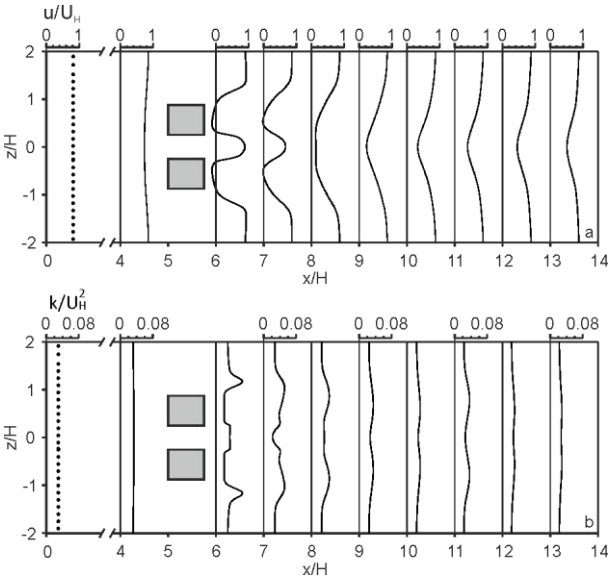
Şekil 6. Tek bina modelinin düşey doğrultuda orta eksen boyunca ön, üst ve arka yüzeylerin basınç katsayıları dağılımları.

Şekil 8'de binaların y=0.08m yüksekliğinde ve iki bina modeli arkasında yatay doğrultuda farklı noktalarda hesaplanan hız ve türbülans kinetik enerji profilleri gösterilmektedir. Her iki bina arkasındaki iz bölgesinde hız değerleri azalmamış ve ters akış bölgeleri oluşmaktadır. Jet akış sebebi ile iki bina arası hızın x/H=6 mesafesinde maksimuma ulaştığı görülmektedir (Şekil 8a).



Şekil 7. Tek bina modelinin düşey doğrultuda orta eksen boyunca sağ, üst ve sol yüzeylerin basınç katsayıları dağılımları.

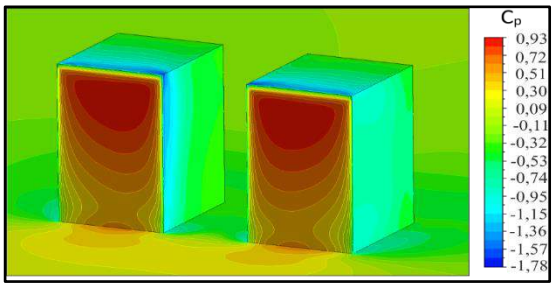
Akış yönünde bu etki x/H=7 mesafesine kadar devam etmekte ve ilerleyen kısımlarda sonlanmaktadır. Model arkasındaki türbülans kinetik enerji profillerinde ise, yukarıdaki binanın üst yan yüzeyi ve aşağıdaki binanın alt yan yüzeyleri üzerinde türbülanslı sınır tabaka sebebi ile türbülans kinetik enerji değerlerinde artış olmaktadır. Model arkasında ilerleyen konumlarda bu artış kaybolmaktadır (Şekil 8b).



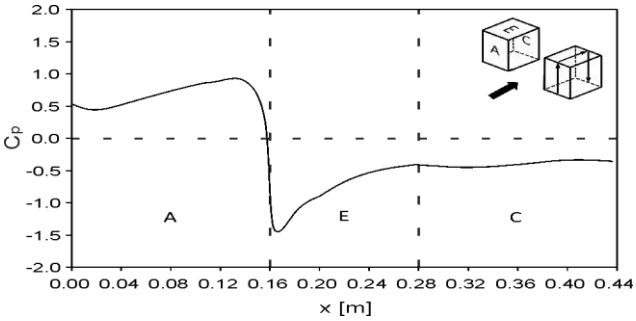
Şekil 8. İki bina modeli için a) hız profili b) türbülans kinetik enerji profili.

İki bina modelinde ön, üst ve arka yüzeyler için basınç dağılımları Şekil 9'da gösterilmektedir. Ön yüzeyde (A) yükseklik ile birlikte artan basınç katsayılarının değerlerinin pozitif olduğu görülmekte iken çatının başladığı noktada en yüksek negatif basınç değerleri oluşmaktadır. Binanın hem yan yüzeyleri (B,D) hem de arka yüzeyinde (C) negatif bir basınç alanı oluşmakta, yan yüzeylerdeki basınç katsayısı değerleri arka yüzeydeki basınç katsayısı değerlerinden daha yüksek oluşmaktadır. Negatif pik basınç katsayısı yan yüzeylerdeki ayrılmış akış bölgelerinde meydana gelmektedir. Binanın ön (A) yüzeyi hariç diğer yüzeylerinde yükseklikle basınç katsayısı değişmemektedir.

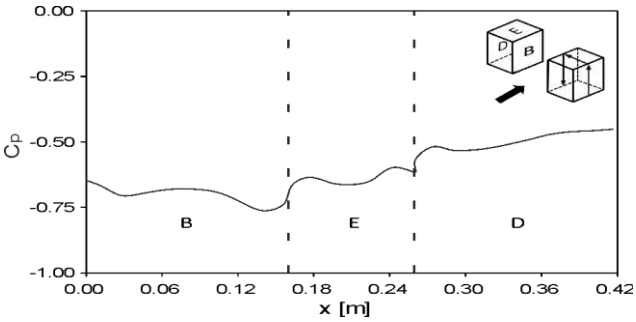
Tek bina ile kıyaslandığında sağ (B) yüzeyinde oluşan negatif pik basınç değeri daha az olmasına rağmen, sol (D) yüzeyinde oluşan negatif basınç katsayısının tek binaya göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununda sebebinin ara bölgedeki jet akışından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 8. Model 2 yüzeylerindeki deki basınç katsayısı dağılımı.



Şekil 9. İki bina modelinin düşey doğrultuda orta eksen boyunca ön, üst ve arka yüzeylerin basınç katsayıları dağılımları.



Şekil 10. İki bina modelinin düşey doğrultuda orta eksen boyunca sağ, üst ve sol yüzeylerin basınç katsayıları dağılımları.

Şekil 9'da binanın ön (A), çatı (E) ve arka (C) yüzeyleri düşey doğrultuda orta eksen boyunca hesaplanan basınç dağılımları gösterilmektedir. Ön (A) yüzeyde, basınç katsayıları pozitif değerlerde olduğu ve yüksekliğe bağlı olarak arttığı görülmektedir. Düz çatının (E) ön kenarından ayrılan akış sebebi kritik basınç değerinin oluştuğu ve orta eksen doğrultusunda ilerledikçe ayrılan akışın yüzeye tekrar tutunduğu ve negatif basınç katsayısın azaldığı görülmektedir. Binanın arka (C) yüzeyinde ise negatif basınç katsayı değerlerinde olmakla birlikte çatı yüzeyi ile kıyaslandığında daha az olduğu görülmektedir. Tek bina ile kıyaslandığında ön (A) kısımda yaklaşık aynı olmakla, çatı (E) ve arka (C) bölgesinde ise eğilimin aynı olduğu fakat negatif basınç katsayısı değerleri daha yüksektir. Şekil 10'da binanın sağ (B), çatı (E) ve arka (D) yüzeyleri düşey doğrultuda orta eksen boyunca hesaplanan basınç dağılımları gösterilmiştir. Model yan yüzeyleri (B ve D) ve model çatısı (E) tamamen negatif basınç etkisi altındadır. Modelin sol (D) yan yüzeyinde hesaplanan basınç dağılımının diğer yüzeylere göre daha düşük negatif basınç katsayılarının oluşmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, tek ve iki binanın yan yana yerleştirilmesi durumunda bina yüzeylerindeki basınç katsayıları dağılımları, hız ve türbülans kinetik enerji değişimleri incelenmiştir. Tüm modellemelerde (Model 1 ve Model 2) binanın ön yüzeyinde (A) pozitif basınç katsayılarının oluşurken arka ve yan yüzeylerinde (C,B,D) negatif basınç katsayılarının oluştuğu görülmektedir. En yüksek negatif basınç katsayısı, ikili bina modelinde ve karşılıklı yüzeylerin köşe noktalarında elde edilmektedir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Proje Destek Birimince (CÜBAP) desteklenmiştir. Adı geçen birime teşekkür edilir.

KAYNAKÇA

[1] Özmen, Y., Baydar E., Van Beeck J.P.A.J., 2016. Wind flow over the low-rise building models with gabled roofs having different pitch angles. Building and Environment, 95, p. 63-74.

[2] Kaydok T., 2014. Farklı kesitlere sahip yüksek binalar üzerinde türbülanslı akışların sayısal incelenmesi. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), 94s Trabzon.

[3] Hunte, S., 2010. Testing the Application of CFD for Building Design. Delft University of Technology (Master Thesis), Netherland.

[4] Blocken, B., Carmeliet, J. ve Stathopoulos, T., 2007. CFD evaluation of wind speed conditions in passagesbetween parallel buildings—effect of wallfunction roughness modifications for the atmospheric boundary layer flow, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 95, p. 941–962.

[5] ANSYS 14, 2011. User Guide

Şehir Aydınlatmasında Enerji Verimliliğinin İrdelenmesi: Şanlıurfa İli Örneği

Investigation Of Energy Efficiency In City Lighting: Şanliurfa Province Case

Yazar Ali KAYA[1]
Yazar Yrd.Doc.Dr. Nurettin BEŞLİ[2]
Yazar Doc.Dr. Halil İbrahim OKUMUŞ[3]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, kaya6323@hotmail.com.tr
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, okumus@ktu.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada, enerji tasarrufu ve verimliliğini arttırmak amacıyla Şanlıurfa ilinde bulunan şehir aydınlatma sisteminde, LED armatür dönüşümü ve Akıllı Şehir Aydınlatma uygulamaları dahil edilmesi durumları incelenmiştir. İlk olarak; temel aydınlatma elamanı olarak mevcuttaki Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı (YBSB) aydınlatma sisteminin durumu incelendi. Akıllı Şehir Aydınlatma Sistemleri (AŞAS) araştırıldı ve çalışma yöntemleri incelendi. Çalışmada daha sonra; mevcut aydınlatma sistemine LED ve Akıllı Aydınlatma sistemlerinin uygulanabileceği 2 farklı uygulama adımı irdelenmiştir. Birinci Adım olarak; Öncelikle Şanlıurfa ilinde mevcuttaki aydınlatma direklerinde bulunan YBSB armatürlerin sayıları ve güçleri tespit edildi. İkinci Adımda; LED de dönüştürülen sisteme AŞAS eklenerek sistemde gerçekleşen enerji tasarruf miktarı incelendi

Anahtar Kelimeler — Enerji verimliliğ, LED armatür dönüşümü; Akıllı şehir aydınlatma; Enerji tasarrufu.

Abstract— In this study, In the city lighting system of Sanliurfa province, the cases of including the conversion of LED luminaires and applications of Smart City Lighting have been examined In order to increase energy saving and productivity. Firstly; the status of the existing High Pressure Sodium Steam (HPSS) lighting system was examined. Intelligent City Lighting Systems (ASAS) were investigated and their working methods studied. Later in the study two different application steps LED and Intelligent Lighting systems that can be applied to the existing lighting system have been examined. As the First Step, First of all, the number and power of the HPSS luminaires in the lighting poles present in the Sanliurfa province were determined. Then converting of all the luminaires into LED were examined. In second step, The amount of energy saving realized by adding ICLS to the system that converted LED was examined

Keywords — Energy efficiency; conversion of LED luminaire; Smart City Lighting; Energy saving.

I. GİRİŞ

Aydınlatma

Uluslar Arası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından yapılan tanıma göre; "Nesnelerin ve çevrelerin görülebilmesi için ışık uygulanmasıdır" [1].

Yol aydınlatmaları tasarımlarında dikkat edilmesi gereken en önemli unsur, aydınlatılacak yolun ulusal ve uluslararası standartlarında aydınlatma sınıfına gore belirtilen ışık düzeyinin ve ışık renginin sağlanmasıdır.

Enerji Verimliliği

Enerji tüketimi yapan tüm uygulamalarda; üretimi, kaliteyi ve performansı düşürmeden, sosyal refahı engellemeden enerji tasarrufu sağlanmasıdır [2]. Enerji verimli yol aydınlatması denildiğinde, sadece armatür ya da ampul değiştirilmesi olarak anlaşılmamalıdır. Yeni tasarlanacak yollar için; aydınlatılacak yerin kullanım amacına göre optimum aydınlatma kriterlerini sağlayacak, minimim enerji tüketen, sürdürülebilir aydınlatma tesisatlarının, tasarım hesaplamaları yol durumuna göre gerçek zamanlı olarak hesaplanıp, gerekli ihtiyaç tespit edilmeli ve yeni nesil verimli donanımların kullanılması tercih edilmelidir [3].

Akıllı Şehir Aydınlatma Yöntemleri

Akıllı aydınlatma. İnsanların konfor ve yaşam kalitesini azaltmadan gerçek zamanlı çevre kontrolü ile ortamda gerçekleşen değişimlerin tek merkezden izlenilmesi sonucunda çevresel etkenlere göre ortamın ve objelerin ihtiyaçlara göre aydınlatılmasıdır

Günümüzde aydınlatma armatürleri otomasyonu çeşitli yollarla yapılmaktadır. Uygulamalarda bazı farklılıklar olsa da tüm uygulamaların çalışma mantığı benzerlik göstermektedir. Tüm Sistemlerde web tabanlı uygulama ile her bir armatürün ve tüm devre elemanlarının durumu takip edilebilmekte ayrıca her armatür bağımsız veya grup olarak senaryolara göre kontrol edilebilmektedir. Bu sistemler arasındaki fark ise ortamdan kaç çeşit veri alınacağı ve veri aktarımının yapılma seçimleridir.

Temel amaç ortamın anlık aydınlık seviyesinin ve aydınlatma sisteminin durumunun denetlenerek ihtiyaca göre aydınlatma sağlanmasıyla gereksiz aydınlatmanın önüne geçilmesi ve sistemin anlık yönetilmesidir.

Akıllı Aydınlatma Faydaları

Gecenin her saatinde ihtiyaç olmayan yerlerde daha az aydınlatma sağlanması ile enerji tasarrufunu mümkün kılmaktadır.

Şehir aydınlatma şebekesi tüm elemanları koordinatlarıyla tek bir arabirim üzerinden görüntülenebilmekte ve yönetilebilmektedir. Böylece aydınlatma şebekesi tüm elemanlarının güç tüketim değeri, çalışma süreleri, çalışma ve arıza durumları gibi anlık durumları takip edilebilmekte ve bunlar kayıt altına alınabilmektedir.

Her bir aydınlatma armatürü ayrı ayrı ya da senaryolar dâhilinde gruplanarak açma, söndürme, dimleme vb. şekillerde kontrol edilebilmektedir [4], [5].

LED

Light Emitting Diode (LED); elektrik enerjisinin uygulanmasıyla belli bir voltaj değerinden sonra ışık yayan yarı iletken diyotlardır. İngiliz H.Joseph.Round tarafından 1907 yılında keşfedilmiştir. Diyot olduğundan elektrik uygulandığında N ekleminden P eklemine doğru elektron akışı olur. Bu elektron akışıyla çevreye ışık yayılır. Bu olaya elekroluminans denir. [6], [3].

LED Avantajları

İstenilen renkte ışık yayabilmektedir.

İnsanlara zararlı olan mor ve kızıl ötesi ışınlar yaymazlar

Düşük enerji tüketmekte ve verimlidirler, Watt başına daha yüksek ışık yayılmaktadır.

Anında çalıştırılabilmektedir. Çok hızlı açma kapama zamanına sahiptirler.

Dimmerleme için uygundur.

Soğuk ışık yayarlar. Böylece hassas nesnelere zarar vermezler.

Doğa dostudur. Cıva ya da doğaya zararlı maddeleri içermez.

Suya dayanıklıdır, Yüksek dayanım, dış etkenlerle oluşacak şok dayanımlara karşı dayanıklıdır.

Uzun ömürlüdür. Hesaplamalara göre 100.000 saate kadar kullanılabilmektedir [7], [6], [3], [8].

LED Dezavantajları

Kurulum maliyetleri geleneksel aydınlatma sistemlerine nazaran yüksektir.

Arızalan LED'lerin yerinde tamir edilmesi mümkün değildir.

LED aydınlatma sistemlerinde ısı yönetiminde problem vardır. Oluşan ısının LED'den uzaklaştırılması gerekmektedir. Isının LED'den uzaklaştırılamaması durumunda LED'in verimi düşer ve bu durumda LED'in daha çabuk arızalanması söz konusu olur.

LED'lerde üretilen ışığın dalga boyu dar bir alandadır. Bu durumda sadece tek renk ışık yayarlar.

LED çipleri tek başlarına büyük alanların aydınlatmasında yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple LED modülleri kullanılmaktadır. Modül içerisinde kullanılan bağımsız LED çiplerinden dolayı aydınlatma düzeyinde birçok gölge oluşmaktadır. Bu da dikkat dağınıklığına sebep olmaktadır [7], [6], [3], [8].

II. Şanlıurfa İlinde Mevcut Aydınlatma Sisteminde Enerji Verimliliği Çalışmaları

Bu bölümde; Şanlıurfa da sokak ve diğer yollarda mevcut aydınlatma sistemi üzerinde 2 farklı metot uygulanarak sonuçlar analiz dilmiştir.

Analiz 1 de, Mevcuttaki YBSB armatürlü aydınlatma sisteminin gücünün tespit edilmesi ve Enerji verimliliğinin arttırıcı LED sistemlerinin kullanımının fizibilite hesabı yapılmıştır.

Analiz 2 de, LED yenilenebilir enerji teknolojilerinin akıllı aydınlatma sistemleriyle beraber kullanılmasının fizibilite çalışmaları yapılmıştır.

Analiz 1

Dedaş Şanlıurfa İl Müdürlüğünden alınan verilere göre Şanlıurfa merkez ve ilçelerinde; sokaklarında, yolarında yaklaşık olarak 38.500 adet armatür bulunmaktadır.

Armatür Gücü	Lamba (adet)	Işık Akısı (Lm)	Işık Etkinliği (Lm/W)	Ömür (Saat)	**Toplam (kWh)**
100 W	10.500	9.500	95	10.000-15.000	1.050 kWh
150 W	24.500	14.000	93	10.000-15.000	3.675 kWh
250 W	3.500	25.000	100	10.000-15.000	875 kWh
SAATLİK TÜKETİLEN TOPLAM ENERJİ(P saatlik)					5.600 kWh
YILLIK TÜKETİLEN TOPLAM ENERJİ (10x365xPsaatlik)					20.440.000 kWh

Tablo 1. Şanlıurfa ili YBSB sokak aydınlatma bilgileri [9].

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yayınlanan 01.01.2017 tarihli aydınlatma için 1 kWh enerji bedeli 0,311491 TL dir. Tüketilen enerji bedelleri tablodan görülmektedir.

Saatlik Aydınlatma Tüketim	Yıllık Aydınlatma Tüketim	kWh Bedeli	Saatlik Aydınlatma Bedeli	Yıllık Aydınlatma Bedeli
5.600 kWh	20.440.000 kWh	0,311491 TL	1.744,35 TL	6.366.876,04 TL

Tablo 2. YBSB aydınlatma sisteminde tüketlen enerji maliyetleri

YBSB armatürlerin, LED armatürler ile değiştirilmesi durumunda toplam güç değerleri tüketim miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Armatür Gücü	Lamba (adet)	Işık Akısı (Lm)	Işık Etkinliği (Lm/W)	Ömür (Saat)	**Toplam (kWh)**
65 W	10.500	8.515	131	60.000-100.000	683 kWh
100 W	24.500	13.200	132	60.000-100.000	2.450 kWh
150 W	3. 500	19.800	132	60.000-100.000	525 kWh
SAATLİK TÜKETİLEN TOPLAM ENERJİ					3.658 kWh
YILLIK TÜKETİLEN TOPLAM ENERJİ(10x365xPsaatlik)					13.351,700 kWh

Tablo 3. LED armatür özellikleri ve sistemin toplam gücü [10].

EPDK birim fiyatlarına göre ASAŞ sisteminde Tüketilen enerji bedelleri tablodan görülmektedir.

Saatlik Aydınlatma Tüketim	Yıllık Aydınlatma Tüketim	kWh Bedeli	Saatlik Aydınlatma Bedeli	Yıllık Aydınlatma Bedeli
3.658 kWh	13.351,700 kWh	0,311491 TL	1.139,434 TL	4.158.365,91 TL

Tablo 3. LED Aydınlatma Sisteminde Tüketilen Enerji Bedeli

Her iki armatürün ortalama birim maliyetleri Tablo 5 ve 6 'da verildiği gibidir.

Lamba Güçleri (W)	Birim Adet	Birim Fiyat (TL)*	**Toplam (TL)**
100	10.500	150	1.575.000
150	24.500	180	4.410.000
250	3.500	180	630.000
TOPLAM TUTAR			6.615.000

Tablo 4. YBSB armatürlerin birim fiyatları ve maliyetleri

Lamba Güçleri (W)	Birim Adet	Birim Fiyat (TL)	**Toplam (TL)**
65 W	10.500	80	1.680.000
100 W	24.500	100	4.900.000
150 W	3.500	200	1.400.000
TOPLAM TUTAR			7.980.000 TL

Tablo 5. LED armatür birim fiyatları.

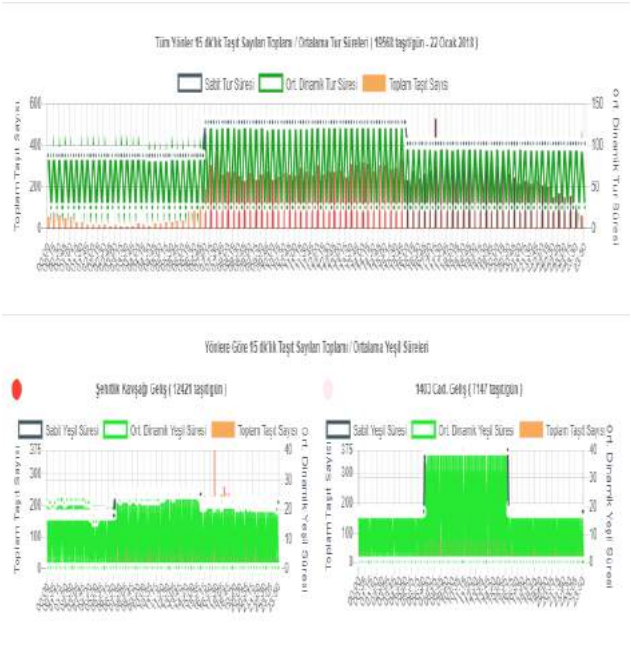
Armatür Tipi	Yıllık Tüketilen Enerji (kWh)	Yıllık Enerji Maliyeti	Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	Tasarruf Edilen Enerji Bedeli	Tasarruf oranı	Yaklaşık LED Amorti Süresi
YBSB Aydınlatma	20.440.000 kWh	6.366.876 TL	7.088.300 kWh	2.208.510 TL	%34,68	3.61 Yıl
Led Aydınlatma	13.351.700 kWh	4.158.365 TL				

Tablo 6. Analiz 1 karşılaştırma tablosu

ANALIZ 2

Akıllı aydınlatma sistemleri temelde aynı metotlarla işlevlerini yerine getirmektedir. Hesaplamalar yapılırken sistemin ne şekilde veri aktardığı ve haberleştiği vb. konuları hesaba katılmayacaktır.

Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi Ulaştırma Dairesi Başkanlığı'ndan 1 kavşağın 1 günlük trafik durum tabloları alınarak incelenmiştir. inceleme neticesinde; araç yoğunluğunun akşam saatleri 17.00-21.00 aralığında maksimum seviyede olduğu bu saatlerden sonra trafik yoğunluğunu azalmaya başladığı gece 00.00 dan sonra ise minimum seviyeyi aldığı, gündüz saatlerinde ise trafiğin saat 06.00 dan itibaren artmaya başladığı görülmektedir.



Şekil 1. SSK kavşağı trafik durumu

Gecelik ortalama 10 saat aydınlatma yapıldığı dikkate alınacaktır [11].

19.00-00.00 zaman aralığında sistemin %100, yoğunluğun minimum olduğu 00.00-04.00 saatleri aralığında %50, güneş doğmadan 1 saat önce 04.00-05.00 saatleri aralığında ise %100 çalıştığı düşünülmesi

durumunda (Yaz ve kış dönemlerine göre aydınlatma saatleri değişkenlik gösterecektir.);

LED Saatlik Tüketilen Enerji Miktarı			3.658 kWh
LED Günlük Tüketilen Enerji Miktarı			36.580 kWh
Günlük Ortalama Çalışma Süresi			10 Saat
Çalışma Saatleri	Çalışma Süresi	% Çalışma Oranı	Tüketim Miktarı (kWh)
19.00-00.00	5 saat	100	18.290
00.00-04.00	4 saat	50	7.316
04.00-05.00	1 saat	100	3.658
AKILLI SİSTEM GÜNLÜK TOPLAM TUTAR			29.264 kWh

Tablo 8. Akıllı Aydınlatma Sistemi Enerji Tüketimi

LED sistemine ASAŞ uygulaması eklenmesiyle günlük tüketim miktarı Tablo 8.görülmektedir.

Günlük Aydınlatma Tüketim	Yıllık Aydınlatma Tüketim	kWh Bedeli	Günlük Aydınlatma Bedeli	Yıllık Aydınlatma Bedeli
29.264 kWh	10.681.360 kWh	0,311491 TL	9.115,47 TL	3.327,147,51 TL

Tablo 7. Akıllı aydınlatma sistemi tüketilen enerji bedeli

Akıllı Aydınlatma sistemi (33.060 adet direk bulunan; Merkezi kontrol birimi, Saha kontrol birimi, Aydınlatma kontroller ünitesi, Driverler, GPRS,Wifi vb Haberleşme ünitesi) için maliyet yaklaşık olarak 7.700.000 TL olarak tespit edilmiştir. Bu durumda LED+AŞAS maliyeti (7.980.000+7.700.000 TL) 15.680.000 TL olmaktadır.

Armatür Tipi	Yıllık Tüketilen Enerji (kWh)	Yıllık Tüketilen Enerji Maliyeti	Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	Tasarruf Edilen Enerji Bedeli	Tasarruf oranı	Yaklaşık Amorti Süresi
YBSB Aydınlatma	20.440.000 kWh	6.366.876,04 TL	7.088.300 kWh	2.208.510,13 TL	%34,68	3,61
Led Aydınlatma	13.351,700 kWh	4.158.365,91 TL				
Analiz 2 LED+Smart (Analiz 1 LED e Göre Kıyas)	10.681.360 kWh	3.327,147,51 TL	2.670.340 kWh	831.786.88 TL	%20	5,16
Analiz 2 (Analiz 1 İlk Duruma Göre Kıyas)			9.758.640 kWh	3.039.728,53 TL	%47,74	

Tablo 10. Analiz1 ve Analiz 2 karşılaştırılması

SONUÇLAR

Tablo 2 ve 4 karşılaştırıldığında LED dönüşümüyle toplam gücün yaklaşık olarak %34,68 azalabileceği, bir yılda 7.090.125 kWh elektrik enerjisi ve 2.208.510,13 TL parasal tasarruf edilebileceği görülmektedir.

Bakım, malzeme ve işçilik maliyetleri dikkate alınmadan mevcutta bulunan tüm YBSB armatürlerin LED armatüre dönüştürülmesi durumunda, sistemin gerçekleşen enerji tasarrufu ile yaklaşık olarak 3,61 yılda kendini amorti edeceği görülmektedir.

LED'li sisteme ASAŞ uygulaması eklenmesiyle toplam gücün LED'li sisteme (Analiz 1) göre yaklaşık olarak %20 daha azalabileceği, bir yılda 2.670.340 kWh elektrik enerjisi ve 831.786,88 TL parasal ek tasarruf edilebileceği görülmektedir.

YBSB armatürlerin LED armatürlere dönüştürülmesi ve ASAŞ uygulaması eklenmesi durumunda toplam gücün ilk duruma göre yaklaşık olarak %47,74 oranında azaldığı görülmektedir. Buda bir yılda 9.758.640 kWh elektrik enerjisi ve 3.039.728,53 TL parasal tasarrufu ifade etmektedir. Bu durumda sistemin gerçekleşen enerji tasarrufu ile yaklaşık olarak 5,16 yılda kendini amorti edeceği görülmektedir.

İlk yatırım zamanında LED armatürlerin yatırım maliyetlerinin geleneksel olarak kullanılan YBSB armatürlerin maliyetlerine yakınlaştığı görülmektedir.

LEDlerin uzun ömürlü olması, çalışma şartlarına dayanıklı olmasından dolayı nadiren bakım ihtiyacı olmaktadır. Bu yönünden geleneksel olarak kullanılan aydınlatma sistemlerine göre daha avantajlı durumdadır.

Yapılan tasarruflarla Kamu kaynaklarının daha etkin kullanılarak enerji maliyetlerinin azaltılıp Ülkemizin Enerji bağımsızlığına katkı sağlanmış olmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Onaygil S., "TEDAŞ Genel Müdürlüğü Meslek İçi Eğitim Semineri", TEDAŞ Yayınevi, Ankara, 55, 2005.
[2] Onaygil S., Aydınlatmada Enerji Verimliliği, LED'li yol aydınlatması uygulamaları, Güneydoğu Enerji Formu, Gaziantep, 2015.
[3] Kılıç A., Kentsel Dış Mekanlarda Led Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013
[4] M. Castro, A.J. Jara ve F.G. Skarmeta, Smart Lighting Solutions for Smart Cities, 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2013.
[5] J. F. De Paz, J. Bajo, S. Rodríguez, G. Villarrubia ve J.M. Corchado, Intelligent system for lighting control in smart cities, Information Sciences, 241-255, 2016.
[6] Eser O., Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013
[7] Çelik K., Enerji Verimliliği İçin Bir Merkezden Kontrollü Sokak Aydınlatma Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016
[8] Akbulut M., Gül Ö., Led'li Isık Kaynaklarının Karakteristiklerini Belirlemeye Yönelik Ölçmeler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul
[9] Pelsan-Lyon Yol ve Cadde Armatürü, Nisan 2018
[10] Pelsan-Rio, Nisan 2018
[11] https://www.havaturkiye.com/weather/maps/city, Nisan 2018

Rüzgar Santrallerinin Şebeke Bağlantı Kriterlerine Uygunluğunun İncelenmesi

Inspection of Grid Code Compliance of Wind Turbines

Muhammet Edip ERDOĞAN[1]
Ayetül GELEN[2]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, edip.erdogan@hotmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, ayetul.gelen@btu.edu.tr

Özetçe—Rüzgar türbinleri rüzgarın gücünü, kanatları vasıtasıyla dönme gücüne dönüştüren makinelerdir. Yıllar geçtikçe, elektrik güç sisteminde rüzgar gücü girişinin artması, rüzgar türbinlerinin durumunu basit enerji kaynağı durumundan, şebekeyi destekleme karakteristiğine sahip güç tesisi durumuna dönüştürmüştür. Son yıllarda; yüzlerce MW kapasiteye sahip büyük rüzgar santralleri, iletim sistemine doğrudan bağlanmaktadır. Böyle santraller için güç kalitesindeki odak noktası, güç sisteminin kararlılığı ve kontrolüdür. Bu nedenle, iletim sistemi operatörleri tarafından rüzgar türbinleri için özel şebeke bağlantı kriterleri (Grid Code) yayınlanmıştır. Bu çalışmada; şebeke kriterlerinde, rüzgar türbinlerinin arıza sonrası sisteme katkı yetenekleri (fault ride through capability-FRT) incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — rüzgar enerjisi, şebeke kodları, şebeke bağlantı kriterleri, ENTSO-E, benzetim.

***Abstract*—**Wind turbines are the machines which convert wind power into turning force using their blades**.** The increased wind power penetration in the electrical power system over the years implies that the status of wind turbines has to change from being simple energy sources to power plant status with grid support characteristics. In the last few years, the trend has moved from installations including few wind turbines connected to distribution system to large wind farms with capacity over hundreds of MW, connected directly to the transmission system. For such large wind farms the focus in the power quality is drawn toward large wind power integration problem, where power system control and stability issues are addressed. The transmission system operators (TSO) have therefore issued special grid codes for wind turbines. In this study, the wind turbines fault ride through capability in these grid codes is examined.

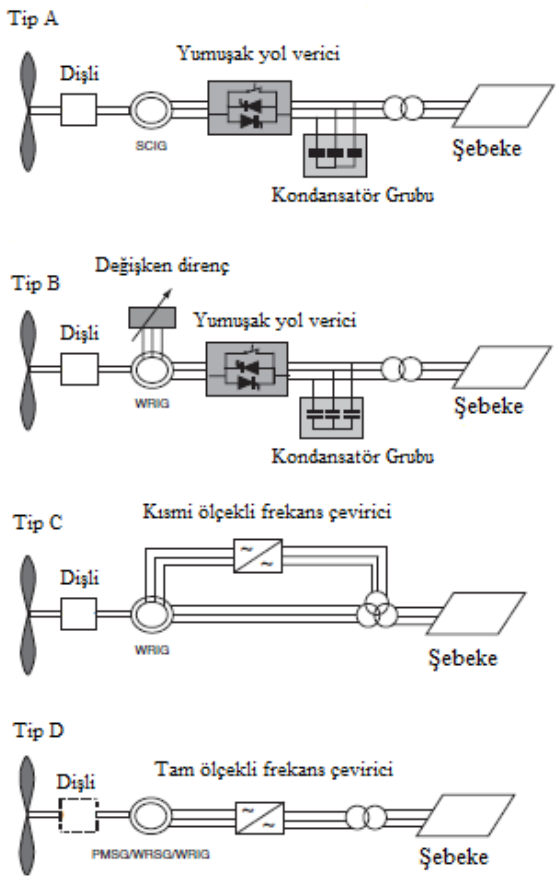
Keywords — Wind power, Grid code, Grid connection criteria, ENTSO-E, simulation.

I. GİRİŞ

1990'ların başlarında, kurulmuş standart rüzgar türbinleri sabit hızda çalışmaktaydı. Sabit hızlı rüzgar türbini, basit, sağlam, güvenilir, ekonomik ve kanıtlanmış olma avantajına sahiptir. Dezavantajları; kontrol edilebilir olmayan reaktif güç harcaması, mekanik zorlama ve sınırlı güç kalite kontrolüdür. Son yıllarda, değişken-hızlı rüzgar türbini, kurulmuş rüzgar türbinlerinde baskın tip haline gelmiştir. Değişken hızlı rüzgar türbinleri, geniş bir rüzgar hızı aralığında maksimum aerodinamik verimi sağlamak üzere tasarlanmaktadır. Değişken hızla çalışma ile rüzgar türbinin dönüş hızının (ω) rüzgar hızına (v) sürekli olarak uyarlanması (ivmelenme yada yavaşlama) mümkün hale gelmiştir. Bu şekilde, uç hız oranı (λ-tip speed ratio) maksimum güç katsayısına karşılık gelen ön tanımlı bir değerde tutulur [1-3].

Tüm rüzgar türbinleri birtakım güç kontrol tipleriyle tasarlanmaktadır. Türbin rotoru üzerindeki aerodinamik kuvvetleri kontrol etmek ve rüzgar türbininin hasar görmesini önlemek amacıyla çok yüksek rüzgarlarda gücü sınırlandırmak için farklı yöntemler vardır. En basit, en sağlam ve en ucuz kontrol metodu durdurma (stall) kontrolüdür (pasif kontrol). Burada kanatlar sabit bir açıda göbeğe cıvataların. Başka bir kontrol tipi, kanat açı/ eğim (pitch) kontrolüdür (aktif kontrol) . Bu kontrolde; güç çıkışı çok yüksek ya da çok düşük hale geldiğinde kanatlar rüzgara göre çevrilebilir. Üçüncü olası kontrol stratejisi aktif

durma (active stall) kontrolüdür. Adından da anlaşıldığı gibi, kanadın durdurulması kanatlara eğim verilerek aktif olarak kontrol edilir [3].



Şekil 1. Hız kontrolüne göre türbinlerin sınıflandırılması

Kriter olarak hız kontrolü baz alındığında, dört farklı baskın rüzgar türbini tipi vardır ve bu türbinler şekil 1'de gösterilmiştir [3].

Tip A konfigürasyonu, bir transformatör vasıtasıyla şebekeye sincap kafesli bir indüksiyon jeneratörüyle (SCIG) doğrudan bağlanan sabit hızlı bir rüzgar türbinini belirtmektedir. Tip B konfigürasyonu; OptiSlip olarak bilinen değişken jeneratör rotor dirençli sınırlı değişken hızlı rüzgar türbinine karşılık gelmektedir. Bu konfigürasyonda sargılı rotorlu bir indüksiyon jeneratörü (WRIG) kullanılmaktadır. Tip C konfigürasyonu çift beslemeli indüksiyon jeneratörü (DFIG-doubly fed induction generator) kavramı olarak bilinen konfigürasyondur. Sargılı rotorlu indüksiyon jeneratörlü (WRIG) ve rotor devresinde kısmi ölçekli frekans konvertörlü (anma jeneratör gücünün yaklaşık %30'unda beyan değerlere sahip) sınırlı değişken hızlı rüzgar türbinine karşılık gelmektedir. Tip D konfigürasyonu, jeneratörü tam ölçekli bir frekans konvertörü vasıtasıyla şebekeye bağlanan, tam değişken hızlı rüzgar türbinine karşılık gelmektedir. Frekans konvertörü reaktif güç kompanzasyonunu ve daha yumuşak şebeke bağlantısını gerçekleştirir. Jeneratör elektriksel olarak (sargılı rotorlu senkron jeneratör (WRSG yada WRIG) yada sabit bir mıknatıs (sabit mıknatıslı senkron jeneratör (PMSG)) ile uyarılabilir. Bazı tam değişken hızlı rüzgar türbin sistemleri dişli kutusuna sahip değildir. Bu durumlarda, büyük bir çapa sahip doğrudan-sürülen çok kutuplu bir jeneratör kullanılır [3].

II. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN GÜÇ KALİTESİ KARAKTERİSTİKLERİ

IEC 61400-21'e göre, bir rüzgar türbininin güç kalitesini karakterize etmek için aşağıdaki parametreler mevcuttur [4]:

- Anma veriler Pn, Qn, Sn, Un, In
- İzin verilen maksimum güç, Pmc (10 dakikalık ortalama),
- Ölçülen maksimum güç P60 (60-saniyelik ortalama) ve P0.2 (0.2-saniyelik ortalama),
- Reaktif güç (Q,) aktif gücün fonksiyonu olarak 10 dakikalık ortalama değerleri,
- Şebeke empedans faz açısının (ψk) ve yıllık ortalama rüzgar hızının (va) fonksiyonu olarak sürekli çalışma için kırpışma katsayısı c (ψk, va)
- 10 dakikalık bir periyotta için (N10) ve iki saatlik bir periyotta (N120) rüzgar türbininin anahtarlama işlemlerinin maksimum sayısı
- Şebeke empedansı faz açısının fonksiyonu olarak rüzgar türbininin belirtilen anahtarlama işlemleri için kırpışma adım faktörü kf (ψk) ve gerilim değişim faktörü ku (ψk)
- 50. harmoniğe kadar olan her bir harmonik için 10 dakikalık ortalama veri olarak verilen sürekli çalışma sırasında maksimum harmonik akımlar I_h [4].

III. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN ŞEBEKE KABİLİYETLERİ

Rüzgar enerjisinin güç sistemine entegrasyonunun yıllar geçtikçe gelişmesi, güç kalitesi konuları üzerindeki odak noktasını da etkilemiştir. Bu bakış açısından, güç kalitesi konuları aşağıdaki durumlara bölünebilir [2];

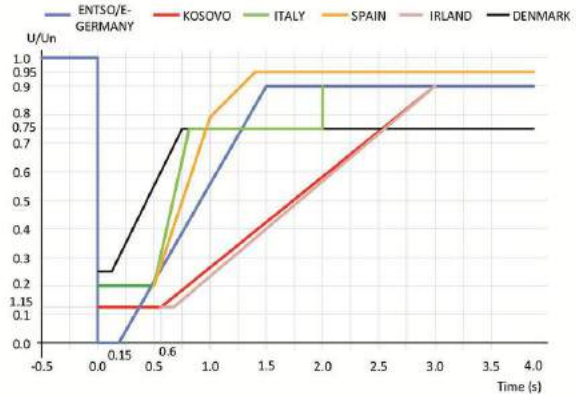
- Dağıtım sistemindeki gerilim kalitesine ilişkin yerel konular
- Güç sisteminin kararlılığı ve kontrolüne ilişkin küresel konular

Örnek olarak, 1980'lerde, tipik olarak sincap kafesli asenkron jeneratörlü sabit hızlı rüzgar türbinleri, (Tip A), alçak/orta gerilim şebekesine direk bağlıydı (yani dağıtım sistemine). O zamanlarda temel güç kalitesi endişesi, dağıtım şebekesindeki gerilimin kabul edilebilir bir aralıkta tutulmasıydı, yani yerel güç kalitesi konusuydu. Son yıllarda ise, eğilim, dağıtım sistemine bağlı birkaç rüzgar türbini içeren yapılardan, yüzlerce MW kapasitenin üzerinde iletim sistemine direk bağlı büyük rüzgar çiftliklerine kaymıştır. Böyle büyük rüzgar çiftlikleri için güç kalitesindeki odak noktası, güç sisteminin kararlılığının ve kontrolünün adreslendiği büyük rüzgar gücü entegrasyonuna yönelmiştir (yani küresel güç kalitesi konusu) [2].

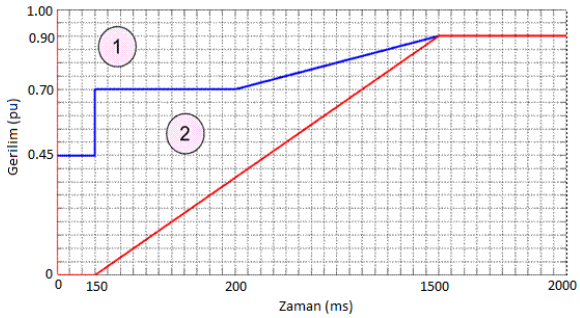
Bundan dolayı; iletim sistemi operatörleri rüzgar türbinleri için özel şebeke kodları (Grid Code) yayınladılar. Bu şebeke kodlarında, rüzgar türbinlerinin arıza sonrası sisteme katkı yeteneklerine dikkat çekilmektedir (fault ride through capability). Bu şebeke kodları, şebeke arızaları durumunda rüzgar türbinlerinin önemli üretim kayıplarından kaçınma fikrine ve şebeke problemleri esnasında rüzgar türbinlerinin şebekeye bağlı kalabilme yeteneklerine hitap etmektedir [5].

Rüzgar türbinlerinin yetenekleri, kullandıkları rüzgar türbin teknolojilerine bağlıdır. Tip A gibi ilk jenerasyon rüzgar türbinleri, oldukça küçük bozulmalarda bile şebekeden ayrılırdı. Bu tip türbinlerin; o zamanki kurulum esnasındaki geçerli şebeke kodları uyarınca arıza sonrası sisteme katkı yetenekleri yoktu. Fakat güç sistemindeki artan rüzgar gücü girişleriyle birlikte, rüzgar türbinlerinin şebekeden böyle ayrılmaları kritik şebeke durumunu daha da kötüleştirebilir. Güç üretiminin aniden büyük düşüşü güç sistemini kararsız yapabilir. Rüzgar türbinlerinin/çiftliklerinin içinde güç elektroniğinin varlığı, rüzgar çiftliklerine şebeke gereksinimlerini yerine getirmek için genişletilmiş "şebeke dostu" kontrol yeteneği sunar. Şebekeye direk bağlı asenkron jeneratörlerde (Tip A ve tip B), eğer kanatlar hızlı hareket ettirilebiliyorsa bozulmalar azaltılabilir. Tip C ve tip D, eğer güç konvertörleri ile donatılmışlar ise, şebeke arızası ve sonrasında, şebekeye bağlı kalabilmektedirler [2].

ENTSO-E kapsamındaki ülkelerdeki FRT (arıza sonrası sisteme katkı) gereksinimlerini belirten grafik şekil 2'de sunulmuştur. Örneğin, İtalya şebeke koduna göre, şebeke gerilimi %20 seviyelerine kadar düştüğünde, rüzgar türbinleri en az 0.5 s boyunca şebekeye bağlı kalmalıdır. Almanya şebeke koduna göre ise şebeke gerilimi 0 V'a düşse bile rüzgar türbinleri grafikte belirtilen süre boyunca şebekeye bağlı kalmalıdır.



Şekil 2. Farklı ülkelerdeki FRT gereksinimleri [6]

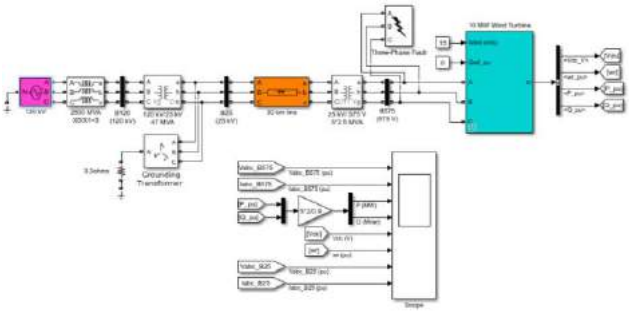


Şekil 3. İletim veya dağıtım sistemi bağlantı noktasındaki şebeke faz-faz gerilimi [7]

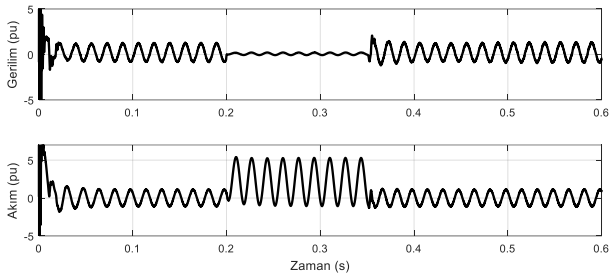
Türkiye'de rüzgar enerjisine dayalı üretim tesislerinin şebeke bağlantı kriterleri Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği EK-18'de belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre, iletim veya dağıtım sistemi bağlantı noktasındaki şebeke faz-faz geriliminin Şekil 3'te verilen 1 numaralı ve 2 numaralı bölgelerde kaldığı süre boyunca, herhangi bir fazda veya tüm fazlarda oluşan gerilim düşümlerinde rüzgar türbinleri şebekeye bağlı kalmalıdır [7].

IV. BENZETİM ÇALIŞMALARI

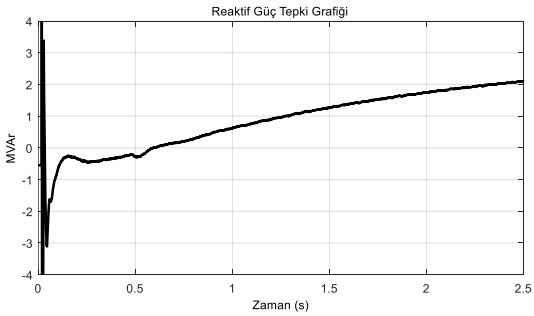
Matlab ortamında oluşturulan model şekil 4'te gösterilmiştir. 30 km uzunluğunda pi eşdeğer devre olarak modellenmiş iletim hattı AC kaynak ve rüzgar türbinini birbirine bağlamaktadır. 10 MW'lık rüzgar çiftliği modelinde, 3 faz-toprak kısa devre hatası oluşturularak FRT özelliği incelenmiştir.



Şekil 4. Benzetim modeli



Şekil 5. FRT özelliğinin incelenmesi



Şekil 6. Reaktif güç tepkisi

Modelin arıza sonrası sisteme katkı (FRT) özelliğini inceleyen grafik şekil 5'te gösterilmiştir. 0.2 s - 0.35 s süreleri arasında arıza oluşmuş ve bara gerilimi 0 V' a yakın seyretmiştir. Arıza bitiminden hemen sonra rüzgar çiftliğinin üretime devam ettiği gözlemlenmiştir.

Modelin reaktif güç sağlama özelliğini gösteren grafik şekil 6'da gösterilmiştir. Rüzgar çiftliğine 2 MVAr ayar değeri gönderilmiş ve türbinlerin buna karşı reaktif güç sağlama tepkisi gösterilmiştir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında; rüzgar türbinlerindeki son yıllardaki gelişmeler incelenmiş ve özellikle şebekeye uyumlulukları için getirilen kriterlere dikkat çekilmiştir. Ayrıca; Türkiye'de yönetmeliklerin bu kriterlere tepkisi araştırılmıştır. Matlab/Simulink ortamında bu kriterlerin bazıları modellenmiştir. Özellikle herhangi bir kompanzatör kullanmaksızın rüzgar türbinlerinin reaktif güç desteği sağlamaları önemli bir sonuç teşkil etmektedir.

KAYNAKÇA

[1] Xin, X. and Hui, L., "Research on multiple boost converter based on MW-level wind energy conversion system", Proceedings of the Eighth International Conference on Electrical Machines and Systems, Nanjing, China, 1046-1049, 27-29 Sept. 2005.

[2] www.windpower.org.

[3] Ackermann T., Güç Sistemlerinde Rüzgar, EMO Yayınları, Ankara, ISBN No: 9789944897402, 2009.

[4] International standard, IEC 61400-21, Wind turbine generator systems.

[5] www.teias.gov.tr.

[6] Gashi, A., Kabashi, G., kabashi, S., Ahmetaj, S., Valon, V., Simulation the Wind Grid Code Requirements for Wind Farms Connection in Kosovo Transmission Grid, Energy and Power Engineering, 4, 482-495, 2012.

[7] Elektrik Şebeke Yönetmeliği, 28517 sayılı Resmi Gazete, 2013.

Yenilenebilir Enerji Maliyetlerinin Toplum ve Çevre Sağlığı Üzerine Etkisi

Renewable Energy Cost and It's Community and Environmental Health

Rojan Gümüş[1]
Bilal Gümüş[2]
Heybet Kılıç[3]

[1]Tıbbi Hizmetler Bölümü, Atatürk Sağlık Hizmetleri MYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, gumusrojan@gmail.com
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr
[3]Elektrik-Enerji Bölümü, DTBMYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, heybet.kilic@dicle.edu.tr

Özetçe— Dünya genelinde, enerji piyasalarında fosil ve nükleer yakıt fiyatları çoğunlukla yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji fiyatlarından düşüktür. Bununla beraber, bu piyasa fiyatları kirlilik ve onun sonucunda sağlık ve çevrede oluşan zararların maliyetinden oluşan toplumsal maliyetleri ihmal ettiği için gerçek maliyet değildir. Bu maliyetler dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri fosil ve nükleer yakıtların maliyetlerinden küçük olmaktadır. Bunun yanında hızla azalan yenilenebilir enerji üretim maliyetleri de yenilenebilir enerji kaynaklarını daha rekabetçi hale getirmektedir. Enerji maliyetleri hesaplanırken, teknolojinin finansal maliyetleri, çevresel ve sağlık maliyetleri, sistem entegrasyon maliyetleri, güvenlik ve arz, yenilenebilir enerji kaynaklarının yerel faydaları ve klasik enerji kaynaklarının sübvansiyonu da göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel ve sağlık üzerindeki faydalarını ortaya koymaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile geleneksel enerji kaynaklarının gerçek maliyetleri ele alınarak çevre ve sağlık da dahil olmak üzere maliyet bileşenleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Enerji Fiyatları; Toplum ve Çevre Etkisi; Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

Abstract— In energy markets across the world, market prices for fossil and nuclear fuels are often lower than the prices of energy generated from renewable sources, such as solar, wind, and biofuels. However, These market prices, don't take into account the "true costs" of the energy being sold, because they ignore the external costs to society caused by pollution and its resulting burdens, including damages to public health and the environment. Accounting these costs, renewable energy costs are lower than fossil and nuclear fuels. On the other hand, drop in renewable energy costs lead to more competitive these sources. Calculating of energy costs must be consider financial cost of technology, environmental and health's costs, cost of system integration, security and supply, local benefits of renewable energy sources and subsidies for conventional energy. The aim of this study is to introduce the benefits of renewable energy sources on community and environmental health. Also, real costs of renewable energy sources and conventional energy sources are discussed in terms of environment and health costs benefits.

Keywords — Energy Cost; Community and Environmental Effect; Renewable Energy Sources.

I. GİRİŞ

Gelişen dünyada insanlar her gün daha fazla enerjiye ihtiyaç duymakta ve kullanılan enerjinin artışı insan sağlığını tehdit etmektedir. Günümüzde bu ihtiyacı karşılamak için çoğunlukla fosil yakıtlardan elde dilen, yenilenmeyen enerji kullanılmaktadır. Hava, su ve çevreyi çok hızlı ve yoğun biçimde kirleten fosil yakıtlardan insanoğlu ne kadar erken vazgeçerse gelecek nesillere daha yaşanılabilir bir dünya bırakılabilir. En azından gelecek nesillerin de en az bizimki kadar temiz ve doğal bir çevrede yaşayabilmeleri için doğal ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmemiz gerekmektedir.

Yeryüzünde artan nüfusun da getirdiği yoğun tüketim ile mevcut enerji kaynaklarının belirli bir süre sonra tüm insanlığa yetmeyeceği açık bir gerçektir. Devamlı olarak çevreye zararlı mevcut enerji kaynaklarının kullanımına devam edilmesi dünyanın dengesini bozarak sıcaklık artışları, mevsimsel farklılıklar, su seviyelerinin yükselmeleri gibi sadece ülkemizi değil tüm dünyayı ilgilendiren büyük

problemlerin ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulum maliyetlerin yüksekliği açısından dezavantajlı görünse de, özellikle son yıllarda güneş ve rüzgar enerjisi sistemlerinin fiyatlarında yaşanan düşümler de göz önüne alındığında uzun vadede hem finansal hem de insan sağlığına katkıları açısından çok daha avantajlıdır. Bu çalışmada fosil yakıtların insan ve toplum sağlığı üzerindeki zararlarına değinilerek, yenilenebilir enerji kaynaklarının sağlıklı bir yaşam için gerekliliği anlatılacaktır.

II. GENEL BİLGİLER

A. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*

Yenilenebilir enerji, adından da anlaşılabileceği üzere kullandığımızda bitmeyen, doğada her daim var olabilen, üretildiği sürece devamlılığı olan enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, dalga enerjisi, gelgit enerjisi olarak sıralanabilmektedir. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamı kaynağını doğadan almakta ve üretildiği sürece de bitmeyecek enerjilerdir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. [1]

Yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları çok fazladır. Yenilenebilir enerji, fosil kaynaklar olan doğalgaz, kömür, petrol ve nükleer enerji gibi limitli değildir, bir kez kullanıldıktan sonra doğal yollarla eski haline dönüşerek, tekrardan yararlanılabilir hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji temiz bir enerji türü olmakla birlikte, bedelsiz bir yakıt olarak düşünülebilir. İmalat ve kurulum aşamalarında makul seviyelerde tahribatlara yol açıyor olsa da enerji üretim safhasında genel olarak çevreye duyarlı, kirliliğe sebep olmayan bir yapı sergiler. Sera etkisinin azaltılmasına yönelik mücadelede emisyonların azaltılabilmesi açısından büyük önem taşır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük dezavantajlarından biri maliyeti ve büyük miktarlardaki talebi karşılamak için gerekli altyapı yatırımlarının pahalı olmasıdır. Ancak son yıllarda maliyetlerdeki düşüşler bu kaynakların geleneksel enerji üretim metotlarıyla daha rekabetçi olmalarını sağlamıştır. Bu kaynakların kullanımında görülen bir dezavantaj ise alanında uzmanlaşmanın yeterli seviyelerde olmamasıdır. Ayrıca, teknik yenilikler çerçevesinde yapılabilirlik, dayanıklılık gibi konularda potansiyel sorunlar mevcuttur.

B. *Fosil Yakıtların Zararları*

Mineral yakıtlar olarak da bilinen fosil yakıtlar kömür, doğalgaz ve petrol gibi doğal olan enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynaklarının tamamı hidrokarbon içerir. Fosil yakıtların endüstriyel alanda çok geniş bir kullanım alanı bulunur. Fosil kaynakların özelliklerinden bir tanesi de yenilenebilir kaynaklardan olmamasıdır. Fosil yakıtlar için farklı bir tanım yapmak gerekirse, birikmiş güneş enerjisinin depolanmış şeklidir diyebiliriz. Oluşumları milyonlarca yıl süren fosil yakıtlar hayvan ve bitkilerin kalıntıları ile oluşurlar. Isınmak için kullanılan yakıtların çok büyük bir kısmı fosil yakıtlardan oluşur. Dünya çapında oldukça büyük önem taşıyan fosil yakıtların çevreye ve insanlara verdiği bazı zararlar vardır. Fosil yakıtların zararları aşağıda sıralanmıştır:

- Fosil yakıtlar havadaki oksijen miktarını düşürerek, canlıların yaşamını tehlikeye sokar. Canlıların yaşamına sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için oksijen vazgeçilmezler arasında yer alır. Ancak fosil yakıtlar havadaki karbondioksit miktarını artırdığı için oksijen miktarı düşer.
- Fosil yakıtlar havayı kirletir ve kirlenen hava belirli bir süre sonra asit yağmurlarına dönüşerek çevredeki bitki örtüsünün yok olmasına neden olur. Ayrıca bu asit yağmurları akarsular ve nehirlere de aktığı için buradaki canlılarda asit yağmurları ile beraber yok olur.
- Fosil yakıtlar ozon tabakasını deler. Fosil yakıtların belki de en büyük zararlarından bir tanesi olarak ozon tabakasını delmesi gösterilir. Çünkü ozon tabakasının delinmesi dünya üzerindeki tüm canlıların hayatını tehlikeye sokmaktadır. Delinen ozon tabakası aynı zamanda küresel ısınmaya ve bu da buzulların eriyerek dünyanın sular altında kalmasına neden olacaktır. Bunun sonucunda ise iklim değişiklikleri ortaya çıkar.
- Fosil yakıtlar suların kirlenmesine sebep olur. Fosil yakıtlı olan enerji santrallerinin ve farklı ısı tesislerinin soğutma suyuna ihtiyacı vardır. Isınan suyun yeniden kaynağa deşarj edilmesi sonucunda suların ısınıyor olması su kirliliğine örnektir.
- Fosil yakıtların toplum sağlığına çok büyük miktarda olumsuz etkisi vardır. Fosil yakıtların yanması ile birlikte yayılan gazlar ve fosil parçacıkları birçok kişide solunum yolu hastalıklarına neden olabilir. Bu durum başta kanser olmak üzere birçok hastalığa davetiye çıkarmaktadır. Sonuç olarak ise çok sayıda kişinin erken ölümüne sebep olmaktadır.
- Fosil yakıtların sınırlı miktarda olması ülkeler arasında savaş sebebi olmakta ve bu yüzden milyonlarca insan göç yollarında veya savaşta ölmektedir.

C. *Nükleer Enerji Üzerine Tartışmalar*

Nükleer enerji, nükleer enerji santrallerinde elektrik üretmek için, daha çok buhar türbininde kullanılan ısıyı açığa çıkaran nükleer reaksiyonların kullanımıdır. Nükleer enerji, en temel anlamda atomun parçalanmasıyla açığa çıkan enerjidir. Radyoaktif elementlerin reaksiyonları sırasında çok yüksek seviyede bir enerji açığa çıkmaktadır. Atom

bombasının bu tür bir enerji olduğunu hatırlarsak açığa çıkan enerjinin büyüklüğü daha iyi göz önüne alabiliriz.

Nükleer enerji kendine has faydaları olmakla birlikte dünyada en çok tartışılan enerji türlerinden biridir. Nükleer enerji karşıtları, nükleer enerjinin insanlara ve çevreye olan zararlarına dikkat çekmekte ve nükleer enerjinin toplumsal maliyetinin faydalarını meşrulaştırmadığını savunmaktadır. Nükleer enerji üretmek için yapılan uranyum madenciliği, işlemeciliği ve taşımacılığı, nükleer silahların yaygınlaşması ve sabotaj ihtimali ve radyoaktif atık sorununun bir çözüme kavuşmaması ve santrallerde kullanılan sıcak suyun denize boşaltılması gibi faktörler de nükleer enerji karşıtlarının üzerinde durduğu kıstaslardır. Saydığımız tüm olumsuz yönlerin en önemlisi kuşkusuz olası bir nükleer kaza ihtimalidir. Bazı eleştirmenler nükleer santraller konusunda ne kadar gelişme olursa olsun kazaların kaçınılmaz olduğunu düşünmektedir.

D. *Yenilenemeyen Enerji Kaynaklarının Toplum Sağlığı Üzerine Etkileri*

Havanın kirlenmesi ile birlikte toplum sağlığına doğrudan etki eden maddeler ortaya çıkar ve bu da pek çok hastalığa sebep olur. Göz tahrişi, solunum yolu hastalıkları, zehirlenme, ileri yıllarda kansere yol açma, anne karnında çocuk gelişimini etkileme, mutajenetik etkiler bu zararların sadece bir kısmıdır. Göz tahrişi hava kirliliğinin diğer formlarıyla birlikte özellikle artmış ozon yoğunluklarına bağlanmaktadır. Solunum yolu tahrişi ve hasarları, fosil yakıtların en sık görülen sağlık etkilerindendir. Artan hava kirliliğine bağlı olarak çocuk ve erişkinlerde solunum yolları rahatsızlıkları artar. Hayvan deneyleri kükürt veya azot oksitlerine maruz kalmanın bakteriyel enfeksiyonlara karşı solunum yolları direncini hasara uğratabildiğini göstermiştir. Solunum ve dolaşım durumunun (kondisyon) kötüleşmesi toplumun süregen (kronik) solunum yolları veya kalp-dolaşım sistemi hastalığı olan kesiminde ortaya çıkar. Karbon monoksite maruz kalma kan yoluyla dokulara oksijen taşınmasını etkileyerek kalp-dolaşım düzeni hastalarının hareketliliğini ve muhtemelen hayatta kalma sürelerini sınırlamaktadır. Nörofizyolojik etkiler de karbon monoksitle ilişkilendirilmektedir.

Psikolojik ve davranışlarla ilgili etkilenmeler ruh halimizi, işe karşı duruşumuzu ve dinlenme, spor ve eğlence davranışlarımızı etkiler. Ölçümü oldukça zor olan bu etkinin sonuçları büyük olasılıkla korku, gürültü, kirlilik ve görme keskinliğinin bozulmasıyla ilişkilidir. Deri tahrişi iş nedenli hidrokarbonlara maruz kalan insanlarda önemli bir sorundur. Akut zehirlenme çoklukla işe bağlı yüksek yoğunlukta hidrokarbon buharı ve iz minerallerle ilgili olarak ortaya çıkabilir.

Isınma (soba ve mangal zehirlenmesi), yıkanma (şofben zehirlenmesi) ve yemek pişirme (LPG zehirlenmeleri ve intihar amaçlı kullanım) vb gibi evsel amaçlarla kullanımları sırasında fosil yakıtlar kaynaklı karbon monoksit, metan zehirlenmeleri ve ani ortam oksijeni azalması nedeniyle ortaya çıkan zehirlenmeler de çok sık rastlanılan olaylardır. İş kazaları da en fazla fosil yakıt çıkarılan madenlerde meydana gelir. İş yerlerinde meydana gelen yangın ve patlamalar, solunum, cilt ve dolaşım rahatsızlıkları bu işyerlerinde en çok karşılaşılan hastalıklardır [2,3].

E. *Enerjinin Tüketiminin Toplumsal Maliyeti*

Enerji maliyetleri hesaplanırken enerjinin klasik anlamda maliyetini hesaplamanın ötesine geçmek gerekmektedir. Son yıllarda toplumsal ve sosyal maliyet olarak ortaya çıkan bu kavram, üretim veya tüketim maliyetleri hesaplanırken ele alınan sistemin gelecek kuşaklara ve topluma verdiği etkileri de içermektedir. İnsan eliyle doğaya verilen zarar nedeniyle yaşanan iklim değişikliği, asit yağmurlarının ormanlara verdiği zarar, nükleer kazaların meydana getirdiği sağlık sorunları sosyal maliyete verilecek örneklerdendir. Sosyal maliyetler ve özel maliyetlerin toplamı ise toplumsal maliyeti oluşturur. Bu nedenle enerji maliyetleri hesaplanırken özel maliyet yanında sosyal maliyetin de hesaplanarak toplumsal maliyetin bulunması gerekmektedir [4,5].

Çeşitli enerji üretim metotlarının maliyetlerini sadece yakıt, işletme, kurulum, amortisman gibi klasik maliyet kalemleri ile hesaplamanın ötesinde sosyal maliyetlerinde eklenerek hesaplanması gerekmektedir. Bu konuda Uluslararası Enerji Ajansının, Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın çeşitli raporları bulunmaktadır. Son yıllarda ele alınan bu bakış açıları ile hazırlanan raporlar ve hesaplanan maliyetler karşılaştırıldığında ucuz gibi görünen kömür, petrol, nükleer gibi klasik enerji üretim metotlarının sosyal maliyetleri hesaplandığında, pahalı gibi görünen yenilenebilir enerji kaynaklarından daha maliyetli oldukları görülmektedir [6,7].

Elektriğin derecelendirilmiş maliyeti kavramından elektriğin toplumsal maliyeti kavramına geçilirken, kaynak bazında maliyetler değişmektedir. Örneğin 2013 yılı rakamlarına göre rüzgar enerjisinden elektrik üretmenin derecelendirilmiş maliyeti 81 €/MWh iken, nükleer enerjiden elektrik üretmenin derecelendirilmiş maliyeti 79 €/MWh'tir. 2025 yılı maliyet tahminlerinde ise maliyet azalması, CO_2 fiyatları göz önüne alındığında nükleer enerji maliyeti değişmezken rüzgar enerjisinin maliyeti 55 €/MWh'e düşmektedir. Bu fiyatlara sistem maliyetleri eklendiğinde nükleer enerjinin fiyatı 128 €/MWh'e çıkarken rüzgar enerjisinin fiyatı ise 73 €/MWh'e çıkmaktadır. Elektrik üretiminin toplumsal maliyeti hesaplandığında ise, hesaplamaya istihdam etkisi, sosyal etki, jeopolitik riskler de dahil edildiğinde 2025 yılında nükleer enerjiden elektrik elde etmenin toplumsal maliyeti 94 €/MWh olurken rüzgar enerjisinden elektrik üretmenin toplumsal maliyeti 58 €/MWh olmaktadır. Toplumsal maliyetlerde istihdam etkisi fiyatları azaltma yönünde etkilerken, sosyal etki ve jeopolitik etki ise fiyatları artırma yönünde etkilemektedir [8]. Farklı üretim kaynaklarına bağlı olarak 2013 ve 2025 yıllarına ait elektriğin derecelendirilmiş maliyeti ile elektriğin toplumsal maliyet hesaplamaları Şekil 1'de özetlenmiştir.

EDM= Elektriğin derecelendirilmiş Maliyeti.
ETM= Elektriğin Toplumsal Maliyeti

Şekil 1. Çeşitli kaynaklara göre elektrik üretiminin derecelendirilmiş ve toplumsal maliyetlerinin değişimi (Maliyetler €/MWh cinsindendir)

III. SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplum sağlığına olumlu etkileri çok fazla olmakla birlikte öne çıkanlar aşağıda sıralanmıştır.

- Temiz olması
- Hava kirliliğini azaltması
- Su kirliliğini azaltması
- Atıklarının yok edilebili olması
- İç ve dış barışı desteklemesi
- Toplumsal ve ekonomik gelişmeyi desteklemesi
- İş alanlarının fazla olması
- Ekolojik olması
- Güvenlik maliyetlerinin az olması
- Toprak erozyonun azalması ve flora ve faunanın korunması,
- Yenilenebilir ve tükenmez olması
- Bugünkü ve gelecek kuşaklara saygılı olması
- Dışa bağımlılığı azaltmaları

İyi bir yaşam algısı kişiden kişiye, bölgeden bölgeye, ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, iyi bir yaşamın koşullarının temel gereksinimlerin herkes için adaletli ve ücretsiz karşılandığı ve çevreye duyarlı politikalarla belirlenmesi gerektiği açıktır. Çevre ve toplum sağlığını destekleyen enerji politikaları sayesinde gelecek nesillere daha yaşanılası bir dünya bırakmak mümkündür.

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlar gibi klasik enerji kaynaklarına yukarıda anlattığımız tüm sebeplerden ötürü iyi bir alternatiftir. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması, kişilerin, kurumların ve devletlerin titiz ve duyarlı çalışmaları sonucu ileriki yıllarda meyvelerini verecektir. Ekonomik olarak gelişmiş bir toplum, bireylerin de sağlıklı olmasına yol açar. Öte yandan ülkeler ekonomik olarak gelişirken toplum sağlığını tehlikeye atan bazı koşullar da ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları havaya, suya, çevreye ve doğaya en az zararı verirken ülkelerin dışa bağımlılığını azaltarak ekonomiye de doğrudan fayda sağlar. Enerjinin toplumsal maliyetleri hesaplandığında yenilenebilir enerji kaynaklarının en ucuz enerji kaynakları olduğu görülebilir. Ekonomisi iyi ülkeler vatandaşlarına daha fazla sağlık, eğitim, kültür ve rehabilitasyon imkanları sunabilirler. Gelecekte savaşları durdurmanın ve toplumların refah düzeyini yükseltmenin yolu doğru enerji politikalarından geçmektedir.

KAYNAKÇA

[1]YEGM, çevrimiçi, “Yenilenebilir Enerji Nedir ?”,erişim tarihi 03.02.2018, http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Yenilenebilir_Enerji_Nedir.aspx
[2] Umur Gürsoy, Enerjide Toplumsal Maliyet ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türk Tabibleri Birliği Yayınları, 2004 Ankara, çevrimiçi, https://www.ttb.org.tr/kutuphane/enerji.pdf)
[3] Z.D. Yakıncı, M. Kök, “Yenilenebilir Enerji ve Toplum Sağlığı”, İ.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, Cilt 5, Sayı 1, 2017
[4] O. Hohmeyer “The Social Cost of Energy Consumption”Rio 2002 World Climate & Energy Event, Proceeding Book, Jan 6-11, 2002, Rio de Janerio, Brasil.
[5] O. Hohmeyer , “The Social Cost of Energy Consumption”, Springer Verlag Berlin Heilderberg, 1988
[6] IEA Renewable Energy Technology Deployment, “Renewable Energy Cost and Benefits for Society” , IEA Copenhagen, Denmark, 2011, http://iea-retd.org/wp-content/uploads/2011/09/RECABs-final-report.pdf
[7] D.Burtraw, A. Krupncik, “True cost of Electric Power”REN21 Reports, 2012, http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/RFF-Rpt-BurtrawKrupnick.TrueCosts_Summary_web.pdf
[8] Siemens AG Wind Power and Renewable Division “Redefining the cost debate: The concept of society’s cost of electricity”, November, 2014, https://www.energy.siemens.com/us/pool/hq/power-generation/renewables/wind-power/pictures/offshore/2014_11_Slides_SCOE_engl.pdf.

Şebekeye Bağlı PV sistemlerde LCL Filtre Parametrelerin Dizaynı

Design of LCL Filter Parameters for microgrid coupled PV Systems

Bilal Gümüş1
Heybet Kılıç2
Cem Haydaroğlu3

1Tıbbi Hizmetler Bölümü, Atatürk Sağlık Hizmetleri MYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, gumusrojan@gmail.com
2Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, bilgumus@dicle.edu.tr
3Elektrik-Enerji Bölümü, DTBMYO, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, heybet.kilic@dicle.edu.tr

***Özetçe*—**Güç dönüştürücülerinin kullanımı rüzgar, güneş, hatta hidrojen bazlı yakıt hücresi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik şebekesine giden güç transferinin maksimize edilmesinde çok önemlidir. Bir LCL filtresi genellikle invertörün ürettiği harmonikleri filtrelemek için inverteri şebeke şebekesine bağlamak için kullanılır. LCL filtrelerini açıklayan çok miktarda literatür olsa da, sistematik bir tasarım metodolojisi sağlamada bir boşluk olmuştur. Dahası, LCL filtereli sistemler için durum-uzay matematiksel modelleme yaklaşımı bulunmamaktadır. Bu yazıda, şebekelere bağlı invertörler için LCL filtrenin bir tasarım metodolojisi ve harmoniklerin nasıl hafifletileceğine dair kapsamlı bir çalışma anlatılmaktadır. Bu belgede açıklanan prosedürler ve teknikler, küçük ölçekli yenilenebilir enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılabilir ve ayrıca orta ve büyük ölçekli şebekeye bağlı sistemler için yeniden donatılabilir.

Anahtar Kelimeler — VSC; LCL filtreleri; Güç sistemleri.

***Abstract*—**The use of power converters is crucial in maximizing power transfer from renewable energy sources such as wind, solar, and even hydrogen-based fuel cells to the power grid. An LCL filter is typically used to connect the inverters to the mains network to filter harmonics produced by the inverter. Although there is a great deal of literature describing LCL filters, a systematic design methodology has been lacking. Moreover, there is no state-space mathematical modeling approach for LCL filter systems. This article describes a design methodology of LCL filter for networked inverters and a comprehensive study of how harmonics can be mitigated. The procedures and techniques described in this document can be used in small scale renewable energy conversion systems and can also be refitted for medium and large scale networked systems.

Keywords — VSC, LCL filters, Power systems.

I. GİRİŞ

Enerji, son yıllarda hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Ancak enerjisin üretilmesinin yanında enerjinin iletim dağıtım ve üretiminde enerjisin kesintisiz ve kaliteli bir şekilde tüketicilere sunması gerekmektedir[1], [2]. Ancak güç üretim sistemlerindeki güneş ve rüzgâr enerji sistemlerinde kullanılan eviriciler, kesintisiz güç kaynakları ve motor sürücülerinde kullanılan nonlineer elmanlar iletim ve dağıtım sistemlerinde ciddi bir hormoniğe neden olurlar[3]. Bu hamonikler tüketiciye verilen enerjinin kalitesini olumsuz etkilerler. Bu hamoniklerden dolayı gerilim ve akım dalga şekillerinde bozulmalar olmaktadır. Bu bozulmalar, gerilim düşümünün artması, güç üretim ve iletiminde verimin düşmesi, kesintisiz güç kaynaklarında verimin düşmesi, koruma sistemlerinin hatalı çalışması, es ve görüntü cihazların paralel çalışması gibi bir sürü probleme neden olmaktadır[4].

Harmoniklerin bu kötü etkilerini azaltmak için bu üretilen hamoniklerin filtrelenmesi gerekmektedir. Günümüzde aktif ve pasif güç filtreleri tasarımları kullanılarak filtreleme olayı gerçekleşmektir. RLC elamanlarını çeşitli bağlantı şekilleriyle oluşan pasif

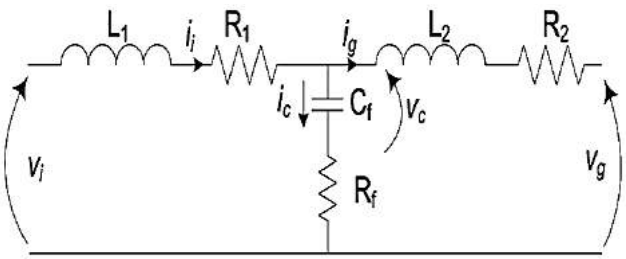
filtreler hala günümüzde ekonomik olmasında ötürü kullanılmaktadır. Pasif filtreler harmoniklere düşük empedanslı bir yol oluşturup filtre düzeneği üzerinden akmasını ve sistem üzerindeki etkisini azaltılması istenmektedir[4]Ancak pasif filtreler tasarlanırken uygun L ve C değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Eğer sistem tasarlanırken uygun L ve C değerleri seçilmez ise sisteme ek kayıplara neden olur. Buda sistem verimin düşmesine ve sistemdeki harmoniklerin bozucu etkisin artmasına neden olur[3]Ayrıca bağlandığı sistemle ile arasında bir rezonans etkisine neden olabilir. Uygun filtre değerlerin hesaplanması ve seçilmesi ile ilgili birçok akademik çalışma vardır[5]–[8]. Bu çalışmalar L, LC, LCL ve LLCL filtre türlerine göre farklılıklar göstermektedir.

Biz bu çalışmada kendi kullanacağımız sistem için seçmiş olduğumuz LCL fitresi için uygun parametreleri hesaplamak istedir. Biz çalışmamızda L ve C değerlerinin hesabı için en çok kullanılan iki yöntemi kullandık. Bu yöntemlerden biri durum uzay model formunu getirerek sistemin uygun L ve C Değerlerini hesaplamak. Diğer bir yöntem ise LCL filtrelerinin LCL rezonans frekanslarını Nyquist frekansının ötesinde tasarımı metodudur.

II. MATERYAL VE METOD

A. *Bir LCL Filtresinin Eşdeğer Modeli*

Şekil 1den de görüleceği üzere sistem basit bir eşdeğer hale getirilip çözümü yapılmaktadır. Burada L_1 inverter indüktansı, L_2 şebeke tarafı indüktansı, C_f kapasitör, R_f sönümleme direnci, R_1 ve R_2 indüktas dirençleri, V_i ve V_g inverter giriş gerilimi ve sistem çıkış gerilimini ifde etmektedir.



Şekil 7. LCL filtre eşdeğer modeli

Burada akımlar i_i, i_c ve i_g inverter çıkış akımı, kapasite akımı ve şebeke akımını ifade etmektedir. Burada LCL filtrenin durum uzay modeli Wye bağlı kapasitelerle tek faz modeli Şekil 1 de gösterilmiştir[9].

$$\frac{dV_c}{dt} = \frac{i_i - i_g}{c_f}$$

$$\frac{di_i}{dt} = \frac{1}{L_1}(V_i - V_c - R_f(i_i - i_g) - R_1 i_i$$

$$\frac{di_g}{dt} = \frac{1}{L_2}(V_c - V_g + R_f(i_i - i_g) - R_2 i_g$$

Burada sistemi matris formunda ifade edersek

$$\begin{bmatrix} \frac{di_i}{dt} \\ \frac{di_g}{dt} \\ \frac{dV_c}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_1 + R_f}{L_1} & \frac{R_f}{L_1} & -\frac{1}{L_1} \\ \frac{R_f}{L_2} & -\frac{R_2 + R_f}{L_2} & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_f} & -\frac{1}{C_f} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_i \\ i_g \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_2} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i \\ V_g \end{bmatrix}$$

LCL filtresi tasarlanırken birkaç özellik göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar akımdaki dalgalanma, filtre boyutu ve anahtardaki dalgalanma zayıflaması gididir. Reaktif güç gereksinimleri, şebekeyle etkileşime giren kondansatörün rezonansına neden olabilir. Bu nedenle, kapasitör ile seri olarak bir direnç dâhil edilerek pasif veya aktif sönümleme eklenmelidir. Bu çalışmada pasif sönümleme çözümü benimsenmiş, ancak aktif çözümler de uygulanabilir[9].

Bir filtre tasarlanırken; aktif gücün, inverter giriş dc voltajın, şebeke geriliminin RMS değerinin, sistem frekansının, anahtarlama frekansının ve rezonans frekansının bilinmesi gerekmektedir.

$$Z_b = \frac{E_n^2}{P_n}$$

$$C_b = \frac{1}{w_g Z_b}$$

Filtre kapasitansının tasarımı için, şebekenin azami güç faktörü varyasyonu %5 olup, sistemin temel empedansının aşağıdaki gibi ayarlandığını gösterir: Burada C_f=0.05xCb'dir. Filtrenin endüktif reaktansının dengelenmesi gerektiğinde % 5'ten daha yüksek bir tasarım faktörü kullanılabilir. DC / AC invertör çıkışındaki maksimum akım dalgası;

$$\Delta I_{Lmax} = \frac{V_{dc}}{6 f_{sw} L_1}$$

Akımda %10'a kadar dalgalanmaya tasarımda izin verilir.

$$\Delta I_{Lmax} = 0.1\, I_{max}$$

$$I_{max} = \frac{p_n \sqrt{2}}{3 V_{ph}}$$

$$L_1 = \frac{V_{dc}}{6 f_{sw} \Delta I_{Lmax}}$$

LCL filtresi beklenen akım dalga boyunu% 20'ye düşürmeli, bu da çıkış akımının% 2'sinde bir dalgalanma değeri ile sonuçlanmalıdır. Dalgalanma azaltımını hesaplamak için, LCL filtre eşdeğer devresi, ilk olarak Şekil l' e uygun olarak, her harmonik frekans için bir akım kaynağı olarak inverter dikkate alınarak analiz edilir[9].

$$L_2 = \frac{\sqrt{\frac{1}{k_a^2} + 1}}{C_f w_{sw}^2}$$

Rezonanstan kaçınmak için, kapasitör ile seri olarak bir direnç, dalgalanma kısmının dalgalanma frekansı üzerindeki zayıflatılmasını sağlar. Bu rezistörün değeri, rezonans frekansındaki filtre kondansatörünün empedansının üçte biri olmalıdır ve filtre kapasitansı ile serideki direnç tarafından verilir[9].

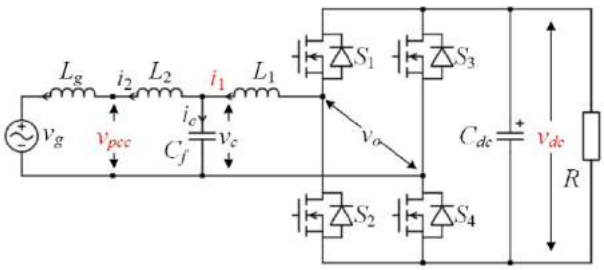
$$w_{res} = \sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 C_f}}$$

$$10\, f_g < f_{res} < 0.5 f_{sw}$$

$$R_f = \frac{1}{3 w_{res} C_f}$$

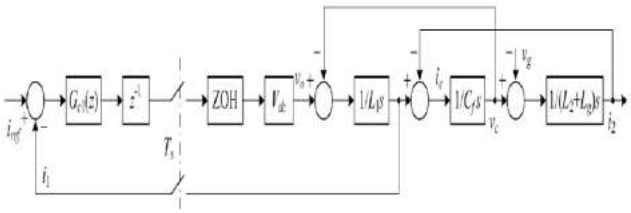
B. LCL Filtrelerinin LCL Rezonans Frekanslarını Nyquist Frekansının Ötesinde Tasarımı Metodu

Tang ve arkadaşları yaptığı çalışmada tam köpri doğrultucu için geliştirdikleri bir LCL Filtresi için L ve C parametreleri hesaplama türü geliştirdiler. Şebekeye bağlı tam köprü konvertörünün tipik devre şeması, AC / DC doğrultucu uygulamaları için kullanıldığı Şekil 2'de gösterilmiştir. LCL filtresinin rezonans frekansının Nyquist frekansından daha yüksek olması, yani, sistem örnekleme sıklığının yarısı olarak ayarlanması mümkündür[10].



Şekil 8. Bir LCL filtresi ile şebekeye bağlı bir tam köprü dönüştürücüsünün devre şeması

Bu durumda, dominant anahtarlama harmonikleri çift anahtarlama frekansında, örneğin tek kutuplu modülasyonlu üç seviyeli tam köprü konvertörlerinde görülebilen, şebekeye bağlı konvertörler için çok uygun maliyetli bir LCL filtre tasarımı elde edilebilir. Dönüştürücü akımının i1 yönü ve şebeke akımı i2, açıklama kolaylığı için inverter göre etiketlenir. Bunu yapmanın modelleme ve kararlılık analizini etkilemeyeceği unutulmamalıdır. Pasif bileşenlerin eşdeğer seri dirençlerini (ESR'ler) ihmal ederek, sistem eşdeğer blok diyagramı Şekil 3'de gösterilmektedir. Bu eşdeğer modele dayanarak, dönüştürücü akımının i1 dönüştürücü kutup voltajı ile ilgili olacağı kolayca elde edilebilir. vo ve şebeke voltajı vg, s-alanında aşağıdaki transfer fonksiyonu ile[10]:



Şekil 9. Dijital dönüştürücü akım kontrolü ile tam köprü konvektörünün eşdeğer blok diyagramı.

$$i_1(s) = \frac{(L_1 + L_g) C_f s^2 + 1}{L_1 (L_2 + L_g) C_f s^3 + (L_1 + L_2 + L_g) s} V_0(s) - \frac{1}{L_1 (L_2 + L_g) C_f s^3 + (L_1 + L_2 + L_g) s} V_g(s)$$

L1 ve L2, sırasıyla dönüştürücü tarafı endüktansı ve şebeke tarafı endüktansıdır. Lg şebeke endüktansıdır ve Cf filtre kapasitansıdır.

$$Gi_1(s) = \frac{i_1(s)}{V_0(s)} = \frac{1}{L_1 s} x \frac{s^2 + \gamma^2}{s^2 + w_{res}^2}$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{(L_2 + L_g) C_f}}, \; w_{res} = \sqrt{\frac{L_1 + L_2 + L_g}{L_1 (L_2 + L_g) C_f}}$$

LCL filtrenin rezonans frekansıdır. Mevcut kontrol normal olarak bir dijital sinyal işlemci tabanlı kontrol platformunda uygulandığından, stabilite analizi için kullanılmadan önce santral transfer fonksiyonu ayrılmalıdır. Buda zero order hold yöntemi (ZOH) eşdeğeri Gi1 (s) bulunarak yapılabilir.

$$Gi_1(z) = \frac{T_S}{L_t (z - 1)} + \frac{(L_t - L_1) \sin(w_{res} T_S)}{L_1 L_t w_{res}} x \frac{z - 1}{z^2 - 2z \cos(w_{res} T_S) + 1}$$

Burada Lt = L1 + L2 + Lg, L1, L2 ve Lg tarafından oluşturulan toplam indüktanstır. Ts, normalde simetrik

örnekleme tekniği benimsenirse, anahtarlama frekansının (fs) tersi olarak seçilen sistem örnekleme periyodudur[10].

Sistem anahtarlama frekansı fsw basitçe örnekleme frekansına (fs) eşittir. Bu durumda, LCR rezonans frekansının Nyquist frekansının üzerinde olması, geleneksel yarım köprü tabanlı topolojiler veya bipolar modülasyonlu tam köprü konvertörleri için akıllıca bir seçim değildir, çünkü rezonans frekansı anahtarlama frekansına çok yakındır. Anahtarlama harmonik zayıflama oldukça sınırlı olacaktır. Bu nedenle, bu tür sistemlerde LCL rezonans frekansı, yeterli harmonik zayıflama elde etmek için tipik olarak anahtarlama frekansının yarısından daha düşük veya daha da düşük olacak şekilde tasarlanır[10].

Şebeke endüktansı Lg sıfırdır. Önerilen LCL filtre tasarım yöntemi daha sonra dönüştürücü tarafı filtre indüktör tasarımı ile başlayabilir. Unipolar modülasyonlu tam köprü konvertörleri için, L1'de aşağıdak gibi hesaplanır:

$$L_1 = \frac{V_{dc}}{8} x \frac{V_g}{0.4x\sqrt{2}P_n}$$

Şebeke tarafı indüktörü L2, indüktans kullanımını maksimize etmek için L1 ile aynı olacak şekilde seçilir, çünkü en düşük rezonans frekansı böyle bir tasarımla elde edilebilir.

$$C_f = \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 w_{res}^2}$$

Filtre kapasitesi Cf, LCL rezonans frekansı 1/2 fs ila 5/6 fs aralığında olacak şekilde tasarlanmalıdır. Daha fazla stabilite marjı elde etmek ve yüksek akımda endüktans azaltma için hesaplamak için, orta nokta rezonans frekansı 2/3 fs olmalıdır[10].

Şebeke endüktansı, zayıf bir güç sisteminde belirsiz olabilir ve bu, güç dönüştürücü için değişen LCL rezonans frekanslarına yol açabilir. En düşük LCL rezonans frekansına göre fres_min ve maksimum LCL rezonans frekansı fres_max sırasıyla;

$$f_{res_min} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{L_1 C_f}}$$

$$f_{res_max} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 C_f}}$$

L1'in çekirdek kaybını sınırlandırarak hala belirlenebilir. Bu durumda, Cf ve L2 yeniden hesaplanabilir[10].

$$C_f = \frac{1}{L_1 (2\pi f_{res_min})^2}$$

$$L_2 = \frac{L_1}{L_1 C_f (2\pi f_{res_max})^2 - 1}$$

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada biz her iki yöntem için 5 MW'lık ve 10 MW'lık on-grid güneş enerji siteleri için inverter çıkışına bağlanacak LCL filtre değerlerini hesapladık. Bunun için tablo 1'deki giriş değerlerini kullandık.

[13]

fg	Şebeke Frekansı	60 Hz
f_{sw}	Anahtarlama Frekansı	3245 Hz
V_{dc}	İnverter Giriş Gerilimi	1200 V
V_g	Şebeke Gerilimi	220 V
P_n	Sistem Gücü	5 MW-10 MW

Tablo 8. Tasarlanacak sistemin parametreleri

Bu sistem giriş değerleri için her iki LCL filtre tasarım yöntemi kullanılarak L ve C değerleri hesaplanmıştır. Bu iki farklı güneş enerji santrali için L ve C değerleri tablo 2'de verilmiştir.

[14]

	State Space Model		Nyquist frekansının Ötesinde Seçimi	
	10MW'lık Güneş Enerji Santrali	5MW'lık Güneş Enerji Santrali	10MW'lık Güneş Enerji Santrali	5MW'lık Güneş Enerji Santrali
L_1	1,38 mH	3,16 mH	1,79 mikro H	3,6 mikro H
L_2	0,03 mH	0,058 mH	1,79 mikro H	3,6 mikro H
C_f	9,13 mikro F	4,57 mikro F	6 mF	3 mF
R_f	0,6 ohm	1,1 ohm		

Tablo 9. LCL FİLTRE DEĞERLERİ

IV. SONUÇ

Bu makale, şebekeye bağlı inverter sistemleri için sistematik bir LCL filtre tasarımı için iki farklı yöntem önermektedir. LCL filtresi, anahtarlama frekansı dalgalanmasını azaltır ve şebeke ızgarasına akım benzeri bir performansla bağlantı kurulmasına yardımcı olur. Bu

çalışmada LCL filtresi için iki farklı yöntem kapsamlı bir şekilde açıklanmaya çalışılmıştır.

Tasarım yaklaşımları, fotovoltaik sistemler, yakıt hücreleri ve rüzgar türbini sistemleri (doğrultucularla) gibi küçük ve orta ölçekli dağıtılmış dc güç kaynaklarında kullanılan ön uç invertörlerle de uygulanabilir ve mevcut orta ve büyük güç sistemlerini de güçlendirebilir.

Önerilen tasarımın her iki yöntem için L ve C değerlerinin birbirinden farklı değerler bulunduğu görülmektedir. Bu sistemin belirlenen bir aralık içinde LCL filtre tasarımı Matlapda sistemin modeli kurularak aynı sistem için toplam harmonik bozulmalarına (THD) bakılarak karşılaştırılması yapılması düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

[1] K. Tunçalp and M. Sucu, "Elektrik Enerji Sistemlerinde Olu ş an Harmoniklerin Filtrelenmesinde Pasif Filtre ve Filtreli Kompanzasyonun Kullan ı m ı ve Simülasyon Örnekleri The Usage of Passive Filter and Filtered Compansation For Filtering Harmonics Occured in Electric Energy Systems and Simulation Samples," no. 1, pp. 263–269, 2006.

[2] M. M. Ertay, B. Alboyaci, H. T. Duru, E. M. Yeğğn, D. Üniversitesi, T. E. Fakültesi, E. E. Bölümü, K. Üniversitesi, M. Fakültesi, and E. M. Bölümü, "PASİF FİLTRELERLE YOK EDİLMESİ," pp. 58–63.

[3] S. R. Üstemlİ, M. S. C. Engİz, and F. D. İnçer, "Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Aktif Filtre Kullanılarak Yok Edilmesi ve Simülasyonu Harmonics Elimination and Simulation Using of Active Filters at Power Plants," vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2013.

[4] M. Karabacak, F. Kiliç, B. Saraçoğlu, A. F. Boz, and A. Ferİkoğlu, "Şebeke Bağlantılı Eviriciler için LLCL Filtre Tasarımı ; Detaylı B ir Performans Analizi LLCL Filter Design for Grid Connected Inverters ; a Detailed Performance Analysis," vol. 19, no. 3, pp. 251–260, 2016.

[5] G. Majic, M. Despalatovic, and K. Verunica, "Influence of dead time on voltage harmonic spectrum of grid-connected PWM-VSC with LCL filter," *Proc. - 2016 10th Int. Conf. Compat. Power Electron. Power Eng. CPE-POWERENG 2016*, pp. 228–233, 2016.

[6] D. Wu, Y. Chen, S. Hong, X. Zhao, J. Luo, and Z. Gu, "Mathematical model analysis and LCL filter design of VSC," *Power Electron. Motion Control Conf. (IPEMC), 2012 7th Int.*, vol. 4, no. 1, pp. 2799–2804, 2012.

[7] M. Ben Said-Romdhane, M. W. Naouar, I. S. Belkhodja, and E. Monmasson, "An improved LCL filter design in order to ensure stability without damping and despite large grid impedance variations," *Energies*, vol. 10, no. 3, 2017.

[8] M. Ben Saïd-Romdhane, M. W. Naouar, I. S. Belkhodja, and E. Monmasson, "Simple and systematic LCL filter design for three-phase grid-connected power converters," *Math. Comput. Simul.*, vol. 130, pp. 181–193, 2016.

[9] A. Reznik, M. G. Simoes, A. Al-Durra, and S. M. Muyeen, "LCL filter design and performance analysis for grid-interconnected systems," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 50, no. 2, pp. 1225–1232, 2014.

[10] Y. Tang, W. Yao, P. C. Loh, and F. Blaabjerg, "Design of <italic>LCL</italic> Filters With <italic>LCL</italic> Resonance Frequencies Beyond the Nyquist Frequency for Grid-Connected Converters," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 4, no. 1, pp. 3–14, 2016.

Arazi Şartlarına Uygun Fotovoltaik Kaynaklı Mikrodenetleyici Kontrollü Sensör Ağır Güç Ünitesi Tasarımı

Microcontroller-based Photovoltaic Control Unit For Sensor Networks In Rural Area

İlteriş Kutluk Yıldırım[1], *Uğur Baysal*[1]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, ilteris.yildirim@hacettepe.edu.tr, ubaysal@hacettepe.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada, arazi üzerinde kurulan bir boru hattında kullanılacak olan sensör ağ sistemi için güneş enerjisi ile beslenen, zor arazi ve hava koşulları altında sistemin devamlılığını sağlayacak olan bir güç ünitesi tasarımı yapılmıştır. Kontrol ünitesi tasarımında MPPT yöntemi kullanılmış ve sistemin yüksek verimle çalışmasını sağlayacak olan değiştir&gözle algoritması kullanılmıştır. Güneş panelini, kontrol ünitesini ve bataryayı korumak için yazılımsal ve donanımsal önlemler alınmıştır. Yapılan testler sonucunda sistem veriminin %97.8'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Fotovoltaik, Kablosuz sensör ağları MPPT, P&O metodu, Kontrol ünitesi

Abstract— In this study, a photovoltaic power unit is designed for the sensor network system which ensures the continuity of the system under difficult terrain and weather conditions to be used in a pipeline installed on the rural field. The MPPT method is used for design of the control unit. The perturbation & observation algorithm is used to ensure that the system works with high efficiency. Solar panel, battery and load are protected by developing software and hardware design. As a result of the tests made, it has been observed that the system efficiency has increased up to 97.8%.

Keywords — Photovoltaic, Wireless Sensor Networks MPPT, P&O method, Control unit

I. GİRİŞ

Sensör ağları; sıcaklık, basınç, nem, akım, gerilim, nesne hareketleri gibi pek çok fiziksel parametre ölçümü yaparak bir sistemi veya çevreyi gözlemleyen, topladığı verileri kablosuz iletim aracılığı ile uzaktaki alıcıya aktaran sensör düğümlerinden oluşan bir yapıdır [1]. Sensör düğümleri ortak yol, ağaç, yıldız, zincir ve dairesel ağ topolojileri ile iletişim sağlarlar. Sensör ağları algılama birimi, işlem birimi, aktarma birimi ve güç biriminden oluşur [2]. Sensör ağlarının devamlılığını sağlayan en önemli faktör enerji kaynağının sürekliliğidir ve tasarımda karşılaşılan en büyük problemlerden biri enerji birimlerin kısıtlı kapasiteleridir [3]. Sensör ağındaki enerji tüketimi temel olarak veri toplama süresine, yoğunluğuna, aktarım hızına, mesafeye ve verileri işleme süresine bağlı olarak değişmektedir Sensör ağları genellikle uzak bölgelere yerleştirildiğinden, zor koşullarda uzun süre çalışmaları gerektiğinden dolayı verimli ve dayanıklı bir sistem ile beslenmeleri gerekmektedir.

Yapılan çalışmada alternatif enerji kaynakları incelenmiş ve sistemin uzun ömürlü olması için en yüksek güç yoğunluğuna sahip olan güneş hücrelerinden oluşan fotovoltaik kaynak kullanılmasına karar verilmiştir.

Fotovoltaik kaynaklı sistemlerin enerji dönüşümü için üç kontrol yöntemi vardır. Aç/kapa sistemi ile doğrudan, darbe genişlik modülasyonu ile ve maksimum güç noktası takibi (MPPT) ile şarj kontrolü. Bu üç yöntem arasında en gelişmiş ve verimli olan MPPT yöntemidir.

MPPT yöntemi, panel tarafında ve yük tarafında bulunan sensörler ile akım ve gerilimi takip ederek, bu değerleri bir öncekiler ile karşılaştırıp maksimum güç noktasını sürekli takip eden bir yöntemdir [4]. Maksimum gücü bir DC-DC çevirici üzerinden batarya tarafına gönderir. MPPT sistemindeki çevirici sistem özelliklerine göre belirlenen indirici, yükseltici, indirici-yükseltici veya cuk çevirici topolojileri kullanılır [5].

MPPT algoritmaları dolaylı ve doğrudan denetim olmak üzere ikiye ayrılır. Sabit gerilim metodu ve sabit akım algoritmalarını içeren dolaylı denetim metodları açık

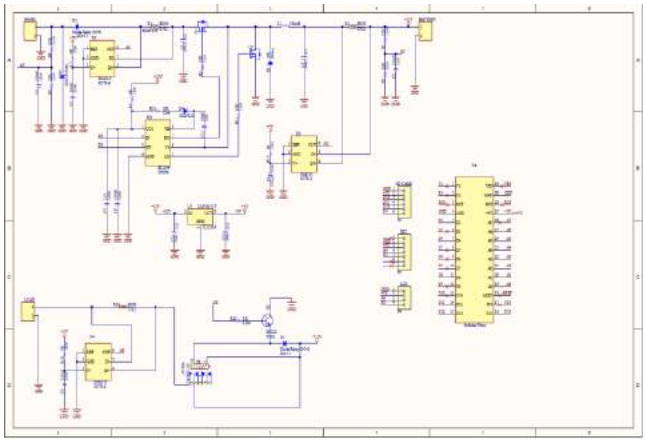
devre gerilimi ve kısa devre akımı ölçülmesi prensibine dayanır. Bu sırada paneli devreden ayırmak gerekir ve bu süre zarfında sisteme enerji aktarılmaması bu algoritmaların en büyük dezavantajıdır [6]. Doğrudan denetim metodları paneli sistemden ayırmadan atmosferik etkilere karşı maksimum güç noktasını belirleyen sistemlerdir. Değiştir-gözle (P&O), artan iletkenlik, geri besleme gerilimi, bulanık mantık ve yapay sinir ağı algoritmalarını içeren bu yaklaşım paneli sistemden ayırmadan maksimum güç noktası belirlenebildiği için daha verimlidir [7].

Sistemde depolama birimi olarak 12V 7Ah kurşun-asit batarya kullanılmıştır. Fotovoltaik kaynaklı güç ünitesi bir mikrodenetleyici üzerinden MPPT algoritması ile kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada, arazi üzerindeki bir boru hattında kullanılacak olan sensör ağ sistemini besleyecek bir güç kontrol ünitesi tasarımı hedeflenmiştir. Sensör ağı, 1 haftada 10 dakika süre ile çalışacak ve sistemden 12V beslemede 1A akım çekecektir. Panel, batarya ve kontrol ünitesi için özel bir yapı tasarlanmış, sistemin atmosferik ve zorlu çevre koşullarına karşı dayanıklılığı arttırılmıştır. MPPT tekniği diğer yöntemler ile karşılaştırılmış, MPPT algoritmaları incelenmiştir. MPPT tabanlı Değiştir&Gözle algoritması kullanılarak sistemin kötü hava koşullarında ve kış aylarında bile yüksek verimle uzun süre çalışabilmesi amaçlanmıştır.

II. SİSTEM TASARIMI

Sensör ağlarının ömrü sisteme enerji sağlayan güç ünitesi ve depolama biriminin ömrüne bağlıdır. Sistemlerin düşük güç tüketmesi, enerji sağlayan birimin sürekli olması, kontrol algoritmasının verimli olması ve depolama biriminin uzun ömürlü olması tasarım aşamasında en önemli faktörlerdir [8].



Şekil.1: Güç Kontrol Ünitesi Tasarımı

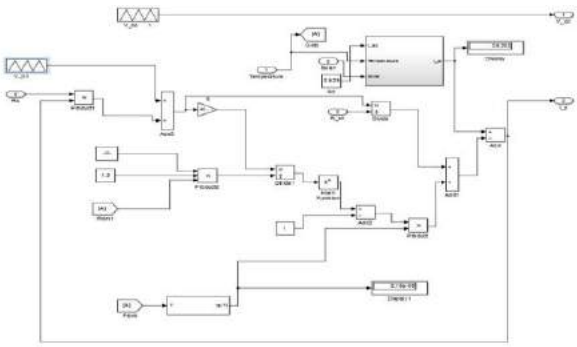
Güç ünitesi; güneş paneli, akım-gerilim sensörleri, kontrol bloğu, MPPT bloğu ve mikrodenetleyiciden oluşmaktadır. Kontrol bloğu; indirici tipte DA-DA çevirici, gerçek zamanlı saat ve veri toplayıcı içerir (Şekil.1).

Güneş panellerini oluşturan N tipi ve P tipi yarı iletken malzemeden yapılan güneş hücreleri bir diyota paralel bağlanmış akım kaynağı olarak modellenir [9]. Hücre modellemesinde iki önemli giriş parametresi sıcaklık ve anlık ışıma miktarıdır. Kullanılacak panel, sistem özelliklerine göre belirlenmiştir.

Sistemin çalıştırılacağı Ankara ili için en yıl içinde ortalama güneşlenme süresi yaklaşık 6 saattir. Sistem için gereken minimum güneş paneli gücü 10W olarak belirlenmiştir.10W güneş paneli, Simulink kullanılarak modellenmiştir. Farklı ışıma değerlerinde panel karakteristiği incelenmiş ve elde edilen I-V ve P-V ve grafikleri Şekil.2'de gösterilmiştir.

Şekil.2: 10W Güneş Paneli P-V Karakteristiği

Fotovoltaik kaynaklı güç ünitesi tasarımında kullanılan en verimli yaklaşım olan mikrodenetleyici aracılığı ile darbe genişlik modülasyonu (PWM) kullanılarak kontrol edilen maksimum güç noktası izleyici (MPPT) tasarımı yapılmıştır. Kontrol ünitesi için indirici tipte bir çevirici tasarlanmıştır.



Şekil.3: 10W Güneş Paneli Simulink Modellemesi

DA-DA indirici tip çeviriciler giriş gerilimlerini D doluluk oranında azaltarak daha düşük çıkış gerilimleri elde edilen devrelerdir. Doluluk oranı anahtarlama elemanının açılıp

kapanma süresinde giriş geriliminin yüke aktarılma oranıdır. Sistemde panel gerilimi, batarya geriliminden yüksek olduğunda MPPT çevirici için indirici tip çevirici kullanılmıştır. Simulink üzerinde modelleme yapılmıştır.

A. *DA-DA İndirici Tipte Çevirici*

Panel tarafındaki gerilimi yük tarafına aktarmak için çıkış gerilimi 12V olan bir çevirici tasarlanmıştır. Panel giriş gerilimi sisteme bağlıyken maksimum 17V, panel gerilimi ise 10W değerindedir. Anahtarlama frekansı 50kHz olarak belirlenmiştir. Çeviricide kullanılacak indüktör, kapasitör ve direnç değerleri hesaplanmıştır.

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{12V}{17V} = 0.70 = \%70 \qquad (1)$$

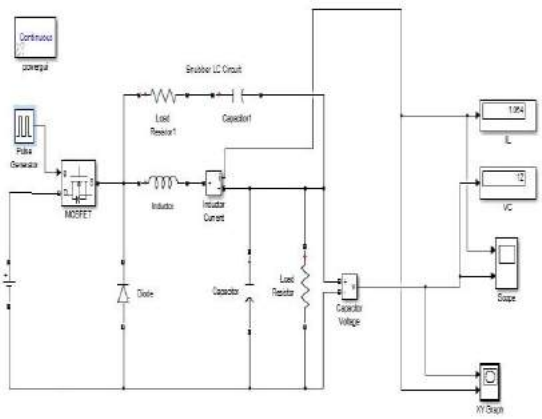
$$Iout = \frac{P_i}{V_o} = \frac{10W}{12V} \qquad (2)$$

$$L = \frac{(V_i - V_o)xD}{f_{sw}x\Delta I_L} \qquad (3)$$

$$Ipeak = Iout + \Delta I_L = 1.13\ A \qquad (4)$$

$$C = \frac{\Delta I_L}{8xf_{sw}x\Delta v}\ ; \qquad (5)$$

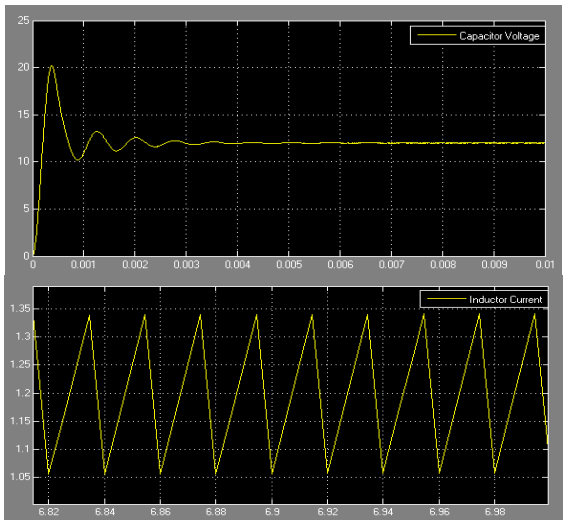
Verimli bir tasarım için ΔI_L dalgalanma akımı, çıkış akımının %30-%40 oranı arasındadır.. Δv dalgalanma gerilimi 10mV olarak varsayılmıştır.



Şekil.4: Buck Çevirici Simulink Tasarımı

Formül 3 ve 5 kullanılarak yapılan hesaplamalara göre, çeviricide kullanılacak olan indüktör 220uH ve kapasitör 330uF olarak hesaplanmıştır. Sistemin anahtarlama kayıplarını azaltmak için düşük R_{DSon} değerine sahip N tipi MOSFET belirlenmiştir.

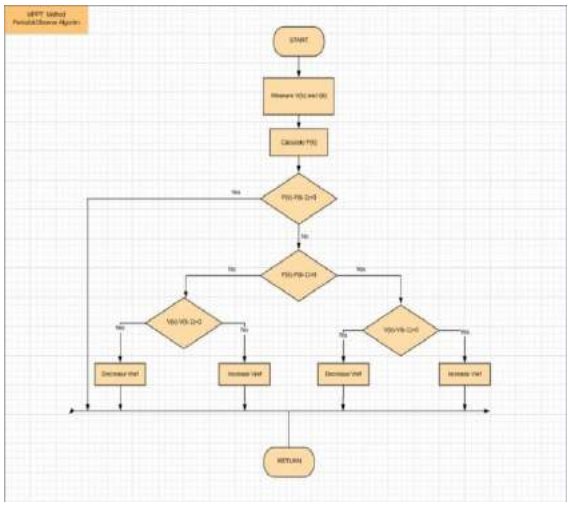
Simulink ortamında indirici tipte çevirici benzetimi yapılmıştır (Şekil.4). kapasitör gerilimi ve indüktör akımı grafiksel olarak gözlenmiştir (Şekil.5).



Şekil.5: Çevirici Kapasitör Gerilimi ve İndüktör Akımı Grafiği

B. *Kontrol Algoritması*

Bu çalışmada Değiştir&Gözle (P&O) algoritması kullanılmıştır (Şekil.6). Bu yapıda paneli sistemden ayırmadan maksimum güç noktası belirlenebildiği için daha verimlidir.



Şekil.6: MPPT Tekniği P&O algoritması

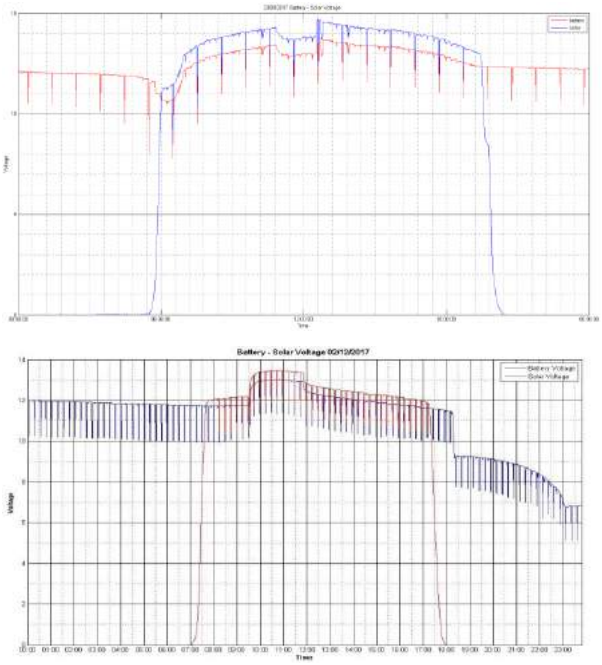
Algoritma P-V karakteristik grafiğindeki eğriye takip ederek, şimdiki ve sonraki panel çıkışındaki güçler arasındaki farkı takip ederek, en yüksek güç değerine ulaşmak için gerilim değerini ayarlar. Gerilim değeri doluluk oranı değiştirilerek belirlenir. Bir sonraki güç değeri yeniden hesaplanır ve bir önceki güç değeri ile karşılaştırılır. Yeni ölçülen güç değeri bir önceki ile eşitse, algoritma başa döner ve sistem gerilimini tekrar ölçer.

Yeni gerilim değeri bir önceki gerilim değerinden farklı ise, büyük veya küçük olma durumuna göre gerilim değerlerini karşılaştırır ve maksimum güç noktasının hangi tarafında kalındığına bağlı olarak P-V eğrisi üzerinde hareket etmeye devam eder.

III. DENEYSEL SONUÇLAR

Sistem tasarımında kayıpları en aza indirgemek için uygun malzemeler seçilmiştir. Prototip tasarımı sonrasında, kontrol ünitesi ve batarya dış etkenlere dayanıklı kutunun için yerleştirilmiştir. Güneş paneli için açısı ayarlanabilir bir gövde tasarlanmıştır.

Panel çıkış gerilimi Ağustos ayında yaklaşık 15V'a kadar çıkarken, Aralık ayında 13.5V seviyelerinde kalmıştır (Şekil.7). Kontrol ünitesinde bulunan mikrodenetleyici, ekran ve arka plan ışığı, akım sensörleri, SD kart ünitesi ile birlikte sürekli çalışır halde sistemin günlük tüketimi 20.3Wh olarak hesaplanmıştır. 10W panel bu değerler ile en kötü hava koşullarında bile sisteme sürekli enerji aktarımı sağlamıştır



Şekil.7: 24 Ağustos 2017 ve 2 Aralık 2017 Test Grafiği

Sistem verimliliği 100mA – 500mA aralığında akım değerlerine göre incelenmiştir. Panelden sisteme 100mA akım geçtiğinde sistem verimi %95,5, 200mA akımda %96,9, 400mA akımda %97,2 ve 500mA akımda %97,8 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre tasarlanan sistemde kayıplar en aza indirgenmiş ve verimli bir sistem elde edilmiştir.

IV. DEĞERLENDİRME VE PLANLANAN GELİŞTİRMELER

Bu çalışma ile sensör ağının kısıtlı enerji problemi yaşamadan sürekliliği amaçlanmıştır. Güç ünitesinde enerji dönüşümünün verimli bir şekilde sağlanabilmesi için Değiştir&Gözle (P&O) algoritması kullanılmıştır. Kaydedilen veriler ile sistem durumu grafiksel olarak incelenmiştir.

Sistem verimi %97,8 değerine kadar çıkmıştır. Piyasada bulunan MPPT kontrol sistemlerinin çalışma verimi %94-%99 arasındadır. Tasarlanan sistemin benzer ürünler ile karşılaştırıldığında, daha düşük maliyetli olduğu ve veri depolama, anlık olarak sistem bilgilerine erişme, yük kontrolü gibi özellikler bakımından daha avantajlı olduğu gözlenmiştir. Yeni yapılacak geliştirme ile tasarıma GSM modülü eklenecek, sistem uzaktan kontrol edilebilecek. Sistem tasarımı daha da iyileştirilip verimliliğin arttırılması ve piyasada bulunan sistemlere daha iyi bir alternatif ürün planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Akyildiz I.F., Su W., Cayirci E., "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks 38,2002

[2] Dondi D. ,Brunelli D. ,Benini L. ,Pavan P. ,Bertacchini A. ,Larcher L., "Photovoltaic Cell Modeling for Solar Energy Powered Sensor Networks", Advances in Sensors and Interface 2nd International Workshop,2007

[3] Voigt T., Ritter H., Schiller J., "Utilizing Solar Power in Wireless Sensor Networks", Local Computer Networks, 2003. LCN '03. Proceedings 28th Annual IEEE Conference

[4] Manıshı, Sukesha Sharma "Pıezoelectric Energy Harvesting In Wireless Sensor Networks: A Review", International Journal Of Electrical, Electronics And Data Communication, Volume-3, Issue-1, Jan.-2015

[5] Cesare Alippi ,Cristian Galperti, "An Adaptive System for Optimal Solar Energy Harvesting in Wireless Sensor Network Nodes",IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers Volume: 55, Issue: 6, July 2008

[6] S. W. Arms, C. P. Townsend, D. L. Churchill et al., "Energy harvesting, wireless, structural health monitoring and reporting system," Materials Forum, vol. 33, pp. 220–234, 2008

[7] Diego Antolín, Nicolás Medrano , Belén Calvo and Pedro A. Martínez, "A Compact Energy Harvesting System for Outdoor Wireless Sensor Nodes Based on a Low-Cost In Situ Photovoltaic Panel Characterization-Modelling Unit", Sensors Vol 17 Issue 8 ,August 2017

[8]Oscar López-Lapeña, Maria Teresa Penella, "A New MPPT Method for Low-Power Solar Energy Harvesting", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 57, No. 9, September 2010

[9] Gongbo Zhou, Linghua Huang, Wei Li, and Zhencai Zhu, "Harvesting Ambient Environmental Energy for Wireless Sensor Networks: A Survey", Journal of Sensors Volume 2014

Alkali Yakıt Pilleri ve Tesis Uygulamaları
Alkaline Fuel Cells and Power Plant Applications

Mahmut ACAR[1]
Ayetül GELEN [2]
Muhammet Edip ERDOĞAN [3]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, mahmut_acar_@hotmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, ayetul.gelen@btu.edu.tr
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, edip.erdogan@hotmail.com

***Özetçe*—**Yakıt pilleri, temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Hidrojen ve oksijen arasındaki elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilen ve toplam verimlilikleri % 80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan piller veya elektrokimyasal makineler olarak da bilinir. Yakıt pili sistemleri kullandıkları elektrolit çeşidine göre sınıflandırılırlar ve çeşitlerinden birisi de alkali (bazik) yakıt pilleridir (AYP). Bu çalışmada; alkali yakıt pillerinin çalışma prensipleri ve tesis uygulamalarına ait örnekler derleme olarak sunulmuştur. Bu piller oda sıcaklığında çalışırlar ve diğer yakıt pilleriyle karşılaştırıldıklarında daha yüksek gerilim verimi elde edilir. Ticari uygulamaları çok pahalı olan bu tür yakıt pilleri üzerine birçok şirketin maliyetin düşürülmesi ve işletim kolaylığının sağlanması için çalışmalar yapmakta olduğu görülmektedir. Alkali yakıt pilinin elektrolitin oluşturduğu karbondioksit nedeniyle özellikle tesis uygulamalarında tercih edilmediği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — alkali yakıt pilleri; güç düzenleme birimleri; tesis uygulamaları.

***Abstract*—**Fuel cells are clean, environmentally friendly and high efficient energy conversion technologies. Fuel cells, which are obtained by electrochemical reaction between hydrogen and oxygen and which can reach up to 80% of total efficiencies, are also known as continuously running batteries or electrochemical machines. Fuel cell systems are classified according to the electrolytic type and one of the varieties is alkaline fuel cells (AFC). In this paper, working principles of alkaline fuel cells and examples of power plant applications are presented as a review. These fuel cells operate at room temperature and provide higher voltage efficiency when compared to other fuel cells. It seems that many companies are working on this type of fuel cell, which is very expensive for commercial applications, in order to reduce the cost and ease of operation. It has been observed that the alkaline fuel cell is not preferred especially for power plant applications due to the carbon dioxide produced by the electrolyte.

Keywords — alkaline fuel cells; power conditioning units; plant applications.

I. GİRİŞ

Yakıt pilleri, temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan, sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen ve oksijen arasındaki elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilen ve toplam verimlilikleri % 80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan piller veya elektrokimyasal makineler olarak da bilinir [1].

Yakıt pillerinin küçük boyutlu, modüler, yakıt esnekliğine sahip ve sessiz çalışma özellikleri avantajları olarak sayılabilir [2]. Yakıt pili sistemleri kullandıkları elektrolit çeşidine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar:

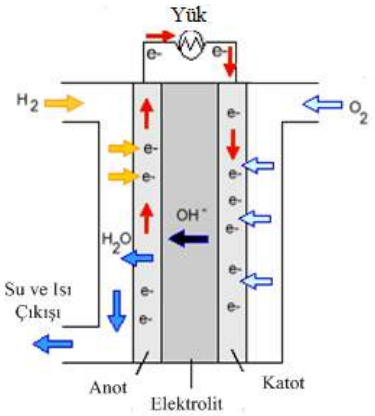
Alkali (bazik) yakıt pili,
Polimer değişim membran yakıt pili,
Erimiş karbonat yakıt pili,
Fosforik asit yakıt pili,
Katı oksit yakıt pili.

Alkali (bazik) yakıt pillerinde (AYP) elektrolit olarak potasyum hidroksit (KOH), yakıt kaynağı olarak saf hidrojen (H_2) kullanılmaktadır. Pil reaksiyonları ve şematik gösterimi aşağıda verilmiştir.

$2\,H_2\,(g) + 4OH^-\,(l) \rightarrow 2\,H_2O\,(l) + 4e^-$ anot reaksiyonu

$O_2\,(g) + 2\,H_2O\,(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ katot reaksiyonu

$2H_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2H_2O\,(l)$ pil reaksiyonu



Şekil 1. Alkali yakıt pili

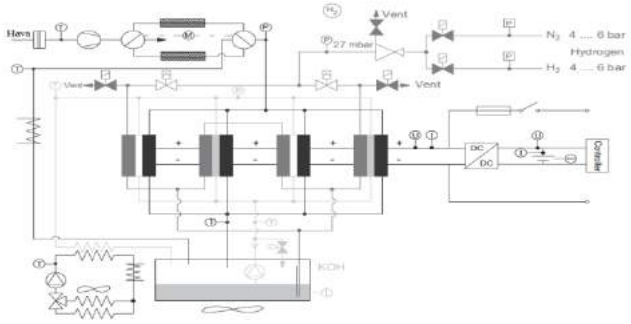
AYP sistemleri uzay gemilerinde, elektrikli araçlarda ve denizaltılarda kullanılmaktadır. Bu tür yakıt pillerinde uzun çalışma ömrüne ulaşılabilmektedir. Kullanılan pahalı katalizörlerden, hidrojenin sıvılaştırılması ve sıkıştırılması için ekstra enerji tüketiminden ve saf hidrojenin pahalı olmasından dolayı bu tür yakıt pilleri yüksek maliyetlidir [3, 4].

Bu çalışmada; alkali yakıt pillerinin çalışma prensipleri ve tesis uygulamalarına ait örnekler derleme olarak sunulmuştur. AYP'ler oda sıcaklığında çalışırlar ve diğer yakıt pilleriyle karşılaştırıldıklarında daha yüksek gerilim verimi elde edilir. Ticari uygulamaları çok pahalı olan bu tür yakıt pilleri üzerine birçok şirketin maliyetin düşürülmesi ve işletim kolaylığının sağlanması için çalışmalar yapmakta olduğu görülmektedir. Alkali yakıt pilinin elektrolitin oluşturduğu karbondioksit nedeniyle özellikle tesis uygulamalarında tercih edilmediği gözlemlenmiştir.

II. ALKALİ YAKIT PİLLERİNİN TESİS UYGULAMALARI

T. Rocco ve arkadaşları 400 W'lık alkali yakıt pili ve süper kapasitörden oluşan hibrit sistemi incelemişlerdir. Güç düzenleme birimi 4 V DC gerilimi 400 V DC gerilime yükseltmekte ve 230 V AC gerilimi yüklere sağlamaktadır. Yarıiletken olarak MOSFET ve denetleyici olarak ta PIC kullanılmıştır. Simülasyonlarda yük geçiş durumlarında sistemin davranışı incelenmiş ve ani yük değişiminde yakıt pilinin sınırlı akım değişim oranına rağmen güç düzenleme biriminin hızlı cevabı ile yük takibinin yapıldığı görülmüştür [5].

Bir AYP üreticisi olan Intensys firması ile Flaman Teknoloji Enstitüsü 6 kW'lık alkali yakıt pili içeren



Şekil 2. AYP temeli güç sistemi [6]

kojenerasyon güç üretim birimi geliştirmişlerdir. Çalışılan sisteme ait şematik gösterim Şekil 2'de verilmiştir. Bu çalışmada 67 pilden oluşan yakıt pili yığını; çalışma sıcaklığı, yakıt kalitesi, yük takip performansı ve verim açısından proton değişim membran yakıt pili ile karşılaştırılmıştır. Sistemin nominal koşullarda yük değişimlerine çok iyi cevap verdiği rapor edilmiştir. Ayrıca AYP'nin elektrik şebekesi bağlantısı da yapılmış ve toplam verimin %50 olduğu belirtilmiştir [6].

Powerfuel power, B9 coal ve AFC energy şirketleri arasında düşük maliyetli, gazlaştırma üniteli kombine çevrim (IGCC) santrali ile birlikte 300 MW'lık düşük karbonlu alkali yakıt pili güç tesisi tasarımı için anlaşma imzalanmış ve bu santralin kurulumu planlanmıştır. Bu sistem aynı zamanda ada tipi yükler için de kullanılmak üzere bir teknoloji sunmaktadır. Düşük karbonlu güç tesisi kurulumları; yakıt pillerinin yaygınlaşmasına ve tanınmasına olanak sağlanmaktadır [7]. AFC Enerji şirketi ticari ölçekte ilk alkali yakıt pili sistemini; Beta alkali yakıt pili sistemi ismiyle hizmete sokmaktadır. Bu durum yakıt pilinin ticarileştirilmesi için önemli bir adımdır. Şirket önerdiği yakıt pilinin tehlike işletilebilirlik çalışması (Hazard and Operability, HAZOP) üzerinde de durmaktadır. HAZOP önceden tahmin edilebilen sapmaların analizi ve ikinci yakıt pili sistemi kurulumu için gereklidir [8].

AFC Enerji ve ICL firmaları temiz enerji üretmek için Birleşik Krallığın en büyük AYP tesisini kurmak için proje çalışmaları yapmışlardır. AFC Enerji firmasının düşük maliyetli AYP'sinin kullanılması ile güç santralinin kurulumu tamamlandığında, 500 eve yetecek 1 MW'lık enerji üretilebilecektir. Yakıt pili tesisi; ICL'nin klor-alkali tesisinin olduğu yere kurulacaktır. Mevcut durumda; bu tesisten üretilen atık hidrojen, atmosfere bırakılmaktadır. Gelecekte; bu hidrojen AFC Enerji tarafından elektrik enerjisi üretiminde kullanılacaktır. Projeye göre; AFC santralin kurulumunu gerçekleştirecek, ICL firması ise hidrojen verip elektrik enerjisi satın alacaktır. AFC Enerji firması santralinin bakımı ve işletmesinden sorumlu olacaktır. AFC ve ICL çalışmalara 2012'nin ilerleyen zamanlarında başlamayı planlamıştır [9]. 2012 yılı

itibariyle dünyanın en büyük AYP tesisinin kurulumu için kullanılmak üzere Avrupa Yakıt Pilleri ve Hidrojen Ortak Girişim kurumları tarafından bu firmalara; 6 milyon euro hibe sağlanmıştır. Böylece; santralin kurulumuna 2013 ilkbaharında başlanması hedeflenmiştir [10].

AFC Enerji şirketi 10 kW'lık alkaline yakıt pili sisteminin tasarımını 2016'da tamamlamıştır. HAZOP risk değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir. Şirket; bir sonraki hedefini 1 MW'lık yakıt pili tesisi kurmak olarak belirlemiştir. Bu sistem 1.2 MW'a kadar ölçeklendirilebilecek ve tüketici taleplerine göre ayarlanabilecek şekilde modüler olarak tasarlanacaktır [11].

Gencell firması 5 kW'lık yedek güç kaynağı olarak AYP sistemi kurulumunu gerçekleştirmiştir. Enerji kesintisi durumunda telekom ve data sistemleri gibi kritik yükler AYP temelli güç kaynağı tarafından beslenmektedir. Ayrıca bu sistem acil durumlarda güvenli enerji sağlamaktadır. Özellikle; yerel elektrik şebekelerindeki telekom tesislerinin beslemesi için ideal bir seçenek olduğu belirtilmiştir. Bu sistem küçük karbon izine sahiptir. Dizel jeneratörün sağladığı enerjiyi aynı maliyetle AYP temelli bu sistem de sağlayabilmektedir. Son olarak; şebeke elektriğinin olduğu durumlarda yakıt pili durdurulmakta ya da sistemde ki bataryaları şarj etmek için kullanılabilmektedir [12].

AFC Enerji şirketi Gen2 yakıt pili test çalışmasını 2016'da tamamlamış ve sistemin az miktarda hidrojen ile çalışabildiğini gerçekleştirmişlerdir. Gen2 sistemi ile maliyetlerin azaltılması, verimliliğin artırılması ve pilin ömrünün uzatılması için değişimler yapılmaktadır. Hidrojen yakıt pillerinin bölgesel enerji sistemin entegresiyle bölgedeki hidrojenden de faydalanılabilmektedir [13].

Diğer yakıt pillerine kıyasla AYP yüksek güç avantajı sunmaktadır. Bazik ortamdaki hidroksil anyonu ile oksijenin tepkimesi daha hızlı olması nedeniyle onun uzay uygulamaları için tercih edilmesine sağlamıştır. Ancak karasal uygulamalarda, yakıt pilinin elektrolitinin oluşturduğu CO_2 nedeniyle tercih edilmemektedir. AYP'nin çalışması sırasında içerisindeki CO_2, hidroksil iyonuyla tepkimeye girerek karbonat oluşturmakta, böylelikle hidroksil iyonu yoğunluğu azalmaktadır. Bu durum yakıt pilinin verimliliğini azaltmaktadır. Karbondioksiti alkali elektrolitten ayırmanın karmaşık olması nedeniyle karasal uygulamalarda yakıt pili üreticileri bazik olmayan yakıt pillerine yönelmişlerdir [14].

Alkali yakıt pilleri uzun zamandır kullanılmakta ve saf hidrojen tedarik edilmesi kolaylaşırsa mobil uygulamalarda kullanılabilecektir. Pil çalışması sırasında ortaya çıkan ısı; ısıtma için kullanılabilir ama buhar üretimi için yeterli değildir. Bu sebeple; elektrik üretimi santrali için iyi bir seçenek değildir [15].

III. SONUÇLAR

Bu çalışmada; alkali yakıt pilleri; çalışma prensipleri ve tesis uygulamaları açısından incelenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Ticari uygulamaları pahalı olan bu yakıt pilleri üzerine birçok şirket maliyetin düşürülmesi, CO2 toleransının arttırılması ve işletim kolaylığının sağlanması için çalışmalar yapmaktadır. Alkali yakıt pilinin elektrolitinde oluşan karbonat nedeniyle özellikle santral uygulamalarında tercih edilemediği, ancak uzay uygulamalarında hala tercih edildiği gözlemlenmiştir. Reaksiyon ısısının bir buhar türbini için yeterli miktarda olmadığı üzerinde durulmuştur. Son olarak uygun bir tasarımla bu yakıt pillerinin de AC şebekeye bağlanabileceği ve yük takibinin yapılabileceği belirtilmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Ramakumar, R., Chiradeja, P., "Distributed Generation and Renewable Energy Systems", *37th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference (IECEC)*, Washington DC, USA, 2002.

[2] Gomatom, P. and Jewell, W., "Fuel Parameter and Quality Constraints for Fuel Cell DGs", *Proc. of the IEEE Transmission and Distribution Conference and Exposition*, 1(409-412), 7-12 September 2003.

[3] Rayment, C., Sherwin, S., *Introduction to FC Technology*, University of Notre Dame, 2003.

[4] Türker, B., İnan, A., Trabulus, S., "Yakıt Pili Çeşitleri", *3E Electrotech Dergisi*, 126, 2004.

[5] Rocco, T., "Development and Control of an Alkaline Fuel Cell Power Conditioner", *34th IEEE Annual Power Electronics Specialist Conf. (PESC'06)*, 1(379-384), 2003.

[6] Mulder, G. et. al., "The development of a 6 kW fuel cell generator based on alkaline Fuel Cell Technology", *International Journal of Hydrogen Energy*, 3220-2224, 2008.

[7] AFC Energy in UK project to add fuel cells to new power station, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2010.

[8] AFC Energy to reveal first commercial-scale alkaline system, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2011.

[9] AFC, ICL to build 1 MW alkaline fuel cell facility, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2012.

[10] AFC Energy wins €6m grant to install 1 MW alkaline fuel cell unit, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2012.

[11] AFC finalizes system engineering, HAZOP on 10 kW alkaline unit, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2016.

[12] GenCell alkaline fuel cell tech supports key infrastructure, telecoms, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2016.

[13] AFC completes Gen2 fuel cell testing, looks at UK site feasibility, *Fuel Cells Bulletin*, Elsevier, ISSN: 1464-2859, 2016.

[14] Cook, B., "Introduction to Fuel Cell and Hydrogen Technology", *Engineering Science and Education Journal*, (205-216), 2002.

[15] Jouanne, A., Husain, I., Wallace, A., Yokochi, A., "Innovative Hydrogen/Fuel Cell Electric Vehicle Infrastructure Based on Renewable Energy Sources", *IEEE Industry Application Conference*, (716-722), 2003.

Su Üzerinde Kurulacak Fotovoltaik Enerji Santrallerinde Dalga Etkileri

Effect of Water Waves on Water-Deployed Photovoltaic Power Plants

M. Adil AKGÜL[1]
Cemre YILDIZ[2]

[1]İnşaat MühendisliğiBölümü, Mühendislik Fakültesi, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, adil.akgul@yeditepe.edu.tr
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, cemre.yildiz@yeditepe.edu.tr
3

***Özetçe*—**Yüzer fotovoltaik santraller, verimli arazilerin işgalinin önlenmesi ve baraj göllerinden buharlaşmanın azaltılması gibi faydaları neticesinde güncel bir araştırma konusu haline gelmişlerdir. Mevcut kurulu sistemlerin pek çoğu nispeten korunaklı su alanlarında bulunmakla beraber geleceğe yönelik daha büyük su alanlarının da bu amaçla kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu durumda yapıların deniz dalgalarına maruz kalma riski bulunmaktadır. Bu çalışmada, konunun disiplinlerarası özelliği dikkate alınarak yüzer yapılar üzerinde dalga etkileri ve temel hesap ve tasarım kurallarına yönelik bilgi verilmesi amaçlanarak farklı sektörlerden katılan girişimci, yatırımcı ve tasarımcıların konuya dair bilgi sahibi olması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — Fotovoltaik sistemler; güneş enerjisi; yüzer yapılar; dalga etkileri.

***Abstract*—**Floating photovoltaic farms have become a popular field of research and application due to some of their benefits like remediation of evaporation from reservoir surfaces and land saving. While existing systems are mostly deployed on protected and small water areas, it is believed that their application shall spread to larger water masses such as large lakes and oceans in the near future. In this case, an additional feature is expected to rise as design against wave attack. By considering the multidisciplinary status of the topic, this work aims to provide entrepreneurs, investors and designers with some basic information on waves, their effects and fundamental rule of design and analysis.

Keywords—Photovoltaic systems; solar energy; floating structures; wave effects.

IV. INTRODUCTION

Global increase in both population and energy consumption per capita, coupled with the limited reserves of fossil based fuels, their environmental impacts and energy-based conflicts in international relations are boosting the research in renewable energy every passing year. Regarding renewable sources, solar energy has started to emerge in Turkey during the last decade. With an average solar energy potential of 1300 kWh/m^2, Turkey has a much higher solar energy potential with respect to its European counterparts. The decrease in photovoltaic (PV) panel prices, initiation of domestic PV panel production and government incentions lead to a significant rise in Turkey's solar energy production capacity.

By considering the solar radiation intensity, sunshine duration and temperature, it can be stated that the efficiency of the PV plants may increase as moving towards the Equator. On the other hand, the degrading effect of excess temperature is also known and generates a drawback in this statement. From this point of view, Turkey yields the highest solar energy potential with respect to European nations but with the increased risk of heat degradation. Countermeasures against heat degradation can be counted as provision of cooling systems and research in new PV cell technology, where cooling systems dominate for the current technological status of PV cells.

Location	Site Properties		
	Water Area Type	Size [MW]	Depth
Huainan, China	Abandoned Coal Mining Site	40.00	Unknown
Huainan, China	Abandoned Coal Mining Site	20.00	Unknown
Umenoki, Japan	Dam Reservoir, 2.8 km^2	7.55	33 m
Queen Elisabeth II, UK	Dam Reservoir, 1.28 km^2	6.33	15.3m

Table 1. Properties of largest existing floating PV farms [6].

Water is a common cooling medium used for PV cells in different methods. A simple approach is the deployment of PV farms on water areas such as lakes and dam reservoirs. As a further benefit, such a deployment also reduces the evaporation from water surface, an important feature for the management of water resources.

Coupled with the benefit of saving flatlands useful for other purposes, water-deployed PV farms have become an important field of research and investment during recent years [1]. Inspecting water-deployed PV farms, one may conclude that the majority of these systems are deployed on fairly small water volumes with a limited water depth and relatively small surface area (Table 1). A majority of these systems are founded on simple raft-type floats and simple mooring arrangements, reducing the construction costs significantly [2]. However, considering the lakes and dam reservoirs in Turkey, it is obvious that the fairly large volume, surface area and depth of these water masses enables wave growth (Table 2). Thus, deployment of simple systems like the existing farms in such regions may be prone to failure due to wave attack. It can be observed that different designs also have been recommended such as submerged systems reducing wave effects [3] and flexible panels conforming to wave motion [4]. However, it may not be easy to access and maintain a submerged system from the marine architectural point of view, and a flexible system is prone to tearing and puncturing [5].

This work, rather than a new scientific study, has been prepared as a simple guideline for any person interested in floating PVs with the aim of providing the reader some basic information on wave estimation, wave loads and some general rules of design for a floating structure. Following chapter contains a short assessment for the floating PV farm potential of Turkey and possible investments. Estimation of design waves has been mentioned in the next chapter, followed with fundamentals of wave effects and guidelines for design.

V. FLOATING PV FARM POTENTIAL IN TURKEY

A. *Inland Waters*

Turkey contains a vast number of reservoir lakes used as fresh water reservoirs Some of the largest of these lakes are summarized in Table 2 with their principal properties.

Name	Site Properties		
	Type	Surface Area (km^2)	Depth (m)
Atatürk Dam Lake	Dam Reservoir	817	169
Keban Dam Lake	Dam Reservoir	675	200
Karakaya Dam Lake	Dam Reservoir	268	170
Beyşehir Lake	Natural Lake	651	10

Table 2. Properties of some inland waters in Turkey.

A vast number of these lakes are located in warm climate, so evaporation from water surface is a drawback by means of water resources management.

Another significant benefit for inland FPV deployments may arises if these are deployed on a dam reservoir equipped with a hydraulic power plant. Thus, transmission of energy produced may not necessitate construction of new transmission lines. Furthermore, production of solar energy, incorporated into the existing hydroelectric regulators during the daytime can also save water expense for energy production besides increasing the plants total combined energy output.

B. *Offshore Deployments*

While the offshore technology in Turkey is still at its baby steps level, it is expected that the country shall invest in offshore energy systems in near future. It is known that offshore wind energy did constitute a new sector in offshore companies in developed countries, and it is still in evolution. With the national research being started on offshore wind farms, offshore solar wind farms may become an alternative due to high values of energy potential, especially along the Mediterranean and Aegean Seas. Such a deployment may also utilize seawater in order to provide cooling to the solar panels. Further advantages of floating solar systems may be listed as follows:

i. A simplified and more economic structural design may be available with respect to foreign deployments due to small weight of the system and restricted wave growth in inland seas.

ii. Mobile systems may be used as a supplement for coastal tourism zones where population shows a boost in summertime and hence more energy is needed.

iii. Mobility also enables easy maintenance, removal if not necessary and replacement in case of failure.

iv. Considering the topography of Turkey, it can be seen that a fair number of coastal towns are founded along mountainsides, limiting the amount of flatlands. These lands, usually used as farmlands or residential, may also be saved from occupation if solar plants are deployed offshore.

VI. ESTIMATION OF DESIGN WAVES

Waves of our concern in floating system design are formed as a consequence of energy transfer in form of shear stress on the water surface applied by wind. Their size, i.e. height and period depend on mean wind speed, wind duration and the length of the water surface, called the fetch length, defined as the distance over which wind can propagate without encountering an obstacle. Thus, natural borders of the water such as shores and islands are obstacles reducing wave growth.

Storm waves are usually considered as irregular waves with their parameters following Rayleigh distribution. Most of the methods mentioned below provide the user

with the significant wave height H_s, defined as the average of the largest one third of all waves taking place during a storm. One should be careful here, since the maximum wave height H_{max}, which the system must withstand, is usually 1.6-2.0 times larger than H_s [7].

Regarding the design, wave data may be achieved from wave buoys nearby if available. For the coasts of Turkey, [8] can be used. If no data is available, simple methods may be used for wave estimation where waves are estimated from wind data, i.e. speed, direction and duration, and fetch lengths. For this purpose, the user is referred to [9] and [10] for detailed information.

While the majority of the data mentioned above is focused on deepwater waves, wave transformation takes place if the water depth is less than half of the wavelength. For such cases, it is recommended to use a sufficient numerical model to calculate the three-dimensional wave transformation, which -based on authors experience- will reduce the overestimation risk.

WAVE-STRUCTURE INTERACTION

A. *Effects of Waves on Structures*

From the designers point of view, wave-structure interaction can be separated into four different categories as mentioned below.

1) Wave forces: This section deals with forces acting on the structures under wave attack. While wave forces for a submerged bluff body mainly have a cyclic character, this can vary significantly for some cases like the presence of horizontal flat surfaces in the freeboard above the mean water level which shall lead to wave slamming.

2) Wave runup and overtopping: Once exerting on a structure, the profile of the incident wave changes and the water starts to rise along the boundary of the structure. This phenomena is called wave runup. If the runup height exceeds the freeboard of the structure, rising water propagates further to the deck of the structure, called wave overtopping or green water effect in marine hydrodynamics. The latter is crucial for it may have adverse effects for the equipment on deck.

3) Wave transmission and reflection: Waves passing through or under the structure induce the wave transmission. If the structure is large enough, it will partially act as a barrier and reduce the amplitude of waves passing to the wake of the structure. This usually leads to reflection of incident waves to offshore.

Amount of wave transmission may be important if an array-type design is used, i.e. modules in the back rows shall be subject to reduced wave heights. Wave reflection is usually omitted, but may be of importance if other structures or navigatiton ways are nearby.

4) Wave-induced motions: Valid for floating structures, the cyclic forces exerted by the waves introduce structural motions in six degrees of freedom. The amplitude of these

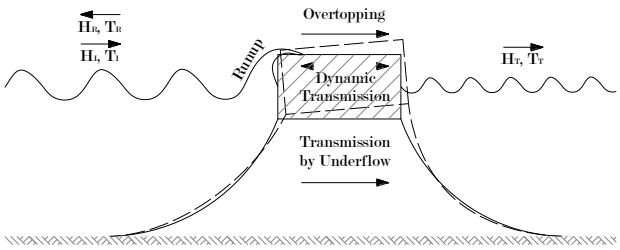


Figure 1. Wave interaction with a floating structure.

motions is primarily dependent on the wave frequency, whereas the dependence on wave height can be assumed linear for many bluff bodies. The effect of mooring equipment on structural motions is usually a restriction and a change in the systems natural frequency. However, restricting structural motions by increasing mooring stiffness is usually a very expensive approach.

B. *Guidelines for Solution*

To decide which methods or models to use, following fundamentals should be evaluated, where one should decide whether the structure is "large enough" to disrupt the incident waves or is is "small" such that waves shall not be affected by its presence. Isaacson summarized these effects in Figure 1 [12], and the first parameter one should check for the size effect is the diffraction parameter, defined as the ratio of a characteristic structure size parallel to wave propagation (D) to the wavelength (L). It is known that for values of D/L higher than 0.2, wave diffraction dominates and the solution should be achieved by using the diffraction theory.

If the floats are constructed in smaller sizes and are subject to larger waves, an opposite situation may takes place. Here, waves are not significantly affected by the structure, but a change in flow pattern occurs in the vicinity of the structure with boundary layer separation and different forms of vortex shedding taking place, leading to

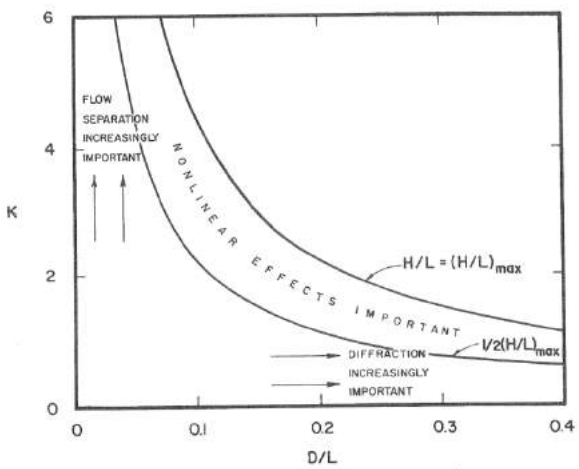


Figure 1. Mechanisms dominating the type of wave behavior [12].

transverse forces. The parameter measuring this behavior is called Keulegan-Carpenter Number (K). For such a case, flow separation effects must be considered and the solution should be made accordingly.

For details the reader is referred to [11-14].

V. RECOMMENDATIONS FOR DESIGN AGAINST WAVE EFFECTS

In order to achieve a successful design in floating PV farms, following recommendations may be made:

This type of systems are usually set up as a two-dimensional array on the water surface. While it is quite complex to determine all structural motions and wave-structure interaction for such a complex situation, one may start with choosing a shape compliant with the common naval architecture rules as summarized below:

1) In order to avoid capsizing under wave attack and other stability problems, hydrostatic stability must be ensured in accordance with traditional marine architecture rules. It is strongly recommended to use flotation material such as foaming inside the floats to avoid sinking.

2) For the simple shaped bluff bodies, linear numerical modeling in frequency domain may be sufficient to inspect the structures motion responses and corresponding wave forces.

3) For some special cases like the existence of complex hull forms, a highly variable freeboard geometry, fairly large float motion responses and the presence of steep waves, a nonlinear time domain analysis should be carried out.. Depending on the model used and existing data from similar systems, physical model tests may be required for validation.

4) Points of particular interest in single float analysis should be the motion responses, natural frequencies and wave runup values. As common with any particular dynamic system, the natural frequency of the float should not be close to the frequency of expected storm waves.

5) One should not ignore that mooring equipment shall affect the natural frequency during the design process.

6) Structure deck should be set to a height higher than runup height in order to protect equipment from overtopping waves and reduce the risk of failure.

7) Since the majority of the wave-excitation forces take place near the mean water level, the size and shape of a single float near the free surface should be kept as small as possible here. In other words, a pontoon type raft may be more useful than a basic rectangular raft.

VI. CONCLUSION

Water-deployed PV farms are expected to increase in number and size in the near future. Turkey has its own potentials like the coastal cities and large inland and reservoir lakes prone to wave effects. This paper summarizes the fundamentals for design against wave attack, and provides the reader from any professional origin with simple data in order to provide information for floating PV system design. Fundamentals of wave growth and estimation, wave effects on structures and calculation algorithms are presented with the least possible mathematics involved, and recommendations for a safe design against wave attack have been provided with further references given for any advance. It is believed that the source will be useful for any person from any field interested in floating PV systems

REFERENCES

[1] Cazzaniga, R., Cicu, M., Rosa-Clot, M., Rosa-Clot, P., Tina, G.M. and Ventura, C. "Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions", *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 81, 2018, p:1730-1741.*

[2] Trapani, K. and Redon-Santafe, M. "A review of floating photovoltaic installations: 2007-2013", *Progress in Photovoltaics: Research and Application, Vol. 23, 2015, p:524-532.*

[3] Rosa-Clot M, Rosa-Clot P, Tina GM and Scandura PF. "Submerged photovoltaic solar panel: SP2.", *Renewable Energy, Vol. 35, 2010, p:1862–1865.*

[4] Ferrer-Gisbert C, Ferrán-Gozálvez JJ, Redón-Santafé M,Ferrer-Gisbert P, Sánchez-Romero FJ and Torregrosa-Soler JB. "A new photovoltaic floating cover system for water reservoirs.", *Renewable Energy, Vol. 60, 2013, p:63–70.*

[5] Turney D and Fthenakis, V. "Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants.", *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, 2011; p: 3261–3270.*

[6] url: https://www.solarplaza.com/channels/top-10s/11761/top-70-floating-solar-pv-plants

[7] Goda, Y., *Random waves and Design of Maritime Structures*, World Scientific Publishing, Singapore, 2010.

[8] Özhan, E. and Abdalla, S., *Wind and Deep Water Wave Atlas of the Turkish Coast*, Middle East Technical University Press, Ankara, 2002.

[9] US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Centre, *Shore Protection Manual (in three Volumes)*, Vicksburg, VA, 1984.

[10] US Army Corps of Engineers, *Coastal Engineering Manual (CEM), Engineer Manual 1110-2-1100 (6 Volumes)*, US Army Corps of Engineers, Washington, D.C., 2002.

[11] Chakrabarti, S.K., *Hydrodynamics of Offshore Structures*, Springer-Verlag, Dorchester, 1987.

[12] Sarpkaya, T. and Isaacson, M., *Mechanics of Wave Forces on Offshore Structures*, van Nostrand Reinholdt, New York, 1981.

[13] Sumer, M. and Fredsoe, J., *Hydrodynamics Around Cylindrical Structures*, World Scientific Publishing, Singapore, 2006.

[14] Faltinsen, O.M., *Sea Loads on Ships and Offshore Structures*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

GAP Bölgesi Tarım-Gıda Değer Zincirinin Karbon-Nötr Ekonomi Perspektifinde İncelenmesine Yönelik Bir Çalışma

Müge Gümüş[1*]
Aslıhan Kahraman[1]
Melih Pınarcıoğlu[1]
Bülent Yeşilata[2]

[1]Middle-East Technical University, MATPUM Research Center, Ankara, Turkey, gumusmuge@gmail.com
[2]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering, Ankara, Turkey

Özetçe— Günümüz global ve entegre ekonomik yaklaşımında artık tarım ve gıda sektörünü ayrı ayrı ele almak uluslararası rekabetçilikten uzaklaşma anlamına gelmektedir. Çünkü tedarik zincirinin ilk halkasından son halkasına kadar olan süreçte, yani ürünün nihai kullanıcıya ulaşana kadar geçen süreçteki tüm faaliyetler ve paydaşlar aslında birbirini direkt ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Bir değer zinciri oluşturabilmek yani bir üründe rekabetçi avantaj edinmek için birbiriyle etkileşen tüm faaliyetlerin dikkate alınması gerekmektedir. Ekonomik açıdan çok gerekli olan bu yaklaşım, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında karbon salım azaltımlarına yönelik strateji ve politikaların belirlenmesinde de temel gereklilik haline gelmiştir. Özellikle tarımsal bir ürünün arazide yetiştirilmesine yönelik girdilerin (su, gübre, kimyasal ilaç vb.) ortaya çıkardığı karbondioksit emisyon miktarının azaltılması işleme sırasındaki verimliliğinin arttırılması ile sağlanabilirken, telafi (off-set) edilmesinin en önemli yollarından biri ise yakıt-enerji tüketimlerinin karşılanması amacıyla yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımıdır. Tarım-gıda değer zinciri çerçevesinden bakıldığında, arazide elde edilen tarım ürününün gıda maddesi olarak işlenmesi sürecinde gerekli ısı ve elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması fırsatları söz konusudur. Bu yöndeki teknolojik seçeneklerin devreye alınması ve yaygınlaştırılması halinde, GAP Bölgesi'nde karbon-nötr temelli bir tarım-gıda sektörü zinciri oluşumunun yolu açılabilecektir.

Bu çalışmada tarım-gıda sektörü için sözü edilen karbon salım azaltımı yaklaşımının değer zinciri içerisinde nasıl uygulanacağına yönelik örnek bir yaklaşım geliştirilmiştir. Uygulamanın başarılı olması için değer zincirindeki tüm halkaların ve paydaşların tanımlanması gereklidir. Yaklaşımın uygulanmasına örnek teşkil etmesi amacıyla önce tarımsal ürün olarak seçilen buğday için kapsamlı bir değer zinciri oluşturulmuştur. Bu zincir dikkate alınarak yenilenebilir enerji teknolojilerinin zincirin hangi halkalarında kullanılabileceğine yönelik teknolojik seçimler belirlenmiştir. Söz konusu teknolojilerin kullanımıyla, GAP Bölgesi'nde geleneksel değer zincirine kıyasla sağlanabilecek karbon emisyon azaltım potansiyeli ile yeni ekonomik fırsatlar (yeni istihdam ve yeni iş modelleri) konuları değerlendirilerek, tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — tarım-gıda değer zinciri, buğday, yenilenebilir enerji, karbon-nötr ekonomi

Abstract— Nowadays, in integrated and global economic approach, to handle the agriculture and food separately means to lose the global competitiveness. Because, in the process in which the products reach from the first node to the last point of supply chain namely to the consumer, whole activities and stakeholders interact each other directly or indirectly. To gain competitive advantage for a product namely to building a value chain, it is necessary to consider the whole activities which are in interaction with each other. This approach which is necessary in terms of economy, has become a basic requirement in determination of the strategies for reducing the carbon emission in the scope of climate change mitigation. Especially, as increasing the productivity during the processing to reduce the essential inputs for cultivation of the agricultural products in land can be possible, the usage of the renewable energy technologies to meet the fuel need is the most important way to off-set the agricultural carbon emissions. As looking through the Agricultural- Food value chain approach, there are opportunities to serve the electricity and heat energy which is required for food production from agricultural products using the renewable energy resources. In case the renewable energy technologies are activated and

disseminate, it can be possible to organize a carbon neutral agri-food value chain in GAP Region.

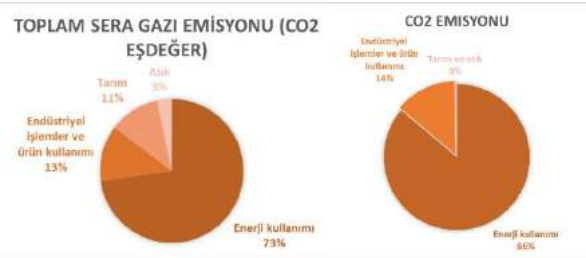
In this work, there has been developed a model approach which is an example how to implement the mentioned carbon emission reduction in agri-food value chain. It is necessary to define each nodes and stakeholders in value chain to enable the success of this model. To constitute an example for the implementation of this approach, firstly there has been generated a scheme for agri-food value chain of wheat. Considering this value chain scheme, the proper types of renewable energy technologies have been shown for the related nodes of value chain on this value chain scheme. The economic opportunities (new employment and new business models) and the potential of carbon emission reduction using the mentioned technologies in comparison with the traditional value chain has been evaluated and discussed.

Keywords — agri-food value chain, wheat, renewable energy, carbon-neutral economy

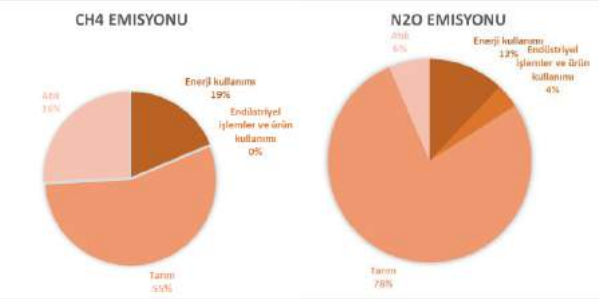
I. GİRİŞ

1997 yılında Kyoto protokolünün imzalanması ile başlayan ve 2015'te Paris İklim Anlaşması'yla devam eden süreçte ülkeler ve önemli global aktörler iklim değişikliği ile mücadelenin yollarını aramakta ve bu yolda çeşitli önlemler almak üzere iş birlikleri yapmaktadırlar. 21. yüzyıla damgasını vuran iklim değişikliği ile mücadele konusu, dikkatleri CO_2 salınımından sorumlu ekonomik aktiviteler üzerine çekmiştir. Bu kapsamda ortaya atılan karbon nötr ekonomi kavramı iklim değişikliği ile mücadelede yol arayışlarının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. "Karbon-nötr" terimi temel olarak bir birey, bir organizasyon, bir şehir ya da ülkenin her türlü aktivitesinden kaynaklanan karbon salınımının net-sıfır düzeyinde olması durumunu ifade etmektedir. Buna göre, karbon nötr durumu uzun dönemde iklim değişikliği mücadelelerinin varması beklenen bir hedeftir. Bu ifadeden yola çıkıldığında karbon nötr ekonomi, ekonomik aktivitelerden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının net sıfır düzeyinde olduğu bir duruma denk gelmektedir (IASS, 2015, s.2)

İklim değişikliği ile mücadele açısından önemli bir ölçüt olarak kabul edilen sera gazı salımı büyük oranda aktivitelerde ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacı sonucunda açığa çıkmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği üzere, TÜİK 2016 verilerine göre, toplam sera gazı emisyonu içinde %72,8'lik oran ile en büyük payı enerji kaynaklı sera gazı emisyonu almıştır. Türkiye 2016 yılı sera gazı emisyonu içinde en büyük ikinci payı ise %12,6 ile endüstriyel işlem ve ürün kullanımı kaynaklı sera gazı emisyonları oluşturmaktadır. Tarımsal faaliyet kaynaklı sera gazı emisyonları 2016 yılı sera gazı emisyonlarının %11,4'nü atıklar ise %3,3'ünü meydana getirmektedir. Sera gazlarının başında gelen CO_2 gazı emisyonlarının en büyük kaynağı enerji kaynakları olarak tespit edilirken diğer önemli sera gazları olan CH_4 ve N_2O salımında en büyük payı tarım sektörü almıştır (Bkz.: Şekil 2).



Şekil 1. Türkiye 2016 yılı sera gazı emisyonlarında sektörlerin payı (Kaynak: TÜİK)



Şekil 2. Türkiye 2016 yılı sera gazı emisyonlarında sektörlerin payı (Kaynak: TÜİK)

İklim değişikliği ile mücadeleye olan vurgu sürekli artarken diğer yandan da küresel ölçekte öneme sahip olan gıda- tarım sektöründe çevresel, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik konuları gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Türkiye Tarım sektörünü ele alan 2016 tarihli Türkiye İhracatçılar Meclisi Raporunda, tarım sektöründe güncel meselenin; tedarik zincirinde yer almanın ötesinde, küresel değer zincirine dahil olmak olduğu vurgulanmaktadır. Çalışmada Türkiye gibi henüz sektördeki problemlerini tam olarak çözememiş ülkelerin bu mevcut problemlerini çözerken aynı zamanda küresel ölçekte yeni gelişmeleri de takip etmeleri gerekliliği vurgulanmıştır. Sürdürülebilirlik ve kaynak verimliliği gibi temel problemlerin çözümünün yanı sıra küresel ölçekte müşteri trendini takip etmenin yolunun ise değer zinciri yaklaşımı ile tarım ve gıda sektörünü ele almaktan geçtiği anlaşılmaktadır (Çakmak, 2016).

Sürdürülebilir tarım-gıda değer zinciri, işlenmemiş tarım ürünlerinin gıda ürünlerine dönüştürüldüğü, gıda ürünlerinin nihai tüketiciye satıldığı ve kullanım sonrası bertaraf edildiği, karlı, topluma yarar sağlayan ve doğal kaynakları kalıcı olarak tüketmeyen ardışık olarak sıralanmış tüm aktiviteler ve bu aktiviteleri gerçekleştiren tarımsal işletmeler ile firmaların tamamını ifade etmektedir (FAO, 2014). Karbon salınımının azaltılması

açısından, değer zincirlerinin yeniden keşfedilmesine ihtiyaç duyulduğu öne sürülmektedir Buna göre, iklim değişikliği ile mücadele kapsamında, bir ürünün üretim sürecini olduğu kadar son kullanıcı noktasını da dikkate almak önemlidir. Bu, karbon salınımının yüksek olduğu ya da alınan kararların karbon ayak izini belirlediği yerlerin tespit edilmesi anlamına gelmektedir. Diğer yandan, tespit edilen bu noktalar karbon ayak izinin azaltılması sürecinde katılımcılığın sağlanması için en iyi fırsat noktalarını ifade etmektedir (WEF, 2016)

Bu çalışmada temel bir amaç, GAP bölgesinde tarım-gıda sektöründeki üretim ve dağıtım süreçlerinde CO_2 salınımını azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım fırsatlarını tanımlamak ve bu olanakların bölge ekonomisine katkısının nasıl olacağını ortaya çıkarmaktır. Bu amaç doğrultusunda ve literatürden elde edilen değerlendirmeleri ışığında, GAP bölgesinde buğday değer zinciri çalışmanın yola çıkış noktası olarak kabul edilmiştir.

II. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada tarımsal ürün olarak seçilen buğdayın tarım-gıda değer zinciri dört temel aşamaya ayrılmıştır. Bu aşamalar girdi arzı, üretim, işleme ve lojistik-pazarlama olarak adlandırılmıştır. Değer zincirine yönelik veri elde etmek ve yerel iç dinamikleri belirlemek amacıyla, GAP Bölgesindeki 6 ilde (Gaziantep, Şanlıurfa, Kilis, Mardin, Adıyaman ve Diyarbakır) ilgili paydaşlarla derinlemesine mülakat/anket çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İşletmeler ile gerçekleştirilen mülakat çalışmalarında, sektörün bölgeye ve yerele özgü durumlarını elde edebilmek amacı ile açık uçlu sorular sorulmuş ve mülakatlar esnasında her bir cevap dikkatle kayıt altına alınmıştır. Yapılan görüşmelerde, sorulan sorulara verilen cevaplardan yola çıkılarak, çalışmanın gövdesini oluşturan veri setine yönelik olarak öncelikle Şekil 3'de gösterilen matris oluşturulmuştur. Matristen görüleceği üzere buğday tarım-gıda değer zincirinde; girdi arzını oluşturan halkadaki makina ve iş gücü parametreleri dışında diğer tüm parametrelerde yeterli seviyede veri kaynağına ulaşmak mümkün olabilmiştir.

Bu doğrultuda elde edilen verilerden; buğday ürününe ait değer zincirinin dört temel aşamasında da kaynak tüketiminin kaliteli ve rekabetçi ürün açısından azaltılması ya da en azından optimize edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Örneğin buğday işleyen tesislerde tarım dışı girdilerin başında; su, elektrik ve fosil yakıtlar gelmektedir. Bu alanda faaliyet gösteren işletmelerde su temini konusunda sıkıntılar yaşandığı ve elektrik kesintileri nedeniyle kayıplar yaşandığı bildirilmiştir. Özellikle bulgur ürünü üzerine faaliyet gösteren firmalarda yer alan kurutma kulesi sistemi enerji verimliliği ve çevresel etkileri açısından önemli bir problem kaynağı olarak tespit edilmiştir. Bu sistemlerin en problemli yanı, temiz enerji kaynaklarına adapte edilmelerinde yaşanan güçlüktür. Bulgur üreten işletmeler bu sistemde ucuz ve yüksek enerji kapasitesi nedeniyle (bazen de doğalgaz hizmetine erişemedikleri için), en kirli enerji kaynaklarından biri olan kömürü tercih etmekte ve bu sistemden açığa çıkan yüklü miktardaki kül atıklarını bertaraf etmekte güçlük çekmektedirler. Bölgede yaşanan elektrik dalgalanmaları ve yüksek elektrik fiyatları tarım dışı girdiler konusunda yaşanan diğer sorunlardır

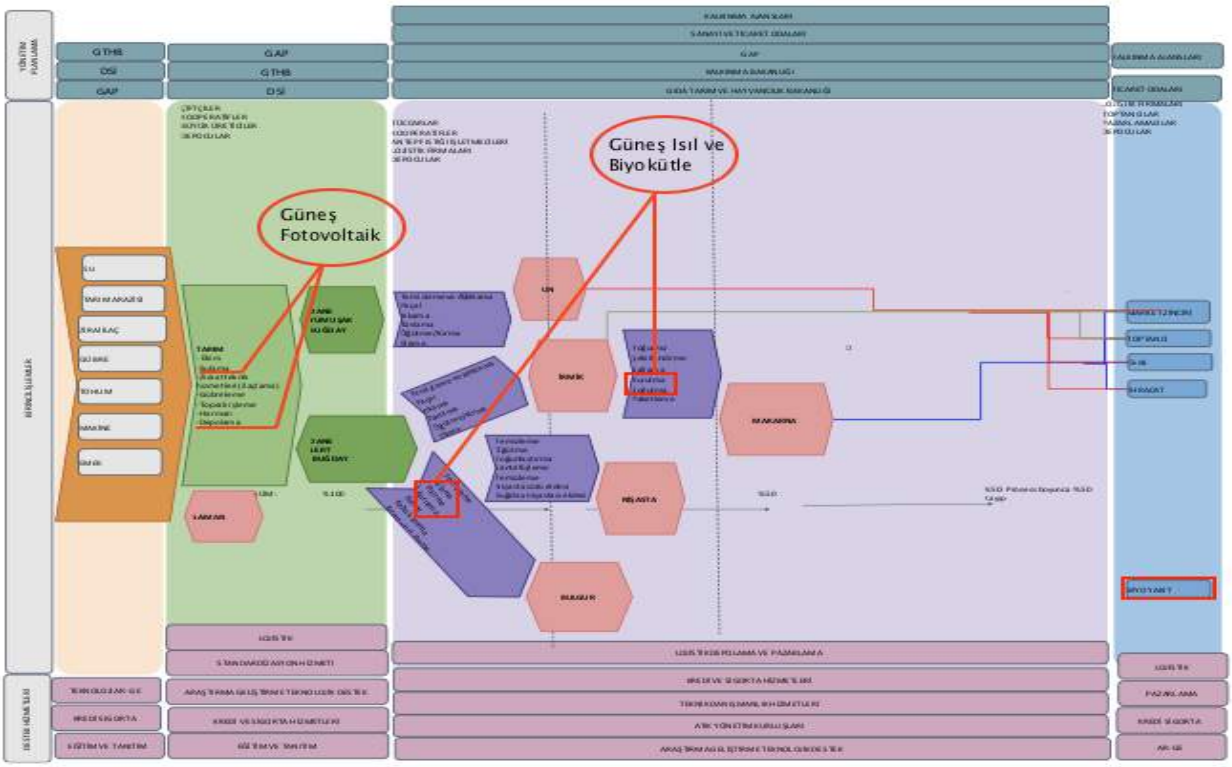
GİRDİ ARZI	
TOHUM	x
MAKİNE	
KİMYASAL	x
İŞGÜCÜ	
ENERJİ	x
SU	x
GÜBRE	x
ÜRETİM AŞAMASI	
TEKNOLOJİ	x
İŞLETME YÖNETİMİ	x
TOPRAK	x
AİLE İŞGÜCÜ	x
FİNANSMAN	x
RİSK YÖNETİMİ	x
KAYIP ÖNLEMLERİ	x
ÜRÜN BİLEŞİMİ	x
İŞLEME AŞAMASI	
TEKNOLOJİ	x
İŞLETME YÖNETİMİ	x
FİZİKSEL KAPASİTE	x
İŞGÜCÜ	x
TARIM GİRDİLERİ	x
TARIM DIŞI GİRDİLER	x
FİNANSMAN	x
ÇEVRE	x
RİSK YÖNETİMİ	x
KAYIP ÖNLEMLERİ	x
COĞRAFİ KONUM	x
LOJİSTİK VE PAZARLAMA AŞAMASI	
DAĞITIM	x
DEPOLAMA	x
PAKETLEME	x

Şekil 3. Tarım gıda Değer zinciri halkaları

Çalışma kapsamında, GAP bölgesinde tarımsal üretim yapan işletmelerle düzenlenen anket sonucunda, elektrik tüketimi yaptığını bildiren 82 tarımsal işletmenin ortalama yıllık sulama kaynaklı elektrik kullanımı 11140 kWh olarak belirlenmiştir. Tarımsal işletmelerin ürettiği ürünler açısından sınıflandığında buğday üretiminde ortalama yıllık sulama kaynaklı elektrik kullanım miktarı 15727 kWh olurken, kırmızı biber üretiminde 17982 kWh olmuştur. Mısır üretiminde ortalama yıllık sulama kaynaklı elektrik tüketim miktarı ise 37946 kWh olarak tespit edilmiştir.

Özetle; buğday değer zincirinin her aşamasında kaynak tüketimi ya da diğer bir ifadeyle karbon salımı azaltım potansiyeli ve ihtiyacı söz konusudur. Bu ihtiyacın karşılanması amacıyla öncelikle Şekil 3'de gösterilen GAP Bölgesi buğday değer zinciri şeması oluşturulmuştur. Daha sonra bu zincirin hangi halkalarında öncelikli olarak hangi temiz enerji teknolojilerinin kullanılabileceğine yönelik değerlendirme/analiz çalışması gerçekleştirilmiştir. Önerilen teknolojiler ve uygulama safhaları Şekil 4 üzerinde gösterilmiştir. Mevcut değerlendirmeye göre sulamada güneş fotovoltaik teknolojisi, kurutmada ise güneş ısıl teknolojisi öne çıkmaktadır. Yüksek sıcaklıkta pişirme ya da büyük ölçekli kurutmalarda güneş ısıl ve

biyokütle teknolojilerinin hibrit kullanımı en etkin çözümler arasında bulunmaktadır.



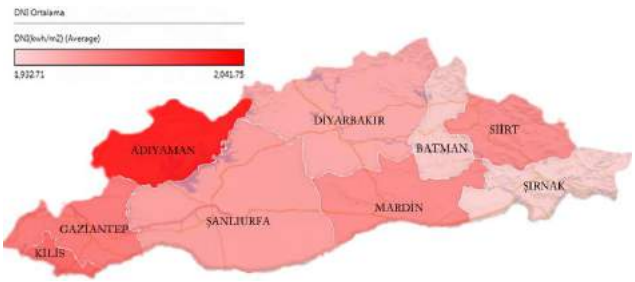
Şekil 4. Buğday tarım-gıda değer zincirinin şematik gösterimi ve yenilenebilir enerji kullanım potansiyeline sahip halkalar (Kaynak: Yazarlar)

III. GAP BÖLGESİ TARIM-GIDA DEĞER ZİNCİRİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI

A. Bölgenin Güneş Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi

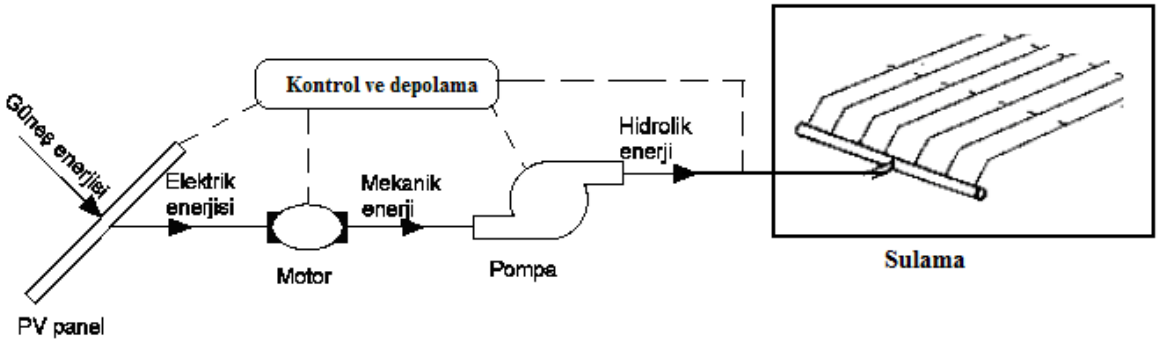
Ülkemizde zaten yüksek olan güneş enerjisi potansiyeline bölgeler açısından bakıldığında en yüksek potansiyelin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde olduğu görülmektedir. Bu potansiyelin yeryüzüne ulaşan güneş ışınım bileşenleri (direkt normal ışınım: DNI) ya da toplam ışınım: GHI) ve bölge illeri bazında durumu konusunda GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (GAP YENEV) tarafından bir çalışma gerçekleştirilmiştir (Yaka ve diğerleri, 2014). Bu amaçla web tabanlı Solar Med Atlas yazılımından yararlanılmıştır.

Solar Med Atlas yazılımı Türkiye, Suriye, Ürdün, İsrail, Lübnan, Mısır, Libya, Tunus, Cezayir, Fas, Filistin ve Moritanya ülkelerine ait DNI ve GHI verilerini barındırmaktadır. Yazılımdaki veriler belirtilen ülkelerin meteoroloji istasyonlarından ve dünya gözlem uydu verilerinin işlenmesinden elde edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesini oluşturan her il ve bu illere ait ilçelerin DNI ve GHI güneş ışınım verileri alınarak bütün iller için ortalama bir ışınım değeri elde edilmiştir. Solar Med Atlas yazılımı kullanılarak elde edilen veriler ışığında Güneydoğu Anadolu Bölgesinde direkt normal ışınım (DNI) ortalama 1932 kW/h/m2-yıl ile 2041 kW/h/m2-yıl değerleri arasında değişmektedir (Bknz: Şekil 5).



Şekil 5. Güneydoğu Anadolu Bölgesi direkt normal ışınım (DNI) potansiyeli haritası (Yaka ve diğerleri, 2014).

Şekil 6 Güneydoğu Anadolu Bölgesi yatay toplam ışınım (GHI) potansiyeli haritası (Yaka ve diğerleri, 2014).



Şekil 7. PV destekli sulama uygulaması çalışma şeması ve bileşenleri

Yatay toplam ışınım (GHI) değerleri açısından yapılan analizde ise; Güneydoğu Anadolu Bölgesinde söz konusu değerlerin ortalama 1794 kW/h/m2-yıl ile 1845 kW/h/m2-yıl değerleri arasında değiştiği görülmektedir (Bkz.: Şekil 6).

B. Güneş Enerjili Fotovoltaik Sulama Uygulamasının İncelenmesi

Fotovoltaik (PV) sistemlerin en çok kullanılan uygulamaları arasında su pompası sistemleri bulunmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri su ihtiyacı ile güneş ışınım şiddeti arasında doğal bir ilişkinin bulunmasıdır. Diğer bir neden ise; elektrik şebekesinden uzak yerleşim alanlarının yer üstü ve yeraltı su teminde, klasik enerji kaynaklarına nazaran, fotovoltaik destekli su pompalarının daha ekonomik ve güvenilir olabilmesidir (Aktacir ve Yeşilata, 2001)

Fotovoltaik (PV) destekli sulama sistemlerinin (SS) çalışma prensibi ve bileşenlerine yönelik şema Şekil 7'de gösterilmiştir. Sistemde, sulama (dağıtım) hattına kadar kullanılan bileşenler, PV-pompa ünitesini oluşturur ve bu bileşenlerin doğru seçimi, projelendirilme açısından büyük önem taşır. PV-SS tercihinde göz önüne alınması gerekli birçok faktör söz konusudur. Bu faktörler kullanım yerindeki günlük su ihtiyacı, su kalitesi, pompa statik ve dinamik yükleri, kullanılma sezonunu kapsayan aylar ve bu aylardaki güneş ışınım şiddeti olup, uygulama öncesi bu faktörlerin detaylı olarak analizi gerekmektedir (Fıratoğlu ve Yeşilata, 2005).

Öncelikle, uygulanacak sulama yönteminin belirlenmesi gereklidir. Sulama yöntemi büyük ölçüde arazinin bulunduğu yöre ve su temin durumuna bağlıdır. Bununla birlikte son yıllarda, enerji sarfiyatı, su tüketimi ve tarla etkinliği açısından önemli iyileşmeler sağlayan Mikro Sulama Sistemi kullanımı yaygınlaşmıştır (Atay ve diğerleri, 2012).

Güneş enerjisi destekli sulama sistemleri, daha önce bahsedildiği üzere birçok avantaj içermesinin yanında birtakım kısıtlar içermektedir. Bunların başında, özellikle küçük ölçekli tarımsal işletmeler açısından çok yüksek olan ilk yatırım maliyetidir. Bu sistemlerin kurulumu, işletilmesi ve bakımı belirli bir seviyede bilgi birikimi gerektirmektedir. Güneş enerjisi destekli sulama sistemleri doğru ve etkili bir şekilde yönetilmediği takdirde büyük ölçüde su israfı riski ile karşı karşıya kalındığı belirtilmektedir. Bunlara ek olarak, sigorta işlemleri dışında bırakılması sebebiyle güneş enerjisi destekli sulama sistemleri sıkça hırsızlık riski altındadır. Sistemlerin kurulumunda her işletmeye özel olarak bir danışmanlık hizmeti verilmesi gerekmekte ve bu hizmet genellikle çiftçi ölçeğinde ulaşılabilir olmamaktadır.

Ulusal ölçekte ele alındığında ise güneş enerjisi destekli sulama sistemlerinde karşılaşılan kısıtların başında fosil yakıtlar ve elektrik için ödenen sübvansiyonların enerji piyasasını bozmasıdır. Çiftçilerin yerinde sahipliğe sahip olmaması durumlarında güneş enerjili sulama yatırımları büyük yatırım riski içermektedir. Bunlara ek olarak yeterli yeraltı suyu yönetiminin ve bu konuda kurumsal çerçevenin yetersiz olması ulusal ölçekte karşılaşılan sorunlardandır. Ulusal ölçekte güneş enerjili sulama sistemleri ile ilgili kalite standart ve yönetmeliklerin bulunmaması ulusal ölçekte karşılaşılan kısıtlardan bir diğeridir. Güneş enerjisi destekli sulama sistemleri konusunda hizmet verecek elemanların sistematik olarak yetiştirilmesi konusunda yaşanan eksiklikler de bir diğer ulusal ölçekli sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjili sistemlerin ulusal ve üretici ölçeğinde kısıtları ve sorunları olduğu kadar çevresel boyutta da bir sorun alanları bulunmaktadır.

Fotovoltaik sistemlerin üretimi bir takım zehirli minerallerin kullanımını gerektirmekte ve yeterli önlem alınmadığı takdirde bu sistemlerin üretimi doğaya zararlı atıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, fotovoltaik sistemler dikkatli bir şekilde hazırlanarak

doğaya zarar vermesi önlenmelidir. Fotovoltaik sulama sistemlerinin yapısı gereği bağımsız birimler halinde işletilmesi oldukça yaygın olup bu durum denetim güçlüğünü beraberinde getirmekte ve bunun sonucunda da illegal su kullanımı ve yer altı sularının aşırı kullanımı sorunu ortaya çıkmaktadır (FAO, 2018)

Bütün bunlara rağmen güneş enerjisi destekli sulama sistemlerinin yerel ulusal ve ekolojik ölçekte birçok avantajı bulunmaktadır. Güneş panellerinin maliyetleri giderek düşmekte ve giderek ekonomik olarak daha erişilebilir hale gelmektedir. Güneş enerjisi destekli sulama imkanları çok uzak noktalarda bulunan tarımsal alanlarda enerji erişimini mümkün kılmaktadır. Bu sistemler, üretim faaliyetlerini fosil yakıtlarının fiyat dalgalanmalarından ve tahmin edilemeyen maliyetlerinden korumaktadır. Uzun vadede sulama maliyetlerinin düşmesi ve basınçlı sulama sistemleri ile modernize edilmesi halinde enerji maliyetlerini telafi etmesi açısından güneş enerjisi destekli sulama sistemleri önemli bir avantaja sahiptir. Suya erişimi kolaylaştırması nedeniyle, güneş enerjisi destekli sulama sistemleri aynı zamanda verim ve ekonomik kazançta artış sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel, sistemin damla sulama gibi daha verimli sulama sistemleri ile kombine edilmesi sayesinde daha da büyük bir potansiyele sahip olmaktadır.

Fotovoltaik güneş panellerinin tarım dışında aynı zamanda ışıklandırma, soğutma ve şebekeye elektrik verme olanakları sunarak kazancı çeşitlenmesi avantajını beraberinde getirmektedir. Güneş enerjisi destekli sulama sistemleri aynı zamanda finans ve hizmet modellerinin daha yenilikçi formlarının geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyele sahip olarak değerlendirilmektedir. Bu özelliği ile güneş enerjisi destekli sulama sistemleri paylaşım ekonomisi için bir referans olarak verilmektedir. Bu sistemlerin kullanılması yer altı sularına saat başı düşen baskıyı azaltmakta ve yer altı sularının daha dengeli kullanılmasını sağlamaktadır. Böylece aynı zamanda, yer altı sularının aşırı yükle kullanılmasına bağlı obruk oluşum riski azalmaktadır. Emek yoğun sulama sistemlerinin yerine geçmesi açısından güneş enerjisi destekli sulama sistemleri kadın ve çocuk işçiliğini azaltmakta, yeni iş imkanları sunarak zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ulusal ölçekteki avantajlar açısından değerlendirildiğinde ise, güneş enerjisi sistemleri birçok yeni iş olanağı yaratmakta ve bu şekilde ulusal ekonomiye katkı sağlamaktadır.

Kırsala elektrik sağlama ve yenilenebilir enerji hedeflerine erişimi kolaylaştırması bu sistemlerin avantajlarından bir diğeridir. Güneş enerjisi destekli sulama sistemleri, ulusal ölçekte enerji ithalatına bağımlılığı azaltması açısından önemli bir avantajı da beraberinde getirmektedir. Bu sayede fosil yakıtlar için sübvansiyonlar azaltılarak kırsal topluluklar ve çiftçilere alternatif sunularak fosil yakıtlara bağımlılıktan negatif etkilenmelerinin önüne geçilebilmektedir. Çevresel açıdan bakıldığında ise güneş enerjisi destekli sistemlerin sera gazı emisyonlarını yok ederek iklim değişikliği ile mücadele avantajı sağladığı görülmektedir. Yağış rejimindeki düzensizliklerden ve kuraklıklardan daha az etkilenme imkânı sunan güneş enerjili sulama sistemleri aynı zamanda su kalitesini artıracak filtreleme ve etkin gübreleme sistemlerine entegre olma avantajı sağlamaktadır. Bunun sonucunda gübreleme daha etkin bir şekilde gerçekleştirilerek toprak kirliliği önlenebilmektedir (FAO, 2018).

C. Güneş Enerjili Isıl Kurutma Uygulamasının İncelenmesi

Güneş enerjisiyle açık havada doğal kurutma tarihin ilk çağlarından beri bilinmekte olup, kereste ve diğer tarım ürünlerinin kurutulmasında uygulanmaktadır. Doğal kurutmada meteorolojik şartların kontrol edilememesinden dolayı; sebze ve meyvelerin zarar görmesi, kalitesinde düşme olması, istenilen nem derecesine kadar düşürülemeyişi ve istenen hijyenik koşulların sağlanamaması gibi önemli sakıncalar söz konusudur. Bu nedenle içerisinde havanın dolaştığı ve ısıtıldığı güneş kolektörlerine bağlı kapalı hacimlerde kurutma uygulamaları son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerjisi kullanılarak geliştirilen bu tip kurutucularda, hava güneş kolektörü içerisindeki kanallardan geçerken ısıtılmakta ve ısınan hava kurutulacak olan materyallerin (kereste veya gıda maddesi) bulunduğu kurutma odasından (bölümünden) geçirilerek, materyal bünyesinde bulunan nem (su) buharlaştırılmaktadır. Bu tarz bir sistemin bileşenlerine ait şematik gösterim Şekil 8'de gösterilmiştir. Bu tarz güneş enerjili kurutucular işletme maliyetlerinin çok düşük olmasından dolayı birçok gıdanın kurutulmasında kullanılabilir. Yatırım maliyetleri ise diğer kurutucular ile eşdeğer ekonomik maliyetlere sahiptir. Meyve ve sebzelerin yanı sıra hububat, baharat, çay ve kahvenin kurutulmasında kullanılabilir. Güneş enerjili kurutucuların tasarımında kullanılan malzeme ve tasarımın şekli bölgeden bölgeye değiştiği gibi aşağıda belirtilen çok sayıda kriteri de içermektedir.

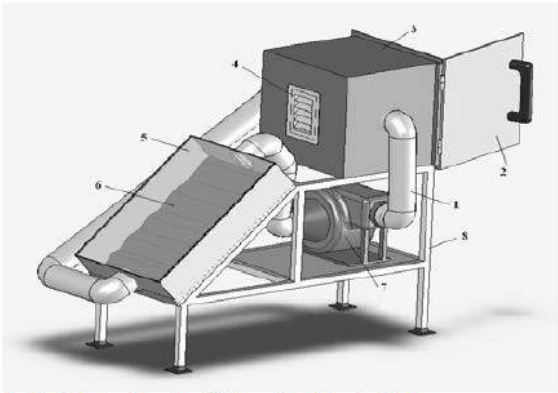
- Kurutma mevsimi ve bölgenin almış olduğu ışıma miktarı
- Kurutma ortamının bulunduğu havanın şartları (nem miktarı ve sıcaklığı)
- Kurutma kapasitesi ve periyotları
- Kurutulacak olan ürünün ilk ve son nem oranları

- Kurutma sıcaklığı
- Kullanılacak olan malzemelerin uygunluğu ve fiyatları
- Tasarımda ve imalattaki teknik personel yeterliliği
- Kurutulacak olan gıdanın özellikleri ve güneş ile etkileşimlerinde meydan gelebilecek fiziksel ve kimyasal değişimler

Tüm bu kriterler yatırım maliyetlerini etkilediği gibi uygulama maliyetlerini de etkiler. Kurutulacak olan gıdanın tüm özellikleri incelendikten sonar, kapasiteler ve bölgesel şartlar da göz önünde bulundurularak tasarım gerçekleştirilebilir.

Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin kurutma amaçlı kullanılması su ısıtmalı sistemlere göre bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Havanın donması, kaynaması ya da sızması durumlarının herhangi bir zarara yol açmaması, neredeyse hiç korozyon probleminin yaşanmaması, küçük sızıntıların çalışmada herhangi bir aksamaya yol açmaması, havanın zehirli olmaması ve bedava olarak her yerde ulaşılabilir olması ve iyi tasarlanmış hava ısıtmalı sistemlerin az teknik ekipman gerektirmesi, hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin kurutma işleminde sağladığı avantajlardır. Bu sistemin dezavantajları ise havanın düşük bir ısıtma kapasitesine sahip olması, yüksek hacim akış oranları ile büyük kanal boyutlandırmaları ve emici ile hava arasındaki düşük ısı transferleridir (Weiss ve Buchinger, 2005, s.67).

Bu tür kurutucuların avantajı, yukarıda bahsedildiği üzere açık havada (atmosferik koşullar altında) yapılan kurutmalarda yaşanabilecek olumsuzlukların en aza indirilmiş olmasıdır. Sistem büyüklükleri ve modernizasyon ihtiyaca göre değişkendir. Bu açıklamaya örnek olmak üzere; Şekil 9' da orta büyüklükte (10 adet havalı kolektörün kullanıldığı) bir endüstriyel güneş enerjili kurutma uygulamasına ait resim gösterilmektedir.



Şekil 8. Hava ısıtmalı güneş kolektörleri ve bileşenlerine yönelik şematik gösterim

Şekil 9. Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin kurutmada kullanımına yönelik resim

IV. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Buğday ürününe ait tarım-gıda değer zincirinde GAP Bölgesinin rekabetçi olabilmesi açısından güneş enerjisi teknolojilerinin geniş bir kullanım alanı olduğu açıktır. Bölgesel güneş enerjisi potansiyelinin hem toplam güneş ışınımı hem de direkt güneş ışınım potansiyeli açısından yüksek olması büyük bir avantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sayede fotovoltaik güneş enerjisi teknolojileri kadar ısıl güneş enerjisi teknolojileri için de önemli fırsatlar söz konusudur. Daha da önemlisi bulgur sektöründe yüksek sıcaklıkta kurutma/pişirme uygulamaları için yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojilerinden faydalanma şansı mevcuttur. Söz konusu teknolojilerin yerel/yerli üretim ve istihdam olanakları için uygun bir iş modeli oluşturulduğunda;

- Buğday tarım-gıda değer zincirinin rekabetçiliği artacaktır,
- Güneş enerjisi teknolojilerinin yerel katma değer zinciri içerisinde yerel üretim ve istihdam artacaktır,

- Tarımsal kaynaklı karbon salımları azalacaktır.

GAP bölgesinde, tarım-gıda değer zincirlerinin önemli bir yere sahip olmaları nedeniyle karbon salınımının azaltılması açısından öncelikli alanlar olarak ele alınmalıdır. Bu alanlarda yapılabilecek düzenlemeler ise öncelikle katılımcı bir süreç içinde tasarlanmalıdır. Bu noktada, değer zincirinin sunduğu bakış açısının katılımcılık avantajından yararlanılmalıdır. Değer zincirinde tespit edilmiş olan önemli karbon salınım noktalarındaki aktörlerin bölgede tarım ve gıda sektöründe söz sahibi olan devlet ve sivil toplum kuruluşlarınca bir araya getirilerek bu alanda sözü edilen yenilenebilir enerji teknolojilerinden haberdar edilmeleri bu konuda atılabilecek adımların başında gelmektedir. Katılımcı bir süreç sonucunda oluşturulan bilinç değer zincirinin tamamını kapsayarak iş birliği ortamının oluşmasına katkıda bulunacaktır. Bölgede tarım ve gıda değer zincirini destekleyici niteliğe sahip olan,

- GAP İdaresi
- Tarım Gıda ve Hayvancılık İl Müdürlükleri
- Bilim Teknoloji ve Sanayi İl Müdürlükleri
- Kalkınma Ajansları
- Ziraat Mühendisleri Odaları
- Tarımsal Kooperatif ve Birlikler
- Sanayi Odaları

direkt olarak katılımcı bir süreç içinde değer zinciri aktörlerini bir araya getirerek karbon salınımının değer zincirine katkısını ve bunun aktörlere ve bölgeye katkılarını etkili bir şekilde sunmalıdır.

Tarım-gıda değer zincirlerinde yer alan aktörlerin, gereken bilince ulaştıklarında, karbon salınımının azaltımı doğrultusunda uygulayacak olduğu yenilenebilir enerji teknolojiler finansman açısından oldukça büyük bir ilk yatırım maliyeti dezavantajı içermesi sebebiyle yine bölgede yer alan ve kamu yatırımlarının ve teşviklerinin düzenlenmesinde görevli olan kuruluşlarca bu dezavantaja yönelik önlemler alınmalıdır. Bu konuda GAP bölgesine özel olarak yapılabilecek uygulamalar arasında,

- Bölgede güneş enerjisi destekli sulama ve kurutma teknolojilerine yönelik mali ve teknik destekler
- Bölgede güneş enerjisi destekli sulama ve kurutma sistemlerinin kurulum ve bakım maliyetini düşürecek üretim yatırımlarına mali ve teknik destekler
- Güneş enerjisi teknolojisinin üretilmesi sürdürülmesi ve geliştirilmesi sürecinde bölgede görev alacak teknik personelin yetiştirilmesine yönelik mali ve teknik destekler,

örnek gösterilebilir. Bu uygulamalar özellikle bölgede faaliyet gösteren kalkınma ajanslarının sahip oldukları düzenleme araçları sayesinde bölgede uygulanabilecektir.

V. TEŞEKKÜR

Bu çalışma GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı tarafından desteklenen ‘GAP Bölgesinde Karbon-Nötr Ekonomiye Geçiş’ Projesi kapsamında geliştirilmiştir. Kalkınma Bakanlığı ve GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı’na projeyi desteklemelerinden dolayı teşekkür ederiz

KAYNAKÇA

[1] Atay, Ü., Işıker, Y., Yeşilata, B., Çıkman, A., “Sabit Güneş Pilli Sulama Sisteminin Performans Analizi”, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi* (ISSN 1306-0007*), cilt 8, sayı 2, sayfa 153-159*, 2012.

[2] Çakmak, E.; Kasnakoğlu, H., *Türkiye İhracatçılar Meclisi Tarım Raporu*, 2016

[3] FAO, *Developing Sustainable Food Value Chains- Guiding Principles*, Roma, 2014.

[4] FAO, *The Benefits And Risks of Solar-Powered İrrigation - A Global Overview*, 2018.

[5]Fıratoğlu, Z.A., Yeşilata B. “Direkt-Akupleli Fotovoltaik Su Pompası Sistemlerinin Çok Aşamalı Optimizasyonu”, *Sigma, sayı 1, sy. 53-67*, 2005.

[6]Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS), *Long-Term Climate Goals- Decarbonisation, Carbon Neutrality,and Climate Neutrality*, Potsdam, 2015.

[7] TUİK, *2016 Seragazı Emisyon İstatistikleri,* Yayınlanma tarihi: Nisan 2018.

[8]Weiss, W., Buchinger, J., *Stablishment of a Production, Sales and Consulting Infrastructure for Solar Thermal Plants in Zimbabwe, s.67*, 2005.

[9]World Economic Forum (WEF), *Industry Agenda- Scaling Up Climate Action through Value Chain Mobilization*, 2016.

[10] Yaka, E.; Barutçuoğlu, O.; İlkhan, M. A.; Abamor, S., " Gap Bölgesi’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ", *GAPGREEN Aralık 2014 Sayı: 2*, 2014.

[11] Yeşilata B, Aktacir A. " Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması" *Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 42, sayı 493 (Şubat), sayfa 29-34*, 2001.

Gelecek Nesil Bir Güneş Enerjisi Panelinin Kavramsal Tasarımı

Conceptual Design of a Futurist Solar Energy Module

Remzi Yıldırım[1*]
Fatih Vehbi Çelebi[1]
Abdullah Yıldız[2]
Fahrettin Göktaş[2]
Bülent Yeşilata[2]

[1]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey, *remzi1963@gmail.com
[2]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering, Ankara, Turkey

***Özetçe*—** Bu çalışmada günün her saatinde, yılın her mevsiminde yüksek verimle çalışacak fütüristik bir Güneş modülünün kavramsal tasarımı tartışılmaktadır. Tasarlanan Güneş modülü hibrit yapıya sahip olup, üç farklı yarı iletken hücreden oluşmaktadır.

Bu hücrelerden 1 nolu hücre foton-duyarlı geleneksel PV hücre olup, sıcaklığın çok yüksek olmadığı güneşli havalarda elektrik üretmektedir. 2 nolu hücre ısıl-duyarlı hücre olup, hücreler üzerindeki sıcaklıkların yüksek olduğu anlarda elektrik üretimi için devreye girmektedir. 3 nolu hücre ise yine ısı duyarlı olup, gökyüzünün soğuk olduğu (özellikle geceleri) elektrik üretimi için devreye girmektedir. Bu çalışmada önerilen bu hibrit modül sistemine yönelik olarak, farklı kullanım senaryoları altında günlük elektrik üretim profilinin trendi incelenmiştir. Literatürde günün her saatinde elektrik üretebilen bu tarz yenilikçi hibrit bir Güneş modülü fikrine rastlanmamıştır. Ancak ısıl-fotovoltaik birleşik hücre ve tüm hava koşullarında çalışan hücre gibi yenilikçi hücre/modül çalışmaları mevcuttur. Bu durum çalışmanın özgünlüğünü vurgulamak açısından önemlidir.

Anahtar Kelimeler —hibrid modül; ısıya duyarlı hücre; ışığa duyarlı hücre; fotovoltaik hücre.

***Abstract*—** This study discusses the conceptual design of a futuristic solar module that will operate with high efficiency during any hour of the day and any season of the year. The designed solar module has a hybrid structure and consists of three different semiconductor cells.

The type 1-cell is a traditional photo-sensitive cell and produces electricity in sunny weather where the temperature is not too high. The type 2-cell is a thermo-sensitive cell that produces electricity from heat when temperatures on the cell surfaces are high. The type 3 cell is again a thermo-sensitive cell but it is used when sky is cold (especially for nights) for electricity production. We discuss here the daily electricity generation profile of this hybrid module for different usage scenarios. It is also important to stress that there is the lack of a hybrid solar module idea in the current literature which can work every hour of the day, excepting that there are some innovative studies of combined thermo-photovoltaic cell and hybrid cells working at all-weather condition. This fact highlights originality of the work presented here.

Keywords —hybrid module, thermo-sensitive cell, light-sensitive cell, photovoltaic cell.

I. INTRODUCTION

The use of photovoltaic solar modules, which convert solar energy directly into electricity, has dramatically been increasing due to advances in production technologies as well as reductions in raw material costs. However, the

conversion efficiencies of solar cells and the capacity utilization periods of solar modules are not at the desired level yet. There are certain obstacles limiting the conversion efficiency of solar cells. First of all they can not absorb solar radiation in all wave lengths; as shown in Fig. 1(a).

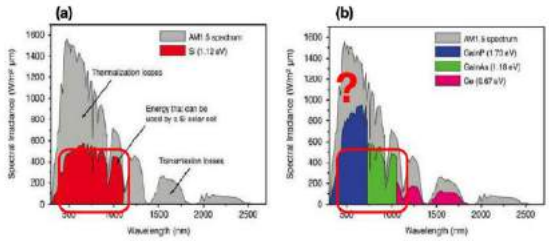


Fig. 1. Solar spectrum with usable portion for; (a) Si-based cells, (b) Ga-based cells.

A small portion of the available sunlight, shown with the area surrounded by a red rectangular at the left bottom of the Fig. 1a, can be captured by a conventional silicon (Si). This inability of not absorbing solar radiation at full spectrum limits the efficiency of a conventional solar cell. This problem has been partially solved by using advanced novel solar cell materials [1], multi-junction solar cells [2] or bifacial solar cells [3]. The output is to enhance usable spectrum area as shown in Fig. 1(b).

The large unusable portion due to termalization losses still remains unsolved, as marked by quotation mark in the graph. Recent thermo-photovoltaic (T/PV) cell structure developed by MIT Research Team [4] is a very good candidate to benefit from full-spectrum range of the sun and can reach the record efficiency for a solar cell. The other major shortcoming of the conventional solar cells is that they produce lower electrical power at rising cell temperatures during operation.

Many creative solutions have been offered to cool the cells with extra gain, such as generating additional hot water by photovoltaic-thermal (PV/T) systems [5], generating extra electricity by constructing photovoltaic (PV) – thermoelectric (TE) hybrid solar cells [6]. Finally, annual capacity utilization ratio of solar cells is limited due to the fact that electricity production can not take place when the sun's radiation is insufficient (eg, cloudy and rainy weathers) or when there is no sun (eg, closed air or night).

Some recent studies have addressed to overcome this problem by proposing either novel cell materials or innovative cell structures. For example, a thin-film paper-based bio-photovoltaic cell has been offered by Sekar et al. [7] to generate electrical current both in the dark (as a 'solar bio-battery') and in response to light (as a 'bio-solar-panel') with potential applications in low-power devices.

A flexible solar cell offered by Qunwei et al. [8] has ability to capture incident light on sunny days and raindrops on rainy days, yielding electricity generation under all weather conditions. A super-efficient thermo-photovoltaic cell developed by the researchers [4] have shown the ability to absorb infrared radiation during the day and to convert it to electric current, not only in the light but also in the dark.

All these examples indicate that future solar modules can work all day long under all weather conditions.

We therefore propose here a futuristic solar module that can operate with high efficiency during any hour of the day and any season of the year. Our focus here is the solar module rather than solar cell that has been addressed by the others in previous studies.

The proposed solar module given in Fig. 2 has a hybrid structure and consists of three different semiconductor cells numbered as 1, 2 and 3. The type1-cell is a photo-sensitive cell and produces electricity in sunny weather where the temperature is not too high. The type 2-cell is a thermo-sensitive cell that produces electricity from heat when temperatures on the cell surfaces are high. The type 3 cell is again thermo-sensitive but it produces electricity when the sky is cool during the night and uses the Seebeck principle.

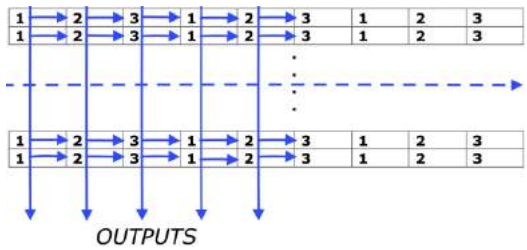


Fig 2. Schematic representation of a futurist solar module integrated with three different cells.

II. CONCEPTUAL DESIGN OF THE PROPOSED FUTURISTIC SOLAR MODULE

Main objective of this work is to conceptual design of an all-day power generating PV module. Although there is no such PV module in the literature yet, we will show that this will be possible in the future by integrating current conventional and hybrid solar cell technologies with novel solar cell materials. The best way to accomplish is to fully

benefit from all solar spectrum, including thermalization area shown in Fig 1(b), as well as the sky's cold surface during night times. Our design is based on this approach and we integrate three different novel solar cell technologies with a comprehensive data management software as depicted in Fig. 3.

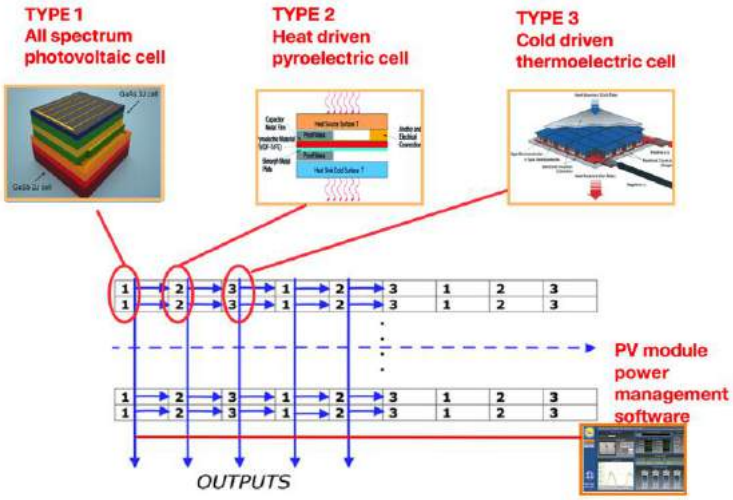


Fig. 3. Conceptual design scheme of the proposed futuristic solar module.

The type-1 is an all spectrum solar cell, which uses a family of materials based on gallium antimonide (GaSb) substrates [9], which are usually found in applications for infra-red lasers and photodetectors. This novel GaSb based solar cells are assembled into a stacked structure along with high efficiency solar cells grown on conventional substrates that capture shorter wavelength solar photons. In addition, the stacking procedure uses a technique known as transfer-printing, which enables three-dimensional assembly of these tiny devices with a high degree of precision [9].

The type-2 cell is based on the fact that sunlight can also be converted to thermal energy, or heat, which can then be used to generate electricity as well. We therefore propose a cell with a thin polymer film combined with a pyroelectric polymer film to directly absorb the sunlight in the form of heat [10]. The advantage of this type cell is that none of the spectrum is wasted; all of them can be converted to heat. Similarly, in the cooling process at the bottom of the cell, the material loses absorbed (stored) heat energy with a high convection heat transfer rate and attains equilibrium at ambient temperature. The values of the maximum and minimum temperature depend on the solar radiation intensity, wind velocity, thermal capacity and absorptivity of the material.

The type-3 cell is based on well-known the Seebeck thermoelectric principle but placed reversely to its conventional use. The thermoelectric cell is one of the most widely used technology in PV modules, especially in hybrid solar cells that can provide cooling for the photovoltaic device through the Seebeck element [6]. On the other hand, we here propose very innovative placement of a thermoelectric cell in a way that the cold side is at upper part of the module and has ability to view sky. This replacement allows the surface to reject heat radiatively to the sky at relatively low temperature. This cell is called a night-time cell and generates electricity when there is no available sunlight and the sky temperature is lower than 273 K, which is the case throughout the year especially between hours of 8 PM and 4 AM.

Additionally, the module itself has a comprehensive data monitoring and management software and allow the generation of the electricity during full day as demonstrated in Fig. 4. Its projected performance is at the best and is not only because it generates electricity at full-spectrum but also because it generates energy at times when the other available solar cells can not accomplish.

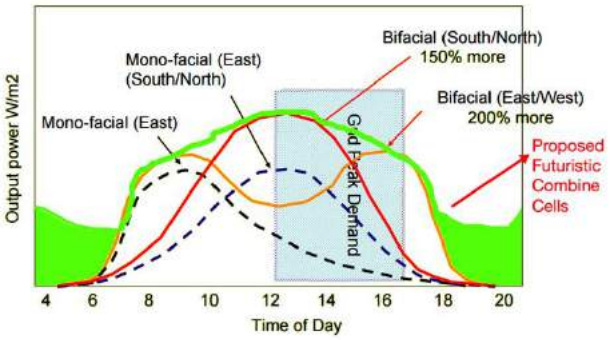


Fig. 4. Approximate the daily working profile of the proposed futuristic solar module (shown with green line)

III. CONCLUDING REMARKS

The use of photovoltaic solar modules has dramatically been increasing due to advances in production technologies as well as reductions in raw material costs. However, the conversion efficiencies of solar cells and the capacity utilization periods of solar modules are not at the desired level yet.

There are certain obstacles limiting the conversion efficiency of solar cells; such as that they can not absorb solar radiation in all wave lengths as well as they produce lower electrical power at rising cell temperatures during operation. On the other hand, factors limiting the capacity utilization periods are that electricity production can not take place when the sun's radiation is insufficient (eg, cloudy and rainy weathers) or when there is no sun (eg, closed air or night).

We believe that future solar panels need to get rid of these limitations and propose a futuristic solar module for this purpose. Conceptual design frame of this module and its ability for full-day power generation is described and discussed.

We prove that this is certainly possible even with wisely integrating of currently available novel cell technologies and materials. There are more alternatives than those discussed in this work and we will expand them as future work. Other challenges for our future work are cost reduction of this advanced technology and its scaling for the mass production.

REFERENCES

[1] M. Theristis, G. Arnaoutakis, N. Sarmah, T. K. Mallick, T.S. O'Donovan, Solar Spectrum Dependent Thermal Model for HCPV Systems, 13th UK Heat Transfer Conference, UKHTC2013, n:124 (2013).

[2] H. Helmers, M. Schachtner, and A. W. Bett, "Influence of temperature and irradiance on triple-junction solar subcells," Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 116, pp. 144-152 (2013).

[3] A. Lindsay, M. Chiodetti, P. Dupeyrat, D. Binesti, E. Lutun, K. Radouane, Key Elements in The Design of Bifacial PV Power Plants; PVSEC 2015 (2015).

[4] D. Biierman et al., Enhanced photovoltaic energy conversion using thermally based spectral shaping, Nature Energy, DOI: 10.1038/NENERGY.2016.68 (2016).

[5] D. Dasa, P. Kalitaa, O. Royb, Flat plate hybrid photovoltaic- thermal (PV/T) system: A review on design and development, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v 84, pp 111-130 (2018).

[6] T. Park, C. Park, B. Kim, H. Shin, and E. Kim, Flexible PEDOT electrodes with large thermoelectric power factors to generate electricity by the touch of fingertips, Energy Environ. Sci 6, pp. 788–792 (2013).

[7] N. Sekar, Umasankar, R.P. Ramasamy, Photocurrent generation by immobilized cyanobacteria via direct electron transport in photobioelectrochemical cells. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, 7862–7871 (2014).

[8] T. Qunwei, W. Xiaopeng, Y. Peizhi, H. Benlin, A Solar Cell That Is Triggered by Sun and Rain, Angewandte Chemie (International ed. in English), DOI: 10.1002/anie.201602114 (2016).

[9] Lumb et al. GaSb-Based Solar Cells for Full Solar Spectrum Energy Harvesting, Advanced Energy Materials, DOI: 10.1002/aenm.201700345 (2017).

[10] C. R. Bowen, C. R. Taylor, E. LeBoulbar, D. Zabek, A. Chauhan, and R. Vaish, Pyroelectric materials and devices for energy harvesting applications, Energy Environ. Sci. 7, pp. 3836–3856 (2014).

Pilot Bir Uygulama için Sabit ve Çift Eksenli Fotovotaik Sistem Simulasyonlarının Enerji Üretimi Karşılaştırması

Comparison of Energy Production for Simulations of Fixed and Dual Axis Photovoltaic Systems: A Pilot Application

Selin ÖZÇIRA[1]
Çağatay VARIŞ[2]
Nur BEKİROĞLU[3]

[1]Elektrik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Elektronik Fakültesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye,
[1]sozcira@yildiz.edu.tr, [3]nbekir@yildiz.edu.tr
[2]İstanbul Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş, Aydınlatma ve Enerji Verimliliği Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye, cvaris@enerji.istanbul

***Özetçe*—**Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Küçükçekmece Sosyal Tesislerine kurulması planlanan fotovoltaik sistem tasarımına ait ön fizibilite çalışması ele alınmıştır. Kurulacak olan fotovoltaik sistemin sabit eksenli ya da çift eksenli güneşi takip edebilen yapıda olma durumları ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Aynı veriler ve koşullar kullanılarak PVSOL ve PVGIS yazılımları ile gerçekleştirilen simülasyonlar vasıtasıyla elde edilen üretim miktarları karşılaştırılmıştır. Bir yıllık güneş ışınım verileri kullanılarak gerçekleştirilen bu simülasyonlarda; PVSOL ve PVGIS yazılımları ile elde edilen sonuçların farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, her iki kurulum tipi için PVGIS yazılımının toplamda yıllık %7 daha yüksek üretim miktarı verdiği gözlemlenmiştir. Her iki yazılım için ise çift eksenli fotovoltaik sistem ile toplamda yıllık %25 daha fazla elektrik enerjisi üretiminin olacağı ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler — fotovoltaik sistem simulasyonu; sabit eksen; çift eksen.

***Abstract*—** In this study, preliminary feasibility of the photovoltaic system to be built in Istanbul Metropolitan Municipality Kücükcekmece Social Facilities has been discussed. Photovoltaic system to be built has been considered either to be a fixed axis type or solar tracking dual axis type. Using same type of data and applying same operating conditions, amount of produced energy has been compared by running simulations with PVSOL and PVGIS softwares. In simulations one year period data has been used. And it is revealed that results gathered from PVSOL and PVGIS are different. According to these results, for the two different types of photovoltaic systems, PVGIS results show 7% higher amount of energy production annually. For two different types of simulation softwares, in dual axes fotovoltaic system 25% higher amount of energy production has been resulted annually.

Keywords — photovoltaic system simulation; fixed axis; dual axis.

I. GİRİŞ

İstanbul ili, enerji tüketimi konusunda ülkemizin önde gelen bölgelerinden birisidir. Mevcut tüketimin bir kısmını karşılayabilmek adına uygun çatılara ve sahalara kurulacak güneş enerjisi üretim sistemleri, İstanbul ili için büyük önem arz etmektedir. Güneş enerji sektöründe faaliyet gösteren çok sayıda firmaya sahip olması nedeniyle İstanbul ili bu yatırımları destekleme potansiyeli bakımından önemli üstünlüklere sahiptir. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından hazırlanan Güneş Enerji Potansiyeli Atlasına göre İstanbul ili, yıllık ortalama 1400-1450 kWh/m^2 güneş radyasyonu ile güneş santrali kurmak için elverişli bir bölge konumundadır [1].

İstanbul için aylık ışınım süresi değerleri Tablo 1'de verilmiştir [1,2]. İstanbul ilinin aylık ortalama ışınım süresi, en düşük Ocak ayında 2,9 saat/gün ve en yüksek Temmuz 11,5 saat/gün; aylık ortalama ışınım miktarı değerleri ise en düşük Ocak ayında 2 kWh/m²-gün, en yüksek Haziran ve Temmuz aylarında 6,79 kWh/m²-gün olmak üzere değişim göstermektedir.

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Işınım süresi (Saat /gün)	2,9	3,6	4,6	6,5	8,8	10,6	11,5	10,6	8,2	5,7	4,0	2,7	6,6
Gün uzunluğu (Saat/gün)	9,4	10,5	11,7	13,1	14,3	14,9	14,6	13,6	12,3	10,9	9,7	9,1	12
Işınım miktarı (kWh/m²-gün	2	2,57	4,20	5,28	6,3	6,79	6,79	6,07	5,09	5,09	3,74	2,37	1,80

Tablo 1. İstanbul ilinin aylık ortalama ışınım süresi, gün uzunluğu ve ışınım miktarı

Yüksek güneş ışınım değerleri ve enerji potansiyeline sahip bir şehir olarak kabul edilebilecek İstanbul'da, özellikle sosyal alanlar, ortak kamu alanları gibi mevkilerde güneş enerjisinden yaralanarak elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak; hem tasarruf etmeyi, hem de toplum bilincini oluşturarak örnek teşkil etmeyi sağlayacaktır.

Bu çalışmada, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Küçükçekmece Sosyal Tesisleri'nde elektrik enerjisi ihtiyacının bir kısmının karşılanması için kurulacak olan 5,2 kWp kurulu güce sahip fotovoltaik sistemin yıllık enerji üretim miktarının olası en yüksek değerde olabilmesi amacıyla tesise ait meteorolojik ve topografik bilgiler kullanılarak, kurulum öncesinde sistemin performans oranı ve elektrik üretim miktarlarının ön görülmesi hedeflenmiştir. Bu pilot uygulamada, sosyal tesisin kamuya açık kullanılabilir alanının el verdiği ölçüde ve fazla büyük bir konstrüksiyona ihtiyaç duyulmadan kurulu güç 5,2kWp ile sınırlandırılmıştır. Polikristal yapıda aynı marka/model güneş paneli ve aynı marka/model inverter kullanılarak sabit eksenli ve çift eksenli olmak üzere iki farklı tipte fotovoltaik sistemin, farklı simülasyon yazılımları kullanılarak ay bazında enerji üretim değerleri bulunmuş ve performans oranları karşılaştırılmıştır.

II. TASARLANACAK FOTOVOLTAİK SİSTEM İÇİN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİM SİMULASYONLARI

Fotovoltaik simülasyon yazılımlarının kullanım alanları çok yönlüdür. Fotovoltaik tesislerin planlamasında, simülasyon yazılımları kullanılarak sınır değerleri, çalışma durumları için üretim tahminleri oluşturulabilir [3].

PVSOL yazılımı bu çalışmada, sistem optimizasyonu ve enerji üretim değerlerinin, tasarım aşamasında görülebilmesi için kullanılmıştır. Bölgesel ışınım verileri, aylık ve yıllık enerji üretim değerleri gibi çeşitli simülasyon sonuçlarını verebilmektedir. PVSOL yazılımı belirlenen bir konum için meteonorm verilerini kullanmaktadır. Ufuk saati ve güneş ışımını kullanarak gölgelenme tespitinin yapılabilmesini sağlamaktadır [4]. PVSOL'de gölgelenmeler modül bazında dikkate alınmaktadır. Diğer çoğu simülasyon yazılımında ise sistem bütünü veya dizi bazında gölgelenme göz önüne alınır. Güneşin yükseklik, enlem, azimut vs. gibi değerlerinin kullanılarak sistemin üretiminin tepe yaptığı noktaların kullanımını sağlamaktadır.

PVGIS yazılımı; Avrupa ve Afrika bazlı bölgesel ışınım değerlerine sahiptir. Web yazılımı olan PVGIS kurulum alanındaki ışınımı ve sistem üretimi ile ilgili verileri iki farklı uydudan aktarmaktadır. Günlük, aylık ve yıllık enerji üretim değerlerini gösterebilmektedir.

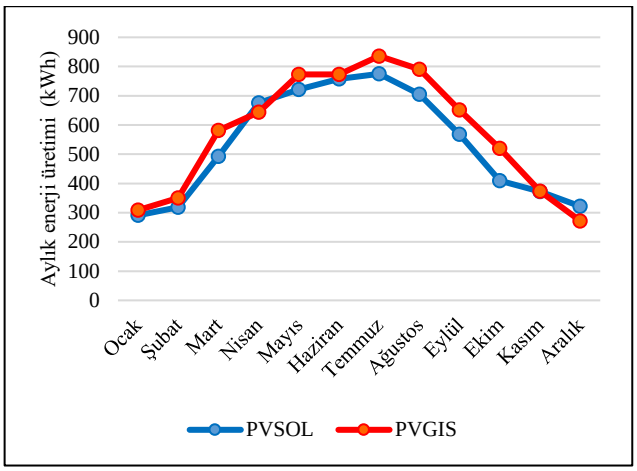
Bu farklı yazılımlar ile sabit eksenli ve çift eksenli sistemler gibi farklı tipte sistemler için enerji üretimi ayrı ayrı bulunabilir [5].

Sabit eksenli fotovoltaik sistem tasarımı için Küçükçekmece Sosyal Tesisi'nin yatay düzlem üzerine düşen toplam yıllık ışınım miktarı, kurulum sahasında alınan bir yıllık piranometre ölçüm sonuçlarına göre 1364,5kWh/m² olarak belirlenmiştir. Kurulumu güney yönünde tasarlanmış olup, PVSOL simülasyon yazılımı kullanılarak toplamda 35m²'lik panel alanına sahip sistemin üzerine düşen ışınım miktarının enerji karşılığının 49265,3kWh olduğu görülmüştür. Sabit eksenli fotovoltaik sistemin yapılan simülasyon sonuçlarına göre modül üzerinde meydana gelen kirlilik, nominal modül sıcaklığından sapma, diyot üzerinde oluşan kayıplar, inverter dönüşüm oranı, kablo kaybı, gerilim sapması ve performans uyumunun düşüklüğüne bağlı kayıplar olmasından ötürü yıllık enerji üretimi 6410,5kWh olarak bulunmuştur. Aynı şekilde, PVGIS simülasyon yazılımı kullanılarak yıllık enerji üretimi 6874,1kWh olarak bulunmuştur.

Şekil 1'de, İBB Küçükçekmece Sosyal Tesisleri için kurulacak 5,2kWp'lik sabit eksenli sistemin PVSOL ve PVGIS yazılımlarından elde edilen aylık enerji üretim eğrileri verilmiştir. Buna göre, PVGIS yazılımından elde edilen üretim değerleri, PVSOL yazılımından elde edilen yıllık üretim değerlerinden %7 daha yüksek çıkmıştır.

Çift eksenli güneş takip sisteminin sabit eksenli sistem ile karşılaştırılabilmesi için 5,2 kWp gücünde çift eksenli fotovoltaik sisteminin üretim analizi PVSOL ve PVGIS yazılımları ile ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çift eksenli güneş takip sistemde güneş algılama elemanları ile güneş yörüngesini takip edecektir. Güneşin doğudan doğup, batıdan batması sebebi ile azimut değeri 90° ile -90°

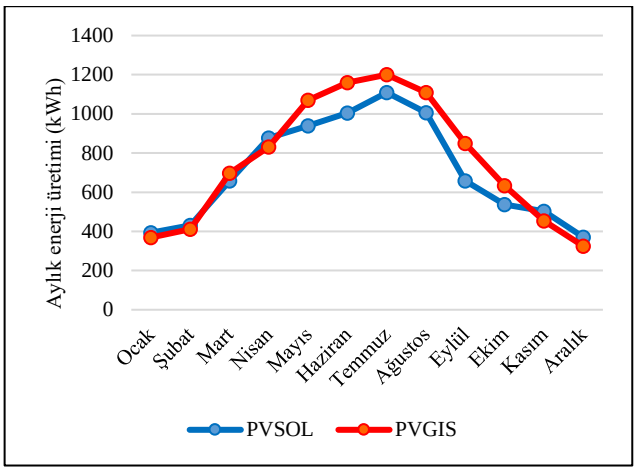
arasında değişecektir ve çift eksenli sistem güneşten maksimum faydalanmayı sağlayarak doğu, güney ve batı yönlerinde güneşi takip etmiş olacaktır.



Şekil 1. İBB Küçükçekmece Sosyal Tesisleri için kurulacak 5,2kWp'lik sabit eksenli sistemin PVSOL ve PVGIS simülasyon yazılımlarından elde edilen enerji üretim eğrileri

Buna göre, PVSOL simülasyon yazılımı kullanılarak toplamda 35m^2'lik panel alanına sahip sistemin üzerine düşen ışınım miktarının enerji karşılığının 64834,7kWh olduğu görülmüştür. Çift eksenli fotovoltaik sistemin yapılan simülasyon sonuçlarına göre modül üzerinde meydana gelen kirlilik, nominal modül sıcaklığından sapma, diyot üzerinde oluşan kayıplar, inverter dönüşüm oranı, kablo kaybı, gerilim sapması ve performans uyumunun düşüklüğüne bağlı kayıplar olmasından ötürü yıllık enerji üretimi 8489,4kWh olarak bulunmuştur. Aynı şekilde, PVGIS simülasyon yazılımı kullanılarak yıllık enerji üretimi 9120,2kWh olarak bulunmuştur. Şekil 2'de, İBB Küçükçekmece Sosyal Tesisleri için kurulacak 5,2kWp'lik çift eksenli sistemin PVSOL ve PVGIS yazılımlarından elde edilen aylık enerji üretim eğrileri verilmiştir. Buna göre, PVGIS yazılımından elde edilen üretim değerleri, PVSOL yazılımından elde edilen yıllık üretim değerlerinden yine %7 daha yüksek çıkmıştır.

Şekil 1 ve Şekil 2'den PVSOL ve PVGIS için kümülatif toplamlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde çift eksenli sistemin her iki yazılımda da yıllık %25 daha yüksek elektrik enerjisi üreteceği ortaya çıkmaktadır. Çift eksenli sistemde gelen güneş ışığı ile fotovoltaik panel normali arasındaki açıyı azaltıcı yönde güneş takibi mümkün olduğundan daha fazla ışınım miktarından faydalanılabilmektedir [6]. Yine Şekil 1 ve Şekil 2 için ayrı ayrı PVSOL ve PVGIS yazılımlarından alınan sonuçlar değerlendirildiğinde bu yazılımlar arasında yıllık enerji üretim sonuçları arasında %7'lik bir fark oluşmaktadır. Bunun nedeni ise PVSOL yazılımının meteonorm verilerini kullanırken PVGIS yazılımının uydu verileri kullanması ve modül bazında gölgelenmeleri hesaba katmamasıdır.



Şekil 2. İBB Küçükçekmece Sosyal Tesisleri için kurulacak 5,2kWp'lik çift eksenli sistemin PVSOL ve PVGIS simülasyon yazılımlarından elde edilen enerji üretim eğrileri

III. SONUÇLAR

Pilot bölge olarak seçilen İBB Küçükçekmece Sosyal Tesisleri için kurulacak 5,2kWp'lik fotovoltaik sistemi için aylık bazda üretim değerleri ve 12 aylık bu değerlerin toplamı olan yıllık enerji üretim değerleri sabit ve çift eksenli sistem tasarımları göz önüne alınarak hesaplanmış ve ön fizibilite çalışması oluşturulmuştur. Sabit eksenli ve çift eksenli fotovoltaik sistem tasarımları için hem PVSOL hem de PVGIS yazılımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, yazılım fark etmeksizin çift eksenli sistemin yıllık yaklaşık %25 daha yüksek elektrik enerjisi ürettiği ortaya çıkmıştır. Çift eksenli fotovoltaik sistem için güneş ışınlarının geliş açısının takibi daha yüksek elektrik enerjisi üretimi sağlamaktadır.

Ayrıca iki farklı simülasyonun yılın ilk aylarında birbirine yakın sonuçlar verdiği fakat üretilen enerjinin artması ile beraber bir sapma oluştuğu görülmüştür. Her iki yazılım için yıllık üretim değerleri sistem tasarım tipi fark etmeksizin karşılaştırıldığında PVGIS ile elde edilen sonuçların PVSOL ile elde edilen sonuçlardan %7 daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin ise PVSOL yazılımının gölgelenmeleri modül bazında dikkate almasıdır.

IV. BİLGİLENDİRME

Yazarlar, İstanbul Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş'ye desteklerinden dolayı teşekkür eder.

KAYNAKÇA

[1] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, GEPA (İl Bazlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası)

[2] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ISTANBUL

[3] Öztürk, H., "Güneş enerjisinden fotovoltaik yöntemleektrik üretiminde güç dönüşüm verimi ve etkili etmenler" V. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi 1(1):1-14, 2017.

[4] Axaopoulos, P. J., Fylladitakis, E. D., Gkarakis, K., "Accuracy analysis of software for the estimation and planning of photovoltaic installations", International Journal of Energy and Environmental Engineering, 5(1):1-7, 2014.

[5] Varış, Ç., Bekiroğlu, N., Özçıra, S., "Güneşi İzleyebilen 5,2 kW Gücünde Çift Eksenli Fotovoltaik Sistem Tasarımı ve Simülasyonu", V. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi 1(1):282-291, 2017.

[6] Yılmaz, Musa., "İki Eksenli Güneş Takip Sistemlerinde Takip Verimliliğin Arttırılması" Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(1):56-62, 2017.

ÖZET METİNLER / ABSTRACTS

İklim Verilerini Kullanarak Güneş Enerjisi Elektriksel Güç Tahmini
Solar Electrical Power Estimation Using Climate Data

Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ[1]
Mehmet Burak SUNGUR[2]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agumuscu@harran.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mburaksungur@gmail.com

***Özetçe*—**Fosil enerji kaynaklarının tükenmek üzere olduğu günümüzde özellikle Dünya nufüsunun artması ile beraber yenilenebilir enerji çok önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji çeşitlerinden olan güneş enerjisi ile elektrik enerjisi elde etme işlemi de günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle yasal iyileştirmelerin yapılması ile beraber ülkemizde de çok yoğun şekilde güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmektedir. 2014 yılında güneş enerjisi ile üretilen elektriksel güç 40 MW iken 2017 yılının ilk on ayında 2060 MW'a ulaşmıştır [1]. Bu da önümüzdeki yıllarda da güneş enerjisi ile elektrik üretiminin aynı ivme ile artacağını göstermektedir.

Güneş enerjisi ile üretilen elektrik enerji miktarı, iklimsel verilere bağlı olarak anlık bir şekilde değişmektedir. Bunun yanında yapay öğrenme algoritmaları ile verilerin nitelikleri ile sonuçları arasında ilişki çıkarımları yapılarak birçok konuda karar verme modelleri oluşturulabilemektedir. Bu çalışmada iklim verileri kullanılarak üretilebilecek elektriksel enerji miktarı tahmini yapılacaktır. Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin %2,5 gibi bir oranının Güneş enerjisi ile üretildiği düşünüldüğünde iklimsel değişikliklerin de ülke enerji politikasına etki edebileceği söylenebilir. Bu çalışma sayesinde ülkemizde gelecek yıllarda gerçekleşebilecek iklim şartlarını gözönünde bulundurarak enerji yatırımları planlanabilecektir. Yapay öğrenme yöntemi olarak yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar makro düzeydeki enerji üretimi planlamada bu gibi çalışmaların daha da geliştirilebileceğini ve başarılı sonuçlar alınabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler — güneş enerjisi; elektrik enerjisi; yapay öğrenme, yenilenebilir enerji.

***Abstract*—**Nowadays when the fossil energy sources are about to run out, especially with the increase of the world population, renewable energy emerges as a very important concept. Solar energy, which is one of the renewable energy types, is also used in many fields today. Especially with legal improvements, electricity is obtained from solar energy very intensively in our country. Electrical power generated by solar energy in 2014 was 40 MW, but in the first ten months of 2017 it reached 2060 MW [1]. This means that solar electricity generation will increase with the same momentum in the next years.

The amount of electric energy generated by solar energy changes instantaneously depending on the climatic data. In addition to this, artificial learning algorithms can be used to model decision-making in many contexts by deriving a relationship between the features and results of the data. In this study, the amount of electrical energy that can be generated using climate data will be estimated. It can be said that climatic changes can affect the country's energy policy when 2.5% of the electricity generated in our country is thought to be produced by solar energy. Thanks to this work, energy investments can be planned considering the climate conditions that can happen in our country in the coming years. Artificial neural network method is used as artificial learning method. The results show that such activities can be further improved in macro-level energy production planning and successful outcomes can be achieved.

Keywords — solar energy; electrical energy; artificial learning; renewable energy.

KAYNAKÇA

[1] https://www.enerjiportali.com/enerji-haberleri/kpmg-2018-sektorel-bakis-2018-raporu-yayinlandi Erişim tarihi: 04.03.2018

Akıllı Kent Sistemleri ile Enerji Verimliliği
Energy Efficiency with Smart City Systems

Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ[1]
Caner ALTUNDAĞ[2]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agumuscu@harran.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, caneraltundag13@gmail.com

Özetçe— Küreselleşen ve gelişen Dünya'da, süratle artan enerji talebi, kaynakların sınırlılığı ve doğru-verimli-yerinde kullanımı konusu, enerji kaynaklarını daha verimli kullanma gerekliliğini meydana getiren süreçler başlatmıştır. Bundan hareketle akıllı kent sistem ve uygulamaları önem kazanmıştır. Akıllı kent, kente ait çeşitli sorunların rasyonel olarak çözülmesini sağlayabilen bir uygulama olarak ülkelerin gündemine girmiş bir kavramdır. Akıllı kent, bilişim teknolojilerinden güvenli bir şekilde faydalanılarak kent varlıklarının ve kaynaklarının entegre edilmesini ifade eden bir kentsel gelişim vizyonudur. Bir başka tanıma göre ise, "bilgi ve iletişim teknolojilerini şehrin yaşanabilirliğini, çalışabilirliğini ve sürdürebilirliğini sağlamak için kullanabilen" kentlerdir [1].

Akıllı kent sistemlerinin uygulamaları, akıllı aydınlatma, akıllı otopark, akıllı kavşak ve duraklar, akıllı sulama vb alanlarda sıralanabilmektedir. Bunlardan her birinin tasarımı ayrı bir metot ve yaklaşıma ihtiyaç duyabilmektedir. Akıllı sistemlerin yaygın olarak kullanıldığı alanların başında yol ve cadde aydınlatma sistemleri gelmektedir. Özellikle LED teknolojisinin gelişimi ve denetim kolaylığı yol aydınlatması sistemleri ile ilgili çalışmaları hızlandırmıştır. Benzer şekilde trafik yoğunluğu esasına göre hareket eden sinyalizasyon sistemleri ve kavşaklar, NFC altyapısıyla donatılan şehir otoparkları, doluluk seviyesine ve atıkları türüne göre ayrıştıran çöp konteynerleri ve katı atıklardan biyogaz yoluyla enerji eldesi, akıllı kent uygulamalarının sıkça uygulandığı diğer alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada sıklıkla kullanılan ve bahsi geçen akıllı kent uygulamalarının enerji verimliliği üzerinde yaptığı etki irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, uzaktan denetim ve takibe olanak sağlayan entegre kent sistemlerinin ve ihtiyaca göre aktif/pasif durumunu belirleyebilen bu yaklaşımın ciddi bir şekilde enerjinin verimliliğine katkı sağladığının bununla birlikte zamandan tasarrufa da imkan sağladığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler — enerji verimliliği; akıllı kent; led teknolojisi; NFC.

Abstract— In the globalizing and developing world, processes have begun to bring about the necessity of maximizing productivity, which is a rapidly increasing demand for energy, limited resources and proper use of resources. From this, smart city systems and applications have gained importance. The smart city is a concept that has entered the agenda of countries as an application that can solve the various problems of the city rationally. A smart city is a vision of city development that expresses the integration of city assets and resources by safely utilizing information technologies. According to another definition, "cities are able to use information and communication technologies to provide urban viability, workability and sustainability" [1].

The applications of smart city systems can be arranged in areas such as smart lighting, smart parking, smart intersections and stops, smart irrigation, and so on. The design of each of them may need a separate method and approach. Road and street lighting systems are at the forefront of the areas where smart systems are commonly used. Signaling systems and junctions that operate on the basis of traffic intensity, urban parking lots equipped with NFC infrastructure, garbage containers that separate occupancy and waste according to type, and energy waste through biogas from solid wastes. there are other areas where intelligent urban applications are frequently applied. The impact of smart city practices on energy efficiency, which is frequently used in this study, is examined. According to the results obtained, this approach, which can determine the state of the integrated city systems and the active / passive situation according to need, can contribute to the efficiency of the energy seriously and it also seems to enable the saving.

Keywords **— energy efficiency; smart city; led technology; NFC .**

KAYNAKÇA

[1] KAMU TEKNOLOJİ PLATFORMU (2016). Akıllı Kentler Masa başı Araştırması http://www.akillisehirler.org, Erişim tarihi: 15.03.2018.

Plunger Vanalarda Akışın Sayısal İncelenmesi

Numerıcal Analysıs Of Flow In Plunger Valves

İskender YİĞİT[1]
Ömer Faruk CAN[2]
İhsan DAĞTEKİN[3]

[1]DSİ 10. Bölge Müdürlüğü Makine Mühendisi, Diyarbakır
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ

Özet— Akışkanların basınç, debi, seviye, sıcaklık ve benzeri parametrelerinin kontrolü amacıyla tesisatlar da kullanılan plunger (iğneli) vanaları (Şekil 1.), su iletim hatları, barajlar ve su tahliye hatlarında ayar vanası, koruma vanası ve tahliye vanası olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Makine tesisat elemanları içinde önemli yere sahip olan plunger vanaların tasarım aşaması yapılıp gerçekteki çalışma koşulları tanımlanarak bilgisayar ortamında sayısal yöntemlerle analizi yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri yapılan tasarımsal prototipin müşterinin isteklerine uygun olup olmadığı sorusunun, imalatı yapılacak örnek üründen önce sorularak değerlendirilmesi yapılır. HAD ile yapılan analizler müşterinin uygun ve doğru ürün seçimine yardım eder.

Bu çalışmada, DN 600 bir plunger vana içerisindeki akış sayısal olarak incelenmiştir. Önce giriş basıncı 16 bar, çıkış basıncı 8 bar da sabit tutulmuş ve klapenin hareketini simüle eden konum 1, konum 2 ve konum 3 değerleri girilmiş daha sonra klape konumu 3'de giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar değerleri girilmiştir. Bu değerler ile sonlu hacimler yöntemi kullanan bir HAD simülasyon programı yardımıyla kavitasyon oluşan bölgeler ve hız değişimleri tespit edilmiştir. Bu tespit için Ansys CFX 12 programında vana akış analizleri yapılmış, basınç ve hız değişimleri sonucunda oluşan kavitasyon alanlarının vana çıkış deliklerinde ve bu deliklere yakın alanlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Üç farklı tasarımın ve dört modellemenin yapıldığı bu çalışmada, bu vanalarda kavitasyon oluşumunun deneysel olarak doğrulanması için de modellerden birinde sayısal çalışma yapılmıştır. Yapılan modellemede, klape konumu 3 için giriş ve çıkış basınçları; Doğuş Vana kataloğundaki (Şekil 2.) deneysel olarak bulunmuş olan kavitasyon eğrisindeki basınç değerleri (giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar) girilmiş olup hem modellemede (Şekil 3.) hem de kavitasyon eğrisinde görüldüğü gibi kavitasyon oluştuğu görülmüştür.

Sonuç olarak, HAD simülasyon programı yardımıyla yapılan modellerin sayısal analizlerinin yapılıp, bu analizler sonucunda ortaya çıkan kavitasyon, koç darbesi vb. diğer etkenlerin tespit edilmesinin mümkün olacağı, deneysel yöntemlerde her bir çalışma şartları için prototipi yapılacak olan modeller yerine HAD programı yardımıyla farklı modellemeler için analizlerin yapılabileceği, yapılan bu analizler sonucunda optimum modelin daha kısa sürede ve daha ekonomik bir şekilde bulanabileceği ve deneysel yöntemlerle doğrulabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Ansys CFX, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Kavitasyon, Plunger vana.

Abstract— Plungers (Figure 1.) are used in installations to control the fluids parameters such as pressure, flow, level, temperature are commonly used as regulating valve, protection valve and bleeder valve in water transmission lines, dams and drain channels.

Plunger valves, which are important elements in the machine installation elements can be analyzed with computer numerical methods in the design stage with identification according to the working condition. The question of whether the design prototype which is analyzed by finite element method, complies with the demands of customer is evaluated by asking before the sample product to be manufactured. Analyzes with HAD help the customer to choose the appropriate and right product.

In this work, flow in a DN 600 Plunger system was conducted numerically. First input pressure was set to 16 bar, outlet pressure was set to 8 bar for disk position 1, position 2 and position 3 which simulate Plunger valve movement. After that for the valve position 3 input pressure was set to 20 bar, outlet pressure was set to 1 bar input values. With

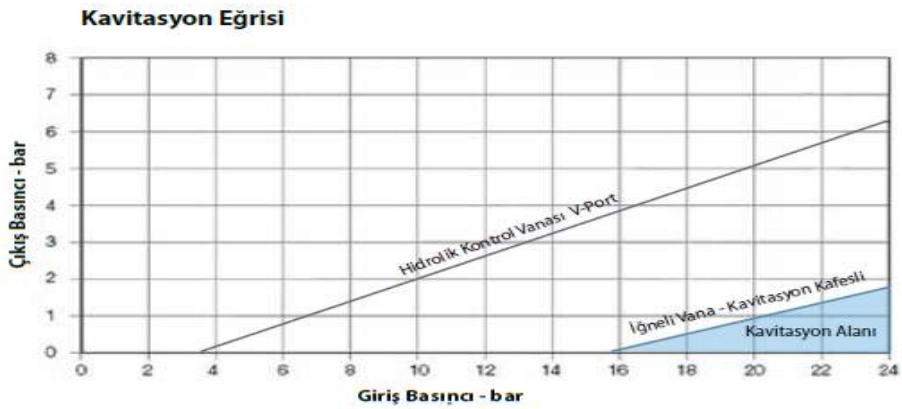
these parameter given flow parameters and cavity formation areas were determined using Ansys CFX 12 HAD simulation program using finite volume method. From these parametric studies it is found that cavitation areas were formed on valve outlet holes and the areas nearby the holes.

In this study, three different designs and four models were made; numerical studies were carried out in one of the model to verify the cavity formation experimentally in these valves. In this model, the inlet and outlet pressures for the disk position 3; The pressure values (inlet pressure 20 bar, outlet pressure 1 bar) in the cavity curve which were found experimentally in the Doğuş Vana Catalog (Figure 2.) are given and cavity formation was observed both in the model (Figure 3) and in the cavity curve.

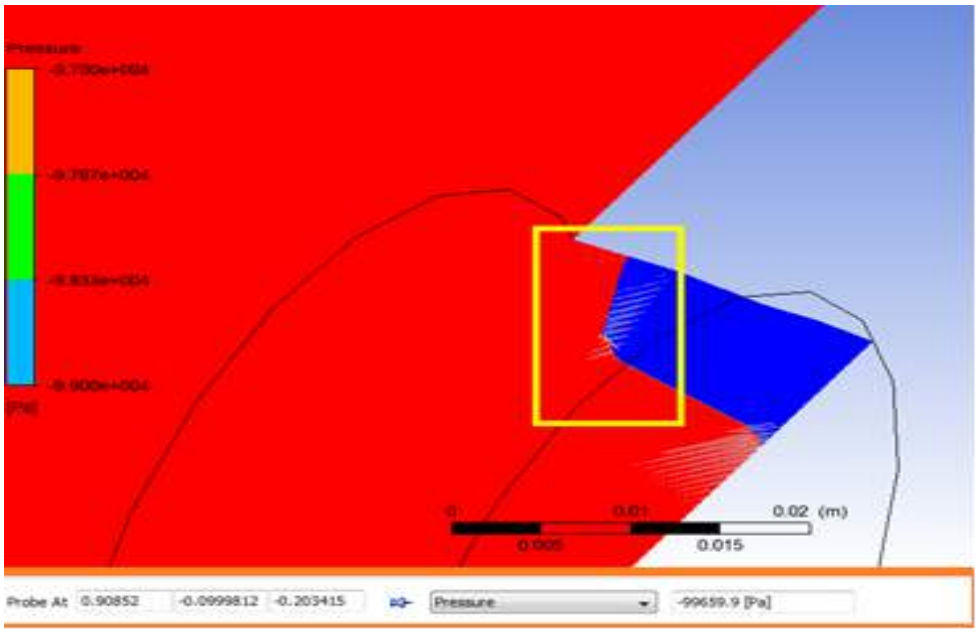
As a result,, HAD simulation program with the help of numerical analysis of the models made, and the resulting cavitation, water hammer, it is possible to determine the other factors, to be able to analyze for different models by using HAD program instead of the models which will be prototyped for each working conditions in experimental methods and as a result of these analyzes, the optimum model can be found in a shorter time and more economically and can be verified by experimental methods.

Keywords — Ansys CFX, Computational Fluid Dynamics, Cavitation, Plunger valve.

Şekil 1. Plunger Vana



Şekil 2. Doğuş Vana Kataloğu 2016 kavitasyon eğrisi



Şekil 3. Deneysel doğrulama yapılan model (giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar)

KAYNAKÇA

Sevgi, Y., 2011, Merkezkaç pompalarda önçark uygulamasının kavitasyon etkisinin sayısal ve deneysel incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul

Anonim, 2016, Plunger Vana Kataloğu, Doğuş Vana, Manisa

Şen, M., 2006, Santrifüj Pompalar ve Pompa Tesisat, MAS Pompa Sanayi A.Ş., İstanbul, 2. Baskı, 65-77, 211.

ANSYS 12 (Academic Teaching Introductory) command References and gui.

Arazi Tesviyesinin Karbondioksit Emisyonuna Etkisi

Güzel YILMAZ[1]
Kerem GÜLPINAR[1]

[1] *Çevre Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, gyilmaz@harran.edu.tr*

Özetçe- Nüfus artışına bağlı olarak artan talep ihtiyacını karşılamak için geliştirilen tarım makinaları ve çeşitli tarımsal üretim uygulamaları her geçen gün hızla gelişmektedir. Gelişen bu tarımsal faaliyetlerin bilinçsiz olarak uygulanmasının getirdiği olumsuzluklar kaçınılmazdır.

Daha iyi bir sulama uygulamasının yapılabilmesi için; olanaklar ölçüsünde doğal eğimi bozmadan ve verimlilik potansiyelini azaltmadan, arazi yüzeyinde bulunan düzensizliklerin sulama yönteminin gerektirdiği eğim derecelerinde düzeltilmesi arazı tesviyesi olarak tanımlanır. Bilinçsiz ve gelişigüzel yapılan bu uygulamalar neticesinde çeşitli sera gazları (CO_2, CH_4, N_2O) ortaya çıkmaktadır. Bu gazlardan en fazla sera etkisi yapan gaz ekosistemde yayılımı bakımından karbondioksit (CO_2) gazıdır.

Kuru ve eğimli tarım alanları, ikinci ve daha üst sınıflara ait tarım alanlarında yer almaktadır. Bu alanlar, yapılacak yanlış tarımsal uygulamalarıyla su erozyonuna maruz kalabilecek yapıdadırlar. Toprak derinliği az, eğimleri %12 den fazla, organik madde miktarları düşük olan bu alanlar toprak işleme sırasında karbon salınımı yönünden riskli alanları teşkil etmektedirler.

Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Ancak arazi kullanımındaki değişim (yeni tarım alanlarının açılması gibi) ve tarımda yoğun toprak işleme ile artan su ve rüzgar erozyonu sonucu gevşeyen toprak partikülleri arasına rahatlıkla oksijenin girmesi ile organik karbon CO_2 ye dönüşerek topraktan uzaklaşır.

Bu çalışmada arazi tesviyesinin topraktaki karbondioksit salınımına etkisi araştırılmıştır. Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı sınırları içerisinde yer alan buğday tarlasında yer almakta olup bu alana numune alma noktaları kurularak yürütülmüştür. Çalışmada, toprakta salınan CO_2 miktarı 1976 yılında Tesarova ve Gloser tarafında oluşturulan ve 1994 yılında Kleber tarafında geliştirilen Lundegardh metodu kullanılmıştır. Toprakta CO_2 çıkış değerleri hem arazi tesviyesinden önce hem de arazi tesviyesinden sonra ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre 2010 yılının Haziran ayının sonlarında yapılan arazi tesviye işleminin ardından CO_2 salınımında önemli bir değişim olmamıştır. Ancak 2013 yılının Aralık ayı sonlarında aynı yerde yapılan arazi tesviye işleminin ardından ölçülen CO_2 emisyonunda %104 oranında ciddi bir artış olmuştur.

Sonuç olarak tesviye işlemi yapılan alanda tesviye işlemi yapılmayan alana göre CO_2 gazı salınımında artış meydan geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi tesviyesi, karbondioksit salınımı, tarımsal uygulama.

Sıcaklığın Topraktaki Karbondioksit Emisyonuna Etkisi

Güzel YILMAZ[1]
Kerem GÜLPINAR[1]

[1] *Çevre Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, gyilmaz@harran.edu.tr*

Özetçe- Hava sıcaklığındaki yükselmenin dünya üzerinde ciddi bir iklim değişikliğine yol açacağı tahmin edilmektedir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği, doğal dengenin bozulmasına yol açarak insan sağlığını, sosyoekonomik sektörleri ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak önemli oranda etkileyecektir.

Yeryüzündeki tüm yaşam biçimleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, birçok gazın karışımından oluşmaktadır. Atmosferi oluşturan ana gazlar, azot (% 78.08), oksijen (% 20.95) ve argondur (0.93). Daha küçük bir tutara sahip olmakla birlikte, dördüncü önemli gaz karbondioksittir (% 0.03). Atmosferdeki birikimleri çok az olan çok sayıdaki öteki gazlar ise, atmosferin kalan bölümünü oluşturur.

Atmosferde ısı tutma özelliğine sahip bileşiklere sera gazı denir. Atmosferde, ozonun (O_3) yoğunluğunu azaltan kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O) gibi sera gazlarının salınımında önemli ölçüde artışlar olmuştur. Bu artışlardan dolayı atmosferde yüksek miktardaki sera gazı salınımları beraberinde günümüzdeki küresel ısınma ve küresel iklim değişimi problemini ortaya çıkarmıştır.

Atmosferde konsantrasyonu bakımından en fazla sera etkisi yapan gaz karbondioksit (CO_2) gazıdır. Hızla artan sanayileşme, fosil yakıtların bilinçsiz kullanımı ve yanlış tarım faaliyetlerinin sebep olduğu CO_2 emisyonunundaki artışların iklim değişikliğine yol açtığı bilinmektedir.

Karbondioksit, atmosferin güneş ışınlarını emme ve saklama yeteneğini artırır. CO_2 miktarının artması sıcaklığı artırıcı, azalması ise sıcaklığı düşürücü etki yapar. Bu çalışmada sıcaklığın topraktaki karbondioksit salınımına etkisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çalışma Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında numune alma noktaları kurularak yürütülmüştür. Denemede Lundegardh metodu kullanılarak belirli zamanlardaki sıcaklık değişimlerinde topraktaki CO_2 çıkış değeri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre sonbahar ve kış aylarında sıcaklık düşüşüne bağlı olarak CO_2 emisyonunda ilkbahar ve yaz aylarına göre ortalama %12 artış gözlemlenmiştir. En yüksek CO_2 salınımı, 2016 yılını kış mevsimine kıyasla %59.4 artışla ilkbahar mevsiminde görülmüştür. Bu ciddi CO_2 salınımlarının nedeni ilkbahar aylarındaki ani sıcaklık artışlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Genel olarak 2008 yılının ilkbahar mevsiminden, 2017 yılının sonbahar mevsimine kadar toplam CO_2 salınımında %50.8 artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak sıcaklığın CO_2 salınımı ile doğru orantılı artış gösterdiği ve sıcaklık artışının CO_2 salınımını artırarak küresel ısınmayı tetiklediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık, tarımsal faaliyetler, küresel ısınma, sera etkisi.

Sulamanin Topraktaki Karbondioksit Salinimina Etkisi

Güzel YILMAZ[1]
Kerem GÜLPINAR[1]

[1] *Çevre Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, gyilmaz@harran.edu.tr*

Özetçe- Bilinçli tarımsal uygulamalar hava, toprak, su gibi doğal dengenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yarar sağlayacağı gibi ormanların korunması, sera gazları salınımının azaltılması için yardımcı olabilir.

Güneşten Dünya'ya yüksek miktarlarda radyasyon gelmektedir. Bu radyasyon Dünya atmosferine görülebilir ışık, ultraviyole ve kızıl ötesi formlarda düşer. Dünya üzerine düşen radyasyonun bir kısmı, gezegendeki bulutlar, buzullar ve diğer yansıtıcı kaynaklar tarafından geriye yansıtılır. Geri kalanı ise okyanuslar, toprak ve atmosfer tarafından emilir. Atmosferden yansıtılan ısının bir kısmını sera gazları emerler ve hapsederler. Sonuçta sera gazları emdikleri ısıyı Dünya'ya yeniden yayarak sera gazı etkisi yaratırlar.

Küresel ısınmanın en önemli nedeni sera gazları (CO_2, CH_4, N_2O) salımlarının olduğu bilinmektedir. Bunlardan, özellikle CO_2 (karbondioksit) salımı yayılımı bakımında önemlidir. Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Topraklar atmosferik karbondioksitin (CO_2) bağlama veya depolama yerleri olabilirler. Topraktan çıkan CO_2 atmosfere salınmakta ve global ısınmaya neden olmaktadır. Sera gazlarının kaynakları çok çeşitli olmakla birlikte bunlardan biri de tarımsal etkinliklerdir. Bu etkinlikler topraktan çıkan CO_2 gazı salınımını büyük ölçüde etkilemektedir. Bitkisel üretimde bitkilerin su ihtiyacı çeşitli sulama yöntemleri kullanılarak karşılanmaktadır. Bu yöntemlerin en sık kullanılanları, damla sulama, yağmurlama sulama ve yüzey sulama yöntemleridir. Aşırı nemli koşullar ile ilişkili olarak hava ile dolu boşluklardaki indirgenme olaylarını önlemek amacıyla uygun sulama yöntemlerinin kullanılması, CO_2 salınımı miktarını düşük seviyede tutmaya yardımcı olabilir.

Bu çalışmada, sulamanın topraktaki karbondioksit salınımına etkisi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çalışma Harran Üniversitesi sınırları içerisinde çim ile kaplı alanda deneme noktaları kurularak yürütülmüştür. Çalışmada Lundegardh metodu kullanılarak sulanan ve sulanmayan alanlarda toprakta CO_2 çıkış değeri haftalık olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre 2015 yılının Aralık ayından, 2016 yılının Temmuz ayına kadar sulama yapılan alan ile sulama yapılmayan alan arasında kayda değer bir artış gözlemlenmemişken, 2016 yılının Ağustos ayının başlarında sulanan alanda, sulanmayan alana göre %76.4'lük ani bir artış tespit edilmiş edilmiştir.

Yine 2017 yılının Temmuz ayı döneminde sulama yapılan alanda sulama yapılmayan alana göre %278.6'lik ani bir artış tespit edilmiştir. Bu ani artışların sebebi sulama kaynaklı olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak Harran Üniversitesi sınırları içerisinde çim ile kaplı alanda yapılan çalışmada sulama yapılan arazide sulama yapılmayan araziye göre %32.6 oranında CO_2 gazının açığa çıktığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: küresel ısınma, sulama yöntemleri, topraktan CO_2 çıkışı.

Güneş Enerjisi Destekli Jeotermal Isı Pompasının Yapay Sinir Ağı ile Performans Tahmini

Performance Forecast of Solar Assisted Geothermal Heat Pump Based on Artificial Neural Networks

Fatih ÜNAL[1]
Hasan ZAN[2]
Nesrin İLGİN[3]
Ahmet Erhan AKAN [4]

[1]Makine Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye, funal81@hotmail.com
[2]Elektrik ve Enerji Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye, hasanzan@artuklu.edu.tr
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, nesrinlgin@gmail.com
[4]Makine Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye, akaae@nku.edu.tr

Özetçe— Günümüzde enerji kaynaklarının giderek azalması ve enerji fiyatlarının artmasından dolayı enerjinin etkin ve verimli kullanılması vazgeçilemez bir zorunluluk olmuştur. Bunun için özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ile beraber kullanılabilecek alternatif teknolojiler geliştirilmelidir. Elde edilen enerjinin önemli bir kısmının tüketimi konutların ve tesislerin iklimlendirilmesinde harcandığı düşünülürse, ısı pompaları bu sorunu çözüm noktasında etkili bir yol olarak görülmektedir. Yapılan araştırmaların birçoğu göstermiştir ki, ısı pompası sistemleri ikinci bir enerji kaynağı ile kullanıldığında ısıtma tesir katsayısı değerleri yükselmiş ve sistemin verimliliği artmıştır. Isı pompası sistemlerinde optimum bir kontrol yöntemi seçmek için performansının tahmin edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada Mardin ilinde bulunan güneş enerjisi destekli jeotermal ısı pompasından elde edilen veriler kullanılarak "kompresörün enerji kullanımının evaporatördeki yararlı soğutmaya veya kondenserden elde edilen yararlı enerjinin oranı" şeklinde tanımlanan sistem performans kat sayısı (COPS) tahmin edilmiştir. Giriş katman sayısı 11 (10 farklı sıcaklık ve 1 güneş radyasyonu) olan, gizli katmanında farklı sayıda nöron içeren ve çıkış olarak COPS bulunan yapay sinir ağı (YSA) oluşturuldu ve eldeki verilerin % 70 ile eğitildi. En iyi performansı elde etmek amacıyla tanjant sigmoid transfer fonksiyonuyla beraber farklı öğrenme algoritmaları kullanıldı. YSA'nın performansını ölçmek için karekök ortalama (RMS), R^2 ve varyasyon katsayısı (COV) hesaplandı. Eğitim algoritması olarak BFGS Quasi – Newton, gizli katmandaki nöron sayısı 7 iken en iyi sonuçlar; RMS: 0,006710, R^2: 0,999996 ve COV: 0,210053 olacak şekilde 110 iterasyon ile elde edildi. Bu sonuçlar YSA'nın güneş enerjisi destekli jeotermal ısı pompasının performans tahminini yapmak için güvenilir bir metod olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler — güneş enerjisi destekli ısı pompası; ısı pompası; yapay sinir ağları; ann analizi.

Abstract— Nowadays, due to the decreasing energy sources and increasing energy prices, effective and efficient use of energy has become an indispensable necessity. Therefore, alternative technologies that can be used together with renewable energy sources should be developed. If the consumption of a significant portion of the energy obtained is thought to have been spent in the air conditioning of houses and facilities, heat pumps are seen as an effective way to solve this problem. Many of the investigations have shown that when heat pump systems are used with a second source of energy, the values of the heating effect coefficient are increased and the efficiency of the system is increased. It is crucial to predict performance of a heat pump system for selection of optimal control method. In this work, data which is obtained from a solar assisted geothermal heat pump located in Mardin Province is used to predict coefficient of performance of system (COPS), ratio between energy usage of compressor and useful cooling at the evaporator or useful heat extracted from the condenser. A feed forward artificial neural network (ANN) with 11 inputs (10 different temperatures and 1 solar radiation), different number of neuron in hidden layer and an output (COPS) is created and trained with 70% of all data. Tangent sigmoid transfer function and different learning algorithms are used to achieve best performance. Root-mean squared (RMS), absolute fraction of variance (R^2) and coefficient of variation in percent (COV)

are chosen as performance measurement of ANN. The best results are 0.006710, 0.999996 and 0.210053 respectively when train function is BFGS Quasi – Newton, number of neurons in hidden layer is 7 and number of iterations is 110. The results prove that ANN is a reliable method for performance forecast of solar assisted geothermal heat pump.

Keywords — solar assisted heat pump; heat pump;artificial neural networks; ann analysis.

Diyarbakır İli İçin Uzun Dönemli Güneş Radyasyonunun Ekserji Analizi

Exergy Analysis of Solar Radiation Based on Long Term for Diyarbakır Province

Nesrin İLGİN BEYAZİT[1]
Hüsamettin BULUT[2]
Fatih ÜNAL[3]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, nesrinilgin@gmail.com
[2]Makine Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hbulut@harran.edu.tr
[3]Makine Bölümü, Meslek Yüksekokulu, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin, Türkiye, funal81@hotmail.com

Özetçe— Güneş radyasyonunun ekserjisi, güneş enerjisinden en yüksek oranda kazanılabilen enerjinin bağıl miktarına bağlı olarak hesaplanabilir. Bu çalışma 1999 ve 2008 yılları arasındaki Diyarbakır ilinin (37.55ºN, 40.14ºE) güneş radyasyonunun ekserjisini analiz etmektedir. Bu bağlamda güneş radyasyonunun ekserjisini belirlemek için üç model kullanılmıştır. Diyarbakır İli için güneş radyasyonunun ekserji verimi, kullanılan modellerin meteorolojiden alınan verilere uygulanmasıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; en yüksek uzun dönem aylık ortalama güneş radyasyonu ekserji değeri Haziran ayında Petela ve Spanner modelleri için 26.66 MJ/m^2, Jeter modelinde ise 27.13 MJ/m^2 olarak gözlenmiştir. Güneş radyasyon ekserjisinin uzun dönem aylık ortalama güneş radyasyon enerjisine oranı hem Petela hem de Spanner modellerinde 0,932'den 0.939'a kadar değişmektedir. Jeter modelinde ise bu oran 0.949'dan 0.954'e kadar değişmektedir. En yüksek yıllık güneş radyasyon değeri 1999 yılında 18,19 MJ/m2 ve en düşük yıllık güneş radyasyon değeri ise 2007 yılında 17,36 MJ/m^2 olarak hesaplanmıştır. Uzun dönem için yapılan analizler neticesinde üç modele ait güneş radyasyonu ile güneş radyasyonunun ekserjisi arasında üç model için de korelasyon geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — güneş radyasyonu; exergy; güneş ekserjisi; diyarbakır.

Abstract— The exergy of solar radiation is determined based on the relative potential of the maximum energy available from radiation. The main purpose of this study is to determine the solar radiation exergy for Diyarbakır province (37.55ºN, 40.14ºE) between 1999 and 2008. In this context, three models have been used to determine the exergy of solar radiation. The exergy of solar radiation for Diyarbakır Province was assessed by applying the models used for meteorological data. According to the results; the highest long-term average monthly exergy of solar radiation value was 26.66 MJ/m2 for Petela and Spanner models in June and 27.13 MJ/m2 for Jeter model. The ratio of solar radiation exergy to long-term average monthly solar radiation energy varies from 0.932 to 0.939 in both the Petela and Spanner models. In the Jeter model, this ratio ranges from 0.949 to 0.954. The highest annual solar radiation value was calculated as 18.19 MJ/m^2 in 1999 and the lowest annual solar radiation value was calculated as 17.36 MJ/m2 in 2007. As a result of long-term analyzes, the correlation has been developed between solar radiation and solar radiation exergy for used models.

Keywords —radiation; exergy; solar exergy; diyarbakır.

Nötral pH'da Elektrokatalitik Hidrojen Üretimi için kararlı ve aktif Ni-katkılı MnOx Nanotel Elektrokatalizörünün Geliştirilmesi

Development of durable and active Ni-doped MnOx nanowire electrocatalyst for electrocatalytic hydrogen production at near-neutral pH

Gökhan ELMACI[1]

[1]Kimya Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye, gelmaci@adiyaman.edu.tr

Özetçe

Güneş enerjisinin depolanabilir hidrojen enerjisine çevrilmesi, sürdürülebilir enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu döngüyü gerçekleştirmek için kararlı ve verimli katalizör sistemleri gereklidir. Suyun elektrokimyasal parçalanması için nötr koşullarda çalışan mekanik ve kimyasal olarak kararlı katalizörlerin geliştirilmesi son derece önemlidir [1]. Hidrojen üretimi için elektrokimyasal ekipmanların güçlü asidik ve bazik koşulları, sistemlerin uzun süre sabit kalmasını engeller. Kararlı elektrotların hazırlanması, nötr pH'ta yüksek aktivite, büyük miktarda üretim ve çevreye duyarlılık gibi faktörlerin "ideal" katalizörü elde etmek için aynı anda bir araya getirilmesi çok zordur [2]. Son zamanlarda MnOx ve MnOx polimorflar ile üretilen elektrotların RuOx, IrOx, CoOx ve NiOx ile hazırlanan elektrolizör sistemlerine alternatif olarak nötr koşullarda kullanılabileceği gösterilmiştir [3].

Bu amaçla, hidrotermal yöntemle nikel katkılı tünel tipi manganez oksit yapıları sentezlendi. Hazırlanan katalizörlerin yapısal ve kompozisyon analizleri X-ışını Toz Difraksiyonu (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) / Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS), Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM), Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS), Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) ve Termal Gravimetrik Analiz (TGA) kullanılarak yapıldı. Numunelerin katalitik aktivitesi, tipik üç elektrot düzeni kullanılarak 1/15 M fosfat tamponunda (pH 7'de) test edildi.

Elektrokimyasal olarak suyun ayrıştırılması tepkimelerinde, standart mangan oksit, Ni katkılı katalizörünkine benzer bir katalitik aktivite göstermiştir. Etkinlik sırası, fosfat tamponunda uzun süreli su elektrolizinde değişmiştir. 1730 mV'ye karşı RHE (pH 7'de) sabit bir potansiyelde yürütülen kronoamperometrik ölçümler, Ni-katkılı katalizörün, çalışmadan sonra aktivitesini önemli ölçüde kaybeden standart manganez okside kıyasla ~ 20 saat sonra bile kararlılıklarını koruduğunu gösterdi. Ni-katkılı katalizörler, 20 saat boyunca 500 mV aşırı potansiyel (pH7'de) değerinde 1 $mAcm^{-2}$ üzerinde aktivite gösterdi. Bu katalizör sistemleri, yakın gelecekte Pt, Pd gibi soy metal kullanılarak üretilen katalizörlere alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler — Elektrokatalizör; Hidrojen enerjisi

Abstract

The conversion of solar energy to storable hydrogen energy plays an important role in sustainable energy production. Stable and efficient catalyst systems are needed to realize this cycle. The development of mechanically and chemically stable catalysts operating in neutral conditions for electrochemical water splitting is extremely important [1]. The strong acidic and basic conditions in the electrochemical equipments for hydrogen production from water preclude the systems to remain stable for a long time. The factors like preparing stable electrodes, high activity in neutral pH, great amount of production and sensitivity to the environment are very difficult to gather together to obtain the "ideal" catalyst [2]. Recently, it has been showed that electrodes can be prepared from MnO_x and MnO_x polymorphs can be used in neutral conditions as alternatives to electrolyzer systems prepared with RuO_x, IrO_x, CoO_x and NiO_x [3].

For this purpose, nickel-doped tunnel type manganese oxide structures were synthesized by hydrothermal method. The structural and compositional analyses of the prepared catalysts were performed using X-ray Powder Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) / Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (*EDS*), *Transmission Electron Microscopy* (TEM), Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) and

Thermal Gravimetric Analysis (TGA). The catalytic activity of samples were tested in 1/15 M phosphate buffer (at pH 7) by using typical three electrode set-up.
In the electrochemical water splitting reactions, standard manganese oxide showed a catalytic activity comparable to those of Ni-doped catalyst. The sequence of activity ordering however changed in long term water electrolysis in phosphate buffer. Chronoamperometric measurements conducted at a constant potential of 1730 mV vs. RHE (at pH 7) showed that Ni-doped catalyst, retained their stability even after ~ 20 h compared to standart manganese oxide which lost a significant activity after functioning. Ni-doped catalysts showed activity over 1 $mAcm^{-2}$ at 500 mV overpotential (pH7) for 20 hours. These catalyst systems can be used as an alternative to noble metal catalysts such as Pt, Pd in the near future.

Keywords — electrocatalyst; hydrogen energy

KAYNAKÇA

[1] Dau, H., et al., The mechanism of water oxidation: from electrolysis via homogeneous to biological catalysis. ChemCatChem, 2(7):724-761,2010.
[2] Kudo, A. and Y. Miseki, Heterogeneous photocatalyst materials for water splitting. Chemical Society Reviews, 38(1): 253-278, 2009.
[3] Lee, S.Y., et al., Screen-Printed Calcium–Birnessite Electrodes for Water Oxidation at Neutral pH and an “Electrochemical Harriman Series”. ChemSusChem, 7(12): 3442-3451, 2014.

800 Kw Monoblok Bir Trafo Köşkünün Akış Ve Isı Karakteristiklerinin Nümerik Araştırılması

SERKAN GÜNEŞ
ZEYNEL ABİDİN FIRATOĞLU
Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
firatoglu@harran.edu.tr
Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,
serkangunes1907@gmail.com

Özetçe

Günümüzde enerjide yaşanan darboğaz ve konvansiyonel enerji kaynaklarının çevreye olası etkilerin bir sonucu olarak özellikle ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkelerdeki genel trend enerjinin elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik yeni araç ve yöntemlerin geliştirmesidir. Yeni araç ve yöntemler alternatif enerji kaynakları, enerji verimli yeni malzeme arayışı ve ısıtma-soğutma yükünü minimize edece pasif yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi şeklinde üç başlık altında toplanabilir. Söz konusu araç ve yöntemlerin geliştirmesine yönelik en büyük kaygı mevcut yöntemler ile maliyet açısından rekabet edebilme ölçüsünün düşük olmasıdır. Bunun sonucu olarak günümüzdeki diğer bir trend ise bölgelere özgü yerel malzemelerden veya yapı mimarisinden yararlanarak yeni enerji verimli yöntem ve malzemelerin geliştirilmesine yöneliktir. Sözü edilen iki trendin de başarısı ancak mevcut araç ve yöntemlerinin performans ve maliyet ilişkilerinin ölçülebilir parametreler ile tanımlanıp enerji verimliği açısından yapılacak düzenlemelerin maliyette getireceği iyileştirme veya olumsuzlukların tespiti ile mümkündür. Bu çalışmada 800kW monoblok bir trafo köşkü seçilerek yapının akış ve ısı karakteristiklerinin yapının soğutma yükü ile ilişkisi tanımlanmıştır. Tanımlanan bu ilişki daha sonra söz konusu yapı üzerinde soğutma yükünü azaltmaya yönelik yapılacak pasif yöntem esaslı düzenlemelerin yapının maliyeti üzerindeki etkisi ölçülebilecektir. Özellikle kurak ve sıcak bölgeler de monoblok trafo köşklerindeki ısınma problemi uzun elektrik kesintilerine ve dolayısıyla ciddi iş gücü ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Pasif yöntemler ile bu sorunu çözmeyi hedefleyen bir dizi çalışmanın ilk aşması olan söz konusu çalışma nümerik hesaplamalar çerçevesinde yürütülmüştür. İlk etapta seçilen monoblok trafonun katı modeli tasarlanmış ve daha sonra CFD programıyla çevresel sınır şartları altında simülasyonlar yürütülmüştür. Yapılan simülasyonlar sonucunda yapının soğutma yükü üzerinde havalandırma performansının direkt etkisi olduğu ve bunun da havalandırma menfezlerinin yapı üzerindeki konumlarının düzenlenmesiyle kısmı iyileştirmeler sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Yeşil Büyüme Odaklı Maliye Politikaları: Türkiye'den Uygulamalar

Esra SİVEREKLİ[1]
Murat DEMİR[2]

1 Maliye Bölümü, İkitisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, esrasiverekli@harran.edu.tr
2 Maliye Bölümü, İkitisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mdemir@harran.edu.tr

Özetçe

Ekonomik, siyasal ve sosyo-kültürel alanlarda Dünyanın büyük bir hızla değişim gösterdiği günümüz küresel süreci, devlet anlayışında mali ve yönetsel anlamda önemli bazı ilke ve uygulamaları beraberinde getirmiştir. Devletlerin özellikle kürenin sınırlarının ortadan kalkarak ekonomik ve belirli ölçülerde siyasal açıdan birbirine entegre olduğu bu süreçte; yönetim anlayışı ve uygulamalarında dünyada ortaya çıkan bazı gelişmelerin de etkisiyle maliye politikası anlayışında bazı değişimler belirginlemeye başlamıştır. Karar ve politika saptamalarının küresel düzeyde yapılarak, uygulamaların yerelde gerçekleştirilmesi gerekliliğinin vurgulanmaya başlanıldığı bu süreçte, çevreye duyarlı ekonomik büyüme anlayışı maliye politikaları uygulamalarına dahil olmuş ve "yeşil büyüme" ilkesinin sahip olduğu önem de böylece bu dönemde dikkat çekmeye başlamıştır.

Mal, hizmet ve sermayenin dünyada serbestçe dolaşımını ifade eden küreselleşme sürecinde yeşil büyüme anlayışına atfedilen önem maliye politikası uygulamalarının da bu kapsamda gerçekleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Böylece, Dünyanın birçok ülkesinde çevreye duyarlı maliye politikası uygulamaları belirginleşmeye başlamış ve bu uygulamalar ülke kamu politikalarındaki yerini almıştır. Söz konusu uygulamalar bağlamında; çevre kirliliği ile mücadelede maliye politikalarının önemi ve rolü artmış ve küresel düzeyde çevre kirliliği ile mücadelede dünyanın misyonunu destekleyecek çevre uygulamaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Özellikle, ekonomik büyüme ve kalkınmanın sağlanmasında çevre kirliliği ile mücadelenin yadsınamaz rolleri yasal olarak da teminat altına alınmış ve mevzuatlarda konu ile ilgili düzenlemelere yer verilmiştir.

Maliye politikası uygulamalarının çevre politikaları odaklı belirlenmesini konu olarak edinen ve söz konusu başlığı ana çerçeve ile ele almaya çalışacak olan bu çalışmanın birinci bölümü; küresel süreçte maliye politikalarını tasvir edecektir. Maliye politikalarının çevre konusundaki düzenlemelerini konu alacak olan ikinci bölümün devamında Türkiye'de karar birimlerinin bu konudaki rollerini maliye politikaları bağlamında üçüncü bölüm başlığı altında değerlendirilecektir. Çalışmada dikkate alınacak olan yöntem, anlatıma dayalı betimsel yöntemdir. Çalışmanın sınırlılıkları küreselleşme sürecinin ikinci dalgasının ortaya çıktığı dönem olan 1980 sonrası dönem, mevzuata dayalı uygulamalar ve Türkiye'de maliye politikaları üzerinden çizilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küreselleşme, Maliye Politikası, Çevre Kirliliği.

KAYNAKÇA

[1] ESEN, Adem, *Metropoliten Yönetişim*, Birleşmiş Kentler ve Yerel Yönetimler Orta Doğu ve Batı Asya Bölge Teşkilatı Yayınları, İstanbul, 2016.

[2] GERAY, Cevat, "Yerel Yönetimler ve Çevre", *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 1998, 7(3), ss.57-64.

[3] KALKINMA BAKANLIĞI,"Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)", Ankara, 2013.

[4] SİVEREKLİ, Esra ve Meliha ENER, "Müdahaleci Devlet Anlayışının Erozyonu: İktisat ve Maliye Politikalarında Değişim Türkiye Örneği", *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, (2), 2007, ss.205-234.

[5] TÜRK, İsmail, *Maliye Politikası*, Turhan Kitabevi, 1989, Ankara.

Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Santrali Karbon Yaşam Döngüsü

Carbon Life Cycle of Harran University Solar Power Plant

Mehmet Akif İLKHAN[1]
Mehmet Azmi AKTACİR[2]
Nurettin BEŞLİ[3]
Bülent YEŞİLATA[4]

[1]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, akifilkhan@gmail.com
[2]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, maktacir@harran.edu.tr
[3]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@gmail.com
[4]Enerji Sistemleri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, byesilata@yahoo.com

Özetçe— Dünya ölçeğinde sürekli bir gelişim içinde sürmekte olan insan yaşamı, beraberinde hızlı şehirleşme, sanayileşme ve enerjiye olan talep artışına yol açmaktadır. Küresel gelişimin temel gereksinimi olan enerji, fosil yakıtlar ve yenilenebilir kaynaklardan karşılanmakla birlikte, talebin %87'si fosil yakıtlardan (petrol, kömür, doğalgaz, vb.) elde edilmektedir. Fosil yakıtların bu yoğun kullanımı çevre kirliliği, karbon emisyonu, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi sorunlara yol açmaktadır. Bu sorunların engellenmesi amacıyla politikacılar, karar mekanizmaları ve teknoloji geliştiriciler tarafından çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu anlamda, teknolojik olarak sağlanan en yenilikçi çözümler, gelişim için gereksinim duyulan enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmesi yöntemidir. Bu amaçla; başta güneş ve rüzgar enerjisi olmak üzere, biyokütle, jeotermal, hidrojen ve dalga enerjisi gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağından enerji üretim teknolojileri geliştirilmiştir.

Yenilenebilir enerji üretim teknolojileri, işletilmesi süreçlerinde ürettiği enerjinin karbon salınımı yapmaması sayesinde temiz enerji türleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Sürdürülebilir, temiz, sıfır emisyon olarak adlandırılan bu teknolojiler, elektrik üretimi sürecinde aktif bir kaynak tüketimi yerine sınırsız bir kaynağın değerlendirilmesi veya atık bir kaynağın kazanımı yöntemleriyle birlikte, üretim prosesinde atık üretimi ya hiç olmamakta ya da fosil yakitlara nazaran yok sayılacak miktarlarda gerçekleştirmektedir. Ancak, gerek teknolojilerin imalat süreçleri ve gerekse lojistik ve kurulumlarında fosil yakıt esaslı enerji tüketimi gerçekleştirdikleri için kısmi olarak karbon salınımına sebep olmakta ve belirgin bir karbon ayak izine sahip olmaktadırlar.

Bu çalışmada; Harran Üniversitesi bünyesinde kurulumu gerçekleştirilen 5.3 MWp gücündeki Güneş Enerjisi Santralinin karbon yaşam döngüsünün tespiti gerçekleştirilmiştir. Santralde kullanılan fotovoltaik panellerin imalatı, lojistiği ve saha kurulumları süreçlerin ayrı ayrı karbon salınım miktarları hesaplanmıştır. Fotovoltaik panellerin imalatında; hücre bileşenleri olan madenlerin elde edilmesi, işlenmesi, hücre üretimi ve laminasyon süreçleri dikkate alınmıştır. Lojistikte; panellerin deniz yolu ile Güney Kore'den Türkiye Mersin Limanına ulaşımı ve karayolu ile santral sahasının bulunduğu Şanlıurfa iline karayolu ile ulaşımı dikkate alınmıştır. Kurulum süreçlerinde ise; insan gücü, iş/gün sayısı, kullanılan araç sayısı, tüketilen fosil yakıt miktarı gibi somut veriler dikkate alınmıştır. Bu veriler ışığında hesaplanan karbon salınım miktarına karşılık, ülkemizde mevcut yöntemlerle fosil yakıtlara dayalı birim enerji üretimi karşılığı olan karbon salınım miktarının karşılaştırılması sağlanmıştır. Bu sayede Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin ne kadar miktarda enerji üretimi sonucunda karbon yaşam döngüsünü tamamlayacağı ve bunun takvimsel hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — karbon yaşam dögüsü, Harran Üniversitesi, FV enerji santrali, sıfır emisyon

Abstract-- Continuing development in human life leads to a rapid increase in the demand for rapid urbanization, industrialization and energy. The basic requirement of global development is met from fossil fuels and renewable sources, while 87% of this demand is being obtained from fossil fuels (oil, coal, natural gas, etc.). This intensive use of fossil fuels causes problems such as environmental pollution, carbon emissions, global warming and climate change. In order to

prevent these problems, various studies are being carried out by politicians, decision makers and technology developers. In this sense, the most technologically innovative solution is to derive the energy needed for development from renewable energy sources. For this purpose; energy production technologies have been developed from many renewable energy sources such as biomass, geothermal, hydrogen and wave energy, mainly solar and wind energy. Renewable energy production technologies are classified as clean energy types by the fact that the energy produced during the operation processes does not release carbon. These technologies, called sustainable, clean, zero emissions, do not produce waste or are negligible compared as per fossil fuels, with methods of assessing an unlimited source or waste source instead of an active resource consumption in the electricity generation process. However, as they do fossil fuel-based energy consumption both in the manufacturing processes of the technology and in their logistics and installations, they partly cause carbon emissions and have a significant carbon footprint. In this study; The carbon life cycle of the Solar Power Plant in the 5.3 MWp power plant, which was set up within Harran University, has been determined. The carbon emission amounts of the photovoltaic panels used in the plant are separately calculated for the manufacturing, logistics and field installations processes. In the manufacture of photovoltaic panels; mining, processing, cell production and lamination processes are taken into consideration. Logistics; Panels were transported from South Korea to the port of Mersin by sea and to the province of Sanliurfa by road. During the installation process; human power, number of work / days, number of vehicles used, amount of fossil fuel consumed are taken into account. The amount of carbon emission calculated with this data is compared with the amount of carbon emission caused by the unit energy production based on fossil fuels with the methods available in Turkey. At the end, the carbon cycle of the Harran University Solar Power Plant is calculated.

Key words — carbon life cycle, Harran University, PV Pover Plant, zero emissions

Biyogaz Motorlu bir Birleşik Isı ve Güç Üretim Sisteminin Genetik Algoritma Yöntemi ile Optimizasyonu
Thermodynamic Optimization of a Biogas Engine Powered Cogeneration System with Using Genetic Algorithm

Ömer Faruk KURT[1]
Ayşegül ABUŞOĞLU[2]

[1]Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye, omerfaruk2927@gmail.com
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Anabilim Dalı, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye, ayabusoglu@gantep.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada Gaziantep Atık Su Arıtma Tesisine bağlı olarak çalışan ve tesiste atık su çamurundan üretilen biyogazı kullanarak elektrik üreten biyogaz motorlu bir kojenerasyon sisteminin genetik algoritma temelli termodinamik optimizasyonu yapılmaktadır. Bu amaçla MATLAB programı kullanılarak kojenerasyon sistemi karakteristiğine uygun sistem kodları geliştirilmiştir.

Kojenerasyon sistemi 1000 kW elektrik üretmekte ve havasız çürütme tankına gerekli ısıyı sağlamaktadır. Sistem ısı değiştiricilerinin ekserji verimi optimizasyonu ile birlikte bütün sistemin ekserji verim optimizasyonu hedef alınmıştır. Optimizasyon değişkeni olarak, çürütme tankına ısı aktarımı sağlayan suyun ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı ve kütle akış debisi, ayrıca biyogaz motoru soğutma suyunun ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı seçilmiştir. Elitlik ve rulet çarkı yöntemleri ile ayrı ayrı optimizasyon yapılmış olup, tek nokta mutasyon yöntemi uygulanmıştır. Elitlik yöntemi ile optimizasyonda 1 numaralı ısı değiştiricinin ekserji verimi %32,5, rulet çarkı yönteminde ise %40 olarak bulunmuştur. Her iki yöntem için 2 numaralı ısı değiştiricinin ekserji verimi %59,5 olarak hesaplanmıştır. Egzoz gazı ısı değiştiricisinin ekserji verimi ise elitlik ve rulet çarkı yöntemlerine göre sırasıyla %44,7 ve %41,1 olarak bulunmuştur. Kojenerasyon sisteminin toplam ekserji verimi ise elitlik yöntemi ile %26,5 ve rulet çarkı yöntemiyle %26,1 olarak bulunmuştur. Yapılan analiz neticesinde değişkenlerin etkileri grafikler halinde sunulmuş ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Genetik algoritma, Termodinamik optimizasyon, Biyogaz motorlu birleşik üretim sistemi.

Abstract---In this study a genetic algorithm based thermodynamic optimization of biogas engine powered cogeneration system that is active in GASKİ WWTP and produce electricity from biogas which is produced in plant will be presented. In this purpose, we will develop our own code that is suitable to characteristics of system, by using MATLAB software.

Biogas engine powered cogeneration system produces 1000 kW electricity and supplies heat for anaerobic digestion. The focus of optimization will be on exergetic efficiencies of heat exchangers and overall system. Optimization variables are selected as output temperature of water that flow from digestion throught engine-side heat exchanger, its mass flow rate and temperature of water that transfer heat from engine to heat exchanger.

Optimization is applied with using elitism and roulette wheel methods seperately, also single point mutation is applied. By using elitism and roulette wheel, exergetic efficiency of heat exchanger-1 found respectively 32,2 % and 39,1 %. Exergetic efficiency of heat exchanger-2 for both two methods found 59,5%. By using elitism and roulette wheel, exergetic efficiency of exhaust gas heat exchanger found respectively 47,7 % and 41%. Exergetic efficiency of overall cogeneration system obtained 26,4 % by using elitism and 26,1 % by using roulette wheel. These results discussed according to effects of variables by using graphs.

Keywords — Thermodynamic optimization, Biogas Engine Powered Cogeneration System.

Optoelektronik ve Güneş Pili Uygulamaları İçin Nano-taneli $Zn_{1-x}Fe_xO$ İnce Filmlerinde Film Büyütme Tekniğinin Rolü

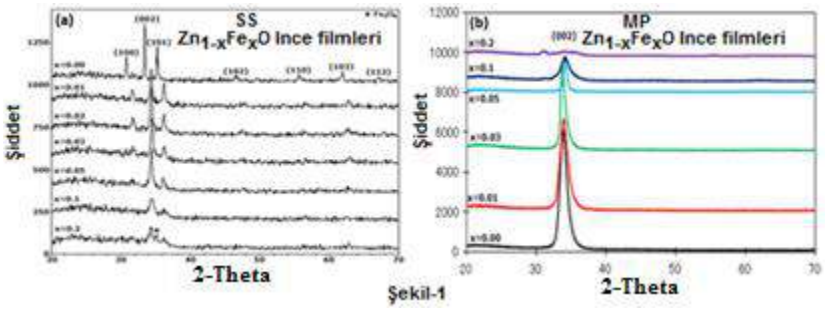
Role of the Film Growth Techniques in $Zn_{1-x}Fe_xO$ Nanograined Thin Films for Optoelectronic and Solar Applications

Abdullah GÖKTAŞ[1]
Ahmet TUMBUL[2]
Sait MODANLI[3]
Ferhat ASLAN[4]
Maharram ZARBALİYEV[5]

[1]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agoktas@harran.edu.tr
[2]Merkezi Laboratuvar, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, atumbul@harran.edu.tr
[3]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, smodanlı@harran.edu.tr
[4]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, faslan@harran.edu.tr
[5]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, zmz@harran.edu.tr

Özet- Güneş pilleri ve optoelektronik uygulamalarında yaygın kullanımından dolayı ZnO en önemli materyallerden birisidir. Sözedilen uygulamalar için onun yapısal ve optiksel özelliklerini geliştirmek için Fe ile katkılandırılabilir ($Zn_{1-x}Fe_xO$). Fe-katkılı ZnO ince filmleri güneş pillerinde n-tipi iletkenliğe sahip olduğundan n-tipi katman olarak kullanılabilineceği gibi saydam iletken oksit olarak da kullanılabilir. Dolaysıyla onun film kalitesini ve fiziksel özelliklerini güneş pilinde kontrol etmek için solüsyon süreci (SS) ve magnetron püskürtme (MP) film büyütme teknikleri kullanıldı.

Bu çalışma, solüsyon süreci (SS) ve magnetron püskürtme (MP) film büyütme teknikleriyle yapılan $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) ince filmlerinin yapısal, optiksel ve manyetik özelliklerine film büyütme tekniklerinin rolünü rapor etmektedir. Sonuçlar, MP tekniği ile büyütülen ince filmlerin SS tekniğiyle büyütülenlerden daha yüksek oranda c ekseni yönünde yöneldiğini göstermektedir. Tüm filmlerde Fe katkı oranı x=0.20 hariç herhangi bir ikincil faz yoktur (Şekil.1a-b). Kristal tanelerinin film yüzeyinde rastgele dağıldığı düz, pürüzsüz ve homojen film yüzeyleri gözlemlendi. Fe katkı seviyesinin artmasıyla beraber SS ve MP teknikleri ile büyütülmüş filmlerin yasak band aralıkları lineer olmayan şekilde azaldı. Filmlerin kırılma indekleri (n) ve tüketim katsayıları (k) Fe katkı oranına göre değişmiş olup, SS ve MP teknikleri için birbirinden farklıdır. Bütün filmlerin içinde, SS tekniğiyle büyütülen x=0.20 Fe katkı oranına sahip ince film 5-100 K aralığında ferromagnetik tepkiye sahip olduğu gözlemlendi. Filmlerde oda sıcaklığı ferromanyetizması gözlemlenmedi. Düşük sıcaklıklarda gözlemlenen ferromanyetizmanın kaynağı kristal kusurları, Zn/O boşlukları, düzensizlikler ve $Zn_xFe_{3-x}O_4$ fazının oluşumuna bağlanıldı.



Şekil-1

Anahtar kelimeler–Solüsyon süreci; Magnetron püskürtme; $Zn_{1-x}Fe_xO$; Ferromanyetizma; Kırılma indeksi; Band aralığı

Abstract**—**ZnO is one of the most important materials due to its wide applications in optoelectronic and solar cells. To improve its structural and optical properties of ZnO for the mentioned applications. It can be substituted by Fe element as $Zn_{1-x}Fe_xO$. It can be used in solar cell structures due to having n-type conductivity as solar cell layer as well as solar cell windows (known as transparent conductive oxide (TCO)). Therefore, to check its film quality and its physical properties for solar cell applications we have used two film growth techniques, solution process and magnetron sputtering.

This study reports the role of the growth technique on the structural, optical and magnetic characteristics of the solution processed (SP) and magnetron sputtered (MS) $Zn_{1-x}Fe_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) nanograined thin films. The results show the MS thin films are highly oriented along c-axis than those of SP thin films. No secondary phases are available in all nanograined thin films prepared via SP and MS techniques except for x=0.20 Fe substitution level. Depending on the film preparation method, the orientation degree and crystallite/grain size are changed by Fe substitution level (see Figs.1a-b). Homogeneous, flat and dense film surface with randomly oriented grains have observed. With increased Fe substitution level, the band gap of MS and SP thin films is monotonically decreased. Refractive index and extinction coefficient are varied via Fe substitution level, which are different for the SP and MS film growth techniques. Among all the film samples with different Fe substitution levels, only ferromagnetic response is observed for the SP nanograined thin film with substitution level of 0.20 at low temperatures 5-100 K. No ferromagnetism is observed at room temperature. The origin of the observed ferromagnetism at low temperatures can be attributed to the formation of the $Zn_xFe_{3-x}O_4$ composition, disorders, Zn/O vacancies and crystallite defects.

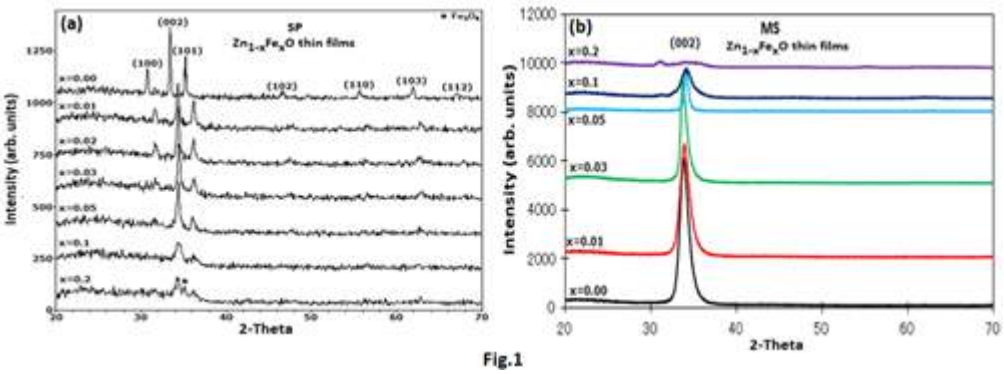


Fig.1

Keywords —Solution process; Magnetron sputtering; ; $Zn_{1-x}Fe_xO$; Ferromagnetism; Refractive index; Band gap.

KAYNAKÇA

[1] Akilan, T., Srinivasan, N. and Saravanan, R., "Structural and magnetic studies on Fe doped zinc oxide, $Zn_{1-x}Fe_xO$ synthesized by solid state reaction, *J Mater. Sci: Mater. Electron.*,26:9882–9890, 2015.

[2] Davesnne, A., Ziani, C., Marie, P., Frilay, C. and Portier, X., "Annealing effects on the photoluminescence of terbium doped zinc oxide films",Thin Solid Films 553:33–37, 2014.

[3] Wang, C., Chen, Z., He, Y., Li, L. and Zong, D., "Structure, morphology and properties of Fe-doped ZnO films prepared by facing-target magnetron sputtering system" *Applied Surface Science*, 255:6881–6887, 2009

[4] Goktas, A.Mutlu, İ. H. and Yasuji, Y., "Influence of Fe-doping on the structural, optical, and magnetic properties of ZnO thin films prepared by sol-gel method."*Superlattices and Microstructures*, 57:139-149, 2013

$Zn_{1-x}Mn_xO$ İnce Filmlerinin Belirli Fiziksel Özelliklerinin Üretim Yöntemine Bağlı Olarak Güneş Hücresi Uygulamaları İçin Geliştirilmesi; Sol-gel ve Magnetron Püskürtme

Improving Certain Physical Properties of $Zn_{1-x}Mn_xO$ Thin Films Depended on Production Route for Solar Cell Applications: Sol-gel and Magnetron Sputtering

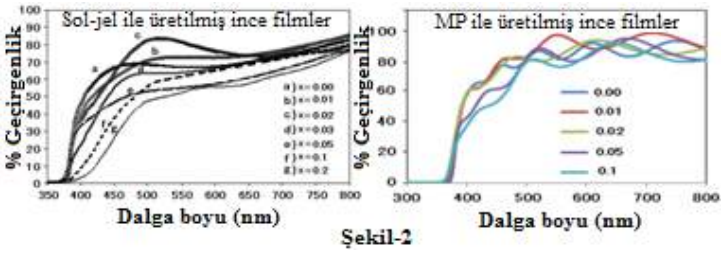
Abdullah GÖKTAŞ[1]
Ahmet TUMBUL[2]
Zekiye ABA[3]
Ferhat ASLAN[4]

[1]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agoktas@harran.edu.tr
[2]Merkezi Laboratuvar, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, atumbul@harran.edu.tr
[3]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, Zekiyesenbayram@hotmail.com
[4]Fizik Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, faslan@harran.edu.tr

Özet-Geçirken iletken oksitler optoelektronik ve güneş pili uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu oksitler arasından uygun özeliklerinden dolayı ZnO en çok bilinen bir üye olup, katkılandırmaya karşı hassastır. Güneş pillerinde n-tipi katman (Şekil-1) ve geçirken iletken oksit olarak kullanılabilir. Dolaysıyla, Mn katkısının ZnO kristal örgüsünün yapısal ve optiksel özelliklerine etkisini güneş pili uygulamalarında incelemek için sol-jel ve magnetron püskürtme teknikleri kullanılarak $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) ince filmleri üretildi.

$Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) ince filmlerini karakterize etmek için XRD, EDX, XPS, SEM ve Uv spectrofotometreleriyle incelendi. Magnetron püskürtme tekniğiyle üretilen ince filmler sol-jel ile üretilenlere kıyasla yüksek kristallenme kalitesine sahiptir. Zn, Mn ve O elementlerinin varlığı EDX analizleriyle onaylanmıştır. Bütün filmler tercihen c-ekseni yönelimli hekzagonal kristal yapısına sahiptir. SEM analizlerinden film yüzeylerinin düz, homojen ve yoğun olmasıyla birlikte, kristal tanelerinin yüzeyde rastgele dağıldığı gözlemlenmiştir. Magnetron püskürtme tekniğiyle üretilen ince filmler sol-jel ile üretilenlere nazaran daha az pürüzlülüğe sahiptir. Mn ve Zn elementlerinin +2 değerliğine sahip olduğu XPS anaizlerinden bulunmuştur. Magnetron püskürtme tekniğiyle üretilen ince filmlerin optiksel geçirgenliği sol-jel ile üretilenlere kıyasla daha yüksektir (Şekil-2). Bununla birlikte, sol-jel ile üretilmiş ince filmlerin soğurma katsayısı (α) magnetron püskürtme tekniğiyle üretilmiş ince filmlerinkine nazaran daha büyüktür. Magnetron püskürtme tekniğiyle üretilen ince filmlerin kırılma indeksi (n) sol-jel ile üretilmiş ince filmlerinkinden daha büyükken, sol-jel ile üretilmiş ince filmlerin tüketim katsayısı (k) magnetron püskürtme tekniğiyle üretilmiş ince filmlerinkinden daha büyüktür. Bu sonuçlar, magnetron püskürtme tekniğiyle üretilen ince filmlerin sol-jel ile üretilmiş ince filmlere göre güneş pili uygulamalarına daha uygun olduğunu önermektedir.

Şekil-1



Şekil-2

Anahtar Kelimeler —Sol-jel; Magnetron püskürtme; $Zn_{1-x}Mn_xO$ ince filmleri; Kırılma indeksi; Soğurma katsayısı; Bant aralığı.

Abstract**—**Transparent conductive oxides (TCO) are widely used in optoelectronic and solar cell applications. Among the TCO, ZnO is one of the most famous candidate due to its appropriate properties, which are sensitive to doping. It can be used in solar cell as n-type layer (Fig. 1) and TCO. Therefore, to investigate the influence of Mn doping in ZnO host lattice on the structural and optical properties for the solar cell applications, the sol-gel and magnetron sputtering methods were used to produce $Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) thin films.

$Zn_{1-x}Mn_xO$ ($0.0 \leq x \leq 0.20$) thin films were investigated by XRD, EDX, XPS, SEM and Uv-visible spectrophotometers to characterize the thin films. Comparatively, a high crystalline quality was obtained in magnetron sputtered thin films than those of sol-gel derived thin films. All the films had hexagonal wurtzite structure with preferred orientation along c-axis. The presence of Zn, Mn and O was confirmed by EDX analysis. The film surface with homogeneous, flat, dense with randomly oriented grains was observed by SEM. The film surface of the magnetron sputtered thin films had less roughness than those of sol-gel derived thin films. The valence state of the Zn^{2+} and Mn^{2+} elements was found in XPS analyses. The optical transparency of the magnetron sputtered thin films was comparatively higher than those of sol-gel derived thin films (Fig. 2). However, the absorption coefficient (α) of the sol-gel derived thin films was relatively higher than those of magnetron sputtered thin films. The refractive index (n) of the magnetron sputtered thin films was higher than those sol-gel derived thin films, while the absorption coefficient was higher for the sol-gel derived than those of magnetron sputtered thin films. These results suggest the magnetron sputtered thin films were much convenient for the solar cell applications than those of the sol-gel derived thin films.

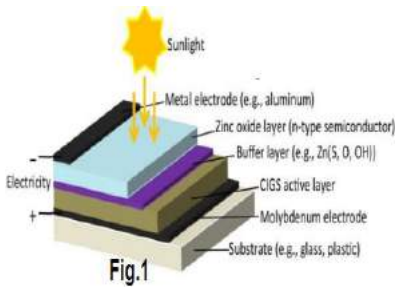


Fig.1

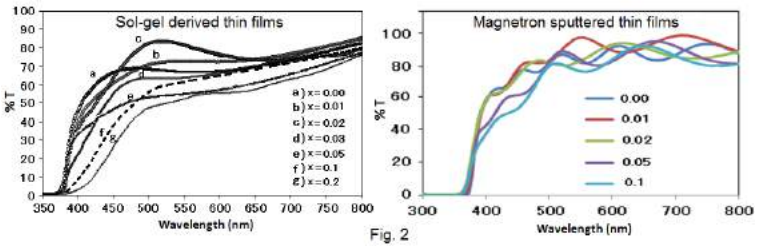


Fig. 2

Keywords —Sol-gel; Magnetron sputtering; ; $Zn_{1-x}Mn_x$Othin films; Refractive index; Absorption coefficient; Band gap.

KAYNAKÇA

[1] Lakshmanan, A., Sivakumar, R., Kumar, S., Bhaskar, R., Jose, M. T. and Lakshmi-narayan, N., "Synthesis and photoluminescence of Y,Eu co-doped ZnO red phosphor", Mater. Res. Bull. 47:419–424, 2012.

[2] Davesnne, A., Ziani, A., Labbé, C., Marie, P., Frilay, C. and Portier, X., "Energy transfer mechanism between terbium and europium ions in zinc oxide and zinc silicates thin films" Thin Solid Films 553:33-37, 2014.

[3] Goktas, A., Aslan, F., Tumbul, A. and Gunduz, S.H., "Tuning of structural, optical and dielectric constants by various transition metal doping in ZnO:TM (TM: Mn, Co and Fe) nanostructured thin films: A comparative study."*Cerm. Inter.*,43(1):703-714, 2017.

Nesnelerin İnterneti İle Konutlarda Enerji Verimliliği
Energy Efficiency in Residences via Internet of Things (IoT)

Mehmet Emin TENEKECİ[1]
Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ[2]
Nurettin BEŞLİ[3]
Mehmet Akif İLKHAN[4]
Sami ABAMOR[5]
Ahmet TABANLIOĞLU[6]
Mustafa ÇALIŞKAN[7]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, etenekeci@harran.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agumuscu@harran.edu.tr
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr
[4]Elektrik Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, akifilkhan@gmail.com
[5]GAP-YENEV Araştırma Merkezi, Şanlıurfa, Türkiye, samiabamor @gmail.com
[6]GAP Bölge Kalkınma İdaresi, Şanlıurfa, Türkiye, ahmet.tabanlioglu@hotmail.com
[7]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mustafacaliskan@harran.edu.tr

Özetçe— Son yıllarda, fosil yakıt kaynaklı enerji tüketiminin iklim değişikliği gibi ciddi çevresel problemlere sebep olduğu bariz bir şekilde görülmeye başlamıştır. Türkiye'de harcanan enerjinin %30 kadarı konutların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve temizlik gibi işlemleri için harcanmaktadır [1]. Araştırmalar harcanan bu enerjinin büyük bir kısmının termal iklim koşullarının oluşturulması için kullanıldığını göstermektedir. Ortamın termal koşullarının izlenmesi ve anlık olarak sistemin kontrol edilmesi harcanan enerjinin azaltılması için oldukça etkili bir yaklaşım olacaktır. Bu amaçla son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan nesnelerin interneti teknolojilerinden faydalanılabilir. Nesnelerin interneti kavramı günümüzde endüstri 4.0 devriminin en önemli bileşenlerindendir. Ortamı izlemek için üretilen sensörlerden alınan veriler analiz edilerek kullanıcıya bilgi sunmaktadır. Elde edilen veriler ışığında konutlarda kullanıcı davranışına uygun termal iklim koşullarını sağlayan cihazlar (kombi, klima vb.) daha verimli olarak kontrol edilecektir. Bu çalışmada mini bilgisayar Raspberry Pi 3 modeli veri toplama ve analiz işlemcisi olarak kullanmaktayız. Ortam sıcaklık ve nem bilgileri DHT 21 sensörü ile alınmaktadır. Ayrıca, MQ135 sensörü kullanılarak hava kalitesini belirleyen gaz oranları da ölçülüp kaydedilmektedir. Bununla birlikte, nesnelerin interneti kavramının en önemli unsuru olan her bir cihazın ağ üzerinden iletişim sağlaması ve internet ortamından gerekli verilere erişiminin olması bu veriler arasında ilişki kurulup daha verimli bir kontrol sağlanacaktır. İnternet ortamından konutun bulunduğu bölgeye ait yakın zaman meteoroloji verisi elde edilip analizlere katılarak, dış ortam iklim şartlarına göre uyumlu çalışan bir kontrol mekanizması önerilmektedir. Önerilen bu çalışma ile konutlarda ısıtma ve soğutma için harcanan enerji daha verimli şekilde kullanılıp doğa ve çevreye daha duyarlı kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Böylelikle konutlarda öngörülen %30-%50 oranında bir enerji tasarrufu sağlanabilecektir [1].

Anahtar Kelimeler — enerji verimliliği; akıllı konut; nesnelerin interneti.

Abstract— In recent years, energy wasting is a factor that causes serious environmental problems such as climate change. 30% of the energy expended in Turkey cooling, lighting and cleaning at houses is spent to process [1]. It shows that much of this spent energy is being used to provide thermal climatic conditions. Monitoring the thermal conditions of the environment and controlling the system instantaneously will be a very effective approach to reduce the energy consumed. For this purpose, Internet of Things (IoT) that have become popular recently can be used. The concept of the internet of things is the most important component of the industry's revolution. The data from the sensors produced to monitor the environment are analyzed and presented to the user. The obtained data will be checked with the data of the devices (combi, air conditioner, etc.) that provide the thermal climatic conditions in the houses. In this study, we use raspberry pi 3 model as data collection and analysis processor. The temperature and humidity data from the environment are taken with the DHT 21 sensor. In addition to that, the gas rates that determine the quality of the air are measured and recorded using the MQ135 sensor for air quality measurement. However, the most important element of the internet concept of objects will be the different parameters taken from the internet environment and the relation between these data will be

established and more efficient control will be provided. Recently, a control mechanism that adaptively operates according to outdoor climate conditions is proposed by participating in meteorological data analyzes belonging to the area where the house is located. With this proposed study, the energy used for heating and cooling in houses was used more efficiently and more sensitive control systems for nature and environment were developed. Thus, energy savings of 30% -50% can be achieved in the residences [1].

Keywords **— energy efficiency; smart home; internet of things.**

KAYNAKÇA

[1] G., 2009. Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye'deki Durum, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 457.Sayısı, s. 32, Ankara.

Design and simulation of a maximum power point tracker using buck converter for photovoltaic system

Mohamed Yasko[1]
Bekir Çakır[2]
Mehmet Bilgin[3]
Tarık Erfidan[4]
Abdulvehhap Kazdaloğlu[5]

[1]Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, yaskomht@gmail.com
[2]Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, bcakir@kocaeli.edu.tr
[3]Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, bilgin@kocaeli.edu.tr
[4]Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, tarik@kocaeli.edu.tr
[5]Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, vahap@kocaeli.edu.tr

***Abstract*—** Energy is a keystone of industrialization and development of countries. Generating environmentally safe energy is one the most important challenges facing the world. Energy through the photovoltaic (PV) system is clean and sustainable because of the abundance and ubiquity of the solar energy. The power-voltage (P-V) characteristics of PV system depends greatly on the environmental factors such as irradiation level and temperature. The output current depends linearly on the irradiation level and the output voltage has linear variation with PV cell's working temperature. One of the most important challenges that faces the PV system conversion technology is to maintain the PV system at its maximum power point at a given atmospheric conditions. Maximum power point (MPP) tracker is an electronic circuitry using dc-dc (direct current) converter to match the PV system characteristics with the load profile in order to extract the maximum available power in nature. In this paper, a design and simulation of a maximum power point (MPP) tracker for PV system is presented. The MPP tracker is based on dc-dc buck converter using perturb and observe (P&O) algorithm to ensure the extraction of maximum power from the PV module. The purpose of buck converter is to step down the PV module output voltage (17.4 V) to a load voltage of 12 V. the desired switching frequency of the buck converter is 20 kHz. The PV module model is constructed using Simulink math blocs in Matlab/Simulink program. The different parts of PV system model including the designed MPP tracker are developed and analyzed in Matlab/Simulink platform. The MPP tracker controlled by P&O technique is validated by simulating the PV system for various solar irradiation levels and temperature values. It was observed that the MPP tracker responds accurately not only in steady-state atmospheric conditions but also in presence of irradiation or temperature variations.

Keywords — photovoltaic system; maximum power point tracker; buck converter; P&O algorithm; Matlab.

Table I. BUCK CONVERTER DESIGN REQUIREMENTS

Load voltage (V_{LOAD})	12 V
Switching frequency (f)	20 kHz
Duty cycle (D)	0.689
Minimum inductance (L)	20.6 μH
Input capacitor (C_i)	138.53μF
Output capacitor (C_O)	235.17 μF
Load resistance (R)	2.66 Ω

```
%Matlab file
function D = POALGORITHM(V,I,Vold,Iold,Dold)
Dref=0.689; deltaD=0.001;
P= V*I;
Pold=Vold*Iold;
dV= V - Vold;
dP= P - Pold;
if dP/dV<0
    D =Dref+deltaD;
else
    D=Dref-deltaD;
end
if dP/dV>0
    D =Dref-deltaD;
else
    D =Dref+deltaD;
end
if dP/dV==0
    D=Dold;
end
end
```

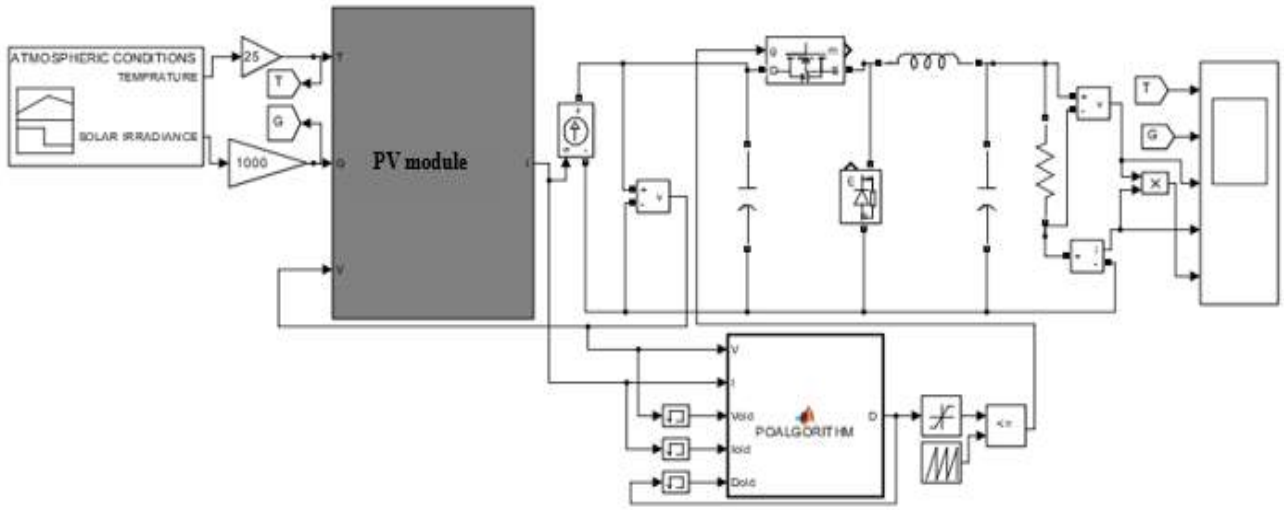


Figure 1. PV system built in Matlab/Simulink

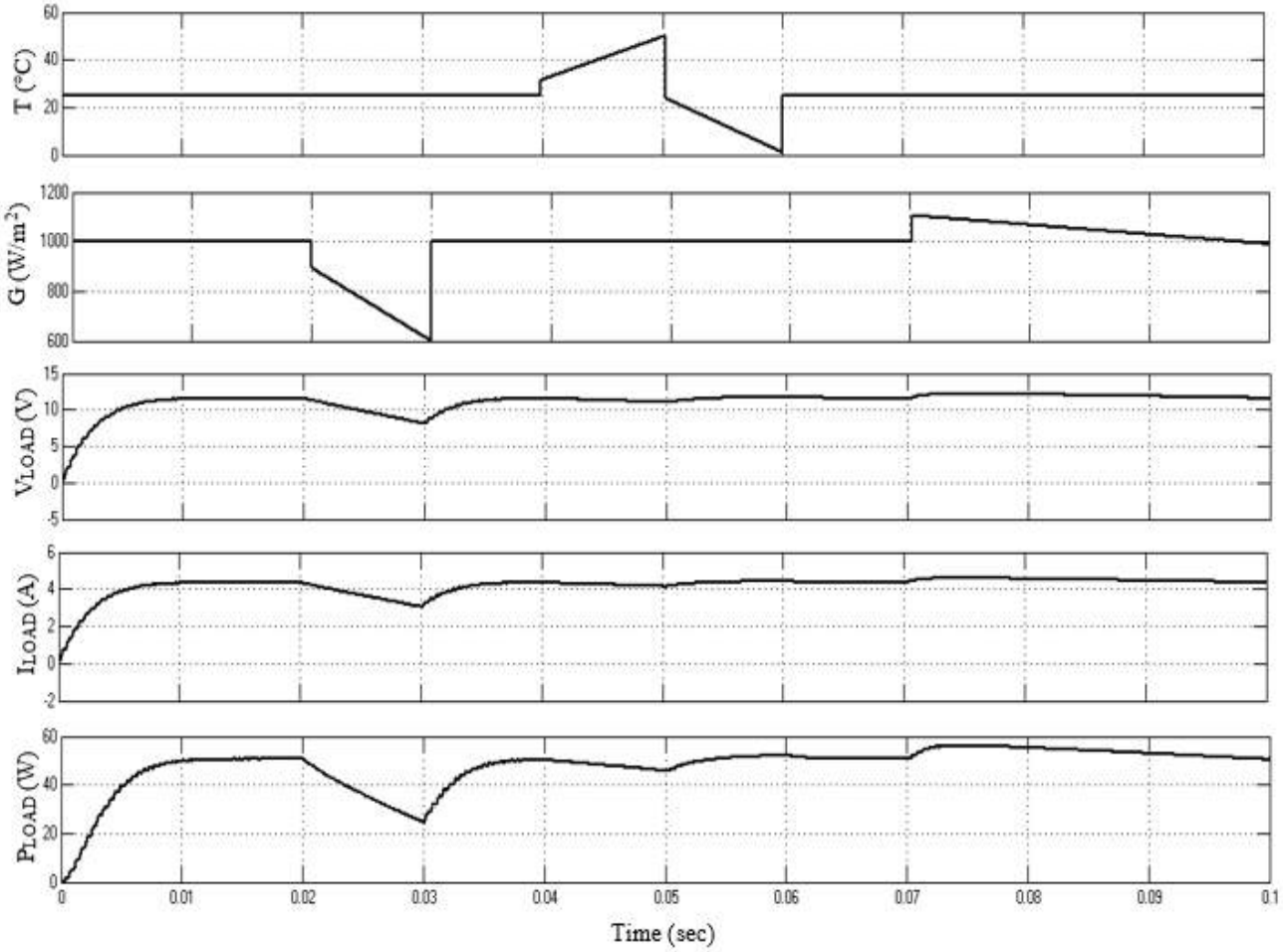


Figure 2. Simulation results for different atmospheric conditions.

REFERENCES

[1] Arnulf J., Waldau., PV status report 2016, JRC Science for Policy Report, EUR 28159 EN, 11-16-50, 2016.

[2] Smetz A. et al., Solar energy: fundamentals, technology and systems, Delft University of Technology, 2014, 219-224.

[3] Randall Shaffer, Fundamentals of Power Electronics with Matlab, Charles River Media, 2007, page 185-195.

[4] U. Yilmaz, A.Kircay, S.Borekci, "PV system flyback converter controlled PI control to charge battery under variable temperatue and irradiance ", Electronics, Palanga, Lithuania, 2017.

[5] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis, Nicholas C. V., "Development of a microcontroller-based, photovoltaic maximum power point tracking control system", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 16, No. 1, 2001.

[6] R. Faranda, S. Leva, "Energy comparison of MPPT techniques for PV Systems", WSEAS Transactions on Power Systems, Issue 6, Volume 3, June 2008 446-455.

[7] S. Saravanan, R. Babu, "Maximum power point tracking algorithms for photovoltaic system – A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews 57 (2016) 192–204.

Hidroelektrik Santrallarda Kısıt Programlama ile Vardiya Çizelgeleme Probleminin Çözümü
Solving the Shift Scheduling Problem with Constraint Programming in the Hydroelectric Power Plants

Rabia YUMUŞAK[1]
Hacı Mehmet ALAĞAŞ[2]
Evrencan ÖZCAN[3]
Neşet BEDİR[4]
Tamer EREN[5]

[1,4]Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
rabiayumusak95@gmail.com[1], nstbdr@gmail.com[4]
[2,3,5]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye,
hmalagas@kku.edu.tr[2], evrencan.ozcan@kku.edu.tr[3], teren@kku.edu.tr[5]

***Özetçe*—**Temel yaşam kaynağı haline gelen enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bir yandan fosil yakıt rezervleri azalırken, bir yandan da dünya nüfusunun hızla artışı, ülkeleri yeni ve sürdürülebilir politikalar geliştirmeye zorlamaktadır. Bu nedenle ülkeler, sürdürülebilir olması sebebiyle yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmaktadırlar. Dünya genelinde yenilenebilir enerjinin önemi anlaşılsa da henüz enerji talebinin büyük kısmı diğer kaynaklardan elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji dünya birincil enerji arzında 1960'lardan sonra yer almakla birlikte 2040'a kadar payının %10'un üzerinde olacağı öngörülmektedir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de son yıllarda yenilenebilir enerji yatırımları hız kazanmıştır. Türkiye'nin mevcut enerji ihtiyacının yaklaşık %30'u yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. Üretime katkısı açısından, Türkiye'nin mevcut yenilenebilir kaynaklarının dörtte üçünü oluşturan kaynak ise hidroliktir. Hidrolik kaynaklar Türkiye'de geçmişten bugüne önemini yitirmemiş ve her zaman ülke ekonomisine önemli seviyede katkı sağlamıştır. Hidrolik gücün yenilenebilir enerji kaynakları içindeki yüksek oranlı payının yanı sıra, hidroelektrik santralların puant yük ihtiyacını karşılamada çok kısa bir sürede devreye girerek yüksek kurulu güçlerle destekleme kabiliyeti, uzun ekonomik ömürleri, sulama ve su sporları gibi farklı faaliyetler için de kullanılabilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Kesintisiz, verimli, güvenilir, ekonomik ve çevreye duyarlı elektrik üretimi olarak adlandırılan sürdürülebilir enerji arzının sağlanması hedefine hidroelektrik santralların beklenen ölçüde katma değer sağlaması için üretim, bakım, malzeme ve işgücü yönetiminin bir sistem dahilinde ele alınması gerekmektedir. Tam otomatize olmayan sistemlerle işletilen hidroelektrik santrallarda operatör hatalarının uzun süreli duruşlara neden olması, büyük ve uzun süren arızaları doğurması ve iş güvenliği riskleri göz önüne alındığında, bu dört ayaklı ana santral sisteminin en önemli alt sistemlerinden birisi olarak işgücü yönetim ve planlama sistemi karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda yapılan çalışma ile Türkiye elektrik üretiminin yaklaşık beşte birlik kısmını karşılayan hidroelektrik santrallar arasından büyük ölçekli bir tanesinde vardiya personeli çizelgeleme problemi ele alınmıştır. 24 personelden oluşan toplam vardiya ekipleri arasında adil ve dengeli bir atama yapılmamasından kaynaklanan üretim duruşlarını ortadan kaldırmak için operatörler arasında adil iş dağılımının gerçekleştirilmesi temel amacına odaklanılan bu çalışmada, önerilen kısıt programlama modeli ile dengeli bir vardiya çizelgesi elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji, hidroelektrik santral, vardiya çizelgeleme, kısıt programlama

***Abstract*—** The demand for energy, which has become a basic source of life, is increasing day by day. While fossil fuel reserves decrease on the one hand, the rapid increase of the world's population on the other hand forces countries to develop new and sustainable policies. For this reason, countries are increasing their renewable energy investments because they are sustainable. Although the importance of renewable energy is understood throughout the world, much of the energy demand is still derived from other resources. Renewable energy is in the world's primary energy supply after the 1960s and is expected to account for more than 10% until 2040. As in the world, renewable energy investments in Turkey gained momentum in recent years. Approximately 30% of Turkey's current energy needs are met from renewable

sources. Turkey's three-quarters of the available renewable sources constitutes hydraulic power in terms of contribution to the electricity generation. Hydraulic resources have not lost its importance from past to present in Turkey, and always has contributed significantly to the level of the national economy. Besides the high share of hydraulic power in renewable energy resources, hydroelectric power plants have many advantages such as supporting to meet the peak load requirement by starting up in a very short period of time with their high installed capacities and long economic life. Also, it can be used for different activities such as irrigation and water sports. Generation, maintenance, materials and manpower management must be considered within a system to provide the expected added value of hydroelectric power plants to the aim of achieving the sustainable energy supply called as uninterrupted, efficient, reliable, economical and environmentally friendly electricity generation. When considering the operator faults in long downtimes, large and long-running faults, and occupational safety risks in the hydroelectric power plants operated with not fully automated systems, one of the most important sub-system of four-legged main power plant system emerges as workforce management and scheduling system. In this context in this study, shift scheduling problem is handled in one of the large-scale hydroelectric power plants meet about one fifth of Turkey's energy demand. A balanced shift schedule is obtained with the proposed constraint programming model consequently.

Keywords — renewable energy; hydroelectric power plants; shift scheduling; constraint programming.

KAYNAKÇA

[1] Ernst, T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., Owens, B. and Sier, D. "An annotated bibliography of personnel scheduling and rostering", *Annals of Operations Research, Vol. 127, 2004, p 21-144.*

[2] Özcan, E. C. and Eren, T. "Application of TOPSIS method for maintenance planning: Natural gas combined cycle power plant case study", *Int J Eng Res Dev, Vol. 6(2), 2014, p 1-13.*

[3] Özcan, E. C., Varlı, E. and Eren, T. "Goal programming approach for shift scheduling problems in hydroelectric power plants", *Int J Inf Tech, Vol. 10(4), 2017, p 363-370.*

[4] Fowler, J. W., Wirojanagud, P. and Gel, E. S. "Heuristics for workforce planning with worker differences", *Eur J Oper Res, Vol. 190(3), 2008, p 724-740.*

[5] Özcan, E. C., Ünlüsoy, S. and Eren, T. "Evaluation of the renewable energy investments in Turkey using ANP and TOPSIS methods", *Selçuk University Journal of the Engineering, Science and Technology, Vol. 5(2), 2017, p 204-219.*

[6] Özcan, E. C. and Erol, S. "A multi-objective mixed integer programming model for energy resource allocation problem: The case of Turkey", *Gazi University Journal of Science, Vol. 27(4), 2014, p 1157-1168.*

Güneş Panellerinde Tozlanma Tespiti ve Temizleme Protokolünün Kontrolü için Histerezis Yükseltme Aşaması Sistemi

Hysteresis Amplification Stage System for the Dust Detection on Solar Panels and Control of the Cleaning Protocol

Mahfoud ABDERREZEK[1]
Mohamed FATHI[2]
Sezai TASKIN[3]
Mohamed Larafi MGHEZZI[4]

[1,2,4]Unité de Développement des Equipements Solaires, UDES/Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 42415 Tipaza, Alegria, mahfoud_cbi@yahoo.fr
[3]Department of Electrical & Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Manisa Celal Bayar University 45140-Yunusemre-Manisa-Turkey, sezai.taskin@cbu.edu.tr

Özetçe **-** Artan yenilebilir enerji kaynakları ve özellikle Büyük Sahra gibi tozlu bölgelerde kurulan güneş enerji santrallerinin en iyi verimlilikte çalışabilmeleri için uygun çözümlere ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle, çöldeki kum fırtınası sonucu fotovoltaik panellerin yüzeyinin tozla kaplanması da çözülmesi gereken bir husustur. Bu çalışmada, lüminesan bir cam fotoselin kısa devre akımı algılaması için histerezis yükseltme aşaması işlemi gerçekleştirilmiştir. Aslında, lüminesan bir cam tabanlı toz sensörü çalışması önceden tasarlanmış ve uygulanmıştır. Fakat bu yapıdaki toz sensöründen elde edilen akım miktarı, güneş panellerinin temizleme işleminin başlatılmasına karar veren elektrik devresinin kontrolü için oldukça düşük seviyelerdeydi [1]. Bu çalışmada önerilen yükseltici devre, Ref.1'de verilen sensörün kısa devre akım seviyesini güçlendirmekte ve panel yüzeyindeki tozlanma derecesi kabul edilebilir bir orana gelene kadar su pompasını veya hava üfleme ve ilgili diğer tüm temizlik protokollerini başlatmaktadır. Bu çalışmada kullanılan sistem bileşenleri; toz sensörü, akım-gerilim dönüştürücüsü, histerezis karşılaştırıcı, Darlington transistör ve elektronik röleden oluşmaktadır. Histerezis yükselteç devresinin temel elemanı LM358P işlemsel yükseltecidir. Histerezis yükselteç devresi akım-gerilim dönüştürücü devresi ve histerezis karşılaştırıcı devresi olmak üzere iki aşamalı kontrol devresine sahiptir. Bu iki kontrol devresi bir empedans adaptör fazı üzerinden bağlanır, cam yüzey üzerindeki tozlanmanın eşik değeri bir seri optik ve elektriksel ölçümlerden belirlenir, böylece toz yoğunluğunun lüminesan camın kenarlarında yakalanan ışık şiddeti üzerindeki etkisini bilmeyi ve bu kenarlar üzerindeki PV hücre tarafından üretilen kısa devre akımını hesaplamayı mümkün kılar.

Anahtar kelimeler — yükseltme aşaması; histerezis aşaması; güneş enerjisi; kum rüzgarları; toz.

Abstract **-** With the increase of renewable energies, solar energies in particular, in the dusty areas including Sahara, efficient solutions for the proper functioning of the solar power plants must be developed. In particular, the coverage of solar panels with dust by sand winds is a challenge to be solved. In this study, a hysteresis amplification stage for detecting the short-circuit current of a luminescent glass photocell has been developed. In fact, a luminescent glazing-based dust sensor has been previously designed and implemented; it was constituted of an LED lamp present the internal light source, a luminescent glass to detect the soiling level, and at the end a photocell integrated on the edging of the luminescent glass to convert the escaping light to electrical signal. However, the obtained current from the dust sensor was too weak for the control of the circuit responsible for starting the cleaning process of the solar panels [1]. The

proposal circuit amplifies this obtained short-circuit current, and starts the water pump or the air blowing and all cleaning protocols until the dust threshold drops to an acceptable level. The studied system is constituted of the following parts; a dust sensor, a current-voltage converter, a hysteresis comparator, a Darlington transistor, an electronic relay. The basic element of the hysteresis amplification circuit is the operational amplifier LM358P. The hysteresis amplification circuit has two control circuit stages: the current-voltage converter circuit and the comparator circuit with hysteresis. These two control circuits are connected by an impedance adapter stage. The threshold of the coverage of the glass window is determined via a series of electrical and optical measurements. These tests make possible to know the effect of the dust density on the luminous intensity captured on the borders of the luminescent glass, and to calculate the short-circuit current produced by the integrated solar cell on these borders.

Keywords—amplification stage; hysteresis stage; solar energy; sand winds; dust.

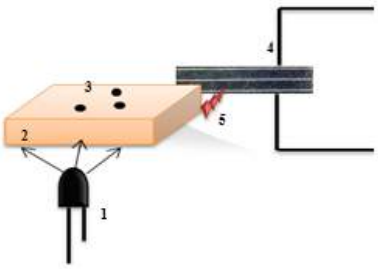


Fig. 1 Schematic diagram of the proposed dust sensor. 1- LED Lamp, 2- Luminescent Glass Plate 3mm, 3- Dust particles, 4- Photocell, 5-Light escape on the edge of luminescent glass [1].

REFERENCES

[1] M. Fathi, M. Abderrezek, Dust sensor based on luminescent glazing for control of photovoltaic panels cleaning, Clean Techn Environ Policy. 19 (2017) 1809–1814.

Yüksek Sıcaklıkta Çalışan Fotovoltaik Hücrelerin Soğutmasını İyileştirmek için Sayısal Bir Çalışma

Numerical Study for Enhancing the Cooling of Solar Photovoltaic Cells Working Under High Temperature

Amel GHELLAB[1]
Sezai TASKIN[2]
Mahfoud ABDERREZEK[3]

[1]Laboratory of Applied Energies And Materials, Faculty of Science and Technologies. Ouled Aissa BP 98, University of Jijel, Algeria, ghellab_amel@yahoo.fr
[2]Department of Electrical & Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Manisa Celal Bayar University 45140-Yunusemre-Manisa-Turkey, sezai.taskin@cbu.edu.tr
[3]Unité de Développement des Equipements Solaires, UDES/Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 42415 Tipaza, Alegria, mahfoud_cbi@yahoo.fr

Özetçe — Sıcaklık, güneş hücrelerinin performansını belirlemede ana parametrelerden biridir. Hücre yüzeyine gelen enerjinin çoğu ısı olarak dağılmaktadır. Genel olarak ısı, doğal konveksiyon ve ortam havasının yayınımı yolu ile fotovoltaik(PV) modüllerin yüzeyine doğru tahliye edilir. Fakat PV hücreleri sıcaklığın değişimine karşı oldukça duyarlıdır. Bu çalışma, yüksek sıcaklıkta çalışan PV hücrelerin soğutmasını iyileştirmenin enerji verimliliğine olan etkisini incelemekte olup hava, su ve baz akışkan olarak suya entegre edilmiş Al_2O_3 nano-partiküllerden oluşan Alümina nano-akışkanın yer aldığı üç farklı soğutma sıvısının enerji verimliliğine olan etkisinin karşılaştırma sonuçlarını sunmaktadır. Al_2O_3 nano-partiküllerden oluşan Alümina nano-akışkanı, hava ve su dışındaki geleneksel sıvılara kıyasla daha yüksek termo-fiziksel özelliklere sahiptir [1]. Soğutma sıvısı PV panelde cebri sirkülasyonlu olarak, siyah boyalı metalik plaka tarafından oluşturulan bir dikdörtgen boru içine akmaktadır. Yöntem, farklı düğümler arasında bir enerji dengesinin geliştirilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle, öncelikle modellemede kullanılacak matematiksel denklemler ayrıştırılmış ve daha sonra bu denklemler güneşli bir yaz günü Cezayir'in doğusundaki Jijel kasabasının iklim verileriyle ilgili bilinmeyenlerin hesaplanması amacıyla MATLAB®'da yazılmış bir programa dahil edilmiştir. Her bir düğüm için ve her bir saat için farklı ısı transfer katsayısı ile elektriksel ve termal verimler değerlendirilmiştir. Soğutma sıvısı olarak Alümina nano-akışkan kullanılan PV panel, su ve havanın soğutma materyali olarak kullanıldığı sisteme kıyasla en yüksek termal ve genel verimi göstermiştir. Çünkü suda bulunan nano-partiküllerin varlığı bu sıvının termal özelliklerini arttırmaktadır. Alümina nano-akışkan kullanılan soğutucunun PV panel verimliliğinin suya göre % 3.75, havaya göre ise % 29.9 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler — hava; nano-akışkan; su; PV hücre; benzetim modeli.

Abstract— Temperature is a one of the main parameter in determining the performance of solar cells. Much of the incident energy on the surface of the cell is dissipated under heat form. In general, the heat is evacuated by natural convection and radiation of the ambient air to the front side of the PV modules. But, the properties of the solar cell are very sensitive to the variation of the temperature. At this stage, this work investigates the feasibility of cooling solar cells operating under high temperature, through a comparative study between three different cooling fluids: air, water and Alumina nanofluid which consists of Al_2O_3 nanoparticules integrated in the water as base fluid. These have high thermo-physical properties compared to conventional fluids other than air and water [1]. The cooling fluid is flowing into a rectangular duct formed by the top PV panel and the back metallic plate supposed painted black. This cooling fluid flows under a forced circulation mode. In the present work, a numerical study on the performances of a monocrystalline Si PV panel is developed. The method is based on the development of an energy balance between the different nodes. Hence, the equations are been discretized and then introduced into a program written in MATLAB® for the purpose of

calculating the unknowns for the climatic data of the town of Jijel in the east of Algeria for a sunny summer day. The different heat transfer coefficient and electrical or thermal efficiencies are evaluated for each node and each one hour. The photovoltaic panel using Alumina nanofluid presents the highest thermal and overall efficiencies, compared to the system using water and air as working fluids, because of the presence of nanoparticles in water increases the thermal proprieties of this fluid. The overall efficiency of the system using nanofluid is 3.75 % and 29.9 % higher than water and air, respectively.

Keywords—air; nano fluid; water; PV cell; simulation model.

KAYNAKÇA

[1] Verna, S.K and Tiwari, A.K. "Progress of nanofluid application in solar collectors: A review", *Energy Conversion and Management. Vol.100, 2015, p 324-346.*

Dünyada ve Türkiye'de Biyoetanol Potansiyeli ve Kullanım Alanları

Potential of Bioethanol and Usage in the World and Turkey

Betül GÖNCÜ[1]
Hakki GÜLŞEN[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, betulgoncu@harran.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hgulsen@harran.edu.tr

***Özetçe*—** Günümüzde fosil yakıtların giderek tükenme riski, sebep olduğu çevresel problemler ve ülkeler için ciddi bir maliyet oluşturması sebebiyle dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına bir yönelme olmuştur. Yenilenebilir enerjinin bir alt kolu olan biyokütle enerjisi özellikle tarımsal kaynaklı olmasından ötürü tercih oranının fazla olmasının yanında eldesi ve kullanımı da giderek artmaktadır. Biyoetanol, biyoyakıt olarak da tabir edilen biyokütle enerjisinin en çok kullanılan türüdür. Dünyada en fazla biyoetanol üretimi gerçekleştiren ülkeler sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya'dır. Biyoetanol, yaklaşık %95 oranında tarımsal ürünlerden elde edilmektedir. Hammaddenin içeriğindeki şeker oranına ve şekerin hangi formda bulunduğuna bağlı olarak ve şekerden etanol elde edilmesi esasına dayanan bir süreçtir. Biyoetanol, hammaddelerdeki şekerin etanole dönüşümü için farklı ön işlemler ve prosesler uygulanması sonucu üretilen sıvı bir biyoyakıttır. Bu sıvı biyoyakıt, kojenerasyon ünitelerinde, ev aletlerinde, kimyasal ürün sektöründe ve ağırlıklı olarak ulaşım sektöründe farklı oranlarda kullanılabilmektedir. Geçmiş dönemlerde araç yakıtlarına oktan arttırıcı olarak karıştırılan kurşun, benzen, MTBE(metil tersiyer bütil eter) gibi maddelerin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkisi belirlendikten sonra biyoetanol, hem oktan arttırıcı hem de çevreci bir alternatif yakıt olduğundan kullanılmaya başlanmıştır. Biyoetanolün benzine %10 oranına kadar ilavesi araçlarda hiçbir modifikasyon gerektirmediğinden yaygın olarak kullanılabilmektedir. Ancak daha yüksek oranlarda biyoetanolün araçlarda kullanılması, biyoetanolün korozif etkisi sebebiyle, modifikasyon gerektirmektedir. Günümüzde tamamen biyoetanolle çalışan araçlar birçok ülkede kullanılmaktadır. Türkiye'de biyoetanol üretimi ve kullanımı çok yaygın olmamakla beraber bu alanda yapılan araştırmalar zamanla artmaktadır. Ayrıca ülkemizde 2011 yılında yayınlanan Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ ile 2014 yılından itibaren benzine %3 oranında biyoetanol ilavesi zorunlu kılınmıştır. Bu tür teşvik, vergi indirimi ve yasal zorunlulukların birçok ülkede uygulanması insanları biyoetanol üretimine ve kullanımına teşvik eden olumlu gelişmelerdir.

Bu çalışmada biyoetanolün diğer yakıtlara göre çevresel açıdan faydaları, dünyada ve Türkiye'de çoğunlukla hangi hammaddelerden elde edildiği, bunların kullanım oranları, kullanım alanları ve biyoetanol kullanımı ve üretimi için devletlerin yaptığı teşviklerin durumu araştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler — döküman biçimi; stil; anahtar kelimeler.

***Abstract*—** Today, increasingly, the risk of extinction of fossil fuels is causing environmental problems and creates a serious cost for the country due to the world has been a move to renewable sources of energy. Renewable energy is biomass energy, especially a lower arm of the agricultural rate of choice for many sourced as being obtained and that the use is gradually increasing. Bioethanol, biofuel which is called biomass energy as the most widely used type. World's most bioethanol production performs countries respectively United States and Brazil. Bioethanol from agricultural production is at a rate of approximately 95%. Sugar content ratio of sourcing, and depending on which form of sugar and sugar ethanol is a process on the basis of achieving. Bioethanol, sugar in the raw materials ethanol conversion for different pretreatment and is a liquid biofuel produced as a result of the implementation processes. This liquid biofuels, cogeneration units, home appliances, chemical product sector and mainly in the transport sector can be used at different rates. History as the octane-enhancing vehicle fuel blended during periods of lead, benzene, MTBE (methyl tertiary butyl ether) negative effect on the environment and human health of substances such as after determining bioethanol, and octane Enhancer as well as an environmental alternative fuel is introduced. Bioethanol gasoline vehicles the addition of up to 10% because it does not require any modifications can be used as a prevalent. However, higher proportions of

bioethanol use in cars using bioethanol require the modification due to corrosive effect. Today, bioethanol-based vehicles are used in many countries. The research done in this area, although not very common in Turkey production and use of bioethanol is increasing over time. In addition, with the Bulletin on the Amendment of the Technical Regulation Bulletin on Gasoline Species published in 2011 in our country, it was obligatory to add 3% of bioethanol to petrol since 2014. Such incentives, tax reductions and the implementation of legal obligations in many countries are positive developments that encourage people to bioethanol production and use.
In this study, environmentally benefits compared to other fuel bioethanol, in the world and in Turkey, mostly obtained from which raw materials, their utilization rates, availability of incentives made by the usage and state for bioethanol production and use will be investigated.

Keywords - bioethanol use; biofuels; environmental benefit.

Vacuum-free Processed Cu_2ZnSnS_4 Solar Cell

Ahmet TUMBUL[1,2]
Abdullah GÖKTAŞ[2]
Ferhat ASLAN[2]
Maharram Z. ZARBALİ[2,3]
Hamit ÖZTÜRK[2]

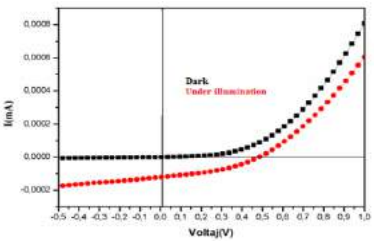
[1]Central Laboratory, Harran University, Sanliurfa, Turkey
atumbul@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
agoktas@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
ferhataslan@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
zmz@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
ozturkscience@gmail.com
[3]Institute of Physics, National Academy of Sciences, H. Javid Av.33, 1143, Baku, Azerbaijan

Abstract**—**In this report we are describe the results of preparation a solar sensitive structure on glass substrate by sol-gel method. This work is a continue working of our research in the browsing and revises for new efficient materials on using at the conversion of solar energy. Among the ways of searching for the using of alternative energy sources, solar energy is one of the most important ones. The CZTS (Cu_2ZnSnS_4) compound is one of the most promising materials as an absorber layer due to its abundant and non-toxic constituent elements. Besides, the CZTS thin film has appropriate band-gap energy of 1.4-1.5 eV with higher absorption coefficient more than 10^4 cm^{-1} for the solar cell applications. Recently, non-vacuum processed growth methods have been great attention due to the its facility and eco-friendly properties. In this study, all layer sol-gel processed Glass/ITO/TiO_2/In_2S_3/CZTS superstrate solar cell was fabricated.

Keywords — solar cell; CZTS; sol-gel.

Özet**—**Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. CZTS (Cu_2ZnSnS_4) yarıiletken malzemesi içerisinde bulundurdugu doğada bol bulunanan ve zararsız elementlerden dolayı güneş hücrelerinde soğurucu katman olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında uygun band aralığı (1.4-1.5 eV) ve 10^4 cm^{-1} den yüksek soğurma katsayısına sahip olması nedeniyle en çok gelecek vaad eden malzemelerin başında gelmektedir. Son zamanlarda çözeltiye dayalı yöntemler ekonomik olması ve kolay uygulanabilirliği açısından büyük ilgi çekmektedir. Bu çalışmada tüm katmanlı sol-jel yöntemiyle hazırlanmış Glass/ITO/TiO_2/In_2S_3/CZTS güneş hücresi üretilmişitir.

Anahtar kelime — Güneş hücresi; CZTS; sol-gel.



REFERENCES

[1] Katagiri, H., Jımbo, K.,. *Development of Rare Metal-free CZTS-based Thin Film solar Cells*. IEEE Photovolt. Spec. Conference003516 003521, 2011.

[2] Tanaka, K., Oonuki, M., Moritake, N., Uchiki, H., *Cu_2ZnSnS_4 Film Solar Cells Prepared by Non-vacuum Processing*. Solar Energy Materials & Solar Cells, 93:583-587. 2009.

Investigation of Optical and Electrical Properties of ITO Thin Films Produced by Magnetron Sputter Technique

Hamit ÖZTÜRK[1]
Ahmet TUMBUL[2]
Ferhat ASLAN[3]
Abdullah GÖKTAŞ[4]
Maharram Z. ZARBALİ[5]

[1]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
ozturkscience@gmail.com
[2]Central Laboratory, Harran University, Sanliurfa, Turkey
atumbul@harran.edu.tr
[3]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
ferhataslan@harran.edu.tr
[4]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
agoktas@harran.edu.tr
[5]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
zmz@harran.edu.tr

Abstract— Indium tin oxide (ITO) is also a degenerate semiconductor known as a metal oxide. It is widely used as transparent conducting oxide (TCO) in the production of various device structures owing to its high transmittance in the visible light and very high conductivity properties. The current research and application concepts of ITO films is obtaining the of lowest possible electrical resistivity which is necessary to reduce the loss problems comes from electrical resistivity Indium tin oxide (ITO) thin films have been obtained at different thicknesses with varying nanometer scale without oxygen via DC, DC-Puls and RF magnetron sputtering techniques on glass substrates by using pure Ar as a sputtering gas at the total pressure 2.10^-2 mTorr . There could be found so many previous same study because producing and investigating thin films by using magnetron sputter technique has a quite wide research area and presents technologically implementation possibilities. Thus, in this study, we have been try to understand the efficiency of some physical parameters such as substrate temperature and using different magnetron sputtering power techniques for electrical and especially optical properties. The results clearly showed that the substrate temperature is quite important for optical properties and electrical resistivity of produced thin film samples. We have applied the two different temperature conditions which are room temperature and 150 ºC degree. For all samples, higher substrate temperature which means 150 ºC degree has supplied lower electrical resistivity. For optical properties, optical transmission and absorption ratio have been measured by using UV Spectrometer. In addition, some physical properties such as calculation of bandgap value, hall coefficient and hall mobility have been investigated via hall measurement setup.

Keywords — optic and electric; magnetron sputter; thin film.

Özet- İndiyum kalay oksit (ITO) ince filmler, cam altlık üzerinde DC, DC-Puls ve RF magnetron püskürtme teknikleri ile oksijensiz olarak elde edilmiştir. Bu çalışmada, elektriksel ve optik özellikler için altlık sıcaklığı ve farklı magnetron püskürtme teknikleri incelenmiştir. Sonuçlar, üretilen ince film numunelerinin optik özellikleri ve elektriksel direnci için altlık sıcaklığının oldukça önemli olduğunu göstermiştir. Tüm numuneler için, daha yüksek altlık sıcaklığı daha düşük elektriksel direnç sağlamıştır. Optik özellikler için, optik geçme ve emilme oranı, bant aralığı değerinin hesaplanması, hall katsayısı ve taşıyıcı yoğunluğu araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler — optik ve elektrik; magnetron püskürtme; ince film.

REFERENCES

[1] Tuna, Ocal, et al. "High quality ITO thin films grown by dc and RF sputtering without oxygen." *Journal of Physics D: Applied Physics* 43.5 (2010): 055402.

[2] Kurdesau, F., et al. "Comparative study of ITO layers deposited by DC and RF magnetron sputtering at room temperature." *Journal of non-crystalline solids* 352.9-20 (2006): 1466-1470.

Türkiye'nin Günlük Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Durumu ve Gelişimi

Status and Development of Renewable Energy Sources in Daily Electricity Generation in Turkey

Arif ÖZBEK[1]
Mehmet BİLGİLİ[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, arozbek@cu.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, mbilgili@cu.edu.tr

Özetçe - Enerji üretiminin günümüzde fazla ekonomik olmayışı, enerji kullanımının sebep olduğu olumsuz çevresel faktörler ve insanoğlunun gittikçe artan enerji ihtiyacı, sürdürülebilir enerji talebinde bazı sıkıntılar meydana getirmiştir. Enerjiye olan mevcut talep; ekonomik, çevresel, iklim ve insan ihtiyaçları gibi geniş bir bakış açısından değerlendirildiğinde, maalesef sürdürülemez bir hale gelmektedir. İlaveten, küresel çaptaki CO_2 salınımı, günümüzde, oldukça hızlı bir artış göstermektedir. Örneğin, küresel CO_2 konsantrasyonu 1750'lerdeki 277 ppm değerinden, %43'lük bir artış göstererek 2014 yılındaki 398 ppm değerine çıkmıştır. Bu nedenle, enerji üretiminde meydana gelen CO_2 salınımlarının belirli sınırlar dâhilinde kalabilmesinin sağlanması açısından yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji uygulamaları, düşük karbon enerji teknolojileri, karbon yakalama, filtreleme ve depolama sistemleri, enerji verimliliği ve yeni nakil enerji teknolojileri gibi konulara öncelikle önem verilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının 2007 yılındaki 994 GW olan küresel kurulu güç değeri 2016 yılında %103'lük bir artış göstererek 2.017 GW değerine ulaşmıştır. 2016 yılı sonu itibarıyla, küresel elektrik enerjisi üretimin %75,5'i fosil kökenli kaynaklardan, %24,5'i yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Türkiye'de ise bu oran sırasıyla, %67,4 ve %32,6'dır. Bu çalışmada, Türkiye'nin günlük elektrik enerjisi üretiminde yenilebilir enerji kaynaklarının durumu ve gelişimi ayrıntılı olarak incelenmiş ve gözden geçirilmiştir. Çalışma için Türkiye'nin 2016, 2017 ve 2018 yılına ait günlük elektrik enerjisi üretim değerleri kullanılmış ve bu üç yıl içerisindeki biyokütle, jeotermal, hidrolik, güneş ve rüzgar enerjilerinden elektrik üretiminin değişimleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, günlük enerji üretimi

Abstract - The fact that energy production is not too economical today, the negative environmental factors caused by the use of energy, and the increasing energy demand of mankind have caused some difficulties in the demand for sustainable energy. The current demand to the energy; when evaluated from a broad perspective such as economic, environmental, climate and human needs; it is unfortunately unsustainable. In addition, nowadays the global CO_2 release has increased quite rapidly. For example, the global CO_2 concentration has increased by 43% from 277 ppm in the 1750s to 398 ppm in 2014. For this reason, priority should be given to issues such as renewable energy sources, nuclear energy applications, low carbon energy technologies, carbon capture, filtering and storage systems, energy efficiency and new transport energy technologies, in order to ensure that CO_2 emissions that occur during energy production can be kept within certain limits.

Renewable energy sources' global installed value of 994 GW in 2007 increased by 103% in 2016 to 2.017 GW. By the end of 2016, 75.5% of global electricity energy production is from fossil-based sources and 24.5% from renewable energy sources. In Turkey, this rate is 67.4% and 32.6%, respectively. In this study, the status of renewable energy sources in Turkey's daily electricity generation and development were examined in detail and has been revised. Work in Turkey for 2016, 2017 and used the values of daily electricity generation of biomass in 2018 and three years, geothermal, hydropower, solar and exchange of electricity generation from wind energy were discussed.

Keywords: Renewable energy, daily electricity generation

Türkiye Enerji Güvenliği ve Dışa Bağımlılığın Azaltılmasında Yenilenebilir Enerjinin İşlevi

The Role of Renewable Energy in Turkish Energy Security and Derogation of External Dependence

Sırrı UYANIK[1]
M. Yavuz SUCU[2]

[1]Enerji Yönetimi Bölümü, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye, sirri.uyanik@karatay.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, ysucu@cu.edu.tr

Özetçe— Enerji zengini olmayan bir ülke olarak Türkiye, enerjisinin yaklaşık üçte ikisini ithalat yoluyla karşılamak zorunda kalmaktadır. Hızla artan enerji ihtiyacına paralel olarak yüksek ölçüde dışa bağımlılık yaratan bu durum aynı zamanda ülkenin uzun dönemli enerji güvenliğini de tehdit etmekte ve ekonomik olarak ödemeler dengesini bozucu bir etki yapmaktadır. Enerjide dışa bağımlılığı mümkün olduğunca azaltabilmek ve dolayısıyla enerji güvenliğini artırmak ülkenin en önemli ekonomik ve siyasi gündem maddelerinden biri iken aynı zamanda da küresel ısınmaya yol açan karbon emisyonlarının en önemli kaynaklarından olan fosil yakıt kullanımını sınırlamak için önlemler geliştirmek de ülkenin en önemli sürdürülebilir kalkınma hedefleri arasında yer almaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğinin sınırlanması amaçlı karbon emisyonlarının kontrolünü hedefleyen uluslararası gelişmelerin dışında kalmak artık ülkeler için bağlayıcı konuma gelmekte, dolayısı ile enerji üretiminde fosil yakıt ağırlığının azaltılması ihtiyacı daha net biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda ortaya konulan en önemli politika araçlarından birisi, mümkün olduğu ölçüde, ithal enerji kaynakları yerine hem yerli, hem yeni, hem de çevreci özellikleri olan yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek elektrik üretiminin hızla geliştirilmeye başlanmasıdır. Gerçekleştirilecek bu fiziki, teknolojik ve ekonomik dönüşüm, yukarıda sayılan ekonomik ve siyasi sakıncaları bir ölçüde azaltacak bir işlev görebileceği gibi ülkemizin Paris Anlaşması gereği olan uluslararası çevre ve iklim değişikliği taahhütlerine de katkıda bulunmuş olacaktır. Bu çalışmada enerji güvenliği ve enerji bağımlılığı kavramları tanımlandıktan sonra ilk olarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli incelenmekte ve yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmadaki rolü irdelenmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji politikalarının hedeflerle uyumluluğu ve genel enerji politikaları üzerindeki olası etkileri de incelemeye dahil edilmiştir. En önemli çıktı olarak, hem küresel teknolojik gelişmeler ve ekonomik dönüşümlere koşut bir şekilde ve hem de ülkenin fiziki ve iktisadi coğrafya açısından konum ve özellikleri ile jeopolitik ve topoğrafik durumu ve iklim karakteristikleri açısından yenilenebilir enerji kaynak ve üretim potansiyelinin önemli düzeyde olduğu ortaya konmuştur. Bu potansiyelin değerlendirilmesinin hem enerji güvenliğinin artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılabilmesi için hem de iklim politikalarına katkı anlamında sürdürülebilir kalkınma için vazgeçilemez bir işlevi olabileceğini belirtmeliyiz. Bu bağlamda uygulamada karşılaşılan güçlüklere yönelik tespit ve çözüm önerileri de çalışmanın sonuçları arasına eklenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — enerji güvenliği; dışa bağımlılık; iklim değişikliği; yenilenebilir enerji; sürdürülebilir kalkınma.

Abstract— Turkey is not an energy rich country, therefore meets about two third of its energy demand through imports. Together with the rapidly growing energy demand, this situation creating higher external dependency as well as threatening the long-term energy security of the country and disrupting the financial balance of payments. Derogation of external dependency of energy thus improve the energy security is one of the most important items of Turkey's economic and political agendas. Simultaneously, taking measures to limit the use of fossil fuels, which is the major source of carbon emissions causing global warming, is among the most significant sustainable development goals of Turkey. Furthermore, it becomes increasingly binding for countries to stay out of international progresses on carbon emission control that aim limiting climate change, which in turn clearly signifies the need to reduce fossil fuel share in energy generation. In line with this objective, the most remarkable political tool revealed is to encourage the use of new, domestic and more environmental friendly renewable energy sources for energy generation, instead of imported energy

sources to the extent possible. This physical, technologic and economic conversion may function to reduce the above-stated economic and political considerations to a certain extent, as well as it will contribute to international environment and climate change commitments of our country required by Paris Commitment. This study investigates Turkey's renewable energy potential and discusses its role to achieve the above-mentioned goals after defining energy security and energy dependency concepts. Moreover, consistency of renewable energy policies with the objectives and their potential impacts on general energy policies are also evaluated. As the primary output of the study, it is evaluated that sources and generation potential of renewables are of significant level, in terms of physical and economic geopolitics and topographical situations in addition to global technological developments and economic transformations. It should be noted that seizing this potential shall have an essential function in sustainable development, both for improving energy security and reducing external dependence and contributing to climate policies. In this context, the identification of difficulties encountered in practice and related solution proposals are also included in the results of this study.

Keywords — energy security; energy depencence; climate change; renewable energy; sustainable development.

Yeşil Konutlarda, Alternatif Soğutma Sistemi Olarak Metal Hidrid Soğutma Sisteminin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Investigation on the Usability of Metal Hydride Cooling System as Alternative Cooling System in Green Houses

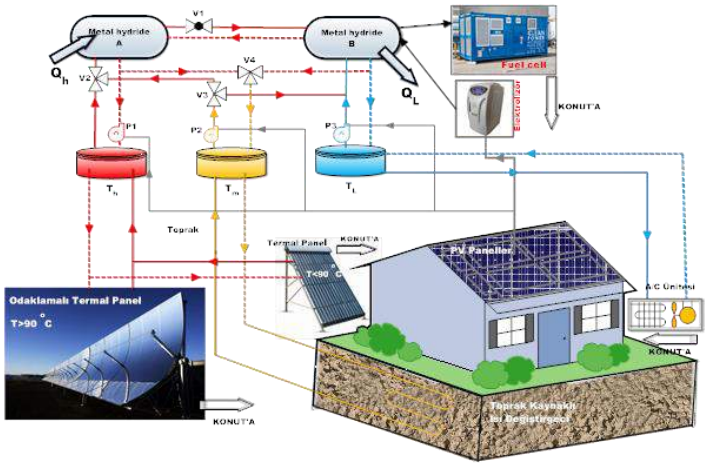
İsmail HİLALİ[1]
Harun ÇİFCİ[1]

[1]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ihilali@harran.edu.tr
[2]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, haruncifci@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Ekolojik, çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan doğayla uyumlu yeşil konutlarda, artan konfor ihtiyacı için entegre çözümler gittikçe önem kazanmaktadır. Bu çözümlerden biri de hidrojen enerjisidir. Hidrojen enerjili sistemler enerji depolama yöntemi olarak da değerlendirilebilir. Güneş enerjisi destekli bir konutta, üretim fazlası enerji hidrojene dönüştürülerek metal hidrid tanklarda depolanır. Yenilenebilir enerjinin yetersiz olduğu aylarda yakıt pili sisteminde kullanılarak enerji üretimi sağlanabilir. Metal hidrid depolamanın çalışma karakteristiği gereği endotermik ve ekzotermik reaksiyonlarla ısı tüketir veya üretir. Bu özelliğinden faydalanarak yaz döneminde kullanılacak bir soğutma sistemi kullanılabilir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji destekli metal hidrid soğutma sisteminin konut için kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Metal hidrid soğutma kesikli çalışan bir sistemdir. Aşağıda çevrimlerde de anlatılacağı gibi, iki soğutma çevrimi arasında belirli bir süre gerekmektedir. Bu süre, alaşım özellikleri ve çalışma sıcaklıklarına göre tasarlanan farklı konfigürasyonlara göre değişmekte olup 10-30 dakika arasındadır. Bu konfigürasyonlar, tek kademeli ve çift kademeli sistemlerdir. Teorik olarak, uygun ortam sıcaklığı ve ısı kaynağının sıcaklığına göre soğutma sıcaklığı tek kademeyle -50 ^{o}C olabilir. Fakat sıcaklık değeri düştükçe COP değeri azalır. Kademe sayısının artması yer problemini ve gerekli olan enerji ihtiyacını da artıracağından bu çalışmada tek kademeli sistem incelenecektir. Alaşım çifti olarak da, her bir tank için AB5 grubu alaşımlara eklenen yardımcı alaşımdan oluşan iki farklı alaşım kullanılacaktır (LaNi5+Metal katkı (Mn, Al, Y gibi)). Alaşımlar seçilirken; kolay bulunabilir, ömrü uzun ve ekonomik olması göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 1 de gösterilen sistem A ve B metal hidrid tanklarına sahip tek kademeli tek etkili bir sistemdir. Sistem (T_h), (T_m), ve (T_L) sıcaklıklarına sahip üç kaynak ve iki metal hidrid tanka sahiptir. Tek kademeli olduğu için üç tane pompa (P1, P2, P3), üç tane 3-yollu valf (V2, V3, V4) ve tanklar arasında bir adet vana(V1) bulunmaktadır. Sistem 2 çevrimden, her çevrimde kendi içinde 2 aşamadan oluşmaktadır.



Şekil 1 de görülen sistem yeşil binalarda mevcut olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına göre tasarlanmıştır. Sistemde, yüksek sıcaklık kaynağı olarak istenilen soğutma sıcaklığına göre mevcut olan termal kollektörlerden biri tercih edilebilir. Dolayısıyla sistemimiz 70-120 oC arasındaki bir sıcaklıkta çalışacak şekilde tasarlanacaktır. Aynı şekilde ortam ısı kaynağı olarak toprak kaynaklı olabileceği gibi, sıcaklığı değişmeyecek nehir, gölet, ortam havası veya şehir su şebekesine bağlı bir sistem de seçilebilir. Sistemde yardımcı ekipmanlar için PV panellerden üretilecek enerji kullanılabilir. Önerilen sistem, PV panellerden sağlanan enerji ile elektrolizör sisteminin ürettiği hidrojeni A tankında depolamasıyla başlar. Bu depolanan hidrojen yakıt pilinde kullanılmadığı sürece metal hidrid soğutma için kullanılır ve hidrojene ihtiyaç duymaz. Dolayısıyla yakıt pili çalışmadığı sürece elektrolizörün çalışmasına gerek yoktur. Önerilen sistem şekil 5 de gösterilmiştir. Bu sistem, soğutma ihtiyacına göre tek başına kullanılabileceği gibi konvansiyonel soğutma sistemini destekleyici olarak da kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler — Soğutma; Metal hidrid; Hidrojen; Yakıt pili; Yenilenebilir Enerji.

Abstract— Integrated solutions for growing comfort are becoming increasingly important in nature-friendly green homes that use ecological, environmentally friendly and renewable energy resources. One of these solutions is hydrogen energy. Hydrogen-powered systems can also be considered as energy storage methods. In a solar energy aided housing, the production excess energy is converted to hydrogen and stored in metal hydride tanks. Energy production can be achieved by using the fuel in the fuel system for several months when the renewable energy is insufficient. Due to the operating characteristics of metal hydride storage, it consumes or produces heat through endothermic and exothermic reactions. By taking advantage of this feature, a cooling system to be used during summer can be used. In this study, the utility of metal hydride cooling system assisted renewable energy for residential was investigated.

Metal hydride cooling is a system operating with a cut-off. A certain period is required between the two cooling cycles, as will be explained below in the cycles. This time varies between 10-30 minutes depending on the different configurations designed for alloy characteristics and operating temperatures. These configurations are single-stage and double-stage systems. Theoretically, depending on the ambient temperature and the temperature of the heat source, the cooling temperature may be -50 ^{o}C in a single step. However, the COP value decreases as the temperature value decreases. Since increasing the number of steps will increase the space problem and the required energy requirement, the single-stage system will be examined in this study. As the alloy pair, two different alloys ($LaNi_5$ + Metal additive (Mn, Al, Y)) will be used for each tank, consisting of the auxiliary alloy added to the AB_5 alloy. When selecting alloys; they should easy to find, lifelong and economical.

It is a single-stage, single-effect system with system A and B metal hydride tanks shown in Figure 1. The system has three sources and two metal hydride tanks with temperatures (T_h), (T_m), and (T_L). There are three pumps (P1, P2, P3), three 3-way valves (V2, V3, V4) and one valve (V1) between the tanks to be single stage. The system consists of 2 steps from cycle to cycle in each cycle.

The system is designed for renewable energy sources that may be present in green buildings. In the system, one of the thermal collectors available according to the desired cooling temperature as a high temperature source may be preferred. Therefore, our system will be designed to operate at a temperature of 70-120 oC. Likewise, it can be ground source as an ambient heat source or a system connected to a river, pond, ambient air or city water network where the temperature will not change. For the auxiliary equipment in the system, the energy to be produced from PV panels can be used. The proposed system starts with the energy provided by the PV panels and the hydrogeneration produced by the electrolyzer system. This metal hydride is used for cooling and does not require a hydrogen unless it is used in a stored hydrogen fuel cell. Therefore, there is no need for the electrolyzer to operate if the fuel pump is not running. The proposed system is shown in figure 5. This system can be used alone or in support of the conventional cooling system according to the cooling need.

Keywords — Cooling, Metal Hydride; Hydrogen; Fuel cell; Renewable energy.

KAYNAKÇA

[1] Satheesh, A., Muthukumar P., “Performance investigations of a single-stage metal hydride heat pump”,Int J Hydrogen Energy, 35:6950–6958, 2010.

[2] Balakumar, M., Srinivasa Murthy S., “A comparative thermodynamic study of metal hydride heat transformers and heat pumps”, Heat Recovery Syst, 5: 527–534, 1985.

[3] Willers, E., Groll, M., “Evaluation of metal hydride machines for heat pumping and cooling applications”, Int J Refrig, 22: 47–58, 1999.

[4] Mazumdar, S., Ram Gopal, M., Bhattacharyya S., “Thermodynamic analysis and optimization of compressor-driven metal hydride cooling system”, Int J Hydrogen Energy, 30: 631–641, 2005.

Biyokütlenin Isıl Değerinin Kısa Analiz ve Elementel Analiz Sonuçlarının Birlikte Kullanılmasıyla Belirlenmesi

Ayşe ÖZYUĞURAN[1]
Serdar YAMAN[2]

[1] Kimya Mühendisliği Bölümü, Kimya Metalürji Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, kmayse@itu.edu.tr
[2] Kimya Mühendisliği Bölümü, Kimya Metalürji Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye yamans@itu.edu.tr

Özet—Fosil yakıtların yenilenebilir ve sürdürülebilir bir alternatifi durumunda olan biyokütle, başlıca karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmuş her türlü organik madde (fosil yakıt olmayan) olarak tanımlanmaktadır. Bu üç ana elemente ilave olarak; azot, kükürt ve yakıldığında külü oluşturan inorganik maddeler de daha az oranlarda biyokütlede bulunurlar. Bu bağlamda, odunsu ve otsu bitkiler, orman atıkları, tarımsal atıklar, endüstriyel atıklar, kentsel katı atıklar, biyokatılar, tatlısu bitkileri, yosunlar ve algler gibi birbirlerinden çok farklı maddeler biyokütle enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle biyokütle, dünyanın her yerinde kolayca ulaşılabilen, ucuz ve büyük bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle yakıldığı zaman açığa çıkan karbondioksit miktarının, yeşil biyokütlenin fotosentez sırasında atmosferden tuttuğu karbondioksite eşdeğer olmasından ötürü, biyokütle karbon-nötr olarak kabul edilmektedir ve atmosferdeki karbondioksit emisyonunun artışına katkıda bulunmaz. Bu yüzden, yeşil biyokütlenin fotosentez yoluyla hidrokarbon sentezlemesi, güneş enerjisinin kimyasal enerji formunda bitkide depolanması anlamına gelmektedir. Bu durum, biyokütlenin, ciddi çevre sorunlarına ve sera gazlarına yol açan fosil yakıtlara karşı büyük bir üstünlüğünü teşkil etmektedir. Buna rağmen, birçok biyokütle türü, düşük ısıl değer, düşük yoğunluk, yüksek termal reaktivite, vb. özellikler bakımından fosil yakıtlara karşı dezavantaja sahiptir. Aynı zamanda, kömür ve biyokütlenin birlikte yakıldığı sistemlerde, kömür ve biyokütlenin özellikleri arasında önemli farklılıklar bulunması nedeniyle, ayrışma meydana gelmekte, önce biyokütle daha sonra kömür yanmaktadır. Bu tür durumlar, yakma sisteminin kararlı bir şekilde çalışmasını engellemekte ve yakıcının verimliliğini düşürmektedir.

Bir yakıtın ısıl değeri, o yakıtın kalitesinin ve yanabilirlik özelliğinin önemli bir göstergesidir. Bu nedenle, yakıtın üst ısıl değeri (ÜID) ve alt ısıl değeri (AID) yakıtın özelliklerinin sunulduğu tablolarda önemli birer değişken olarak verilmektedir. Yakıtın üst ısıl değeri genellikle adyabatik kalorimetre testleri ile deneysel olarak belirlenir. Buna bir alternatif olarak, yakıtın bazı özelliklerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı ampirik denklemler kullanılarak hesap yoluyla da ısıl değer belirlenebilmektedir. Bu amaçla, genellikle yakıtın kısa analiz sonuçları (nem, uçucu madde, sabit karbon ve kül içerikleri) ve elementel analiz sonuçları (karbon, hidrojen, azot, oksijen ve kükürt içerikleri) dikkate alınmaktadır. Aslında, lignoselülozik biyokütlenin makro-moleküler yapısının büyük bölümünü oluşturan bileşenler selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Selüloz ve hemiselüloz alifatik polisakkarit yapısına sahip olmalarına rağmen, dış etkilere karşı biyokütlenin koruyucu kalkanı olarak hizmet eden lignin ise aromatik yapıya sahiptir. Bu bileşenler farklı biyokütlelerde değişik oranlarda dağılmış olsalar da, genel olarak karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan ortak yapı taşlarına sahiptirler. Bu yüzden, ısıl değeri hesaplama yoluyla belirlemeyi hedefleyen çalışmaların çoğu elementel analiz sonuçlarına dayanmaktadır. Bunun yanında, kısa analiz, ısıl değere pozitif katkısı olmayan nem ve kül gibi parametreleri de kapsamaktadır. Bu bileşenler, buharlaşma ve termal bozunma için ihtiyaç duydukları ısıyı ortamdan çektikleri için ısıl değeri azaltıcı etkiye sahiptirler. Bu yüzden, kısa analiz sonuçlarının kullanımı halinde, elementel analiz sonuçlarının dikkate almadığı ilave durumlar da hesaplamalara dahil edilebilmektedir. Isıl değerin ya kısa analiz ya da elementel analiz sonuçlarına dayanarak hesaplandığı yeni eşitliklerin oluşturulması konusuna büyük bir ilgi vardır. Ancak, biyokütlenin üst ve alt ısıl değerlerinin hem kısa analiz hem de elementel analiz sonuçlarının birlikte kullanılarak hesaplandığı çalışmalara literatürde rastlanmamaktadır. Bu amaçla, bu çalışma çeşitli biyokütle numunelerinin üst ve alt ısıl değerlerinin, kısa analiz ve elementel analiz sonuçlarının kombinasyonundan oluşan birkaç farklı eşitlik türetilerek hesaplanmasını amaçlamaktadır.

Bu çalışmada; ülkemizde faaliyet gösteren bazı tarımsal ve endüstriyel firmalardan, kuru yemiş kabukları, odunsu ve otsu bitkiler, çeşitli atıklar, kabuklar, küspeler ve posalardan oluşan çok sayıda biyokütle örneği toplanmıştır. Bu biyokütle örneklerinin hazırlanması ve analizleri (kısa analiz, elementel analiz ve ısıl değer) ASTM standartlarına göre yapılmıştır. Üst ısıl değer deneysel olarak bulunurken, alt ısıl değer biyokütle örneklerinin nem ve hidrojen içerikleri dikkate alınarak

ve buharlaşma gizli ısısı düşülerek hesap yoluyla belirlenmiştir. Daha sonra, çeşitli ampirik denklemler denenerek alt ısıl değer ve üst ısıl değer belirlenmeye çalışılmıştır. Hesap yoluyla belirlenen değerlerin deneysel değerlere uygunluğu, belirleme katsayısının (r^2) 1'e ne kadar yakın olduğu dikkate alınarak incelenmiştir. Ayrıca, ortalama mutlak hatalar (MAE ve AAE), ortalama sistematik hata (ABE) ve ortalama karekök hatası (RMSD) gibi çeşitli hata fonksiyonları hesaplanarak, kullanılan denklemlerin ısıl değeri belirlemedeki hassasiyetleri karşılaştırılmış ve bu sayede optimum denklem belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları, biyokütlenin alt ve üst ısıl değerlerinin belirlenmesinde, kısa analiz ve elementel analiz sonuçlarının birlikte kullanılmasının memnuniyet verici olduğunu göstermiştir ve geniş bir aralıkta değişen farklı biyokütle türlerine bu yönteminin uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler — biyokütle, ısıl değer belirleme, kısa analiz, elementel analiz

KAYNAKLAR

[1] Klass, D.L., *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals,* Academic Press, San Diego, 1998.

[2] Özyuğuran, A., Aktürk, A., Yaman S., "Optimal Use of Condensed Parameters of Ultimate Analysis to Predict the Calorific Value of Biomass", *Fuel*, 214: 640-646, 2018.

[3] Gillespie, G.D., Everard, C.D., Fagan, C.C. and McDonnell, K.P. "Prediction of Quality Parameters of Biomass Pellets from Proximate and Ultimate Analysis*", Fuel*, 111: 771-777, 2013.

[4] Yin, C.Y., "Prediction of Higher Heating Values of Biomass from Proximate and Ultimate Analyses*". Fuel*, 90: 1128-1132, 2011.

[5] Channiwala, S.A. and Parikh, P.P. "A Unified Correlation for Estimating HHV of Solid, Liquid and Gaseous Fuels", *Fuel*, 181: 1051-1063, 2002.

[6] Friedl, A., Padouvas, E., Rotter, H. and Varmuza, K., "Prediction of Heating Values of Biomass from Elemental Composition", *Analytica Chimica Acta*, 544: 191-198, 2005.

[7] Setyawati, W., Damanhuri, E., Lestari, P. and Dewi, K., "Correlation Equation to Predict HHV of Tropical Peat Based on Its Ultimate Analysis*", Procedia Engineering*, 125: 298-303, 2015.

[8] Nhuchhen D.R. and Abdul Salam, P. "Estimation of Higher Heating Value of Biomass from Proximate Analysis: A New Approach", *Fuel*, 99: 55-63, 2012.

[9] Choi H., Sudiarto, S.I.A. and Renggaman, A., "Prediction of Livestock Manure and Mixture Higher Heating Value Based on Fundamental Analysis*", Fuel*, 116: 772-780, 2014.

[10] Garcia, R., Pizarro, C., Lavin, A.G. and Bueno, J.L., "Spanish Biofuels Heating Value Estimation. Part I: Ultimate Analysis Data*",* Fuel, 117: 1130-1138, 2014.

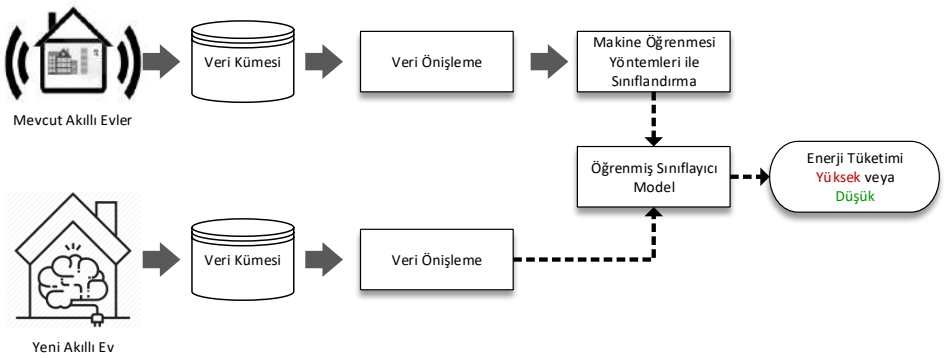
Akıllı Evlerde Tüketilen Enerjinin Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Belirlenmesi

Determination of Consumed Energies in Smart Homes by Machine Learning Methods

Mehmet Umut SALUR[1]
İlhan AYDIN[2]

[1]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, umutsalur@harran.edu.tr
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, iaydin@firat.edu.tr

Özetçe— Teknolojinin gelişmesiyle enerjiye olan bağımlılık her geçen gün biraz daha artmaktadır. Doğal kaynakların korunması ve konforlu bir geleceğin sağlanması açısından günümüz bilim insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına ve mevcut enerji kaynaklarının kullanımında maksimum verimin sağlanması konularına önem vermektedir. Tüketilen enerjinin verimli kullanmanın bir uygulaması olan akıllı evler, insanlara konforlu ve güvenli bir yaşam alanı oluşturmaktadır [1]. Akıllı evler, kendi aralarında haberleşen sensörlerle donatılmış kullanıcı etkileşimli evlerdir [2]. Bu evlerde sensorlerle evin içerisindeki enerji akımı, olay tespiti, kişi hareketlerinin belirlenmesi, ev güvenliğinin sağlanması vb. işlemlerin kontrolü yapılmaktadır. Akıllı ev tasarımları sağladıkları konforun yanında en az enerji tüketimi sağlaması konusunda da yarışmaktadırlar. Akıllı evlerde tüketilecek enerjinin önceden ön görülmesi akıllı ev uygulamaları için önem arz etmektedir. Akıllı ev uygulamalarından biri olan Smart* projesi akıllı evlerdeki enerji tüketiminin optimizasyonun sağlanmasını amaçlamaktadır. İnsanların yaşadığı farklı özelliklere sahip birden fazla ev sensörlerle donatılmış, enerji tüketimleri ve hava koşulları gözlemlenmiştir. Ayrıca bu akıllı evlerden birine rüzgâr türbini ve güneş enerji santrali yardımıyla enerji sağlanmaktadır. Bu çalışmada Smart* projesi kapsamında açık kaynak olarak paylaşılan ve akıllı evlerin sensor bilgilerinden oluşan veri kümesi kullanılmıştır [3]. Veri kümesi tasarlanan üç farklı özellikteki evlerden saat başı alınan üç yıllık verilerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada veri kümesi kullanılarak akıllı evlerde enerji tüketiminde maksimum verimin sağlanması için öğrenmiş makine öğrenmesi modelleri oluşturulmuştur. Yapılan çalışmanın genel görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Makine öğrenmesi algoritmaları yardımıyla geçmişe ait veriler kullanılarak gelecek tahminleri yapmak mümkündür. Bu da akıllı evlerdeki enerjini verimliliğinin sağlanması konusunda önemlidir [4].



Şekil 10. Çalışmanın genel görünümü.

Makine öğrenmesi modellerinin oluşturulmasında makine öğrenmesi algoritmaları olan Karar Ağaçları, Destek Vektör Makineleri, K-en Yakın Komşu algoritmaları kullanılmıştır. Veri kümesinin bu algoritmalar tarafından işlenebilmesi için veri kümesi üzerinde önişlemler gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada akıllı evlerin en yüksek, en düşük ve ortalama enerji tüketim değerlerine göre yüksek, düşük veya orta enerji tüketim sınıf etiketleri belirlenmiştir. Önişlemlerden sonra elde edilen anlamsal veri kümesiyle bu algoritmalar kullanılarak akıllı evlerin yıllık, aylık ve mevsimlik tahmini enerji tüketimleri belirlenmiştir. Veri kümesinin %80'i algoritmaların eğitilmesinde ve %20'si de elde edilen öğrenmiş modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamasında 5-kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerle

elde edilen öğrenilmiş modeller, gelecek yıllarda tasarlanacak olan akıllı evlerin tüketeceği enerjinin ne kadar olacağını %90'lık bir doğruluk değeri ile doğru tahmin etmektedir. Benzer şekilde akıllı evlerden enerjisi rüzgar tribünü ve güneş enerjisi sistemi ile sağlanan ev için de; veri kümesinde bulunan ilgili bölgenin sıcaklık, nem, rüzgâr vb. bilgiler doğrultusunda yıllık üretilebilecek enerji miktarının tahmin edilmesi için öğrenmiş model üretilmiştir. Geliştirilen öğrenmiş modeller yardımıyla evlerde kullanılan enerji miktarının hangi şartlar altında arttığı veya azaldığı belirlenebilir. Ek olarak bu modeller yardımıyla tasarlanacak yeni akıllı evler için de tahmini enerji yüklerini belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler — Akıllı Evler; Enerji Verimliliği; Makine Öğrenmesi.

***Abstract*—**With the development of technology, the dependence on energy is increasing every day. In terms of protecting natural resources and ensuring a comfortable future, today's scientists attach great importance to renewable energy sources and to optimize the use of existing energy resources. Smart homes which is an application of efficiently consumed energy, create a comfortable and safe living area for people [1]. Smart homes are user-interactive homes equipped with sensors that communicate with each other [2]. In these homes, operations are controlled such as energy flows with sensors, event detection, detection of person movements and provision of home security, etc. Smart homes designs are also in the race to provide minimum power consumption as well as the comfort they provide. Pre-prediction of energy consumption in smart homes is important for smart home applications. The Smart * project which is one of the smart home applications, aims to optimize the energy consumption in smart homes. Several houses with different characteristics that people live in are equipped with sensors and the energy consumption and the weather conditions of the houses are observed. In addition, the energy of one of these smart houses is powered by wind turbine and solar panels. In this study, data set which is shared as open source and it has a smart house sensor information is used in the Smart * project [3]. The dataset consists of three-yearly data from three differently designed houses per hour. In this study, learned machine learning models were developed to provide maximum efficiency in energy consumption in smart homes by using this dataset. Figure 1 show the general view of the study. With the aid of machine learning algorithms, it is possible to make future predictions by using older data. This is important in ensuring energy efficiency in smart homes [4].

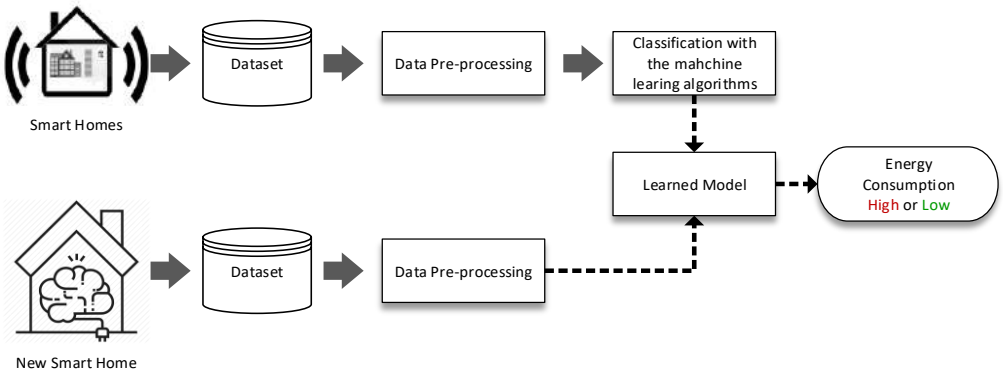


Figure 11. Overview of the study.

Decision Trees, Support Vector Machines, K-Nearest Neighbor algorithms, which are machine learning algorithms, were used to construct machine learning models. Data pre-processes have been performed on the dataset so that the dataset can be processed by these algorithms. At this stage, high, low, or medium energy consumption class labels have been identified based on the highest, lowest, and average energy consumption values of smart houses. The annual, monthly and seasonal estimated energy consumption of smart houses are determined using these algorithms with the semantic data set obtained after the data pre-processing. The 80% portion of dataset was used to train of the algorithm and 20% portion of dataset was used for the test of the learned models. In the classification phase 5-fold cross-validation method was used. The learned models which are obtained by these methods, estimates how much energy will be consumed by smart homes to be designed in the coming years with 90% accuracy. Similarly, for smart houses which is provided energy by wind turbine and solar energy system; a learned model has been produced to estimate the amount of energy to be produced annually by the direction of information's which is about present in the dataset of the relevant temperature, humidity,

wind and so on. With the help of the developed learning models, it can be determined under which conditions the amount of energy used in houses is increased or decreased. In addition, it is also possible to determine the estimated energy loads for new smart houses to be designed with the help of this models.

Keywords — Smart Homes; Energy Efficiency; Machine Learning.

KAYNAKÇA

[1] M. Jahn, M. Jentsch, C. R. Prause, F. Pramudianto, A. Al-Akkad, and R. Reiners, "The Energy Aware Smart Home," *Proc. 5th Int. Conf. Futur. Inf. Technol.*, pp. 1–8, 2010.

[2] L. C. De Silva, C. Morikawa, and I. M. Petra, "State of the art of smart homes," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 25, no. 7, pp. 1313–1321, 2012.

[3] S. Barker, A. Mishra, D. Irwin, E. Cecchet, P. Shenoy, and J. Albrecht, "Smart*: An Open Data Set and Tools for Enabling Research in Sustainable Homes," *SustKDD*, no. August, p. 6, 2012.

[4] D. Niyato, L. Xiao, and P. Wang, "Machine-to-machine communications for home energy management system in smart grid," *Commun. Mag. IEEE*, vol. 49, no. 4, pp. 53–59, 2011.

Jeotermal Rezervuar Modelleme
Geothermal Reservoir Modeling

Özen KILIÇ[1]
Sedat TORAMAN[2]
Ahmet Mahmut KILIÇ[3]

[1]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, zenkilic@cu.edu.tr
[2]TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, sedat.toraman@gmail.com
[3]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, kilicm@cu.edu.tr

***Özetçe*—**Jeotermal enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'nin temiz ve sürdürülebilir enerji ihtiyaçları için önemli çözümler sunmaktadır. Jeotermal enerji, ülkemizde elektrik üretimi için kullanılmaktadır ve jeotermal doğrudan kullanım uygulamaları ile ülkemiz dünyanın ilk beş ülkesi arasındadır. Ayrıca, Türkiye, Avrupa'da en yüksek jeotermal enerji potansiyeline sahiptir.

Jeotermal sahalarda üretim potansiyeli ve sürdürülebilirlik tahminleri doğru teknikler kullanılarak modelleme yapılması ile mümkün olabilmektedir. Jeotermal modelleme statik ve dinamik ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilerek gerçekleştirilmektedir. Jeotermal sahalar basit tank modelleri ile modellenebileceği gibi üç boyutlu modeller kullanılarak da modellenebilmektedir.

Bütün modellerde ortak özellik, temel kütle ve enerji korunumu yasalarından türetilmiş denklemler kullanılmasıdır. Bu modeller yardımıyla rezervuar performansı belirlenebilmekte; gelecekte saha işletilirken göz önünde bulundurulması tasarlanan çeşitli üretim senaryolarına bağlı olarak, sistem içerisindeki yerel basınç/sıcaklık dağılımları ile sistemin ortalama basınç/sıcaklıkları tahmin edilmekte ve bu karar değişkenlerinin zamansal değişimine bakarak sistemin gelecekte ne ölçüde sürdürülebilir olacağı hakkında fikir edinilmektedir.

Jeotermal sahaların modellemesinde, tank modelleme tekniği kullanımı veri sayısının az olduğu üretimin ilk aşamalarında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle olası model (veya modeller) kalibre edilerek güncellenebilmekte ve daha kısa sürede sonuca ulaşılabilmektedir.

Tank modeller rezervuar özellikleri karmaşık olmayan (akışkan özellikleri homojen, kuyu geometrileri düzgün vb.) rezervuarların modellenmesinde rezervuarı homojen tank/tanklar olarak kabul ederek kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, tank modelleme tekniği ayrıntılı olarak incelenmiş ve Kütahya-Simav jeotermal sahası tank modelleme tekniği ile modellenmiştir. Sahanın model parametreleri interference testi verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Model parametre değerleri kalibrasyonu JMP istatistiki programı ile gerçekleştirilmiştir. Modellemede bilgisayar ortamında bir arayüz oluşturulmuş ve bu arayüz üzerinden saha modeli oluşturulmuştur. Model parametre kalibrasyonu ve belirsizlikler tanımlanarak model revize edilmiştir. Yapılan modelleme ile sahanın üretim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — jeotermal; Kütahya-Simav; tank modelleme.

***Abstract*—**Geothermal energy and the other renewable energy sources are becoming attractive solutions for clean and sustainable energy needs of Turkey. Geothermal energy is being used for electricity production and it has direct usage in Turkey, which is among the first five countries in the world for the geothermal direct usage applications. Moreover, Turkey is the second country to have the highest geothermal energy potential in Europe.

Production potential and sustainability estimations of the geothermal fields are made possible by modeling using the right techniques. Geothermal modeling is performed by evaluating the data obtained from static and dynamic

measurements. Geothermal fields can be modeled with simple tank models, and three-dimensional models can also be modeled.

In all models, equations based on common property, basic mass and energy conservation laws have been made. With these models, reservoir performance can be determined; the average pressure/temperatures of the system and the local pressure/temperature distributions in the system are estimated based on various production scenarios designed to be considered in the future field operation, and the time change of these decision variables will be used to determine the future sustainability.

In the model of geothermal fields, the use of tank modeling technique is a frequently used method in the first stages of production where the number of data is small. With this method, the possible model/models can be calibrated and updated and the result can be reached in a shorter time.

Tank models are used to model reservoir features uncomplicated reservoirs (the fluid properties are homogeneous, the well geometry is uniform, etc.) as reservoirs homogeneous tanks.

In this study, the tank modeling technique is examined in detail and the Kütahya-Simav geothermal field is modeled by tank modeling technique. The scope of the model parameters are determined by using interference test data. Calibration of model parameter values are realized with JMP statistics program. An interface has been created on computer and field model has been developed using this interface. Model has been revised by defining calibration of the model parameters and uncertainties.

Production optimization of the field was realized by modeling.

Keywords — geothermal; Kütahya-Simav; tank modeling.

KAYNAKÇA

[1] Whiting, R.L. and Ramey, H.J., "Application of Material and Energy Balance to Geothermal Steam Production", *Journal of Petroleum Technology, July, 1969, p 893-900.*

[2] Bringham, W.E. and Morrow, W.B., "P/Z Behavior for Geothermal Steam Reservoirs". Paper SPE 4899 Presented at the 44th Annual California Regional Meeting of the Society of Petroleum Engineers, AME, San. Francisco, California, 1974.

[3] Bodvarsson, G.S., Pruess, K., Stefansson, V. and Eliasson, E.T., "The Krafla Geothermal Field, Iceland: 2. The Generating Capacity of the Field", *Water Resources Research, 20 (11), 1984, p 1531-1544*.

[4] Bodvarsson, G.S., Pruess, K. and Lippman, M.J., "Modeling of Geothermal Systems", *Journal of Petroleum Technology*, 1986, p 1007-1021.

[5] Alkan, H. and Satman, A., "A New Lumped Parameter Model for Geothermal Reservoirs in Presence of Carbon Dioxide", *Geothermics, Vol, 19/5, 1990, p 469-479.*

[6] Sarak, H., *Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Rezervuarlar için Boyutsuz Rezervuar Modelleri*, PhD Thesis, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2004.

[7] Onur, M., Sarak, H., Türeyen, Ö.İ., Çınar, M., Satman, A. and Korkmaz, E.D., *Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Rezervuarların Akışkan ve Isı Üretim Davranışlarının Tank Modelleriyle Modellenmesi*, Tübitak Projesi, 2008.

[8] Türeyen, Ö. İ., Onur, M. and Sarak, H. "A Generalized Nonisothermal Lumped-Parameter Model for Liquid Deominated Geothermal Reservoirs", *34th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California, February 9-11, 2009.

[9] Burden, R.L. and Faires, J.D., *Numerical Analysis*, 4th Edition, PWS-KENT Publishing Co., Boston, 1989.

[10] Öngür, T., *Simav Jeotermal Alanının Kapasitesi: Jeoloji Değerlendirmesi*, Ege Enerji A.Ş., 2004.

[11] Toraman, S., *Kütahya-Simav Jeotermal Sahası Kuyu Etkileşimleri ve Üretim/Enjeksiyon Optimizasyonu*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 129, Adana, 2016.

Türkiye Biyogaz Potansiyeli ve Biyogaz Üretim Süreci
Biogas Potential of Turkey and Biogas Production Process

Özen KILIÇ[1]
Metehan ÇINAR[2]
Ahmet Mahmut KILIÇ[3]

[1]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, zenkilic@cu.edu.tr
[2]Modernenerji, Tekirdağ, Türkiye, metehan.cinar@modernenerji.com.tr
[3]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, kilicm@cu.edu.tr

***Özetçe*—**Günümüzde hızla artan enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Bu yakıtların elde edinim maliyetleri ve çevresel etkileri yeni kaynaklar arayışının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çevresel etkileri fazla tükenebilir fosil kaynaklı yakıtlar yerine yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi ve kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanımı yönündeki çabalar ise artarak devam etmektedir.

Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan biyogaz, son yıllarda üzerinde çalışmalar yapılan enerji potansiyelleri arasında yer almaktadır. Biyogaz üretiminde üzerinde en çok durulan ve araştırılan konular arasında daha çok hayvan ve bitki artıklarından biyogaz üretimi yer almaktadır. Biyogaz üretiminin yaygınlaştırılması ile tarımsal üretim ve biyodizel üretimi de desteklenmektedir.

Ülkemizin enerji istatistikleri incelendiğinde hayvansal ve bitkisel atıkların toplam enerji üretimimizdeki payının yaklaşık %8-9; toplam enerji tüketimimizdeki payının ise %4-5 olduğu görülmektedir. Atık kullanım potansiyeli incelendiğinde ticari değerinin olduğu ve enerji eşdeğeri olarak aynı miktarda taşkömürü tüketimine eşit olduğu görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyogaz kullanıldığında fosil yakıtlar yerine metan, ısıtma ve güç üretiminde ve araç yakıtı olarak kullanılabilmektedir. Biyogaz üretimi, yaş ve kuru fermantasyon sistemleri olarak sınıflandırılabilen çeşitli proses tipleri ile gerçekleştirilmektedir. Daha çok dikey karıştırmalı tanklı yaş sistemler biyogaz üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında Türkiye biyogaz potansiyeli değerlendirilmiş ve Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş.'ye ait biyogaz üretim tesisinde gerçekleştirilen biyogaz üretim aşamaları biyogaz üretim süreçlerine örnek olarak incelenmiştir.

Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. tesisinde üretilen biyogaz, gaz motorları tarafından yakılmakta ve yanma sonucu kükürtdioksit, azot monoksit, azot dioksit, karbon monoksit ve toz ortaya çıkmaktadır. Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. tesisinde üretilen biyogazın bileşimi ortalama %55 metan ve %45 karbondioksit şeklindedir.

Anahtar Kelimeler — biyogaz; hayvansal ve bitkisel atıklar; Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. Biogaz Tesisi.

***Abstract*—**Nowadays, a large part of the rapidly growing energy demand is met by fossil fuels. The acquisition costs and environmental impacts of these fuels cause the search for new sources to emerge. Interest in new and renewable energy sources and efforts to use resources in a sustainable way are rise increasingly instead of fossil-derived fuels with more environmental impacts.

Biogas, which is among the alternative energy sources, is among the energy potentials that have been studied in recent years. Biogas production from animal and plant wastes is among the most discussed and researched topics in biogas production. With the expansion of biogas production, agricultural production and biodiesel production are also supported.

When the energy statistics of our country are examined, it is seen that the share of animal and vegetable wastes in our total energy production is about 8-9% and the share of our total energy consumption is 4-5%. When the waste utilization

potential is examined, it is seen that the commercial value is equal to the consumption of coal in the same amount as the energy equivalent.

Production of biogas provides a versatile carrier of renewable energy, as methane can be used for replacement of fossil fuels in both heat and power generation and as a vehicle fuel. For biogas production, various process types are applied which can be classified in wet and dry fermentation systems. Most often applied are wet digester systems using vertical stirred tank.

In this study, the biogas potential of Turkey is assessed and biogas production stages of biogas production plant of Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. were investigated as an example of the biogas production process. The produced biogas in the Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. is burned in the gas engines and occurred combustion gases such as sulfur dioxide, nitrogen monoxide, nitrogen dioxide, carbon monoxide and dust. The composition of the biogas produced in the in the Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. is on average 55% methane and 45% carbon dioxide.

Keywords — biogas; animal and vegetable wastes; Biosun Katı Atık ve Enerji Üretim A.Ş. Biogas Facility.

KAYNAKÇA

[1] http://www.biyogazder.org/biyogaz_enerjisi.htm

[2] Ardıç, İ., Taner, F.,"Biyokütleden Biyogaz Üretimi I: Anaerobik Arıtımın Temelleri", *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, YEKSEM 2005*, Elektrik Mühendisleri Odası Mersin Şubesi, 19-21 Ekim, s. 242-245, Mersin, 2005.

[3] http://www.biyogaz.com/

[4] Çanka Kılıç, F. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu ve Türkiye'deki Yeri, *Mühendis ve Makine, Cilt: 52(617), 2011, s. 94-106.*

[5] http://www.biyogazder.org/biyogaz_enerjisi.htm

[6] www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx

[7] www.enerjiatlasi.com/biyogaz/

[8] www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyogaz.aspx

[9] Çınar, M., *Biyogaz Enerji Santrallerinde Bacagazı Analizlerinin İncelenmesi ve Emisyon Salınımlarının Kararlı Hale Getirilmesi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, s. 79, Adana, 2017.

Kütahya-Simav Jeotermal Sahası Re-Enjeksiyon Çalışmaları
Kütahya-Simav Geothermal Field Re-injection Studies

Özen KILIÇ[1]
Sedat TORAMAN[2]
Ahmet Mahmut KILIÇ[3]

[1]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, zenkilic@cu.edu.tr
[2]TKİ Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, sedat.toraman@gmail.com
[3]Maden Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, kilicm@cu.edu.tr

***Özetçe*—**Enerji kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanımı her dönemde en önemli konulardan ve sorunlardan biri olmuştur. Fosil kaynaklı yakıtların hızla tükenmesi, petrol, kömür gibi kendini yenileme durumu olmayan kaynakların bilinçsizce kullanılması ve bu kaynakların çevresel etkileri yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artmasına neden olmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanımı yönündeki çabaları ise artırmıştır. Jeotermal enerji Türkiye'nin temiz ve sürdürülebilir enerji ihtiyaçları için önemli çözümler sunmaktadır. Türkiye, Avrupa'da en yüksek jeotermal enerji potansiyeline sahiptir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal rezervuarlardan çok yüksek miktarlarda sıcak su üretimi yapılmakta ve üretilen sıcak suyun bir kısmı sıcak su olarak merkezi jeotermal ısıtma sistemlerinde ve elektrik üretim sistemlerinde doğrudan kullanılmakta ve ısısı alındıktan sonra kalan artık su saha yakınında bulunabilecek deniz, göl ve akarsu gibi yerlere verilebilmektedir. Bu şekilde yapılan uygulamalar çevre sorunları yaratabilmekte ve jeotermal rezervuarın dengesinin bozulmasına da neden olabilmektedir. Üretim nedeniyle boşalan rezervuar hacminin bir kısmı doğal beslenme yoluyla dolmaktadır. Ancak, jeotermal rezervuarların korunması amacı ile kullanım sonrası oluşan artık suyun geldiği yere veya uygun yeraltı formasyonlarına basılması da gerekmektedir.

Suyun jeotermal rezervuara tekrar basılması durumunda; i. Kullanım sonrası kalan artık sudan kurtulmak, ii. Rezervuar basıncını/kuyu içi seviyesini korumak ve iii. Rezervuardan daha fazla ısı üretimini sağlamak gibi önemli yararlar sağlanabilmektedir.

Rezervuarın işletilmesinde ileriye dönük çalışmalara yön verecek rezervuar performanslarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Daha da önemlisi, ileriye dönük basınç tahminlerini yapmanın yanında bu tahminler üstündeki belirsizlikler de tanımlanmalıdır.

Çalışma kapsamında jeotermal sahalarda üretimin sürdürülebilirliği ve re-enjeksiyon çalışmaları, Kütahya-Simav jeotermal sahası re-enjeksiyon çalışmaları üzerinde değerlendirilmiştir. Sahada kış aylarında şehir ısıtmacılığı için daha fazla akışkana ihtiyaç duyulduğu göz önünde bulundurularak üretim planlaması yapılmış ve farklı re-enjeksiyon senaryoları altında saha basınç ve sıcaklık profillerindeki değişimler ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler — jeotermal rezervuar; Kütahya-Simav; re-enjeksiyon.

***Abstract*—**Sustainable use of energy resources has always been one of the most important issues and problems. The rapid depletion of fossil fuels has led to the unconscious use of resources such as petroleum and coal that have not been renewed and the environmental impact of these sources has increased the interest in renewable energy sources and has increased efforts to sustainably use renewable energy sources. Geothermal energy is becoming attractive solutions for clean and sustainable energy needs of Turkey. Turkey is the second country to have the highest geothermal energy potential in Europe.

The geothermal reservoirs of renewable energy sources are used to produce hot water in a very large amount and some of the hot water produced is used directly in central geothermal heating systems and electricity generation systems as hot water and residual water remaining after the heat is taken can be given to places such as sea, lake and river.

Applications in this way can create environmental problems and cause the degradation of the geothermal reservoir. Part of the reservoir volume that is discharged due to production is filled by natural nutrition. However, residual water after the use is to be refilled at the place or suitable underground formations, the purpose of preserving the geothermal reservoirs.

Significant benefits can be achieved by refilled the water in the geothermal reservoir; i. To get rid of residual water after use, ii. To protect reservoir pressure/well level and iii. To provide more heat generation from the reservoir etc.

The pressure and temperatures represent the average pressure and temperature of the reservoir. If production data is available, model parameters that best describe the system could be obtained through history matching.

In this study, sustainability and re-injection studies of production in geothermal fields have been evaluated on Kütahya-Simav geothermal field re-injection. In the geothemal field have been planned the production, changes in pressure and temperature profiles under different type of reinjection scenarios are revealed by taking into consideration that field needs more fluid for city heating in the winter.

Keywords — geothermal reservoir; Kütahya-Simav; re-injection.

KAYNAKÇA

[1] Whiting, R.L. and Ramey, H.J., "Application of Material and Energy Balance to Geothermal Steam Production", *Journal of Petroleum Technology, July, 1969, p 893-900.*

[2] Bringham, W.E. and Morrow, W.B., "P/Z Behavior for Geothermal Steam Reservoirs". Paper SPE 4899 Presented at the 44th Annual California Regional Meeting of the Society of Petroleum Engineers, AME, San. Francisco, California, 1974.

[3] Bodvarsson, G.S., Pruess, K., Stefansson, V. and Eliasson, E.T., "The Krafla Geothermal Field, Iceland: 2. The Generating Capacity of the Field", *Water Resources Research, 20 (11), 1984, p 1531-1544.*

[4] Bodvarsson, G.S., Pruess, K. and Lippman, M.J., "Modeling of Geothermal Systems", *Journal of Petroleum Technology*, 1986, p 1007-1021.

[5] Alkan, H. and Satman, A., "A New Lumped Parameter Model for Geothermal Reservoirs in Presence of Carbon Dioxide", *Geothermics, Vol, 19/5, 1990, p 469-479.*

[6] Sarak, H., *Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Rezervuarlar için Boyutsuz Rezervuar Modelleri*, PhD Thesis, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2004.

[7] Onur, M., Sarak, H., Türeyen, Ö.İ., Çınar, M., Satman, A. and Korkmaz, E.D., *Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Rezervuarların Akışkan ve Isı Üretim Davranışlarının Tank Modelleriyle Modellenmesi*, Tübitak Projesi, 2008.

[8] Türeyen, Ö. İ., Onur, M. and Sarak, H. "A Generalized Nonisothermal Lumped-Parameter Model for Liquid Deominated Geothermal Reservoirs", *34th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford University, Stanford, California, February 9-11, 2009.

[9] Burden, R.L. and Faires, J.D., *Numerical Analysis*, 4th Edition, PWS-KENT Publishing Co., Boston, 1989.

[10] Öngür, T., *Simav Jeotermal Alanının Kapasitesi: Jeoloji Değerlendirmesi*, Ege Enerji A.Ş., 2004.

[11] Toraman, S., *Kütahya-Simav Jeotermal Sahası Kuyu Etkileşimleri ve Üretim/Enjeksiyon Optimizasyonu*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 129, Adana, 2016.

Elektrik Tesisinde Harmonik İncelemesi ve Harmonik Filtreli Kompanzasyon

Harmonic Investigation and Harmonic Filter Compensation In Electrical Plant

Faruk Kürker [1],
Ramazan Taşaltın [2],
Kerim Karadağ[3]

[1]Elektrik Elektronik Müh.Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye, fkurker@adiyaman.edu.tr
[2]Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, rtasaltin@harran.edu.tr
[3]Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, k.karadag@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Elektrik güç sistemlerinde üretilen enerjinin, dağıtımı ve iletiminde, gerilim ve akımın, sinüs eğrisi şeklinde ve 50 Hz frekansında olması gerekmektedir. Bu durum, elektrik enerjisinin kalitesini oluşturan faktörlerin başında gelir. Fakat, yarı iletken malzeme içeren doğrusal olmayan yüklerin ürettiği harmonikler sebebi ile gerilim ve akımın sinüs eğrisi şeklinden uzaklaştığı görülür. Böylece tesisin arzu etmediği önemli sorunlar ortaya çıkar. Harmonikler enerji sisteminde teknik ve ekonomik olarak problemler meydana getirir. Teknik problemler, sistemin çalışmasını olumsuz yönde etkileyen ve tüketiciye kaliteli enerji sunulmasını engelleyen problemlerdir. Ekonomik problemler ise, harmoniklerin sistemde meydana getirdiği ek kayıpların oluşturduğu problemlerdir. Bu çalışmada, bir tesiste kompanzasyon devrede iken ve kompanzasyon devre dışı iken güç analizörü ile sisteme ait akım, gerilim ve güç gibi parametreler kaydedilmiştir. Elde edilen veriler bilgisayara aktarılarak güç analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde, akım ve gerilim harmonikleri incelenmiş ve tesis için harmonik filtreli kompanzasyon hesapları yapılarak tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler— Harmonik; güç kalitesi; harmonik filtreli kompanzasyon.

***Abstract*—**In the distribution and transmission of energy produced in electric power systems, the voltage and current must be sinusoidal and at a frequency of 50 Hz. This is one of the factors that make up the quality of electric energy. However, due to the harmonics produced by the nonlinear charges containing the semiconductor material, the voltage and current are seen to deviate from the sine curve shape. Thus, important problems arise which the plant does not desire. Harmonics bring technical and economical problems to the energy system. Technical problems are problems that affect the operation of the system in the negative and prevent the delivery of quality energy to the consumer. Economic problems are problems caused by additional losses that harmonics cause to the system. In this study, parameters such as current, voltage and power of the system were recorded with a power analyzer while a compensation system was in operation and compensation was disabled. Power analysis was performed by transferring the obtained data to the computer. In the analyzes made, current and voltage harmonics were investigated and harmonic filter compensation calculations were made for the plant.

Keywords — Harmonics; power quality; harmonic filter compensation.

Elektrik Enerjisiyle Çalışan Absorpsiyonlu Buzdolabının Performansının Tespit Çalışması

Performance Study of Electric Energy Absorbing Refrigerant

Cuma ÇETİNER[1]
Ahmet ONAT[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye ccetiner@gmail.com
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ahmed.onat.2163@gmail.com

Özetçe—Bu çalışmada, elektrik enerjisiyle çalışan minibar absorbsiyonlu buzdolabının performansının tespiti için deneysel çalışma yapılmıştır. Absorpsiyonlu buzdolabının belirli yerlerine termokupllar yerleştirilerek data logger cihazıyla sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık değerleri 165°C olarak ölçülmüştür. Buzdolaplarındaki generatör, kondenser, absorber için gerekli teorik hesaplamalar yapılmıştır. Sıcaklık değerleri, kütlesel debi, sistem basıncı ve eriyik konsantrasyonları ile absorpsiyonlu buzdolapların ısıl değerleri ile performans **değ**erleri hesaplanmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elektrik ısıtmalı buzdolabı performansı değerinin 0.739 olduğu anlaşılmıştır**.**

Anahtar Kelimeler — Absorbsiyonlu buzdolabı, amonyaklı su, performans.

Abstract— In this study, an experimental study was carried out to determine the performance of the absorber refrigerator with electric energy. Thermocouples were placed in certain parts of the refrigerated refrigerator and temperature values were measured with a data logger. The average temperature values were measured at 165 ° C. The theoretical calculations have been made for refrigerator generator, condenser, absorber. Temperature values, mass flow rate, system pressure and melt concentrations, and thermal values of absorptive refrigerators and their performance values were calculated and compared with the experimental results. The performance of the minibar refrigerator with an electric heated absorber was found to be 0.739.

Keywords — Absorption refrigerator, ammonia water, performance.

Metal Hidrid Tankların Diziliminde Optimum Aralığın Deneysel Olarak Bulunması

Experimental Determination of Optimum Distance in Metal Hydride Tank Arrangement

İsmail HİLALİ[1]
Ahmet AKBAŞ[3]
Harun ÇİFCİ[1]
Dursun AKASLAN[2]
Mehmet MERCAN[1]
[1]Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ihilali@harran.edu.tr
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, dursunakaslan@harran.edu.tr
[3]Elif Mühendislik, Şanlıurfa, Türkiye, elifmuhendislik63@gmail.com

Özetçe— Bazı metaller ve alaşımlar, normal basınç ve sıcaklıkta hidrojen absorblayarak metal hidrür bileşiklerini meydana getirirler. Hidrojen depolama ile ilgili son çalışmalar temel olarak metal hidritlerin kullanımına dayanmaktadır. Metal hidridler, uygun çalışma koşullarında hidrojen depolama için yüksek kapasiteye sahiptir. Fakat kapasiteyi belirleyen en önemli faktör ısı transferidir. Bu nedenle ısı transferi çok iyi kontrol edilmelidir. Bu konuyla ilgili çalışmaların tamamı tek bir tank gözönünde bulundurulurak yapılmıştır. Metal hidrid depolamanın performansına etki eden parametreler tasarım ve konfigürasyonudur. Bu durumda, depolama tasarlanırken dikkate alınması gereken durumlardan biri de tankların dizilimleridir. Bu çalışmada metal hidrit tankarın farklı şartlar altında optimum aralığı deneysel olarak incelenmiştir. Teorik olarak hesaplanan aralıklar deneysel olarak incelenmiştir. Teorik kısmı iki aşamada yapılmıştır. Birinci aşamada matematiksel model oluşturulmuş ve çalışma şartlarına bağlı olarak aralıklar bulunmuştur. İdeal aralığın, toplam ısı transferini olumlu etkilediği görülmüştür. İkinci aşamada ise Autodesk CFD simulation programıyla Sayısal çözümleme yapılmış ve matematiksel olarak bulunan aralıklar karşılaştırılmıştır. Çalışmada teorik olarak hesaplanan aralıklarda tanklar yerleştirilmiştir. Şekil 1' de görüldüğü gibi, Metal hidrid tankları diziliminde kullanılan plaka malzemesi alimunyum ve tank aralığı 3,4,5 mm'dir Bu aralıklara göre; farklı basınç (60 kPa, 100 kPa & 120 kPa), Reynold sayısı (6000, 12000 & 30000) ve ortam şartları (290K, 300K & 310K) için, tanklar ve plaka üzerindeki sıcaklık dağılımı termal kamerayla ölçülmüştür. Tank basınçları belirtilen değerlere düşünceye kadar yakıt pili çalıştırılarak elde edilmiştir. Ayrıca her ölçümden sonra tankların depolama kapasiteleri hassas terazi ölçülmüştür. Elde edilen ölçümlerden teorik olarak elde edilen aralıklara yakın olduğu görülmüştür.

Şekil 1. Deney Düzeneği

Anahtar Kelimeler — Metal hidrid; Hidrojen; Yakıt pili; Yenilenebilir Enerji.

Abstract— Some metals and alloys absorb hydrogen at normal pressure and temperature, causing metal hydride compounds to form. Recent studies on hydrogen storage are mainly based on the use of metal hydrides. Metal hydrides have high capacity for hydrogen storage under favorable operating conditions. But the most important factor determining the

capacitance is heat transfer. For this reason, heat transfer should be controlled very well. All of the work on this subject has been made in consideration of a single tank. The parameters affecting the performance of metal hydride storage are design and configuration. In this case, one of the situations to consider when designing storage is the array of tanks. In this study, the optimum range of metal hydride tank under various conditions was experimentally investigated. Theoretically calculated distances have been experimentally examined. The theoretical part was done in two stages. In the first step, a mathematical model was created, and distances were found depending on the working conditions. The ideal distance affects positively the total heat transfer. In the second stage, Numerical analysis was performed with the Autodesk CFD simulation program and mathematically found distances were compared. Tanks were placed at the theoretical calculated distances in the study. As shown in Figure 1, Plate material used in metal hydride tanks arrangement is aluminum and tank distances are 3,4 and 5 mm. Temperature measurements were made with thermal camera for different pressures (60 kPa, 100 kPa & 120 kPa), Reynolds number (6000, 12000 & 30000) and ambient conditions (290K, 300K & 310K) according to these distances. Tank pressures were obtained by operating the fuel cell up to the indicated values. In addition, storage capacities of the tanks were measured with precision scale after each measurement. It has been found that the obtained measurements are close to the theoretically obtained distances.

Keywords — Metal Hydride; Hydrogen; Fuel cell; Renewable energy.

KAYNAKÇA

[1] Arat, H. T., and Surer, M. G., , "State of art of hydrogen usage as a fuel on aviation," European Mechanical Science, 2(1), pp. 20-30, 2017

[2] Afzal, M., Mane, R., and Sharma, P., "Heat transfer techniques in metal hydride hydrogen storage: A review," International Journal of Hydrogen Energy, 42(52), 30661-30682, 2017

[3] Briki, C., Belkhiria, S., Dhaou, M. H., Askri, F., and Jemni, A., "Dynamic study of a new design of a tanks based on metallic hydrides," International Journal of Hydrogen Energy, 43(3), 1566-1576, 2018.

[4] Mohammadshahi, S. S., Gray, E. M., and Webb, C. J., "A review of mathematical modelling of metal-hydride systems for hydrogen storage applications," International Journal of Hydrogen Energy, 41(5), 3470-3484, 2016.

[5] Chibani, A., and Bougriou, C., "Effect of the tank geometry on the storage and destocking of hydrogen on metal hydride (LaNi5H2)," International Journal of Hydrogen Energy, 42(36), 23035-23044, 2017.

[6] Mazzucco, A., Dornheim, M., Sloth, M., Jensen, T. R., Jensen, J. O., and Rokni, M., "Bed geometries, fueling strategies and optimization of heat exchanger designs in metal hydride storage systems for automotive applications: A review," International Journal of Hydrogen Energy, 39(30), 17054-17074, 2014.

[7] Shafiee, S., and McCay, M. H., "Different reactor and heat exchanger configurations for metal hydride hydrogen storage systems – A review," International Journal of Hydrogen Energy, 41(22), 9462-9470, 2016.

[8] Bhogilla, S. S., "Design of a AB2-metal hydride cylindrical tank for renewable energy storage," Journal of Energy Storage, 14(Part 1), 203-210, 2017.

[9] Veerraju, C., and Gopal, M. R., "Heat and mass transfer studies on elliptical metal hydride tubes and tube banks," International Journal of Hydrogen Energy, 34(10), 4340-4350, 2009.

[10] Bhouri, M., Goyette, J., Hardy, B. J., and Anton, D. L., "Numerical modeling and performance evaluation of multi-tubular sodium alanate hydride finned reactor," International Journal of Hydrogen Energy, 37(2), 1551-1567, 2012.

[11] MacDonald, B. D., and Rowe, A. M., 2006, "Impacts of external heat transfer enhancements on metal hydride storage tanks," International Journal of Hydrogen Energy, 31(12), pp. 1721-1731.

[12] Jemni, A., and Nasrallah, S. B., "Study of two-dimensional heat and mass transfer during absorption in a metal-hydrogen reactor," International Journal of Hydrogen Energy, 20(1), 43-52, 1995.

[13] Bao, Z., Yang, F., Wu, Z., Nyallang Nyamsi, S., and Zhang, Z., 2013, "Optimal design of metal hydride reactors based on CFD–Taguchi combined method," Energy Conversion and Management, 65, pp. 322-330.

[14] Satya Sekhar, B., Lototskyy, M., Kolesnikov, A., Moropeng, M. L., Tarasov, B. P., and Pollet, B. G., "Performance analysis of cylindrical metal hydride beds with various heat exchange options," Journal of Alloys and Compounds, 645, Supplement 1, S89-S95, 2015.

[15] Hilali, I., "Optimum Spacing Between Horizontal Metal Hydride (MH) Hydrogen Storage Tanks Integrated with Fuel Cell Power System in Natural Convection," Journal of Thermal Science and Technology, 35(2), 129-136, 2015.

[16] Stanescu, G., Fowler, A. J., and Bejan, A., "The optimal spacing of cylinders in free-stream cross-flow forced convection," International Journal of Heat and Mass Transfer, 39(2), 311-317, 1996.

[17] Bejan, A., Convection Heat transfer, Wiley, New York, 1984.

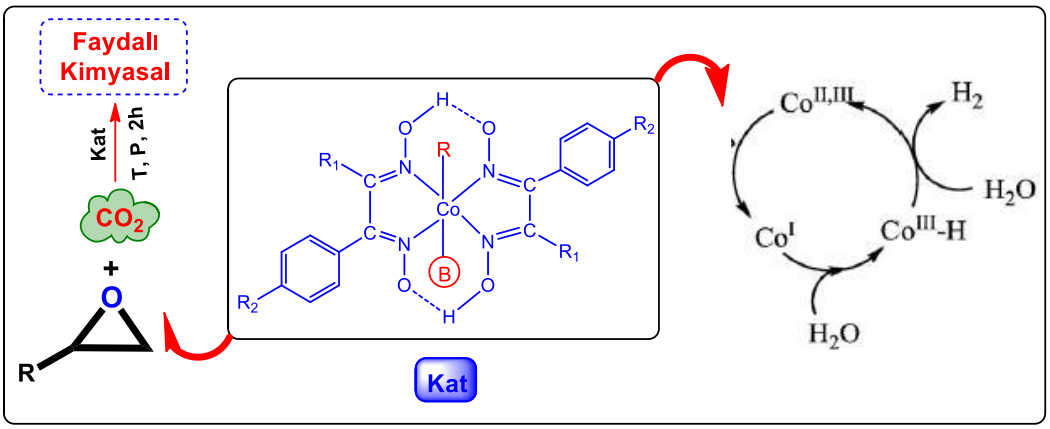
H_2O'dan Hidrojen elde edilmesi ve CO_2 kullanımı için Kobaloksim Katalizatörlerinin Katalitik Stratejileri

Catalytic Strategies of Cobaloxime Catalysts for the utilization of CO_2 and Hydrogen Evolution from H_2O

Ahmet KILIC[1]
Mustafa DURGUN[2]
Emine AYTAR[3]
Eyyup YAŞAR[4]

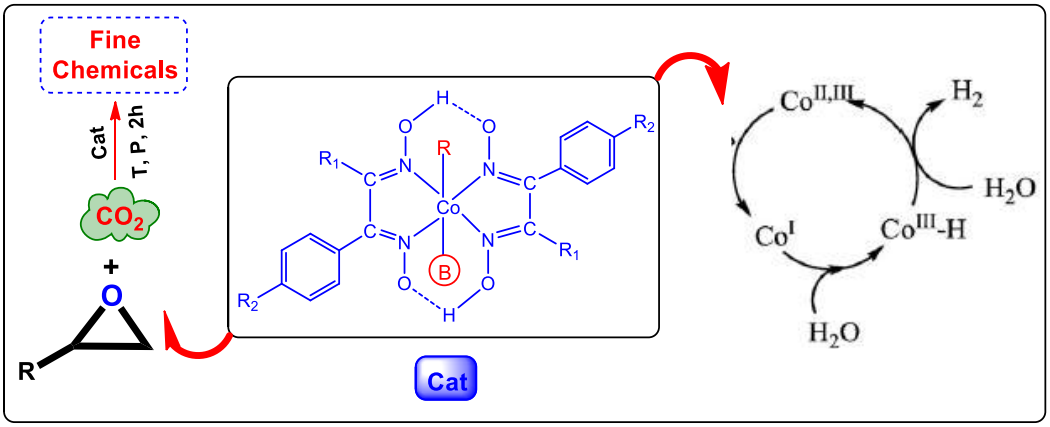
[1]Kimya Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, kilica63@harran.edu.tr
[2]Kimya Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mustafadurgun@harran.edu.tr
[3]Kimya Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aytaremine89@gmail.com
[4] Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM), Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, eyasar@harran.edu.tr

Özetçe— Doğal fotosentezden esinlenerek, ışık toplayıcılar ve redoks katalizörlerinden oluşan yapay fotosentez (AP) sistemleri, fotokatalitik H_2 üretimi için geniş çapta araştırılmıştır. Katalizörler olarak moleküler kobaloksimler, H_2'nin oksidasyonu ve üretimi, O_2, N_2 ve CO_2'nin azaltılması ve suyun protonlar, elektronlar ve O_2'ye ayrılması gibi geniş bir yelpazede enerji dönüşüm süreçlerinde önemli bir rol oynar [1, 2]. Bununla birlikte, kimya sektöründeki çok sayıda bilim insanının, CO_2 ve epoksitlerin bağlanma reaksiyonları için üstün performans, yüksek stabilite, reaktivite, ucuz ve çevre dostu katalizörler geliştirmesi uzun zaman hedefiydi [3-5]. Ancak, faydalı kimyasalların CO_2'in epoksitlere siklo katılma reaksiyonu ile üretimi, etkili, sağlam, ucuz ve kararlı katalizör araştırmalarının tasarlanması önemli bir süreç olarak devam etmektedir. Literatür araştırmasında görüldüğü kadarıyla, CO_2'nin epoksitlere siklo-katılma reaksiyonu için kobaloksim kompleksleri kullanımının çok nadir olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, yeni kobaloksim kompleksleri hazırlanmış ve NMR spektrumları, FT-IR spektrumları, UV-Vis spektrumları, kütle spektrumları, erime noktaları ve element analizleri ile karakterize edilmiş, epoksitler ile CO_2 arasındaki siklo-katılma tepkimesinde ve H_2O'dan hidrojen eldesinde katalizör olarak test edilmiştir.



Anahtar Kelimeler — kobaloksim; sentez; CO_2 fiksasyonu; hidrojen dönüşümü.

Abstract— Inspired by the natural photosynthesis, artificial photosynthesis (AP) systems comprised of light har-vesters and redox catalysts have been widely investigated for photocatalytic H_2 generation. Molecular cobaloximes as catalysts play an important role in a wide range of energy conversion processes, including the oxidation and production of H_2, the reduction of O_2, N_2, and CO_2, as well as the splitting of water into protons, electrons, and O_2 [1, 2]. However, it was a long time goal for numerous scientists in chemical sector to develop superior performance, high stability, reactivity, inexpensive and environmental friendly catalysts for the coupling reactions of CO_2 and epoxides [3-5]. But, the production of the fine chemicals through the cycloaddition of CO_2 to epoxides was the factor for which the research of the effective, robust, cheap, and stable catalyst has been continued. To the best of our knowledge, the litareture demonstrates that the use of cobaloxime complexes for the cycloaddition of CO_2 to epoxides is very rare. In this study, the novel cobaloxime complexes were prepared and characterized by means of NMR spectra, FT-IR spectra, UV-Vis spectra, mass spectra, melting point as well as elemental analysis and evaluated the catalytic activity for the cycloaddition between epoxides and CO_2 and hydrogen evolution from H_2O.



Keywords — cobaloxime; synthesis; CO_2 fixation; hydrogen evolution.

KAYNAKÇA

[1] Solis, B. H. and Hammes-Schiffer S., "Proton-Coupled Electron Transfer in Molecular Electrocatalysis: Theoretical Methods and Design Principles'' *Inorg. Chem.*, 53(13): 6427-6443, 2014.

[2] Niu, F., Shen, S., Zhang, N., Chen, J., Gua, L., "Cobaloxime coenzyme catalyzing artificial photosynthesis for hydrogen generation over CdS nanocrystals" *Applied Catalysis B: Environmental*, 199:134–141, 2016.

[3] Gao, P., Zhao, Z., Chen, L., Yuan, D. and Yao, Y., "Dinuclear aluminum poly (phenolate) complexes as efficient catalysts for cyclic carbonate synthesis" *Organometallics*, 35(11): 1707-1712, 2016.

[4] Kilic, A., Durgun, M., Aytar, E., Yavuz, R., "Synthesis and characterization of novel positively charged organocobaloximes as catalysts for the fixation of CO_2 to cyclic carbonates" *J. Organomet. Chem.*, 858: 78-88, 2018.

[5] Darensbourg, D. J., Yarbrough, J. C., "Mechanistic aspects of the copolymerization reaction of carbon dioxide and epoxides, using a chiral salen chromium chloride catalyst" J. *Am. Chem. Soc.*, 124(22):6335-6342, 2002.

Bitcoin Madenciliğide Harcanan Enerji ve Sürdürülebilirliği
Energy Consumption and Sustainability on Bitcoin Mining

Ahmet TABANLIOĞLU[1]
Mehmet Akif NACAR[2]
Mehmet Emin TENEKECİ[2]
Abdülkadir GÜMÜŞÇÜ [1]
Kerim KARADAĞ[1]

[1] Elektrik- Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, {atabanlioglu, agumuscu,k.karadag }@harran.edu.tr
[2] Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, {manacar@harran.edu.tr, etenekeci@harran.edu.tr}

***Özetçe*—**Dünya çapında ekonomik olarak Bitcoin ve sanal paraların popülaritesinin artması ile Blok Zinciri teknolojilerine ilgi artmıştır. Bitcoin elde etmek için 3 farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar; Satın alma, alış verişte komisyon ve madenciliktir. Mevcut sistemin otoriteden bağımsız çalışması ve fiziki bir dayanağının olmaması ile birlikte kabul görmesinin en önemli nedeni güçlü güvenlik mekanizması ve dağıtılmış kontrol merkezi olmasındadır. Bu mekanizmalar ile oluşturulan her sanal para ve gerçekleşen her işlem hareketi için yüksek işlem yükü gerektiren doğrulama mekanizması kullanılmaktadır. İş kanıtı (Proof of Work - PoW)adı verilen bu doğrulama mekanizmasının çalıştırılabilmesi, yüksek enerji tüketimi ile mümkündür. Özellikle Bitcoin' in 2017 yılında %1500 oranında değer kazanması talep patlamasına sebep olmuştur. Bu nedenle gerçekleştirilen madencilik için harcanan enerji tüketimi son bir yıl içerisinde ortalama 32 TWh seviyelerine çıkmıştır. Bu değer dünya elektrik tüketiminin %0,15' ne denk gelmektedir. Ülkeler sıralamasında düşünüldüğünde Bitcoin' in elektrik tüketimi 61. sırayı almaktadır. Bununla birlikte kullanılan ödüllendirme yönteminden kaynaklı olarak her bir işlem maliyeti artmaktadır. Bu da elde edilen gelirin düşmesine sebep olmaktadır. Maliyetlerin artması ile madenciliğin sürdürülebilirliği zorlaşacaktır. Tüm bu sebeplerden dolayı Bitcoin madenciliği için harcanan elektrik tüketimi bu mekanizmanın gerekliliği veya enerji tüketiminin azaltılması noktasında araştırma ve düzenleme gerekliliğini getirmektedir. Bu amaç için madenciliği yapılmayan sanal paraların kullanımı da yaygınlaştırılabilir. Bunula birlikte güvenlik mekanizmasının daha az işlem yükü olan yöntemler ile değiştirilmesi veya doğrulama mekanizmasının tamamen dağıtılmış yapıdan uzaklaştırması ciddi enerji verimliliği sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler — Kriptopara; Blok Zinciri; Bitcoin Madenciliği; Enerji Tüketimi.

***Abstract*—**Worldwide economically, interest in Block Chain technology has increased with the increase in the popularity of Bitcoin and virtual currency. There are 3 different methods for obtaining bitcoins. These; purchasing, commission and mining. Despite the fact that the existing system operates autonomously and does not have a physical basis, the most important reason for its acceptance is the strong security mechanism and the distributed control center. For each virtual currency created by these mechanisms and for every transaction that takes place, the verification mechanism that requires high processing load is used. This verification mechanism, called Proof of Work (PoW), can be operated with high energy consumption. Especially Bitcoin's appreciation of 1500% in 2017 caused the demand explosion. For this reason, energy consumption for mining has increased to an average of 32 TWh over the past year. This value corresponds to 0.15% of world electricity consumption. When considered in the order of the countries, Bitcoin's electricity consumption takes the 61st place. However, due to the rewarding method used, the cost of each transaction is increasing. This causes the income to fall. With increasing costs, sustainability of mining will be difficult. For all these reasons, the electricity consumed for Bitcoin mining necessitates either this mechanism or the need for research and regulation to reduce energy consumption. For this purpose, the use of non-mined virtual currency can also be widespread. However, the replacement of the security mechanism with less process-intensive methods or the removal of the verification mechanism from the fully distributed structure will provide significant energy efficiency.

Keywords — Cryptocurrency ; Block Chain; Bitcoin Mining; Energy Consumption.

KAYNAKÇA

[1] S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,”. White Paper.

[2] Hayes, Adam S. "Cryptocurrency Value Formation: An empirical study leading to a cost of production model for valuing Bitcoin." Telematics and Informatics (2016)

[3] A. Hayes, “A cost of production model for Bitcoin,” SSRN 2580904, Mar 2015.

[4] Mishra, Sailendra Prasanna and Jacob, Varghese and Radhakrishnan , Suresh, Bitcoin Mining and Its Cost (November 24, 2017). Available at SSRN:http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3076734

[5] Nicola Dimitri, “Bitcoin Mining as a Contest”, Ledger, Vol 2, 2017, 31-37, DOI: https://doi.org/10.5195/ledger.2017.96

[6] Lee, K.-F., *Automatic Speech Recognition: The Development of the SPHINX SYSTEM,* Kluwer Academic Publishers, Boston, 1989.

[7] https://digiconomist.net/bitcoin-mining-more-polluting-than-gold-mining, (Available at: 20/02/2018)

[8] K. J. O'Dwyer and D. Malone, "Bitcoin mining and its energy footprint," 25th IET Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies (ISSC 2014/CIICT 2014), Limerick, 2014, pp. 280-285.

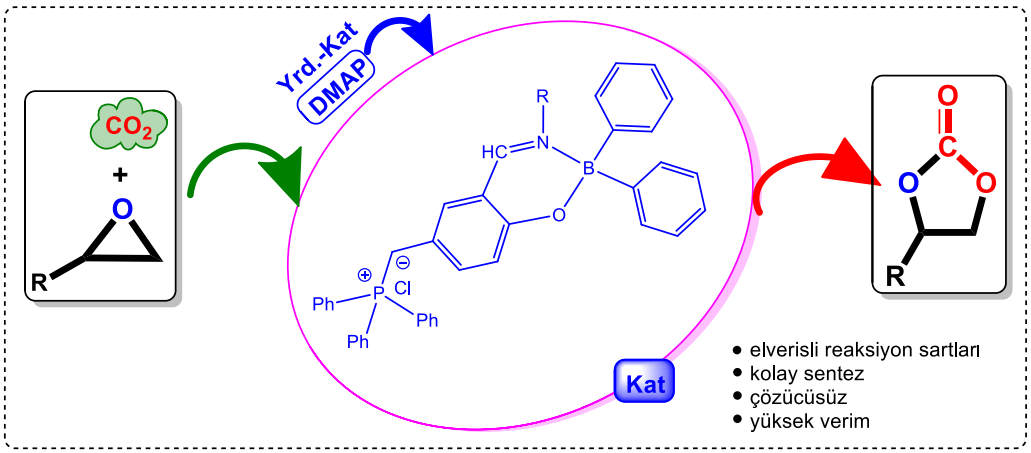
Organoboron Katalizörleri İle Sera Gazı CO_2'in Fiksasyonu

The Fixation of Greenhouse gase CO_2 by Organoboron catalysts

Ahmet KILIC[1]
Mustafa DURGUN[2]
Emine AYTAR[3]
Eyyup YAŞAR[4]

[1]Chemistry Department, Art and Science Faculty, Harran University, Sanliurfa, Turkey, kilica63@harran.edu.tr
[2]Chemistry Department, Art and Science Faculty, Harran University, Sanliurfa, Turkey, mustafadurgun@harran.edu.tr
[3]Chemistry Department, Art and Science Faculty, Harran University, Sanliurfa, Turkey, aytaremine89@gmail.com
[4]Research Centre for Science and Technology (HÜBTAM), Harran University, Sanliurfa, Turkey, eyasar@harran.edu.tr

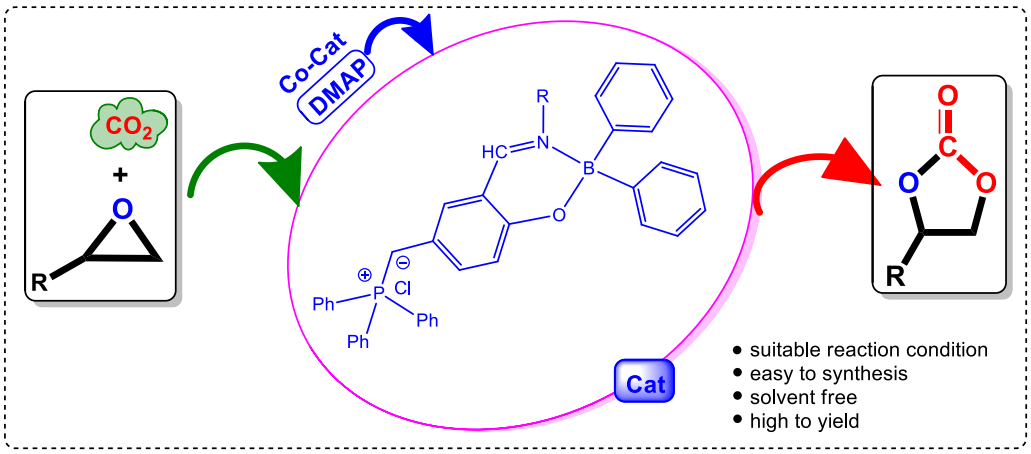
Özetçe— Sera gazı CO_2 emisyonlarındaki artışların, küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi ve dünya iklimi üzerindeki diğer kontrol edilemeyen etkiler gibi bir çok çevresel soruna neden olması beklenmektedir. Bununla birlikte, karbon dioksit (CO_2), ana sera gazlarından biridir, fakat aynı zamanda organik sentezde ilgi çekici ve bol miktarda C1 kaynağı olarak kabul edilmektedir. CO_2'nin katalitik dönüşümüne yararlı organik bileşiklere uzun zamandır ilgi duyulmaktadır [1-3]. Faydalı bileşikleri üretmek için CO_2 ve epoksitlerin birleşmesi, CO_2 fiksasyonu için en etkili yollardan biridir [4]. Bu işlem aynı zamanda CO_2 yeniden kullanımı ve uzaklaştırılması için de faydalıdır. Bununla birlikte, CO_2'nin termo-kararlılığı ve kinetik inertliği, birçok uygulama alanında kullanılmasını büyük ölçüde engellemektedir. Her ne kadar çok sayıda katalizör geliştirilmiş olsa da, bildiğimiz kadarıyla, litaretürde CO_2'nin faydalı kimyasallara dönüşümü için organoboron komplekslerinin kullanılmasının çok nadir olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada, yeni sentezlenmiş salen ligandları ve onların boron-fenil kompleksleri NMR (^{1}H, ^{13}C, ^{31}P ve ^{11}B) spektroskopisi, FT-IR spektroskopisi, UV-Vis spektroskopisi, TGA-DTA, LC-MS spektroskopisi, erime noktası ve element analiz ile karakterize edilmiştir. Ayrıca, bor-fenil kompleksleri, CO_2'nin halkalı karbonatlara dönüşümü için katalizörler olarak değerlendirilmiştir.



Anahtar Kelimeler — Sera gazları; salen ligandlar; bor kompleksler; sentez; CO_2 fiksasyonu.

Abstract— The further increases in greenhouse gas CO_2 emissions are expected to cause a lot of environmental problems, such as global warming, sea level rises, and other uncontrollable impacts on the world climate. However, Carbon dioxide (CO_2) is one of the main greenhouse gases, but it is also widely accepted to be an attractive and abundant C_1 source in organic synthesis. There is long-standing interest in the catalytic conversion of CO_2 into useful organic compounds [1-3]. The coupling of CO_2 and epoxides to produce the fine compounds is among the most effective routes for the CO_2 fixation [4]. This process is also beneficial for CO_2 reuse and removal. However, the thermo stability and

kinetic inertness of CO_2 greatly impede its large scale application. Although numerous catalysts have been developed, to the best of our knowledge, the litareture demonstrates that the use of organoboron complexes for the fixation of CO_2 to fine chemical is very rare. In this study, the newly synthesized salen ligands and theirs boron-phenyl complexes were characterized by NMR (^{1}H, ^{13}C, ^{31}P and ^{11}B) spectroscopy, FT-IR spectroscopy, UV-Vis spectroscopy, TGA-DTA, LC-MS spectroscopy, melting point, and elemental analysis. Also, boron-phenyl complexes have been evaluated as catalysts for the fixation of CO_2 to cyclic carbonates.



Keywords — Greenhouse gases; salen ligands; boron complexes; synthesis; CO_2 fixation.

KAYNAKÇA

[1] Li, P. and Coa, Z., Catalytic Preparation of Cyclic Carbonates from CO2 and Epoxides by Metal–Porphyrin and− Corrole Complexes: Insight into Effects of Cocatalyst and meso-Substitution. Organometallics, 37(3): 406-414, 2018.

[2] Martín, C., Fiorani, G., Kleij, A. W., Recent advances in the catalytic preparation of cyclic organic carbonates. *ACS Catalysis*, *5*(2): 1353-1370, 2015.

[3] Kilic, A., Durgun, M., Aytar, E., Yavuz, R., "Synthesis and characterization of novel positively charged organocobaloximes as catalysts for the fixation of CO_2 to cyclic carbonates" *J. Organomet. Chem.*, 858: 78-88, 2018.

[4] Darensbourg, D. J., Holtcamp, M. W., Catalysts for the reactions of epoxides and carbon dioxide. *Coordination Chemistry Reviews*, 153:155-174, 1996.

BİTLİS İli Su Kaynaklarının Jeotermal Enerji Üretimi Açısından Değerlendirilmesi

The Evaluation of Water Sources in Bitlis The Province in Terms of The Geothermal Energy Generation

Şakir Parlakyıldız[1]
Muhsin Tunay Gençoğlu[2]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, sparlakyildiz@beu.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, mtgencoglu@firat.edu.tr

Özetçe—*Bu çalışmada Bitlis ilinde bulunan jeotermal kaynaklar, ve bu kaynakların bölgesel kalkınmaya etkileri üzerinde durulmuştur. Değişik büyüklüklerde aktif fay hatlarına sahip ülkemiz 600'ün üstünde jeotermal kaynağa sahiptir. Jeotermal kaynaklar, Turizm, Isıtma ve Seracılık başta olmak üzere bir çok alanda kullanılabilir. EÜAŞ 2016 yılı verileirne göre ülkemizde bulunan topla Jeotermal enerji Santrali sayısı 40 adet olup, mevcut santrallerin kurulu gücü 1.028,00 MW'tır. Bitlis ilinde 3 adet jeotermal enerji kaynağı bulunmakta olup (Güroymak, Nemrut, Ilıca köy), bu kaynaklar enerji üretimi amacıyla henüz değerlendirilmemektedir. Bu çalışmada mevcut 3 kaynağın jeotermal santral yapılıp yapılmamaya uygunluğu hakkında tespitler yapılacaktır. Jeotermal enerji sıcaklığına bağlı olmak üzere Turizm, Isıtma ve elektrik üretimi alanlarında kullanılabilir. Teiaş verileirne göre Türkiyede kurulu bulunan 40 adet Jeotermal santralden 4.213.526 kwh elektrik üretimilştir. Kurulu mevcut santraller, Manisa, denizli, Aydın ve İzmirde bulunmaktadır. Türkiyede bulunan tüm satrallerin kurulu gücünün 78.497,4 MW olduğu düşünülürse, Jeotermal santral kaynak kullanımının %1,30 gibi düşük bir oranda kaldığı görülmektedir. 2016 yılı verilerinede göre Dünya Jeotermal enerji kurulu gücü 12,8 GW olup, ilk beş ülke, ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve Yeni Zelenda'dır. Ülkemizde Jeotermal enerji kaynağı araştırmaları Maden Tetkik Arama(MTA) tarafından yapılmaktadır.*

2002-2017 yılıarasında Jeotermal enerji kullanımı açısından pozitif yönde gelişmeler olmuş olup son verilerin karşılaştırılmalı hali görülmektedir ;

- *Elektrik üretimine uygun saha sayısının %56,25 arttığı*
- *Sera ısıtmasında Jeotermal kaynak kullanımının % 686 arttığı*
- *Konut ısıtmasında kulalnımının %281 arttığı*
- *Elektrik üretiminde kulalnımının %7000 arttığı*
- *Görünür ısı kapasitesinin % 416 arttığı görülmektedir.*

Bitlis ili coğrafi olarak Doğu Aandolu Bölgesi Yukarı Murat bölümünde yer almaktadır. Süphan ve Nemrut Volkanik oluşumları bu bölgede bulunmkatadır. Bölge karasal iklim özellikleri taşımkata olup, ortalama oalrak 10^0 sıcaklık değerine sahiptir. Ülkemizde bulunan Jeotermal kaynaklar fay hatları üzerinde oluştuğundan bu durum depremsellik açısndan olumsuz etki yaratmaktayken, Jeotermal enerji açısından olumlu etki olarak yansımaktadır. İlde bulunan kaynakların sıcaklığı 10^0 - 46^0 arasında değiştiğinden jeotermal açıdan düşük ve orta sıcaklıktaki bölgelere rast gelmektedir.

Güroymak bölümünde kalan kaynak magmatik özelliktedir. Bölgede yapılan kimyasal analizler sonucu rezervuar sıcaklığın 200^0 üzerinde olduğu tespit edilmiş olup , bu sıcaklık ise Jeotermal enerji üretimi bakımından uygun bir sıcaklıktır. Jeotermal kaynakların sıcaklığına göre kullanım alanı verilmiştir.

Jeotermal kaynakların 2016 yılı verilerine göre karşılaştırılıp, Türkiyedeki mevcut kullanım durumu göz önüne alındığında toplan 40 adet santralden elde edilen kurulu güç 1.028,00 MW'tır. Türkiye toplam kurulu gücünün 78.497,4 MW olduğu göz önünde bulundurulursa, Jeotermal kaynaklardan enerji elde edilmesinin toplam güce oranının sadece %1,30'u olduğu görülecektir. Ülkemiz sahip olduğu tektonik fay yapıları nedeniyle Jeotermal kaynaklardan yeterli ölçüde faydalamadığı görülmektedir. Bitlis ilinde Nemrut, Ilıcaköy ve Güroymak Jeotermal kaynakları değerlendirildiğinde 3 adet kaynağa sahip olduğu halde bu kaynakları yeteri kadar değerlendiremediği görülmektedir.Yapılan analizlerde özellikle Güroymak bölgesinde 200^0 üzerinde sıcaklığa sahip kaynakların varlı

değerlendirildiğinde, bu durumun Jeotermal enerji üretmeye uygun olduğu görülecektir. Bitlis ilinin mevcut Jeotermal kaynağı enerji üretimi yönünde değerlendirilirse ilinin kalkınmasına ciddi oranda katkı yapacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler — jeotermal kaynak; enerji; bitlis.

Abstract—*In this study, the geothermal sources in Bitlis and these sources' impacts on the regional imrpovement have been emphasized. Our country which has got the active fault lines with the different magnitudes has got more than 600 geothermal sources. The geothermal sources can be used in many fields, especially in the tourism, heating and greenhouse cultivation. According to the data of EGC in 2016, the number of geothermal energy plant in total in our country is 40, the installed power of the current plants is 1.028,00 MW. There are three geothermal energy sources in Bitlis (Güroymak, Nemrut, Ilıca köy), and these sources have not been evaluated in terms of the energy generation yet. In this study, the determinations will be made about the suitability on whether the geothermal plant can be made on the current sources. The geothermal energy can be used in the fields of tourism, heating and electric generation on the base of its temperature. According to Teias's data, 4.213.526 kwh electricity has been generated from 40 geothermal plants which are installed in Turkey . The installed current plants are in Manisa, Denizli, Aydın and İzmir. When the installed power of all the plants in Turkey is considered as 78.497,4 MW, it is seen that the geothermal plant source usage is at a love rate as 1,30 %. According to the data in 2016, The World's geothermal emergy installed power is 12,8 GW, the top five countries are USA, Philippines, Mexico and New Zealand. The research on the geothermal energy source is made by The Mine Technical Research (MTR) in our country. Turkey's geothermal map which is given by MTR is given at Figure 1.*

The positive developments in terms of the geothermal energy usage were seen between 2002 and 2017, the current comparative form of the data is seen as the following ;

- *The number of areas which are suitable for the electricity generation increased as 56,25%*
- *The geothermal source usage increased as 686% in the heating of greenhouse*
- *Its usage increased as 281% in the heating of housing*
- *Its usage increased as 7000% in the electricity generation*
- *The visible heat capacity increased as 416%.*

Bitlis, the province, is geographically in The Upper Murat Area of East Anatolia Region. The volcanic formations such as Süphan and Nemrut are in this area. The region's climate has the continental properties and it has got 10^0 average temperature. As the geothermal sources in our country are seen on the fault lines, while this situation causes a negative impact in terms of the seismicity, it creates a positive impact in terms of the geothermal energy. As the sources' temperature in the province is at the range of 10^0 - 46^0, the regions with the low and mid temperature are seen as the geothermal. The distribution of Geothermal sources in Bitlis is shown on the map at Figure 2.

The source in Güroymak the section, has the magmatic property. As a result of the chemical analysis which were made in the region, it was determined that the reservoir temperature is more than 200^0 , this temperature is a suitable temperature in terms of the geothermal energy generation.

According to the data in 2016, when the geothermal sources were compared, the current usage situation in Turkey was considered, the installed power which are obtained from 40 plants is 1.028,00 MW. When it is considered that the total installed power in Turkey is 78.497,4 MW, the rate of obtaining the energy from the geothermal sources on the total power will be seen only as 1,30%. It is seen that the geothermal sources are not efficiently used due to our country's tectonic fault structures. When Nemrut, Ilıcaköy and Güroymak Geothermal sources in Bitlis are evaluated, it is seen that it has not been able to use these sources sufficiently even if it has got 3 sources. When the existence of sources with over of 200^0 especially in Güroymak is evaluated in the analyses, it will be seen that this situation is suitable for the geothermal energy generation. When Bitlis's current geothermal source is evaluated in terms of the energy generation, it is expected that it will significantly contribute to the province's improvement.

Keywords — geothermal resource; energy; style; bitlis.

KAYNAKÇA

[1] http://www.enerjiatlasi.com/jeotermal/

[2] Elmastaş, N., 2008. Bitlis ili jeotermal su kaynakları. Doğu Coğrafya Dergisi, 13(19).

[3] GÜNER, Y., ŞAROĞLU, F.-1997: Doğu Anadolu'da Kuaterner Volkanizması ve Jeotermal Enerji Açısından Önemi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri. s.375, Ankara.

[4] Arslan, S., Darıcı, M., & Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli. *Jeotermal Enerji Semineri, İYTE JOMER Web Sayfası (http://geocen. iyte. edu. tr/teskon/2001/teskon2001_02. pdf), Erişim*, *15*, 2012.

Sabit Eğimli ve Tek Eksen İzleyicili Fotovoltaik Panellerin Enerji Verimliliği Açısından Karşılaştırılması

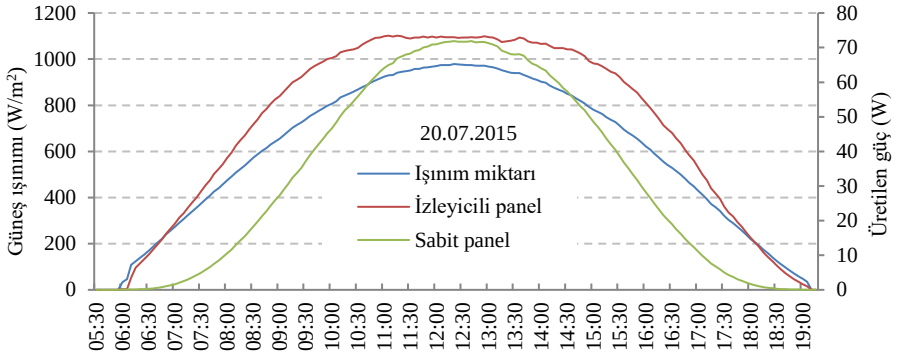
Comparison of Energy Efficiency of Fixed-Tilt and Single-Axis Sun Tracking Photovoltaic Panels

İsmail Kayri[1]
Muhsin Tunay Gençoğlu[2]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye, ikayri@hotmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elâzığ, Türkiye, mtgencoglu@firat.edu.tr

Özetçe—Yenilenebilir kaynaklarla enerji üretimi faaliyetlerinde en yaygın ve temiz yöntemlerin başında fotovoltaik teknolojisi gelmektedir. Fotovoltaik uygulamalarda kullanılan güneş panellerinin hücre verimliliğini arttırmak üzere laboratuvar düzeyinde yapılan araştırmalar önemli olmakla beraber, fotovoltaik panellerin gerçek şartlardaki karakteristiklerinin incelenmesi, verimliliklerinin artırılması ve incelenmesine yönelik çalışmalar da özellikle enerji sektöründeki yatırımcılar ve nihai tüketiciler için son derece önemlidir. Fotovoltaik panellerden elde edilen elektrik enerjisinin değeri, üzerlerine düşen ışınım miktarına doğrudan ve etkili bir şekilde bağlı olduğundan, aynı ölçekteki bir sistemden daha büyük miktarda enerji elde edebilmek için fotovoltaik paneller güneş izleme sistemleri ile beraber kullanılmaktadır. Güneş izleyici sistemlerle beraber kullanılan fotovoltaik panellerin sabit eğimli panellere göre; kullanılan izleyicinin tek eksenli veya iki eksenli izleme yapması başta olmak üzere, uygulamanın yapıldığı bölgenin coğrafi konumu ve uygulamada kullanılan panellerin hücre teknolojisine bağlı olarak %15 ile %40 arasında daha büyük enerji verimliliğine sahip olduğu bilinmektedir. Belirli bir bölgeye ait kesin bir verimlilik oranından söz edebilmek, ilgili bölgede deneysel çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) illeri arasında yer alan Batman ilinde gerçekleştirilen uzun vadeli deneysel bir çalışmadan elde edilen veriler analiz edilerek, sabit eğimli ve tek eksen izleyicili fotovoltaik panellerin göreceli verimlilikleri araştırılmıştır. Ticari uygulamalarda genellikle %15-%20 gibi yüksek enerji dönüştürme oranına sahip tek kristalli silikon paneller kullanılmaktadır. Bununla beraber, yine ticari uygulamalarda izleyici bir sistem kullanımının tercih edilmesi durumunda, mekanik zorluklar ve yüksek maliyetlerine karşın sağladıkları verimlilik oranları tartışma konusu olan polar-azimut iki eksenli izleyiciler yerine, görece basit mekanik yapıları ve maliyetleri dolayısıyla polar tek eksenli izleyici sistemler tercih edilmektedir. Bu amaçla, deney kapsamında ticari uygulamalarda yaygın olarak kullanılan tek kristalli silikon paneller ve güneşi doğu-batı yönünde takip edebilen polar eksenli izleyici kullanılmıştır.

Araştırmada, standart test koşullarında 90 W güç üretebilen iki adet fotovoltaik panel kullanılmıştır. Panellerin ürettiği güç değerleri ve ortamdaki güneş ışınımı miktarı 5 dakikalık periyotlarla 15.07.2015 ve 14.07.2016 tarihleri arasında bir yıl boyunca data-logger'a kaydedilmiştir. Şekil 1'de güneşli bir günde küresel ışınım değerine göre sabit açılı ve tek eksen izleyicili panelin ürettiği güç değerleri verilmiştir.



Şekil 1. Sabit ve tek eksen izleyicili panelin ürettiği güç (20.07.2015)

Yapılan ölçümlere göre, sabit açılı ile doğu-batı yönünde güneş izleyici sistemle beraber kullanılan fotovoltaik panel tarafından üretilen enerji değerleri arasında, yıllık %30,85 gibi yüksek bir bağıl verimlilik mevcuttur. Panellerin verimlilikleri arasında, özellikle ortalama ışınım miktarının 500 W/m^2'nin üzerinde olduğu Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında kayda değer farkların olduğu saptanmıştır.

Batman ilinde gerçekleştirilmiş olan bu deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların, benzer iklimsel ve coğrafi özellikler taşıyan diğer GAP illeri için de geçerli olacağından hareketle, bulguların bölgede fotovoltaik uygulamalarla elektrik enerjisi üretme faaliyetlerine ışık tutacağı kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler — Güneş enerjisi; fotovoltaik uygulamalar; güneş izleme sistemleri.

***Abstract*—**Photovoltaic technology is one of the most common and cleanest methods in energy production applications by renewable resources. Researches in the laboratories are important to increase the cell efficiency of solar panels used in photovoltaic applications. However, determination of characteristics of photovoltaic panels under the real conditions, improve and investigation their effiency are especially important for investors and end consumers in the energy sector. Photovoltaic panels are used with solar tracking systems to obtain a greater amount of energy than a system of the same size, since the value of the electrical energy obtained from the photovoltaic panels depends directly and effectively on the amount of radiation falling on them. It is known that, according to the fixed tilt panels of photovoltaic panels used with solar tracking systems; has a greater energy efficiency of between 15% and 40% depending on especially use of single or dual-axis tracking systems, the geographical location of the zone where the application is made and the panel's cell technology. To be able to talk about a accurate efficiency rate belonging to a region requires that experimental work be done in that region. In this study, the data obtained from a long-term experimental study in the Batman province of the Southeastern Anatolia Project (GAP) are analyzed and the relative efficiency of fixed-tilt and single-axis sun tracking photovoltaic panels is investigated. In commercial applications, typically, monocrystalline silicon panels with a high energy conversion rate of 15% to 20% are used. In commercial applications, when a tracking system is used, dual-axis (polar-azimuth) tracking system are not preferred. Because, despite the mechanical difficulties and high costs, the efficiency rates they provide are still controversial. Instead, polar single-axis tracking systems are preferred because of their relatively simple mechanical properties and costs. For this purpose, in the experimental work, monocrystalline silicon panels which are widely used in commercial applications and polar single-axis tracker which can follow the sun in the east-west direction are used.

In the study, two photovoltaic panels were used that produced 90 W under standard test conditions. The power values produced by the panels and the amount of solar radiation in the environment were recorded to the data logger for a periods of 5 minute between 15.07.2015 and 14.07.2016 for a year. Figure 1 shows the power values produced by a fixed-tilt and single-axis sun tracking panel according to solar irradiance value on a sunny day.

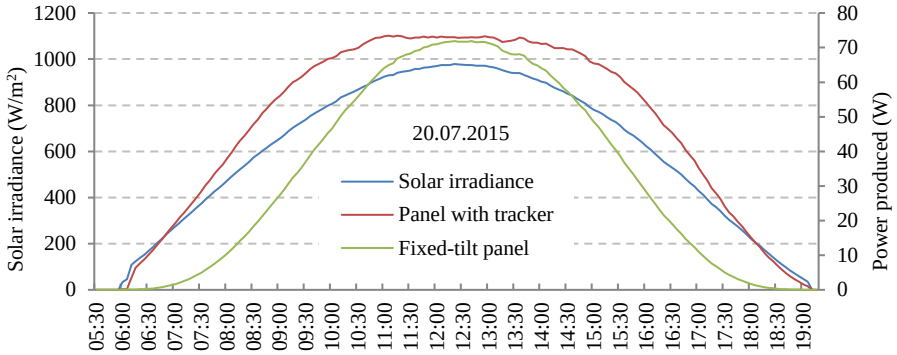


Figure 1. Produced power by fixed-tilt and single-axis sun tracking panels (20.07.2015)

According to the measurements, there is a high relative efficiency of 30.85% per year among the energy values produced by the fixed-tilt and the single-axis sun tracking panel. It has been determined that large differences have occurred in the months of May, June, July and August when the average amount of radiation exceeds 500 W/m^2.

The results obtained from this experimental work carried out in Batman province, will also valid for the other GAP provinces with similar climatic and geographical features. We are convinced that the findings will shed light the production of electricity by photovoltaics in the region.

Keywords — Solar energy; photovoltaic applications; solar tracker systems.

Düzlemsel Tip Güneş Kollektörlerde Verim Artırıcı Uygulamalar
Efficiency Improvement Applications in Flat Type Solar Collectors

Ersan KIRAR[1]
Cenap GÜVEN [2]
Yusuf İŞIKER [3]
M. Azmi AKTACİR[4]

[1] Şanlıurfa Teknik Bilimler MYO, Makine Programı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ekirar@harran.edu.tr
[2] Şanlıurfa Teknik Bilimler MYO, Makine Programı, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, cenap_guven@harran.edu.tr
[3] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye yusuf47@harran.edu.tr
[4] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

Özetçe—

Düzlemsel kollektörlerin tasarımında en önemli parametre kollektör verimidir. Güneş kollektörü üzerine gelen güneş ışınımının ancak bir kısmını akışkana iletebilmektedir. Bu oranı panel verimi ile açıklayabiliriz. Bu çalışmada düzlemsel kollektörlerin modellemesi yapılarak verimi etkileyen parametrelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu doğrultuda HAD yöntemi (Fluent) kullanılarak modellenen sulu tip bir düzlemsel güneş kollektörünün konstrüksiyon olarak verimi etkileyen parametreler incelenmiştir. Bunlar sırası ile kollektör içinde kullanılan boru çaplarının değişimi ve borular arası uzaklığın etkisi analiz edilerek verime olan etkileri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda verim artırıcı uygulamalar önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Düzlemsel güneş kollektörü, kollektör verimi.

Abstract—

The most important parameter in the design of flat plate collectors is collector efficiency. Only a fraction of the sun's radiation on the solar collector can flow into the fluid. We can explain this with efficiency of panel. In this study, it is aimed to determine the parameters affecting the efficiency by modeling the flat type collectors.

In this direction, parameters affecting the efficiency as a construction of a watery type flat type solar collector modeled with the HAD method (Fluent) was examined. These effects were analyzed by analyzing the variation of pipe diameters and the effect of distance between pipes in the collector. Efficiency enhancing applications were suggested as a result of the work.

Keywords—Flat type solar collector, collector efficiency.

Güneş Enerji Sistemlerinde Kullanılan İnverter Tasarımındaki Son Gelişmeler
Recent Developments in the Inverter Design Used in Solar Energy Systems

Fatih ELİHOŞ[1]
Prof.Dr.Ramazan TAŞALTIN[2]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,{f.elihos }@hotmail.com
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, {rtasaltin }@harran.edu.tr

Özetçe— Yenilenebilir güç kaynaklarından fotovoltaik güç sistemleri kullanımı son yıllarda büyük artış göstermektedir. 2018 yılına kadar olan süre için fotovoltaik pazarı incelendiğinde yıllar geçtikçe bu konuda yapılan çalışmalar neticesinde önemli bir ilerleme kaydedildiği görülmektedir. Fotovoltaik (FV) paneller güneş enerjisini DA(Doğru Akım) elektrik enerjisine çevirirler. Şebekenin ve yüklerinin büyük kısmının AA(alternatif akım) güç talep etmesi nedeniyle üretilen gücün Alternatif Akım'a dönüştürülmesi gereklidir. Bunun için inverterlar kullanılır. İnverterler kullanım amaçlarına göre iki grupta toplanır. Bunlardan birincisi doğru akım kaynağından alternatif akım üretmek, ikincisi ise üretilen bu alternatif akımın gerilimini veya frekansını değiştirmektir. DA/AA dönüştürücüler, devre yapısı bakımından üç kısımda incelenebilir; Bunlar Push-Pull Dönüştürücüler (Çıkış Transformatörü Orta Uçlu),Yarı-Köprü (Half-Bridge) Dönüştürücüler,Köprü (Full-Bridge) Dönüştürücüler'dir. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan bu inverterlerin çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır.Yenilenebilir enerji uygulamalarında temel olarak ada modlu ve şebeke etkileşimli olmak üzere iki tip inverter kullanılmaktadır. Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılacak olan eviriciler(inverterlar), uygun maliyetli, kolay kurulumlu ve uzun ömürlü olmalıdır. Bununla birlikte doğal şartlar nedeniyle geniş bir aralıkta değişebilen giriş gerilimi ve güç değerleri için inverter veriminin yüksek olması istenilir.Günümüzde maliyet ve verim en önemli değerler olsa da elektromanyetik uyumluluk, güvenlik, güvenilirlik ve izleme fonksiyonlarının da önemi her geçen gün artmaktadır. Fotovoltaik sistemlerde inverter bir panele bağlı olabildiği gibi pek çok panele de bağlanabilir. İnvertere bağlanan Fotovoltaik panel sayısı evirici yapısındaki pek çok bileşenin tespitinde önemli rol oynamaktadır. Bunları bağlanan olarak ; Dizi eviricileri ve AA modül eviriciler olarak sınıflandırmak mümkündür. Merkezi eviriciler de şebeke bağlantı bölümü genellikle hat komütasyonludur ve tristörlerle kurulur. Bu akım harmoniklerinin artmasına ve güç kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için kullanılan özel filtre ve kompanzasyon devreleri düşük olan maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca bu eviricilerin müşteri gereksinimlerine göre genişletilebilirlik ve uyarlanabilirliği büyük ölçüde kısıtlıdır. Sistem veriminin arttırılması ve maliyetlerin düşürülmesi için 1990'ların ortalarında dizi eviriciler geliştirilmiştir. Dizi eviriciler merkezi eviriciler ile modül birleşimli eviricinin arasında bir çözümdür ve bir dizi Fotovaltaik panelden oluşan bir sistem için tasarlanmıştır. Yarıiletken ve filtre elemanlarındaki gelişmeler evirici veriminin artmasını sağlamış olmasına rağmen günümüzde dizi eviricilerin verimleri %94-%97 aralığındadır. Bu alanda bir miktar daha iyileşme beklenmektedir. İnverter üreticileri daha yüksek verim ve daha düşük maliyet için takım kavramı ve ana uydu kavramı gibi yeni sistem kavramları üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu kavramlar dizi teknolojisinin avantajları ile merkezi eviricilerin düşük maliyet özelliğini birleştirmektedir.Araştırmalarda gösteriyor ki fotovoltaik sistemde güç kalitesini düzenlemede ki en büyük rol inverter sistemlerine düşüyor. Bu yüzden sistem için gerekli komponentler seçilirken inverter özelliklerine çok iyi dikkat edilmelidir. Güç faktörü ile ilgili parametreleri karşılayabilecek nitelikte inverter seçilmelidir.

Anahtar Kelimeler — Fotovoltaik sistemler; İnverter devre çeşitleri ; Güneş Enerjisi Sistemlerdeki İnverter Tasarımları .

Abstract— The use of photovoltaic power systems from renewable power sources has increased significantly in recent years. When the photovoltaic market was examined for the period up to 2018, it is seen that years have progressed considerably as a result of the studies carried out on this subject. Photovoltaic (FV) panels convert solar energy into direct electrical energy. Since most of the network and loads require AA (alternating current) power, it is necessary to

convert the generated power into AC. Inverters are used for this. Inverters are grouped in two groups according to their usage purpose. First is to generate alternating current from direct current source and the second is to change the voltage or frequency of the generated alternating current. DA / AA converters can be examined in three parts in terms of circuit structure ; These Push-Pull Converters , Half-Bridge Converters , Full-Bridge Converters. These inverters used in solar energy systems have various advantages and disadvantages. In renewable energy applications, two types of inverters are mainly used, which are island mode and network interaction. The inverters to be used in solar energy applications must be cost-effective, easy to install and long-lasting. However, it is desirable that the inverter efficiency be high for a wide range of input voltage and power values due to natural conditions. Today, cost and efficiency are the most important values, but the importance of electromagnetic compatibility, safety, reliability and monitoring functions is increasing day by day. In photovoltaic systems, an inverter may be connected to a panel or many panes. The number of photovoltaic panels connected to the inverter plays an important role in the detection of many components of the inverter structure. It is possible to classify array inverters and AA modules as inverters. In central inverters, the main connection section is usually line commutated and installed with thyristors. This causes the current harmonics to increase and the power quality to decrease. In addition, the expandability and adaptability of these inverters to their customer requirements is largely limited. series inverters were developed in the mid-1990s to increase efficiency and reduce costs. . Array inverters are a solution between central inverters and module-coupled inverters , that is designed for a system consisting of a series of photovoltaic panels. Although the improvements in semiconductor and filter elements have improved the efficiency of the inverter, today the efficiencies of the series inverters are between 94% and 97%. Some improvement is expected in this area. . The inverter manufacturers have focused on new system concepts such as the concept of the team and the main satellite concept for higher efficiency and lower cost. These concepts combine the advantages of array technology with the low cost feature of central converters. Research shows that the biggest role in regulating power quality in photovoltaic systems falls into inverter systems. Therefore, when selecting the components required for the system, very care must be paid to the characteristics of the inverter. The inverter must be selected to meet the parameters related to the power factor.

Keywords — Photovoltaic Systems; Types of Inverter Circuits ; Inverter designs in Solar Energy Systems

KAYNAKÇA

[1] *Cyganski, D.,Orr, J.A., Chakravorti, A.K. ve Emanuel, A.E., "Currentand VoltageHarmonic MeasurementsAndModeling At TheGardnerPhotovoltaic Project", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, s.800-809, 1989.*

[2]*Kitamura, A., "Demonstration Test ResultsForGridInterconnectedPhotovoltaicPowerSystems", Report IEA PVPS(International EnergyAgencyImplementingAgreement on PhotovoltaicPowerSystems) T5-02, s.17-27, 1999.*

[3]*Verhoeven, B., "UtilityAspects Of Grid Connected Photovoltaic Power Systems", Report IEA PVPS*

[4]*(International Energy Agency Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems) T5-01, s.12-23, 1998.*

[5]*Vokas, G.A. ve Machias, A.V., "HarmonicVoltagesAndCurrents On TwoGreekIslandsWithPhotovoltaic*

[6]*EuropeanPhotovoltaicIndustryAssocation, "Global Market Outlook forPhotovoltaicsuntil 2014, EPIA, 3, (2010).*

[7]*P.J.M. Heskes, "PowerQualityBehaviour of Different PV Inverter Topologies", PCIM 2003, 24th International Conference, Germany, (2003).*

[8] *E., Akdeniz, "Yenilenebilir Kaynaklardan Enerji Üretiminin Şebekenin Enerji Kalitesi ve Kararlılığına Etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 43-57, (2006).*

[9]*S. Çalıkoğlu, "Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Güç Sistemleri İle Elektrik Üretimi" Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2010).*

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller Ve Gelişimi

The Pumped Storage Hydro-Electrıc Power Plants And It's Development

Mehmet Yaşar SEPETÇİOĞLU[1]
Kasım YENİGÜN[2]
Mehmet Azmi AKTACİR[3]

[1]İnşaat Teknolojisi Programı, Hilvan Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, mysepetcioglu@harran.edu.tr
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, kyenigun@harran.edu.tr
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

Özetçe Gittikçe artan dünya nüfusu ve yükselen hayat standartları ile birlikte elektrik enerjisi ihtiyacımız da artmaktadır. Hayatın devamı ve temel ihtiyaçlarımızın karşılanması için enerjinin elde edilmesi ve sürekliliği büyük önem taşımaktadır. Enerji elde etme metotlarının ekonomik, sürdürülebilir, yenilenebilir ve çevreci olması gerekir. Yenilenebilir enerji metotları ile elde edilen enerjinin depolanması imkânsızdır. Pompaj depolamalı santraller dolaylı da olsa enerji depolanmasına olanak sağlamaktadır. Bazı durumlarda Hidroelektrik Santraller pik talebin karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu durumda Hidroelektrik Santralden geçerek enerjisinden faydalanılan su pompaj yardımıyla yüksek bir rezervuarda depolanarak tekrar enerji temininde kullanılır. Böylece suyun büyük bir kısmı yeniden elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda; Pompaj Depolamalı Santraller ile enerji depolamak sadece bir ihtiyaç değil aynı zamanda enerji üretimi maliyetlerini düşüren bir yaklaşımdır.

Pompaj Depolamalı Santraller kullanılarak enerji üretimi; ilk olarak 1890 yılında Avrupa'da İsviçre, Avusturya ve İtalya'nın Alp Dağları bölgesinde kullanılmıştır. İlk Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerde ayrı pompa ve türbinler kullanılmıştır. Daha sonra tek bir pompa türbini kullanılmaya başlamıştır. Bir dönem birçok ülkede enerji üretiminde nükleer güç kullanılmaya başlanması, düşük doğalgaz fiyatları Pompaj Depolamalı Santrallerin kullanımını yavaşlatmıştır. Günümüzde yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerinde dolayı tekrar alternatif olmaya başlamıştır.

Mevcut Hidroelektrik Santraller, Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallere dönüştürülebilmektedir. Bu; türbin ve jeneratör sistemlerine ek olarak pompa eklenmesi ile yapılabileceği gibi hidroelektrik santralin sisteminin değiştirilmesi ile de yapılabilir. Ayrıca Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller yenilenebilir enerji santralleri ile birlikte kullanılabilmektedir. Dünyada rüzgâr türbinleri ile birlikte kullanılan Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller bulunmaktadır. Bunun yanı sıra PDHES, deniz kıyısında deniz suyu ile kullanılabilmektedir.

Ülkemizde şu an için Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral bulunmamaktadır. 2005 yılında EİE Genel Müdürlüğü tarafından etüd çalışmaları başlamış ve 17 adet Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral için fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar ışığında ülkemizin ilk Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali olarak Eskişehir Gökçekaya PDHES planlanmıştır.

Bu çalışmada; pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerin geçmişten günümüze gelişimi ile avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Hidroelektrik Santraller, Pompaj Depolamalı HES, Yenilenebilir Enerji

***Abstract* :** Our energy requirement is increasing together the increasing world population and rising living standards. Achieving and sustaining energy is crucial for the continuation of life and for meeting our basic needs. Energy acquisition methods must be economical, sustainable, renewable and environmentalist. Storing the energy obtained by renewable energy methods is impossible. Pumped Storage Power Plants provide energy storage even indirectly. In some cases, Hydroelectric Power Plants are inadequate for meeting peak demand. In this case, the water which is used by the energy from the Hydroelectric Power Plant is stored in a high reservoir with the help of pumping and is used again for the supply of energy. Thus, a large part of the water is used again for electricity generation. As a result of the evaluations made; Storing energy with Pumped Storage Power Plants is not only a need but also an approach that reduces energy production costs.

Energy production using pumped storage power plants was first used in Europe in 1890 in the Alpine region of Switzerland, Austria and Italy. Separate pumps and turbines were used in the first pumped storage hydroelectric power plants. Later, a single pump turbine began to be used. In some countries, the use of nuclear power in energy production in many countries has slowed down the use of pumped storage power plants at low natural gas prices. Nowadays it is becoming an alternative because of its renewable and sustainable characteristics.

Actual Hydroelectric Power Plants can be converted into Pump Storage Hydroelectric Power Plants. It; turbine and generator systems as well as by adding a pump or by changing the hydroelectric power plant system can be done. In addition, pumped storage hydroelectric power plants can be used together with renewable energy plants. There are pumped storage hydroelectric power plants used together with wind turbines in the world. In addition to this, PDHES can be used with seawater by the sea.

Currently, there isn't pumped storage hydroelectric power station in our country. In 2005, studies were started by EIE General Directorate and feasibility studies were carried out for 17 pumped storage hydroelectric power plants. In the light of these studies, Eskisehir Gökçekaya PDHES was planned as the first pumped storage hydroelectric power plant of our country.

In this study; the advantages and disadvantages of hydroelectric power plants with pumped storage have been evaluated with the past daily development

***Keywords*—** Hydroelectric Power Plants, Pumped Storage HEPP, Renewable Energy.

KAYNAKÇA

[1] Anonymous, "2.Ormancılık ve Su Şurası Barajlar Çalışma Grubu Taslak Raporu", DSİ Genel Müdürlüğü, 4-6, Mayıs 2017.

[2] Anonymous, "Pilot Projeler ve Uygulamaları - http://www.eie.gov.tr/projeler/p_uygulamalar.aspx", Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.

[3] Anonymous, "Şanlıurfa İçin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral ve Fotovoltaik Güneş Enerji Sistemi Ön Çalışma Raporu", Şubat 2015.

[4] Ayder, E., "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller", Teknik Rapor, 2015.

[5] Bergman, H., "Why Pumped Storage Hydropower Needs More Attention in the Energy Storage Discussion", Hydro Industry Faqs and Resources, Eylül 2016.

[6] Botterud, A. and Others, "Pumped Storage Hydropower: Benefits for Grid Reliability and Integration of Variable Renewable Energy", Aronne National Laboratory, Ağustos 2014..

[7] Brandi, A.A., "Pumped Storage Hydropower : A Technical Review", Department of Civil Engineering University of Colorado Denver, Mayıs 2014.

[8] Lehtonen, E., "Production Planning of A Pumped Storage Hydropower Plant", Aalto University School of Science, Eylül 2015.

[9] Patocka, F., "Enviromental Impacts of Pumped Storage Hydro Power Plants", Norwegian University of Science and Technology Department of Hydraulic and Enviromental Engineering, Haziran 2014.

[10] Saraç, M., "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller", Forum 2009 Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri, 13-15 Kasım 2009, Trabzon.

[11] Sertkaya, A.A., Saraç, M. ve Omar, M.A., "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerinin Türkiye İçin Önemi" , Gazi Journal of Engineering Sciences, 1/3 : 369-382, 2015.

[12] Tuna, M.C., "Hazar Gölü Cansuyu ve Pompaj Depolamalı HES Projesi", DEÜ Müh.Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt : 14, Sayı 41, s.29-42, Mayıs 2012.

[13] Ünver, Ü., Bilgin, H. Ve Güven, A., "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler", Mühendis ve Makine, Cilt : 56, Sayı : 663, 57-64, 2015.

CZTS/CdS Diode for the Substrate Type Solar Cell Application

Ahmet TUMBUL[1,2]
Abdullah GÖKTAŞ[2]
Ferit ARSLAN[2]
Mustafa DURGUN[3]
Ferhat ASLAN[2]

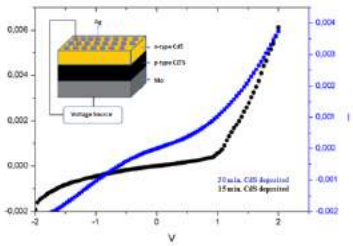
[1]Central Laboratory, Harran University, Sanliurfa, Turkey
atumbul@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
agoktas@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
feritarslanhan@hotmail.com
[3]Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
mustafadurgun@harran.edu.tr
[2]Department of Physics, Faculty of Art and Science, Harran University, Sanliurfa, Turkey
ferhataslan@harran.edu.tr

***Abstract*—** Due to the environmental issues, the non-toxic and earth abundant solar materials have been under investigated more intensively last decades. Cu_2ZnSnS_4(CZTS) is considered as a one of the most promising candidate absorber material for the thin film solar cell application due to has high absorption coefficient (10^4 cm^{-1}), optimal band gap energy of about 1.5 eV with the direct band transition and indium free, non-toxic and earth abundant elements. In this study, firstly, the CZTS thin films were applied on the molybdenum substrate as a metal contact via solution based method. After that, above these layers, a tiny buffer layer CdS (~50nm) was deposited by chemical bath deposition method. The last of all, the layer of the Ag has applied on the top of heterojunction as an ohmic contact to the CdS layer. I-V characteristic of Mo/CZTS/CdS/Ag structure has been carried out by means of Keitley Lab Tracer 2.0 Sourcemeter.

Keywords — substrate type, solar cell; CZTS; sol-gel.

***Özet*—**Çevresel sorunlardan dolayı son yıllarda çevre dostu ve doğada bol bulanan soğurucu malzemeler yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Yüksek soğurma katsayısı (10^4 cm^{-1}) ve uygun band aralığı (1.5 eV) sebebiyle CZTS yarıiletkeni güneş hücreleri uygulamaları için gelecek vaad eden malzemelerin başında gelmektedir. Bu çalışmada CZTS yarıiletkeni sol-jel yöntemi ile molibden altlık üzerine kaplanmıştır. Isıl işlemden sonra kimyasal banyo yöntemiyle CdS n-tipi malzeme kaplanmıştır. En son elektriksel kontak materyali kaplanıp molibden ve gümüş kontaklar arasında Mo/CZTS/CdS/Ag yapının akım gerilim davranışı Keitley Lab Tracer 2.0 Sourcemeter marka cihazla analiz edilmiştir.

Anahtar kelime — altlık tipi, güneş hücresi; CZTS; sol-jel.



REFERENCES

[1] Wang, W., Wınkler, M. T., Gunawan, O., Gökmen, T., Todorov, T. K., Zhu, Y., Mitzi, D. B., *Device Characteristics of CZTSSe Thin-film Solar Cells with 12.6% Efficiency*. Advances Energy Materials, 1-5, 2013.

[2] Tanaka, K., Oonuki, M., Moritake, N., Uchiki, H., *Cu_2ZnSnS_4 Film Solar Cells Prepared by Non-vacuum Processing*. Solar Energy Materials & Solar Cells, 93:583-587. 2009.

Konutlarda Optimum PV Öz-tüketim Değerlerinin Bulunması

Determination of Optimum PV Self-Consumption Values for Residential Buildings

Erdal YILDIRIM[1]
Mehmet Azmi AKTACİR[2]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, erdaly@harran.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Konutlarda ve ticari binalarda tüketilen elektrik enerjisinin bir kısmını karşılamak amacıyla kullanılan yenilenebilir enerji sistemlerinden en öne çıkanlardan birisi PV sistemlerdir. Kurulması istenen PV sistemin teknolojisinin ve kapasitesinin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışma kapsamında; eğer herhangi bir batarya sistemi kullanılmayacaksa belirlenen PV teknolojisi için optimum PV panel alanının bulunması ve elektrik üretiminin artırılması hedeflenmiştir.

PV panellerin eğim açısı ve yönlendirilmesi (azimut açısı) elektrik üretimini direkt etkileyen önemli parametrelerdir. Literatürdeki çalışmalarda, güneye yönlendirilmiş PV paneller için optimum eğimler tespit edilmiştir. 37.1°K yerel enlem açısı sahip Şanlıurfa için güneye yönlendirilmiş panellerin yıllık optimum eğim açısı olarak yaklaşık 30° kabul edilmiştir [1]. Şanlıurfa için yatay yüzeye düşen güneş ışınım değerleri kullanılarak güneye yönlendirilmiş optimum eğimdeki yüzeye düşen güneş ışınım değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yatay yüzeye düşen güneş ışınım (I) değerleri 2014-2016 arası yılları kapsayan meteorolojik verilerdir. Onar dakikalık aralarla ölçülmüş verilerin ait olduğu saatteki ortalaması alınmış ve saat boyunca sabit değerde olduğu kabul edilmiştir. Eğik yüzeye düşen toplam güneş ışınımı değerlerinin hesaplanması için [2]'de verilen izotropik difüz model kullanılmıştır. En çok kullanılan üç PV teknolojisi için panel birim alanında üretilen elektrik enerjisi hesaplanmıştır. Mono-Si, Multi-Si ve CdTe PV teknolojilerinin (η) panel verimleri sırasıyla %24,4, %19,9 ve %18,6 olarak kabul edilmiştir [3]. Dönüşüm sırasındaki (Pr) performans oranı ise 0,75 olarak kabul edilmiştir. Öz-yeterlilik ve öz tüketim değerlerini hesaplamada günlük elektrik tüketimi yaklaşık 27 kWh olan bir konutun 24 saatlik elektrik tüketim profili [4] kullanılmıştır. Bu elektrik tüketim profiline sahip konutun belirlenen üç PV teknolojisinin panel alanlarıyla birlikte değişen öz-yeterlilik ve öz-tüketim değerleri hesaplanmıştır. Mono-Si, Multi-Si ve CdTe PV teknolojileri için öz-tüketim değerlerinin %100 olduğu maksimum panel alanı kurulacak optimum PV panel alanı olarak seçilmiştir. Bu şartlarda optimum öz-yeterlilik değerlerine ulaşılmış ve bina elektrik tüketim profiline en yakın PV elektrik üretim profili elde edilmiş olacaktır. Optimum panel alanlarında her bir PV teknolojisi için yıllık üretilen toplam elektrik enerjisi ve üretilen elektriğin birim maliyeti hesaplanmıştır. En fazla yıllık elektrik (3807 kWh) CdTe PV panel ile üretilmiştir. CdTe PV panel aynı zamanda en ucuz elektriği de (0,150 TL/kWh) üretmiştir.

Anahtar Kelimeler — PV technolojisi; güneş enerjisi; öz-tüketim.

***Abstract*—**PV system is one of the most prominent examples of the renewable energy systems used to meet some of the electricity consumed in residential and commercial buildings. The technology and capacity of the PV system to be installed must be specified. In this study, it is aimed to determine the optimum PV panel area and increase the electricity production for certain PV technology if no battery system is used.

The slope angle and orientation (azimuth angle) of PV panels are important parameters that directly affect electricity production. In previous studies, the optimum slopes were determined for PV panels oriented to south. For Şanlıurfa with 37.1° N latitude, the annual optimum slope of the PV panels directed to south is assumed to be about 30° [1]. For Şanlıurfa, the values of solar radiation on optimum sloped surface directed to the south were calculated using the solar radiation data on the horizontal surface. Solar radiation (I) values for the horizontal surface used in this study are

meteorological data for years between 2014-2016. The average of ten-minute measured data is assumed to be constant over that one hour period. Total solar radiation values on the inclined surface is calculated by the isotropic diffuse model given in [2]. The electricity generated per unit area of panels for three most commonly used PV technologies. Panel efficiency (η) of Mono-Si, Multi-Si and CdTe technologies were 24,4%, 19,9% ve 18,6% respectively [3]. The performance ratio (Pr) is assumed to be 0,75. Self-sufficiency and self-consumption values were calculated using a 24-hour electricity consumption profile [4] of a house with a daily electricity consumption of 27 kWh. The self-sufficiency and self-consumption values are calculated as a function three different PV technologies for the house. For Mono-Si, Multi-Si and CdTe PV technologies, maximum panel area where the self-consumption value is 100% are selected as the optimum PV panel area to be installed. In these conditions, the optimum self-sufficiency values will be achieved and PV electricity generation profile that is closest to the building electricity consumption profile will be obtained. For the optimum panel areas, the total electricity generated per year for each PV technology and the unit cost of the generated electricity are calculated. The maximum annual electricity (3807 kWh) was generated with CdTe PV panels. CdTe also generated the cheapest electricity (0,150 TL/kWh).

Keywords — PV technology; solar energy; self-consumption.

KAYNAKÇA

[1] Günerhan H., Hepbasli A., “Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications”, *Build. Environ*., 42, 779–783, 2007.

[2] Duffie, J.A. ve Beckman, W.A., *Solar Engineering Thermal Process*, Wiley-Interscience, New York, 1991.

[3] Green MA, Hishikawa Y,Warta W, et al.”,Solar cell efficiency tables (version 50)”, *Prog Photovolt Res Appl*., 25:668–676.2017.

[4] Abdelazeem, A.A., Gabbar, H. A.,Musharavati,F., Pokharel, S.,”Dynamic aggregated building electricity load modeling and simulation”, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 42:19-31,2014.

İklimsel Veriler Kullanarak Toprak Sıcaklığının Sonlu Fark Metoduyla Hesaplanması

Calculating Soil Temperature from Climatic Data by using Finite Difference Method

Erdal YILDIRIM[1]
Mehmet Azmi AKTACİR[2]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, erdaly@harran.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Toprak sıcaklığının bilinmesi, binalardan yere gerçekleşen ısı kayıplarının hesaplanması, enerji depolama ekipmanı tasarımı için önemlidir. Ayrıca binaların ve seraların pasif soğutma ve ısıtma uygulamaları için gerekli parametrelerdir. Toprak altı sıcaklığının dış hava sıcaklığına göre daha kararlı olmasından dolayı özellikle konutların soğutulması ve ısıtılması amacıyla ısı pompaları uygulamalarında ısı deposu olarak kullanılmaktadır. Örneğin kapalı devre yatay yeraltı kaynaklı ısı pompası sistemleri tipik olarak 1,2 m'den 1,8 m'ye kadar olan çukurlara kurulmaktadır [1]. Dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı toprağın zamana bağlı bu ısıl değişiminin temel parametreleridir. Genellikle 1 m'nin altındaki toprak sıcaklığının dış hava sıcaklığının ve güneş ışınımının günlük dalgalanmasına karşı hassasiyeti yoktur. Ama toprak sıcaklığının yıllık dalgalanması 9-12 metreye kadar inebilmektedir. Yakın zamanda yapılmış bir çalışmada [2] toprak sıcaklıkları sonlu fark metodu uygulanarak hesaplanmıştır. 0,4 metreye kadar toprak günlük sıcaklık değişimi, 4 metreye kadar ise yıllık sıcaklık değişimi bulunmuş ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bir başka çalışmada [3] ise toprak sıcaklığının kış aylarında derinlikle değişimini etkileyen faktörler incelenmiştir. Kış aylarında toprağın kısa periyotlu sıcaklık değişimlerinin 0,5 metreye kadar daha belirgin olduğu bulunmuştur. Bu çalışma sonuçları Kasuda formülü ile elde dilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. 2 m'den daha derin noktalarda ölçülen toprak sıcaklıkları Kasuda formülüyle hesaplanan değerler ile 0,5 °C hassasiyetle uygunluk göstermiştir.

Bu çalışmada ise Şanlıurfa'nın yeraltı sıcaklıklarının hesaplanması için ölçülmüş hava sıcaklıkları, güneş ışınımı verileri ve rüzgâr hızı değerleri kullanılmıştır. Veriler 15 dakika arayla ölçülmüştür ve saatlik ortalaması alınarak o saat boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir. Toprak için yüzeyden aşağıya doğru bir boyutlu iletim ısı transferinin zamana bağlı sonlu fark formülasyonu elde edilmiştir. Isı transferi tek boyutlu kabul edilmiştir. Aynı şekilde ısıl iletkenlik ve ısı transfer katsayıları sabit kabul edilmiştir. Toprak sıcaklığının 6 m derinlikte sabit sıcaklıkta olduğu ve ortalama hava sıcaklığı olan 18,5 °C'ye eşit olduğu kabul edilmiş. Bu sabit sıcaklık değeri hesaplamalarda sınır şartı olarak alınmıştır. Sonlu fark metodu kullanılarak yıl boyunca farklı derinliklerdeki toprak sıcaklıklarının mevsimlik ve günlük değişimleri hesaplanmıştır. Çalışma bulguları yeraltı sıcaklığını derinliğe ve yılın zamanına bağlı olarak veren Kasuda formülü sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu iki metot ile hesaplanan toprak yüzeyinin aylık ortalama sıcaklıkları arasındaki ortalama fark 2,2°C'dir. 0,6 metre derinlikteki aylık ortalama fark ise 5,8°C'dir.

Anahtar Kelimeler — toprak sıcaklığı; kasuda formülü; sonlu fark yöntemi.

***Abstract*—**Knowing the soil temperature is important for the calculation of heat losses from building to the ground and for the design of energy storage equipment. It is also a necessary parameter for passive cooling and heating applications of buildings and greenhouses. Since the underground temperature is more stable than the outside air temperature, it is used as heat storage for heat pump applications especially used for cooling and heating houses. Closed loop ground source heat pump systems, for example, are typically installed in trenches 1,2 m to 1,8 m below the earth's surface [1]. Outside air temperature and solar radiation are the basic parameters of this time-dependent thermal change of soil. Generally, temperature beyond 1 m from the earth's surface is insensitive to outside air temperature and solar radiation fluctuation. But the annual fluctuation of underground temperature extends to depths of 9 to 12 meters. In a recent study [2], soil temperatures were calculated by applying the finite difference method. Daily soil temperature variation up to depth of 0,4 meters and annual temperature variation up to 4 meters were found and compared with the

experimental results. In another study [3], factors affecting the change of soil temperature in the winter months were investigated. It has been found that the short period temperature changes of the soil in winter are prominent to a depth of 0,5 m. The results of this study are compared with those obtained by Kasuda formula. Soil temperatures measured at depths greater than 2 m were consisted with values calculated using the Kasuda formula with accuracy 0,5 °C.

In this study, measured air temperatures, solar radiation and wind speed data were used to calculate the underground temperatures of Şanlıurfa. The hourly average of the data measured at 15 minute intervals was taken and assumed to be constant over that hour. A time-dependent finite difference formulation of the one-dimensional conduction heat transfer downward from the surface is obtained for the soil. Heat transfer is transient and one-dimensional. There is no heat generation and the thermal conductivity is constant. It is assumed that the soil temperature is constant at 6 m depth and equal to the average air temperature of 18,5 °C. This constant temperature value is taken as a boundary condition in calculations. The seasonal and daily variations of soil temperatures at different depths were calculated by using the finite difference method. The findings of this study were compared with those of the Kasuda formula, which gives the underground temperature depending on the soil depth and the time of year. The average difference between the monthly mean temperatures of the soil surface calculated by these methods is 2,2 °C. While the monthly mean difference is 5,8 °C at a depth of 0,6 meters.

Keywords — soil temperature; kasuda formula; finite difference method.

KAYNAKÇA

[1] https://igws.indiana.edu/geothermal/heatpumps.cfm

[2] Sing, R. K. and Sharma, R. V., "Numerical analysis for ground temperature variation", *Geotherm Energy 5:22* , 2017.

[3] Florides, G. and Kalogirou, S., "Measurements of Ground Temperature at Various Depths", *3rd International Conference on Sustainable Energy Technologies*, Nottingham, UK, 2004.

Şırnak Üniversitesi Binalarının Çatı üstü Fotovoltaik Panel Potansiyelinin Belirlemesi

Determination of Roof-top Photovoltaic Panel Potential of Şırnak University Buildings

Erdal YILDIRIM[1]
Dilan ALP[2]
Mehmet Azmi AKTACİR[3]

[1]Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, erdaly@harran.edu.tr
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Şırnak Üniversitesi, Şırnak, Türkiye, dilanalp79@gmail.com
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Fotovoltaik sistemler konutlarda ve ticari binalarda en çok kullanılan yenilenebilir enerji sistemlerinden birisidir. Bu gelişmeye paralel olarak binaların çatılarının PV sistem kurulum potansiyellerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Literatürde bir bölgenin, fiziksel, coğrafik ve teknik çatı üstü PV potansiyelinin belirlendiği çalışmalar mevcuttur [1]. Uydu fotoğrafları kullanılarak bina özellikleri tanımlanmış ve PV panellerin kurulabileceği kullanışlı çatı yüzey alanları hesaplanmıştır [2]. Kullanışlı olan çatıların hepsine PV paneller kurulması durumunda enerji ihtiyacının ne kadarının karşılanabileceği bulunmuştur. Aynı binanın farklı yerleşim yerlerinde [3] belirli PV modül teknolojisi kullanarak ürettiği elektrik miktarını belirleyen çalışmalar da vardır. Bilgisayar yazılımı ve tipik meteorolojik verilerin simülasyonu kullanılarak farklı eğim ve yönlendirmeler karşılaştırılmıştır. En sık kullanılan PV teknolojileri ince film, mono-kristalin ve poli-kristalin'dir. Bu teknolojilerin performansları bölgeden bölgeye değişmektedir. En uygun panel tipinin seçilmesinin hedeflendiği bir başka çalışmada her bir tipteki PV sisteminin ürettiği enerji, kurulum alanları ve bu bölgede üretilebilecek potansiyel solar enerji miktarı incelenmiştir [4]. Bu çalışmada ise öncelikle Şırnak Üniversitesinin merkezi binalarının çatısına düşen güneş ışınım miktarının hesaplanması hedeflenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği kampüs 37.5° K ve 42,4° D konumunda bulunmaktadır. Kampüsün uydu fotoğrafı ölçeklendirilerek kullanılmış ve çatı yüzeylerinin toplam alanları belirlenmiştir. Yatay yüzeye düşen anlık güneş ışınım değerleri ASHRAE metodu kullanılarak hesaplanmıştır [5]. Toplam çatı alanı ve anlık güneş ışınım değerleri kullanılarak Şırnak Üniversitesinin merkezi bina çatılarının aylık ve yıllık güneş ışınım potansiyeli hesaplanmıştır. Kampus alanının PV panellerle enerji ihtiyacını karşılamak için Mono-Si, Multi-Si ve CdTe olmak üzere en yaygın üç PV teknolojisi seçilmiştir. Kampüsün mevsimlik ve yıllık elektrik tüketim profili belirlenmiştir. Her bir PV teknolojisi için birim alanda üretilen elektrik enerjisi hesaplanmıştır. İhtiyaç duyulan elektrik miktarıyla PV panellerle üretilen toplam elektrik miktarı aylık olarak karşılaştırılmıştır. Yıllık ortalama yük talebine göre, batarya kullanılmadan, %100 tüketim olması koşuluyla PV panel alanları belirlenmiştir. Şırnak Üniversitesinin yıllık elektrik tüketimi 2743573 kWh'tir. Belirlenen çatı yüzeylerinin tamamına PV panellerin kurulması durumunda yıl boyunca elektrik ihtiyacının %80'ini Mono-Si, % 70'ini Multi-Si ve % 60'ını CdTe teknolojisi ile elde etme potansiyeline sahiptir. Kampüsün yıllık ortalama maksimum anlık elektrik tüketimi 343 kWh'tır. Enerji depolama yapılmaması durumunda, anlık ihtiyacı karşılamak için optimum PV alanları Mono-si, Multi-Si ve CdTe teknolojileri için sırasıyla 2680 m^2, 3280 m^2 ve 3250 m^2'dir.

Anahtar Kelimeler —güneş enerjisi; çatı üstü PV potansiyeli; Şırnak.

***Abstract*—**Photovoltaic system is one the most widely used renewable energy systems in residential and commercial buildings. In parallel with this development, it is necessary to determine the PV system installation potentials of the roofs of the buildings. There are previous studies that identify a physical, geographical and technical PV potential of a region [1]. Satellite images were used to define the building properties and calculate the useful roof surface areas on which PV panels can be installed [2]. It has been found how much of the total energy needs can be met if all of the useful residential roofs have PV panel installed. There are also studies determine the electrical potential generated by the same building with a specific PV technology in different locations [3]. Computer simulations and typical meteorological data were used to compare different slopes and orientations. The most commonly used PV technologies are thin film, mono-crystalline

and poly-crystalline. The performances of these technologies vary by region. In another study, it was aimed to select the most suitable panel type [4]. The energy generated by each type of PV system, the installation sites and the amount of potential solar energy in this region has been investigated. In this study, firstly the amount of solar radiation on the roof of the central buildings of Şırnak University. The campus is located at 37.5° N ve 42,4° E. The roof surfaces were computed by scaling the satellite image of the campus. The instantaneous solar radiation on the horizontal surface was calculated using ASHRAE method [5]. Total roof area and instant solar radiation values were used to calculate the monthly and annual solar radiation potential of the central buildings of Şırnak University. Three of the most common PV technologies, Mono-Si, Multi-Si and CdTe, have been selected to meet the energy needs of the campus with PV panels. The seasonal and annual electricity consumption profile of the campus has been determined. For each PV technology, the electricity generated per unit area is calculated. The amount of electricity consumed and the total amount of electricity generated by PV panels were compared monthly. According to the annual average electricity consumption, the PV panel areas are determined provided that the battery is not used and 100% consumption. Şırnak University's annual electricity consumption is 2743573 kWh. If PV panels are installed on the entire roof surfaces, it is possible to obtain 80% of the electricity demand through Mono-Si, 70% with Multi-Si and 60% with CdTe technology. The annual average peak electricity demand of the campus is about 343 kWh. In case of no energy storage, the optimum PV areas for the instant need are 2680 m^2, 3280 m^2 and 3520 m^2 respectively for Mono-Si, Multi-Si and CdTe PV technologies.

Keywords — solar energy; roof-top PV potential; Şırnak.

KAYNAKÇA

[1] Hong, T., Lee, M., Koo, C., Jeong, K., Kim,J., "Development of a method for estimating the rooftop solar photovoltaic (PV) potential by analyzing the available rooftop area using Hillshade analysis", *Applied Energy*, Volume 194, p. 320-332, 2017.

[2] Ordonez J., Jadraque E., Alegre J., and Martinez G.,"Analysis of the Photovoltaic Solar Energy Capacity of Residential Rooftops in Andalusia (Spain)",*Renewable and Sustainable Energy Reviews*,vol.14, 2010. Pages 2122–30.

[3] Armendariz-Lopez, J.F. Luna-Leon, A., Gonzalez-Trevizo, M.E. ,Arena-Granados, A.P., Bojorquez-Morales, G., "Life cycle cost of photovoltaic technologies in commercial buildings in Baja California, Mexico", *Renewable Energy*, Volume 87 (1), 2016, Pages 564-571.

[4] Yilmaz, S., Ozcalik, H. R., Kesler, S., Dincer, F., Yelmen, B., "The analysis of different PV power systems for the determination of optimal PV panels and system installation—A case study in Kahramanmaras, Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 52, 2015, Pages 1015-1024.

[5] ASHRAE. *Handbook of Fundamentals*. Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, 1985.

Hareketli ve Sabit Güneş Panellerinin Benzetim Ortamında Verimliliklerinin Analizi

Analyzing of the Efficiency of the Tracking Solar Panel and Fixed Solar Panel in Simulation Environment.

Ramazan MENAK[1]
Hakan KIZMAZ[2]
Saadettin AKSOY[3]

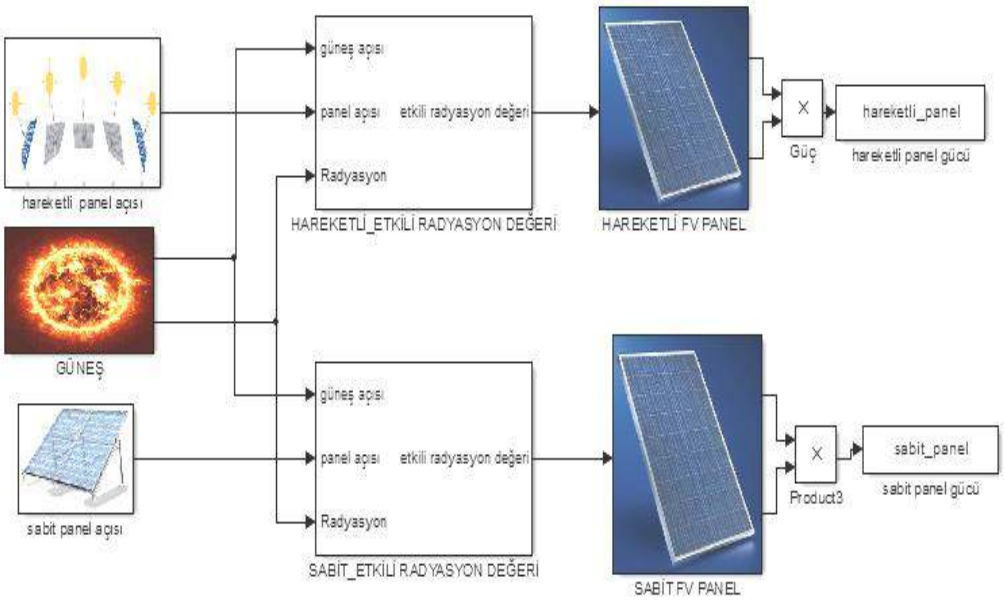
[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, ramazanmenak@siirt.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, hakankizmaz@siirt.edu.tr
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye, saadettin.aksoy@batman.edu.tr

***Özetçe*—**Bu çalışmada sabit bir FV (fotovoltaik) panel sistemi ile hareketli bir FV panel sisteminin benzetim ortamında modellenip verimliliklerinin karşılaştırılmaları yapılmıştır. Benzetim ortamında FV panel, güneş ve panel üzerine düşen etkin radyasyon değeri modellenmiştir[1]. Söz konusu modeller birbirleriyle ilişkilendirilerek zamanla değişen güneş açısı ve güneş radyasyon değerlerine karşılık, sabit açılı FV panel ile güneşi takip eden FV panel sistemlerinin çıkış güçleri ve sağladıkları enerji miktarları karşılaştırılmıştır. Benzetim verilerinin sonucunda güneşi takip eden sistemin sabit sisteme göre daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada oluşturulan benzetim modeli ile sabit ve güneşi takip eden sistemlerin benzetim ortamında verimlilik analizi kolaylıkla test edilebilmektedir.

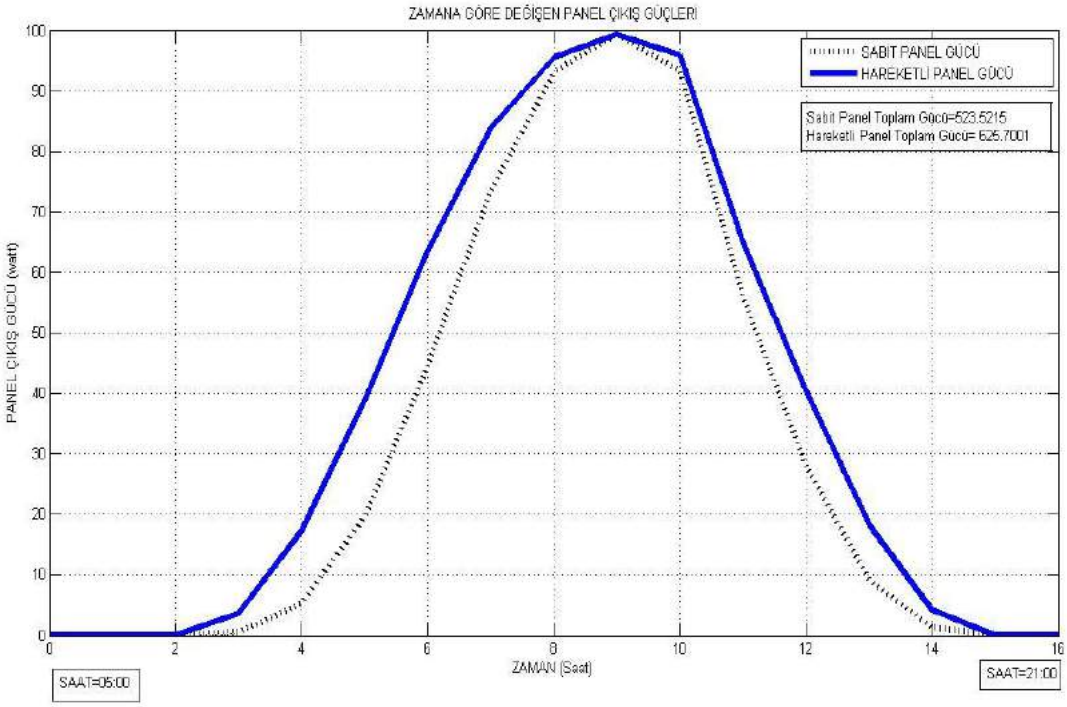
Anahtar Kelimeler — Enerji verimliliği; Güneş enerjisi; Güneş takip sistemi; Matlab/Simulink; Modelleme.

***Abstract*—**In this study, a fixed PV (photovoltaic) panel system and a tracking PV panel system are modeled and their efficiencies are compared in the simulation environment. Effective irradiation value falling on PV panel, solar panel and the sun is modeled in the simulation environment [1]. The models are integrated in simulation environment and the output power and the energy amount of the solar tracking panel system and fixed panel system is compared according to time varying values. It has been observed that the tracking solar panel system is more efficient than the fixed panel system as a result of the simulation. The simulation model proposed in this study can easily be tested the efficiency analysis of the fixed solar panel and solar tracking panel systems.

Keywords—Energy efficiency; Matlab / Simulink; Modelling; Solar energy; Solar tracking system.



Şekil 1: Sabit ve güneşi takip eden FV panel sistemlerinin benzetim ortamında modellenmesi



Şekil 2: Panellerden elde edilen güç miktarlarının zamana göre değişimi

KAYNAKÇA

[1] C. S. Chin, A. Babu, and W. McBride, "Design, modeling and testing of a standalone single axis active solar tracker using MATLAB/Simulink," *Renew. Energy*, vol. 36, no. 11, pp. 3075–3090, 2011.

Kısmi Gölgelenme Şartları için MATLAB Tabanlı Fotovoltaik Sistem Modellemesi ve MPPT Teknikleri

MATLAB Based Photovoltaic System Modeling under Partial Shading Conditions and MPPT Techniques

Ekrem KANDEMİR[1]
Selim BÖREKÇİ[2]
Numan Sabit ÇETİN[3]

[1]Ar – Ge Bölümü, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi, Antalya, Türkiye, ekrem.kandemir@tubitak.gov.tr
[2]Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye, sborekci@akdeniz.edu.tr
[3]Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, numan.sabit.cetin@ege.edu.tr

***Özetçe*—**Güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesi, yenilenebilir enerji kaynağı alanında en popüler olan uygulamalardan bir tanesidir. Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ısınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca etmendir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektriksel güç elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinde güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevrilmesi FV (Fotovoltaik) paneller içerisindeki FV hücreler ile yapılmaktadır. FV hücreler ve aynı zamanda FV paneller bulundukları ortamın sıcaklık ve ortam radyasyonu (güneş ışınımı) değerine bağlı olarak akım – gerilim ve güç – gerilim karateristik eğrilerinde değişimler oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, FV panellerde ortam radyasyon ve sıcaklık değerlerine göre güç seviyeleri ve maksimum güç noktası (MPP) değişim göstermektedir. Bu nedenle, FV sistemlerden bulunduğu ortam şartları altında maksimum gücün alınması için maksimum güç noktası takibinin (MPPT) yapılması araştırmacılar için önemli bir konu haline gelmiştir. Aynı zamanda, FV panellerin ortam radyasyon ve sıcaklık değişimine göre elektriksel karakterstik eğrilerinin değişimi de FV panellerin lineer olmayan bir karakteristiğe sahip olduğunu göstermektedir. Bu sebeple FV panellerin modellemesi matematiksel denklemler ile ve/veya elektriksel eşdeğer devresi ile yapılmaktadır. Bazı akademik çalışmalarda veya araştırmalarda daha başarılı modelleme yapılabilmesi için FV panele ait değişik eş değer devre modeli çeşitleri kullanılabilmektedir.

FV hücrelerin veya panellerin kısmi gölgelenme şartı altında zarar görmemesi için (bypass diyotu üzerinden) pasif duruma geçmesinden dolayı FV sistemin güç – gerilim karakteristik eğrisinde birden fazla yerel MPP noktaları oluşmaktadır. Bu sebeple kısmi gölge şartı altında MPPT işleminin yapılması daha zor bir problem haline dönüşmektedir. Bu çalışmada 150 W'lık bir FV panel modeli gerçekleştirilerek MATLAB ortamında çalışması incelenmiştir. Ayrıca basitleştirilmiş FV panel modeline ek olarak, bu çalışmada 2 adet 150 W'lık FV panel kullanılarak oluşturulmuş olan FV sistemin hem normal hem de kısmi gölgelenme şartı altındaki çalışması incelenerek bypass diyotu bağlı haldeki akım – gerilim ve güç – gerilim değişimi incelenmiş ve bu sistemin MATLAB ortamında modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda, bu çalışmada akademik literatürde yaygın şekilde kullanılan değiştir – gözle (P&O), artan iletkenlik (Inc. Cond.) ve yapay sinir ağları tabanlı (NN) MPPT yöntemlerinin kısmi gölgelenme şartı için karakteristik özellikleri bakımından da genel bir karşılaştırması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler — FV panel modelleme; kısmi gölgelenme; MPPT yöntemleri.

***Abstract*—**Energy production using solar energy is one of the most popular applications in the field of renewable energy sources. Sun is the most important energy source in the world. Solar energy is the main influence that affects the physical formations in the systems of the space and atmosphere. Solar energy, which is origin of many natural energy resources, is used directly for the purposes such as heating and electrical power generation. In solar energy systems, the sunlight is directly converted to electrical power by photovoltaic (PV) cells in PV panels. Depending on the variation of atmospheric change such as solar irradiance and temperature, current – voltage and power – voltage curves of the PV cells and also PV panels become different. Consequently, the maximum power level and maximum power point (MPP) varies according to the solar irradiance and ambient temperature. Hence, maximum power point tracking of PV systems

becomes a highly important issue for the researchers. In addition, variation of the electrical characteristic curves of PV panels depending on the solar irradiance and temperature changes shows that PV panels have non – linear characteristics. Therefore, modeling of PV panels is achieved by equivalent circuit model and/or its related mathematical equations. In some academic studies or researches, different equivalent circuit models have been used in order to model PV cell and PV panel more precisely.

Since the PV cells or panels become passive state (via bypass diodes) in order not to be damaged under partial shading condition, the power – voltage curve of the PV systems has more than one local MPPs. Hence, tracking of global MPP becomes more difficult problem under partial shading conditions. In this study, a 150 W PV panel has been modeled and analyzed in MATLAB. In addition to the simplified PV panel model, the current – voltage and power voltage variation of the bypass diode connected PV system which is consists of two series connected 150 W PV panels have been investigated and modeled in MATLAB under uniform and partial shading environment conditions. Additionally, this study compares the MPPT techniques such as perturb & observe (P&O), incremental conductance (Inc. Cond.) and neural network (NN) based MPPTs, which are widely preferred in academic literature, in terms of their characteristic properties.

Keywords — PV panel modeling; partial shading; MPPT techniques.

Fotovoltaik Panellerde Sıcaklık Etkisinin Benzetim Ortamında Analizi

Analyzing of the Temperature Effect on the Photovoltaic Panels in Simulation Environment.

Ramazan MENAK[1]
Hakan KIZMAZ[2]
Saadettin AKSOY[3]

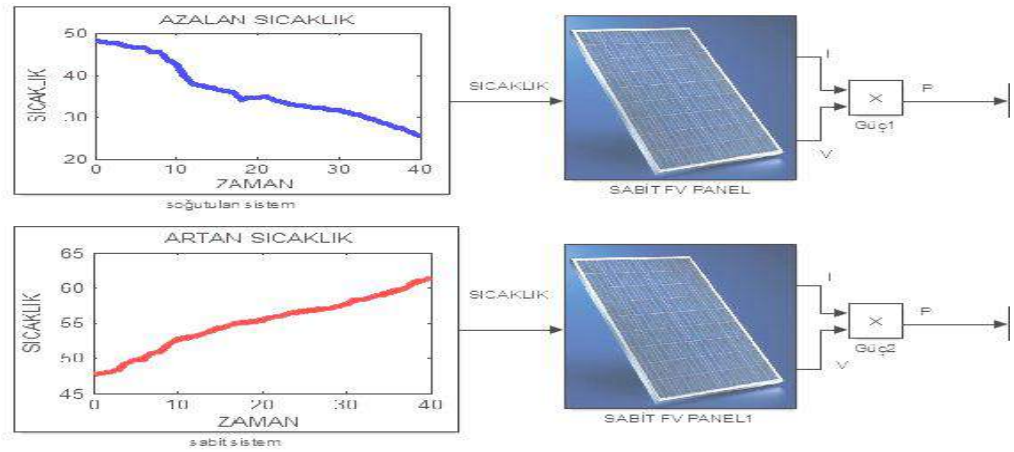
[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, ramazanmenak@siirt.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, hakankizmaz@siirt.edu.tr
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Batman Üniversitesi, Batman, Türkiye, saadettin.aksoy@batman.edu.tr

***Özetçe*—**Bu çalışmada FV (fotovoltaik) panellerde sıcaklığın panelin verimliliğine etkisi benzetim ortamında modellenerek incelenmiştir. Söz konusu benzetim ortamında farklı sıcaklık etkilerine sahip iki farklı FV panel modellenmiştir. FV paneller üzerindeki sıcaklık değişimlerinin, panellerin çıkış güçlerine olan etkisi incelenmiştir. Panellerin uzun süre güneş ışınımına maruz kalması durumunda yüzey sıcaklıkları artar. Panellerden yüksek verim elde edebilmek için paneller üzerindeki sıcaklık çok yüksek olmamalıdır. Paneller üzerindeki sıcaklık değerini panelin ideal çalışma sıcaklığına düşürebilmek için çeşitli soğutma yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler hava, su, faz değiştirici maddeler veya termo-elektronik ile soğutma gibi yöntemlerdir[1]. Benzetim ortamındaki panellerden birisi soğutmalı diğeri ise soğutmasız olarak modellenmiştir. Benzetim sonucunda panel yüzeyindeki sıcaklık ile panel çıkış güçleri arasında ters orantılı bir bağıntı olduğu görülmüştür.

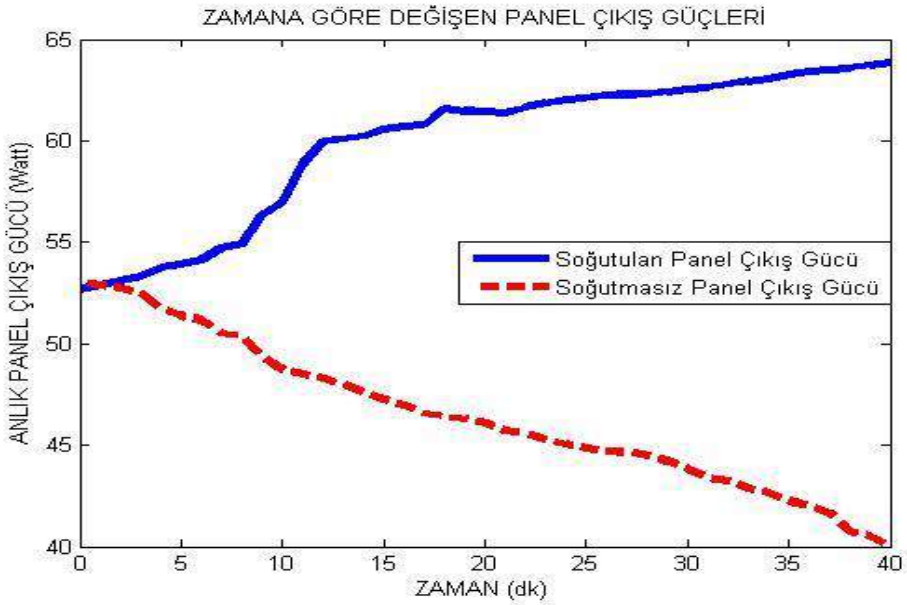
Anahtar Kelimeler — Enerji verimliliği; Güneş enerjisi; Güneş paneli soğutma sistemleri; Matlab/Simulink; Modelleme.

***Abstract*—**In this study, the effect of the temperature on the PV (photovoltaic) panels is analyzed by modeling in the simulation environment. Two PV panels with different temperature values on their surfaces are modeled in the aforementioned simulated environment. The effect of the temperature changes on the PV panels is investigated. In situation the panels are exposed to sunlight for a long time, the surface temperatures of the panels increase. The temperature value on the PV panels should not be very high in order to obtain high efficiency. Various cooling methods are used to reduce the temperature on the panel to the ideal operating temperature of the panel. These methods include air-cooling, water-cooling, phase-changing materials and thermoelectric cooling [1]. One of the panels in the simulation environment is modeled with a cooling system and the other one is modeled without any cooling system. The simulation results show that there is an inverse proportional relationship between the surface temperature of the panel and the output power of the panel.

Keywords—Energy efficiency; Matlab / Simulink; Modelling; Solar energy; Solar panel cooling systems.



Şekil 1: Benzetim ortamında FV panellerin ve sıcaklık etkisinin modellenmesi



Şekil 2: Benzetim ortamındaki panellerin çıkışlarından elde edilen güç eğrileri

KAYNAKÇA

[1] A. Shukla, K. Kant, A. Sharma, and P. H. Biwole, "Cooling methodologies of photovoltaic module for enhancing electrical efficiency: A review," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 160, no. November 2016, pp. 275–286, 2017.

Türkiye' nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Düşük Sıcaklıklı Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi

Turkey's Geothermal Energy Potential and Electricity Generation From Low Temperature Sources

Metin GÜRÜ[1]
Mustafa Yasir AYDIN[2]

[1]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, mguru@gazi.edu.tr
[2]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, myaydin@ybu.edu.tr

Özetçe— Türkiye düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal kaynakların bulunduğu bir bölgede yer alması sebebiyle jeotermal enerji potansiyelinin bir bölümünün elektrik enerjisi üretiminde değerlendirilebilmesi için doğru üretim teknolojilerini seçmesi gereken bir ülkedir[1,2]. Jeotermal kaynaklarımızdaki asitlik, tortu oluşturan bileşikler ve yoğunlaşmayan gaz içerikleri teknoloji seçiminin önemini daha da arttırmaktadır[2-6]. Bu sebeple jeotermal akışkanlardan elektrik enerjisi üretiminde jeotermal akışkanların doğrudan birincil kaynak olarak proseste kullanılması sakınca yaratmakta olup, çift akışkanlı çevrimlerin tercihi ön plana çıkmaktadır. Doğrudan akışkanların kullanıldığı flaş sistemlerinde flaş sıcaklıklarının optimizasyonu verimi artırırken, jeotermal akışkanların ısıl enerjisini temiz akışkanlara aktarıldığı çift akışkanların sıcaklığa göre seçimi de parametrik olarak elektrik üretimini artırmaktadır. Temiz akışkanlar için yüksek sıcaklıklarda flaş yöntemi uygun olurken, düşük sıcaklıklarda daha uçucu akışkanların kullanıldığı çift akışkanlı çevrimlerin tercihi verimli olmaktadır[2]. Bu sebeple daha fazla net iş elde etmek üzere flaş ve çift akışkanlı sistemlerin birlikte uygulandığı kombine sistemlerin kullanılacağı tasarımların optimizasyonu için termodinamik hesaplamalar gerekmektedir. Bu amaçla yaptığımız çalışmada Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelini incelerken en doğru teknolojiler ile farklı kaynaklardan elde edilebilecek en yüksek net iş miktarı da hesaplandı. Optimizasyon için yazılan program ile NIST veritabanı kullanılarak hazırlanan tablolardan iki ve üç boyutlu polinomik interpolasyon ile ihtiyaç duyulan termodinamik veriler oluşturuldu. Altın bölüm arama methodu (GSSM) ve kaba kuvvet yöntemi ile kombine olarak önceden belirlenen parametre aralıklarında çalışılarak, farklı kaynak sıcaklıkları ve farklı jeotermal elektrik üretme metotları (flaş sistem, çift akışkanlı sistem ve kombine sistem) için en yüksek iş miktarları hesaplandı. Kaydedilen sonuçlara göre net iş miktarlarında flaş ve çift akışkanlı sistemlerin kombinasyonunun üstünlüğü gözlenirken farklı sıcaklık aralıklarında farklı ikincil akışkanlar kullanılarak daha yüksek net iş elde edilebileceği bulundu. Flaş ve çift akışkanlı sistemlerin birlikte optimizasyonu sonucu incelenen alkanlardan; 403K ile 433K arasında propan, 433K ile 463K arasında izobütan, 463K ile 513K arasında bütan, 513K civarında izopentan, 523K ile 553K arasında pentan ve 553K ile 573K arasında hekzan en yüksek net iş değerinin elde edildiği akışkanlar olmuştur.

Anahtar Kelimeler — jeotermal enerji, Rankine çevrimi, flaş yöntemi, çift akışkanlı çevrim.

Abstract— Turkey is located in an area where only low and medium temperature geothermal resources exist, thus Turkey should select correct electricity generation technologies in order to generate electricity from some of its geothermal energy potential[1,2]. Acidity, scaling compounds and non condensable gas (NCG) content of our geothermal sources increase the importance of technology selection further[2-6]. Binary cycle selection is prior to direct usage of geothermal fluid in the process as it is inconvenient for these reasons. While flash temperature optimization increases efficiency in flash systems where geothermal fluid is directly used, selection of binary fluid with respect to temperature increases electricity generation parametrically where heat energy of geothermal fluid is transferred to clean binary fluids. In clean geothermal resources, at high temperatures flash method is favorable, where binary cycle selection is more favorable at lower temperatures using more volatile fluids[2]. Because of this, thermodynamic calculations for optimization of designs which use combined flash and binary systems are required in order to generate higher net work. For this purpose, while evaluating Turkey's geothermal energy potential, achievable highest net work amounts for different resources are calculated with the correct technologies. Necessary thermodynamic data is generated by using two

and three dimensional polynomial interpolations by using prepared tables from NIST database with a program written for optimization. The highest net work amount for different geothermal resource temperatures and for different geothermal electricity generation methods (flash method, binary method and combined method) are calculated at predefined parametric intervals by using a combination of golden section search method (GSSM) and brute-force method. Recorded results show that higher net work can be obtained by using different binary fluids at different temperatures while superiority of flash and binary combined systems is observed. From the optimization results of combined flash and binary systems using selected alkanes as binary fluids; propane between 403K and 433K, isobutane between 433K and 463K, butane between 463K and 513K, isopentane around 513K, pentane between 553K and 523K and hexane between 553K and 573K are the fluids that achieve highest net work amount.

Keywords — geothermal energy, Rankine cycle, flash method, binary method.

KAYNAKÇA

[1] Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, *Turkiye Enerji Raporu-2009*, DEK-TMK, 37- 39, Ankara, 2009.

[2] A. Kapulluoğlu, *Çift Akışkanlı Yöntemle Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretiminin Optimizasyonu*, Gazi. Uni. Fen Bilimleri Enstitusu Yuksek Lisans Tezi, Ankara, 2010.

[3] A.Alıcılar, M.Doğan, M.Guru, "Optimization of a Double Stage Flash System", *International Journal of Energy Research*, 19;169-179, 1995.

[4] K. Wallace, T. Dunford, M. Ralph, W. Harvey, *Aegean Steam: The Germencik Dual Flash Plan*", IGA Geothermal Workshop "Turkey 2009", İstanbul, 2009.

[5] A.Murathan, A.S.Murathan, A.Demirbaş, "Electricity Production From Geothermal Resources by Using Double-Stage Flash System", *Energy Resources, Part A*, 30;1884-1889, 2008.

[6] N.Yildirim, O. Aydoğdu, S. Sarp, *Constraint Problems and Solution Alternatives for Potentially Available integrated Energy Utilization in Turkey*, Proceedings World Geothermal Congress 2005, 24-29, Antalya, 2005.

Adıyaman İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Arıtma Çamurundan Biyogaz Üretimi

Biogas Production From Treatment Sludge In Adıyaman Advanced Biological Wastewater Treatment Plant

Harun TÜRKMENLER[1]
Mehmet Fatih DİLEKOĞLU[2]
Mustafa ASLAN[2]
Zeynep Ruşen CAN[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye, hturkmenler@adiyaman.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, dilekoglu@harran.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, maslan@harran.edu.tr
[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman, Türkiye, rengineer15@gmail.com

Özetçe— Atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi esnasında kullanılan proses ve ekipmanlara bağlı olarak yoğun şekilde enerji kullanılmaktadır. Günümüzde hammadde kaynağı olarak atıkların kullanılması ile biyogaz üretilmesi, biyogazdan da elektrik üretimi artan bir potansiyele sahiptir. Bu çalışmada, Adıyaman İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'nin (A.İ.B.A.A.T.) arıtma çamurundan biyogaz üretim miktarının araştırılması amacıyla Eylül 2016 - Şubat 2017 ayları arasındaki veriler elde edilerek gerçekleştirilmiştir. Çamur debisine karşılık üretilen biyogaz miktarları çizelge ve grafiklerle verilmiştir. Tesiste üretilen biyogazın elementel analizi sonucunda CH_4 ve CO_2'nin ortalama değerleri sırasıyla %66,61 ve %33,5 olarak bulunmuştur. Çamurda yapılan organik madde analiz sonucunda TKM, AKM ve UKM aylık ortalama değerleri ise sırasıyla 52,6 kg/m^3, 6-7 kg/m^3 ve 26,35 kg/m^3 değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — arıtma çamuru; biyogaz; enerji.

Abstract— Energy is heavily used depending on the processes and equipment used during the operation of the wastewater treatment plants. Today, production of biogas by the use of wastes as a source of raw materials and electricity production of biogas has an increasing potential. This study was carried out by obtaining the data between September 2016 and February 2017 in order to investigate the amount of biogas production from the treatment sludge of Adıyaman Advanced Biological Wastewater Treatment Plant (A.A.B.W.T.P.). The amounts of biogas produced in response to sludge formation are given in tables and graphs.

As a result of the elemental analysis of the biogas produced by the analysis, the mean values of CH_4 and CO_2 were found to be 66.61% and 33.5%, respectively. As a result of analyzing the organic matter in the sludge, total solids, suspended solids and volatile solids monthly mean values were 52.6 kg/m^3, 6-7 kg/m^3 and 26.35 kg/m^3, respectively.

Keywords — treatment sludge; biogas; energy

Mikroalglerden Biyoetanol Üretimi
Bioethanol Production from Microalgae

Hakan YILDIZ[1]
Sinan UYANIK[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hyildiz@harran.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, suyanik@harran.edu.tr

Özetçe— Dünya'da hızla artan nüfus, ekonomik büyüme, sanayi gelişim hızı ve buna paralel olarak hızlı şehirleşme oranı ile ülkelerin enerji talebi sürekli artmaktadır. Gelişen ve gelişmekte olan ülkeler, artan bu talebi karşılamak için önemli politikalar geliştirmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kaynaklı yakıtlar ve onların türevlerinden karşılanmaktadır. Bu kaynakların hızla tükenmesi ve çevreye verdikleri zararlar insanları, sürdürülebilir, çevre dostu ve düşük maliyetli alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, dalga, biyokütle, jeotermal, hidrolik, hidrojen olmak üzere çok çeşitlidir. Bu kaynakların en önemlilerinden birisi biyokütle kaynaklarıdır. Biyokütle, enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Farklı biyokütle kaynaklarından son yıllarda ön plana çıkan ve önemi giderek artan yenilenebilir hammadde kaynaklarından birisi mikroalglerdir. Mikroalg, sucul ortamda gelişen, tek hücreli ve çok hücreli yapılarda olabilen, basit mikroskobik heterotrofik ve/veya ototrofik fotosentetik organizmadır. Mikroalgler hızlı büyüme oranı ve yüksek miktarda karbonhidrat içeriğine sahip canlılardır. Mikroalglerin bu özelliği onların birçok alanda kullanımına olanak sağlamaktadır. Son zamanlarda mikroalglerden biyoyakıt üretimi bu alanların en önemlilerindendir. Biyoyakıtlar, ucuz ve üretimlerinin kolay olmasının yanında sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmak ve ekonomik sürdürülebilirlik için fosil yakıtların yerini alabilecek potansiyele sahiptirler. Dünyada ve ülkemizde biyokütleden üretilen biyoyakıtların başında son zamanlarda önemi gittikçe artan biyoetanol gelmektedir. Biyoetanol biyokütle kaynaklarından fermantasyon yöntemi kullanılarak üretilen ve tek başına yakıt olarak kullanılabildiği gibi, çoğunlukla benzinle çeşitli oranlarda karıştırılarak kullanılabilen bir biyoyakıttır. Araçlarda benzin/biyoetanol karışımlarının kullanılması, petrol kullanımını ve sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilir. Bu çalışmamızda biyokütle kaynağı olarak kullanılan mikroalglerin üretimi, mikroalglerin hasadında kullanılan yöntemler ve mikroalglerin biyoetanol için ham madde kaynağı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji; biyokütle; mikroalg; biyoetanol.

Abstract— With the rapidly increasing population, economic growth, speed of industrial development and rapid urbanization rate in the world, energy demands of the countries are constantly increasing. Developing and developing countries are developing important policies to meet this increasing demand. Today, much of their energy needs come from fossil fuels and their derivatives. Rapid depletion of these resources and harm to the environment has led people to sustainable, environmentally friendly and low-cost alternative and renewable energy sources. Renewable energy sources; sun, wind, wave, biomass, geothermal, hydraulic, hydrogen. One of the most important of these resources is biomass resources. Since biomass is an inexhaustible source of energy, it is seen as an appropriate and important source of energy because it can be obtained everywhere, especially for socio-economic development for rural areas. For biomass, sources include specially grown plants such as corn, wheat, herbs, algae, algae in the sea, animal feces, fertilizer and industrial wastes, and all organic garbage (fruit and vegetable wastes) from homes. Microalgae is one of the sources of renewable raw materials that have come to the forefront in recent years from different biomass sources and increasingly prevalent. Microalgae is a simple microscopic heterotrophic and / or autotrophic photosynthetic organism that develops in aquatic environment, which can be in single-celled and multicellular structures. Microalgae are living things with a rapid growth rate and a high content of carbohydrates. This feature of microalgae allows them to use in many areas. Bio-fuel

production from microalgae in recent times is the most important of these areas. Biofuels are cheap and have easy to manufacture, but also have the potential to help reduce greenhouse gas emissions and to take up fossil fuels for economic sustainability. Biofuels, which are produced biomass in the world and in our country, are becoming increasingly important bioethanol in recent years. Bioethanol is a biofuel produced from biomass sources using a fermentation method and can be used as a fuel alone, often mixed with gasoline at various ratios. The use of gasoline / bioethanol mixtures in vehicles can significantly reduce petroleum use and greenhouse gas emissions. In this study, the production of microalgae used as a biomass source, the methods used for harvesting microalgae, and the availability of microalgae as a raw material source for bioethanol have been investigated.

Key words — renewable energy; biomass; microalgae; bioethanol.

KAYNAKÇA

[1] Amin, S., ‘’Review on biofuel oil and gas production processes from microalgae’’, *Energy Conversion and Management*, 50(7): 1834-1840, 2009.

[2] Watanabe, Y. and Hall, D. O., ‘’Photosynthetic CO2 conversion technologies using a photo bioreactor incorporating microalgae – energy and material balances’’, *Energy Conversion and Management*, 37 (6–8): 1321–1326, 1996.

[3] Benemann, J. R., ‘’CO2 mitigation with microalgae systems’’, *Energy Conversion and Management*, 38: 475–479, 1997.

İhtiyaç Fazlası Elektrik Enerjisinin Depolanma Yöntemleri GAPYENEV 2018

Storage Methods of Redundant Electricity GAPYENEV 2018

Zemzem Tuba GÖNCÜ[1]
Hasari KARCİ[2]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ztubagoncu@gmail.com
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hasarikarci@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Yenilebilir enerji kaynaklarının enerji üretim kapasitelerinin mevsime ve günün koşullarına bağlı olarak değişmesi ve üretilen enerjinin anında tüketilememesi nedeniyle, yenilebilir enerji kaynaklarının azami verimle kullanımı mümkün olmamaktadır. Kullanılamayan bu enerjinin depolanabilir bir enerji kaynağına dönüştürülmesi gerekmektedir. Ülkemizde yenilebilir enerjiye olan yönelimin artması ile bu problemin önümüzdeki yıllarda daha fazla ön plana çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden üretilen fazla elektriğin ihtiyaç zamanında kullanımı için depolanması problemi zamanla öne çıkacaktır.

Elektrik üretimi için kullanılan en yaygın yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr ve dalga enerjisidir. Ancak bu enerji kaynaklarının kullanım kapasiteleri günlük koşullara bağlı olarak değişmektedir. Santrallerde enerji kaynağının depolanmış halde bulunmasından dolayı elektrik ihtiyacına uygun bir şekilde elektrik üretmek mümkündür. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının pek çoğunun depolanabilir formda olmamasından dolayı, elektrik üretimi tüketimden bağımsızdır. Bir yandan enerjinin kullanıldığı alanlarda atık enerjiyi depolama öte yandan enerji üretim zamanı ile talebi arasında doğabilecek olan fark probleme sebep olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının fazla olduğu fakat kullanım açısından göreceli olarak yaygın olmadığı ülkemizde bu enerji kaynaklarının depolanma sorunu yeteri kadar dikkat çekmemektedir. Enerji kaynaklarına olan yönelimin artması ile üretimi mümkün olan fakat anında kullanılamayan elektrik enerjisinin depolanması problemi önem arz edecektir. Her ne kadar elektrik enerjisinin akü ve pillerde saklanması mümkün olsa da bu metotlarla depolamanın çevreye vereceği zararlar ve maliyetleri dikkate alındığında, daha verimli ve ucuz metotların öne çıkması kaçınılmazdır.

İhtiyaç fazlası elektriğin, hidrojen ve hidrokarbonlar şeklinde de depolanması mümkündür. Hidrojen ve hidrokarbonların birim hacimde depolayabildiği enerji miktarının fazla olması ve geri kazanım teknolojilerinin kolaylığı dolayısı ile depolama metotları çalışmamızı bu iki metot üzerinde yoğunlaştırdık. Bu çalışmada adı geçen depolanma yöntemleri üzerine geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Bu metotların, avantajları, dezavantajları, verimliliği ve depolanma yöntemleri detaylı olarak araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler — hidrojen depolama, yenilenebilir enerji,hidrokarbon

***Abstract*—**Because the production capacities of renewable energy sources are changing daily and seasonally, it is not possible to use the renewable energy resources with maximum efficiency due to the inability to consume the generated energy instantly. This unusable energy needs to be converted into a storable energy source. This problem is predicted to become more prominent in the coming years with the increase in the direction of renewable energy in our country. Therefore, the problem of storing too much electricity produced for use at the time of need will come out in time.

Solar, wind and wave energies are the most common renewable energy sources for electricity generation. However, the usage capacities of these energy sources vary day by day and seasonally. Since the energy source is already in stored forms in hydropower, thermal power plants, it is possible to generate electricity in a way that is suited to the electricity demand. Unfortunately, most of the renewable energy sources are not in storable form, electricity generation is

independent of consumption. On the one hand, waste energy storage in the areas where energy is used, on the other hand, the difference that can arise between energy production time and demand is causing problem. In our country, where renewable energy sources are abundant but not relatively widespread, the problem of storage of these energy sources is not as remarkable. With the increasing trend towards energy sources, the problem of storage of electricity, which is possible but not instantly available, will be matter. Although it is possible to store electric energy in batteries, it is inevitable that more efficient and inexpensive methods will come to the fore when considering the environmental damages and storage costs of these methods.

It is also possible to store as much electricity as needed, in the form of hydrogen and hydrocarbons. We concentrated on these two methods to study storage methods because of the high amount of energy that hydrogen and hydrocarbons can store in a unit volume and the simplicity of recovery technologies. A large literature review has been carried out on the storage methods mentioned in this study. The methods, advantages, disadvantages, efficiency and storage methods have been investigated in detail.

Keywords — hydrogen storage, hydrocarbon, renewable energy

KAYNAKÇA

[1] Atkinson K., Roth S., Hirscher M., Grünwald W., "Carbon Nanostructures: An efficient Hydrogen Storage Medium for Fuel Cells", Fuel Cells Bulletin, Vol.4, Issue.38, 9-12, 2001.

[2] Darkrim F.L., Malbrunot P., Tartaglia G.P., "Review of Hydrogen Storage by Adsorption in Carbon Nanotubes", Int. J Hydrogen Energy, 27,pp.193-202, 2002.

[3] Elam C.C., Padro C.E.G., Sandrock G., Luzzi A., Lindblad P., Hagen E.F., "Releazing Hydrogen Future: the International Energy Agency's Efforts to Advance Hydrogen Energy Technologies", Int. J Hydrogen Energy,28, 601-607, 2003.

[4] Guhencin A.F., "Review of Fuel Processing Catalyst for Hydrogen Production in PEM Fuel Cell Systems", Current Opinion in Solid State Mat. Science, Vol.16, Issue.5, 389-399, 2002.

[5] Güvendiren M., Baybörü E., Öztürk T., "Taşınabilir Enerji Kaynağı Olarak Hidrojenin Metal Tozlarda Depolanması", Savunma Teknolojileri Kongresi Bildiriler Kitabı, ODTU, Ankara, Ed. Yıldırım O. ve diğerleri., Cilt.1 s.115-122, 2002.

[6] Chanmaneea, W., Islama, M. F., Dennisb, B. H. and MacDonnella, F. M., "Solar photothermochemical alkane reverse combustion ",Proceedings of the National Academy of Sciences, vol.113, 2016.

[7] Atmaca, H. and Sevim, İ. , "Bor' un Otomobil Yakıtı Olarak Kullanılması ',Mühendis ve Makina Dergisi, Sayı:564, Ocak 2007.

[8] Güldal, N. Ö. , "Sodyum Tetrahidrokarbonattan Hidrojen Üretimi ",2.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 15-18 Ekim 2003

[9] Turan, D. and Yönetken, A. "Enerji Depolama Sistemlerinin Araştırılması ve Analizi ", AKÜ FEMÜBİD, Özel sayı: 113-121, 2016.

[10] Ural, T. And Karaca, G. "Hidrojen Ekonomisi ", Küresel Mühendislik Çalışma Dergisi, 3(2): 145-154, 2016

[11] Haşimoğlu,C. ,Ciniviz, M. and Uçar, G. , "Günümüzde içten yanmalı motorlarda hidrojen kullanımı ",Selçuk-Teknik Online Dergisi,1(1-2000),2016.

[12] http://www.eie.gov.tr

Fotovoltaik Uygulamalar için MGNİ Yöntemlerinin Derinlemesine Araştırılması
In-Depth Investigation of MPPT Methods for Photovoltaic Applications

*Uğur HARMANCI[1]
Ünal YILMAZ[2]
Fatma Zuhal ADALAR[3]

[1*] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, uharmanci@harran.edu.tr
[2] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, uyilmaz@harran.edu.tr
[3] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, fzadalar@harran.edu.tr

Özetçe— Fosil yakıtların tükenmeye başlaması, çevre kirliliğinin her geçen gün artması ve küresel ısınma gibi sorunlar, bilim dünyasını yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir [1]-[3]. Güneş enerjisinin çevreye zarar vermeyişi, gürültüsüz olması ve güneş ışınlarının olduğu her yerde elektrik üretilebilmesi, bilim dünyasının ilgisini oldukça çekmiştir. Güneş enerjisi modüllerinin yüksek maliyetine rağmen, fotovoltaik güç üretim sistemleri, uzun vadede potansiyel faydaları nedeniyle birçok ülkede teşvik kapsamına girmiştir [1], [2], [4]. Bu çalışmada fotovoltaik uygulamalar için literatürde yapılan maksimum güç noktası izleme (MGNİ) metotları derinden araştırılmış olup MGNİ metotlarının ayırt edici özellikleri sunulmuştur. Fotovoltaik (PV) sistemlerden elde edilen elektriksel güç, çevre koşullarından etkilenmektedir. Sıcaklık ve ışınım gibi çevresel faktörlerin değişmesi PV sistemlerde akım, gerilim ve aynı zamanda maksimum güç noktasının değişmesine sebep olmaktadır [6]-[9]. Her ışınım ve sıcaklık değerinde, PV sistemler için sadece bir maksimum güç noktası vardır. PV sistemlerden elde edilen enerjiyi artırmak ve sistem maliyetini düşürmek için PV sistemler maksimum güç noktasında çalıştırılmalıdır. PV sistemleri maksimum güç noktasında çalıştırmak için literatürde çok sayıda MGNİ metotları geliştirilmiştir. Bu metotlar kolay uygulanabilirlik, hız, doğruluk oranı, maliyet gibi faktörler ile birbirinden ayrılmaktadır. PV sistemlerde fotovoltaik panel ve yük arasında artırıcı, azaltıcı, artırıcı-azaltıcı, SEPİC, gibi DA-DA dönüştürücüler kullanılmaktadır [10], [11]. MGNİ metotları akım ve gerilim sensörleri yardımıyla PV panel polaritelerinden ölçülen değerleri MGNİ algoritmalarına gönderir, MGNİ algoritmaları ölçülen değerlere göre PWM (Pulse Width Modulation) üreterek DA-DA dönüştürücüde uygun anahtarlama gerçekleştirir, böylece PV paneller maksimum güçte çalıştırılır [11], [12]. Bu çalışmada Artan İletkenlik (Aİ), Değiştir&Gözlemle (D&G), Kısa Devre Akımı (KDA), Açık Devre Gerilimi (ADG), Bulanık Mantık (BM), Yapay Sinir Ağları (YSA), Sabit Gerilim (SG) ve Hibrit MPPT metotları derinden incelenmiş olup avantaj ve dezavantaj bakımından karşılaştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler — fotovoltaik sistemler, MGNİ metotları, enerji verimliliği

Abstract— Depletion of fossil fuels, increasing environmental pollution and global warming problems have led the science world to renewable energy sources [1]-[3]. The features of solar energy that not being harmful to the environment, that it is noiseless, and that electricity can be generated everywhere the sun light exist are, has been attracted much attention in the scientific world. Despite the high cost of solar energy modules, photovoltaic power generation systems have been included in many countries in the scope of incentives due to their potential benefits in the long run [1], [2], [4]. In this study, maximum power point tracking (MPPT) methods for photovoltaic applications are deeply investigated and the distinguishing features of MPPT methods are presented. The electrical power obtained from photovoltaic (PV) systems is affected by environmental conditions. Changes in environmental conditions such as temperature and radiation cause changes in current, voltage and, at the same time, the maximum power point in PV systems [6]-[9]. At each radiation and temperature values, there is only one maximum power point for PV systems. PV systems should be operated at maximum power point to increase the energy obtained from PV systems and to reduce system cost. A number of MPPT methods have been developed in the literature to operate PV systems at maximum power point [10], [11]. These methods are separated by factors such as easy applicability, speed, accuracy rate and cost.

In PV systems, DC-DC converters such as boost, buck, buck-boost, SEPICs and etc. are used between the PV panel and the load. The MPPT methods send the measured values from the polarities of the PV panel to the MPPT algorithms by means of current and voltage sensors, the MPPT algorithms perform the appropriate switching for the DC-DC converters by producing PWM (pulse width modulation) according to the measured values so that the PV panels are operated at maximum power [11], [12]. In this study, the MPPT methods which are Incremental Conductance (IC), Perturbation & Observation (P&O), Short Circuit Current (SCC), Open Circuit Voltage (OCV), Fuzzy Logic (FL), Artificial Neural Networks (ANN), Constant Voltage (CV) have been examined and compared in terms of advantages and disadvantages.

Keywords — photovoltaic systems, MPPT methods, energy efficiency.

KAYNAKÇA

(1) Ghasemi M.A., Ramyar A., "Iman-Eini H., MPPT Method for PV Systems Under Partially Shaded Conditions by Approximating *I–V* Curve'', *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65 (5): 3966-3975, 2018.

(2) Ahmed J., Salam Z., ''An Accurate Method for MPPT to Detect the Partial Shading Occurrence in a PV System'', *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(5): 2151-2161, 2017.

(3) Gao Z., Li S., Zhou X., Ma Y. and Zhao J., "A New Maximum Power Point Tracking Method for PV System", *IEEE International Conference on 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 544-548, 2017.

(4) Li X., Wen H., Jiang L., Xiao W., Du Y., Zhao C., ''An Improved MPPT Method for PV System With Fast-Converging Speed and Zero Oscillation'', *IEEE Transactions on Industry Applications*, 52 (6): 5051-5064, 2016.

(5) Deshpande A., Patil S. L. and Deopare H., "Comparative Simulation of Conventional Maximum Power Point Tracking Methods", *IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 1025-1028, 2016.

(6) Zhang W., Mao P. and Chan X., "A Review of Maximum Power Point Tracking Methods for Photovoltaic System", *IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)*, 230-234, 2016.

(7) Drir N., Barazane L. and Loudini M., "Comparative Study of maximum power point tracking methods of photovoltaic systems", *IEEE International Conference on Electrical Sciences and Technologies in Maghreb (CISTEM)*, 2015.

(8) Dağteke S. E. and Unal S., "Comparative Analysis of Maximum Power Point Tracking Methods for Rapid Environmental Changes", *IEEE International Conference on Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2015.

(9) Ebrahimi M. J., "General Overview of Maximum Power Point Tracking Methods for Photovoltaic Power Generation Systems", *IEEE International Conference on 30th Power System Conference (PSC2015)*, 228-233, 2015.

(10) Shi S., Wang Y. and Jin P., "Study of Maximum Power Point Tracking Methods for Photovoltaic Power Generation System", *IEEE International Conference on Chinese Automation Congress (CAC)*, 835-840, 2013.

(11) Azevedo G. M. S., Cavalcanti M. C., Oliveira K. C., Neves F. A. S. and Lins Z. D., "Evaluation of Maximum Power Point Tracking Methods for Grid Connected Photovoltaic Systems", *IEEE International Conference on Power Electronics Specialists Conference (PESC 2008), 1456-1462, 2008.*

(12) Koizumi H., "A Summary of Plane Division Maximum Power Point Tracking Methods", *IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET 2008)*, 306-311, 2008.

İskenderun Bölgesi İçin Ortalama Rüzgar Hızının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini

Estimation of Average Wind Speed for İskenderun Region Using Artificial Neural Network

Merve ERKINAY ÖZDEMİR[1]
Ömer TÜRKSOY[2]
Ünal YILMAZ[3]
[1]Department of Electrical and Electronics Engineering, Iskenderun Technical University, İskenderun/HATAY, Türkiye, merve.erkinayozdemir@iste.edu.tr
[2]Department of Electrical and Electronics Engineering, Iskenderun Technical University, İskenderun/HATAY, Türkiye, omer.turksoy@iste.edu.tr
[3]Department of Electrical and Electronics Engineering, Harran University, Şanlıurfa, Türkiye, uyilmaz@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Gelişmekte olan ülkelerin elektrik talebi sürekli artmaktadır [1]. Bu talebi karşılamak için dünya genelinde enerji büyük ölçüde fosil tabanlı kaynaklardan karşılanmaktadır. Kömür, fosil yakıtlar, petrol ve diğer gazlardan enerji üretilebilmektedir [2], ancak bu kaynakların kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve sınırlı olmaları yenilenebilir enerji kaynalarının önemini arttırmaktadır. Yenilenebilir temiz enerji kaynakları, özellikle rüzgar enerjisi son yıllarda elektrik enerjisi üretiminin en ekonomik yöntemlerinden biri olmuş ve rüzgâr enerjisi önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Bu çalışmalar arasında rüzgâr santralleri için üretilecek enerji miktarının tahmini ve piyasaya verilecek üretim teklifinin belirlenmesi önemli bir yer tutmaktadır [3]. Elektrik şebekesine bağlandığında rüzgâr kaynaklı elektrik kullanımının en üst düzeye çıkarılması için, rüzgar çiftliklerinin ürettiği gücü tahmin etmek önemlidir. Ancak rüzgârın karmaşık doğası enerji üretiminde öngörülebilirliğin önünde büyük bir engel teşkil etmektedir. Bu karmaşık yapıya ve belirsizliğe rağmen ileriye yönelik tahminler için geliştirilmiş bazı tahmin yöntemleri mevcuttur. Günümüzde yaygın kullanılan rüzgâr enerjisi tahmini araçları, fizik tabanlı ve istatistiksel yöntemlerin birleşimine dayanmaktadır [4].

Rüzgar enerjisi santralleri, yeterli güç üretimi için sürekli ve uygun rüzgar hızına ihtiyaç duyar. Rüzgar türbinlerindeki enerji üretimi, rüzgar hızının doğrudan bir fonksiyonudur ve klasik üretim sistemlerinden farklı olarak üretim/tüketim dengesi ayarı kolaylıkla yapılamamaktadır. Rüzgar hızının tahmin edilmesi, modern rüzgâr çiftliği yönetimi ve arz-talep dengelemesi için giderek önem kazanmaktadır, bu nedenle güç sisteminin güvenilirliği ve kalitesi için, yüksek doğrulukta rüzgar hızı tahmin yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, sabit olmayan ve kesintili doğası nedeniyle, rüzgar hızının doğru tahmin edilmesi genellikle çok zordur. Bu çalışmada yüksek doğrulukta rüzgar hızı tahmini yapan yapay sinir ağları (YSA) tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Çok katmanlı ileri beslemeli YSA modeli kullanılmıştır. YSA, İskenderun Meteoroloji Müdürlüğünden alınan verilerle eğitilmiş ve test edilmiştir. İskenderun Bölgesi için 2006-2017 yılları arasında alınan; aylık ortalama sıcaklık, ortalama nem, ortalama basınç ve ortalama rüzgar hızı verilerinden oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanının %70'i YSA'nın eğitimi, %30'u testi için kullanılmıştır. Test sonucunda ortalama rüzgar hızı %94.4 doğruluk oranı ile tahmin edilmiştir. Bu sonuç önerilen YSA modelinin gerçek zamanlı olarak rüzgar hızını başarılı bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler — rüzgar hızı; tahmin; yapay sinir ağları.

***Abstract*—** The electricity demand of the developing countries is continuously increasing [1]. The overall energy requirements in the world are met largely from fossil-based sources. Energy can be generated from coal, fossil fuels, oil and other gases [2] but all these sources are harmful to the environment so that there are limitations of using these sources and they are limited and these negative effects increasing the importance of renewable energy sources. Renewable clean energy sources, especially wind energy is one of the most economical method of electrical power generation in recent years and wind energy has become an important field of study. Among these studies, estimation wind power production and choosing a bid for each power plant have an important place [3]. To maximize the use of

wind generated electricity when connected to the electric grid, it is important to estimate and predict power produced by wind farms. However, the complex nature of the wind is a major obstacle to the predictability of energy production. Despite this complex structure and uncertainty, there are some prediction methods developed. Today's commonly, tools which are based on a combination of physics-based and statistical methods for wind energy prediction are used [4].

Wind power plants require continuous and appropriate wind speed for sufficient power generation. Energy production in wind turbines is a direct function of wind speed and unlike conventional production systems, the production / consumption balance cannot be easily adjusted. For the reliability and quality of the power system, it is required to develop highly accurate wind speed prediction methods thus, wind speed prediction becomes increasingly important for modern wind farm management and supply-demand balancing. However, wind speed is generally very difficult to estimate, due to its non-stationary and intermittent nature. In this study, a system based on artificial neural networks (ANN) was developed to estimate the wind speed at high accuracy. Multi-layer feed forward ANN architecture was used. ANN is trained and tested using data from the İskenderun Meteorology Management. The dataset was developed for the İskenderun Region which were monthly average temperature, average humidity, average pressure and average wind speed between 2006-2017. 70% of the database was used for training ANN and 30% of the database was used for testing ANN. After testing ANN, the average wind speed was estimated with a 94.4% accuracy. The test results show that the proposed ANN model can successfully predict wind speed in real-time.

Keywords — wind speed; estimation; artificial neural networks.

KAYNAKÇA

[1] Başaran Filik Ü, Filik T, Gerek ON. New electric transmission systems: Experiences from Turkey, In the Handbook of Clean Energy Systems; editor Prof. Jinyue Yan, John Wiley and Sons, 2015.

[2] Vikas Khare et.al, Solar-wind hybrid renewable energy system: A review, Renewable & Sustainable Energy Reviews 58,2016M. Lydia and S. S. Kumar, “A comprehensive overview on wind power forecasting,” in 2010 Conference Proceedings IPEC, 2010, pp. 268–273.

[3] M. Lydia and S. S. Kumar, “A comprehensive overview on wind power forecasting,” in 2010 Conference Proceedings IPEC, 2010, pp. 268–273.

[4] İ. Kırbaş and A. Kerem, “Short-Term Wind Speed Prediction Based on Artificial Neural Network Models,” Meas. Control, vol. 49, no. 6, Jul. 2016.

Thermodynamic Simulation of a Novel Refrigeration System Using Ejector Integrated Subcooling

Ejektörlü Aşırı Soğutmalı Yeni Nesil Bir Soğutma Sisteminin Termodinamik Similasyonu

Tuncay YILMAZ[1]
Mehmet Tahir ERDİNÇ[2*]

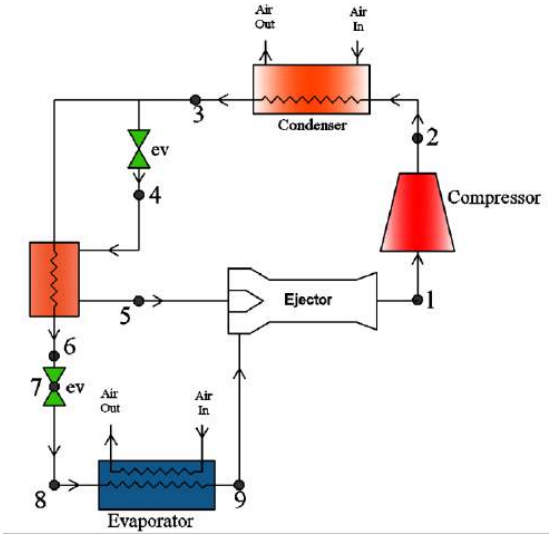
[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye
[2*]Makine Mühendisliği Böl., Mühendislik Fak. Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye, mehmettahirerdinc@osmaniye.edu.tr

Özetçe—Soğutma sistemlerinde eğer yoğuşturucu çıkışı sıvı aşırı soğutulursa soğutma kapasitesi artar. Yoğuşturucu çıkışındaki sıvı soğutucu akışkan buharlaştırıcı çıkışındaki akışkanla soğutulabilir. Ancak bu metotta kompresör girişindeki sıcaklığın artmasıyla kompresörün kütlesel debisi azalacaktır ve böylece soğutma kapasitesi azalacaktır. Bir çok aşırı soğutma metotlar mevcuttur ve Qureshi and Zubair [1] tarafından bir çoğu belirtilmiştir.

Mekanik aşırı soğutma sistemlerinde yoğuşturucu çıkışındaki sıvıyı soğutmak için ikinci bir çevrim kullanılır. Ancak ilk yatırım maliyetinin artması bu sistemin negatif tarafıdır. Zubair[2] mekanik aşırı soğutma kullanarak %20 ile %40 arasında enerjinin geri kazanılacağını bulmuştur.

Ejektör alanında da birçok çalışma yapılmıştır. Düşük sıcaklıkta güneş ısısını kullanarak ejektörlü soğutma çok ilginç bir konu olmuştur. Bu konuyla ilgili Pridasawas [3] ve Kim ve Infante Ferreira [4] geniş bilgi vermişlerdir. Abdullateef ve ark. [5] güneş enerjili ejektör soğutma sistemleri ile ilgili çalışma yapmışlardır. Ejektörlü soğutma sistemleri ile ilgili yeni gelişmelerde Chen ve ark. [6] tarafından verilmiştir. Yu ve ark. [7] da ejektörlü mekanik aşırı soğutmalı soğutma sistemini incelemişlerdir.

Bu çalışmada yeni bir sistem [8] incelenmiştir ve şekil 1 de gösterilmiştir. Burada, soğutucu akışkanın kütlesel debisinin bir kısmı P_4 basıncına kadar genişler. T_4 sıcaklığı aşırı soğutma sıcaklığı T_6 nın hemen aşağısıdır. Sıvı akışkan 4 ile 5 noktasındaki buharlaşan akışkan kullanılarak T_3 ten T_6 ya kadar aşırı soğutulur. Daha sonra ejektör yardımıyla buharlaştırıcı çıkışındaki P_9 basıncından P_1 basıncına yükseltilir.



Şekil 1. Yeni aşırı soğutma sistemi

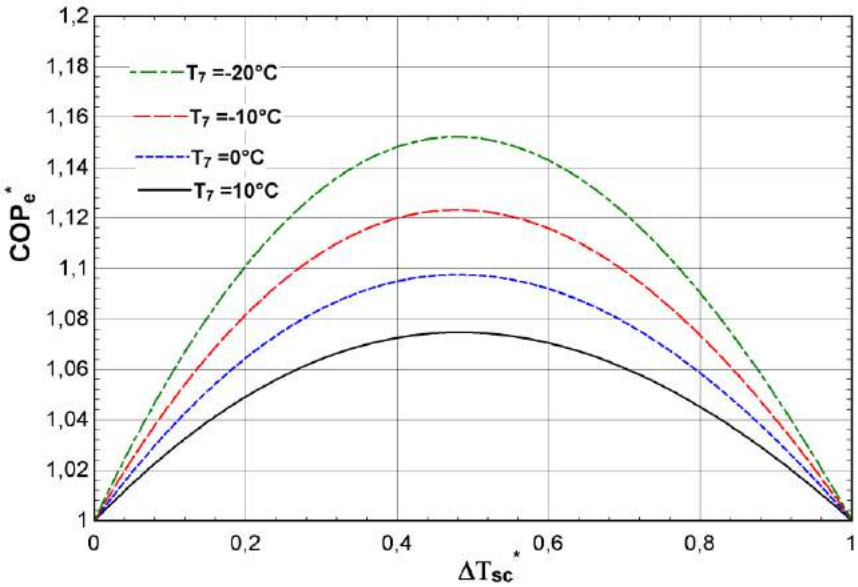
Sonuçlar için aşağıdaki eşitlikler tarif edilmiştir.

$$COP_e^* = \frac{COP_e}{COP_C} \tag{1}$$

$$\Delta T_{sc}^* = \frac{\Delta T_{sc}}{T_c - T_e} \tag{2}$$

Burada, COP_e ejektörlü sistemin etkinlik katsayısı ve COP_C de klasik soğutma sisteminin etkinlik katsayısıdır. $\Delta \mathbf{T}_{sc}$ aşırı soğutma sıcaklığı, T_c ve T_e de yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarıdır.

Şekil 2 de farklı T_e sıcaklıkları için $\mathbf{COP_e^*}$ nin $\Delta \mathbf{T_{sc}^*}$ ile değişimi gösterilmiştir. Burada $\mathbf{COP_e^*}$ nin $\Delta \mathbf{T_{sc}^*} = \mathbf{0.5}$ civarında optimum değerinin olduğu görülmektedir. T_e sıcaklığı arttıkça $\mathbf{COP_e^*}$artmaktadır.



Şekil 2. için COP_e^* nin ΔT_{sc}^* ile değişimi

Anahtar Kelimeler — Soğutma, ejektör, aşırı soğutma, termodinamik similasyon.

***Abstract*—** In refrigeration systems, the capacity of $\dot{\mathbf{Q}}$ can be increased if the liquid after condenser can be subcooled. There are different methods for subcooling. Liquid after condenser can be cooled down with the cold refrigerant leaving the evaporator. However, this has the disadvantage of increasing the inlet temperature to the compressor that decreases mass flow rate in the compressor and hence decreases the capacity of the refrigeration. There are different possibilities for subcooling, which are described broadly by Qureshi and Zubair [1].

In the dedicated and integrated subcooling systems, a second refrigeration cycle is used to cool the liquid after condenser. Increase in the investment cost of the system is the main drawback of this way of subcooling. Zubair [2] found that using mechanical subcooling energy savings between 20% and 40% can be obtained.

There are also studies about ejector cooling. Refrigeration using ejector and solar heat at low temperature has been a very interesting subject. On this matter, extensive information is supplied by Pridasawas [3] and Kim and Infante Ferreira [4]. Abdullateef et al. [5] reported on the specific topics of solar driven ejector refrigeration systems. New developments in ejector refrigeration(ER) are depicted by Chen et al. [6]. Moreover, Yu et al. [7] described a refrigeration system with mechanical subcooling which uses an auxiliary liquid–gas ejector to enhance subcooling for the refrigerant from condenser.

An innovative new system [8] is investigated in this work. The system is shown in figure 1. Here, some portion of the refrigerant mass flow rate is expanded till pressure P_4. T_4 is just below the subcooling temperature T_6. The liquid is subcooled from T_3 till T_6 utilizing evaporation of the refrigerant from point 4 to point 5. Afterwards, refrigerant pressure at pressure P_9 after the evaporator is increased till pressure P_1 using ejector and the refrigerant with pressure P_5.

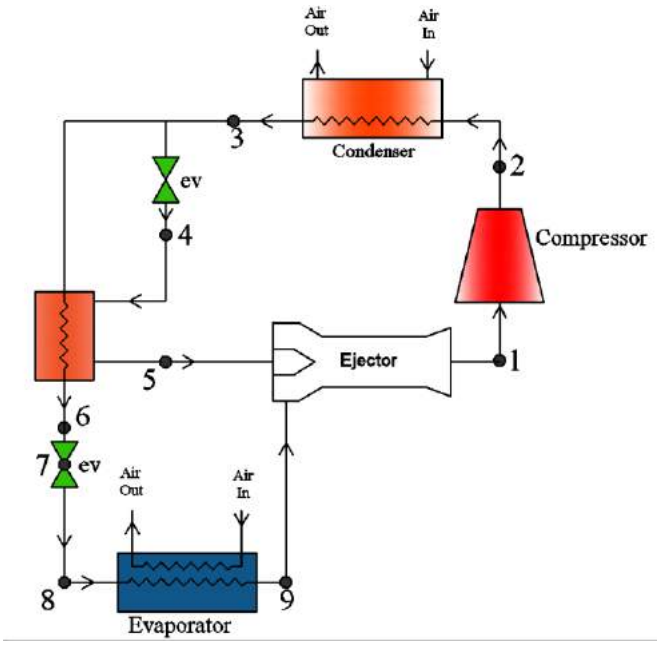


Figure 1. New subcooling system

For the presentation of results

$$COP_e^* = \frac{COP_e}{COP_C} \tag{3}$$

$$\Delta T_{sc}^* = \frac{\Delta T_{sc}}{T_c - T_e} \tag{4}$$

are defined. COP_e is coefficient performance of ejector system and COP_C is coefficient performance of conventional system. $\Delta \mathbf{T}_{sc}$ is subcooling temperature difference, T_c and T_e are condenser and evaporator temperatures.

In figure 2, $\mathbf{COP_e^*}$ is demonstrated as a function of $\Delta \mathbf{T_{sc}^*}$ for different values of T_e. $\mathbf{COP_e^*}$ has a certain optimum value around $\Delta \mathbf{T_{sc}^*} = \mathbf{0.5}$. The lower the evaporator temperature Te, the higher is $\mathbf{COP_e^*}$.

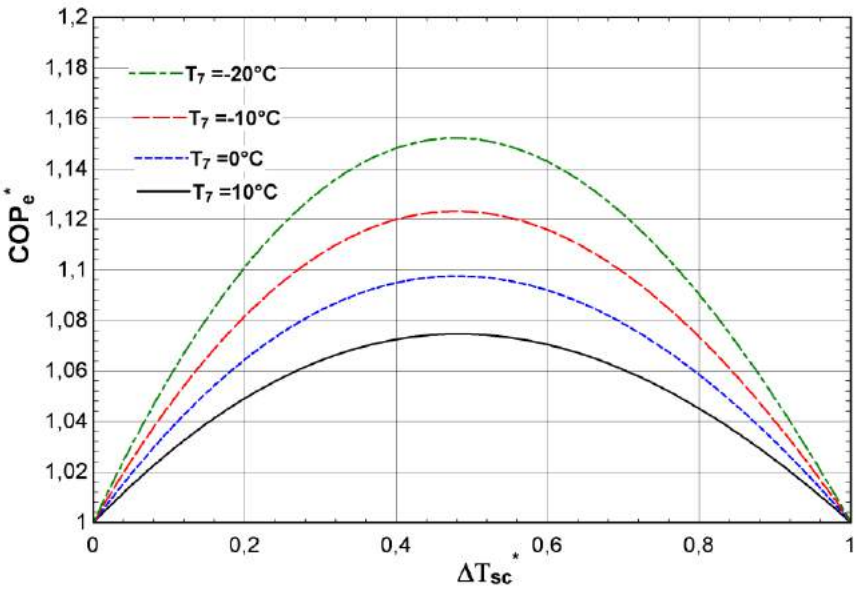


Figure 2. Variation of COP_e^* with $\Delta \mathbf{T_{sc}^*}$.

Keywords — Refrigeration, ejector, subcooling, thermodynamic simulation.

KAYNAKLAR

[1] B. A. Qureshi, S. M. Zubair, Mechanical sub-cooling vapor compression systems: Current status and future directions, Int. J. Refrigeration, 36(2013), 2097-2110.

[2] S. M. Zubair, Improvement of refrigeration/air-conditioning performance with mechanical sub-cooling, Energy, 15(1990), 427-433.

[3] Pridasawas W. Solar-driven Refrigeration Systems with Focus on the Ejector Cycle. PhD Thesis, Royal Institute of Technology, 2006, Stockholm.

[4] Kim DS, Infante Ferreira CA. Solar refrigeration options-a state-of-the-art review. International Journal of Refrigeration 2008; 31: 3-15.

[5] Abdullateef JM, Sopian K, Alghoul MA, Sulaiman MY. Review on solar driven ejector refrigeration technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2009; 13: 1338-1349.

[6] Chen X, Omer S, Worall M, Riffat S. Recent developments in ejector refrigeration technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2013;19: 629-651.

[7] Jianlin Yu, Yunfeng R, Hua C, Yanzhong L. Applying mechanical subcooling to ejector refrigeration cycle for improving the coefficient of performance, Energy Conversion and Management, 2007, 48:1193-1199.

[8] Yılmaz, T., Buhar sıkıştırmalı ejector destekli aşırı soğutmalı soğutma makinesi, Patent başvurusu, Nisan 2018.

Analytical Investigation of a Refrigeration Cycle Integrated with Mechanical Subcooling Using Different Refrigerant Pairs

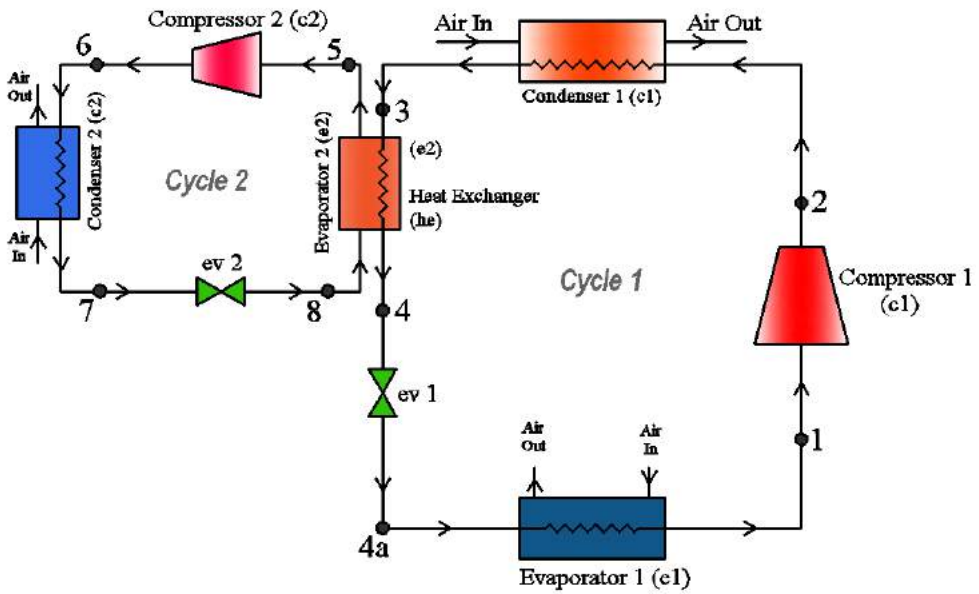
Farklı Akışkan Çiftleri Kullanarak Mekanik Aşırı Soğutmalı Bir Soğutma Çevriminin Analitik Olarak İncelenmesi

Tuncay YILMAZ[1]
Mehmet Tahir ERDİNÇ[2*]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye
[2*]Makine Mühendisliği Böl., Mühendislik Fak. Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye, mehmettahirerdinc@osmaniye.edu.tr

Özetçe—Dünyanın sıcaklığının artması ve konfor taleplerinden dolayı yüksek performanslı soğutma sistemlerine ihtiyaç artmaktadır. Soğutma etkinliğinin artırılmasında aşırı soğutmanın önemi vardır. Aşırı soğutma için farklı metotlar araştırmacılar tarafından incelenmemiştir ve Qureshi and Zubair [1] bazı metotları araştırmışlardır. Mekanik aşırı soğutma sistemlerinde yoğuşturucu çıkışındaki sıvıyı soğutmak için ikinci bir çevrim kullanılır. Ancak ilk yatırım maliyetinin artması bu sistemin negatif tarafıdır. Zubair[2] mekanik aşırı soğutma kullanarak %20 ile %40 arasında enerjinin geri kazanılacağını bulmuştur. Yılmaz ve ark. [3] da mekanik aşırı soğutma sistemini R134a gazı kullanarak analitik ve sayısal olarak incelemişlerdir.

Bu çalışmada, şekil 1'de gösterilen entegre mekanik aşırı soğutma sistemi farklı soğutucu akışkan (R134a, R245fa, R1234yf and R32) kullanılarak analitik olarak incelenmiştir. Yoğuşturucu ve buharlaştırıcı sıcaklıklarının sistem performansı üzerindeki etkisini görmek için yoğuşturucu sıcaklığı $\mathbf{40}$°C $-$ $\mathbf{60}$°C ve buharlaştırıcı sıcaklığı $-\mathbf{20}$°C $-$ $\mathbf{10}$°C aralarında değiştirilmiştir.

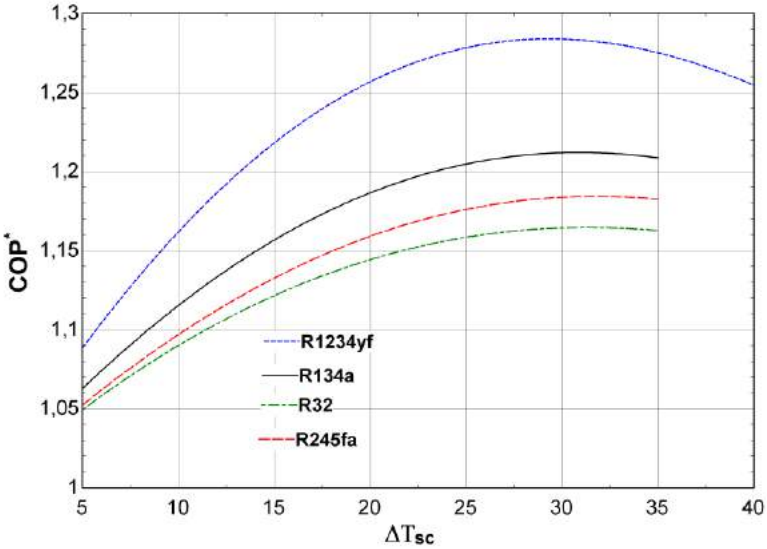


Şekil 1. Entegre mekanik aşırı soğutmalı soğutma sistemi [3]

Sonuçları karşılaştırmak için aşağıda verilen eşitlik yazılmıştır:

$$COP^* = \frac{COP}{COP1} \tag{1}$$

COP ve COP 1 normal ve mekanik aşırı soğutmalı sistemlerin etkinlik katsayılarıdır. COP* değerinin aşırı soğutma sıcaklığı $\Delta \boldsymbol{T_{sc}}$ ile değişimi yoğuşturucu sıcaklığı $\boldsymbol{T_c = 50}$°C, buharlaştırıcı sıcaklığı $\boldsymbol{T_e = -20}$°C ve çeşitli soğutucu akışkanlar için şekil 2 de gösterilmiştir. Burada bir optimum aşırı soğutma sıcaklığı $\Delta \boldsymbol{T_{sc}}, \boldsymbol{o}$ olduğu görülmektedir. COP* için en yüksek değer R1234yf de elde edilmiştir.



Şekil 2. COP* değerinin çeşitli soğutucu akışkanlar için aşırı soğutma sıcaklığı ΔT_{sc} ile değişimi ($T_{e1} = -20$°C, $T_c = 50$°C)

Anahtar Kelimeler — Analitik, soğutma, aşırı soğutma, etkinlik katsayısı.

Abstract— The need for high performance refrigeration systems are increasing because of the increase in earth temperature and comfort demand. One of the methods is subcooling. Different methods for subcooling have been investigated by researchers, some of them are described by Qureshi and Zubair [1].

In the dedicated and integrated subcooling systems, a second refrigeration cycle is used to cool the liquid after condenser. Increase in the investment cost of the system is the main drawback of this way of subcooling. Zubair [2] found that using mechanical subcooling energy savings between 20% and 40% can be obtained. Recently, Yilmaz et al. [3] investigated analytically and numerically a refrigeration cycle integrated with mechanical subcooling using R134a as refrigerant. They showed that COP values can be increased by 30%.

In this work, a refrigeration system integrated with mechanical subcooling (figure 1) is investigated analytically using different refrigerant pairs, namely R134a, R245fa, R1234yf and R32, respectively. Condenser and evaporator temperatures are varied to see their influence on the system performance in between $\boldsymbol{40}$°C $-$ $\boldsymbol{60}$°C and $-\boldsymbol{20}$°C $-$ $\boldsymbol{10}$°C respectively.

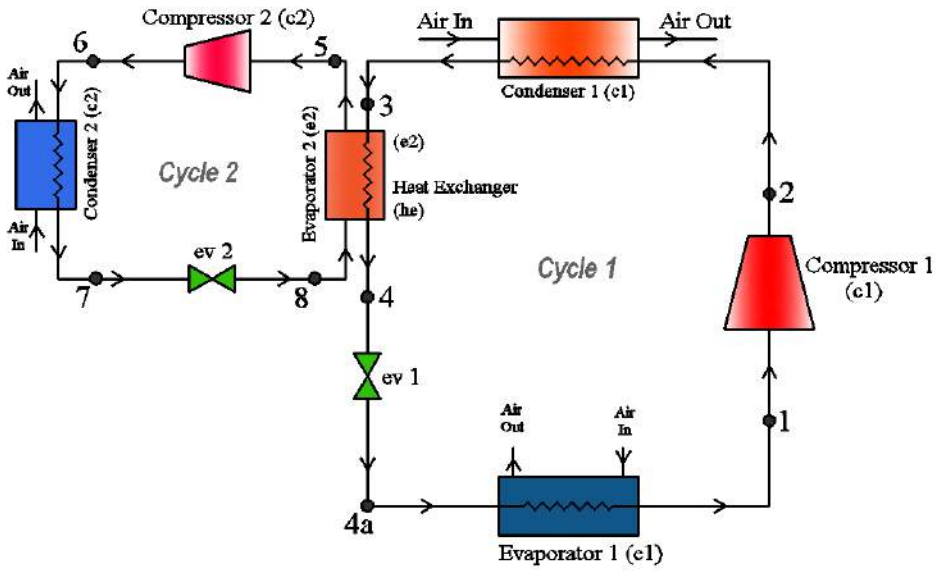


Figure 1. Mechanical Subcooling integrated refrigeration system [3]

For the comparison of the results we define

$$COP^* = \frac{COP}{COP1} \tag{2}$$

COP and COP1 are coefficient of performance for normal and mechanical subcooling system. In figure 2, COP* is presented as a function of the subcooling temperature ΔT_{sc} for condenser temperature $T_c = 50$°C and for different evaporator temperature T_{e1} for different refrigerants. The optimum subcooling temperature $\Delta T_{sc}, o$ can be clearly seen. The highest values of COP* are obtained for R1234yf.

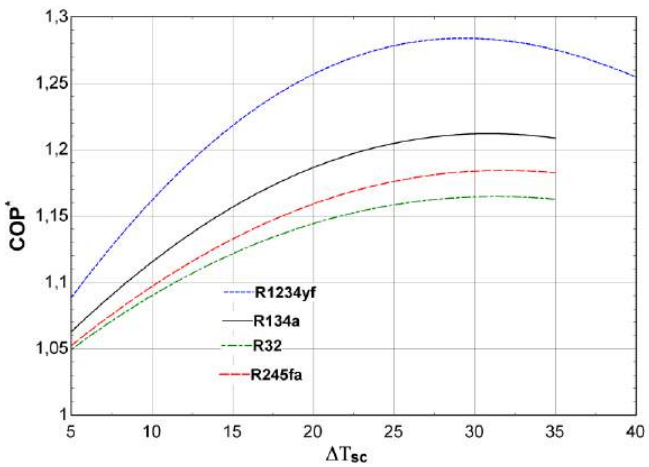


Figure 2. Variation of COP^* dependent of sucbcooling temperature ΔT_{sc} for different refrigerants ($T_{e1} = -20$°C, $T_c = 50$°C)

Keywords — analytical, refrigeration, subcooling, COP.

KAYNAKLAR

[1] B. A. Qureshi, S. M. Zubair, Mechanical sub-cooling vapor compression systems: Current status and future directions, Int. J. Refrigeration, 36(2013), 2097-2110.

[2] S. M. Zubair, Improvement of refrigeration/air-conditioning performance with mechanical sub-cooling, Energy, 15(1990), 427-433.

[3] Yilmaz Alper,Aktaş Arif Emre,Erdinç Mehmet Tahir,Yilmaz Tuncay (2017). Analytical and numerical investigation of a refrigeration cycle integrated with an other cycle for subcooling. International Advanced Researches Engineering Congress, 257-263.

Enhancement of PV Panels Power Using Ground Source Heat Exchanger

Fotovoltaik Panellerin Yerkaynaklı Isı Değiştiricisi Kullanarak iyileştirilmesi

Tuncay YILMAZ[1]
Mehmet Tahir ERDİNÇ[2*]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye
[2*]Makine Mühendisliği Böl., Mühendislik Fak., Osmaniye Korkut Ata Üni, Osmaniye, Türkiye, mehmettahirerdinc@osmaniye.edu.tr

Özetçe—1970'li yıllardan günümüze artan enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlar yerine alternatif enerji kaynakları kullanılarak enerji eldesi önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde halen kullanılan fosil yakıtların rezervleri sınırlı miktardadır ve küresel ısınma gibi çevreye zararlı etkileri vardır. Yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan enerji kaynakları hem sınırsız kullanıma olanak sağlar hem de çevreye zarar vermezler. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir. Güneş pilleri ya da fotovoltaik piller (PV) diye adlandırılan cihazlar ise yarıiletkenlerin fotovoltaik etki özelliğini kullanarak güneş ışığından elektrik enerjisi üretirler. Güneş hücreleri modülleri, modüller de panelleri oluşturmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı, 2050 yılına kadar, güneş enerjisi sistemlerinin, tanımladıkları 2 derecelik yükselme senaryosunda küresel elektrik talebinin yaklaşık% 17'sini sağlayacağını tahmin etmektedir [1]. PV pazarı son yirmi yıl içinde güçlü bir şekilde büyümüştür. Bu duruma paralel olarak, üretim maliyetleri, Çin'de artan üretim ile katlanarak azalmaktadır. c-Si güneş pillerinin fiyatı, yılda% 10-15 oranında azalmaktadır. Dünyanın en büyük PV güç istasyonu 25 km^2'nin üzerinde bir montaj alanı ve 0,5 GWp'lik maksimum kapasitesi ile ABD'de inşa edilmiştir [2].

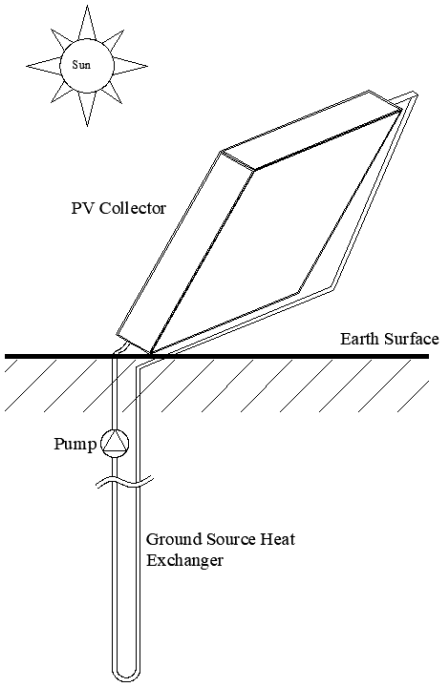
PV hücreleri güneş enerjisini yaklaşık% 5 ile % 25'lik bir verimle elektriğe dönüştürür. Bu, önemli miktarda güneş enerjisinin geri yansıtıldığını veya ısıl enerjiye dönüştürüldüğünü göstermektedir [3]. Bu durum, hücre sıcaklığında bir artışa ve elektrik dönüşüm verimliliğinde bir azalmaya neden olur. Eğer ısıl enerji panelden çekildiğinde ve uygun bir şekilde kullanıldığında PV hücrelerinde sıcaklık artışlarını önler ve sistemin etkinliğini artırır.

Hücre verimi için birçok eşitlik geliştirilmiştir ve Das ve ark. [4] bir kısmını vermişlerdir. Daha fazla eşitlik te Skoplaki ve Palyvos tarafından yapılan bir çalışmada bulunabilir [5].

Yukarıda belirtildiği gibi, PV panellerinden güç üretimi, hücre sıcaklığındaki artışla azalır. PV hücrelerinden gelen ısının uzaklaştırılması için ısı transfer akışkanları kullanılır. Bir ısı transfer sıvısı olarak hava kullanılması çok basittir, ancak ortam sıcaklığının 20°C den yüksek olduğu düşük yerlerde, sıvı akışkanlardan daha az etkilidir [6]. Araştırmacılar tarafından kanatlı kanallar, PV'nin arka tarafına takılan fitiller, su jeti ile soğutma, faz değişim malzemeleri, ısı boruları, nano akışkanlar vb. gibi başka yöntemler kullanılmaktadır [4].

Bir panelden elde edilen güç, panel sıcaklığını azaltarak en yüksek seviyede tutulabilir. Bu amaçla, yüksek sıcaklıktaki paneller toprak kaynaklı ısı değiştiriciler kullanılarak sıcaklığı azaltılır.

Bu çalışmada, farklı çevresel çalışma koşulları altında sistem verimliliği incelenecektir. Artan sistem verimliliği, daha az panel alanına ve dolayısıyla yatırım maliyetinin düşmesine yol açacaktır. İncelenecek olan şekil 1 de gösterilmiştir.

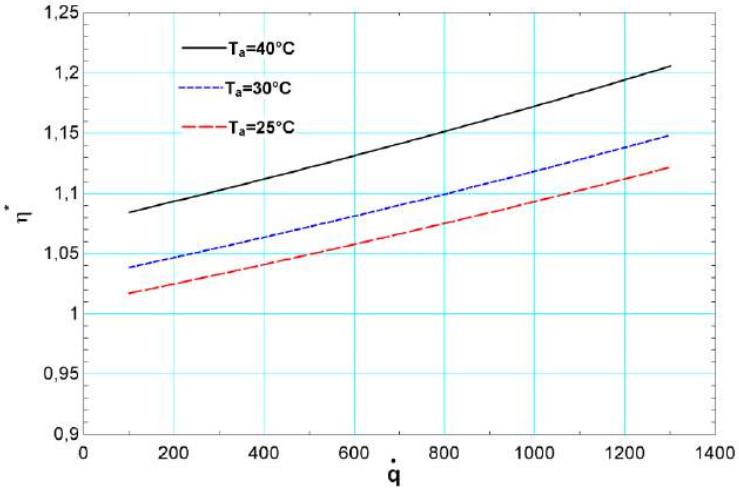


Şekil 1. Toprak kaynaklı ısı değiştiricili PV paneli

Sonuçları göstermek için boyutsuz verim η^* tarif edilmiştir:

Burada, η_{PV} ve $\eta_{PV,o}$ toprak kaynaklı ısı değiştiricisiyle soğutulan sistemin verimi ve normal atmosferik hava ile soğutulan sistemin verimidir.

Şekil 2 de η^* nın güneş ısı akısı $\dot{q}$ ile değişimi verilmiştir. Burada parametre olarak T_a verilmiştir. η^*hem $\dot{q}$ hem de T_a ile artmaktadır.



Şekil 2. η^* nın güneş ısı akısı $\dot{q}$ ile değişimi

Anahtar Kelimeler — PV panelleri, alternatif enerji, toprak kaynaklı ısı değiştiricisi, güneş enerjisi.

Abstract— Reserves of fossil fuels are getting scarce day by day and fossil fuels have harmful effects on the environment such as global warming. Using alternative energy sources instead of fossil fuels have been an important issue to meet increasing energy demand since 1970s without environmental problems. Renewable energy sources provide unlimited use of energy without giving harm to the environment. Solar energy has been defined as one of the most promising sort of renewable energy source. Devices called solar cells or photovoltaic (PV) cells generate electricity through sunlight using the photovoltaic effect. A PV module consists of a number of cells connected in series and these modules compose panels.

The International Energy Agency predicts that by the year 2050, solar energy systems will be supplying about 17 % of the global electricity demand in the 2 degree rise scenario in which they defined it [1]. The PV market has been strongly growing over the last twenty years. Parallel to this situation, production costs have been decreasing exponentially by increased production predominantly in China. The price of crystalline silicon (c-Si) solar cells has been decreasing by 10-15% per year. The biggest PV power station in the world was recently constructed in US with an installment area of over 25 km^2 and a 0.5 GW_p peak capacity [2].

PV cells convert solar energy into electricity with an efficiency of about 5 to 25 %. This shows that important amounts of solar energy are reflected or converted into thermal energy [3]. This situation causes a rise in cell temperature and a decrease in electricity conversion efficiency. If thermal energy is rejected and is used in a proper way, it normally prevents temperature increases in PV cells, and usually improves the efficiency of the system simultaneously.

A number of correlations have been developed for cell efficiency and Das et al.[4] have given some of them. More correlations also can be found in a work done by Skoplaki and Palyvos [5].

As mentioned above, power generation from PV panels decreases with the rise in the cell temperature. In order to remove heat from PV cells, heat transfer fluids are employed. Using air as a heat transfer fluid is a very simple, however, at low latitudes where the ambient temperature is higher than 20 °C, it is less effective than liquid fluids [6]. There are another methods used by researchers such as roll bond absorber, finned channels, wicks attached to the rear side of the PV, water jet cooling, use of phase change materials, heat pipes, nano fluid etc [4].

Power obtained from a panel can be kept at the highest level by reducing the panel temperature. For this purpose, high temperatures of the panels are reduced using ground source heat exchangers.

In this study, system efficiencies will be simulated under different environmental operating conditions. Increased system efficiencies will lead to less panel area and therefore reduced investment cost. Systems to be investigated are shown in figure 1.

For the presentation of the results a dimensionless efficiency $\boldsymbol{\eta}^*$ is derived

$$\eta^* = \frac{\eta_{PV}}{\eta_{PV,o}} \tag{5}$$

Here, $\boldsymbol{\eta}_{\mathbf{PV}}$ and $\boldsymbol{\eta}_{\mathbf{PV,o}}$ are efficiency by ground source heat exchanger cooling and normal atmospheric air cooling.

In figure 2 $\boldsymbol{\eta}^*$is presented as a function of solar heat flux $\dot{\mathbf{q}}$. As parameter in this figure ambient temperature T_a is given. It is seen that $\boldsymbol{\eta}^*$increases with $\dot{\mathbf{q}}$ and also increases with T_a.

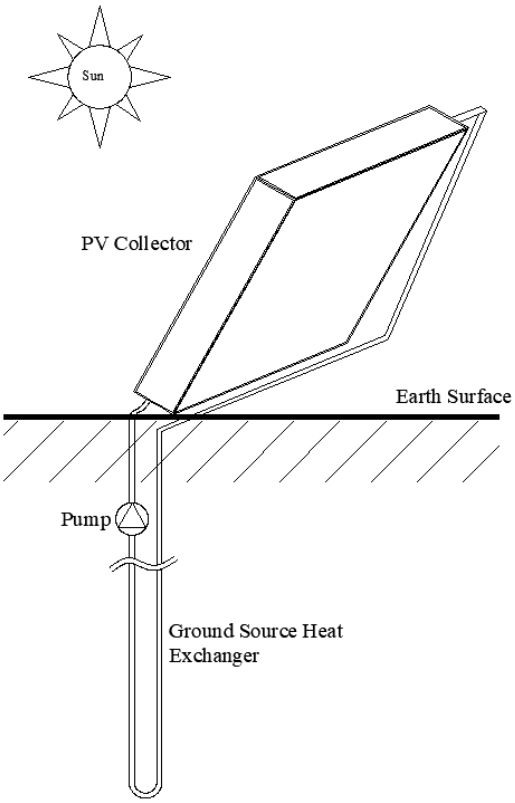


Figure 1. Systems to be investigated

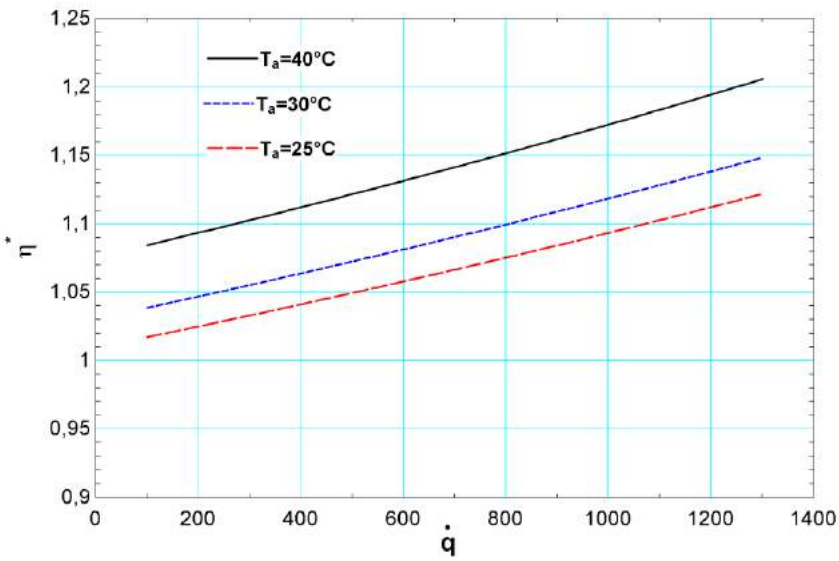


Figure 2. Variation of η^* as a function of solar heat flux $\dot{q}$

Keywords — PV panels, alternative energy, ground source heat exchangers, solar energy.

KAYNAKLAR

[1] OECD & IEA, 2014. Energy technology perspectives 2014: Harnessing electricity's potential,Tech.Rep.

[2] Markides, C.N., 2015. Low-Concentration Solar-Power Systems Based on Organic Rankine Cycles for Distributed-Scale Applications: Overview and Further Developments. *Frontiers in Energy Research*, pp.1–16(3). Available at: http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fenrg.2015.00047/abstract.

[3] Aste, N., Leonforte, F. & Pero, C. Del, 2015. Design , modeling and performance monitoring of a photovoltaic – thermal (PVT) water collector. *Solar Energy*, 112, 85–99.

[4] Das,D., et al., 2018, Flat plate hybrid photovoltaic- thermal (PV/T) system: A review on design and development, Renewable and Sustainable Energy Reviews,84,111-130.

[5] Skoplaki, E., Palyvos, J.A.,2009, On the temperature dependence of photovoltaic module electrical performance: A review of efficiency/power correlations, Solar Energy,83(5), 614-624.

[6] Lamnatou, C. & Chemisana, D., 2017. Photovoltaic/thermal (PVT) systems: A review with emphasis on environmental issues. *Renewable Energy*, 105, pp.270–287. Available at: http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.009.

Micro Scale Hydroelectric Power Plants for Energy Recovery in Wastewater Treatment Plants

Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Gerikazanımı için Mikro Ölçekte Hidroelektrik Santraller

Deniz UÇAR[1,2]
Tülay YILMAZ[1]
Dilek ERKAN[1]
Müjgan YILDIZ[1]
Şeyma ARZUM[1]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, denizucar@harran.edu.tr
[2]Biyokütle Laboratuvarı, Gap Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

***Özetçe*—**Mikro hidroelektrik santraller (HES), maksimum kurulu gücü 500 kW'a kadar olan kanal tipi hidroelektrik santrallerdir. Enerji üretimi sağlamak için çeşitli doğal ve yapay akıntılara kurulabilirler[1]. Atıksu arıtma tesisleri atık su akıntıları üzerine inşa edilmiş birimlerdir ve hizmet ettikleri bölgedeki insan nüfusuyla orantılı olarak atıksu akışı barındırırlar[2]. Bu atık su akışıyla, çeşitli ölçeklerde mikro HES'ler çalıştırılabilir. Atıksu arıtma tesisinin bulunduğu noktada topoğrafik yapı da doğrudan üretilebilecek enerji miktarını etkilemektedir. Bu çalışmada mikro HES'lerin atık su arıtma tesislerinden geçen atık su ile üretebileceği enerji miktarı araştırılmıştır. Çalışmada ziyaret edilen üç atıksu arıtma tesisi, Van - Edremit; Elazığ - Sivrice ve Tunceli kullanılmıştır. Atık su akış oranları, sırasıyla Edremit, Sivrice ve Tunceli için 0.075, 0.105 ve 0.062 m^3/s'dir. Bu tesisler için düşme yüksekliği sırasıyla 47.5, 10 ve 18 m'dir ve üretilebilecek enerji miktarı, uygun kapasitede jeneratör/türbin kullanımı varsayımıyla teorik olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, Edremit atıksu arıtma tesisine, tesis çıkış ve alıcı ortam (Van Gölü) arasına yerleştirilecek bir mikro hidroelektrik santral ile aylık enerji tüketiminin %20.1'ini sağlanabilir (Aylık potansiyel üretim miktarı 20129 kWh/ay). Aynı şekilde, Sivrice ve Tunceli için sırasıyla 5932 ve 6305 kWh/ay elektrik üretilebilmektedir. Mikro HES'lerin kolay kurulum ve rezervuar alanına gerek duyulmaması gibi birtakım avantajları vardır ve bu nedenle yüksek elektrik tüketimi olan atıksu arıtma tesislerine çevre dostu bir yaklaşımdır.

Anahtar Kelimeler — Atıksu arıtma tesisleri, elektrk enerjisi, hidroelektrik santraller, atıksu akışı.

***Abstract*—**Micro hydroelectric power plants (HEPP)are canal type hydroelectric power plants with a maximum installed capacity of 500 kW. They can be installed on various natural and artificial streams to provide energy production[1]. Wastewater treatment plants are units constructed on a wastewater stream and host the wastewater flow in proportion to the human population in the region where they serve[2]. By this stream of wastewater, micro HEPPs can be operated at various scales. The topographic structure at the point where the wastewater treatment plant is located also directly affects the amount of energy that can be produced. In this study, the amount of energy that micro HEPPs can produce with wastewater flowing through wastewater treatment plants has been investigated. Three visited wastewater treatment plant, Van - Edremit; Elazığ - Sivrice and Tunceli, were used in the study. The wastewater flow rates are 0.075, 0.105 and 0.062 m3/s for Edremit, Sivrice and Tunceli respectively. Fall heights are 47.5, 10 and 18 m respectively for these plants, and the amount of energy that can be produced is theoretically calculated with the assumption of generator/turbine usage at the appropriate capacity. According to the calculations, Edremit wastewater treatment plant can be provided with 20.1% of the monthly energy consumption with a micro hydroelectric power plant to be placed between the plant exit and the receiving environment (Van Lake) (Monthly potential production amount 20129 kWh / month). Likewise, for Sivrice and Tunceli, electricity of 5932 and 6305 kWh/month can be produced respectively. Micro HEPPs have a number of advantages such as easy installation and no need for reservoir area and therefore they are an environmentally friendly approach to wastewater treatment plants with high electricity consumption.

Keywords — Wastewater treatment plants, electric power, hydroelectric power plants, wastewater flow.

KAYNAKÇA

[1] A.H. Elbatran, O.B. Yaakob, Y.M. Ahmed, H.M. Shabara, Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: a review, Renew. Sustain. Energy Rev. 43 (2015) 40–50.

[2] E. Awuah, R. Amankwaah-Kuffour, S.F. Gyasi, H.J. Lubberding, H.J. Gijzen, Characterization and management of domestic wastewater in two suburbs of kumasi, Ghana., Res. J. Environ. Sci. 8 (2014) 318–330. doi:10.3923/rjes.2014.318.330.

Cathodic Electron Acceptors in Microbial Fuel Cells
Mikrobiyal Yakıt Hücrelerinde Katodik Elektron Alıcılar

Deniz UÇAR[1,3]
Yifeng ZHANG[2]
Irini ANGELIDAKI[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, denizucar@harran.edu.tr
2 Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark
[3]Biyokütle Laboratuvarı, Gap Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,

Özetçe— Mikrobiyal yakıt hücreleri (MYA'lar) son yıllarda biyosensörler ve atık su arıtımında potansiyel kullanımları sebebiyle ümit vaat eden bir teknoloji olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca organik maddenin anaerobik oksidasyonundan elde edilen elektronların kullanılmasıyla elektrik üretirler. MYH'leri, genellikle bir proton değişim membranı (PEM) ile ayrılan bir anot ve bir katot olmak üzere iki bölmeden oluşurlar[1]. Anot bölmesinde, ekzoelektrojenik mikroorganizmalar organik maddeyi okside eder, ancak hücre içinde bir elektron alıcısına ihtiyaç duymazlar. Dolayısıyla, elektronları hücresel zarın dışına protonlarla birlikte bırakırlar[2]. Bu durumda, protonlar ve elektronlar, anot bölmesinden katot bölmesine sırasıyla, PEM ve bir dış bağlantı aracılığıyla katot odasına geçer. Katot odasında elektronlar ve protonlar bir elektron alıcıları ile reaksiyona girer ve anottan katoda bu elektron transferi bir elektrik akımı üretir. Oksijen, yüksek oksidasyon potansiyeli ve indirgemeden sonra temiz bir ürün (su) vermesi nedeniyle katot bölmesinde kullanılan en yaygın elektron alıcısıdır. Ancak, birçok çalışma katot bölmesine oksijen kaynağının enerji tükettiğini göstermektedir[3]. Alternatif elektron alıcılarının kullanımı sadece sistemin güç üretimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda işletme maliyetlerini de düşürür, ayrıca MFC'lerin uygulama kapsamını da genişletir. Yakın zamanda, zor parçalanabilir bileşiklerin, bir elektron alıcısı olarak katoda arıtılabileceği bulunmuştur [4]. Bu bulgular, MFC'lerin çevresel kirleticileri kontrol etmek için kullanılabileceğini göstermektedir. Örneğin, nitrat atık sularda iyi bilinen bir kirleticidir. Nitrat ve oksijenin redoks potansiyelleri birbirine çok yakın olduğundan, katot bölmesinde nitrat bir elektron alıcısı olarak kullanılabilir [5]. Bu durumda, katot bölmesinde nitrat, nitrojen gazına indirgenir. Nitrat dışında, bakır [6], demir[7] ve civa [8] gibi bazı ağır metaller de elektron alıcıları olarak kullanılabilir ve böylece daha az toksik formlara indirgenebilir. Böylece elektrik üretimi ve atıksu arıtma aynı anda gerçekleşir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, MFC'lerde şimdiye kadar incelenen çeşitli elektron alıcılarını, bunların ortaya çıkacak performanslarını, sınırlamalarını ve gelecekteki potansiyel uygulamaları incelemektir.

Anahtar Kelimeler — Mikrobiyal yakıt hücreleri, katot bölmesi, elektrik üretimi, elektron alıcılar

Abstract—Microbial fuel cells (MFCs) have gained a lot of attention in recent years as a promising technology for their potential utilization in biosensors and wastewater treatment. They also generate electricity by the use of electrons obtained from the anaerobic oxidation of organic matter. Generally, the MFC consists of two parts, an anode and a cathode, which are usually separated by a proton exchange membrane (PEM) [1]. In the anode chamber, exoelectrogenic microorganisms oxidizes organic matter, but they don't need an electron acceptor in the cell. They, therefore, releases electrons together with protones to outside of the cellular membrane[2]. In this case, the protons and electrons pass through the anode chamber to the cathode chamber via the PEM and an external circuit respectively. In the cathode chamber, electrons and protons reacts with an electron acceptors and this electron transfer from the anode to the cathode produces an electricity current. Oxygen is the most common electron acceptor used in the cathode compartment due to its high oxidation potential and the fact that it yields a clean product (water) after reduction. However, most studies show that the oxygen supply to the cathode compartment is energy consuming[3]. The use of alternative electron acceptors may not only increase the power generation and reduce the operating costs, but also expands the application scope of MFCs. It has been recently found that some recalcitrant compounds can be treated in the cathode as an electron acceptor [4]. These findings suggest that MFCs can be used to control environmental pollutants. For example, nitrate is a well-known pollutant in wastewater streams. Since the redox potentials of nitrate and oxygen are very close to each other, nitrate can be used as an electron acceptor in the cathode compartment[5]. In this case, the nitrate is reduced to nitrogen gas by the denitrification process in the cathode compartment. Apart from nitrate, some heavy metals such as copper [6], iron [7] and mercury [8] can also be used as electron acceptors and thus reduced to less toxic forms. Thus, electricity

generation and wastewater treatment take place simultaneously. Therefore the aim of this study is to review various electron acceptors that have been explored in MFCs so far, their resulting performance, limitations as well as future potential applications.

Keywords — Microbial fuel cells, cathode chamber, electricity production, electron acceptors.

KAYNAKÇA

[1] B. Virdis, K. Rabaey, R.A. Rozendal, Z. Yuan, J. Keller, Simultaneous nitrification, denitrification and carbon removal in microbial fuel cells, Water Res. 44 (2010) 2970–2980. doi:10.1016/j.watres.2010.02.022.

[2] B. Min, S. Cheng, B.E. Logan, Electricity generation using membrane and salt bridge microbial fuel cells., Water Res. 39 (2005) 1675–86. doi:10.1016/j.watres.2005.02.002.

[3] D.P.B.T.B. Strik, H.V.M. Hamelers, C.J.N. Buisman, Solar energy powered microbial fuel cell with a reversible bioelectrode, Environ. Sci. Technol. 44 (2010) 532–537. doi:10.1021/es902435v.

[4] H. Gu, X. Zhang, Z. Li, L. Lei, Studies on treatment of chlorophenol-containing wastewater by microbial fuel cell, Chinese Sci. Bull. 52 (2007) 3448–3451.

[5] Y.-H. Jia, H.-T. Tran, D.-H. Kim, S.-J. Oh, D.-H. Park, R.-H. Zhang, D.-H. Ahn, Simultaneous organics removal and bio-electrochemical denitrification in microbial fuel cells., Bioprocess Biosyst. Eng. 31 (2008) 315–21. doi:10.1007/s00449-007-0164-6.

[6] H.C. Tao, M. Liang, W. Li, L.J. Zhang, J.R. Ni, W.M. Wu, Removal of copper from aqueous solution by electrodeposition in cathode chamber of microbial fuel cell, J. Hazard. Mater. 189 (2011) 186–192. doi:10.1016/j.jhazmat.2011.02.018.

[7] A. Ter Heijne, H.V.M. Hamelers, V. De Wilde, R.A. Rozendal, C.J.N. Buisman, A bipolar membrane combined with ferric iron reduction as an efficient cathode system in microbial fuel cells, Environ. Sci. Technol. 40 (2006) 5200–5205. doi:10.1021/es0608545.

[8] Z. Wang, B. Lim, C. Choi, Removal of Hg 2 + as an electron acceptor coupled with power generation using a microbial fuel cell, Bioresour. Technol. (2011) 8–11. doi:10.1016/j.biortech.2011.02.027.

Jet Etkili Havalı Güneş Kollektörünün Etkinliğinin Deneysel Analizi

Experimental Analysis of the Efficiency of Impinging Jet Solar Air Collector

Hüsamettin BULUT[1]
Yunus DEMİRTAŞ[2]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hbulut@harran.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, yunusdemirtas@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Güneş enerjisi uygulamalarında kullanılan temel elemanlardan biri güneş kollektörleridir. Güneşten aldığı enerjiyi faydalı ısıya dönüştürmek için tasarlanan güneş kollektörlerinden; güneş enerjisinin bina, tarımsal ve endüstriyel uygulamalarında yaygın olarak faydalanılmaktadır. Sıcak su üretiminde ve havanın ısıtılmasında kollektör kullanımının bütün dünyada benimsenmiş olması, fosil yakıtların tüketimini azaltan önemli bir etkendir. Güneş enerjisini toplama karakteristiği, konuşlandırma yöntemi, hangi tip akışkan ile çalıştıkları ve absorber üzerinde cam olan ve olmayan durumlarına göre sınıflandırılmaktadır.

Havalı güneş kollektörlerinde güneş enerjisinin transfer edildiği akışkan, havadır. Havalı güneş kollektörleri, çoğunlukla binaların ısıtılmasında, absorbsiyonlu soğutmada, tarım ve sanayi ürünlerinin kurutulmasında ve seraların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Havalı güneş kollektörlerinde, çıkış hava sıcaklığını ve verimi artırmak için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Hava akış kanalına dolgu malzemesi yerleştirme, yutucu plaka altına kanatçık eklenmesi, hava akışının düzenlenmesi, seçici yüzeyli yutucu kullanılması ve yutucunun altına jet plaka yerleştirilmesi yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

Bu çalışmada jet etkili havalı güneş kollektörünün etkinliği deneysel olarak Şanlıurfa kış şartlarında incelenmiştir. Galvanizli sac kullanılarak tasarlanan ve imal edilen kollektörde ısı transferini arttırmak amacıyla absorber altına çapı 10 mm olacak şekilde üzerine delikler açılan 0.30 mm kalınlığında jet plaka kullanılmıştır. Jet plakanın altına ise tekrar 30 mm boşluk kalacak şekilde 0.30 mm kalınlığında bir galvanizli sac daha yerleştirilmiştir. Jet plaka kullanımının amacı kollektöre giren havanın bir jet etkisi oluşturarak ısı transferi miktarını arttırmak, böylece kollektörün daha yüksek bir performans göstermesini sağlamaktır. Kollektör kasası 100 mm yüksekliğinde, 940 mm genişliğinde ve 1940 mm uzunluğunda olup 1 mm kalınlığında galvanizli sacdan imal edilmiş, saydam yüzey olarak 4 mm kalınlığındaki pencere camı kullanılmıştır. Kolektör kasasında ısıl izolasyon için cam yünü kullanılmıştır. Çalışmada kollektör giriş- çıkış sıcaklıkları, dış ortam sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışınımı ölçülmüştür. Farklı hava hızlarında yapılan deneylere ait sonuçlar; klasik kollektörlerle yapılan çalışmalara ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Jet plaka kullanımının kollektör etkinliği üzerine etkisi analiz edilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan jet etkili havalı güneş kollektöründen yüksek performans ve yüksek sıcaklıkta çıkış havası elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, havalı güneş kollektörü, jet etkisi, Şanlıurfa

***Abstract*—** One of the basic elements used in solar energy applications is solar collectors. Solar collectors designed to convert solar energy into beneficial heat is widely used in building, agricultural and industrial solar applications. The adoption of collectors in the production of hot water and in the air heating throughout the world is an important factor in reducing the consumption of fossil fuels. They are classified according to the characteristics of collecting solar energy, the method of deployment, type of working fluid and the glass and non-glass states on the absorber.

In solar air collectors, the fluid to which solar energy is transferred is air. Solar air collectors are mostly used for heating buildings, absorbing cooling, drying agricultural and industrial products and heating greenhouses. In solar air collectors, different methods are used to increase the output air temperature and the efficiency. It is common practice to

place filler material in the air flow channel, to insert fins under the absorber plate, to regulate air flow, to use a selective surface absorber, and to place a jet plate under the absorber.

In this study, the effectiveness of the jet impinging solar air collector was investigated experimentally in Şanlıurfa winter conditions. In order to increase the heat transfer in the collector designed and manufactured using galvanized sheet, a 0.30 mm thick jet plate is drilled on the bottom of the absorber to form a diameter of 10 mm. A further 0.30 mm thick galvanized sheet is placed under the jet plate with a gap of 30 mm. The purpose of using the jet plate is to increase the amount of heat transfer by creating a jet effect of air entering the collector so that the collector exhibits a higher performance. Collector frame is made of galvanized sheet of 100 mm height, 940 mm width and 1940 mm length and 1 mm thickness and 4 mm thickness window glass is used as transparent surface. Glass wool is used for thermal insulation of collector frame. Collector inlet-outlet temperatures, outdoor temperature, air velocity and solar radiation were measured in the study. Results from experiments at different air velocities; Results from experiments at different air velocities; were compared with the results of the work done with conventional collectors. The effect of jet plate usage on collector efficiency was analyzed. High performance and high temperature for exit air were obtained from the jet impinging solar air collector used in the experimental study.

Keywords — renewable energy, solar energy, solar air collector, impinging jet, Şanlıurfa

KAYNAKÇA

[1] H. Bulut, A.F. Durmaz, M. A. Aktacir, "Bir Havalı Güneş Kollektörünün Isıl Performans Analizi", 3. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 53-61, Mersin, 2007.

[2] H. Bulut, Durmaz, A.F., "Bir Havalı Güneş Kollektörünün Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Analizi", UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 168-175, Eskişehir, 2006

[3] Kılıç, F. Ç., Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri, Mühendis ve Makina Cilt: 56 Sayı: 671 s:28-40

[4] M. Şener, Etkin Bir Havali Güneş Kollektörünün Tasarımı Ve Optimizasyonu Yüksek Lisans Tezi Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

[5] R. Chauhan, N.S. Thakur, T. Singh, M. Sethi Exergy based modeling and optimization of solar thermal collector provided with impinging air jets Journal of King Saud University

[6] R. Chauhan, T. Singh, N. Kumar, A. Patnaik, N.S. Thakur Experimental investigation and optimization of impinging jet solar thermal collector by Taguchi method Applied Thermal Engineering 116 (2017) 100–109

[7] http://www.invest.gov.tr/enUS/infocenter/publications/Documents/ENVIRONMENTAL.TECH.RE NEWABLE.INDUSTRY.pdf

[8] http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fStrategic+Plan%2fStrategicPl an2015-2019.pdf

Yenilenebilir Enerjilere Yönelik Devlet Teşvikleri
State Incentivs for Renewable Energy

Bülent ÖRER[1]

[1]*İşletme Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,* bulentorer@gmail.com

Özetçe— Dünya genelinde enerjiye olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bununla birlikte mevcut doğal kaynakların verimli kullanılmasına yönelik araştırmalar ve çalışmalar her geçen gün ivme kazanmakta ve daha önemli bir hal almaktadır.

İnsanoğlunun sonsuz ve artan enerji ihtiyacına cevap verebilecek, var olan ve dünya var oldukça tükenmeyecek enerji kaynaklarından doğru istifade edilebilmesi gelişen teknolojiyle birlikte doğru kaynağa yönelmesinden geçmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları olarak tanımlanan hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarından yararlanmada en önemli unsurlardan bir tanesi olarak öne çıkan ilk yatırım maliyetleri ve bu maliyetlerin karşılanmasında en büyük destek mekanizmaları olan devlet teşvikleri bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Örnek verilecek olursa; 5346 sayılı Kanuna istinaden Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına (YEK) dayalı elektrik üretimi yapmak üzere işletmeye girmiş/girecek üretim lisansı sahipleri; On yıl süreyle yüksek tarife uygulanarak (I Sayılı Cetvel), üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde yüksek tarifeye ilave olarak beş yıl süreyle ek tarife fiyatı uygulanarak (II Sayılı Cetvel) desteklenmektedir.

I Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)	
Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleye dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

II Sayılı Cetvel (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür.)		
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
A- Hidrolelektrik üretim tesisi	1- Türbin	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
B- Rüzgar enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Kanat	0,8
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	1,0
	3- Türbin kulesi	0,6
	4- Rotor ve nasel gruplarındaki mekanik aksamın tamamı (Kanat grubu ile jeneratör ve güç elektroniği için yapılan ödemeler hariç.)	1,3
C- Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvertör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan	0,5

	malzeme	
D- Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6
E- Biyokütle enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Akışkan yataklı buhar kazanı	0,8
	2- Sıvı veya gaz yakıtlı buhar kazanı	0,4
	3- Gazlaştırma ve gaz temizleme grubu	0,6
	4- Buhar veya gaz türbini	2,0
	5- İçten yanmalı motor veya stirling motoru	0,9
	6- Jeneratör ve güç elektroniği	0,5
	7- Kojenerasyon sistemi	0,4
F- Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Buhar veya gaz türbini	1,3
	2- Jeneratör ve güç elektroniği	0,7
	3- Buhar enjektörü veya vakum kompresörü	0,7

Kaynak: 18/5/2005 tarih ve 25819 sayılı Resmi Gazete

Yukarıda örneklemi verildiği üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvikinde çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin devlet tarafından önceden belirlenmiş bir fiyat üzerinden elektrik dağıtım şirketleri aracılığıyla alınmasının garanti edilmesi, sübvansiyon ve maliyet düşürücü yatırım politikaları, yatırım vergi kredileri, hızlandırılmış amortisman, üretim vergi kredileri, mülkiyet vergi kredileri, gelir vergisi teşvikleri, KDV muafiyetleri, çevre vergisi istisnaları, ithalat vergisi indirimleri, hibeler, ekipman kredileri ve benzer uygulamalar bu kapsamda uygulanan benzer teşvik unsurlarıdır.

Anahtar Kelimeler : *Yenilenebilir Enerji, Doğal Kaynaklar, Teşvik*

Abstract—The need for energy around the world is increasing day by day. Research and studies on the efficient use of existing natural resource, also, have gained momentum and become more and more important.

It is necessary to turn to right sources together with the developing technology to be able to make the right use of the energy resources which are available today and will not run out as long as the earth exists, and can respond to the infinite and increasing energy needs of the human being.

Initial investment costs, one of the most important factors in benefiting from non-fossil energy sources such as hydraulic, wind, solar, geothermal, biomass, biogas (including landfill gas), wave, current and tidal energy, and government incentives, which are the main support mechanisms for meeting these costs, are the aims of this study.

For instance, license holders who wish to generate electricity based on Renewable Energy Sources (RES) are supported within the scope of the Law no. 5346 through the highest tariff for 10 years (Schedule I), and through an additional tariff (Schedule II) in addition to the highest tariff for 5 years in the case of procurement of domestically manufactured electromechanical systems.

Shedule I (Provision of the law dated 29/12/2010 and numbered 6094)	
Type of Production Facility Based on Renewable Energy Sources	Prices to be Applied (US Dollars cent/kWh)
a. Hydroelectric production facility	7,3
b. Wind power based production facility	7,3
c. Geothermal power based production facility	10,5

d. Biomass based production facility (including landfill gas)	13,3
e. Solar power based production facility	13,3

Schedule II (Provision of the law dated 29/12/2010 and numbered 6094)		
Type of Facility	Domestic Production	Local additive (US Dollars cent/kWh)
A-Hydroelectric production facility	1- Turbine	1,3
	2- Generator and power electronics	1,0
B- Wind power based production facility	1- Wing	0,8
	2- Generator and power electronics	1,0
	3- Turbine tower	0,6
	4- All of the mechanical equipment in rotor and nacelle groups (excluding payments made for the wing group and the generator and power electronics.)	1,3
C- Photovoltaic solar power based production facility	1- - PV panel integration and solar structural mechanics production	0,8
	2- PV modules	1,3
	3- Cells forming the PV module	3,5
	4- Invertor	0,6
	5- Material focusing the solar rays onto the PV module	0,5
D- Intensified solar power based production facility	1- Radiation collection tube	2,4
	2- Reflective surface plate	0,6
	3- Sun chasing system	0,6
	4- Mechanical accessories of the heat energy storage system	1,3
	5- Mechanical accessories of steam production system that collects the sun rays on the tower	2,4
	6- Stirling engine	1,3
	7- Panel integration and solar panel structural mechanics	0,6
E- Biomass power based production facility	1- Fluid bed steam tank	0,8
	2- Liquid or gas fuel steam tank	0,4
	3- Gasification and gas cleaning group	0,6
	4- Steam or gas turbine	2,0
	5- - Internal combustion engine or Stirling engine	0,9
	6- Generator and power electronics	0,5
	7- Cogeneration system	0,4
F- Geothermal power based production facility	1- Steam or gas turbine	1,3
	2- Generator and power electronic	0,7
	3- Steam injector or vacuum compressor	0,7

Source: Official Gazette dated 18/5/2005 and numbered 25819

As seen above, various means are used to promote the use of renewable energy source. Ensuring that electricity generated from renewable energy sources will be purchased by the state through electricity distribution companies at a pre-determined price, subsidy and cost-cutting investments, investment tax credits, accelerated depreciation, production tax credits, property tax credits, income tax incentives, VAT exemption, environment tax exemption, import tax discount, government grants, equipment credits and similar opportunities are some other incentives provided within this scope.

Keywords : Renewable Energy, Natural Sources, Incentive

REFERENCES

[1] *Official Gazette dated 18/5/2005 and numbered 25819*

Seralarda Enerji Verimliliği
Energy Efficiency In The Greenhouse

Sercan YAKIN[1] Zeynep ZAİMOĞLU[2] Serdar GÖÇER[3]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, srcnykn@gmail.com

[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, zeynepzaimoglu6@gmail.com

[3]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, serdargocer33@hotmail.com

***Özetçe*—**Seralar, bitkilerin yetişmesine uygun şartların sağlanması amacıyla çevre şartları kontrol edilebilen veya düzenlenebilen cam, plastik, fiberglas gibi ışığı geçiren materyallerle örtülü yapılardır. Kısaca, bitkilerin gelişmesi için uygun ortam sağlanarak üretim yapılan tesislerdir. Bu yüzden, soğuk mevsimlerde uygun ortamın sağlanması için seraların ısıtılması gereklidir. Prensip olarak, seralar ortalama dış sıcaklığın $12C^0$ altına düşmesi durumunda ısıtılmalıdır.Fakat ılıman bölgelerde dahil olmak üzere ısıtma için gerekli masrafları toplam üretim harcamaları içinde büyük bir paya sahiptir. Isıtma, genel olarak ılıman ikliminin hakim olduğu Akdeniz Bölgesinde bile üretim giderlerinin en az %20 sini oluşturmaktadır. Diğer bölgelerde bu oran %60 a kadar çıkabilmektedir. Bundan dolayı, ülkemizdeki seralarda düzenli bir ısıtma yapılamamakta ve yalnızca bitkileri don tutmasından korumak amacıyla bölgesel (lokal) bir ısıtma sistemi uygulanmaktadır. Düzenli ve sistemli şekilde ısıtma yapılmaması verim düşüklüğü ile birlikte üretim çeşidinde sınırlama ve hormon kullanma zorunluluğu gibi problemleri de beraberinde getirmektedir. Tüm bu etkenlerden dolayı seralarda ısı enerjisi gereksinimini azaltmak için yapılabilecek birçok şey vardır. İlk olarak, seralarda ısı kaybı örtü yüzeyinde gerçekleşiyor, bunu engellemek için örtü yüzeyini küçültmek en temel yaklaşımlardan bir tanesidir. İkincisi, örtü maddesi seçiminin doğru yapılması ve yalıtım sisteminin en iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir. Bitki gelişimi için en önemli iklim parametrelerinden birisi ışıktır. Akdeniz kuşağında Aralık-Şubat döneminde toplam global radyasyon < 2,34 kWh/m^2 gündür. Belirtilen nedenle kurulan tüm seralarda çatıda tek kat örtü malzemesi kullanılmaktadır. Bu koşullarda gece saatlerinde çatı örtü malzemesinden ortaya çıkan ısı kayıplarına karşı Isı Perdeleri kullanılmaktadır. Yine bunlara ek olarak, seralarda enerji gereksinimini azaltmak için uygun ısıtma sistemi seçimi de oldukça önemlidir. Seralarda gece, gündüz ve bu zamanlarda meydana gelen sıcaklık değişimlerinin incelendiği ve aynı zamanda ışık şiddeti değişimini düzenleyen otomasyon sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ek olarak, sera ısıtmasında ucuz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması üretim maliyetini düşüreceği gibi enerji verimliliğini de yükseltecektir. Türkiye'de seraları ısıtmak için kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında jeotermal enerji gelmektedir. Seraların ısıtılmasında dikkate alınması gerekli bir diğer ısı kaynağıda termik santrallerden ve sanayi işletmelerinde kurulan Kojenerasyon santrallerinden elde edilen atık ısıdır.

Bu çalışmada genel olarak, seraların yapısı anlatılmak ile birlikle seralardaki enerji verimliliğini arttırmak için uygulanan yönetmeler ve örneklerden bahsedilmektedir. Aynı zamanda seraları ısıtmak için kullanılan ve beraberinde enerji verimliliğini düşük maliyetli olarak arttırabilen yenilenebilir enerji kaynaklarından da bu çalışmada belirtilmektedir.

Anahtar Kelimeler; Sera, Enerji Verimliliği

Abstarct—Green house is covered with light-transmitting materials such as glass, plastic, fiber glass which can be controlled or regulated in order to provide conditions suitable for growing plants. In short, it produced by providing suitable environment for the development of plants. Therefore, it is necessary to heat the green houses in order to provide suitable environment during the cold seasons. In principle, the seras hould be heated if the average outside temperature falls below $12C^0$. But the costs for heating, including in temperate zones, have a large share in total production costs. Heating generally accounts for at least 20% of production cost seven in the Mediterranean Region, where temperate climate dominates. In other regions this ratio can be up to 60%. Therefore, regular heating can not be done in the green houses of our country and a regional (local) heating systemis applied only to protect the plants from frost. The lack of regular and systematic heating leads to problems such as low productivity and the necessity of limiting production and using hormones. Because of all these factors, there are many things that can be done to reduce the heat energy

requirement in the greenhouse. Firstly, heatloss in the green house occurs on the cover surface, and to reduce it is one of the most basic approaches to reduce the cover surface. Secondly, these lection of covering material must be done correctly and the insulation system must be adjusted to the best possible shape. One of the most important climate parameters for plant developmenti s light. The total global radiation in the Mediterranean zone in December-February is <2.34 kWh / m^2. In all the green housese stablished for the reasonstated, one layer of cover material is used on the roof. In these conditions, Heat Curtains are used against the heat losses from the roof covering material during night hours. In addition to these, it is also very important to choose the appropriate heating system to reduce the energy requirement in the greenhouses. Automation systems are being widely used at night, day time and during this time to examine temperature changes and also to regulate light intensity change. In addition, the use of cheap and renewable energy sources in greenhouse heating will reduce the cost of production as well as increase energy efficiency. At the beginning of the renewable energy sources used to heat greenhouses in Turkey comes geothermal energy. Another source of heat that must be taken into account when heating thes and sis waste heat from thermal power plants and cogeneration plants installed in industrial enterprises.

In this work in general, the description of the structure of green houses and the directives and examples applied to increase energy efficiency in the green are mentioned. It is also pointed out in this work that renewable energy sources, which are used to heat green houses and that can increase energy efficiency at low cost.

Key words; Greenhouse, energyefficiency.

KAYNAKÇA

[1] Berna Kendirli, ve Belgin Cakmak. "*Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı"*, 2010

[2] Nafi Baytorun, Zeynep Zaimoglu ve ÖzkanGügercin.*"Seralarda Enerji Verimliliğinin Artırılması". Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi 30 (2015): 125-136*

[3] Sedat Karaman ve Ahmet Kurunc. *"Seraların Jeotermal Enerji ile Isıtılmasında Ortaya Çıkabilecek Çevresel Etkiler".GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2004, 21 (2), 80-85*

Türkiye'de Yerel Yönetimlerin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Bakışı

Burcu TEKİN GEBEN[1]
B. Zeynep ZAİMOĞLU[2]

[1]ÇevreMühendisliğiBölümü, MühendislikFakültesi, ÇukurovaÜniversitesi, Adana, Türkiye, bgeben@student.cu.edu.tr
[2]ÇevreMühendisliğiBölümü, MühendislikFakültesi, ÇukurovaÜniversitesi, Adana, Türkiye, zeynepz@cu.edu.tr

Özetçe— Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli açısından zengin bir ülkedir. Sürdürülebilir ekonomiyi desteklemek ve fosil yakıtların çevresel etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve bu kullanımın desteklenmesi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının son yıllardaki destekleri ile gittikçe gelişen bir sektör haline gelmiştir. Ancak ülkemizde kaynakların kullanımı ve halkın bu konuda bilinçlenmesi yönünde en önemli etken yerel yönetimler olmaktadır. Toplum bilincinin artmasıyla birlikte yenilenebilir enerji kullanımının artması beklenmektedir. Toplum bilincinin oluşması için yerel yönetimler hedeflere ulaşmak için çalışmalar yapmaktadır. Yerel yönetimler son kullanıcıda talebi azaltmak için enerji verimliliği teknolojilerini uygulamak, güçlendirmek ve bunun sonucu olarak iklim değişikliği ve bütçe açıkları gibi yüksek enerji kullanımının olumsuz etkilerini azaltmak için kilit kurumlardır. Özellikle yerel yönetimler, son kullanım enerji talebini azaltan ve çoğu zaman yaşlanan altyapının sahipleri oldukları için daha verimli enerji hizmetleri sunan önlemleri uygulamaya koymakta merkezi bir rol oynamaktadır.

Büyükşehirlerde nüfusun ve sanayinin son yıllarda artması ile enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının rolü artmaktadır. Enerji arzının fosil yakıtlar dışında yenilenebilir kaynaklardan sağlanması yerel yönetimlerin çevreci politikalarını destekler. Böylece vatandaşlarına daha kaliteli bir yaşam alanı oluşturmak için fırsat sunar. Ayrıca yerel yönetimler sahip oldukları yerel bilgiler ile teknolojideki ilerlemenin, enerji arzının ve talebin nasıl yönetileceğine dair bilginin değerlendirilmesinde yönlendirici olabilirler. Yerel yönetimler bulundukları bölgelerde neyin inşa edileceği ve nasıl inşa edileceği konusunda daha fazla bilgi girdisinede sahiptirler. Bu avantajları ile Türkiye'nin birçok ilinde yenilenebilir enerji hizmeti için yerel yönetimler çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımında teşviklerin arttırılnası yapılan çalışmaların yaygınlaşmasına olanak sağlayacaktır.

Yerel yönetimler tarafından yapılan bu çalışmaların kapasiteleri ve verimlilikleri bulundukları bölgelere göre çeşitlilik göstermektedir. Bu farklılıklara göre enerji arzının yenilenebilir enerjiden sağlanmasında uygulamalarda değişiklikler bulunmaktadır. Bu çalışmada uygulamaların elektrik enerji üretimindeki payları, hedefe ulaşıp ulaşmadıkları, etkili bir biçimde devamlılıklarının izlenmesi ile sahip oldukları potansiyele ulaşmalarında yerel yönetimlerin teşvikleri araştırılmıştır. Ayrıca yerel yönetimlerin yenilenebilir enerjideki payları/katkıları tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerj; yerel yönetimler.

KAYNAKÇA

[1] Dinçer, I., "Renewable energy and sustainable development: a crucialreview", Renewable and Sustainable Energy Reviews., 4(2):157-175, 2000.

[2] Kaushik, S.C., Kothari, S., Panwar, N.L., " Role of renewable energy sources in environmental protection: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews., 15(3):1513-1524, 2011.

[3] Haas, R., Held, A., Panzer, C., Ragwitz, M., Reece, G., Resch, G., "A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries", Renewable and Sustainable Energy Reviews., 15(2):1003-1034, 2011.

[4] Guner, E.D., Turan, E.S., "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Küresel İklim Değişikliği Üzerine Etkisi", Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi., 3(1):48-55, 2017.

Veri Madenciliği Yöntemleri İle Meteorolojik Verilerden Kayıp Güneş Işınım Değerlerinin Tahmini

Estimation Of Missing Solar Radiation Values Of Meteorological Data Using Data Mining Techniques

Duygu SAĞALTICI[1]
Fatma Didem ALAY[2]
Cihan EFİL[3]
Nagehan İLHAN[4]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, sagalticiduygu7@gmail.com
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, fdidemogretmen@harran.edu.tr
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, cihan.efil@hotmail.com
[4]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nagehanilhan@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Günümüzde doğaya zarar vermemekle birlikte, sınırsız ve dünyanın her yerinde mevcut olan yenilenebilir kaynakların kullanımı önceki yıllara oranla ciddi miktarda artış göstermektdir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında kullanımı giderek yaygınlaşan sistemler, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren PV panellerdir. Güneş enerjisi sistemlerinde enerji elde etmede en önemli etkenlerden biri güneş radyasyon değeridir. Sistem tasarlanırken panel eğim açısının nasıl belirleneceğine güneş ışınlarının panele gelme açıları değerlendirilerek karar verilir. Güneş radyasyonu sıcaklık, nem, basınç, rüzgar, güneşli gün sayısı ve coğrafi konuma bağlı olarak değişim göstermektedir **[1]**.

Çalışmada Harran Üniversitesi bünyesinde yer alan GAPYENEV merkezindeki meteorolojik gözlem istasyonundan 2013 yılından itibaren alınan meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Bu istasyondan toplanan verilerdeki kayıp güneş ışınım değerlerinin çeşitli veri madenciliği yöntemleriyle tahmin edilmesi çalışmaları yapılarak Şanlıurfa ili için güneş ışınım değerlerinin doğruluğu arttırılmakta, böylelikle güneş panelleri ile yenilenebilir enerji üretiminde enerji veriminin yükseltmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler — veri madenciliği; kayıp veri tahmini;yapay sinir ağları; güneş radyasyon değeri

***Abstract*—** Today, many scientists have sought to find renewable resources that are unlimited and available all over the world to prevent any possible harm and damage in the nature. Photovoltaic (PV) panels are getting one of the most popular and widespread among renewable energy sources. It basically converts solar energy into electricity. One of the most important factors in obtaining energy is the solar radiation intensity. The optimum angle of the panel for the sake of the maximum efficiency is determined by studying the angle of sun rays coming towards the pan. Solar radiation varies with respect to temperature, humidity, pressure, wind, number of sunny days and geographical location.

The meteorological data, used in this study, are collected from the meteorological observation station at the GAPYENEV center in Harran University since 2013. The accuracy of solar radiation intensity for Şanlıurfa province is increased by estimating the losses in solar radiation collected from GAPYENEV with various data mining methods. By doing this, we plan to improve the efficiency in renewable energy with solar panels.

Keywords — data mining; missing data values; artificial neural networks; solar global radiance.

Biyoetanol Elde Edilme Mekanizmaları, Avantajları-Dezavantajları

Process for Bioethanol Production, Advantages-Disadvantages

Betül GÖNCÜ[1]
Hakki GÜLŞEN[2]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, betulgoncu@harran.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hgulsen@harran.edu.tr

Özetçe— Biyoyakıtlar, genellikle tarımsal ürün atıklarından biyolojik yollarla elde edilen, katı, sıvı ve gaz formlarında bulunabilen alternatif yakıtlardır. Biyogaz, biyoetanol, biyometanol, biyohidrojen, biyopelet, biyodizel gibi türleri olan biyoyakıtların en çok kullanılan türü biyoetanoldür. Biyoetanol eldesinde hammaddeler, şeker içeren bitkiler, nişasta içeren ürünler ve lignoselülozik kaynaklı ürünler olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır. Şeker ve nişasta içerikli hammaddelerden biyoetanol eldesinin günümüzde yaygın olarak kullanılan bir sistemi mevcuttur. Ancak bu tür hammaddeler gıda amaçlı kullanılan ürünlerdir ve Dünyadaki nüfus artışına bağlı olarak bu tür kaynakların biyoyakıt eldesinde kullanılmasının ileride sorun oluşturacağı ve bu yüzden sadece gıda amaçlı kullanılması gerektiği günümüzde artan bir şekilde dile getirilen bir durumdur. Bu ürünlerden elde edilen biyoetanole birinci nesil biyoetanol denilmiştir. Lignoselülozik kaynaklı hammaddeler ise tarım ve orman atıkları gibi selüloz içeren atık biyokütlelerdir. Bu hammaddelerin maliyet açısından ucuz olması, kolay ve bol bulunmasına rağmen daha fazla işlem gerektirmesi sebebiyle, bu hammaddelerden biyoetanol eldesi henüz yaygın değildir. Fakat yapılan araştırmaların artmasıyla ve yerleşmiş bir teknolojinin oluşmasıyla gelecekte lignoselülozik kaynaklı hammaddelerin biyoetanol eldesinde en yaygın kullanılacak hammaddeler olacağı düşünülmektedir. Lignoselülozik içerikli hammaddelerden elde edilen biyoetanole ise ikinci nesil biyoetanol denilmiştir.

Şeker içerikli bitkiler öğütme, ezme ve benzeri fiziksel ön işlemin ardından fermantasyona tabi tutulur ve sonrasında damıtma ile biyoetanol elde edilir. Nişasta içeren ürünlerden biyoetanol eldesinde ise öğütme veya kesme gibi fiziksel ön işlemin ardından enzimatik hidroliz uygulanarak, enzim ile nişastanın parçalanmasıyla, üründeki şekerin açığa çıkarılması sağlanır. Daha sonra sırasıyla fermantasyon ve damıtma uygulanarak biyoetanol eldesi sağlanır. Lignoselülozik kaynaklı ürünlerde ise hammadde öncelikle ezme, öğütme, termal işlem ve benzeri fiziksel ön işlemin ardından asit, alkali veya ozonla kimyasal ön işleme veya funguslarla biyolojik ön işleme tabi tutulur. Bu kimyasal veya biyolojik ön işlemin uygulanmasındaki amaç, hammaddenin yapısındaki ligninin ayrılmasını sağlamaktır. Ardından enzimatik hidroliz aşamasında enzimle selülozun parçalanarak şekerin açığa çıkarılması amaçlanmaktadır. Ardından sırasıyla fermantasyon ve damıtma ile biyoetanol eldesi sağlanır.

Bu çalışmada biyoetanolün yaygın olarak elde edildiği hammaddeler incelenmiştir. Farklı hammaddelerden biyoetanol eldesinde uygulanan ön işlemlerin kıyaslaması yapılmış ve verimliliğin arttırılması için hangi işlemlerin uygulanabileceği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler — biyoetanol eldesi; biyoyakıt; fermantasyon; enzimatik hidroliz.

Abstract— Biofuels are alternative fuels that can be found in solid, liquid and gaseous forms, which are usually obtained by biological means from agricultural product wastes. Although biofuels have such as biogas, bioethanol, biomethanol, biohydrogen, biopellet, biodiesel, the most commonly used type is bioethanol. Bioethanol obtained raw material are divided into three main groups, sugar-containing plants, products containing starch and lignocellulosic feedstock. There is a widely used system of bioethanol obtaining from sugar and starch-containing raw materials. However, such raw materials are products used for food. Due to population growth in the world, the use of such

resources in the production of biofuels will become a problem in the future, and it is increasingly being said that it should be used for food only. The bioethanol obtained from these products is called first generation bioethanol. Lignocellulosic raw materials are cellulose-containing waste biomass such as agriculture and forest waste. These raw materials are inexpensive in terms of cost, easy and abundant. But require more processing, the use of bioethanol from these raw materials is not common. However, with the increased research and technological advancement, lignocellulosic feedstocks are considered to be the most commonly used raw materials for bioethanol producing in the future. Bioethanol is obtained from lignocellulosic raw material called the second generation bioethanol.

Sugar-containing plants are subjected to physical pre-treatment such as grinding, crushing and fermentation, respectively and followed by distillation to produce bioethanol. When bioethanol is obtained from starch containing products, enzymatic hydrolysis is carried out after physical pre-treatment such as grinding or cutting to remove sugar from the product by degrading the starch with the enzyme. Then, fermentation and distillation processes are applied. For lignocellulosic products, the raw material is first subjected to physical pretreatment such as crushing, grinding, thermal treatment and then chemically pretreated is applied with acid, alkali or ozone, or biologically pretreated with fungus. The purpose of application of this chemical or biological pre-treatment is to remove the lignin in the structure of the raw material. After the enzymatic hydrolysis step is intended to degrade the cellulose to cleave the sugar. Then, fermentation and distillation processes are applied.

In this study, the raw materials from which bioethanol is widely obtained are examined. Comparison of pretreatments applied in the production of bioethanol from different raw materials and it has been researched which processes can be applied to increase productivity.

Keywords — bioethanol; biofuels; fermentation; enzymatic hydrolysis.

Farklı Bakır Tuzlarının Kimyasal Depolama Yöntemi İle Depolanan CuS İnce Filmlerin Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Effect Of Different Copper Salts On The Properties Of CuS Thin Films Deposited By Chemical Bath Deposition

Ozge ERKEN[1]
Cemal ULUTAS[2]
Mustafa GUNES[3]
Cebrail GUMUS[4]

[1]Department of Physics, Adiyaman University, 02040 Adiyaman, Turkey, ozgerken@adiyaman.edu.tr
[2]Faculty of Education, Hakkari University, 30000 Hakkari, Turkey, cemalulutas@hakkari.edu.tr
[3]Department of Materials Engineering, Engineering and Natural Sciences Faculty, Adana Science and Technology University, 01180 Adana, Turkey, mgunes@adanabtu.edu.tr
[4]Physics Department, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey, cgumus@cu.edu.tr

***Özetçe*—**Günümüzde polikristal yapıdaki yarıiletken ince filmler bilim ve teknolojideki çok çeşitli uygulamaları nedeniyle araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir. Bu yapıdaki filmlerin özellikleri parçacık boyutuna, şekline ve yüzey özelliklerine sıkı sıkıya bağlılık gösterir. Bu bağlamda söz konusu parametreleri değiştirerek ince filmlerin özelliklerini kontrol etme olanağı, mikroelektronik, opto-elektronik, foto-elektrokimya ve güneş pilleri gibi çeşitli teknolojik uygulamalar için önemlidir. Son yıllarda, yarıiletken metal sülfürler üzerine yapılan araştırmalar, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mükemmel olması nedeniyle hızla artmaktadır. 3d elektronlarının etkisi nedeniyle, sayısız kararlı ve metastabil türü olan bakır sülfür sistemi çok karmaşıktır. Buna ek olarak CuS ince filmler; morfolojik yapılarından, optiksel özelliklerinden, stokiometrik bileşimdeki değişikliklerinden, valans durumlarından, kompleks yapılardan ve bunların farklı benzersiz özelliklerinden dolayı araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bakır sülfür (CuS) ince filmler kimyasal depolama yöntemi (CBD) ile, cam alt tabanlar üzerine, 7 saat boyunca 50 °C sıcaklıkta farklı bakır tuzları çözeltisi kullanılarak hazırlandı. CBD yöntemi yarıiletken ince filmleri oluşturmak için kullanılan yaygın bir çok teknikten daha fazla avantaja sahiptir. CBD yönteminin hızlı, çevre dostu olması, düşük sıcaklık ve atmosfer basıncında uygulanabilen bir yöntem olması ve düşük maliyetli olması bu yöntemin diğer ince film üretim tekniklerine göre daha avantajlı olmasını sağlamaktadır. CBD yöntemi çözeltideki filmi oluşturacak iyonların reaksiyonunun yavaşlatılması esasına dayanmaktadır. Bu sistemde film kalitesine ve filmin kalınlığına etki eden parametreler; çözücü konsantrasyonu, sıcaklığı ve reaksiyon zamanı pH değeri, çözeltide kullanılan katalizörlerin yapısı ve konsantrasyonu, tavlama sıcaklığı ve süresi, kurutma ve kurutma atmosferi gibi sıralanabilir. Bu çalışmada farklı bakır tuzlarının CuS ince filmlerin yüzey morfolojisi, yapısal ve optik özellikleri üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiştir. CuS ince filmlerin optik özellikleri, λ = 400–1100 nm aralığında UV / Vis spektrofotometre ile optik geçirgenlik ölçümleriyle belirlenmiştir. Daha sonra, bu verileri kullanarak, optik bant aralığı (E_g) değerleri, sönüm katsayısı k, kırılma indisi n, ve dielektrik sabitinin gerçek ε_1 ve imajiner ε_2 kısımları hesaplandı. CuS ince filmlerin kristalografik yapısı X-ışını difraktometresi (XRD) ile analiz edildi. XRD analizi CuS ince filmlerin polikristal yapıda ve hekzagonal fazda olduğunu gösterdi. Filmlerin yüzey pürüzlülüğü AFM ile ölçüldü. İnce filmlerin yüzey pürüzlülüğü, filmlerin depolama zamanı aynı olmasına rağmen farklılıklar göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen polikristal CuS ince filmlerin güneş ışınımını kontrol etmek için güneş filtresi olarak kullanılması için iyi bir aday olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler —CuS ince filmler; optiksel özellikler; XRD; AFM; kimyasal depolama yöntemi.

***Abstract*—**Nowadays, due to their various applications in science and technology, semiconductor thin films having polycrystalline structure have become focus of attraction of researchers. The properties of the films in this structure are tightly bound to particle size, shape and surface properties. In this respect, the possibility to control the properties of thin films by changing the mentioned parameters is of importance for a variety of technological applications such as microelectronics, opto-electronics, photo-electrochemistry and solar cells. The investigations carried out on

semiconductor metal sulfurs in recent years are rapidly increasing due to the perfectness of physical and chemical features. Because of the impact of 3d electrons, copper sulfide, which is a decisive and meta-stable type is highly complex. Furthermore CuS thin films attract the attention of researchers owing to their morphological structures, optical properties, the changes in their stoichiometric composition, valence situations, and complex structures. Copper sulfide (CuS) thin films were prepared by the chemical bath deposition (CBD) method onto glass substrates using a solution of different copper salts at 50 °C temperature for 7 h. CBD method has more advantages than various methods that are widely used for prepare thin films. CBD method is rapid, environment-friendly and as it can be applied under low temperature values and atmosphere pressure and as it has low costs, this method becomes more advantageous when it is compared with other thin film production methods. CBD method is based on slowing down of reaction of ions that will form the film in the solution. Parameters which influence film quality and film thickness in this system can be listed as solution concentration, solution temperature, reaction time, pH value, structure and concentration of catalysts which are used in the solution. In this study, the effect of different copper salts on the surface morphology, structural and optical properties of CuS thin films were studied in detail. The optical properties of CuS thin films were determined by UV/vis spectrophotometer optical transmittance measurements in the range of λ=400–1100 nm. Next, using these data, the optical band gap (E_g) values, the extinction coefficient k, the refractive index n, and the real ε_1 and imaginary parts ε_2 of the dielectric constant were calculated. The crystallographic structure of CuS thin films were analyzed with an X-ray diffractometer (XRD). XRD analysis was revealed the polycrystalline structure and hexagonal phase of CuS thin films. The surface roughness of the films were measured by AFM. The surface roughness of the thin films was different despite the same deposited time. As a result of this work, it can be said that the obtained polycrystalline CuS thin films may be good candidates for use as solar filters in order to control solar radiation.

Keywords — CuS thin films; optical properties; XRD; AFM; chemical bath deposition.

KAYNAKÇA

[1] Chaki, S.H., Deshpande, M.P., Tailor, J.P., "Characterization of CuS nanocrystalline thin films synthesized by chemical bath deposition and dip coating techniques", *Thin Solid Films*, 550:291–297, 2014.

[2] Yuan, K.D., Wu, J.J., Liu, M.L., Zhang, L.L., Xu, F.F., Chen, L.D., Huang, F.Q., "Fabrication and microstructure of *p*-type transparent conducting CuS thin film and its application in dye-sensitized solar cell", *Appl. Phys. Lett*. 93:132106 – 132108, 2008.

[3] Reijnen, L., Meester, B., Goossens, A., Schoonman, J., "Atomic Layer Deposition of Cu_xS for Solar Energy Conversion", *Chem. Vap. Deposition*, 9(1):15–20, 2003.

[4] Sabah, F.A., Ahmed, N.M., Hassan, Z., Rasheeda, H.S., "High performance CuS *p*-type thin film as a hydrogen gas sensor", *Sens. Actuators* A, 249:68–76, 2016.

[5] Erokhina, S., Erokhin, V., Nicolini, C., "Microstructure Origin of the Conductivity Differences in Aggregated CuS Films of Different Thickness", *Langmuir*, 19-766–771, 2003.

[6] Lindroos, S., Arnold, A., Leskela, M., "Growth of CuS thin films by the successive ionic layer adsorption and reaction method", *Appl. Surf. Sci.*, 158:75–80, 2000.

[7] Podder, J., Kobayashi, R., Ichimura, M., "Photochemical deposition of Cu_xS thin films from aqueous solutions", *Thin Solid Films*, 472:71–75, 2005.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Endüstriyel İşletmelerin Enerji Verimliliği Değerlendirmesi

Energy Efficiency Evaluation of Industrial Enterprises in Southeastern Anatolia Region

Mehmet Akif İLKHAN[1]
Yusuf İŞIKER[2]
Sami ABAMOR[3]
Ahmet Ersin ALTIPARMAK[4]
Muhyettin SİRER[5]
Yılmaz DAĞTEKİN[6]

[1]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, akifilkhan@gmail.com
[2]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, yusuf47@harran.edu.tr
[3]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, samiabamor@gmail.com
[4] GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ahmet.e.altiparmak@gmail.com
[4]Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Şanlıurfa, Türkiye, muhyettin.sirer@undp.org
[5]GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Şanlıurfa, Türkiye, ydagtekin@gap.gov.tr

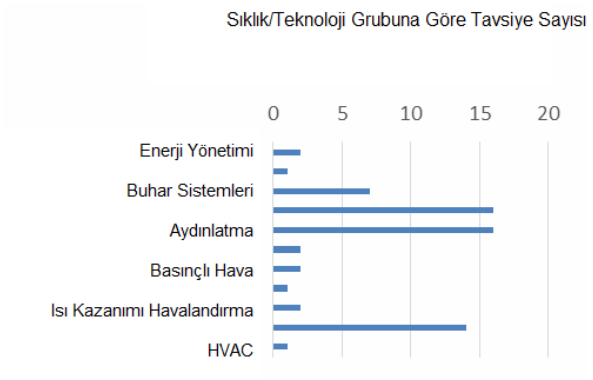
Türkiye'nin GAP bölgesinde, kapasite ve teknik uzmanlık eksikliği, bilinçsizlik, kaynak ve bilgi eksikliği ve yatırım yapmak için para toplama yetersizliği de dahil olmak üzere, işletmelerin enerji verimliliği fırsatlarını belirlemesine ve uygulamasına engel teşkil eden hususlar bulunmaktadır. Arz tarafında da, enerji verimli teknolojilerin kullanılabilirliği ve ithalat maliyetleri ve işletmelerin mevcut tedarikçilere ve enerji hizmeti sağlayıcılarına olan güveni gibi konular bulunmaktadır.

Yukarıda belirtilen bazı konuları ele almak için kullanılabilecek bir araç da enerji denetimleri ile sağlanabilir. Enerji denetimi, bir işyerinde mevcut enerji tüketimini anlamak, enerji kullanımını azaltmak için teknik ve davranışsal fırsatları belirlemek ve tespit edilen enerji ve karbon tasarruflarını elde etmek için gereken zamanı ve finansal yatırımları özetlemenin bir yoludur.

GAP bölgesindeki 20 yerel endüstriyel işletme ile bir denetim programı yürütülmüştür. Bu işletmeler çeşitli sektörlerde faaliyet göstermekle birlikte gıda ve tekstil sektörleri GAP bölgesinde faaliyet gösteren sanayi işletmelerinin önemli bir bölümünü oluşturduğundan ve bu nedenle projenin metodolojileri ve bulguları için gelecekteki daha geniş uygulama alanı için daha fazla potansiyel sunduğundan, bunlar odak noktası olmuştur. Bu iki sektörün yanı sıra plastik, inşaat, mobilya, ambalaj, geri dönüşüm ve elektrik sektörlerinden de bazı işletmeler örnekleme dahil edilmiştir.

Detaylı enerji etütlerinin gerçekleştirilmesi, ölçümleme, raporlama ve analiz çalışmaları, GAP Bölge Kalkınma İdaresi koordinasyonu ve GAP Yenilenebilir Enerji ve Verimlilik Merkezi (GAPYENEV), Bekmez Mühendislik, Demir Enerji ve UK Carbon Trust iş birliğinde gerçekleştirilmiştir.

Pilot program sırasında ziyaret edilen 20 sahanın her biri, işyerlerinde farklı işletim sistemlerine ve süreçlere sahiptir; ancak, bulguların GAP bölgesindeki geniş sanayi sektöründe uygulanabileceği öne sürülerek, örnek enerji denetimi dizisinde (bkz. Grafiğin sağı) ortak enerji tasarruf önerileri tespit edilmiştir. Programda tanımlanan toplam 64 önemli öneri olmuştur ve bunların çoğunluğu motor ve tahrik ünitelerinin (16), aydınlatma sistemlerinin (16) ve ısı yalıtımının (14) geliştirilmesi için yapılmıştır. Bu sistemler, hemen hemen her tür endüstriyel tesis için ortaktır, bu nedenle bu sistemlerin enerji tasarrufu fırsatları için en fazla potansiyele sahip olması şaşırtıcı değildir. Ana sektör gruplamalarına bakıldığında, bu üç temel teknoloji grubunda iyileşmeler bakımından bu genel eğilimde küçük bir farklılık mevcuttur (bkz. Aşağıda).



Şekil 1: Sıklık / teknoloji grubu bazında öneri sayısı

Tablo 1: Sektöre göre en yaygın 3 öneri

Gıda	Tekstil	Diğer
İzolasyon	İzolasyon	Motorlar ve tahrik üniteleri
Motorlar ve tahrik üniteleri	Motorlar ve tahrik üniteleri	Aydınlatma
Aydınlatma / Buhar sistemleri	Aydınlatma	İzolasyon

Aydınlatma verimliliği iyileştirme olanaklarının 20 saha arasında oldukça yaygın olduğu tespit edilmiştir, ancak öneriler, enerji tasarrufu potansiyeli açısından en iyi şekilde etkili olmamıştır. En fazla enerji tasarrufu sağlayan teknolojiler, ısı yalıtımı, buhar sistemleri iyileştirmeleri ve motorlar ve tahrik üniteleri olmuştur.

Anahtar Kelimeler: GAP,enerji etüdü, sanayi, verimlilik

Püskürtme Yöntemi ile Depolanan SnO_2 İnce Filmin Fiziksel Özellikleri

Physical Properties Of SnO_2 Thin Film Deposited By Spray Pyrolysis

Ozge ERKEN[1]
Cebrail GUMUS[2]

[1]Department of Physics, Adiyaman University, 02040 Adiyaman, Turkey, ozgerken@adiyaman.edu.tr
[2]Physics Department, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey, cgumus@cu.edu.tr

***Özetçe*—**Metal oksit ince filmler son on yılda güneş pilleri, opto-elektronik cihazlar, sıvı kristal ekranlar, ısı aynaları ve gaz sensörleri gibi çeşitli alanlardaki uygulamalar için incelenmiştir. Katkısız ve katkılı stokiometrik olmayan metal oksit ince filmler, görünür spektrumda yüksek bir optik şeffaflığa ve metallerinkine yakın bir iletkenliğe sahiptir. Bu oksit ince filmler arasında kalay oksit (SnO_2) ince filmlerin, atmosferik ortamda kimyasal ve termal olarak kararlı oldukları ve mekanik olarak ZnO ince filmlerinden daha sert olduğu bilinmektedir. SnO_2, ITO'dan daha yüksek bir direnc ve CdO'dan daha yüksek bir optik iletime sahiptir. Katkısız SnO_2 ince filmi yapısında bulunan oksijen boşlukları sebebiyle geniş optik bant aralığına (E_g > 3 eV), n-tipi iletkenliğe ve yüksek optik geçirgenliğe ($T \geq 85\%$) sahip bir yarıiletkendir. SnO_2 ince filmler birçok mükemmel optik ve yapısal özellik gösterirler, bu nedenle güneş pilleri dahil birçok teknolojik alanda önemli bir rol oynarlar. Tüm bunlara ek olarak, SnO_2 ince filmlerin elde edilmesinde kullanılan farklı fiziksel ve kimyasal biriktirme yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemler kimyasal depolama yöntemi, sıralı iyonik tabaka adsorpsiyonu ve reaksiyonu (SILAR) yöntemi, moleküler ışın epitaksi, RF magnetron sıçratma tekniği ve püskürtme yöntemini içerir. Bu yöntemlerin arasında püskürtme yöntemi, endüstriyel olarak uygulanmasının yanı sıra, düşük maliyetli olması nedeniyle geniş alanda filmlerin elde edilebilmesi için en yaygın kullanılan tekniktir. Çalışmanın amacı kalay oksit ince filmin hazırlanması ve bu filmin güneş pillerinde kullanılabilirliğini araştırmaktır. SnO_2 ince filmin fiziksel özelliklerini anlamak için güneş pilleri için optik geçirgenliğini ve kristal yapısını inceledik. Ticari mikroskop camında püskürtme yöntemi ile depolanan kalay oksit (SnO_2) ince film optik ölçümlerle karakterize edildi. Oldukça şeffaf olan SnO_2 filmin optik geçirgenlik (%T) değerleri, elektromanyetik spektrumun görünür aralığında, 400 nm'den daha yüksek dalga boylarında % 80'den 96'ya kadar değişiklik göstermiştir. Bu değerler kullanılarak optik bant aralığı (E_g), sönüm katsayısı k ve kırılma indisi n değeri hesaplandı. XRD analizleri kalay oksit ince filmin tetragonal rutil yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen polikristal SnO_2 ince filminin yüksek optik geçirgenliği nedeniyle güneş pillerinde pencere katmanı olarak kullanılabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler —SnO_2 ince film; optiksel özellikler; XRD; püskürtme yöntemi.

***Abstract*—**Metal oxide thin films have been studied in the last decade for applications in various fields such as solar cells, opto-electronic devices, liquid crystal displays, heat mirrors and gas sensors. Undoped and doped nonstoichiometric metal oxide thin films have a high optical transparency in the visible spectrum and a conductivity near to that of metals. Among these oxide thin films, tin oxide (SnO_2) thin films have been known to be chemically and thermally stable in atmospheric environment and mechanically harder than ZnO thin films. SnO_2 has a higher resistivity than ITO and a higher optical transmission than CdO. Un-doped SnO_2 thin films, is a wide band-gap semiconductor (E_g > 3 eV) that exhibits high optical transparency ($T \geq 85\%$) and an n-type character due to oxygen vacancies. SnO_2 thin films show many excellent optical and structural properties, so they play an important role in many technological areas including solar cells. In addition to all these, different physical and chemical deposition methods that are used in obtaining SnO_2 thin films are available. These methods include chemical bath deposition, successive ionic layer adsorption and reaction (SILAR) method, molecular beam epitaxy, radio frequency magnetron sputtering technique and spray pyrolysis. A simple cost-effective method of deposition is highly desirable. Among these methods spray pyrolysis is the most widely used technique for the growth of large area films due to its low cost, as well as easy to be implemented in an industrial

production line. The aim of the work was preparation of tin oxide thin film and study of investigate the usability of these film in solar cell. To understand the physical properties of SnO_2 thin film, in solar cells we examined its optical transmittance and crystal structure. Tin oxide (SnO_2) thin film deposited on a commercial microscope glass by spray pyrolysis method were characterized optical measurements. The film is highly transparent in the visible range of the electromagnetic spectrum with an optical transmittance (T%) reaching to values up to 80–96% over 400 nm. Using these data, the optical band gap (E_g), the extinction coefficient k and the refractive index n value were calculated. The XRD analyses indicate that tin oxide thin film is found to have a tetragonal rutile structure. As a result of this work, it can be said that the obtained polycrystalline SnO_2 thin film can be used as window layer in solar cells due to its high optical transmittance.

Keywords — SnO_2 thin film; optical properties; XRD; spray pyrolysis.

KAYNAKÇA

[1] Benhaoua, B., Abbas, S., Rahal, A., Benhaoua, A., and Aida, M. S., "Effect of film thickness on the structural, optical and electrical properties of SnO_2: F thin films prepared by spray ultrasonic for solar cells applications", *Superlattices and Microstructures*, 83:78–88, 2015.

[2] Gul, S., Azam, A., Imrose, N., Riaz, S., Naseem, S., "Tin oxide thin films prepared by sol-gel for PV applications", *Materials Today: Proceedings*, 2:5793–5798, 2015.

[3] El-Etre, A.Y., Reda, S.M., "Characterization of nanocrystalline SnO_2 thin film fabricated by electrodeposition method for dye-sensitized solar cell application", *Applied Surface Science*, 256:6601–6606, 2010.

[4] Murakami, K., Nakajima, K., Kaneko, S., "Initial growth of SnO_2 thin film on the glass substrate deposited by the spray pyrolysis technique", *Thin Solid Films*, 515: 8632-8636, 2007.

[5] Patil, P.S., Sadale, S.B., Mujawar, S.H., Shinde, P.S., Chigare, P.S., "Synthesis of electrochromic tin oxide thin films with faster response by spray pyrolysis", *Appl. Surf. Sci*,. 253:8560-8565, 2007.

[6] Marikkannan, M., Vishnukanthan, V., Vijayshankar, A., Mayandi, J., Pearce, J. M., "A novel synthesis of tin oxide thin films by the sol-gel process for optoelectronic applications", *AIP Advances*, 5:027122, 2015.

[7] Mukhopadhyay, A. K., Mitra, P., Chatterjee, A. P., Maiti, H. S., "Tin dioxide thin film gas sensor", *Ceram. Int.*, 26 (2):123-132, 2000.

[8] Wu, X., Coutts, T. J, Mulligan, W. P., "Properties of transparent conducting oxides formed from CdO and ZnO alloyed with SnO_2 and In_2O_3", *J. Vac. Sci. Technol. A*, 15(3):1057-1062, 1997.

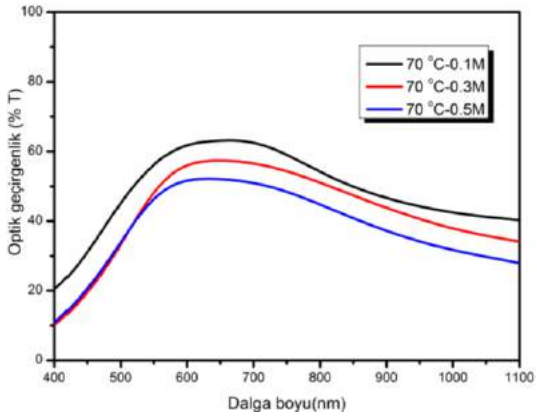
Molaritenin Bakır Sülfür İnce Filmlerin Yapısal ve Optik Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Effect Of Molarity On The Structural and Optical Properties Of Copper Sulfide Thin Films

Ozge ERKEN[1]
Ceyda HABIBOGLU[2]
Cemal ULUTAS[3]
Mustafa GUNES[4]
Cebrail GUMUS[5]

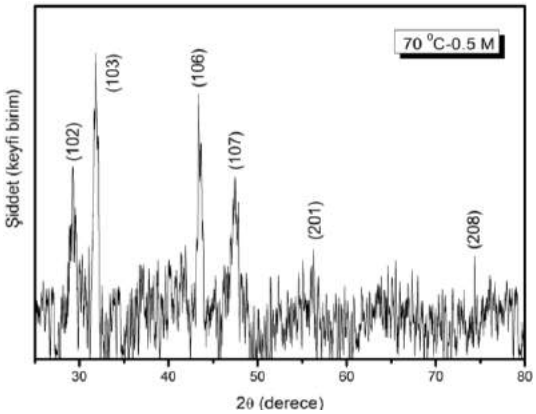
[1]Department of Physics, Adiyaman University, 02040 Adiyaman, Turkey, ozgerken@adiyaman.edu.tr
[2]Physics Department, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey, ceydahabib@gmail.com
[3]Faculty of Education, Hakkari University, 30000 Hakkari, Turkey, cemalulutas@hakkari.edu.tr
[4]Department of Materials Engineering, Engineering and Natural Sciences Faculty, Adana Science and Technology University, 01180 Adana, Turkey, mgunes@adanabtu.edu.tr
[5]Physics Department, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey, cgumus@cu.edu.tr

Özetçe—Son yıllarda, yarıiletken metal sülfürler üzerine yapılan araştırmalar, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mükemmel olması nedeniyle hızla artmaktadır. İnce filmlerin özelliklerini kontrol etme olanağı, mikroelektronik, opto-elektronik, foto-elektrokimya ve güneş pilleri gibi çeşitli teknolojik uygulamalar için önemlidir. 3d elektronlarının etkisi nedeniyle, sayısız kararlı ve metastabil türü olan bakır sülfür (CuS) sistemi çok karmaşıktır. Buna ek olarak CuS ince filmler; morfolojik yapılarından, optiksel özelliklerinden, stokiometrik bileşimdeki değişikliklerinden, valans durumlarından, kompleks yapılardan ve bunların farklı benzersiz özelliklerinden dolayı araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Kimyasal depolama yöntemi (CBD) yarıiletken ince filmleri oluşturmak için kullanılan yaygın bir çok yöntemden daha fazla avantaja sahiptir. CBD yönteminin hızlı, çevre dostu olması, düşük sıcaklık ve atmosfer basıncında uygulanabilen bir yöntem olması ve düşük maliyetli olması bu yöntemin diğer ince film üretim yöntemlerine göre daha avantajlı olmasını sağlamaktadır. CBD yöntemi çözeltideki filmi oluşturacak iyonların reaksiyonunun yavaşlatılması esasına dayanmaktadır. Bu sistemde film kalitesine ve filmin kalınlığına etki eden parametreler; çözücü konsantrasyonu, sıcaklığı ve reaksiyon zamanı pH değeri, çözeltide kullanılan katalizörlerin yapısı ve konsantrasyonu, tavlama sıcaklığı ve süresi, kurutma ve kurutma atmosferi gibi sıralanabilir. Bu çalışmada, farklı molaritelerin CuS ince filmlerin yüzey morfolojisi, yapısal ve optik özellikleri üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Yarıiletken CuS ince filmler CBD yöntemi ile 70 °C'de cam alttabanlar üzerinde farklı molariteler (0.1, 0.3 ve 0.5 M) kullanılarak elde edilmiştir. Yarıiletken CuS ince filmlerin optik özelliklerini belirlemek için UV/vis spektrofotometre (400-1100 nm) kullanılmıştır. Optik geçirgenlik spektrumları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1-CuS ince filmlerin optik geçirgenlik spektrumları.

Elde edilen optik geçirgenlik (%*T*) verileri ile filmlerin temel optik parametreleri olan enerji bant aralığı (E_g), yansıma (%*R*), kırılma indisi (*n*) değerleri hesaplanmıştır. CuS ince filmlerin X-ışını kırınım CuS ince filmlerin kristalografik yapısı X-ışını difraktometresi (XRD) ile analiz edildi. Şekil 2'de, 0.5 M kullanılarak biriken CuS ince filmin XRD kırınım deseni sunulmuştur. XRD analizlerinden filmlerin polikristal yapıda ve hekzagonal fazda oluştuğu görülmüştür. Alan Emisyonlu-Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) görüntülerinden filmlerin küresel yapıda homojen dağılım gösterdiği ve molaritenin etkisi ile daha sıkı bir yapının oluştuğu görülmüştür. CuS ince filmler düşünüldüğünde tüm bu analizler güneş pili uygulamaları için faydalı olabilir.



Şekil 2- CuS ince filmin XRD kırınım deseni.

Anahtar Kelimeler —Bakır sülfür ince filmler; optiksel özellikler; XRD; FE-SEM.

Abstract— The investigations carried out on semiconductor metal sulfurs in recent years are rapidly increasing due to the perfectness of physical and chemical features. The possibility to control the properties of thin films by changing the mentioned parameters is of importance for a variety of technological applications such as microelectronics, opto-electronics, photo-electrochemistry and solar cells. Because of the impact of 3d electrons, copper sulfide (CuS), which is a decisive and meta-stable type is highly complex. Furthermore CuS thin films attract the attention of researchers owing to their morphological structures, optical properties, the changes in their stoichiometric composition, valence situations, and complex structures. Chemical bath deposition (CBD) method has more advantageous than various methods that are widely used for prepare thin films. CBD method is rapid, environment-friendly and as it can be applied under low temperature values and atmosphere pressure and as it has low costs, this method becomes more advantageous when it is compared with other thin film production methods. CBD method is based on slowing down of reaction of ions that will form the film in the solution. Parameters which influence film quality and film thickness in this system can be listed as solution concentration, solution temperature, reaction time, pH value, structure and concentration of catalysts which are used in the solution. In this study, the effect of different molarities on the surface morphology, structural and optical properties of CuS thin films were studied in detail. Semiconductor CuS thin films were deposited by chemical bath deposition method on glass substrate at 70 °C and different molarities (0.1 M, 0.3 M and 0.5 M). In order to determine the optical properties of the semiconductor CuS thin films UV/Vis spectrophotometer (400-1100 nm) was used. Optical transmittance (*T* %) spectrums are given in Fig. 1.

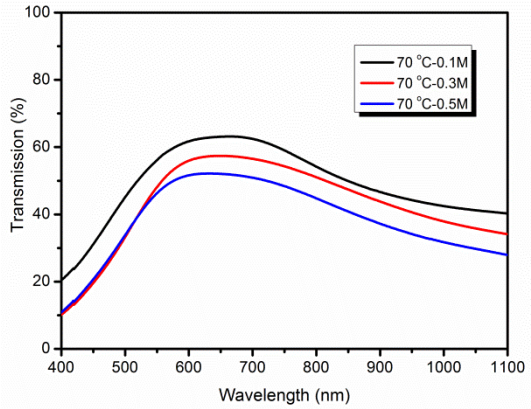


Fig. 1- Optic transmission spectra of CuS thin films.

The energy band gap (E_g), reflection (R%) and refractive index (n) values, which are the basic optical parameters of the films, are calculated with the obtained optical transmittance (T%) data. The crystallographic structure of CuS thin films were analyzed with X-ray diffractometer (XRD). In Fig. 2, XRD diffraction pattern of CuS thin film deposited using 0.5 M are presented. The XRD analyses indicate that CuS thin films exhibit polycrystal structure and hexagonal phase. Field Emission-Scanning Electron Microscope (FE-SEM) images show that the films have a homogeneous distribution in the spherical structure, and the effect of molarity is seen to be more strict. These all analyses could be useful when considering CuS thin films for solar cells applications.

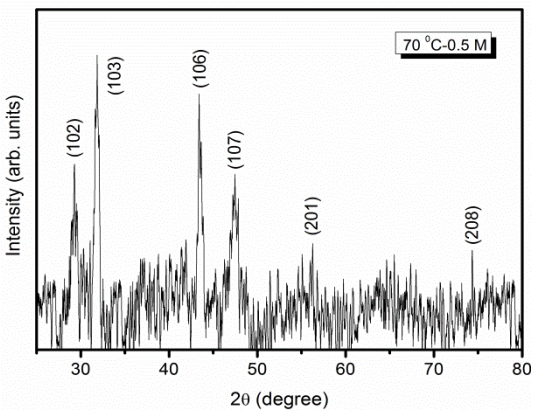


Fig. 2- XRD diffraction pattern of CuS thin film.

Keywords — Copper sulfide thin films; optical properties; XRD; FE-SEM.

KAYNAKÇA

[1] Ubale, A.U., Choudhari, D.M., Kantale, J.S., Mitkari, V.N., Nikam, M.S., Gawande, W.J., Patil, P.P., "Synthesis of nanostructured Cu_xS thin films by chemical route at room temperature and investigation of their size dependent physical properties", *J. Alloys Compd.*, 509 (37):9249–9254, 2011.

[2] Sunesh, C.D., Gopi, C.V.V.M., Muthalif, M. P. A., Kim, H.J., Choe, Y., "Improving the efficiency of quantum-dot-sensitized solar cells by optimizing the growth time of the CuS counter electrode", *Appl. Surf. Sci.*, 416:446–453, 2017.

[3] Podder, J., Kobayashi, R., Ichimura, M., "Photochemical deposition of Cu_xS thin films from aqueous solutions", *Thin Solid Films*, 472:71–75, 2005.

[4] Erokhina, S., Erokhin, V., Nicolini, C., "Microstructure Origin of the Conductivity Differences in Aggregated CuS Films of Different Thickness", *Langmuir*, 19-766–771, 2003.

[5] Reijnen, L., Meester, B., Goossens, A., Schoonman, J., "Atomic Layer Deposition of Cu_xS for Solar Energy Conversion", *Chem. Vap. Deposition*, 9(1):15–20, 2003.

[6] Sabah, F.A., Ahmed, N.M., Hassan, Z., Rasheeda, H.S., "High performance CuS *p*-type thin film as a hydrogen gas sensor", *Sens. Actuators* A, 249:68–76, 2016.

[7] Lindroos, S., Arnold, A., Leskela, M., "Growth of CuS thin films by the successive ionic layer adsorption and reaction method", *Appl. Surf. Sci.*, 158:75–80, 2000.

Tünel Aydınlatmasında Kullanılan LED ve Geleneksel Armatür Verimliliğinin Sayısal Analizi

Numeric Analysis for the Efficiency of LED and Traditional Luminaries used in Tunnel Lighting

Mehmet Sait CENGİZ[1]
Çiğdem CENGİZ [2]

[1]Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, msaitcengiz@gmail.com
[2]İstatistik Bölümü Fen Fakültesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, cigdemcengiz44@gmail.com

***Özetçe*—**Yol aydınlatmasında tünel geçişleri devamlı enerji tüketen üstü kapalı alt yapılardır. Aydınlatma sistemini tüm gün boyunca yapay kaynaklar beslemektedir. Tünellerde gece olduğu gibi gün içinde de elektrik enerjisi kullanılır. Emniyetli sürüş konforu nedeniyle, tünelin dışında gün ışığı varken dahi tünel girişinden önce ve tünel çıkışından hemen sonraki çıkışta aydınlatma seviyesi sürücünün görüşünü olumsuz etkilememelidir. Sürücü, tüneli içine doğru kolaylıkla geçmelidir. Güvenli sürüş için aydınlatma sistemlerinin aşırı boyutlandırılmasından kaçınılmalı, ve enerji tasarrufuna katkı sağlanmalıdır. Bu etkiyi yaratmak için yüksek ışık verimine sahip suni aydınlatma kaynakları kullanılmalıdır. Tünel aydınlatma sistemleri, araç trafiğinin tünelden önceki ve sonraki bölgelerini karakterize eden aynı koşullara sahip olacak şekilde, mümkün olan en rahat ve en güvenli şekilde yol tünelinden geçişi sağlamak için tasarlanmalıdır.

Tüm gün boyunca, tünelin iç bölgesi enerji tüketimini ve yönetim maliyetlerini azaltmak enerji verimliliği açısından önemlidir. Tüneller hem aşırı yük çekmemeli hemde güvenli sürüşü sağlamak için minimum oranda ışıklandırmaya sahip olmalıdırlar. Bir tünelin aydınlatılması, yapı dışında yüksek parlaklık olduğunda daha da zorlaşır. Bu nedenle tünel aydınlatma sistemi, özellikle yaz aylarında, gün geçtikçe daha fazla elektrik enerjisi tüketmektedir. Mevcut düzenlemelere göre farklı bir aydınlatma seviyesine sahip tünelin iç kısmına dışarıdan geçerken sürücülerin görsel algılarının azalmasını önlemek için CIE 88'e (Yol tünelleri ve alt geçit aydınlatılması kılavuzu'na) göre tasarım yapılmalıdır.

Günümüz yüksek teknoloji ürünleri katıhal aydınlatma ürünleri olarakta anılan LED lambalar olup, bu alanındaki teknolojik gelişmelerden enerji verimliliği açısından faydalanılmalıdır. Bu vaka çalışması, farklı teknik senaryoları incelemekte, olası enerji ve ekonomik tasarrufları analiz ederek ve karşılaştırmalara yaparak enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada yeni teknoloji ürünü çözümler, daha önceki çözümleri öneren senaryolarla sayısal olarak karşılaştırılmıştır. Tünel aydınlatmasında kullanılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ve LED aydınlatma armatürleri enerji verimliliği açısından kaşılaştırılarak, sayısal bir analiz yapılmıştır. Bu kapsamda uzun dönem ekonomik analiz, yatırım tutarları, bakım masraflarına göre yapılan değerlendirmede LED aydınlatmanın kullanılması uygun görülmüştür.

Anahtar Kelimeler — LED; aydınlatma; enerji verimliliği; tünel aydınlatması.

***Abstract*—**In road lighting tunnel crossings are roofed-in substructures consuming continuous energy. Artificial sources feeds lighting system all day long. As at night electric energy is also used within a day in tunnels. Due to safe driving comfort even there is sun light out of tunnel, lighting level before tunnel enterance and just after tunnel exit should not affect driver's view negatively. For safe driving lighting systems should not be oversized and contributed energy saving. In order to create this effect artificial lighting sources with high-intensity light efficiency should be used. Tunnel lighting systems should be designed in a way having same circumstances characterizing the regions of vehicle traffic before and after tunnel as well as providing crossing tunnel in the most comfortable and the safest way.

Decreasing energy consumption of inside of tunnel all day long as well as management costs are important in terms of energy productivity. Tunnels should not both consume excessive energy and have minimum lighting to provide safe driving. Lighting of tunnel becomes more difficult when there is high gloss out of construction. Tunnel lighting system especially consumes more electric energy in summer. In order to avoid decrease visual perception of drivers as they are passing through the enterance of tunnel having different lighting level than actual regulations, designment should be done according to CIE 88 (Road tunnels and undergroun lighting guideline).

Today's high technology products are LED lamps that are also known as solid-state lighting products, technologic developments in this field should be benefitted in terms of energy productivity. This case study examines different technical scenerios and contributes to energy productivity by analysing possible energy and economic savings and making comparisons.

In this study, solutions of new technology product have been compared numerically with scenarios offering traditional solutions. A numeric analysis has been conducted by comparing high-pressure sodium vapor and LED luminaries used in tunnel lighting in terms of energy efficiency. In this context, it has been approved to use LED lighting as a result of evaluation carried out according to long-term economic analysis, amounts of investment, maintenance expenses.

Keywords — LED; lighting; energy efficiency; tunnel lighting.

KAYNAKÇA

[1] CIE Technical Report–88–2004. Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses [R]. 2004.

[2] Paolo I, Giuseppe. R, Paolo S, Energy Saving and Environmental Compatibility in Road Lighting, *Light and Engineering,* Vol. 20, No. 4, pp. 55–63, 2012.

[3] People's Republic of industry standards. Road Tunnel Ventilation lighting design (JTJ026.1–1999) [S]. *Beijing: People's Traffi c Press, January 2000.*

[4] Liu J. Y. Energy-saving measures for lighting design of buildings [J]. Energy Conservation 2010 (1):15–22

[5] Research of energy conservation technology about the use of electricity on lighting [D]. Journal of Tianjin University of Technology, 2009.

Nümerik Hesaplamlarla Oluşturulan Reflektör Tasarımının Enerji Verimliliğine Katkısı

Contribution of Reflector Design formed by Numeric Calculations to Energy Efficiency

Mehmet Sait CENGİZ[1]
Çiğdem CENGİZ [2]
Mehmet Salih MAMİŞ[3]

[1]Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, msaitcengiz@gmail.com
[2]İstatistik Bölümü Fen Fakültesi, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, cigdemcengiz44@gmail.com
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, msalihmamis@gmail.com

***Özetçe*—**Armatür tasarım süreçlerinden en önemlisi ve en kritik aşamalarından biri optik tasarımdır. LED ışık kaynağı kullanan aydınlatma sistemlerinin performansını arttırmak için, LED aydınlatmalarda ikincil optik tasarıma ihtiyaç duyulmaktadır. İstenen aydınlatmayı elde edecek şekilde LED ışınımının doğrudan çıkışını yeniden düzenlemek için ikincil optik tasarım gereklidir. Bu yönde uygun reflektör tasarımıyla ihtiyaç duyulan ışığı yönlendirerek enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Kötü tasarlanmış reflektörler kör edici parlama etkisi yaratarak gözün görme konforunu bozarak, ışık kirliliğine yol açmaktadır. Dolayısıyla reflektör tasarımı, istenmeyen bu durumların ortadan kaldırılması bakımından aydınlatmada önemlidir. Bu çalışmada hesaplamalı olarak elde edilen reflektörlere ait aydınlanma ve optik verimlilik değerleriyle enerji verimliliğine sağlanan katkı sayısal olarak analiz edilmiştir.

Optik sistemlerde ışık kayıplarının nedeni olarak sekonder optik elemanlardan meydana gelen ve armatür içindeki ışık kayıplarından meydana gelen kayıplar başlıca verim düşüren etkiler olarak bilinmektedir. Sekonder optik elemanlar lambanın kendisinden olmayıp harici olarak lamba üzerine yerleştirilen lens-mercek, reflector veya difizör gibi elemanlara verilen addır. Sekonder optik elemanlardan lens-mercek ve difüzörün yansıtma verimi %80-90 aralığında değişirken, reflektörün yansıtma verimi yansıtıcıyada bağlı olmak koşuluyla % 90'nın üzerindedir.

Armatür içindeki ışık kaybıysa ışık kaynağından yani lambadan çıkan ışığın armatürün gövdesine çarpması sonucu ortaya çıkar. Armatür gövdesine çarpan ışığın ters yönde yansıması oluşur. Ters yönlü yansıma ışığın kırılmasına sebep olacağından verimliliği düşürmektedir. Armatürün verimi ise ışık kaynağının armature yerleştirilme şekline (dikey yatay, açılı vb. şekilde konumlandırılmasına), armatür gövdesinin yapıldığı metaryal malzemeye göre değişmektedir. İşte burada enerjinin verimli kullanılması açısından uygun armatürün, ışık kaynağının, merceğin, reflektörün ve difüzörün gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çünkü tüm bu elemanlar enerji verimliliğini olumlu veya olumsuz etkilemektedir.

Armatür tasarımında uygulanan optik tasarım süreci en önemli ve en kritik kısımdır. Lambalar aydınlatılmak istenen alan üzerinde istenilen ışık şiddeti dağılımlarını sağlamadığında, lambaların ışık şiddeti dağılımlarını kontrol etmek için lensler ve difüzörler gibi optik elemanlar kullanılır. Optik tasarımdaki en önemli amaç, olması gereken en iyi ışık dağılımını elde etmek ve enerjiyi en verimli şekilde kullanmaktır. Bu çalışma optik tasarım sürecinde lensler ve difüzörlerin enerji verimliliğine sağladığı katkının nümerik analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler — LED aydınlatma; enerji verimliliği; optik, reflektör, lens, difüzör.

***Abstract*—**One of the most important and critical stages in armature design is optical designment. For increasing performance of lighting systems using LED light source, a secondary optical designment in LED lighting is required. In order to regulate LED radiance to obtain required lighting, secondary optical designment is necessary. Energy saving is provided by directing required light with reflector design. Badly designed reflectors create blinding glow effect and cause light pollution by spoiling vision comfort of eye. Accordingly reflector design is important in lighting in terms of

annihilating these undesirable situations. In this study contribution to energy productivity provided with lighting and optical efficiency values obtained by calculations regarding reflectors, was analyzed numerically.

In optical systems as a reason of losses of light, losses occurred in secondary optical elements and light losses in armature are known as primary productivity decreasing effects. Secondary optical elements are elements such as crystalline lens-objective, reflector or diffuser that are placed on lamps externally independent from lamp. As reflecting efficiency of crystalline lens-objective and diffuser from secondary optical elements changes between 80-90% range, reflecting efficiency of reflector is over 90% on condition of dependency on reflector.

The light loss in armature occurs by striking of light coming from lamp on armature case. Since counter reflection causes refection of light, it decreases productivity. However the efficiency of armature changes according to placing of light source on armature (vertical, horizontal, angular etc.) and the material armature case is made of. For productivity of energy the usage of suitable armature, light source, objective, reflector and diffusor is necessary. Because all these elements affect energy productivity positively or negatively.

Optical design process is the most important and critical part applied in design of luminaries. When lamps don't supply desired distribution of light intensity for the zone to be illuminated, optical elements such as lens and diffuser are used to control distributions of light intensity of the lambs. The most important purpose of optical design is to reach the best distribution of light and use the energy in the most efficient way. In this study, numeric analysis has been carried out for the contribution of lenses and diffusers to energy efficiency in optical design process.

Keywords — LED lighting; energy efficiency; optic, reflector, lens, diffuser.

KAYNAKÇA

[1] CIE Technical Report–88–2004. Guide for the Lighting of Road Tunnels and Underpasses [R]. 2004.

[2] Paolo I, Giuseppe. R, Paolo S, Energy Saving and Environmental Compatibility in Road Lighting, *Light and Engineering*, Vol. 20, No. 4, pp. 55–63, 2012.

[3] Liu J. Y. Energy-saving measures for lighting design of buildings [J]. Energy Conservation 2010 (1):15–22

[4] Research of energy conservation technology about the use of electricity on lighting [D]. Journal of Tianjin University of Technology, 2009.

Endüstriyel Solar Kurutma Uygulamaları
Industrial Applications of Solar Drying

Elif Sena KIRMIZIKAYA[1]
İnci ÇINAR[2]

[1] Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, FBE, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye
[2] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye, icinar@ksu.edu.tr

Özetçe— Kurutma genel anlamda ürün içerisindeki suyu belli sürede istenilen değere düşürmek olarak tanımlanabilen muhafaza yöntemidir. En yaygın olarak kullanılan güneşte kurutma yöntemi tarihin ilk çağlarından beri bilinmekte olup özellikle gıda ürünlerinin kurutulmasına uygulanmaktadır. Bu yöntem düşük maliyetinden dolayı tercih edilse de bazı olumsuzlara (yüksek sıcaklık, uzun süre, renk kaybı, kontaminasyon vs.) sebep olmakta ve ürünün pazar değerini düşürmektedir. Ancak son zamanlarda geliştirilen solar kurutucular hem mevcut olumsuzlukları elimine etmiş hem de enerji etkinliğini arttırmıştır. Solar kurutma yöntemi güneş enerjisinin ürüne direkt etki etmesi yerine güneş enerjisi ile ürün etrafında dolaşan havanın ısıtılması veya ısıtmada kullanılan suyun buharlaştırılması prensibine dayanmaktadır. Böylelikle elektrik enerjisi yerine doğrudan güneş enerjisi kullanılarak daha hızlı, homojen ve hijyenik kurutma sağlanmaktadır. Bu çalışmada son yıllarda gıda endüstrisinde kullanılan solar kurutma teknolojisi hakkında bilgi vermek amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler — Kurutma, solar kurutma, güneş enerjili kurutma, solar enerji.

Abstract—

Drying is generally defined as the reduction of water in the product in certain period of time. Since the early ages of history, sun drying method has been applied especially in the drying of food products. This method is prefered due to its low cost but causes some adverse effects (high temprature, long time, colos loss, contamination etc.) and the market value of your product falls. However recently developed solar dryers has eliminated these disadvantages and increased energy efficiency. The solar drying method is based on the principle of solar heating, which circulates around the product with solar energy instead of direct effect of soalr energy on the product. The solar drying method is based on the principle of solar energy to heat the drying air or to provide water evaporation circulating around the product, instead of direct effect of solar energy on the product. Thus, direct solar energy is used instead of electricity and faster, homogenous and hygienic drying is achieved. Study aims to briefly summarize basics of recent solar drying applications in food industries.

Keywords — Drying, solar drying, sun drying, solar energy .

Stirling Motorlu Enerji Üretimi
Power Generation with Stirling Engine

Mehmet Sait CENGİZ[1]
Mehmet Salih MAMİŞ[2]

[1]Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitlis Eren Üniversitesi, Bitlis, Türkiye, msaitcengiz@gmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü Mühendislik Fakültesi, İnönü Üniversitesi, Malatya, Türkiye, msalihmamis@gmail.com

Özetçe— Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açsından AB ülkeleri arasında ilk sırada olmasına rağmen bu potansiyeli yanlış kullanmakta ve bu potansiyelden yeteri kadar faydalanmamaktadır. Örneğin Almanya FV panelli güneş enerjisi üretimini benimsemişken, Türkiye ile benzer sıcaklık ve iklim koşullarına sahip İspanya ise FV panel sistemine ihtiyaç duyulmayan ısı kaynaklı üretim yöntemlerini tercih etmektedir. Türkiye'nin güneş potansiyeli büyük bölümü ısı kaynaklıdır ve tüm güneş potansiyelimizin %80'nine tekabül etmektedir. Dolayısıyla Türkiye ile benzer iklim koşullarına sahip olan İspanya güneş potansiyelini akılcı kullanmak için model olarak seçilmelidir. İspanya son 10 yılda ısı kaynaklı güneş potansiyelini kullanarak tüm dünyada güneşten elektrik üretimi açısından 4. sıraya yükselmiştir.

Geleneksel kaynakların kullanımı küresel ısınmaya yol açan sera gazlarını atmosfere salarak iklimsel değişimlere sebep olmaktadır. Dünyada küresel ısınmaya bağlı olarak 2 °C'lik sıcaklık artışı gerçekleşmiştir. Dünyanın sıcaklık ortalaması 15 °C'den 17 °C'ye yükselmiştir. Küresel bazdaki sıcaklık artışının 2040-2050 yılları arasında gerçekleşmesi beklenirken, nüfus artışı ve sera gazlarının hızlı salınımı küresel ısınmayı arttırmıştır. Bazı ülke veya yörelerde canlılar bu değişimden olumlu etkilenmişken, bazı yörelerde ise sıcaklık artışı olumsuzluklara sebep olmuştur. Kuzey Avrupa ülkelerinde aşırı kar yağışı varken Dünya ortalama sıcaklık artışıyla kar yağışı yağmura dönüşerek tarımda verimlilik artmıştır. Ancak ülkemizin de bulunduğu bölgede kuraklığın şiddeti artarak çölleşme ve sıcak iklimin daha yoğun yaşanması gibi iklim etkileri ortaya çıkmıştır. Son yıllarda sonbaharın ve ilkbaharın yarısı kış mevsimine diğer yarısı da yaz mevsimine benzer hale gelmiştir. Örneğin Nisan ayında kar yağışı görülmekte ve son birkaç yıldaki kış mevsimlerinde de kısmen daha sıcak iklim özelliklerine rastlanmaktadır. Buradan hareketle gelecekte kullanılacak enerji kaynağının öncelikle fosil bazlı olmaması gerekir. Çünkü daha çok fosil kaynaklı enerji üretimi Dünya'nın daha çok ısınması anlamına gelmektedir. Dünya zaten insanoğlunun yaşamsal faaliyetleriyle her geçen gün ısınmaktadır. Dolayısıyla öncelikle enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelme sağlanmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ise Akdeniz çukurunda bulunan ve her geçen gün ortalama sıcaklığı artan ülkemiz için güneşin sıcaklık özelliğinin kullanabileceği yöntemlerle enerji üretilmeye çalışılmalıdır. Bu çalışmada güneşin termal sıcaklık özelliğinin kullanılabilceği Stirling motorlu güneşten elektrik üretim modeli benimsenmiştir. Simülasyon ortamında sıcaklık değişiminin enerji verimliliğine katkısı araştırılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği hakkındaki bu çalışma EEEAG-115E680 nolu proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Stirling motor; YEK; enerji verimliliği; güneş enerjisi.

Abstract—Although our country is at the first rank among EU countries in terms of solar energy potential, it misuses this potential and does not take advantage of this potential effectively. For example as Germany adopts FV panel solar energy production, Spain that has similar temperature and climate conditions with Turkey, prefers heat source production methods in which FV panel system is not required. As solar potential of Turkey is heat source, it equals to 80% of our all solar potential. Spain that has similar climate with Turkey, should be chosen as model. Over the past decade by using its heat potential Spain rose to 4th rank in the world in electric production.

Use of traditional resources release greenhouse gases causing global warming into the atmosphere and it thus results in climatic changes. A temperature increase of 2 °C has occurred on earth depending on global warming. Temperature average of the earth has increased from 15 °C to 17 °C. While temperature increase on global basis is supposed to occur in 2040 to 2050, increase in population and fast emission of greenhouse gases have increased global warming. The earth has been getting warmer day by day because of vital activities of the humanity. Therefore, primarily it is required to turn

towards use of renewable energy sources in power generation. For our country that is located in Mediterranean graben and has an average temperature increasing day by day, it should be tried to generate power through methods in which thermal feature of the sun could be used. In this study, model with Stirling engine to produce power by the sun has been employed in which thermal feature of the sun could be used. Contribution of temperature change to energy efficiency has been studied in simulation environment. This work has been supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Grant EEEAG-115E680.

Keywords — Stirling engine; RES; energy efficiency; solar energy.

KAYNAKÇA

[1] Cengiz M. S., Mamiş M. S., Yurci Y. Provıdıng Electrıcal Power Increase By Stımulatıng Temperature Dıfference At Low Temperatures In Stırlıng Motors, Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 2018, 36, 1, (MAR 2018), pp:87-97.

[2] Cengiz M. S., Mamiş M. S., Kaynaklı M. The Temperature-Pressure-Frequency Relationship Between Electrical Power Generating in Stirling Engines, International Journal of Engineering Research and Development, 2017, 9 (2), pp. 60-64.

[3] Karabulut H, Aksoy F, Öztürk F. Thermodynamic analysis of a Beta type Stirling engine with a displacer driving mechanism by means of a lever. Renewable Energy 2009; 34: 202-208.

[4] Cengiz Ç. 2016. Electricity Generation from Solar World, International Conference on Natural Science and Engineering, pp. 2259-2264, March 19-20, Kilis, Turkey

[5] Akyol, ŞM, Kılıç M. Güneş enerjisi kaynaklı bir stirling motorun matlab simulink ile modellemesi. Uludağ U. Müh-Mim. Fak. Der 2012; 17: 51-62.

[6]Cengiz Ç. 2016. A Research on Smart Grids in Turkey, International Conference on Natural Science and Engineering, pp. 2273-2277, March 19-20, Kilis, Turkey

Atıksuların Arıtılmasında Kullanılan Anaerobik Biyoreaktörlerde Biyogaz Üretim Potansiyellerinin Kıyaslanması

Adem YURTSEVER[1]
Erkan BAŞARAN[2]
Deniz UÇAR[3]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye, adem.yurtsever@hku.edu.tr
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, erkan.basaran@hku.edu.tr
[3]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, deniz@denizucar.com

Özetçe— Dünya nüfusunun ve sanayileşmenin hızla artması neticesinde, enerjiye duyulan ihtiyaç da aynı oranda artmaktadır. Günümüzde tükettiğimiz enerjinin büyük bir kısmı fosil kaynaklardan üretilmekte olup, geri kalan küçük pay ise yenilenebilir enerjiden üretilmektedir. Tüketilen enerjinin fosil yakıtlardan elde edilmesi neticesinde meydana gelen CO_2 salınımına bağlı olarak sera etkisi artmakta ve küresel ısınma meydana gelmektedir. Ayrıca yakın gelecekte fosil yakıtların tükenecek olması da enerji sorunu ortaya çıkaracaktır. Oluşacak bu enerji sorununu ve çevresel etkiyi ortadan kaldırmak için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz bir gerçektir. Bu anlamda katı atıklardan ve atıksulardan biyometanizasyon yoluyla biyogaz geri kazanımı enerji üretiminde önem arz etmektedir. Ev atıkları, bitkisel atıklar, gıda sektörü atıkları ve hatta sanayi atıkları gibi organik atıkların oksijensiz ortamlarda fermantasyonu sonucu üretilen biyogaz organik maddenin bileşimine bağlı olarak, %40-70 metan, %30-60 karbondioksit, %0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır. Biyogaz üretim potansiyeli kullanılan organik atığın türüne ve anaerobik biyoreaktörün çeşidine bağlı olarak önemli ölçülerde değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışma ile özellikle yüksek organik içeriğine sahip atıksuların arıtımını gerçekleştiren anaerobik biyoreaktörlerde biyogaz üretim potansiyelleri tartışılmış olup, farklı tip organik maddeye ve kullanılan reaktör tipine bağlı olarak biyogaz üretiminin değişimi kıyaslanmıştır.

Anaerobik olarak atıksuların arıtılmasında, yukarı akışlı çamur yataklı reaktör tipi (Up-flow Anaerobic Sludge Bed-UASB) ve bu reaktör tipinin gelişmiş versiyonu olan Genleşmiş Granüler Çamur Örtü Reaktörler (Expanded Granular Sludge Bed, EGSB) en yaygın olarak kullanılan reaktör tipleridir [1]. Bu reaktör tiplerinin yanısıra farklı çalışmalarda tam karışımlı (CSTR), anaerobik filtre reaktörler, anaerobik lagün ve kontak prosesleri gibi farklı tip reaktörler de arıksuların anaerobik arıtılmasında ve biyogaz üretiminde kullanılmıştır [1,2]. Anaerobik arıtmada biyogaz üretim verimini ve miktarını belirleyen en önemli faktörlerden biri yükleme oranı olup, bu oran reaktör tipine bağlı olarak büyük değişimler göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, aynı tip endüstri atıksuyunu arıtan (peynir altı suyu) aşağı akışlı sabit yataklı biyofilm reaktörde 22 kg KOİ/m^3.gün yükleme oranlarına ulaşılmış olup, %92'lik arıtım verimleri elde edilmiştir. Aynı çalışmada, UASB reaktör tipi kullanılmış ve 15 kg KOİ/m^3.gün yükleme oranında %73'lik verim elde edilmiştir. Her iki çalışma için de metan üretim verimini 0,32 m^3/kg-KOİ olarak rapor etmişlerdir [3].

Metan üretim verimi reaktör tipinin yanısıra, anaerobik arıtımda kullanılan atıksuyun türüne göre de önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Gıda endüstrisi atıksuları, anaerobik reaktörler kullanılarak biyogaz (biyometan) üretimi gerçekleştirilen endüstrilerin başında gelmektedir [1]. Özellikle, içki sanayisi, süt ve süt ürünleri endüstrisi, meyve suyu endüstrisi atıksuları biyogaz elde edilen atıksuların başında gelmektedir. Bunların yanısıra farklı çalışmalarda, sızıntı suyu atıksuları, kağıt endüstrisi atıksuları da biyogaz eldesinde kullanılmıştır [4]. Blonskaja ve Vaalu (2006) tarafından yapılan çalışmada, farklı tip endüstri atıksularının arıtılmasında UASB reaktör tipi kullanılmış olup, aynı KOİ giderim oranlarında (%85) peynir altı suyu arıtımı için 5,3 kg KOİ/m^3.gün, maya endüstrisi atıksuları arıtımı için 3,5 kg KOİ/m^3.gün ve içki sanayi atıksuları arıtımı için 1,5 kg KOİ/m^3.gün organik yükleme oranları elde edilmiştir.

Sonuç olarak, anaerobik atıksu arıtımı ile biyogaz elde edilmesinde kullanılan reaktör tipi ve atıksuların, özellikle organik yükleme oranlarını değiştirdiği ve buna bağlı olarak da biyogaz üretim potansiyelinin değiştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — anaerobik arıtma, biyometan, biyogaz, yenilenebilir enerji

KAYNAKÇA

[1] Türker, M. *Anaerobik Biyoteknoloji ve Biyogaz Üretimi Dünya'da ve Türkiye'de Eğilimler.* VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008. 17-19 Aralık 2008, İstanbul

[2] Demirel, B., Derin, O ve Onay, T.T. *Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review*. Process Biochemistry. 40; 2583–2595, 2005

[3] Van den Berg, V.ve Kennedy, K.J. *Dairy Waste Treatment with Anaerobic Stationary Fixed Film Reactors.* Water Science and Technology. 15 (8-9) 359-368. 1983.

[4]Blonskaja, V. ve Vaalu, T. *Investigation of different schemes for anaerobic treatment of food industry wastes in Estonia*. Proc. Estonian Acad. Sci. Chem. 55, 1, 14–28, 2006

GAP Bölgesi için Güneş Takip Sistemi Yapılarının ve Kontrol Yöntemlerinin İncelenmesi

Investigation of Solar Tracking Systems and Control Methods for the GAP Region

Cihan EFİL[1]
Duygu Sağaltıcı[2]
Nurettin BEŞLİ[3]

[1]Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, cihanefil@hotmail.com
[2]Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, sagalticiduygu7@gmail.com
[3]Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Güneş takip sistemleri, güneş enerjisinden elde edilen enerjinin artırılması için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem her yerde uygulanılabilir değildir. Çevre koşulları, iklim çeşitliliği ve bölgenin ekvatora olan uzaklığı gibi durumlar takip sisteminin uygulanabilirliğini belirlemek için gereklidir. Bu çalışmada ilk olarak güneş takip sistemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra son zamanlarda yapılan çalışmalar incelenerek sistemin verimliliğini artıracak yöntemler değerlendirilmiştir [1] [2] [3]. Eğer güneş takip sistemi kullanılacaksa hangi sistemin daha uygun olacağı gerekli veriler eşliğinde hesaplanmıştır ve 25 yıllık sistem ömrünün sonunda sabit açılı sisteme göre elde edeceği kazanç hesaplanmıştır.

İnceleme de iki eksenli güneş takip sisteminin bölge için uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Literatür çalışması yapılarak GAP Bölgesine yakın bölgelerde daha önce bu alanda yapılmış iki eksenli sistemler incelenmiştir [4] [5] [6]. Bu incelemelerde iki eksenli sistemlerin uygulanabilir olduğunu gözlenmiştir.

Hesaplamalar GAP Bölgesi için 1MW'lık güce sahip sistemler için yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda iki eksenli güneş takip sisteminin kurulum maliyetinin sabit açılı sisteme göre %15 daha fazla olduğu görülmüştür. Sistemlerin 25 yıllık ömrü sonunda ise elde edilen kazançlara bakıldığı zaman sabit açılı sistemin 1.9M$ iki eksenli güneş takip sisteminin ise 3.1M$ kazanç getireceği yani yaklaşık %65 daha fazla maddi kazanç getireceği hesaplanmıştır. Bu sistemlerin Türkiye'de yaygın olmamasının nedeni maddi kaygılardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada da GAP Bölgesi için bu kaygının anlamsız olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler — güneş takip sistemi, iki-eksenli sistem, GAP Bölgesi, güneş enerjisi kazanç

***Abstract*—** Solar tracking systems are a method used to increase the energies obtained by solar energy. This method is not applicable everywhere. The environmental conditions, climate diversity and the equatorial distance of the zone are necessary factors to determine the necessity of the Tacking system. In this study, firstly general information about solar tracker systems is given. Recent studies have been examined and methods to increase the efficiency of the system have been evaluated [1] [2] [3]. It is calculated that the solar tracking system is suitable for the region and if it is to be used, which system is better suited to the required data, and the profit to be obtained according to the situation fixed tracking system at the end of the 25-year system life is calculated.

The study also determined that the two-axis solar tracking system is applicable for the GAP Region. Literature studies have been carried out to investigate the two-axis tracker systems that were previously built in this area in areas close to the GAP Region [4] [5] [6].These studies have also shown that two-axis systems are feasible.

Calculations were made for systems with 1MW power for the GAP region. As a result of these calculations, the installation cost of the two-axis solar tracking system is 15% higher than the fixed system. At the end of the 25-year lifetime of the systems, it is estimated that the fixed-angle system will have a $ 1.9M two axis solar tracking system, which will generate $ 3.1M, about 65% more.

The reason stems from the lack of financial concerns of these systems are common in Turkey. In this study, it is revealed that this concern for the GAP Region is not necessary.

***Keywords* — solar tracker system, two-axis system, GAP Region, solar profit calculation**

V. KAYNAKÇA

[1] A. K. A. J. H. M. K. A. A. S. Hossein Mousazadeh, «A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* cilt 13, no. 8, pp. 1800-1818, 2009.

[2] Y.-C. H. G.-Y. C. P.-C. H. K. L. Bin-Juine Huang, «Improving Solar PV System Efficiency Using One-Axis 3-Position Sun Tracking,» *Energy Procedia,* cilt 33, pp. 280-287, 2013.

[3] A. A. M. A. R. Hassan Z. Al Garnia, «Optimal design and analysis of grid-connected photovoltaic under different tracking systems using HOMER,» *Energy Conversion and Management,* cilt 155, no. 1, pp. 42-57, 2018.

[4] A. S. Rustu Eke, «Performance comparison of a double-axis sun tracking versus fixed PV system,» *Solar Energy,* cilt 86, no. 9, pp. 2665-2672, 2012.

[5] F. K. Musa Yılmaz, «Increasing of Electrical Energy with Solar Tracking System at the Region which Has Turkey's Most Solar Energy Potential,» *Journal of Clean Energy Technologies,* cilt 3, pp. 287-290, 2015.

[6] M. C. Ahmet Şenpınar, «Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PVarrays,» *Applied Energy,* cilt 92, pp. 677-685, 2012.

GAP Bölgesi için Güneş Takip Sistemi Yapılarının İncelenmesi
Analysis of Solar Tracking System Structures for the GAP Region

Duygu SAĞALTICI[1]
Cihan EFİL[2]
Nurettin BEŞLİ[3]

[1]Elekrtik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, sagalticiduygu7@gmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, cihan.efil@hotmail.com
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr

Özetçe— Son yıllarda hızla artan enerji tüketimi ve sınırlı kaynaklar yapı itibariyle sınırsız ve doğaya zarar vermeyen yenilenebilir enerji arayışını başlatmıştır. Güneş enerjisi sistemleri önemli yenilenebilir kaynaklar arasında yer almaktadır; ancak fotovoltaik sistemlerden yüksek verim elde etmek zordur. Coğrafi konum, güneş ışınımı, güneşin geliş açısı, fotovoltaik malzeme yapısı, sıcaklık, hava koşulları gibi faktörler elde edilecek enerjiyi büyük ölçüde etkilemektedir. Güneşten gelen enerjiyi en iyi şekilde değerlendirmek amacıyla pek çok çalışma yapılmış ve güneş takip sistemlerinin daha yüksek verim elde ettiği görülmüştür, ancak bu sistemlerin kurulum ve bakımı zordur. Son yıllarda yapılan farklı sistem tasarım çalışmalarında, enerji verimini olumsuz etkileyen faktörlere dayanıklı ve mekanik sistem yapılarında bakım, onarım, maliyet açısından daha üstün güneş panelleri üretmek amaçlanmıştır. Türkiye'de sabit PV panellerden elde edilen verim %34,6 iken iki eksenli güneş takip sistemlerinden elde edilen verimin %41,34 e kadar arttığı görülmüştür **[1] [2]**.

Bu çalışmada 2005 yılından itibaren tasarlanmış mekanik sistem bakımından farklılık gösteren dört ayrı PV panel tasarımı incelenmiştir. Aktif güneş takip sistemlerinin verim açısından pasif sistemlerden daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmektedir. **[1]** Aynı zamanda güneş ışınımı bakımından zengin olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde en iyi verimin çift eksenli güneş takip sistemlerinden elde edilebileceği düşünülmektedir. Şanlıurfa ilinde yüksek verim elde edilebilecek çalışmalar sistem avantajları göz önünde bulundurularak önerilmiştir **[2]**.

Bu çalışma sonucunda iki sistemin Şanlıurfa iline uygulanması önerilebilir. Summer Lo, Fritz Cheng in yapmış oldukları 24 panel taşıyabilen ve güçlü mekanik yapıya sahip olması bakımından hava şartlarının yıprandırıcı olabilecek etkilerine karşı sistemin daha uzun ömürlü olabileceği düşünülmektedir. [3] Sistemin temel mekanik aksamını paslanmaz çelikler oluşturmaktadır. Bu durumda ilerde oluşabilecek problemlere karşı parçanın değiştirilmesi, bakım ve onarım daha kolay olmakla birlikte galvaniz kaplama ile 30 yıldan fazla ömürlü olabilecektir. İkinci seçenek olarak 2014 yılında Yingxue Yao ve ekibinin tasarlamış olduğu iki izleme stratejisine sahip güneş takip sistemi basit kurulumu ve avantajları göz önüne alınarak Şanlıurfa ilinde iyi verim sağlayacağı düşünülmektedir. [2] Ayrıca güneş takip sistemli güneş enerji santral yatırımlarının maliyet tahminlerinin gösterildiği tablolara bakılarak ve verimler karşılaştırılarak bu iki sistem önerilmektedir [4].

Anahtar Kelimeler — güneş takip sistemleri, mekanik tasarım, GAP bölgesi.

Abstract—-In the years, rapidly increasing energy consumption and limited resources have started the search for renewable energy which is unlimited and harmless to nature**.** Solar energy systems are among the major renewable sources; but it is difficult to obtain high efficiency from photovoltaic systems. Factors such as geographical location, solar radiation, sunrise angle, photovoltaic material structure, temperature, weather conditions are greatly affecting the energy to be obtained. Many studies have been carried out to evaluate solar energy in the best way, and it has been seen that solar tracking systems achieve higher efficiency, but installation and maintenance of these systems is difficult. In

recent years, different system design studies have been aimed to produce superior solar panels in terms of maintenance, repair and cost in mechanical system structures that are resistant to the factors that adversely affect energy efficiency. While the yield obtained from the fixed PV panel in Turkey 34.6%, the yield obtained from the two-axis solar tracking system has been found to be increased up to 41.34%. It is observed that active solar tracking systems yield better results than passive systems in terms of efficiency.

In this study, the design of four separate PV panels, which differ from the mechanical system designed since 2005, has been examined. It is observed that active solar tracking systems yield better results than passive systems in terms of efficiency. At the same time, it is thought that the best yield in the Southeast Anatolia region, which is rich in solar radiation, can be obtained from dual axis solar tracking systems. Highly efficient studies in Şanlıurfa province have been proposed considering system advantages.

As a result of this study, it is suggested to apply the two systems to Şanlıurfa province. Summer Lo, Fritz Cheng believes that the system may have a longer life span than the effects that weather conditions can have on account of its ability to carry 24 panels and have a strong mechanical structure. The basic mechanical components of the system are made of stainless steels. In this case, the replacement of the part against the problems that may occur in the future will be easier, maintenance and repair, additionally galvanized coating can last more than 30 years. As a second option, Yingxue Yao and his team designed two tracking strategies in 2014, and it is thought that the solar tracking system will provide good efficiency in the province of Şanlıurfa considering the simple installation and advantages. In addition, these two systems are proposed by looking at the charts showing the cost estimates of the solar power plant investments with solar tracking system and comparing the efficiencies.

Keywords — solar tracker system; mechanical design; GAP region

VI. KAYNAKÇA

[1] N. A. M. I. M. K. M. D. Nadia AL-Rousan, «Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* cilt 82, no. 3, p. 2548–2569, 2018.

[2] Y. H. S. G. G. Y. J. D. Yingxue Yao, «A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies,» *Renewable Energy,* cilt 72, no. 1, pp. 88-98, 2014.

[3] F. C. V. C. W. D.-J. L. L. C. O. F. A. Summer Lo, «Design, operation, and performance evaluation of a cable-drawn dual-axis solar tracker compared to a fixed-tilted system,» *Energy Science and Engineering,* cilt 3, no. 6, pp. 549-557, 2015.

[4] P. E. CSP, «Sabit Sistemli Güneş Enerji Santral Yatırımları İle Güneş Takip Sistemli Güneş Enerji Santral Yatırımlarının Karşılaştırılması,» 1 1 2014. [Çevrimiçi]. Available: http://paylasimenerji.com/sabit.asp. [Erişildi: 07 04 2018].

[5] N. A. M. I. M. K. M. D. Nadia AL-Rousan, «Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* p. 2548–2569, 2018.

Fotovoltaik Sistemlerin Yapilarda Kullanim Biçimleri Ve Gap Bölgesinde Fizibilite Çalışması

GAPYENEV 2018

Use Of Photovoltaic Systems In Structures And Feasibility Study In The Gap Region

GAPYENEV 2018

Zemzem Tuba GÖNCÜ[1]
Nurettin BEŞLİ[2]
Sümeyye DAL[3]

[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, ztubagoncu@gmail.com
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@gmail.com
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, dal.sumeye@gmail.com

***Özetçe*—**Günümüzde yapıların enerji ihtiyaçları genel olarak fosil enerji kaynakları ile karşılanmaktadır. Bu da hem bu kaynakların tükenmesine sebep olmakta hem de çevre kirliliğinin oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle yerleşim merkezlerinde, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde, toplu kullanım alanları ve sanayinin olduğu bölgelerde ekolojik dengenin sağlanması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmak oldukça önemlidir. Yapıların faydalanabileceği yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Sınırsız, tükenmeyen ve temiz bir kaynak olan güneş ile ilgili sistemler ve uygulamalar yaygınlaştırılmıştır. Yapılarda kullanılmak üzere geliştirilen sistemlerden biri de fotovoltaik sistemlerdir. Bu sistemler üzerlerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren yarı iletken malzemelerden oluşan birimlerdir.

Mimaride kullanım yöntemlerinden biri olan BIPV (Bina ile Birleşik Fotovoltaik Sistemler) cam teknolojisi ile fotovoltaik teknolojiyi birleştirerek enerji üretimi gerçekleştiren büyük bir yeniliktir. BIPV sistemler sessiz üretim ve kirlik yaratmaması sebebiyle şehir ortamları için en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Yapı kabuğundaki kullanım yerleri ise çatı ve cephelerdir.

Bu çalışmada güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içindeki önemi vurgulanarak bu enerjiden faydalanma yöntemlerden bir tanesi olan fotovoltaik sistemlerin mimaride kullanımları üzerinde durulmuştur. BIPV (Bina ile Bütünleşik Fotovoltaik Sistemler) sistemlerin uygulama alanları, sağladığı avantajlar, dezavantajlar, verimliliğini etkileyen faktörler ve son yıllarda üretimi yapılmaya başlanan solar çatı sistemlerine (solar shingle, solar kiremit, solar roll (solar halı), solar pod, buzlu solar cam kiremit) değinilmiştir. Ayrıca PVSOL programı kullanarak GAP bölgesinde 10 kWp sistem için 8 farklı yönde (doğu, batı, kuzey, güney, k.doğu, g.doğu, g.batı, k.batı), 10 farklı açıda (0 ,10, 20, 30, 40, 50, 60, 70,80, 90) enerji üretimi için hesaplamalar yapılmış ve GAP bölgesinde ki konutlar için fizibilite çalışması yapılmıştır.

Ülkemizde henüz yaygınlaşmamış olan bu sistemler geleneksel güneş panellerinin çatılar için montaj ve işçilik zorluğunu büyük ölçüde kolaylaştırmış ve yapıya daha estetik bir görüntü kazandırmıştır. Bu sistemler binaya entegre edilirken enerji üretimi için maksimum verim hedef alınmalı ve PV sistem ihtiyacını en aza indirmek için çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler — Yenilenebilir enerji;Fotovoltaik sistemler;BIPV;PVSOL.

Abstract**—**Today, the energy needs of constructions are generally met by fossil energy sources. This causes both the depletion of these resources and the occurrence of environmental pollution. It is very important to make use of renewable energy resources in order to provide ecological equilibrium especially in settlement centers, areas where population is concentrated, mass usage areas and industrial areas. Solar energy is at the forefront of renewable energy sources that structures can benefit from. Solar-related systems and applications, which are unlimited, uninhabitable and clean, have become widespread. One of the systems developed for use in buildings is photovoltaic systems. These systems consist of semiconductor materials that convert solar energy to electrical energy.

BIPV (Combined Photovoltaic System with Building), one of the architectural methods of use, is a great innovation that combines photovoltaic technology with glass technology to realize energy production. BIPV systems are one of the most suitable renewable energy sources for urban environments due to silent production and pollution. The usage places in the building shell are roof and facades.

In this study, the importance of solar energy in renewable energy sources is emphasized and the usage of photovoltaic systems, which is one of these energy utilization methods, in architecture is emphasized. The application areas, advantages, disadvantages, factors affecting the productivity of the BIPV (Building Integrated Photovoltaic Systems) systems and the solar roof systems (solar shingle, solar tile, solar roll, solar pod, frosted glass tile) that have been produced in recent years are mentioned. In addition, using the PVSOL program, calculations were made for energy production in 8 different directions (east, west, north, south, n.west, s.west, n.east, s.east) and 10 different pains (0, 10, 20, 30, 40 , 50, 60, 70, 80, 90) for a 10 kWp system in the GAP region and A feasibility study was conducted for residences in the GAP region.

These systems, which have not been widespread yet in our country, have greatly facilitated the mounting and laboring difficulties of traditional solar panels for the roofs and have provided a more aesthetic appearance to the building. When these systems are integrated into the building, maximum efficiency for energy production should be targeted and work should be done to minimize the PV system requirement.

Keywords — Renewable energy, Photovoltaic systems, BIPV, PVSOL.

KAYNAKÇA

[1] Uslusoy, S. "Yenilenebilir enerji kaynakları kullanan enerji etkin binaların yapı bileşeni açısından irdelenmesi ",Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek lisans tezi, İzmir, Ağustos 2012.

[2] Sayın, S. and Koç, İ. "Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (pv) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri ", S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg,26(3): 1304-8708, 2011.

[3] Çelebi, G. , "Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri ",Gazi Üniv.Müh.Mim.Fak.Der. ,17(3):17-33,2002.

[4] UYAR, F., "Solar Panel Çeşitleri Nelerdir?" Enerji Beş: http://www.enerjibes.com/solar-panel-cesitleri-nelerdir, Şubat 13, 2016.

[5] Özkılıç Keleş, C., 2008. Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanılmasına Yönelik Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Çolak, M., "Binalarda Güneş Pili Uygulamaları", Güneş Mimarisi ve Güneş Enerjisi Sempozyumu, Antalya, 1997.

[7] Oluklulu, Ç., 2001, Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[8] Ali H.A.Al-Waeli, K.Sopian, Hussein A.Kazem and Miqdam T.Chaichan "Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects " , Renewable and Sustainable Energy Reviews ,vol:77 , pages:109-130 , September 2017

[9] www.tesla.com

Recent Developments in Urban Energy Efficiency: A Review for Turkey

Dilvin ÇEBİ[1]
Hasan SARPTAŞ[2]

[1]Solar Energy Institute of Ege University, Department of Energy Technologies, İzmir, Turkey, dilvincebi@gmail.com
[2]Solar Energy Institute of Ege University, Department of Energy Technologies, İzmir, Turkey, sarptas@gmail.com

***Özetçe*—**Günümüzün endüstrileşen dünyasında enerji ihtiyacı, nüfus artışı ve teknolojideki gelişmelere bağlı olarak hızlı bir şekilde artmaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri enerjinin sürdürülebilirliği için acil önemler alınması gerektiğine işaret etmektedir. Enerji temin döngüsüne yenilenebilir enerjilerin entegrasyonu bir hayli önemli ve kritik bir açı olmasına rağmen, enerji verimliliği, sürdürülebilir bir çevreye ulaşmak için kilit unsur olarak görülebilir. Bu sebeple, enerjinin verimli kullanımı ve sürdürülebilirliği bütünsel bir yaklaşım gerektirmektedir. Toplam enerji tüketiminde şehirlerin %70 oranına yaklaşan payı sebebi ile, enerji verimliliği kapsamında kentsel enerji verimliliğine yönelik yeni yaklaşımların benimsenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu gibi kaçınılmaz koşullar ve enerji kısıtlamalarının endişe verici niteliği sebebi ile diğer gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler gibi Türkiye'de de kentsel enerji verimliliği ve planlamasını ilgilendiren enerji politikaları ile uluslararası anlaşmalar ve ulusal yönetmelikler üzerinden birçok önlem alınmaktadır. Bu politikalar ulaşım, binalar ve sanayi olmak üzere üç ana sektörde odaklanmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'de kentsel enerji verimliliği ile ilgili son zamandaki gelişmeler incelenerek mevcut durum ve yapılması gereken eylemleri daha iyi anlayabilmek için derlenmiştir. Güncel gelişmeler üzerinden gelecek hedefleri için bir öngörü oluşturulmuştur. Yürütülen projeler ve kentsel enerji verimliliğinin iyileştirilmesi için yapılan projeksiyonlar, Türkiye'de şehirlerde enerji verimliliğini artırmak üzere yöntemler önermek ve tartışmak için değerlendirilmiştir. Bulgular teknik, sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan incelenmiştir. Bu derlemenin Türkiye'nin kentsel enerji verimliliği ile ilişkili konularda mevcut durumu ve ilerlemesi değerlendirilirken, enerji verimliliğinin artırılmasında kullanılabilecek olası yöntemlerin tartışılması için oluşturulacak zeminde destekleyici bir araç olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler — sürdürülebilirlik; enerji verimliliği; kentsel enerji verimliliği; enerji politikası.

***Abstract*—**In today's industrialised civilisation energy demand is rapidly increasing due to population growth and developments in technology. Limited fossil fuel sources, the environmental, social and financial impacts of global warming and climate change all indicate that urgent measures for the sustainability of energy need to be taken. While integration of renewable energies to the energy supply cycle is a highly significant and crucial prospect in this manner, energy efficiency can be considered as the key element for achieving an energy efficient environment. Hence, efficient use and sustainability of energy entails a holistic approach. Due to the energy consumption share of cities in the overall energy demand approximating to 70%, the need to adopt a new approach towards urban energy planning within the scope of energy efficiency has emerged.

As a result of such inevitable circumstances and the alarming nature of energy restrictions itself, through international agreements and national regulations several actions have been and are being taken by means of conducted energy policies concerning urban energy efficiency and planning in Turkey, as well as other developed and developing countries worldwide. These policies mainly focus on three major sectors of transport, building and industry.

In this study, recent developments regarding urban energy efficiency in Turkey are reviewed and compiled to better understand the current status and required actions. A review for the up to date development and a prognosis for future targets are constructed. Executed projects and projections for improvement regarding urban energy efficiency in Turkey are inspected and evaluated in order to discuss and propose methods to increase energy efficiency in cities. The findings are scrutinised for technical, social, economic and environmental aspects. It is aimed that the review will serve as a

supporting tool for establishing a ground to discuss potential methods to increase energy efficiency, while assessing the progress and current situation of Turkey in all aspects related to urban energy planning.

Keywords — sustainability; energy efficiency; urban energy efficiency; energy policy

REFERENCES

[1] Doğan, H., Yılankırkan, N. "Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Tasarım Ve Teknoloji, GU J Sci Part: C 3(1): 375-383, 2015.

[2] Yigitcanlar, T., Dizdaroglu, D. "Ecological approaches in planning for sustainable cities: A review of the literature", Global Journal of Environmental Science and Management, 1(2): 159-188, 2015.

[3] Gleeson, B., Pollard, S., and Wiseman, J. "Cities and Climate Action after Paris: key opportunities and priorities ", Briefing Paper 5, Melbourne Sustainable Society Institute, 2016.

[4] Bibri, S.E., Krogstie, J. "Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review", Sustainable Cities and Society 31, 183–212, 2017.

Sosyal Medya Ortaminda Kullanilan Enerji Kavramlarinin Karşilaştirilmasi

Comparison Of Energy Concepts Used On The Social Media

Mehmet ŞEYHANLI[1]
Abdulkadir GÜMÜŞÇÜ[2]

[1]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye,seyhanli123@gmail.com
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agumuscu@harran.edu.tr

Özetçe— Gelişen teknoloji beraberinde insanlara fikirlerini,eserlerini paylaşabilecekleri ortamlar üreterek sanal bir tartışma ve paylaşım ortamı sunmaktadır. Bu paylaşım ve etkileşim ortamı sosyal medya olarak adlandırılmaktadır. Sosyal medya kullanım amacı bakımından çeşitlilik göstermekte, kullanıcıların fikir, yaşantı, duyguları hakkında bilgileri sunmaktadır. Bu durum bireysel konuların yanısıra toplumsal konularda da bireysel düşüncelerin genelleştirilmesini sağlayarak genel bir yargı çıkarılması açısından önem kazanmaktadır. İnternet kullanıcılarının sayısının artmasına bağlı olarak sosyal medya siteleri de hızla gelişmeye başladılar.

Sosyal medya, sürekli güncellenebilmesi, sanal paylaşıma olanak tanıması vb. açısından önem arz etmektedir. Bireyler sosyal medya aracılığıyla günlük olarak düşüncelerini yazmakta, bu düşüncelere bağlı olarak tartışabilmekte dolayısıyla yeni fikirler orataya koymaktadır. [1]Sosyal medyanın; düşük maliyetli olması, hızla bilginin yayılması ve sürekli güncel ve yenilikçi olması, oluşacak veya oluşturulacak olan hedef kitleyi tanıma imkânı sağlaması, fikir ve değer yargılarını değerlendirmesi, alınan bilgilerin güvenilirliğinin olması onu önemli kılan özelliklerinden olmuştur.

Enerji kavramı ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği geçmişten günümüze kadar dünyanın en önemli konularından ve sorunlarından biri olmuştur. Bu durum çeşitli enerji kaynaklarının ortaya çıkmasına, geliştirilmesine olanak sağlamış, buna bağlı olarak enerji kaynaklarının karşılaştırılmasıyla optimum kaynakların bulunması ve seçilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda enerji kaynakları toplum içinde sınıflandırılmış ve güncel olarak popüleritesi değişim göstermiştir. Çevresel,toplumsal,siyasal vb. sorunlar beraberinde bu enerji kaynaklarının toplumdaki yerinde değişiklikler meydana getirmiştir

Bu çalışmada enerji kavramlarının (Hidroelektrik enerji, Rüzgar Enerjisi, Nükleer Enerji, Jeotermal Enerji, Biyokütle Enerjisi) 1 gün içerisinde twitter sosyal medya ortamında gönderilen iletiler göz önünde bulundurulmuş ve bu enerji türlerinin twitter üzerinde bahsedilme sayısına bağlı olarak bir karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu durum bize popüler enerji kavramlarının toplumdaki yerinin değişimi veya sürekliliği konusunda bilgi vermektedir. Sosyal medya kullanıcıları sosyal medya üzerinden bu kaynaklardan bahsederek, değerlendirerek dolaylı veya doğrudan fikirlerini sunarak çıkarımlarda bulunmamıza yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler —sosyal medya, enerji kavramları, etkileşim, teknoloji

***Abstract*—** Emerging technology offers people a virtual discussion and sharing environment by creating environments where people can share their ideas and works. This sharing and interaction environment is called social media.

Social media is diverse in its intended use and provides information about users' ideas, experiences and feelings. This situation gains importance in terms of general judgment by providing generalizations of individual thoughts in social issues as well as individual issues. As the number of Internet users increases, social media sites are beginning to develop rapidly.

Social media, constantly updating, virtual sharing possibility, etc. It is important in terms of Individuals are able to write their thoughts on a daily basis through social media and discuss them according to these ideas, thus putting new ideas into the field. [1] Social media; low cost, rapid dissemination of information and constantly up-to-date and innovative, the ability to recognize the target group to be created or created, the evaluation of opinion and value judgments, and the reliability of the information received.

The concept of energy and the sustainability of energy resources has been one of the most important issues and problems of the world, from the past to the present day. This situation has led to the development of various energy sources and it has been aimed to find and select the optimum sources by comparing the energy sources accordingly. In this direction, energy resources have been classified within the society and their popularity has changed recently. Environmental, social, political etc. The problems brought with it the changes in the place of these energy sources in the society

In this study, the energy concepts (Hydroelectric energy, Wind Energy, Nuclear Energy, Geothermal Energy, Biomass Energy) were taken into consideration in a twitter social media environment within 1 day and a comparison operation was performed depending on the number of these energy types mentioned on twitter. This gives us information on the exchange or continuity of popular energy concepts in society. Social media users are helping me to be inferred by talking about social media sources and evaluating them indirectly or directly.

Keywords — social media, energy concepts, interaction, technology.

KAYNAKÇA

[1] Can,Lütfiye. Ve Serhateri,Ayhan, “Sosyal Medya Reklamlarının Markaya Yönelik Tutuma Etkisi: Facebook Üzerinde Bir Uygulama” *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*.. 2016: 02 (03)

Tarımsal Üretimde Veri Madenciliği ve Optimizasyon Uygulamaları

Data Mınıng And Optımızatıon Applıcatıons in Agrıcultural Productıon

Yunus SANDIKÇI[1]
İ. Berkan AYDİLEK[2]

[1]Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Şanlıurfa Büyükşehir Belediyesi, Şanlıurfa, Türkiye, yunus.sandikci@sanliurfa.bel.tr
[2]Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, berkanaydilek@harran.edu.tr

Özetçe— Günümüzde teknolojik gelişmeler hemen hemen her alanda günlük yaşamı kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Teknoloji birçok alanda getirdiği yeni çözümler ile insan hayatına kolaylık, çeşitli tasarruflar ve yeni imkanlar sunmaktadır. Tüm bu gelişmeler insan yaşamını her geçen gün daha da kolaylaştırmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber üretilen veri boyutlarında ciddi artışlar gözlemlenmektedir. Kullanılan teknolojiler ile yüksek boyutlu veri, veri tabanlarına kayıt edilmektedir. Değerli olmayan bu verilerin önişleme adımları uygulanarak (aykırı, eksik, düzensiz vb.) değerli ve anlamlı hale getirilmesine, başka bir deyişle veriden bilgi keşfi işlemine veri madenciliği denilmektedir. Birçok alanda kullanılan veri madenciliği ve optimizasyon çalışma örnekleri tarımsal üretim alanında kullanılması çok çeşitli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada tarımsal üretimde; tarımsal ürünün ekiminden hasat zamanına kadar geçen sürede gerekli olan girdiler: ilaçlama, gübreleme, sulama, mazot, iş gücü, hava durumu gibi geçmiş verilerin ön işlemesi ve düzenlemesi yapılmaktadır. Böylece daha sonraki tarımsal üretim zaman planlaması yapılarak daha yüksek verim alınabilmesinin yanı sıra çiftçi gelirlerinin artırılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler — Teknolojik Tarım; Veri Madenciliği; Optimizasyon

Abstract— Today, technological developments are used to facilitate everyday life in almost every area. With its new solutions brought to the market by many technologies, it offers convenience to human life, various savings and new possibilities. All these developments make human life easier every day. Significant increases have been observed in the data sizes generated with the development of the technology. With the technologies used, high-dimensional data is recorded in databases. In other words, data mining is called data mining process by making preprocessing steps (irregular, incomplete, irregular etc.) valuable and meaningful. Many field-based data mining and optimization study examples are thought to provide a variety of benefits for use in agricultural production. In this study, the necessary inputs from the cultivation of agricultural products to the harvesting time are preliminary processing and regulation of past data such as spraying, fertilizing, irrigation, diesel, work force, weather. In this way, it is aimed to increase the farmers' incomes in addition to higher productivity by planning the next agricultural production time.

Keywords — Technology; Agriculture; Data mining; Optimization

Kare Tipi Menfez Kullanılan bir Ortamdaki Hız, Sıcaklık Dağılımlarının Sayısal Olarak İncelenmesi
Numerical Investigation of Velocity and Temperature Distributions in a Square-Type Grille

Alper YILDIRIM[1]
Mustafa SÖYLER[2]
Coşkun ÖZALP[2*]
M. Tahir ERDİNÇ[4]

[1]Makine ve Metal Teknolojileri, Osmaniye Meslek Yüksek Okulu, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, alperyildirim@osmaniye.edu.tr
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, mustafasoyler@osmaniye.edu.tr, coskunozalp@osmaniye.edu.tr
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, mehmettahirerdinc@osmaniye.edu.tr

Özetçe— Çalışma ortamları ve yaşam mekânlarındaki iç hava kalitesi ve konfor seviyesinin belirlenmesi, ortamda bulunanların memnuniyeti ve performansları açısından önemlidir. Menfez ve difüzörler iklimlendirme sistemlerinde bulunan son ekipmandır. Mahal içinde konfor şartını sağlaması için menfez ve difüzörlerin doğru seçilmiş olması istenilen şartları vermesi açısından önem taşımaktadır. Ortama üflenen havanın mahal içinde dağılması, menfez ve difüzörlerin yerlerinin ve tiplerinin doğru seçilmesi havalandırma için çok önemlidir. Yapılan çalışmalarda havalandırma sistemlerine ait problemlerin çoğunun menfezlerden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Difüzör seçiminde belirli kurallar bulunamamaktadır. Isıtma ve soğutma yükünün yüksek olduğu karmaşık geometrili mahallerde seçim zordur. Engin ve yüksek tavanlı mahaller, içerinde balkon olan salonlar, sarkık kirişli veya tavan yüksekliğinin sabit olmadığı mahaller, tiyatro salonları gibi mahaller de daha da zordur. Havalandırma sistem seçimi ne kadar doğru olsa bile uygun olmayan menfez seçiminde ideal konfor şartları sağlanamaz. Difüzörlerin görevi, kirlenen havanın ortamdan atılarak, yerine temiz havanın içeriye alınması, yeterli hava debisinin sağlanması, havanın mahal içinde dağılması, rahatsız edici kokunun olmaması, havanın ses düzeyinin insanları rahatsız etmemesini sağlamaktır. İklimlendirmede menfez ve difüzör seçimi yaparken ısı yükü, hava değişim sayısı, mimari özellikler, ses seviyesi, hava hızı, hava debisi üfleme mesafesi dikkate alınarak uygun menfez model ve ebatları belirlenmelidir. Bu çalışmada içerinde insan ve farklı nesnelerin (dolap, masa, bilgisayar, lamba) bulunduğu bir ofis modelinin kare menfez kullanılarak iklimlendirilmesi sonucu ofis hacmindeki sıcaklık ve hız dağılımları sayısal olarak incelenmiştir. Oda içerinde hız ve sıcaklık dağılımlarına ait sonuçlar farklı konumlar için elde edilmiştir. Çalışmada, problemi tanımlayan temel korunum denklemleri, sonlu hacimler metodu ile çalışan ANSYS FLUENT bilgisayar programıyla zamandan bağımsız olarak çözülmüştür. Soğutma yükü hesaplanırken Osmaniye ili yaz şartları referans alınmıştır. Dış hava sıcaklık değeri 38 ^{0}C, iç hava sıcaklığı 26 ^{0}C alınmıştır. Klima santralinden %100 taze hava verilecek şekilde debi hesaplanmış ve 231 m^3/h bulunmuştur. Difüzörden hava çıkış hızının 2.5 m/s olması için menfez efektif alanı 0,025 m2 olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile elde edilen sonuçlar ortalama hız ve sıcaklık eğrileri, hız vektörleri ile girdap değerleri şeklinde verilmiştir.

Anahtar Kelimeler —Ansys fluent; hız ve sıcaklık dağılımları; kare menfez; menfez seçimi.

Abstract— The determination of indoor air quality and comfort level in working environments and living spaces is important in terms of the satisfaction and performance of those in the place. The ventilation grilles and diffusers are the last equipment in the air conditioning systems. To provide the comfort condition in the place, it is important that the grills and diffusers should be chosen properly for desired conditions. The distribution of the airflow in the place, the selection of the ventilation grilles and diffusers, and the proper selection of their type is very important for ventilation. Most of the problems related to the ventilation systems were found to originate from the diffusers. There are no specific rules in the choice of diffusers. Selection is difficult in complex geometric spaces where the heating and cooling load is high. Huge and high-ceiling places, such as living rooms with balconies, lofty ceilings or ceilings where the height of the ceiling is

not constant, theatre halls are even more difficult. No matter how accurate the selection of the ventilation system is, the ideal comfort conditions cannot be supplied in the selection of unsuitable diffusers. The duties of the diffusers are to ensure that the polluted air is removed from the place, replaced with fresh air, provided with sufficient air flow, distributed in the room, no disturbing odour, and the sound level of the air does not disturb people. While selecting the diffusers in the air conditioning, the heat load, the number of air changes, architectural features, sound level, air speed, air blowing distance should be taken into consideration and the appropriate vent model and dimensions should be determined. In this study, the temperature and velocity distributions of the office space in which different objects (cabinets, tables, computers, lamps) are located are analysed by using square diffusors. The results of velocity and temperature distributions in the room were obtained for different locations. In the study, the basic conservation equations that define the problem were solved independently of the time with the Ansys fluent computer program working with the finite volume method. While calculating the cooling load, Osmaniye province summer conditions were taken as reference. Outside temperature 38 ^{0}C, indoor temperature 26 ^{0}C. The flow rate was calculated to be 100% fresh air from the air handling unit and 231 m^3/h was found. The diffuser effective area is calculated as 0.025 m^2 so that the air outlet velocity from the diffuser is 2.5 m/s. The results obtained with computational fluid dynamics (CFD) are given in terms of mean velocity and temperature curves, velocity vectors and vortex values.

Keywords— Ansys fluent; diffusers and grilles selection; square diffuser; velocity and temperature distributions.

Mikro Şebeke Yapıları ve Enerji Yönetimi

Micro Grid Structure and Energy Management

Emrah ASLAN [1]
Nurettin BEŞLİ [2]
Abdulkadir GÜMÜŞÇÜ [3]
M Akif İLKHAN [3]
[1]Bilgisayar Programcılığı, Silvan Meslek Yüksek Okulu, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, emrah.aslan@dicle.edu.tr
[2]Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr
[3]Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, agumuscu@harran.edu.tr
[3]Elektrik Bölümü, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, akifilkhan@gmail.edu.tr

Özetçe— Gelişen teknoloji enerji tüketimini her geçen gün artmasına sebep olmaktadır. Artan enerji ihtiyacı ile fosil yakıtların sınırlı olması ve bu yakıtların çevreye zarar vermesi insanları enerji konusunda yeni arayışlara yönlendirmiştir. Enerji canlı varlığı için hayati öneme sahiptir. Fakat üretilen enerjinin canlı varlığının sürdürülebilirliği açısından daha etkili ve çevreci olması gerekmektedir. Bu bilinçle yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı her geçen gün arttığı görülmektedir. Enerjiyi daha verimli kullanmak için çeşitli çalışmalar üzerinde durulmaktadır. Bu kapsamda yapılan son çalışmalarda akıllı şebekeler ve mikro şebekeler üzerinde durulmuştur. Mikro şebekeler merkezi elektrik sisteminin modern ve küçük ölçekli versiyonlarıdır. Mikro şebekeler belirli yerel hedeflere ulaşmak için kurulan şebekeden bağımsız veya şebekeye bağlı olarak çalışan sistemlerdir. Bu şebekeler güvenilirlik, karbon emisyonunu azaltma, kaynakların verimli kullanılması, maliyeti azaltma ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır. Mikro şebekelerde diğer elektrik şebekeleri gibi, elektrik üretir, iletir ve dağıtır. Fakat bunu yerel olarak yaparlar. Bu şebekelerin uygulama alanlarının arttırılması enerji arz-talebine bağlı olarak enerji yönetiminde büyük avantajlar sağlayacaktır. Mikro şebekeler, özellikle farklı ölçeklerde yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketici tarafında kurulumunun teşvik edilmesiyle gösterdiği artıştan dolayı tüketici düzeyinde sisteme entegre edilmesi ve elektrik üretiminde müşterilerin sisteme katılımına izin vermesi için ideal bir yoldur. Mikro şebekeler sayesinde tüketici tarafında bulunanların üreten tüketici konumuna geçmeleri sağlanacaktır. Tüketicilerin aynı zamanda üretici konumuna geçmesi ile enerji sistemlerinin birbirine olan bağımlılığı önemli ölçüde azalacaktır. Enerjisini üreten tüketiciler sayesinde özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının daha effektif bir şekilde kullanılmasına olanak sağlanacaktır. Mikro şebekeler arz-talep dengesini sağlamada, düşük maliyetli ve kesintisiz enerji elde edilmesinde yardımcı olacaktır. Şebeke üzerine dağıtılmış olan mikro sistemler enerji kesintisi, bakımı ve onarımında kolaylık sağlayacaktır. Mikro şebekeler akıllı şebekelerle entegrasyonu yapılarak gün içerisinde üretilmesi gereken enerji hesaplanarak gerekli olan enerjinin üretilmesi sağlanacaktır. Bu çalışmada mikro şebeke yapıları ve topolojileri incelenerek bölgesel avantaj ve dezavantajları gösterilecektir.

Anahtar Kelimeler — ***Mikro Şebekeler, Yenilenebilir Enerji Sistemleri, Enerji Yönetimi, Akıllı Şebekeler, Network***

KAYNAKÇA

[1] Aslan, E., "Güneş Radyasyonu Modellemesi Ve Elektrik Santrali Fizibilite Raporu Oluşturulması", Fen Bilimleri Enstitüsü., Harran Üniversitesi., 2016.

[2] Kocaman, B. "*Mikro Şebekeler için Örnek Bir Enerji Yönetim Uygulaması"*, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, Bitlis Eren Üniversitesi 3(1), 35-52, 2014.

[3] Kocaman B. Akıllı Şebekeler ve Mikro Şebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, Bitlis Eren Üniversitesi 2(1): 119-127, 2013.

[4] Ibrahim Bt N. A.. Modelling of Micro Hydroelectric System Design, University Tun Hussein Onn, Master thesis, Malaysia. 2012

Şanlıurfa İstasyonun Aylık Ortalama Global Güneşlenme Şiddetinin Trend Analizi

Trend Analysis of Monthly Average Solar Radiation Data in Şanlıurfa Station

Veysel GÜMÜŞ[1]
Yavuz AVŞAROĞLU[2]
Kasım YENİGÜN[3]
H. Murat ALGIN[4]

[1]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, gumus@harran.edu.tr
[2]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, y_avsaroglu@hotmail.com
[3]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, kyenigun@harran.edu.tr
[4]İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hmalgin@harran.edu.tr

Özetçe— Dünya yüzeyine ulaşan güneşlenme şiddeti (solar radyasyon), çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin enerji dengelerinde önemli bir rol oynar. Güneş enerjisinin ana parametresi olan güneşlenme şiddetinin (cal/cm^2) miktarındaki değişimler, hidrolojik döngüyü, ekosistemi ve iklimin değişimini büyük ölçüde etkiler. Bunun yanında, güneş enerjisi, fosil yakıtlar gibi geleneksel kaynaklardan çok daha düşük bir çevre kirliliğine sahiptir. Dünyanın dört bir yanındaki tüm yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının en bol olanı güneş enerjisi, ticari olarak ta çok geniş çapta kullanılmaktadır. Bu nedenden dolayı, güneşlenme şiddetinin zamansal ve mekânsal değişimlerinin doğru belirlenmesi ve anlaşılması, meteorolojik ve hidrolojik süreçler, tarımsal ve endüstriyel üretim ile birlikte güneşten enerji üretimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Şanlıurfa iline ait, 1982-2010 yılları arasındaki yıllık ve aylık ortalama güneşlenme şiddeti değerleri parametrik olmayan Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho ve Şen trend testi ile trend analizi yapılmıştır. Trend eğimleri ise Sen'in Trend Eğim Metodu ile yapılmıştır.

Seri korelasyon da dikkate alınarak yapılan trend analizi çalışması sonucunda, Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testlerinde sadece Mart ve Ekim aylarında anlamlı artan yönde trend belirlenmiştir. Ancak Şen'in trend testi ile yapılan trend analizi çalışmasında aylık ve yıllık güneşlenme şiddeti değerlerinde anlamlı artan yönde trend belirlenmiştir. Sen'in trend eğim metoduna göre en fazla artış yıllık 3.21 cal/cm^2 ile Mayıs ayında, en az artış ise yıllık 0.44 cal/cm^2 ile Şubat ayında gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler — Mann-Kendall, Şen Yöntemi, güneşlenme şiddeti, Şanlıurfa

Abstract—The solar radiation reaching the Earth's surface crucially affects the energy balances of various physical, chemical and biological processes. The variation in the amount of solar radiation (cal/cm2) that is the main parameter of solar energy to a large extend influences the hydrological cycle, ecosystem and climate changes. In addition, solar energy consumption conduces toward much lower environmental pollution compared to that of traditional sources such as fossil fuels. Solar energy that is the most abundant of all renewable and sustainable energy sources around the world is widely used commercially. Accordingly, the most prominent issues are to identify and engage evidently the temporal and spatial variations of solar radiation, the meteorological and hydrological processes, the agricultural and industrial productions and the solar energy production. In this context, the presented study identifies the annual and monthly averaged sun exposure intensity values for Şanlıurfa region for the period of 1982-2010 by using nonparametric Mann-Kendall and Spearman's Rho and Şen's trend tests. The trend slopes were specified employing Sen's trend slope method.

As a result of the trend analysis study that is taken into consideration the serial correlation, Mann-Kendall and Spearman's Rho tests provide a significant trend only in March and October periods. Whereas the trend analysis using Şen's trend test reveals that the trends significantly increase regarding the monthly and annual sunlight intensity values. Considering the trend slope method, the maximum increase is obtained from the period of May having the value of 3.21 cal/cm2 per year, and the minimum increase is for February with the value of 0.44 cal/cm2 per year.

Keywords — Mann-Kendall, Şen Method, solar radiation, Şanlıurfa

Güneş Panellerinin Monte Edildiği Yüzeyin Panel Kirlenmesine ve Termal Karakteristiğine Etkisi

Mehmet ÖZTÜRK[1]
Serkan GÜNEŞ[2]
Zeynel A. FIRATOĞLU[3]
Yusuf IŞIKER[4]
Bülent YEŞİLATA[5]

[1,2,3,3,4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye,byesilata@yahoo.com

Özetçe— Günümüzde enerjide yaşanan darboğaz ve gelişen çevre duyarlılığı yenilebilir enerji kaynaklarına yönelişi zorunlu kırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ise özellikle ülkemiz açısından ön plana çıkan uygulama güneş enerjisi uygulamalarıdır. Gerek fotovoltaik ve gerekse termal güneş enerjisi uygulamalarında çoğu zaman zorunlu olarak kullanılan yutucu yüzey konstrüksiyonu düzlemsel geometridedir. Dış atmosferik koşullarda, düzlemsel yüzeylerde yaşanan en büyük sorun ise yüzey kirlenmesi ve bu kirlenmeye bağlı panel performanslarının önemli derece düşmesidir. Bu olumsuzluğu gidermenin tek yolu ise panel yüzeylerinin belirli periyotlar ile temizlenmesidir. İşletme sürecindeki temel sorun ise temizlenme periyotlarının optimal seçimidir. Çünkü panel temizliği, işletme maliyetini önemli derece artıran bir parametre olduğundan temizlenme periyotlarının optimal tespiti kritik bir önem sahiptir. Panel kirlenmesini etkileyen parametreleri atmosferik toz ve paneller etrafındaki lokal akış alanları şeklinde iki ana başlık altında toplanabilir. Pasif yöntemler ile panel etrafındaki lokal akış alanlarını kontrol ederek, temizlenme periyodunu artırmaya yönelik yenilikçi yöntemler geliştirmeyi hedefleyen bir dizi çalışmanın ilk aşması olan söz konusu çalışma, nümerik hesaplamalar çerçevesinde yürütülmüştür. Bu çerçevede, çalışmada güneş panellerinin monte edildiği yüzeye olan konumunun yüzey kirlenmesine ve panel ısıl karakteristiklerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada 30^0 eğimli, güneye dönük 0.5m2 yüzeye sahip bir panel referans alınmış olup çalışma panelin monte edildiği yatay yüzeye uzaklığının (h_L) panel ön bakış uzunluğuna(h_p) oranının dört farklı değeri (h_L/h_p=0, 0.25, 0.5, 1) kapsamında yürütülmüştür. Her panel konumu için $Re_{hp}=3*10^4-1*10^5$ aralığında üç farklı hız değerinde yürütülen nümerik simülasyonlar, Ansys Fluent CFD paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyonlarda, panel kirlenmesinin h_L/h_p oranını azalmasıyla dramatik artığını ve bu artışın panel boyunca üniform olmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle panelin yere yakın bölümündeki kirlenmenin panelin üst kısmına nazaran %30 oranında artış gösterdiği gözlemlenen diğer önemli bir sonuçtur. Üç farklı akış hızı için yürütülen 12 simülasyonda panel yüzeyindeki kirlenme ile panel yüzeyindeki sıcaklık gradyanları arasında kayda değer bir ilişki tespit edilememiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Paneli, Kirlenme, Termal, Akış alanı

800 KW Monoblok Bir Trafo Köşkünün Çatı Sıcaklığının Havalandırma Performansına Etkisi

Serkan GÜNEŞ[1]
Mehmet ÖZTÜRK[2]
Zeynel A. FIRATOĞLU[3]
Mehmet A. İLKHAN[4]
Habib UMUR[5]

[1,2,3,3,4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, umur@uludag.edu.tr

Özetçe—Günümüzde, enerjide yaşanan darboğaz ve konvansiyonel enerji kaynaklarının çevreye olan olası etkilerin bir sonucu olarak, özellikle ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkelerdeki genel trend, enerjinin elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik yeni araç ve yöntemlerin geliştirmesidir. Yeni araç ve yöntemleri; alternatif enerji kaynakları, enerji verimli yeni malzeme arayışı ve ısıtma-soğutma yükünü minimize edece pasif yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi şeklinde, üç başlık altında toplanabilir. Söz konusu araç ve yöntemlerin geliştirmesine yönelik en büyük kaygı mevcut yöntemler ile maliyet açısından rekabet edebilme ölçüsünün düşük olmasıdır. Bunun sonucu olarak günümüzdeki diğer bir trend ise bölgelere özgü yerel malzemelerden veya yapı mimarisinden yararlanarak yeni enerji verimli yöntem ve malzemelerin geliştirilmesine yöneliktir. Sözü edilen iki trendin de başarısı ancak mevcut araç ve yöntemlerinin performans ve maliyet ilişkilerinin ölçülebilir parametreler ile tanımlanıp enerji verimliği açısından yapılacak düzenlemelerin maliyette getireceği iyileştirme veya olumsuzlukların tespiti ile mümkündür. Bu çalışmada 800kW monoblok bir trafo köşkü seçilerek, yapının çatı sıcaklığının, havalandırma performansı ile ilişkisi tanımlanmıştır. Tanımlanan bu ilişki daha sonra söz konusu yapı üzerinde soğutma yükünü azaltmaya yönelik yapılacak pasif yöntem esaslı düzenlemelerin yapının maliyeti üzerindeki etkisi ölçülebilecektir. Özellikle kurak ve sıcak bölgeler de monoblok trafo köşklerindeki ısınma problemi uzun elektrik kesintilerine ve dolayısıyla ciddi iş gücü ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Pasif yöntemler ile bu sorunu çözmeyi hedefleyen bir dizi çalışmanın ilk aşması olan söz konusu çalışma nümerik hesaplamalar çerçevesinde yürütülmüştür. İlk etapta seçilen monoblok trafonun katı modeli tasarlanmış ve daha sonra ticari fluent CFD programıyla çevresel sınır şartları altında simülasyonlar yürütülmüştür. Yapılan simülasyonlar sonucunda çatı sıcaklığının yapının havalandırma performansı üzerinde direkt etkisi olduğu saptanmıştır. Çatı ile yan duvarlar arasındaki her bir derecelik sıcaklık farkı havalandırma performansını yaklaşık olarak %3 oranında etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Monoblok Trafo Köşkü, Çatı, Havalandırma, CFD

Güneş Panellerinin Monte Edildiği Yüzeyin Panel Rüzgar Direncine Etkisinin Nümerik Araştırılması

Seher İZOL[1]
Derya MEYVACI[2]
Zeynel A. FIRATOĞLU[3]
Adem CAN[4]
Mehmet A. İLKHAN[4]

[1,2,3,3,4,5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Termal ve fotovoltaik uygulamalar şeklinde, temel iki ana başlık altında toplanabilecek olan güneş enerjisi sistemlerinin konvansiyonel enerji kaynaklara karşı rekabet gücünü artırmanın tek yolu ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmektir. İlk yatırım maliyetlerini düşürme ile ilgili çalışmaları ise sistem bileşenlerinin verimini artırma ve sistem kurumu ile konstrüksiyonu için optimal tasarım parametrelerinin belirlenmesi şeklinde iki ana başlık altında toplanabilir. Bu çalışmanın odak noktası sistem konstrüksiyonu için optimal tasarım parametrelerinin belirlenmesine yöneliktir. Gerek termal ve gerekse fotovoltaik uygulamalarda sistem konstrüksiyonunu belirleyen ana parametreler ise rüzgar, yağmur, nem ve benzeri dış atmosferik koşullardır. Çünkü özellikle güneş enerjisi sistemlerin en büyük ve sistem performansı açısından kritik bir öneme sahip yutucu yüzeyler atmosferik koşullara direk maruz kalırlar. Dış atmosferik koşulların sistem konstrüksiyonunu belirlenmesin açısından en büyük etkisi rüzgar direncidir. Rüzgar direnci ise ancak yutucu yüzeyler etrafındaki akış karakteristiklerini belirlenmesiyle tanımlanabilir. Panel etrafındaki akış karakteristiklerinin belirlenmesindeki temel zorluk ise akış karakteristiklerinin atmosferik koşulların yanında sistemin konumlandığı yüzeyin doğal topoğrafyasına ve sistem etrafındaki diğer yapılardan dolayı dramatik değişmeler göstermesidir. Özellikle düzlemsel yutucu yüzeye sahip güneş enerjisi uygulamaları için optimal tasarım parametreleri hedefleyen bir dizi çalışmanın ilk aşaması olan söz konusu çalışmada düzlemsel güneş panellerinin yerleştirildiği yatay yüzeye uzaklığının panel yüzeyine etkisi yürütülen nümerik simülasyonlar ile araştırılmıştır. Araştırmada 300 eğimli, güneye dönük 0.5m2 yüzeye sahip bir panel referans alınmış olup çalışma panelin monte edildiği yatay yüzeye uzaklığının (hL) panel ön bakış uzunluğuna(hp) oranının dört farklı değeri (hL/hp=0, 0.25, 0.5, 1) kapsamında yürütülmüştür. Her panel konumu için Rehp=3*104-1*105 aralığında üç farklı hız değinde yürütülen nümerik simülasyonlar Ansys Fluent CFD paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Yürütülen nümerik simülasyonlar sonucunda Reynolds sayının artmasıyla basınç kuvvetinin artığını ve bu artışın hL/hp oranına bağlı olarak 5m/s akış hızına göre 10 ve 15 m/s hızlarında basınç kuvvetindeki artışın sırasıyla %4-9 ve %6-12 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen diğer çarpıcı bir sonu panel yüzeyindeki basınç dağılımından dolayı basınç kuvveti merkezinin panel ağır merkezinden yaklaşık olarak panel uzunluğuna göre %2-5 aralığında aşağıya kaydığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Paneli, Rüzgar Direnci, Sistem konstrüksüyonu, Akış alanı

Farklı Tip Güneş Kollektörlerinin Isıl Verim Değerlerinin Hesapsal Zekâ Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi

Estimation of Thermal Efficiency Values of Different Type Solar Collectors by Using Computational Intelligence Methods

Mehmet DAŞ[1]
Ebru KAVAK AKPINAR[2]

[1]İliç Dursun Yıldırım MYO, Erzincan Üniversitesi, İliç/Erzincan, Türkiye, mdas@erzincan.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, ebruakpinar@firat.edu.tr

***Özetçe*—**Bu çalışmada güneş takip özelliğine sahip bir hava ısıtmalı güneş kollektörü (HIGK) ile azimut açısına göre sabitlenmiş hava ısıtmalı güneş kollektörü kullanılmıştır. Hareketli ve sabit olan HIGK'nün ısıl performansları deneysel olarak incelenmiştir. Havanın kollektörlere giriş ve çıkış sıcaklıkları, ışınım, kollektör yüzey sıcaklığı ve havanın kollektörlerden çıkış hızı ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere dayalı olarak her iki kollektörün ısıl verimleri hesaplanmıştır. Elde edilen deneysel ısıl verim değerleri için lineer regresyon ve karar ağacı regresyon kullanılarak 2 farklı tahminsel model elde edilmiştir. Elde edilen deneysel ısıl verimler karşılaştırılmış, güneş takip özelliğine sahip HIGK'nın daha verimli çalıştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen 2 farklı tahminsel modelin hata oranları karşılaştırılmış ve lineer regresyonun daha az hatalı bir tahminsel model oluşturduğu gösterilmiştir

Anahtar Kelimeler — güneş takip sistemi, güneş kollektörü, ısıl verim, regresyon

***Abstract*—** In this study, an air heated solar collector (AHSC) with solar tracking feature and an air heated solar collector fixed with azimuth angle were used. The thermal performances of the moving and stationary AHSC have been experimentally investigated. The inlet and outlet temperatures of the air, the solar radiation, collector surface temperatures and the exit velocity of the air from the collectors are measured. The thermal efficiencies of both collectors were calculated based on the measurements made. Two different predictive models were obtained by linear regression and decision tree regression for the obtained experimental thermal efficiency values. The obtained experimental thermal efficiencies were compared and it was found that the AHSC with solar tracking function works more efficiently. As a result, the error rates of the two predictive models obtained are compared and linear regression has been shown to produce a less faulty predictive model.

Keywords — solar tracking system, solar collector, thermal efficiency, regression

Şebeke Bağlantılı Bir Fotovoltaik Sistemin Bursa Şartlarında Tasarımı ve Performans Değerlendirmesi
Design and Performance Assessment of Grid Connected Photovoltaic System in Bursa Conditions

Gökay BAYRAK[1*]
Alper TURAN[2]
[1]Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, gokay.bayrak@btu.edu.tr, [*]Corresponding Author, Tel: +90 224 300 3507
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, alper.turan@btu.edu.tr

Özetçe— Her geçen gün katlanarak artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılan klasik fosil bazlı üretim, yerini çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmaktadır. Türkiye'de 2016 yılında toplam sera gazı emisyonu CO_2 eşdeğeri 496.1 milyon ton olarak hesaplanmış ve buradaki en büyük payı %72.8 ile fosil enerji kaynaklı emisyonların oluşturduğu gözlemlenmiştir [1,2]. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç içerisindeki payının 2023 yılında en az %20 olması hedeflenmektedir. [3,5]. Belirli bir bölgede fotovoltaik (FV) bir sistem kurulmadan önce, o bölgeye ait coğrafi bilgilere ve ortam koşullarına göre sistemin önceden simüle edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, konutsal FV temelli güç üretimi için 1.2 kWp gücünde şebeke bağlantılı bir sistem Bursa Teknik Üniversitesi Mimar Sinan Kampüsü çevre şartları için tasarlanmış ve analiz edilmiştir. FV modül, inverter ve şebeke koruma elemanlarından oluşan FV sistem PVSYST programı ile modellenmiştir. 6 adet 200 Wp'lık monokristal FV modülün olduğu dizi kullanılarak filtre ve inverter üzerinden şebekeye bağlanmıştır. PVSYST programı yardımı ile güneş panellerinin yerleştirilmesinde kullanılacak olan azimuth ve eğim açıları hesaplanmış ve Bursa ilinin coğrafi koordinatları tasarlanan sisteme girilerek bu girdilere göre optimum panel açısı seçilerek konumlandırılmıştır. Simülasyon koşulları ve gerçek ortamda gölgelendirmenin etkisini ölçmek için panelin belirli bölgeleri gölgelendirilerek bunun elektrik üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tüm sistemin pratik ve simülasyon arasındaki performans ve kayıp oranları karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, sistemin ekonomik analizi ve sağladığı karbon emisyonu tasarrufu miktarı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda, FV panele ait akım ve gerilim değerlerinin sıcaklıktan olumsuz etkilendiği, güneş ışınımı artışından ise olumlu etkilendiği gözlemlenmiştir. Kısmi gölgelendirme altında çalışan FV modüllerden alınan çıkış olması gerekenden %21 düşük çıkmıştır. Ayrıca sistemin ekonomik olarak geri ödeme süresinin 6.1 yıl olduğu ve bunlara ek olarak sistemin 0.02 ton sera gazı azaltımı sağladığı hesaplanmıştır. Konutsal FV sistem tasarımı için gerekli olan iklimsel, oram ve elektriksel koşulların analiz edilebildiği modelin tasarımcılara gerçekleştirecekleri uygulamalarda kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler— Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem; yenilenebilir enerji kaynakları; kısmi gölgelendirme etkisi

Abstract— The classical fossil-based production, which is used to meet the ever-increasing need for energy, places itself in the environmentally friendly renewable energy sources. Total greenhouse gas emissions of CO_2 equivalent calculated as 496.1 million tons in 2016 in Turkey and wherein the largest share of emissions has been observed to generate fossil energy with 72.8% [1,2]. It is targeted that the share of renewable energy resources in the installed capacity of our country will be at least 20% in 2023. [3,5]. Before a photovoltaic (FV) system is installed in a particular area, the system must be pre-simulated according to the geographical information and environmental conditions of that area. In this study, a grid-connected system with 1.2 kWp power for residential FV-based power generation was designed and analyzed for the environmental conditions of Bursa Technical University Mimar Sinan Campus . PV system consisting of PV module, inverter and network protection elements is modeled by PVSYST program . A series of six 200 Wp monocrystalline PV modules were used. PV generator is connected to the network via filter and inverter. Azimuth and tilt angles to be used with the help of the PVSYST program were calculated and the geographical coordinates of Bursa city were entered into the designed system and the optimum panel angle was selected according to these inputs. In order to measure the effect of shading on the simulation conditions and the actual environment, certain areas of the panel were shaded and its effect on electricity production was investigated. The performance and loss rates of the whole system are compared between practice and simulation. In the study, the economic analysis of the system and the amount of carbon emission savings

provided are also calculated As a result of the studies performed, it was observed that the current and voltage values of the FV panel were negatively affected by the temperature and positively affected by the increase of the solar radiation. The output from the FV modules operating under partial shading was reduced by 21%. It is also estimated that the system has an economical payback period of 6.1 years and in addition the system provides a reduction of 0.2 tonnes of greenhouse gas annually. The model in which the climatic, environmental and electrical conditions necessary for the design of the residential PV system can be analyzed is thought to be useful for the applications that the designers will implement.

Keywords*— *Grid connected photovoltaic system; renewable enegry sources; partial shading effect

KAYNAKÇA

[1] TÜİK, "Sera Gazı Emisyon İstatistikleri", http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27675, Son erişim: 05.05.2018.

[2] KUSİP, "Türkiye Yenilenebilir Enerji Planı", https://kusip.gov.tr/kusip/yonetici/tematikAlanEkGoster.htm?id=75, *p: 22-23* Son erişim: 05.05.2018

[3] Shukla AK, Sudhakar K, Baredar P. Design, simulation and economic analysis of standalone rooftop solar PV system in India. Sol Energ 2016;*Vol. 136, 2016, p:437–49*

[4] PVSyst software – general features, available at http://www.pvsyst.com/en, Son erişim: 05.05.2018

[5] Bhattacharya, T., Chakraborty, A.K., Pal, K. "Computer simulation of the influence of shading on a solar photovoltaic array", International Journal of Ambient Energy *38(5), p: 525-533*

SERAMİK KURUTUCU BİR FIRINDA ISI KAÇIŞLARININ NÜMERİK ve DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Serkan GÜNEŞ[1]
Zeynel A. FIRATOĞLU[2]
Mustafa ÖZEN[3]
Yusuf IŞIKER[4]
Bülent YEŞİLATA[5]

[1,2,3,3,4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yıldırım Beyazıt ÜNİVERSİTESİ, Ankara, Türkiye, byesilata@yahoo.com

Özetçe— Kilin yoğrularak biçimlendirme ve bu biçimlendirmenin belirli bir kurutma süreci sonucunda şeklini koruyabildiği bilgisinin geçmişi, yapılan arkeolojik kazılarda 35 bin yıl öncesine kadar gitmektedir. İlk evrelerde güneşte, dış atmosferik koşullarda kurutma şeklinde izlenen yöntem, zamanla özel kurutma fırınlarında yüksek sıcaklıklarda kurutma şekline dönmüştür. Özellikle özel kurutma fırınların geçmişi yine yapılan arkeolojik kazılarda bilerce yıllık bir geçmişe sahip oldukları saptanmıştır. Bunun en büyük dayanağı neolitik çağın sonuna ait bulunak çanak çömlek kalıntılarıdır. Çünkü kil ancak 400 0C üzerinde bir sıcaklıkta, kurtulduğunda zamana karşın bozulmama özelliği kazanır. Geçmişten günümüze yukarıda sözü edilen yöntemle elde edilen araç-gereçler endüstrinin hemen hemen neredeyse tüm kollarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak gelişmiş veya gelişmekte olan tüm ülkelerde önemli bir seramik endüstrisi gelişmiştir. Bu endüstri kolunun en büyük girdisi bekleneceği üzere kurutma süreci için gereksinim duyulan enerjidir. Dolayısıyla sözü edilen sektör için kurutma sürecinin, enerji verimliği açısından, optimal koşullarda gerçekleştirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Özellikle bir hat boyunca seri üretim gerçekleştirilen orta veya büyük ölçekli firmalar, raylı bir araba veya bir konveyör üzerinde ürünler belli bir optimal hızda tünel tipi bir kurutucu fırından geçirilerek ısı ve kütle transferi şeklinde tanımlanabilecek kurutma sürecini gerçekleştiren yöntemleri tercih etmektedirler. Bu tip kurutma sürecinde en büyük problem tünel girişinde ve çıkışında olası ısı kayıplarıdır. Seramik endüstrisinde kurutma sürecini enerji verimliliği açısından, optimal koşullar için tasarım parametrelerini belirlemeyi hedefleyen bir dizi çalışmasının ilk aşaması olan söz konusu çalışmada, endüstriyel bir tünel tipi seramik kurutucu fırınını olası ısı kaçışları deneysel ve nümerik araştırılmıştır. Bu çerçevede referans alınan tünel tip seramik kurutucu fırının giriş ve çıkışında belirli periyotlarda sıcaklı, akış hızı ve nem ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçümler çerçevesinde 1/5 oranında küçük katı modeli tasarlanan fırının akış ve ısı transfer karakteristikleri bir dizi CFD simülasyonuyla tanımlanmıştır. CFD simülasyonlarıyla hesaplanan sonuçların, deneysel ölçümlerden yaklaşık olarak %1-3 aralığında sapma göstermesi yürütülen simülasyonların güvenilirliğini gösteren en önemli parametredir. Gerek alınan ölçümler ve gerekse yürütülen simülasyonlar ile referans alınan tünel tipi seramik kurutucu fırında, toplam tüketilen enerjinin %22'sinin tünel giriş ve çıkışındaki akış hareketi ile kaybedildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Seramik, Fırın, Kurutma, CFD, Akış ve ısı karakteristikleri

ÇALIŞMA BASINCININ FAN TİPİ BİR SULAMA MEMESİNİN PERFORMANSINA ETKİSİNİN NÜMERİK ARAŞTIRILMASI

Adem CAN[1]
Derya MEYVACI[2]
Zeynel A. FIRATOĞLU[3]
Onur YEMENİCİ[4]
Habib UMUR[5]

[1,2,3,3,]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[4,5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ ÜNİVERSİTESİ, Burda, Türkiye, umur@uludag.edu.tr

Özetçe— Yüzeysel sulama sonucu toprakta görülen çoraklaşma ister istemez çiftçileri yüzeysel sulamaya karşın daha modern olan basınçlı sulamaya yöntemlerine geçmeye zorlamaktadır. Zorlanma sonucu olarak çiftçiler artan bir trendle basınçlı sulama yöntemlerine geçmekte veya geçme yönünde arayışlarda bulunmaktalar. Bu arayışın sonucu olarak konuyla ilgili birçok irili ufaklı birçok firma kurulmuştur. Kurulan firmaların büyük çoğunluğunun ar-ge alt yapısı olmadığından bölgeye ve bitki örtüsüne uygun etkin-verimli sistemler ve yöntemler geliştirememiş ve tüketicilere ancak standart ürünler sunabilmişlerdir. Basınçlı sulama yöntemleri uygulama şekline göre yağmurlama, mikro yağmurlama ve damlama olmak üzere üç sınıfta değerlendirilir. Topoğrafyası bozuk arazilerde tesviyeye gerek duymaksızın uygulanabilmesi ve su alma hızı yüksek hafif bünyeli topraklarda yüksek bir sulama randımanı elde etmesi gibi avantajlarından dolayı yağmurlama sulama sistemleri diğer basınçlı sulama sitemlerine göre daha ön plana çıkmaktadır. Yağmurlama sulama sistemlerinde, sistem çalışma parametrelerini ve performansını belirleyen ana bileşen olan meme aynı zamanda sistemin en küçük ve maliyeti en düşük aktif bileşenedir. Bundan dolayı meme üzerinde sağlanacak herhangi bir iyileştirme sistem performansını en düşük maliyet ile önemli derece artıracaktır. Yağmurlama sulama sistemlerinde meme boyunca ki akış ve ısı transferi karakteristiklerini araştıran dolayısıyla bu karakteristiklerin sistem performansı ile ilişkisini ortaya koyan çalışma bulunmamaktadır. Konuyla ilgili tüm çalışmalar ise sistem performansını tespit etmeye yöneliktir. Yanı bileşenlerin özellikle de memenin sistem performansı ile ilişkisini ortaya koyma niteliğinde değildirler. Sözü edilen eksikleri gidermeye yönelik bir dizi çalışmanın ilk aşaması olan çalışmada, endüstriyel örnek bir fan tipi meme referans alınarak çalışma basıncının sulama performansına etkisi nümerik incelenmiştir. Yürütülen simülasyonlar sonucunda çalışma basıncının artması ile sulanan alan yaklaşık olarak lineer artarken büyürken eş dağılım Katsayısı (CU) eksponansiyel azaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fan tipi meme, Çalışma basıncı, Akış karakteristikleri

Düzlemsel Vakum Tüplü Bir Termal Kolektörün Tasarimi

Derya MEYVACI[1]
Seher İZOL[2]
Zeynel A. FIRATOĞLU[3]
Mehmet A. İLKHAN[4]
Onur YEMENİCİ[5]

[1,2,3,3,4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, firatoglu@harran.edu.tr
[5]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ ÜNİVERSİTESİ, Burda, Türkiye, seckin@uludag.edu.tr

Özetçe— Çeşitli kaynaklara göre gelişmişlik düzeyine bağlı olarak yenilenebilir enerjinin toplam enerji deki payı %10 seviyelerine ulaşmıştır. Yenilenebilir enerjide güneş, rüzgar ve hidroelektrik enerji öne çıkan uygulamalar olarak gözlemlenmektedir. Güneş enerjisi uygulamaları hidrolik ve rüzgar enerjisi uygulamalarıyla karşılaştırıldığında düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedenlerinden biri sıcak su veya lokal elektrik enerjini temin etme gibi uygulamaların istatistik verilere dahil edilmesinde zorluklardır. Örneğin ülkemizde de özellikle güneşlenme süresi ve potansiyeli bakımından Türkiye ortalamasının üstünde olan Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde, sıcak su temini için termal güneş kolektörleri, 30 yıla aşan bir süredir yaygın olarak kullanılmakta fakat bunun enerji tüketimindeki payına ilişkin herhangi bir istatistiksel verinin olmaması. Söz konusu bölgelerde ilk yatırım ve işletme maliyetinin düşüklüğünden dolayı genellikle düzlemsel tip güneş kolektörleri tercih edilmektedir. Bununla birlikte son yıllarda, vakum borulu güneş kolektörleri de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Düzlemsel kolektörlerdeki en büyük sorun yalıtım plakasında, imalattan veya işletme sürecinde meydana gelecek ısı köprüleridir. Isı köprüleri termal verimi önemli derecede düşürmesinin yanı sıra kış aylarında sistemin donmasına da sebep olmaktadır. Bu sorun vakum borulu sistemlerde sistemin yapısından dolayı düzlemsel kolektöre nazaran minimum seviyededir. Vakum borulu sistemin diğer bir artısı kullanıcı açısından sistem hasarlarına karşı modüler olmasıdır. Düzlemsel kolektörün en büyük avantajı ise güneşlenme alanının vakum borulu sisteme nazaran daha büyük olmasıdır. Düzlemsel ve parabolik kolektörlerin sahip oldukları avantajlara sahip yenilikçi bir ürün geliştirmeyi hedefleyen bir dizi çalışmanın ilk aşaması niteliğindeki çalışma tasarımı yapılan düzlemsel vakum tipli bir kolektörün performansı CFD simülasyonlarıyla araştırılmıştır. Yürütülen simülasyonlar sonucunda tasarlanan düzlemsel vakum tipli termal kolektör yüzeyine düşen ışınım toplam ışınım şiddetinde borulu vakum tipli kolektöre göre %15 artış sağlandığı tespit edilmiştir. Bu sonuca bağlı olarak sistem performansında vakum botulu kollektöre nazaran %8 bir artış olduğu saptanmıştır.

***Anahtar Kelimeler**:* Termal,, Düzlemsel, Vakum borulu, Tasarım

Şanlıurfa'da Jeotermal Enerji Kaynaklarının Yönetimi İçin İdari Bir Model
An Administrative Model Suggestion for the Management of Geothermal Energy Resources in Şanlıurfa, Turkey

Fred Barış ERNST[1]
M. İrfan YEŞİLNACAR[2]
H.A. Zafer SAK[3]
A. Dilek ATASOY[4]
Celal ÇİFTÇİ[5]
Perihan DERİN[6]
[1]Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, fr_ernst@yahoo.com
[2]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, iyesilnacar@gmail.com
[3]Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, drsak19@gmail.com
[4]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, adilekatasoy@hotmail.com
[5]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, celalciftci87@gmail.com
[6]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, perihanderin47@gmail.com

Özetçe— Bu çalışmada, ülkemizde jeotermal enerji kaynaklarının yasal, idari ve işletme açısından yönetimi tartışılmıştır. Buna göre, ülkemizde, jeotermal kaynaklarla ilgili yasa 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunudur. Bu yasaya göre, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığına bağlı (MTA, MİGEM, YEGM vd.) kuruluşlar, Kültür ve Turizm Bakanlığının yanı sıra yerelde İl Özel İdareleri ve YİKOB gibi resmî kurumlara idari, teknik ve denetleme yetkisi verilmiştir. Ayrıca, yerel yönetimler ve özel yatırımcı/müteşebbisler de bir diğer kurumsal ve icracı yapılardır. Bu kadar çok kurumun taraf olduğu bir konuda, yatırımcı/müteşebbislerin yatırım ve işletmelerini etkin ve verimli biçimde idare edebilmeleri; hızlı, şeffaf, adil ve sürdürülebilir bir eşgüdümle mümkün olabilir. Ülkemizde, bu eşgüdüm yapısına, Afyon Jeotermal Turizm ve Ticaret A.Ş. (1994), Bursa Jeotermal Enerji ve Sanayi Ticaret A.Ş. (2008), İzmir Jeotermal Enerji San ve Tic A.Ş. (2005) gibi başarılı örnekler verilebilir. Jeotermal enerji potansiyelinin henüz kapsamlı olarak etüt edilmediği ve mevcut işletmelerde yaşanan sorunlar göz önüne alındığında, ilimiz için de, ivedi olarak idari bir eşgüdüm birimine ihtiyaç olduğu aşikardır. Bu tebliğde, Valilik, Büyükşehir Belediyesi, YİKOB, ŞUTSO ve Harran Üniversitesi'ni kapsayan idari bir model önerisi irdelenmiştir**.**

Anahtar Kelimeler — jeotermal enerji; idari yönetim modeli; Şanlıurfa; GAP Bölgesi.

Abstract—In this study, the legal, administrative and management aspects of geothermal energy resources in our country are discussed. Accordingly, in our country, the law on geothermal resources is the Law No. 5686 on Geothermal Resources and Natural Mineral Water. According to this law, the Ministry of Energy and Natural Resources (MTA, MİGEM, YEGM, etc.), the Ministry of Culture and Tourism, as well as the local authorities such as Special Provincial Administrations and YİKOB have been given administrative, technical and supervising powers. In addition, local governments and private investors / entrepreneurs are another institutional and executive authorities. In a situation where so many institutions are involved, it may be possible for investors / entrepreneurs to make investments and businesses efficient and efficient in a fast, transparent, fair and sustainable coordination. Afyon Geothermal Tourism and Trading Co. (since 1994), Bursa Geothermal Energy and Industry Trading Co. (since 2008), İzmir Geothermal Energy and Industry Trading Co. (since 2005), etc. are the successful examples to this coordination in our country. It is clear that geothermal energy potential has not yet been thoroughly investigated and that the problems of existing enterprises are taken into consideration and that an immediate administrative coordination unit is needed in our province. In this paper, an administrative model proposal covering Governorship, Metropolitan Municipality, YİKOB, ŞUTSO and Harran University were examined**.**

Keywords — component; formatting; style; styling; key words.

Binalar Etrafındaki Türbülanslı Akışın Sayısal Olarak İncelenmesi

Numerical Investigation of Turbulent Flow around Buildings

Mustafa SÖYLER[1]
Bülent YANIKTEPE[1]
Alper YILDIRIM[2]
Coşkun ÖZALP[*1]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, mustafasoyler@osmaniye.edu.tr, byaniktepe@osmaniye.edu.tr, coskunozalp@osmaniye.edu.tr
[2]Makine ve Metal Teknolojileri, Osmaniye Meslek Yüksek Okulu, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, alperyildirim@osmaniye.edu.tr

Özetçe— Bu çalışmada, küt cisimler etrafındaki akışlar, özellikle binalar etrafındaki akışlar farklı bina arası mesafeler için sayısal olarak incelenmiştir. Bina şekli olarak basit küp şekli alındığından küp etrafındaki akış bir doğrulama durumu olarak ele alınmış ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) simülasyonları yapılmıştır. Farklı türbülans modelleri (Standard k-ε, RNG k-ε, Realizable k-ε ve Standard k-ω türbülans) ve farklı sınır şartları uygulanarak elde edilen sonuçlar literatürde yer alan deneysel ve sayısal çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Daha sonra, bu simülasyonlarda iyi sonuç veren türbülans modeli ve sınır şartları seçilerek birden çok bina modelleri etrafındaki akış incelenmiştir. Farklı çözüm ağlarında (mesh) HAD analizleri yapılmış ve sonucun mesh' ten bağımsızlığı yapılmış, belirlenen mesh' te analizler gerçekleştirilmiştir. Küp etrafındaki akış için hız profilleri, akış karakteristik özellikleri (girdap değerleri, akım çizgileri vb.) ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada giriş hızı 10 m/s olacak şekilde Reynolds sayısı 2x105 olarak alınmıştır. Bina geometrileri olarak doğrulması yapılan küp alınmış ve farklı konfigürasyonları denenmiştir. Akış küt cismin üst, yan ve arka yüzeylerinde negatif basınç bölgeleri oluşturmuş, küt cisme dik gelen yüzeyinde ise pozitif basınç bölgeleri oluşturmuştur. Bu bölgelerdeki basınç farklılıkları, akış ayrılmaları ve yeniden bağlanmaları oluşturmakta iken türbülanslı ve karmaşık art-iz bölgelerinin oluşmasına sebep olmaktadır. Küt cismin üst yüzeyi gelen akışın yeterince türbülanslı olmamasından kaynaklı yeniden dönme alanları oluşmuş ve bu küt cismin üst kenarından akış kopma hareketini gerçekleştirmiştir. Bu küt cismin üst yüzeyinden kopan akış cisim arkasında oluşan yeniden dönme bölgesine etki etmiştir. Hem küp hem bina modellerinin ön yüzeyinde yere yakın bölgede girdabın oluştuğu gözlemlenmiştir. Küp simülasyonlarında, literatürle karşılaştırıldığında ön ayrılma bölgesi küp önünde 0.4 m mesafesine kadar uzandığı görülmüştür. Küp modelinin ön yüzeyinin tabanından 0.2 m mesafe yukarısında ön durma noktası oluştuğu görülmüştür. Küpün yan yüzeylerinde meydana gelen at nalı girdaplarının yakalandığı girdap şiddeti konturlarından anlaşılmaktadır. Farklı dizilimlere sahip binaların hız profilleri, akış karakteristik özellikleri (girdap değerleri, akım çizgileri vb.) ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD); bina etrafındaki akış; türbülanslı akış.

Abstract— In this study, flows around bluff bodies, especially flows around buildings, were investigated numerically for different building distance. Since the building is shaped like a simple cube, the flow around the cube is treated as a verification state and simulations of computational fluid dynamics (CFD) are made. The results obtained by applying different turbulence models (Standard k-ε, RNG k-ε, Realizable k-ε and Standard k-ω turbulence) and different boundary conditions were compared with experimental and numerical studies in the literature. Then, the flow around multiple building models was investigated by choosing the turbulence model and boundary conditions that gave good results in these simulations. CFD analyses were performed on different mesh and the result was mesh independent analysis. Velocity profiles for the flow around the cube, flow characteristics (vortex values, stream lines, etc.) and turbulence kinetic energy distributions were compared with the results in the literature. The Reynolds number was taken as 2x105 so that the inlet velocity would be 10 m/s. The cube was taken as the building geometry and different configurations were

tried. The flow created negative pressure zones at the top, side and back surfaces of the bluff body, and positive pressure zones at the surface perpendicular to the bluff body. Pressure differences in these regions cause turbulent and complex vortex shedding to occur while separating flow and reconnecting. Because the flow from the upper surface of the bluff body is not sufficiently turbulent, there are recirculating areas originating from the upper edge of the bluff body, which has caused the flow rupture. The flow of air that has fallen from the upper surface of this bluff body has influenced the recirculation zone formed behind the body. It has been observed that both cube and building models have entered the area near the front surface of the model. Compared with the literature, in the cube simulations, the pre-separation zone extends to 0.4 m in front of the cube. It was observed that the cube model had a stop point at 0.2 m above the base of the front surface. It is understood from the vortex intensity contours captured by the horseshoe vortexes that form on the sides of the cube. Velocity profiles, flow characteristics (vortex values, stream lines, etc.) and turbulence kinetic energy distributions of buildings with different layouts were obtained.

Keywords — Computational Fluid Dynamics (CFD); flow around the building; turbulent flow.

Farklı Tipte Dış Duvar Yapı Elemanları için Örnek bir Binanın Isıtma Yükünün TS825 ile Hesaplanması

Calculation of Heating Load of a Sample Building for Different Types of External Wall Building Elements by TS825

Hüseyin MORAN[1]
Mustafa SÖYLER[1]
Doğan Burak SAYDAM[1]
Coşkun ÖZALP*[1]
Ertaç HÜRDOĞAN[1]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye,
mustafasoyler@osmaniye.edu.tr, doganburaksaydam@gmail.com, coskunozalp@osmaniye.edu.tr, ehurdogan@osmaniye.edu.tr

Özetçe— Ülkemiz yeterli fosil yakıt kaynaklarına sahip olmadığından enerji olarak dışa bağımlı bir ülke durumundadır. Bu nedenle üretimin yanında verimliliği esas ilke kabul ederek mevcut enerji sistemlerinden en iyi şekilde yararlanılması gerekmektedir. Enerji verimliliği, enerji üretimi ve tüketimi alanında yapılan çalışmalarının hepsini içermektedir. Bu nedenle, bir yandan en az kaynak kullanımıyla en çok enerji üretiminin gerçekleşmesi, diğer taraftan aynı miktar enerji kaynağını kullanarak enerji dönüşümlerinde verimliliği arttırılmasına yönelik çalışmalar önem arz etmektedir. Ülkemizde sanayi sektöründen sonra enerji tüketiminin en fazla olduğu sektör bina sektörü durumundadır. Mevcut ve yeni yapılan binalarda sağlanacak enerji verimliliği hem ülkemizin dışa bağımlılığında hem de sera gazı emisyon değerlerinde önemli derecede azalma sağlanacaktır. Yeterli derecede ve standartlara uygun ısı yalıtımı sağlanmış bir binada, ısıtma dönemlerinde, iç ortamdaki konfor sıcaklığını sağlamak için gereken ısı enerjisinin bir kısmı iç ve dış kaynaklardan sağlanır. Geriye kalan ısı miktarın ısıtma sistemi tarafından iç ortama verilmesi gerekir. Standartlara uygun olarak kullanılan yapı elamanları ve ısı yalıtım malzemeleri ile iç konfor sıcaklığını sağlamak için gerekli enerji miktarı en aza indirgenecektir. Bu çalışmada örnek bir bina için farklı duvar yapı elamanlarının farklı bölgelerdeki ısıtma enerjisi ihtiyacına etkisi yalıtımlı ve yalıtımsız olarak incelenmiştir. Yapı elemanları olarak ülkemizde yaygın olarak kullanılan tuğla, bims, gaz beton ve briket seçilmiştir. Binada ısı köprüleri olmadığı kabul edilmiş toprak temaslı yüzey ve çatı altı yüzey standart olarak her bölge için aynı olarak kabul edilmiştir. Çalışmada sadece ısıtma yükü hesaplanmış olup, yoğuşma hesabı ve soğutma yüküne yer verilmemiştir. Örnek binada iç kazançlar standarda uygun olarak alınmış, güneş enerjisi kazançları hesaplanırken camlar standart çift cam olarak seçilmiş, bina ayrık nizam ve az katlı olarak kabul edilmiştir. Her bir yapı elamanı için farklı yalıtım kalınlıkları alınarak gerekli ısıtma yükü hesaplanarak optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak yanıcılık sınıfı da dikkate alınarak taş yünü seçilmiştir. Isı yalıtımının ısıtma sisteminin ilk yatırım maliyetine ve işletme maliyetlerine etkileri incelenerek geri ödeme süreleri mevcut ve yeni bina için hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler — ısı yalıtımı; enerji verimliliği; TS 825.

Abstract— As there are not enough fossil fuel resources in our country, it is a country dependent on foreign countries in terms of energy. For this reason, it is necessary to recognize productivity as well as production and to make the best use of existing energy systems. Energy efficiency covers all activities carried out for the fields of energy production and consumption. For this reason, it is imperative to carry out studies on achieving the most energy production by using the least amount of resources and increasing the efficiency in energy conversions by using the same amount of energy source. In our country, except for the industrial sector, the sector with the highest energy consumption is the building sector. Energy efficiency to be provided in existing and newly constructed buildings will also significantly reduce both your country's external dependency and greenhouse gas emission values. A part of the heat energy required to provide the comfort temperature in the indoor environment is provided from inside and outside sources during heating periods in a

building where adequate insulation is provided in accordance with the standards. In this study, the effect of different wall elements on the heating requirements of different locations for a sample building was examined insulated and uninsulated. Brick, pumice concrete, aerated concrete and briquette were selected as the construction elements, which are widely used in our country. It is assumed that there are no thermal bridges in the building, and the ground contact surface and the underfloor surface are assumed to be the same for each region as a standard. In this study, the condensation and cooling load is neglected and only the heating load is calculated. In the case of the model, the internal earnings are taken in accordance with the standards. The glasses were chosen as standard double glass when the solar energy gains were calculated. The building is regarded as discrete and low-rise. For each building element, different insulation thicknesses were taken and the required heating load was calculated and optimum insulation thickness was determined. Rock wool was selected as thermal insulation material considering the flammability class. Refund periods are calculated for existing and new building by examining the effects of heat insulation heating system on initial investment cost and operating costs.

Keywords — heat insulation; energy efficiency; TS 825.

Hidrojenin Depolanması ve Borhidrürlerden Hidrojen Üretimi

Hydrogen Storage and Hydrogen Production from Borohydrides

Metin GÜRÜ[1]
Ahmet F. KARABULUT[2]
Çetin ÇAKANYILDIRIM[3]
Tuğba A. BOYNUEĞRİ[4]

[1]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, mguru@gazi.edu.tr
[2]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, afkarabulut@osmaniye.edu.tr
[3]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye, cetincakanyildirim@hitit.edu.tr
[4]Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, ETİ Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, tugbaakkas@etimaden.gov.tr

Özetçe— Fosil kökenli yakıt emisyonlarının çevre üzerindeki yıkıcı ve tersinmez etkileri bilim insanlarını alternatif-temiz enerji kaynaklarını araştırmaya sevk etmektedir. Temiz enerji üretimi konusunda çalışmaların yapılması, enerji arz güvenliğinin sağlanmasının haricinde konvansiyonel enerji üretim metotlarının çevresel etkilerinin insanoğlunun ve dünyanın geleceğinin tehdit ediyor olması sebebiyle bir zorunluluk halini almıştır. Hidrojen temiz enerji kaynağı olması sebebiyle alternative enerji kaynakları araştırmalarının odağında yer almaktadır. Bu çalışmada enerji taşıyıcısı olan hidrojenin enerji potansiyeli, güvenli depolama yöntemleri ve borhidrürlerin hidrojen bağlayıcısı ve kaynağı olarak kullanılması konusu ele alınmıştır.

1.ENERJİ KAYNAĞI HİDROJEN

Hidrojenin anahtar özelliği birincil enerji kaynağı olması değildir. Ancak, bir enerji taşıyıcısıdır ve elektrik enerjisi gibi birincil enerji kaynaklarından üretilmesi gerekir. Tutuşma aralığının geniş olması, hidrojenin daha geniş karışım aralığında (%4 ile %75 oranları arasında) düzgün yanmasını sağlar ve yanma sonucunda daha az kirletici oluşur.

Yanma sonucu partikül madde oluşmadığından bujiler kirlenmez. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltacağından daha yüksek verim sağlar. Ayrıca, hidrojenin alt ısıl değeri mevcut motor yakıtlarından daha yüksektir (hidrojen için 119,93 kJ/g, benzin için 43,4 kJ/g) [1].

1.1.Hidrojenin Depolanması

Hidrojenin depolanması iki grupta ele alınmaktadır. İlk grupta sıkıştırma ya da sıvılaştırma gibi fiziksel prosesleri içeren fiziksel metotlar yer almaktadır. Fiziksel metotlarla H_2 moleküllerinin depolama ortam ile herhangi bir etkileşimi yoktur. Kimyasal metotlarda ise fiziksel-kimyasal yöntemlerle hidrojen depolama sağlanır. Bu yöntemlerin tanımlanmasında, hidrojenin depolama ortamı ile etkileşimi göz önünde bulundurulmaktadır. Bu yöntemler; sıkıştırılmış hidrojen gazı depolama, düşük sıcaklıkta sıvı hidrojen depolama, adsorpsiyon, absorpsiyon, kimyasal etkileşimdir [2,3].

1.2. Metal Hidrürler

Hidrojen, bazı metal ve alaşımlar ile metal hidrürleri oluşturarak ılımlı bir sıcaklık ve basınç altında katı faz depolamayı sağlar. Metal hidrürler hidrojen gazı ve sıvı hidrojene göre daha yüksek hidrojen depolama yoğunluğuna sahiptir. Örneğin, magnezyum hidrür (MgH_2) için hidrojen yoğunluğu 6,5 H atom/cm^3 iken hidrojen gazı ve sıvı hidrojen

için sırasıyla 0,99 H atom/cm^3 ve 4,2 H atom/cm^3'dür. Bir metal hidrür oluşturmak için direkt kemisorpsiyon ve elektrokimyasal olmak üzere aşağıda verilen iki reaksiyon ile hidrojeni bağlamak mümkündür [3].

$$M + \frac{x}{2} H_2 \longleftrightarrow MH_x \tag{2.1}$$

$$M + \frac{x}{2} H_2O + \frac{x}{2} e^- \longleftrightarrow MH_x + \frac{x}{2} OH^- \tag{2.2}$$

Bu eşitliklerde M metali temsil etmektedir. Metal ve hidrojen genellikle hidrojenin az miktarda absorplandığı α-fazı ve hidrürün tamamen oluştuğu β-fazı olmak üzere iki farklı tür hidrür oluşturur.

Metal borhidrür şeklinde hidrojen depolanmasında, yapı içerisinde kütlece % 18,5 oranına erişebilen hidrojenden yararlanma imkânı doğar. Bazı süreçlerde sudan gelen hidrojen ve kullanılan suyun döngüsü ile bu oran % 37'lere çıkabilmektedir [3].

1.3. Metal Borhidrürler

Yüksek hidrojen kapasitesine sahip olmaları ve DOE hedeflerini karşılayabilme potansiyeli olduğu düşünüldüğünden kompleks metal borhidrürlere ($M(BH_4)_n$) artan bir ilgi bulunmaktadır [3].

Metal borhidrürler $M(BH_4)_n$ (M:metal, n:değerlik) yüksek gravimetrik hidrojen yoğunluğuna sahip ve dolayısıyla hidrojen depolama için yoğun ilgi çekmektedir.

Metal borhidrürlerin termodinamik kararlılığın kontrol edilebilmesi ve daha hızlı reaksiyon kinetiğine ulaşılabilmesi önemli araştırma konularıdır. Bir bor atomu dört hidrojen atomu arasında kovalent bağ ile $[BH_4]^-$ anyonunu oluşur. Bu yük metal katyonu tarafından kompanse edilir.

1.4. Katalitik Dehidrojenasyon ve Hidrojel Katalizörler

Kimyasal hidrojen depolama, bir molekülde kovalent bağlı hidrojen atomlarının katalitik reaksiyonlar ile H_2 gazı şeklinde salınımı durumunda hidrojen için gelecek vadetmektedir. Metal borhidrürlerin yapısındaki hidrojen yalnız su kullanılarak makul bir süre zarfında tamamen elde edilemez. Bu nedenle, uygun bir katalizör kullanılması gerekmektedir.

Son zamanlarda, hidrojel olarak bilinen ve üç boyutlu çapraz bağlı polimer ağ yapılar özellikle ilgi çekmektedir. Hidrojeller sulu ortamda şişebilen ağ yapılı polimerik malzemelerdir. Polimer zincirleri üzerinde bulunan negatif yükler birbirlerini iter ve bu yapıyı genişletir. Çapraz bağların bulunması polimer zincirlerinin çözünmeksizin jel halinde şişmesini sağlar.

Hidrojel ağ yapı içerisindeki metal bağlayıcı fonksiyonel gruplar (–COOH, -OH, $-SO_3H$, -SH ve $-NH_2$ gb.) kullanılan monomerlere göre değişmektedir. Karboksilik asit grupları oldukça etkili metal iyonu bağlama kapasitesi göstermektedir. Araştırmacılar, gözeneklilik, hidrofilik özellik ve yapıya metal nanoparçacık alma yönleriyle hidrojeller üzerinde çalışmaktadır [4,5].

Anahtar Kelimeler — hidrojen depolama, hidrojen üretimi, katalitik ve termal dehidrojenasyon, borhidrürler

Abstract— The destructive and irreversible effects of fossil-based fuel emissions on the environment have prompted scientists to explore alternative-clean energy sources. it has become a necessity to work on clean energy production, except for the provision of energy supply security, since humanity and the world's future are threatened by the environmental effects of conventional energy production methods. Because hydrogen is a clean energy source, it is at the center of research on alternative energy sources. In this study, the energy storage potential of hydrogen as an safe energy carrier and the use of borohydrides as a hydrogen binding and source are discussed.

1. ENERGY SOURCE HYDROGEN

The key feature of hydrogen is not that it is the primary energy source. However, it is an energy carrier and must be produced from primary energy sources such as electricity The wide range of ignition ensures that the hydrogen burns uniformly in the larger mixing range (between 4% and 75%) and less pollutant is produced in the combustion.

As the result of combustion does not form any particulate matter, the sparking plugs are not polluted. A low flame brightness results in a higher efficiency than other carbon based fuels because it reduces heat loss through the radiation. In addition, the lower thermal value of hydrogen is higher than current engine fuels (119.93 kJ / g for hydrogen and 43.4 kJ / g for gasoline) [1].

1.1. Hydrogen Storage

Hydrogen storage is considered under two groups. The first group includes physical methods including physical processes such as compression or liquefaction. By physical methods H_2 molecules have no interaction with the storage medium. In the case of chemical methods, hydrogen storage is provided by physical-chemical methods. In describing these methods, the interaction with the hydrogen storage medium is considered. These methods are compressed hydrogen gas storage, cryogenic hydrogen storage, adsorbtion, absorbtion and chemical interaction [2,3].

1.2. Metal Hydrides

Hydrogen provides storage in the solid phase at moderate temperatures and pressures by forming metal hydrides with certain metals and alloys. Metal hydrides have higher hydrogen storage density than hydrogen gas and liquid hydrogen. For example, the hydrogen density for magnesium hydride (MgH2) is 6.5 H atoms / cm3 while for hydrogen gas and liquid hydrogen is 0.99 H atoms / cm3 and 4.2 H atoms / cm3, respectively. Therefore, metal hydride storage is a safe and volumetric efficient storage method for mounting applications. To form a metal hydride, it is possible to couple the hydrogen with the following two reactions, direct chemisorption and electrochemical method [3].

$$M + \frac{x}{2} H_2 \longleftrightarrow MH_x \tag{2.1}$$

$$M + \frac{x}{2} H_2O + \frac{x}{2} e^- \longleftrightarrow MH_x + \frac{x}{2} OH^- \tag{2.2}$$

In these equations, M represents metal. The metal and hydrogen usually form two different types of hydrides, the α-phase absorbed in a small amount of hydrogen and the β-phase in which the hydride is fully formed.

In the storage of hydrogen in the form of metal borohydrides, it is possible to utilize hydrogen, which can reach up to 18.5% by mass in the structure. In some processes this ratio is 37% with the hydrogen from water and the cycle of water used [3].

1.3. Metal Borohydrides

Complex metal borohydrides have attracted much attention in recent years as they have the potential to satisfy the demand for both huge hydrogen storage capacity and reaching DOE level [3].

Complex metal borohydrides $M(BH_4)_n$ (M:metal, n:valance) received vast interest for hydrogen storage thanks to its high gravimetric hydrogen storage capacity.

Latest metal borohydrides studies focus on thermodynamic stability of metal borohydrides and rapid reaction kinetics. $[BH_4]$- ion is formed by covalent bonding between a boron atom and four hydrogen atoms. This charge is compensated by the metal cation.

1.4. Catalytic Dehydrogenation and Hydrogel Catalysts

Chemical hydrogen storage is promising for hydrogen in the case of a hydrogen covalently bound hydrogen atom being released in the form of H_2 gas by catalytic reactions. The hydrogen in the metal borohydrides can not be completely obtained over a reasonable period of time using only water. For this reason, a suitable catalyst must be used.

Recently, three-dimensional cross-linked polymer network structures known as hydrogels are of particular interest. Hydrogels are polymeric materials that can swell in an aqueous environment. The negative charges on the polymer chains push each other and expand the structure. The presence of crosslinks allows the polymer chains to swell in the form of a gel without dissolution.

The metal binding functional groups (-COOH, -OH, $-SO_3H$, -SH and $-NH_2$ etc.) in the hydrogel network structure vary depending on the monomers used. Carboxylic acid groups exhibit highly effective metal ion binding capacity. The researchers are working on hydrogels with respect to porosity, hydrophilic properties and structure taking in metal nanoparticles [4,5].

Keywords — hydrogen storage, hydrogen production, catalytic and thermal dehydrogenation, borohydrides

References

1. Kahraman, N., Akansu, S.O. ve Albayrak, B. (2007). İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak hidrojen kullanılması. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 48 (569), 9-15.

2. Jhonston, B., Mayo, M.C. and Khare, A. (2005). Hydrogen: the energy source for the 21st century. *Technovation*, 25 (6), 569–585.

3. Sakintuna, B., Lamari-Darkrimb, F. and Hirscher, M. (2007). Metal hydride materials for solid hydrogen storage: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32, 1121 – 1140.

4. Seven, F. and Sahiner,N. (2013). Poly(acrylamide-co-vinyl sulfonic acid) p(AAm-co-VSA) hydrogel templates for Co and Ni metal nanoparticle preparation and their use in hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38, 777-784.

5. Turan, E. (2005). *Sıcaklık Duyarlı Poli(N-t-Bütilakrilamit-ko-akrilamit) Hidrojellerin Şişme Davranışlarına Çapraz Bağlayıcı Türü ve Miktarının Etkisi,* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Düşük Sıcaklıklı Bir Kurutma Sisteminin Analizi
Analysis of a Low Temperature Drying System

Kamil Neyfel ÇERÇİ[1]
Osman KARA[1]
Önder KAŞKA[2]
Ertaç HÜRDOĞAN[1]*
Orhan BÜYÜKALACA[3]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, kcerci@osmaniye.edu.tr, osmankara@osmaniye.edu.tr, ehurdogan@osmaniye.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, onderkaska@osmaniye.edu.tr
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, obuyukalaca@gmail.com

***Özetçe*—**Gıda ürünlerinin kurutulmasında amaç, ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların ürünü bir besin kaynağı olarak kullanıp mikroorganizmaların gıda ürününde yaşamalarını önlemektir [1]. Gıda kurutma, ısı ve kütle transferinin aynı anda gerçekleştiği karmaşık bir prosestir [2]. Kurutma hava şartları, kurutma kinetiğinde önemli rol oynamakta ve kısa kurutma zamanlarında kurutulmuş kaliteli ürün eldesi ancak en iyi kurutma havası şartlarının elde edilmesi ile mümkün olmaktadır [3]. Kurutma zamanı, kurutma havası sıcaklığının artması ile kısalmasına rağmen kurutulan gıda maddelerindeki renk ve tat değişimi, vitamin içeriğindeki değişim ve kurutulan üründeki yapısal bozukluklar (ısıl gerilmelerden kaynaklanan çatlamalar vb.) sıcaklık arttıkça daha fazla gerçekleşmektedir. Bu sebeple yüksek sıcaklıklı kurutucuların gıda ürünlerinde kurutma süresini kısaltmalarına karşın, özellikle ısıya duyarlı gıda ürünlerine zarar vermektedirler. Gıdaların, kurutma esnasında renginin, tadının, vitamin içeriği ve yapısının korunarak, kaliteli kurutulmuş gıda eldesi ve tohumluk olarak ayrılan ürünlerde çimlenme özelliğinin muhafazası için kurutma havasının düşük sıcaklıkta olması gerekmektedir [4]. Kurutma havasının düşük sıcaklıkta olması ise kurutma zamanını uzatarak ürün de küf gibi zararlı etkiler gelişebilmektedir. Bu sorunların önüne geçebilmek için kurutma zamanını azaltmak gerekmektedir. Düşük sıcaklıkta gıda kurutması uygulamalarında uzun kurutma zamanlarını kısaltmak için kurutulacak ürün üzerine mümkün olduğunca kuru hava göndermek gerekmektedir. Bu çalışmada, ısı pompası ve nem alıcı döner tekerin (rotor) birlikte kullanıldığı hibrit bir kurutma sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan kurutma sisteminde iki nem alma işleminin (nem alıcı rotor ile ısı pompası) aynı anda kullanılması ile kurutma havasının (proses havası) nem içeriği oldukça düşük seviyelere indirilerek ürün üzerinden nem çekme kapasitesi arttırılmıştır. Sistemde nem alıcı rotorun rejenerasyon sıcaklığının elde edilmesinde ısı pompasının yoğuşturucusu ve güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Kurutma sisteminin termodinamik analizleri EES (Engineering Equation Solver) kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada kurutma kabinine giren havanın sıcaklık değeri düşük kurutma havası şartının sağlanması için 35 °C olarak alınmıştır. Bu veriler göz önünde bulundurularak sistemde kullanılan ana ekipmanların kapasiteleri ve sistemin her noktasındaki termodinamik özellikler belirlenmiştir. Tasarlanan sistem, yapılan analizler ile Osmaniye iklim şartları için değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler —kurutma; düşük sıcaklık, nem alıcı rotor; ısı pompası; güneş enerjisi.

***Abstract*—**The purpose of the drying of food products is to prevent the biochemical reactions that may occur in the products and to prevent the microorganisms from living in food products [1]. Food drying is a complex process where heat and mass transfer take place at the same time [2]. Drying conditions play an important role in drying kinetics. It is necessary to obtain the best drying air conditions in order to obtain a dried quality product in short drying times [3]. Although drying time is shortened by increasing drying air temperature, some problems in dried food products such as color and taste changes, changes in vitamin content, and structural defects (cracks due to thermal stresses etc.) occur more as temperature increases. For this reason, although high-temperature dryers shorten the drying period in food products, they are particularly harmful for heat sensitive food products. The drying air should be at low temperature for the quality of the dried food and the preservation of the germination properties of products separated as seed. When the drying air with low temperature is used, the color, taste, vitamin content and structure of the food is protected during

drying [4]. If the drying air is at a low temperature, the drying time may be prolonged and harmful effects such as mold may be developed. In order to avoid these problems, it is necessary to reduce drying time. In food drying applications at low temperatures it is necessary to blow as much dry air as possible onto the product to be dried in order to shorten long drying times. In this work, a hybrid drying system that combines heat pump and desiccant wheel was designed. By using two dehumidification processes simultaneously, the moisture content of the drying air is reduced into very low levels and the moisture extraction capacity from the product is increased. In the system, the regenerating temperature of the desiccant wheel is obtained from the condenser of the heat pump and solar energy. Thermodynamic analysis of the drying system was carried out by using EES (Engineering Equation Solver). In the sudy, the temperature of the air entering the drying cabin was taken as 35 ° C in order to provide the low drying air condition. Taking these data into consideration, the capacities of the main equipment used in the system and the thermodynamic properties at each point of the system have been determined. The system designed was evaluated with the analysis done for the Osmaniye climatic conditions.

Keywords —drying; low temperature, rotary desiccant wheel; heat pump; solar energy.

KAYNAKÇA

[1] Darıcı, S. and Şen, S., "Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurutmaya etkisinin incelenmesi", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-13/16/İzmir.

[2] Akyurt, M., Sevilir, E., Selçuk, K., "Güneş enerjisi ve bazı yakıtlarla meyve ve sebze kurutulması", TÜBİTAK, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Proje No: TOAG-97, Ankara, 1971.

[3] Akpinar, E., "Experinemtal determination of convective heat transfer coefficient of some agricultural product in forced convection drying", Int. Comm. Heat and Mass Transfer, Vol. 31(4): 585-595, 2004.

[4] Butts, C.L., Williams, E.J., Sanders, T.H., "Algorithms for automated temperature controls to cure peanuts", Postharvest Biology and Technology, 309-316, 2002.

Nem Almalı-Nem Uzaklaştırmalı Bir Damıtma Sisteminin Analizi

Analysis of a Humidification-Dehumidification Desalination System

Osman KARA[1]
Kamil Neyfel ÇERÇİ[1]
Ertaç HÜRDOĞAN[1,*]
Tuncay YILMAZ[2]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, osmankara@osmaniye.edu.tr, kcerci@osmaniye.edu.tr, ehurdogan@osmaniye.edu.tr
[2] Makina Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, tyilmaz@osmaniye.edu.tr

Doğal afetler, hızlı artan nüfus, doğal kaynakların kirlenmesi, iklim değişiklikleri gibi farklı problemler nedeniyle temiz su kaynağı ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Dünya yüzeyindeki en fazla su kaynağı olarak yer alan deniz suyunun kullanılabilirliği ile ilgili damıtma çalışmaları bu kapsamda önemli hale gelmektedir. Bu çalışmalar içerisinde ele alınan ve deniz suyunun arındırma işlemlerinde temiz su üretmek için en yaygın kullanılan sistemlerden bir tanesi de, nemlendirme-nem (HDH) almalı damıtma sistemleridir. Düşük sıcaklıklarda çalışabilme özelliğinin yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme monte edilebilmesi bu tür damıtma sistemlerinin en büyük farklılıklarındandır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilaveten, bu tür sistemlerde atık ısı kullanımı performans değerinin artırılması açısından da uygundur. HDH sistemleri, doğada meydana gelen yağmurun oluşum döngüsünü taklit eden termal bir damıtma teknolojisidir. Sistemin temel bileşenleri olarak nemlendirici, nem alıcı ve ısıtıcılardır. Nemlendirici kısmında, havanın tuzlu deniz suyu ile doğrudan temas ettirilmesiyle havanın içerisinde ki nem miktarının artırılması sağlanmaktadır. Nem alıcıda, sıcak nemli havanın içerisindeki su buharı, soğuk su ile dolaylı temas yaptırılarak yoğuşturulmakta ve bu döngü neticesinde tatlı su elde edilmektedir.

Damıtma sistemlerinin verimlilik açısından değerlendirilmesinde dikkate alınan en önemli parametre GOR (Gained-output ratio) değeridir. GOR değeri, sistemden elde edilen su miktarının enerjisinin, sisteme giren termal enerji miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır. Sistemin verimliliğinin artırılması için sistemde kullanılan deniz suyu ve hava gibi akışkanların ısıtılması, ayrıca çevrimin açık-kapalı olması gibi farklı konfigrasyonlar kullanılmaktadır [1]. Geleneksel güneş enerjili havuz tipli damıtma sistemleri için GOR değeri yaklaşık 0,5 iken, HDH döngülü sistemlerde bu değer 0,5 ile 5 değerleri arasında değişmektedir [2]. Literatürde yer alan çoğu çalışmada, su sıcaklığının, GOR'u etkileyen en önemli parametre olduğu ve aynı zamanda hava ve su kütle debilerinin de GOR değeri üzerinde etkisi olduğunu görülmektedir [3,4]. Bu çalışmada, HDH teknolojisinin kullanıldığı güneş enerji destekli ve toprak soğutmalı bir damıtma sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem; güneş kollektörleri, ısı değiştiricileri, nemlendirici (su kulesi), nem alıcı (yoğuşturucu), pompalar, fanlar ve suyunun depolandığı tanktan oluşmaktadır. Sistemde deniz suyu öncelikle güneş kollektörlerinden gelen sıcak su ile ısıtılmakta ve nemlendiriciye (su kulesi) gönderilmektedir. Sıcaklığı yükselmiş deniz suyu daha sonra su kulesinde dış ortamdan alınan hava içerisine püskürtülerek havanın deniz suyu ile nemlenmesi sağlanmaktadır. Nemli hava son olarak yoğuşturucuya gönderilmektedir. Burada hava içerisindeki nem, toprak içerisinden geçirilerek soğutulan su kullanılarak yoğuşturulmakta ve temiz su olarak depoda toplanmaktadır. Sistemin detaylı analizlerini yapabilmek için bir model oluşturulmuş ve Fortran Programlama Dili kullanılarak sistemde bulunan tüm noktaların özelliklerinin analitik olarak hesaplanabildiği bir program yazılmıştır. Yapılan çalışmayla tasarlanan sistemin performansı Osmaniye iklim koşullarına göre araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Damıtma, HDH, Güneş Enerjisi, Toprak, Osmaniye

Abstract—Due to different problems such as natural disasters, rapidly growing population, pollution of natural resources, climate change, the need for clean water resources is increasing day by day. Desalination studies related with the availability of sea water, which is the largest source of water on the surface of the earth, are becoming important. One of

the most commonly used desalination system for the production of clean water is the humidification-dehumidification (HDH) desalination system. In addition to its ability to operate at low temperatures, the ability to install renewable energy sources in the system is one of the biggest differences in such desalination systems. In addition to the usage of renewable energy sources, usage of waste heat is also suitable for increasing the performance of these systems. HDH systems are a thermal desalination technology that simulates the cycle of rain formation in nature. The basic components of the system are humidifier, dehumidifier and heater. In the humidifier, the amount of moisture in the air is increased by direct contact of seawater. In the dehumidifier, water vapor of hot humid air is condensed by indirect contact with cold water and clean water is obtained as a result of this cycle.

The most important parameter used for evaluation of desalination systems in terms of efficiency is GOR (Gained-output ratio) value. GOR is defined as the ratio of the amount of water obtained from the system to the amount of thermal energy entering the system. In order to increase the efficiency of the system, different configurations such as heating the fluids (seawater, air) in the system, as well as turning the cycle on and off, are used [1]. While the GOR value is about 0.5 for conventional solar-still desalination systems (solar ponds), this value ranges from 0.5 to 5 for HDH systems [2]. It is shown from most of the studies in the literature that water temperature is the most important parameter affecting GOR and at that time, air and water mass flows are also have an effect on GOR value [3,4]. In this study, solar energy and soil cooling assisted desalination system with HDH technology was designed. System consisted of solar collectors, heat exchangers, humidifier (water tower), dehumidifier (condenser), pumps, fans and tank. In the system, sea water is primarily heated by hot water coming from the solar collectors and sent to the humidifier. The warmed sea water is then sprayed into the air taken from the outside in the water tower to increase the moisture of air with sea water. Moist air is finally sent to the condenser. The moisture is condensed using water that is cooled by passing through the soil and is collected in the tank as clean water. A model was created to make detailed analysis of the system. The properties of all points in the system were analytically calculated using a Fortran Programming Language. The performance of the system was evaluated by using Osmaniye weather conditions.

Keywords — Desalination, HDH, Solar Energy, Soil, Osmaniye

KAYNAKÇA

[1] Narayan G.P., Sharqawy M.H., Lienhard V J.H., and Zubair S.M., “Thermodynamic analysis of humidification-dehumidification desalination cycles,” Desalination and Water Treatment, 16:339-353, April 2010.

[2] Muller-Holst H., Engelhardt M., and Scholkopf W., “Small-scale thermal seawater desalination simulation and optimization of system design”, Desalination, 122:255–262, 1999.

[3] Mistry K. H., Lienhard V J. H., and Zubair S. M., “Effect of entropy generation on the performance of humidification-dehumidification desalination cycles”, Int. J. Thermal Sci.,49(9):1837–1847, 2010.

[4] Nafey A.S., Fath H.E.F., El-Helaby, S.O. and Soliman A.M., “Solar desalination using humidification-dehumidification processes. Part I. A numerical investigation”, Energy Convers.Manage., 45:1243–1261, 2004.

Farklı Yapıya Sahip Seralar için Isıtma İhtiyacının Belirlenmesi

Determination of Heating Requirement for Greenhouses with Different Structure

Ertaç HÜRDOĞAN*
Gamze ERDOĞAN SALTAN
Osman KARA
Coşkun ÖZALP

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, esmgamze@gmail.com, kcerci@osmaniye.edu.tr, osmankara@osmaniye.edu.tr, ehurdogan@osmaniye.edu.tr, coskunozalp@osmaniye.edu.tr

Özetçe— Seralar; çeşitli bitkilerin yetiştirilmesine uygun koşulların sağlanması amacı ile çevre şartları kontrol edilebilen veya belirlenen cam, plastik, fiberglas gibi ışığı geçiren malzemelerle örtülü yapı veya yapı elemanlarıdır. Başka bir deyişle sera; iklime bağlı kalmadan, tüm yıl boyunca ekonomik olarak bitkilerin yetiştirilebileceği yerlerdir. Seralar ayrıca; bitkisel üretim için ihtiyaç olan gelişim etmenlerini bütün yıl boyunca sağlayabilen içerisinde hareket edilebilir yapı elemanları olarak da tanımlanabilir. İlk yatırım ve işletme masraflarının en az seviyede tutulabilmesi için, ışık, sıcaklık, nem ve havanın CO_2 içeriği gibi gelişim etmenlerinin asgari koşulları sağlayabilecek şekilde planlanması gerekmektedir. Seralar bitki gelişimi için mutlaka gerekli olan güneş radyasyonun bir bölümü olan görülebilir ışınlarının seraya ulaşması ve radyasyonun çok düşük olduğu kış aylarında yeterli derecede ışık alabilmesi için geçirgen bir malzeme ile örtülürler. Soğuk dönemlerde sıcaklığının istenilen değerin altına düştüğünde seralar ısıtılmalıdır. Ancak bu durumda da örtü malzemesi yoluyla dış ortama olan ısı geçişleri mümkün olduğunca engellenmelidir. İyi bir sera yapısının görevi bütün yıl boyunca bitki gelişimi için gerekli iklim koşullarını sağlamak ve bu koşulları teknik olanaklardan da yararlanarak mümkün olduğunca istenilen seviyede tutmaktır. Serada, çevre koşullarından sıcaklığın kontrol edilmesi için yapılan ısıtma, büyük miktarda enerji gerektirmesi nedeniyle üzerinde en fazla çalışılan konu olmuştur. Seralarda ısıtma ihtiyacının belirlenmesinde en önemli etmen, seranın inşa edileceği yöredeki meteorolojik verilere göre, en düşük çevre sıcaklık derecesi ile bu zamanda sera içinde istenilen uygun sıcaklık derecesi arasındaki farktır [1-3].

Bu çalışmada, farklı yapıya (konstrüksiyon, malzeme vb.) sahip seralar için yetiştirilen ürün, sera örtü malzemesi, ısıtma yöntemi ve sera büyüklüğü gibi parametreler dikkate alarak Adana ili iklim koşulları için ısıtma yükleri belirlenmiştir. Adana ili meteorolojik verileri (sıcaklık, nem, güneş ışınımı, rüzgar hızı) kullanılarak yapılan çalışmada sera tipi olarak yay çatılı sera, beşik çatılı sera ve yüksel tünel sera seçilmiştir. Hesaplamalar, sera örtü malzemesi olarak cam ve polietilen, ısıtma sistemi olarak sıcak havalı ısıtma sistemi ve sıcak sulu ısıtma sistemi, için ayrı ayrı yapılmıştır. Farklı parametreler kullanılarak yapılan çalışmada ısıtma kapasitesi açısından Adana bölgesi için hangi sera tipinin uygun olduğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, sera ısıtma ihtiyacının kullanılan sera malzemesine ve özellikle sera tipine bağlı olarak değişim gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler —sera; ısıtma kapasitesi; Adana.

Abstract—Greenhouse is a structure or building elements covered with materials such as glass, plastic, fiberglass which can be controlled by environmental conditions in order to provide suitable conditions for the cultivation of various plants. In other words, greenhouse is a place where the plants can be grown economically throughout the year, regardless of the climate. In addition, greenhouse can also be defined as movable structural elements that can provide developmental factors needed for plant production throughout the year. In order to keep the initial investment and operating costs at a minimum level, the factors such as light, temperature, humidity and the content of carbon dioxide in the air must be planned in such a way to provide minimum conditions. The greenhouse is covered with a permeable material to take the solar radiation at sufficient levels at the winter conditions. Greenhouses should be heated when the temperature falls below the desired value. In this case, heat transfer from the atmosphere through the covering material

should be prevented as much as possible. The task of a good greenhouse is to ensure the necessary climatic conditions for plant growth throughout the year and to keep these conditions at the desired level as much as possible by making use of the technical possibilities. Heating of greenhouse has been the most studied topic due to the large energy requirement. The most important factor for heating is the difference between the lowest ambient temperature and the desired temperature in the greenhouse, according to the meteorological data in the area where the greenhouse will be constructed [1-3].

In this study, the heating loads of greenhouses with different structures (construction, materials, etc.) were determined for the Adana province climate conditions considering the parameters such as greenhouse material, heating method and greenhouse size. The calculations were carried out separately for spring roof, cradle roof and high tunnel as greenhouse type, for glass and polyethylene as greenhouse covering material, for hot air and hot water heating system as heating system. In this study, it was investigated which type of greenhouse is suitable for the Adana region in terms of heating capacity. It was shown from the results that heating requirement of greenhouse is changing according to greenhouse materials and especially greenhouse structure

Keywords —greenhouse; heat capacity; Adana.

KAYNAKÇA

[1] Canakci, M., Emekli, N.Y., Bilgin, S., Caglayan, N., Heating requirement and its costs in greenhouse structures: A case study for Mediterranean region of Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 24(1): 483–490, 2013.

[2] MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Sera Yapım Tekniği, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2007.

[3] Baytorun, A.N., Seralar, Nobel Yayıncılık, Adana, 2016.

Kırmızı Biberlerin Güneşte Kurutulması Sırasında Karotenoidlerin Parçalanma Kinetiği

Degradation Kinetics of Carotenoids During Sun Drying of Red Pepper

Aziz KORKMAZ[1],
Ali YILDIRIM[1],
İbrahim HAYOĞLU[1],
Bülent BAŞYİĞİT[1],
A. Ferit ATASOY[1]*

[1] The University of Harran, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Şanlıurfa/Turkey
*Corresponding Author: fatasoy@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Kırmızıbiber ((*Capsicum annuum* L.) dünyada en çok yetiştirilen ürünlerden biridir. Kırmızıbiber karakteristik lezzeti ve rengi nedeniyle taze veya işlenmiş formlarda yaygın olarak tüketilir. Karotenoidler gıdalardaki parlak kırmızı, sarı ve turuncu renk tonlarından sorumlu bitki pigmentleridir ve antioksidan etki gösterirler. Tıp doktorları komitesine göre karotenoidler kanserlerle savaşan bileşiklerdir. Kırmızı pul biber (RPF) hem geleneksel hem de endüstriyel yolla üretilen bir baharattır. RPF üretiminde bölgeye özgü olgun kırmızıbiberler tohumlarından uzaklaştırıldıktan sonra elle küçük parçalara bölünür. Daha sonra güneş veya bir kurutucu yardımıyla kurutulduktan sonra değirmenlerde öğütülerek baharat elde edilir. Bu çalışmada, ezilmiş veya zarar görmüş biberler uzaklaştırıldıktan sonra biberler yıkanmıştır. Biberlerin kök ve tohumları alındıktan sonra elle 2-3 parçaya bölünmüştür. Daha sonra temiz beton bir zemine serilerek güneşte kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işlemine %15 nem içeriğinin altına düşünceye kadar devam edilmiştir ve proses 4 gün sürmüştür. Kurutma süresince hava sıcaklığı gündüz 33±3 ºC gece ise 21±2 ºC olarak ölçülmüştür. Karotenoid analizi için her 24 saatte bir kg örnek alınmıştır. Yapılan analizler ve hesaplamalar sonunda kırmızı biberlerin güneşte kurutulması sırasında toplam karotenoidin parçalanmasının birinci dereceden kinetik modele uyduğu (R^2=0.97), reaksiyon sabitinin ise -0.0845 gün^{-1} olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler —kırmızıbiber; karotenoidler; kırmızı pul biber; kinetik

***Abstract*—** Red pepper (Capsicum annuum L.) is one of the most the most popular cultivated crops worldwide. It is widely consumed in fresh or processed forms because of its characteristic flavor and color. Carotenoids are plant pigments responsible for bright red, yellow and orange hues in foods. They also act as antioxidants in the human body. They have strong cancer-fighting properties, according to the Physicians Committee for Responsible Medicine. Red pepper flakes (RPF) as the kinds of Capsicum spices in Şanlıurfa are produced by both industrial and traditional ways. Mature red peppers of local varieties removed from the seeds are cut into small pieces by hand. The RPF are produced from the ripe peppers by dehydration process with sun or drier and then ground by a mill.In this study, the crushed or damaged peppers were eliminated at first and then the rest was washed. After separation of stem and seeds, pods were longitudinally cut into 2-3 pieces by hand. After that, these pieces were spread out in the sun onto a cleaned concrete floor. They were turned twice a daytime during the process in order to a uniform drying. The drying process was continued for 4 days until the moisture content reached below the 15 g 100 g^{-1} moisture in accordance with the commercial red pepper flakes of Turkey. The average temperatures of weather in daytime and nighttime were 33±3 and 21±2 ºC, respectively. Sampling was carried out every 24 h, taking 1 kg sample. Kinetic of total carotenoids change was determined during direct sun drying. The degradation kinetics of total carotenoids in red pepper can be described by the first order reaction kinetics during sun drying. The rate constant (k) and R^2 for sun drying were -0.0845 day^{-1}, and 0.97, respectively.

Keywords—red pepper; carotenoids; red pepper flakes; kinetics

Kırmızı Biberlerin Güneşte Kurutulması Sırasında Uçucu Bileşiklerdeki Değişimler

Volatiles Compound Changes During Sun Drying of Red Pepper

Aziz KORKMAZ[1],
Ali YILDIRIM[1],
İbrahim HAYOĞLU[1],
Bülent BAŞYİĞİT[1],
A. Ferit ATASOY[1]*

[1] The University of Harran, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Şanlıurfa/Turkey
*Corresponding Author: fatasoy@harran.edu.tr

***Özetçe*—**Tat ve aromanın kombinasyonundan oluşan lezzet (flavor) tüketici algısında önemli bir yere sahiptir. Kırmızıbiberin tipik aroması uçucu bileşiklerden, tatları ise şeker ve organik asit gibi uçucu olmayan bileşiklerden kaynaklanır. Baharat üretiminin özellikle kurutma aşaması son ürünün uçucu ve uçucu olmayan bileşik profilini etkilemektedir. Günümüzde taze biberler endüstriyel olarak sıcak havayla ve fırında kurutma gibi farklı termal uygulamalarla kurutulmaktadır. Ancak, güneşte kurutma Asya, Güney Amerika ve Afrika'nın bazı bölgelerinde hala yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı, güneşte kurutma sırasında kırmızıbiberlerin uçucu bileşiklerdeki değişimleri belirlemektir. Uçucu maddeler, katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) ile ekstrakte edilerek ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) ile belirlenmiştir. Aldehidler (19), esterler (13), alkoller (11), ketonlar (10), furanlar (8), terpenler (7), asitler (6), alkanlar (5), aromatik hidrokarbonlar (3), pirazinler (4) ve diğerleri (4) olmak üzere 11 gruba ait 90 bileşik tespit edilmiştir. Taze biberlerde toplam 23.24 µg kg^{-1} kuru madde (dw) olan 47 tane farklı bileşik tanımlanmıştır. Uçucu bileşikler güneşte kurutma sırasında önemli ölçüde değişikliğe uğramıştır. Taze biberlerdeki bu bileşiklerin birçoğu buharlaşma, parçalanma sonucunda azaldığı ($P<0.05$) veya kaybolduğu belirlenmiştir. Kurutma sırasında biberlerdeki bileşik sayısının ise taze biberden daha fazla olduğu saptanmıştır. Kurutmanın ilk gününde toplam uçucu madde miktarı 42.74 µg kg^{-1} dw ($P<0.05$) yükseldiği, sonraki iki gün sonunda ise 15.82 µg kg^{-1} dw azaldığı, kurutmanın sonunda ise önemli bir değişiklik olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir. Kurutma işleminin ikinci gününde uçucu bileşiklerde meydana gelen hızlı azalışın (≈ 50%), bu süreçte suyun hızla buharlaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler —güneşte kurutma; kırmızıbiber; uçucu bileşikleraromatik bileşikler

***Abstract*—** Flavor of foods plays a crucial role in consumer perception and it is basically combination of taste and aroma. Typical aroma of red pepper results from the profile of volatile compounds, which contains a lot of chemical fractions, while their taste depends on non-volatiles including mainly sugars and organic acids. The processing of spices productions, especially drying, affects profile of the both components (volatile and non-volatile) which describe the organoleptic quality of the end product. Nowadays, the fresh peppers are dried by different thermal applications such as hot air treatment and oven drying for the purpose of industrial productions. However, the tradition sun drying is still a common method used in some regions of Asia, South America and Africa. The objective of this study was to investigate the changes in aromatic compounds of red peppers during sun drying. Volatiles were extracted by solid-phase microextraciton (SPME) and analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). 90 compounds grouped eleven classes, including aldehydes (19), esters (13), alcohols (11), ketones (10), furans (8), terpenes (7), acids (6), alkanes (5), aromatic hydrocarbons (3), pyrazines (4), and miscellaneous (4) were detected. Among these compounds, 47 compounds were identified in the fresh sample with a total amount of 23.24 µg kg^{-1} dry weight (dw) content. The compositions of these volatiles in samples considerably changed during sun drying process. Most of compounds in the fresh samples were decreased significantly ($P<0.05$) or disappeared after drying, probably due to volatilization or degradation. Consequently, the total numbers of compounds in samples during drying was found more than the initial

amount of them. The first day of drying the total amount of volatile compounds significantly increased to 42.74 µg kg^{-1} dw ($P<0.05$), then decreased to 15.82 µg kg^{-1} dw following two days ($P<0.05$), but no significant difference was found in the last day of drying ($P>0.05$). The sharp decrease (≈ 50%) in the second day of drying process may be due to the rapid evaporation of water leads more volatilization.

Keywords— sun drying; red pepper; volatile compound; aromatic compound

Geleneksel Rüzgar Değirmenlerinin Yeşil Gıda İşlemede Rolü
Role of Traditional Wind Powered Mills in Green Food Processing

Sümeyye TAP[1]
İnci ÇINAR[2]

[1] Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, FBE, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye
[2] Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye, icinar@ksu.edu.tr

Özetçe— Yenilenebilir enerji kaynakları ve yeşil işleme teknikleri dünyanın artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için günümüzde değerlendirilmeye çalışılmaktadır. Bu kaynaklardan biri de geleneksel olarak kullanılan rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisi diğer enerji kaynakları gibi biyolojik, kimyasal veya radyoaktif atık içermeyen temiz enerji kaynağı olması, tükenmeyen bir kaynak olması ve maliyetinin düşük olması nedeniyle enerji temininde artan bir önem kazanmıştır. Öte yandan gıda endüstrisi değişen tüketici taleplerini karşılamak ve dünya pazarlarında rekabet gücü yaratmak üzere daha doğal, katkı ve koruyucu içermeyen sağlıklı ürünler üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Doğal ve katkısız ürünlerin üretiminde çevre dostu, atık içermeyen, kimyasal kullanmayan ve doğayla uyumlu olarak nitelendirilen yeşil işleme teknikleri önemlidir. Ülkemizde rüzgar enerjisinin değerlendirilmesi amacıyla farklı bilimdallarında çalışmalar yürütülmektedir. Rüzgar enerjisinin gıda işleme değerlendirilmesi amacıyla rüzgar değirmenlerinin aktif olarak kullanılması önerilmektedir. Rüzgar değirmenlerinin çalışma prensibi rüzgarın kinetik enerjisinin işleme kapasitesine göre farklı boyutlardaki pervanelere iletilerek döndürme gücü oluşturan mekanik işe çevrilmesidir. Rüzgar değirmenleri geleneksel olarak çeşitli tahılların öğütülmesi ve susam ile zeytin gibi ürünlerin yağının çıkarılması gibi farklı alanlarda kullanılabilmektedir. Bu çalışmada geleneksel olarak rüzgar değirmenlerinin endüstriyel ölçeklere taşınabilme potansiyeli, daha sağlıklı ve lezzetli ürün eldesi için rüzgar değirmenlerinin nitelikleri ve ekipmanları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler — *Rüzgar enerjisi, değirmen, yeşil işleme teknikleri, gıda, verimlilik.*

Abtract— Renewable energy sources and green processing techniques are now being evaluated to meet the growing energy needs of the world. One of these sources is the wind energy traditionally used. Wind energy has gained increasing importance in energy supply, as it is a clean source of energy that does not contain biological, chemical or radioactive wastes like other energy sources, it is an unexploited resource and the cost is low. On the other hand, the food industry is working on healthy products that do not contain more natural, additive and preservative products in order to meet the changing consumer demands and create competitive power in world markets. Green processing techniques, which are environmentally friendly, waste free, non-chemical and harmonious in nature, are important in the production of natural and pure products. In our country, studies are carried out in different ways in order to evaluate the wind energy. It is recommended that wind mills be actively used for food processing evaluation of wind energy. The working principle of wind mills is to translate the kinetic energy of the wind into mechanical work which is transmitted to the propellers of different sizes according to the processing capacity of the wind to produce turning force. Wind mills have traditionally been used in various fields such as milling of various grains and oil removal of products such as sesame and olives. In this work, it is aimed to give information about the qualities and equipments of wind mills for the healthier and tastier product of wind mills with potential to be transported to industrial scale.

Key words —Wind energy, mill, green processing techniques, food, productivity.

Siirt İlinde Küçük Ölçekli Bir Güneş PV Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Deneysel Analizi

Design, Manufacturing and Experimental Analysis of a Small Scale Solar PV System in Siirt Province

Asım BALBAY[1]
Hakan ÜLKER[2]
Yunus DEMİRTAŞ[3,*]
Hüsamettin BULUT[4]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, abalbay@siirt.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye, ulkerhakan@siirt.edu.tr
[3]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, yunusdemirtas@harran.edu.tr
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, hbulut@harran.edu.tr

Özetçe—Güneş enerjisi evsel kullanım için sıcak suyun elde edilmesi, tarımsal ürünlerin kurutulması, binaların ısıtılması gibi pek çok ısıl uygulamada kullanılabilmektedir. Ayrıca güneş enerjisinden fotovoltaik (PV) paneller kullanarak kolayca elektrik enerjisi üretilebilmektedir. PV' ler, gelecekte tüm dünya ülkelerinde sürdürülebilir güç üretimi için önemli bir role sahip olacaktır. Elde edilen elektrik enerjisi(Doğru akım-DC ve/veya Alternatif akım-AC) birçok uygulamanın(konut ve ticari) enerjisini sağlamakta ve enerji dönüşüm verimliliği % 10 ve % 25 aralığındadır. Bu nedenle, birçok uygulamada ölçekli tasarımların ve sistemlerin kullanılması önemlidir. Literatürde yenilenebilir enerji analizlerinin küçük ölçekli sistemlerde yapıldığı görülmüştür. Çünkü küçük ölçekli taşınabilir sistemleri oluşturmak kolay ve de düşük maliyetlidir.

Siirt ilinin güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Günlük ortalama güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti sırasıyla yaklaşık 7.75 saat ve 4.36 kWh/m^2'dir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için fotovoltaik (PV) panellerin kullanımı tüm dünyada artmasına rağmen, Siirt ilinde halen beklenen düzeyde bu teknolojiden yaygın olarak yararlanılmamaktadır.

Bu çalışmada, 80 watt gücünde mono kristal 4 adet PV panel, güneş şarj regülatörü, invertör, akü ve ölçüm kontrol elemanlarından oluşan güneş enerjili taşınır bir güç kaynağı tasarlandı ve imal edildi. Bunun için 30° eğiminde çelik bir donatı hazırlandı ve donatının altına 4 adet teker takıldı. 80W gücündeki PV paneller 30°'lik açı ile bir çelik donatının üzerine yerleştirildi. Aküyü korumak ve PV sisteminden elde edilen toplam voltajı akünün giriş voltajına (12 V) dönüştürmek için bir dijital solar şarj regülatörü (30 A) kullanıldı. Yatay veya eğimli konfigürasyonlarda güneş ışınımı için uygun bir piranometre, çelik donatıya monte edildi. PV panellerinden elde edilen DC enerjisi, bataryada saklanabilmekte ve ayrıca invertör ile 220 AC' ye dönüştürülebilmektedir.

Deneylerde, güneş ışınım şiddeti, çevre sıcaklığı, hava nem seviyesi, panel üst yüzey sıcaklığı, sistemin akımı ve voltajı ölçülmüştür. Ayrıca, tek bir modülün PV performansı, PV modülünden elde edilen DC enerjinin bir oranı olarak değerlendirilmiştir. Güneş ışınım şiddeti yaklaşık 840 W/m^2 olarak ölçüldüğünde, bir PV panelinden elde edilen akım ve voltaj sırasıyla 4.4 A ve 19.4 V olarak elde edilmiş olup çevre ve panel üst yüzey sıcaklığı da 22.4 °C ve 43.6 °C olarak ölçülmüştür. Bir PV panelinin maksimum verimliliği ölçüm esnasında % 15.2 olduğu hesaplandı. FV sistemin verimliliğinde gölgeleme kayıpları, invertör kayıpları, yansıma kayıpları, sıcaklık kayıpları, vb. parametreleri de göz önünde bulundurmak gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler — yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, fotovoltaik teknolojisi, Siirt

Abstract— Solar energy can use in many thermal applications such as: the obtaining heating water for domestic use, drying agricultural products, space heating of buildings. Also electricity can be easily generated from solar energy using photovoltaic (PV) panels. PVs are to have a significant role in a future shaped by sustainable power production in all of the world's countries. When it is used for many applications (residential and commercial) to provide electricity (Direct current-DC and/or Alternative current-AC), the efficiency of energy conversion is around 10-25%. Therefore, it is important to use the small scale designs and systems for many applications. Literature shows that renewable energy analysis can be deployed to small scale off-grid systems. Since, it is easy and also low cost to build up such small scale portable systems.

Siirt has an abundance of solar energy source. The daily average sunshine duration and solar irradiance of it is about 7.75 hours and 4.36 kWh/m^2, respectively. Although, the usage of photovoltaic (PV) technology for electricity generation from solar energy has increased in all of the world, it is still not a widely utilized technology in Siirt province.

In this study, a portable power supply with solar energy is designed and fabricated, which consists of 4 mono-crystalline PV panels having a power of 80 watts, solar charge controller, inverter, battery and measurement control components. Therefore, a steel structure frame at tilt of 30° was prepared and four wheels mounted under the steel frame. PV panel arrays were mounted on the steel frame at latitude tilt (30°). A digital solar charge regulator (30 A) was also used to protect the battery and convert the obtained total voltage from the PV system to input voltage (12 V) of the battery. A pyranometer was mounted on steel frame, which is properly suited for the solar irradiative flux in horizontal or tilted configurations. The obtained DC energy from the PV panels can be both stored in the battery and also converted to 220 AC by an inverter.

In the experiments, the solar irradiance, ambient temperature, air moisture level, panel upper surface temperature, current and voltage of system were measured. Also, PV performance for a single module was assessed using the PV module efficiency, which is defined as the ratio of the obtained DC energy from PV module. While the measured solar radiation is about 840 W/m^2, the average measured current and voltage obtained from a PV panel are obtained as 4.4 A and 19.4 V, respectively. The ambient and panel upper surface temperature are also measured to be 22.4 °C and 43.6 °C in that time. The single PV panel is measured to have a maximum efficiency 15.2% during the measured conditions. It is also necessary to consider the PV system efficiency the following parameters: the shading losses, inverter losses, reflection losses, temperature losses, etc.

Keywords — renewable energy, solar energy, Photovoltaic technology, Siirt

KAYNAKÇA

[1] Balbay A, Kızılaslan E. Siirt ilindeki enerji kaynakları ve potansiyel analizi. 2. Anadolu Enerji Sempozyumu, s.s.314-320, 02-04 Mayıs 2013, Diyarbakır, Türkiye.

[2] Balbay A, Ülker H, Demirtaş S, Şahin Ö. An Experimental Study on a Fully Automatic Controlled Irrigating System by Using Solar Energy in Siirt, Turkey, SOLARTR 2014 Conference & Exhibition, 19–21 November 2014, Izmir-Turkey

[3] Balbay A, Sarıtaş R, Camcı M. Optimal Tilt Angle for Obtaining Maximum Energy in Photovoltaic System for Siirt Province, Turkey. International Conference on Advanced Technologies & Sciences(ICAT'16), September 01-03,2016. Konya-Turkey

[4] Gunasekar N, Mohanraj M, Velmurugan V. Artificial neural network modeling of a photovoltaic-thermal evaporator of solar assisted heat pumps. Energy 2015;93:908–22.

[5] Cheng H, Yu C. Multi-model solar irradiance prediction based on automatic cloud classi fi cation. Energy 2015;91:579–87.

[6] Thomas, W., Murphy, J. Home photovoltaic systems for physicists. Physics Today 2008;61:42–7.

[7] Jasper R, Vidican G. Cost and optimal feed-in tariff for small scale photovoltaic systems in China. Energy Policy 2010;38:6989–7000.

[8] Guenounou O, Dahhou B, Chabour F. Adaptive fuzzy controller based MPPT for photovoltaic systems. Energy Conversion and Management 2014;78:843–50.

[9] Karki I. Effect of Temperature on the I-V Characteristics of a Polycrystalline Solar Cell. Journal of Nepal Physical Society 2015;3:35–40.

[10] Gomathy S, Saravanan S, Thangavel S. Design and Implementation of Maximum Power Point Tracking (MPPT) Algorithm for a Standalone PV System. Elixir Elec Engg 2012;3:11110–4.

Partikül Maddelerin Pv Panel Performansina Etkileri
The Effects Of Particulate Matters On Pv Panel Performance

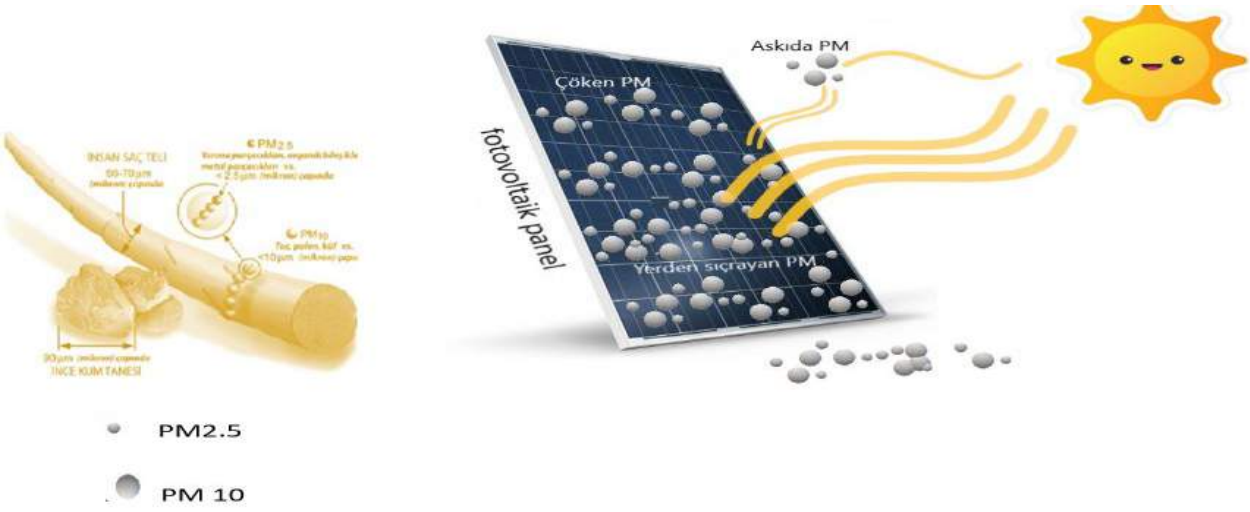
Tuba RASTGELDİ DOGAN[1]
Nurettin BEŞLİ[2]
Mehmet Akif İLKHAN[3]
Mehmet Azmi AKTACİR[4]
Bülent YEŞİLATA[5]

[1]Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, trastgeldi@harran.edu.tr
[2]Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, nbesli@harran.edu.tr
[3]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, akifilkhan@gmail.com
[4]GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, aktacir@harran.edu.tr
[5]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,Mühendislik Fakültesi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, byesilata@yahoo.com

Özetçe—

Gelişen dünyada enerjiye olan talep hızla artmakta ve gerek fosil yakıtların tükenebilir olması gerekse çevreye verdiği zararlardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına (güneş, rüzgar, jeotermal vb.) yönelinmiştir. Dünya'da birçok ülkede özellikle fotovoltaik (PV) panellere kurulum maliyetinin sürekli azalması, veriminin yükselmesi, bakım masrafının az olması ve yaklaşık 25 yıllık bir ömrü olması nedeniyle ilgi artmıştır. PV paneller, fotovoltaik hücreler sayesinde üzerine düşen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çeviren yarıiletken yapılardan oluşur. Bu nedenle üst yüzeyi ne kadar temiz olursa o kadar verimli olabileceği bilinmektedir. Ancak panellerin dış ortamda olması nedeniyle; toz (Partikül madde-PM), polen, kuş pisliği gibi birçok kirleticiye maruz kalması performansını etkilemektedir. Dünya karasının beşte biri çöllerle kaplıdır. Çöllerde oluşan Partikül maddeler, özellikle küçük çaplı olanlar (PM $\leq$10 µm) rüzgarında etkisiyle çok uzak mesafelere taşınabilmektedir (Şekil 1a). Özellikle çöllere yakın ortamların etkisinde bulunan bölgelerde partikül maddenin daha fazla olumsuz etkisi görülmektedir[1,2]. Toz birikim mekanizmasının zamana bağlı olarak modellenmesi üzerinde ciddi çalışmalar bulunmaktadır. Toz birikimi üç Partikül madde davranaşının toplam sonucu olarak açıklanabilir: Birikme(Çökeltme), Sekme(Geri tepme) ve tekrar askıya alma[1]. (Şekil 1b)

Bu çalışmamızda, özellikle Suriye çölü, Arap yarımadası ve Afrika çöllerinin etkisinde bulunan GAP bölgesinde partikül maddeye maruz kalma sonucu PV panel veriminin olumsuz olarak etkilendiği araştırılmıştır. PV panellerin toz tutma değerlerinin panellerin yerle yaptıkları eğim açısına ve etkin rüzgar yönlerine göre panel yüzey doğrultularına bağlı olduğu görülmüştür. PV santral fizibilite çalışmaları için enerji üretimlerini hesaplayan pek çok model ve progamlar bulunmaktadır. Fakat, bölgenin tozlanma değerlerinin bilinmemesi ve PV panel verimliliğine etkisinin modellerde dahil edilmemesinden dolayı hesaplamaların doğruluğunun etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca, ölçülen PM miktarı ve meteorolojik verilerden toz birikim tahmini oluşturulması en uygun PV panel temizleme takviminin bulunmasını sağlayacaktır. Böylece PV santrallerin daha verimli çalışması daha ekonomik işletme giderleriyle sağlanabilecektir.



(a) (b)

Şekil 1. a. PM boyut göstergesi [3],
b. PV Panellere PM etkisi

Anahtar Kelimeler — Partikül madde, PV panel, Verim kaybı

Abstract— The demand for energy in the developing world is increasing rapidly. Because fossil fuels are in limited quantities and damage the environment, renewable energy sources (sun, wind, geothermal, etc.) are preferred. In many countries around the world, there is a growing interest especially in photovoltaic (PV) panels due to the constant decline in installation cost, increased efficiency, low maintenance costs and a life span of about 25 years. PV panels consist of semi-conductor structures that convert the solar radiation on the surface to electrical energy owing to photovoltaic cells. For this reason, it is known that the cleaner the top surface, the more productive it can be. However, the performance of the PV panels is affected by exposure to many pollutants such as dust- particulate matter, pollen, bird droppings due to the external environment. One fifth of the Earth's land surface is covered with deserts. The particulate matter formed in the desert, especially those with small diameter (PM ≤ 10 µm) can be transported at very long distances under the effect of wind (Figure 1a). Particulate matter effect is particularly adverse in regions affected by environments close to deserts [1,2]. There are studies on the modeling of time-dependent dust accumulation mechanism. Accumulated dust can be explained as a total result of three Particulate matter behaviors: deposition, rebound and re-suspension[1]. (Figure 1b)

In this study, it was investigated that the PV panel yield was negatively affected by the particulate matter in the GAP region under the influence of the Syrian desert, Arabian peninsula and African deserts. The dust holding values of the PV panels were found to depend on the panel surface orientations according to the slope angle and the effective wind direction. There are many models and programs that calculate energy production for PV plant feasibility reports. However, it has been determined that the accuracy of calculations is influenced by the fact that the dusting values of the installation location are not known and the effect of the dust on the PV panel efficiency is not included in the models. Moreover, the estimation of the dust accumulation from the measured amount of PM and meteorological data will provide the optimum PV panel cleaning schedule. Thus, more efficient operation of PV power plants can be achieved with more economical operating costs.

Keywords — particulate matter, pv panel, performance loss

KAYNAKÇA

[1] Benjamin F, Ahmed E, Said Ahz and Yves R., Review of PV soiling particle 872- mechanics in desert environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, Volume 76, Pages 881, ISSN 1364-0321, 2017.

[2] Sarver T, Al-Qaraghuli A and Kazmerski LL., A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: history, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renew Sustain Energy Rev.*, 22:698–733, 2013. http:// dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.065.

[3] http://drhakangercekoglu.com/genel/pm2-5-nedir-neden-tehlikelidir.html

ZnO Tabanlı Heterojonksiyon Foto Diyotun Işığa Duyarlılık Performansı

Photosensitivity Performance of Heterojunction Devices Based on ZnO

Ömer Faruk Göktaş[1*]
Mohamed Sbeta[2]
Orhan Kaplan[2]
Abdullah Yildiz[2]

[1]Gazi University, Faculty of Engineering, Electrical Electronic Engineering, Ankara, Turkey, goktas.omerfaruk@gmail.com
[2]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering, Ankara, Turkey

***Özetçe*—**Al katkılı ZnO(AZO)/p-Si heterojonksiyon foto diyot sol-jel-spin kaplama yöntemiyle p-Si alt tabaka üzerine AZO filmlerinin depozisyonu ile üretildi. Foto diyotun ışığa duyarlılık özelikleri görünür ışık ve AM 1.5 standart test şartları altında elde edilen akım-gerilim karakteristikleri ile incelendi. Si üzerine ince AZO kaplama sonucunda, foto diyotun ışığa duyarlılığın önemli ölçüde arttığı görüldü. Ayrıca, foto diyot 'un AZO filminin kalınlığına bağlı olarak yüksek bir parlaklık gösterdiği görüldü.

Anahtar Kelimeler —AZO film, heterojonksiyon, ışığa duyarlılık, fotovoltaik

***Abstract*—**Al-doped ZnO (AZO)/p-Si heterojunction devices were fabricated by deposition of AZO films on p-Si substrates using sol-gel spin coating technique. Photosensitivity properties of the devices were investigated from current-voltage characteristics performed under visible light and AM 1.5 standard test conditions. By depositing thinner AZO at the top of Si, a remarkable improvement in photosensitivity of the devices was obtained. In addition to this, the devices exhibited a very high degree of visible blindness which is very sensitive to the thickness of AZO films.

Keywords —AZO film, heterojunction, photosensitivity, photovoltaic

KAYNAKÇA

[1] Sbeta, M., Atilgan, A., Atli, A. Yildiz, A. "Influence of the spin acceleration time on the properties of ZnO:Ga thin films deposited by sol–gel method". Journal of Sol-Gel Science and Technology. 2018, 10.1007/s10971-018-4652-8.

[2] Yildiz A., Cansizoglu H., and Karabacak T., "Electrical transport in AZO nanorods" Applied Surface Science (10.1016/j.apsusc.2015.02.067)

[3] Yildiz A., Uzun S., Serin N., Serin T., "Influence of grain boundaries on the figure of merit of undoped, Al, In, and Sn doped ZnO thin films for photovoltaic applications"Scripta Materialia (doi: 10.1016/j.scriptamat.2015.10.004)

Çatı Kurulumlu Fotovoltaik Enerji Santralinin Performans Değerlendirmesi
Performance Evaluation of Roof Installed Photovoltaic Energy Plant

Kıvanç BAŞARAN[1]
Sezai TAŞKIN[2]
Nevzat ONAT[3]

[1]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, kivanc.basaran@cbu.edu.tr
[2]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, sezai.taskın@cbu.edu.tr
[3]Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, nevzat.onat@cbu.edu.tr

***Özetçe*—**Fotovoltaik santrallerin gerçek zamanlı davranışlarını belirlemek için kullanılan yöntemlerin başında performans değerlendirmesi gelmektedir. Performans değerlendirmesi, yeni kurulacak fotovoltaik santrallerin tasarımı, işletilmesi ve bakımı konularında önemli bir bilgi kaynağıdır. Ayrıca, performans değerlendirmesi değişik coğrafyalarda bulunan farklı santraller arasında karşılaştırma yapma imkanı da sağlamaktadır. Fotovoltaik santrallerin performans değerlendirmesi farklı şekillerde yapılabilmektedir ancak genellikle IEE-61724 standardı kullanılmaktadır. Bu standartta performans değerlendirmesi için kullanılan parametreler; (i) yıllık enerji üretim miktarı, (ii) referans enerji miktarı, (iii) performans oranı ve (iv) kapasite faktörüdür. Bu parametreler içinde performans değerlendirmesi için en çok tercih edilen performans oranıdır. Çünkü performans oranı, fotovoltaik santralin kurulduğu coğrafyaya bağımlı bir büyüklük değildir. Bu nedenle performans oranı üzerinden farklı coğrafyalarda kurulu bulunan santraller arasında kıyaslama yapmak daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bir fotovoltaik santralde üretilen enerji miktarı bir çok parametreye bağlı olarak değişmekle birlikte en önemli parameterler güneş ışınım miktarı ve panel hücre sıcaklığıdır. Bu parametrelerin ölçülmesinde kalibrasyonu yapılmış ve yüksek hassasiyete sahip sensörler kullanmak doğru performans oranı hesaplayabilmek için oldukça önemlidir. Işınım miktarı ölçümünde pirhelyometre ya da referans hücre kullanılmaktadır. Pirhelyometre yüksek maliyetli bir sensor olduğunda özellikle küçük güçlü santrallerin performans değerlendirmesinde referans hücre tercih edilmektedir. Bu çalışmada, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi binası çatı alanında kurulan 334,8 kWp gücünde fotovoltaik santralin performans analizi yapılmıştır. Santralde kullanılan 270 Wp gücündeki 1240 adet PV panel 15 derecelik eğim açısı ile zemine delme işlemi gerektirmeyen özel bir konstrüksiyonla yerleştirilmiş ve optimizer kullanılarak bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Performans analizi için gerekli olan ışınım miktarı referans hücre ile, PV panel sıcaklıkları ise Pt100 sıcaklık sensörü ile ölçülmüştür. Fotovoltaik santral 26/12/2017 tarihinde enerji üretmeye başlamıştır. Performans değerlendirmesi için gerekli olan parametreler saatlik, günlük ve aylık bazda değerlendirilmiştir. Gerçek ölçüm sonuçlarına gore elde edilen sonuçlar, PVSyst ve PV-GIS programlarından alınan veriler ile de karşılaştırılmıştır. Bu sayede, sıklıkla kullanılan bu programların gerçek üretim değerlerine göre ne kadar doğru sonuçlar verdiğini de görme imkanı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — performans değerlendirmesi; performans oranı; fotovoltaik santral.

***Abstract*—**Performance evaluation is the most used method to determine the real-time behavior of photovoltaic plants. Performance evaluation is an important source of information on the design, operation and maintenance of new photovoltaic plants. In addition, the performance evaluation allows comparison between different plants located in different geographies. Performance evaluation of photovoltaic power plants can be done in different ways but generally the IEE-61724 standard is used. The parameters used for performance evaluation in this standard are; (i) the annual energy production amount, (ii) the reference energy amount, (iii) the performance ratio, and (iv) the capacity factor. The most preferred parameter is performance ratio for performance evaluation within these parameters. Because, the

performance ratio is not dependent on the geography where the photovoltaic power plant is installed. For this reason, using the performance ratio provides a more accurate comparison between the power plants installed in different geographies. The amount of energy generated in a photovoltaic power plant varies depending on many parameters, but the most important parameters are solar radiation and panel cell temperature. To measure these parameters, it is very important to use calibrated and high sensitivity sensors to calculate the correct performance ratio. Pyrheliometer or reference cell is used for measure the amount of radiation. Because of the pyrheliometer is a high cost sensor, the reference cell is preferred especially for the performance evaluation of small power plants. In this study, the performance analysis of the photovoltaic power plant which was installed at the roof of Manisa Celal Bayar University Engineering Faculty building with 334.8 kWp was carried out. 1240 PV panels (each panel is 270 Wp) have been installed with a special construction that does not require drilling by 15 degree angle in this plant and panels were connected to each other with an optimizer. The amount of radiation and panel cell temperature required for performance analysis were measured with the reference cell and the Pt100 temperature sensor respectively. Photovoltaic power plant started to produce energy on 26/12/2017. The parameters required for performance evaluation are evaluated hourly, daily and monthly. The results obtained according to the actual measurement results are also compared with the data from PVSyst and PV-GIS programs. In this way, it is possible to see how accurate results can be taken from frequently used these programs according to actual production values.

Keywords — performance evaluation; perfromance ratio; photovoltaic plant.

KAYNAKÇA

[1] Padmavathi, K. and Daniel, S.A., "Performance analysis of a 3 MWp grid connected solar photovoltaic power plant in India", *Energy for Sustainable Development,* 17: 615–625, 2013.

[2] Hamzeh, A., Hamed, S., Al-Omari, Z., Sandouk, A., Aldahim, G., "First Year Performance of a PV Plant in Jordan Compared to PV Plants in the Region", *International Journal of Renewable Energy Research*, 5(4): 983-990, 2015.

[3] Lima, L. C., Ferreira, L. A., Morais, F. H. B. L., "Performance analysis of a grid connected photovoltaic system in northeastern Brazil", *Energy for Sustainable Development*, 37: 79–85, 2017.

[4] Kumar, B. S., Sudhakar, K., "Performance evaluation of 10 MW grid connected solar photovoltaic power plant in India", *Energy Reports*, 1: 184–192, 2015.

[5] Bharathkumar, M., Byregowda, H V., "Performance Evaluation of 5MW Grid Connected Solar Photovoltaic Power Plant", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(6): 13862-13868, 2014.

GAP Bölgesinde Karbon-Nötr Ekonomiye Geçişte Yeşil Enerji Teknolojilerine Yönelik Değer Zincirinin Kurulması

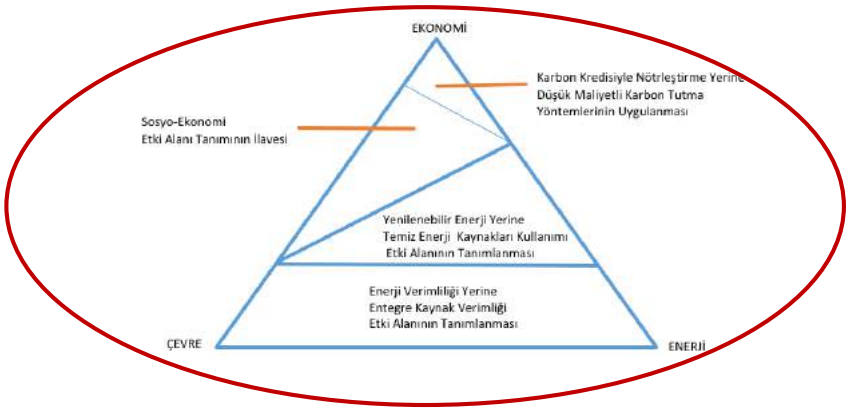
Yılmaz Dağtekin[1]
Muhyettin Sirer[2*]
Nusret Mutlu[1]
Melih Pınarcıoğlu[3]
Bülent Yeşilata[4]

[1]GAP-RDA, Sanliurfa, Turkey, ydagtekin@gap.gov.tr
[2]UNDP-Turkey, Ankara, Turkey, muhyettin.sirer@undp.org
[3]Middle-East Technical University, MATPUM Research Center, Ankara, Turkey, melihp@metu.edu.tr
[4]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering, Ankara, Turkey

Özetçe— Enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklı sera gazı salımları, insan kaynaklı iklim değişikliğinin temel nedeni olarak kabul edilmekte, iklim değişikliğinin yaşam kalitesi, çevre, su, tarım ve gıda kaynakları ve ulusal ekonomiler üzerindeki olumsuz etkileri çerçevesinde, enerji sektöründe küresel ölçekte yeni arayışlar gündeme gelmektedir. Bu kapsamda Düşük Karbonlu Üretim teknolojileri birçok ülkede önemli fırsatlar oluşturularak, yeni istihdamların ve ticaret alanlarının gelişmesine katkı sağlamıştır. Benzer fırsatların GAP Bölgesi'nin kalkınmasında da etkili olabileceği yönünde çok sayıda gösterge mevcuttur.

Bu doğrultuda mevcut çalışmanın temel amacı; GAP Bölgesi için düşük karbon ayak izini esas alan bir kalkınma modelinin ekonomik sistemi oluşturan tüm alt sektörlerde yapılacak uygulamalar ile hayata geçirilmesine ve Bölge'nin rekabet edebilirliğinin arttırılmasına katkıda bulunacak bir değer zincirinin belirlenmesidir. Bu amaçla Bölgede uygulanması gereken strateji ve eylem planlarının belirlenmesinde kullanılacak yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yenilikçi yaklaşımların temelinde; Bölgede kullanım koşulları ve potansiyeli yüksek yenilenebilir enerji teknolojileri ile uygulaması henüz yaygınlaşmamış enerji verimliliği teknolojileri için bir değer zinciri oluşturulması yatmaktadır. Bu sayede, GAP Bölgesi'nin tüm üretim ve hizmet alanlarında kaynakların en etkin biçimde kullanımının modellenmesi, yaygınlaştırılması, verimliliğin arttırılması, karbon salımının azaltılması, sürdürülebilir ve yeşil büyümenin sağlanması mümkün olabilecektir.

Bu çalışmada geliştirilen yenilikçi ve entegre yaklaşıma ait şema Şekil 1'de gösterilmiş olup, bu sayede oluşturulacak tedarik, paydaş ve değer zinciri dikkate alınarak sürdürülebilir ve yeşil bir büyüme modelinin nasıl oluşturulacağı sektörler bazında detaylı olarak tartışılmakta ve uygulama modelleri ile desteklenmektedir.



Teknoloji	Ekonomi
1. Yenilenebilir/Temiz Enerji (YE) Teknolojileri: Güneş, Biyokütle, Jeotermal, Hidrolik, Rüzgar	1. İstihdam Artışı: Yeni işler, Yeni firmalar, İş Büyütme
2. Enerji/Kaynak Verimliliği (EV) Teknolojileri: Binalar, Sanayi, Ulaşım	2. Net Gelir Artışı: Gelirde artış, Giderde azalma
3. Diğer Temiz Enerji Teknolojileri: Hibrit sistemler, Isı/Elektrik Depolama, Katı Atık Yönetimi	3. Yatırım Çekme: Uluslararası fonlar/firmalar, Ulusal yatırımlar

Şekil 1/ *Figure 1*: Bu çalışmada geliştirilen yenilikçi yaklaşıma ait şematik gösterim / A *schematic representation of the innovative approach developed in this study*

Anahtar Kelimeler — karbon-nötr ekonomi, yeşil büyüme, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği

Karbon-Nötr Ekonomiye Geçiş Perspektifinde Bir Yazılım Algoritmasının Geliştirilmesi ve GAP Bölgesi Binalar Sektörüne Uygulanması

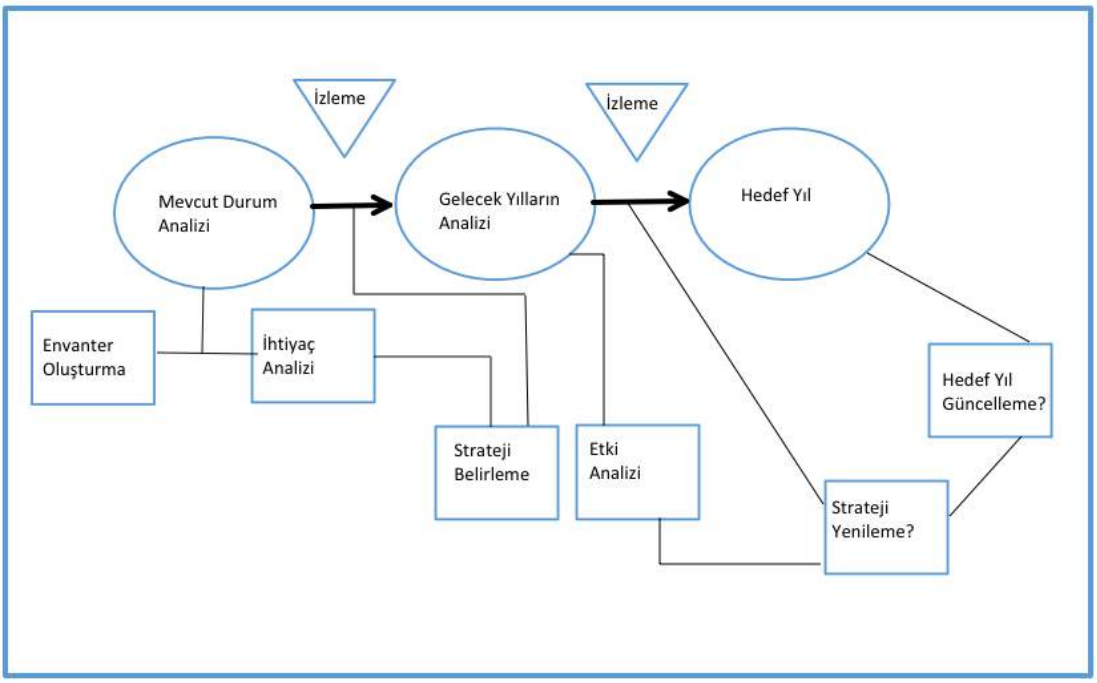
Duygu Başoğlu[1*]
Koray Pekeriçli[1]
Ali Murat Tanyer[1]
Melih Pınarcıoğlu[1]
Bülent Yeşilata[2]

[1]Middle-East Technical University, MATPUM Research Center, Ankara, Turkey, duygubasoglu@gmail.com
[2]Ankara Yıldırım Beyazıt University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Energy Systems Engineering, Ankara, Turkey

Özetçe— Bu çalışmada, GAP Bölgesi'nin tüm üretim ve hizmet alanlarında kaynakların en etkin biçimde kullanımının modellenmesi, yaygınlaştırılması, verimliliğin arttırılması, karbon ayak izinin azaltılması, sürdürülebilir ve yeşil büyümenin sağlanması amacıyla bir yazılım algoritması tasarlanmıştır. Karbon Salım Uzman Sistem ve Simülasyon (KAUSS) olarak adlandırılan bu yazılım platformunun algoritmasına ait şema Şekil 1'de gösterilmiştir. Geliştirilen yazılım, kentlerin mevcut karbon emisyon salımlarını azaltmaya yönelik faaliyet ve teknolojilerin şehir/bölge istatistiksel/iklimsel verilerini de dikkate alarak optimizasyonuna olanak sağlayabilecektir. Dikkate alınan alan ölçeğinde, sadece karbon azaltım teknolojilerinin uygulanmasını değil, karbon azaltım ekonomisinin geliştirilmesini de hedeflemektedir Uygulanacak teknolojiye ait yerel potansiyel ve katma değer zincirindeki tüm unsurları dikkate almakta, üretim, işletme ve bakım açısından olabildiğince yerel dinamiklerden yararlanılmasını öncelikli adım olarak dikkate almaktadır. KAUSS bu yönüyle literatürde bulunan benzer amaçlı yazılımlara [1-3] kıyasla oldukça farklıdır.

Bu çalışmada, önerilen KAUSS yazılım platformunun kavramsal özellikleri, girdi-çıktı parametreleri ve genişletilebilme seçenekleri, GAP Bölgesi özelinde tartışılmaktadır. Ayrıca yazılımın algoritma felsefesinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla, GAP Bölgesi Binalar Sektörü'ne yönelik bir durum çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu sayede Bölge için sektörler bazında belirlenen öncelikli stratejilerin ve eylemlerin izlenme ve değerlendirilmesine yönelik hususlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler —karbon salım uzman sistemi, binalarda enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, karbon-nötr ekonomi



Şekil 1/ *Figure 1*: KAUSS yazılım algoritması mantıksal çerçevesinin şematik gösterimi / A *schematic representation of the KAUSS software algorithm*

KAYNAKÇA / *REFERENCES*

[1] https://www.carbontrust.com/client-services/advice/footprinting/carbon-footprint-software/

[2] http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/the-curb-tool-climate-action-for-urban-sustainability

[3] http://www.gabi-software.com/international/solutions/product-carbon-footprint/

Yenilenebilir Enerji Uygulamaları için Altın Takılı Plasmonik TiO_2 Nanoyapılar

Gold Decorated Plasmonic TiO_2 Nanostructures for Renewable Energy Applications

Mustafa Yasir AYDIN[1]
Gülbahar BİLGİÇ[2]
Amine Zeliha KANDEMİR[3]
Kouroush SALİMİ[1,2]
Nuray ÇELEBİ[1,3]

[1]Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye,
[2]Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye,
[3]Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye
E.mail: Kouroush SALİMİ, kouroushsalimi@gmail.com; Nuray ÇELEBİ, akmancelebi@gmail.com

Özetçe

Metal oksit yarı-iletken bir malzeme olan titanya (TiO_2) geniş bir çevre onarım ve yenilenebilir enerji uygulamaları alanlarında, yüksek fotokatalitik etkinliği, yüksek stabilitesi ve düşük toksisitesi sebebiyle büyük ilgi çekmiştir [1-5]. Ancak geniş bant boşluğu ve hızlı elektron-boşluk çifti rekombinasyonu dezavantajları sebebiyle TiO_2 mikro/nanoyapıların fotokatalitik ve güneş hücresi uygulamalarını sınırlandırmaktadır [2, 3, 5]. Boya ile duyarlılaştırılmış güneş hücrelerinin (DSSCs) dönüşüm verimliliklerini ve görülebilir ışık bölgesinde TiO_2 fotokatalitik aktivitesini arttırmak için Au takılı plazmonik monodispers nanoyapı (Au@TiO_2) üretim metodu ortaya konulmuştur. Bu çalışmada monodispers mezo gözenekli TiO_2 nano yapılar solvotermal yöntem ile sentezlenmiştir. Takiben, reflux koşulda 3-aminopropilitetoksi silan (APTES) kullanılarak birincil amin (-NH_2) grupları tutturulmuş TiO_2 nano yapıları elde edilmiştir. Altın nanoparçacıkları (Au NP'ler, Turkevich metot, 15 nm boyutunda) birincil amin (-NH_2) tutturulmuş TiO_2 nano yapılarına bağlanmıştır (Au@TiO_2). Plazmonik TiO_2 nanoyapıların karakterizasyonu için SEM, XRD, XPS, UV-vis, ve Raman spektroskopisi kullanılmıştır. Bilindiği kadarıyla tek başına TiO_2 nanoparçacıklarına göre Au@TiO_2 nanoparçacıklarının ışığı daha verimli soğurma ve fotokatalitik aktivitesinde farkedilir bir iyileşme potansiyeli vardır. Oluşturulan nanoyapılar (Au@TiO_2), çeşitli güneş hücreleri ve fotokatalitik uygulamalarda, ışığın yakalanması ve elektron transferi için ümit vaat eden nanomalzemelerdir.

Anahtar Kelimeler —Plazmonik Nanoyapılar, TiO_2 Nanoyapılar, Au Nanoparçacıklar, Güneş Hücreleri, Fotokatalitik

Abstract

Titania (TiO_2), a metal oxide semi-conductive material, has attracted extensive attention due to their low toxicity, high stability, and high photocatalytic activity for wide range of environment treatment and renewable energy applications [1-5]. However, drawbacks related to the wide band gap and rapid recombination of photogenerated electron−hole pairs limited the photocatalytic and solar cell applications of TiO_2 micro/nanostructures [2, 3, 5]. To improve the power conversion efficiency of Dye Sensitized Solar Cells (DSSCs) and the photocatalytic activity of TiO_2 under visible light, a method for fabrication of Au decorated plasmonic monodisperse TiO_2 nanostructures (Au@TiO_2) is demonstrated. In this study, monodispers mesoporous TiO_2 nanostructures were synthesized by a solvothermal protocol. Then, the primary amine (-NH_2) groups attached TiO_2 nanostructures were synthesized using 3-aminopropyltriethoxy silane (APTES) under reflux conditions. Gold nanoparticles (Au NPs, Turkevich method, 15 nm in size) were decorated onto the primary amine attached TiO_2 nanostructures (Au@TiO_2). The physical and chemical properties of the plasmonic TiO_2 nanostructures were characterized using SEM, XRD, XPS, UV-vis, and Raman spectroscopy as well. To the best of our knowledge, plasmonic Au decorated TiO_2 nanoparticles have potential with better efficiency in light harvesting and an appreciable enhancement in photocatalytic applications compared to the bare TiO_2 nanoparticles. The constructed nanostructures

($Au@TiO_2$) can be a good candidate as a promising nanomaterials for light trapping and enabling good electron transport for various kinds of solar cells and photocatalytic applications.

Keywords — Plasmonic Nanostructures, TiO_2 Nanostructures, Au Nanoparticles, Solar cells, Photocatalytic

KAYNAKÇA

[1] Michael R. Hoffmann, Scot T. Martin, Wonyong Choi, and Bahnemann, D. W., "Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis", *Chem. Rev.*, 95:69-96, 1995.

[2] **Park**, H., **Kim**, H., **Moon, G., and Choi, W., "**Photoinduced charge transfer processes in solar photocatalysis based on modified TiO_2**",** *Energy Environ. Sci.*, **9**:411-433, 2016.

[3] Likodimos, V., "Photonic crystal-assisted visible light activated TiO_2 photocatalysis", *Appl. Catal. B Environ.*, 230:269-303, 2018.

[4] Low, J., Cheng, B., Yu and J., "Surface modification and enhanced photocatalytic CO_2 reduction performance of TiO_2: a review", *Appl. Surf. Sci.*, 392:658–686, 2017.

[5] Bai, Y., Xing, Z., Yu, H., Li, Z., Amal, R. and Wang, L., "Porous TitaniaNanosheet/Nanoparticle Hybrids as Photoanodes for Dye-Sensitized Solar Cells", *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 5:12058–12065, 2013.

Dairesel Silindirin Yakın Ard İzi Bölgesindeki Akışın Kontol Edilmesi

Flow Control in Near Wake Region of Circular Cylinder

Engin PINAR[1]
Tahir DURHASAN[2]
Umutcan OLMUŞ[3]
Göktürk M. ÖZKAN[4]
Hüseyin AKILLI[5*]
Beşir ŞAHİN[6]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, epinar@cu.edu.tr
[2]Havacılık ve Uzay Bilimleri Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, tdurhasan@adanabtu.edu.tr
[3] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, uolmus@cu.edu.tr
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, gmozkan@cu.edu.tr
[5] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, hakilli@cu.edu.tr
[6] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, bsahin@cu.edu.tr

Özetçe— Tabiatta ve birçok mühendislik uygulamasında akışa maruz cisimlerle karşılaşılmaktadır. Bu tür cisimlerin ardında oluşan daimi olmayan girdaplar gerek cisim üzerinde ve gerekse bu cismin arkasında bulunan başka cisimler üzerinde zamanla değişen yükler oluşturarak bu cisimlerde titreşimlere ve yorulmalara sebep olmakta ve cisimlerin yapısal ömürlerini kısaltmaktadır. Ayrıca, bu girdaplar çevresel faktörlere de etki etmekte olup, özellikle dere ve nehir tabanında erozyonlara, tabandaki parçacıkların ve kirliliğin taşınmasına neden olmaktadır. Akış içerisine yerleştirilmiş bir cisim arkasında oluşan girdap yapısının sebep olduğu problemlerin önlenebilmesi için daimi olmayan akış yapısının kontrol altına alınması ve cisim arkasındaki bölgede türbülans şiddetinin azaltılması gerekmektedir. Cisimler ardındaki akışın yapısının değiştirilmesi ile ilgili uzun yıllardır çalışmalar yapılmaktadır [1], [2], [3], [4]. Özellikle mühendislik uygulamalarındaki sık kullanımı ve ardındaki karmaşık akış yapısı nedeniyle silindir ile ilgili çalışmalar literatürde önemli bir yere sahiptir. Genel olarak bir cisim etrafındaki akışta kontrol yöntemleri aktif ve pasif kontrol olmak üzere ikiye ayrılır. Aktif kontrol dışarıdan sisteme enerjinin verildiği kontrol yöntemidir. Cismin kendi merkezi etrafında döndürülmesi, cisim yüzeylerinden emme ve üfleme yapılması, geri beslemeli kontrol ve akustik kontrol aktif kontrol yöntemlerine örnek olarak verilebilir. Pasif kontrolde ise akış yapısını değiştirmek için dışarıdan enerji verilmesi söz konusu değildir. Pasif kontrol yöntemlerine örnek olarak ise cisimlerin arkasına plaka yerleştirilmesi, akışa küçük çapa sahip bir silindirin eklenmesi, cisim yüzeyinin tel ile sarılması, akışa pürüzlülük elemanlarının eklenmesi ve cismin hemen arkasında değişik yöntemlerle jet akışı oluşturulması yöntemleri verilebilir. Bu çalışmada delikli (perfore) silindir ve plakadan oluşan kontrol yönteminin 50mm çapa sahip silindir ardındaki akış yapısına etkisi deneysel incelenecektir. Deneyler iki aşamada gerçekleştirilmiş olup, deneylerin ilk aşamasında, lazer ışığı ile aydınlatıldığı zaman görünür hale gelen florasan boya kullanılarak akış görsellenmiştir. İkinci aşamada geçirgenlik oranına bağlı olarak, silindirlerin ve plakanın birbirleri ile etkileşiminin belirgin özelliklerini nicel olarak incelenmesini olanaklı kılan parçacık görüntülemeli (PIV) hız ölçme metodu kullanılmıştır. Deneyler çap oranı 0.4 delikli silindir geçirgenlik oranı 0.7, delikli plaka geçirgenlik oranı 0, 0.3 ve 0.6, plaka uzunluğu 1 ve yedi plaka açısı değeleri için gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda plaka açısı 30 dereceden 180 dereceye kadar 30 derecelik artırımlar ile değiştirilmiştir. PIV deneylerine öncelikli olarak Di=50mm çapa sahip olan iç silindir ardındaki akış yapısının kontrol edilmediği "çıplak" durumdan başlanmıştır. Burada amaç, kontrol yöntemi uygulandığındaki silindir ardı girdap yapısının, kontrol olmadığı duruma göre değişiminin nicel olarak incelenebilmesidir. Plakanın geçirgenlik oranının, 0, değeri için silindir çiftinin ara bölgesine giren akış iç silindirin alt tarafında üzerine delik açılmamış olan plakaya çarparak iç silindirin üst tarafına yönelmekte ve iç silindirin art izinde F1 ile gösterilen geniş ölçekli tek bir sirkülasyon noktası oluşmaktadır. Kontrol elemanı olarak kullanılan plakanın üzerine delik açılması ve geçirgenlik oranın artışı ile birinci satırdaki şekillerden farklı olarak silindir çiftinin ara bölgesine giren akışın bir kısmı iç silindirin alt tarafındaki delikli plakadan geçmekte, bir kısmı ise iç silindirin üst tarafına yönelmektedir. İç silindirin alt ve üst tarafından ayrılan akış iç silindirin art izinde biri saat yönünde dönen diğeri ise saatin tersi yönde dönen iki adet sirkülasyonun oluşmasına neden olmaktadır. Akış yapısını kontrol amacıyla üzerinde

hiç delik olmayan plaka kullanımı ile delikli plakanın kullanımı arasında bazı farklılıklar olsa da plaka geçirgenlik oranın 0.3 değerinden 0.6 değerine artışının akış yapısı üzerinde belirgin bir etkisi görülmemektedir. Türbülans istatistik değerleri incelendiği zaman, zaman ortalamalı türbülans kinetic enerjinin plaka açısı ile değişimi incelendiği zaman en etkili plka açısının tüm plaka geçirgenlik oranları için 120 derece olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler — dairesel silindir; akış kontrol; delikli silindir; ayırıcı plaka.

Abstract— The bluff bodies that are subjected to flow have been encountered in nature and various engineering applications. The unsteady vortices that occur downstream of the bodies cause vibration and fatigue by forming fluctuant loads with time on both the bluff bodies , as well as the bodies behind them by shortening their structural lives. Besides, these vortices affect the environmental factors; especially induce erosion in the base of streams and rivers, transport of particles and pollution on the base. To avoid problems that are resulted by vortex structure downstream of the bluff body placed in the flow, the unsteady flow structure has to be controlled and the turbulence intensity downstream of the body has to be decreased. There have been several studies about changing the flow structure downstream of the bodies for many years [1], [2], [3], [4]. Because of the frequent use in engineering applications and complicated flow structure downstream of the bodies, the studies related with the cylinders particularly have an important role in literature. Control techniques of the flow around bluff bodies are generally divided into two categories, namely active and passive control methods. Active control is a control technique that applies some sorts of energy into the system from outside. Rotating the bluff body around its center, suction and blowing, feedback control and acoustic control are some examples of active control techniques. Passive control techniques modify the flow without external energy expenditure. Placing splitter plate downstream of the bodies, using small control cylinder in the near-wake of the main cylinder, surrounding the surface of body with wire, surface protrusion and forming jet-like flow near wake region of bluff body are the samples of passive control techniques. In this study, the effect of hybrid control method (consisting perforated cylinder and plate) on the flow structure downstream of the cylinder having diameter 50mm will be investigated experimentally. Experiments were performed in two steps: Flow visualization experiments were performed at the first step using Rhodamine type dye that shines under the continuous laser light in the desired flow field. In the second step, particle image velocimetry technique was used which enables the quantitative investigation of the distinct properties of interaction between the perforated plate and inner-outer cylinders. Experiments were carried out for value of diameter ratio 0.4, perforated outer cylinder porosity ratio 0.7, perforated plate porosity ratio, 0, 0.3 and 0.6, plate length and seven plate angles. The plate angles have been chanced from 30 degree to 180 degree with the increment of 30 degree in our study. Initially it was started to the PIV experiments with the “bare” case in which the flow structure behind the inner cylinder with a diameter of Di=50mm was not controlled. The aim is here, to examine the change of vortex structure behind the cylinder quantitatively when the control techniques are implemented. For the porosity ratio 0, the flow between the cylinder couple tends towards to the upper side of inner cylinder by colliding to the holeless plate which is downside of the inner cylinder and there becomes a wide scale circulation point shown as F1 in the wake region of inner cylinder. With perforating of the control element plate and increasing the porosity ratio, different from the figures in the first row, while one part of the flow between the cylinder couple passes through the perforated plate which is downside of the inner cylinder, one part tends towards the upper side. The flow that is separated from the upper and down side of inner cylinder causes a formation of clockwise and counterclockwise circulation in the wake region of inner cylinder. Although there are some differences in the use of bare plate and perforated plate for the purpose of flow structure control, the increase in the porosity ratio from $\beta p=0.3$ to $\beta p=0.6$ has no significant effect on the flow structure . When turbulence statistical values and the change in time averaged turbulence kinetic energy with plate angle , it is understood that the most effective plate angle is 120º for all porosity ratios.

Keywords — circular cylinder; flow control; perforated cylinder; splitter plate.

*****Sorumlu yazar

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TUBİTAK14R087 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Sui, J., Wang, J., Liang, S. and Tian, Q. "VIV suppression for a large mass-damping cylinder attached with helical strakes", J. Fluids and Struct. 62:125-146, 2016.

[2] Lee, S.-J., and Kim, H.-B. "The effect of surface protrusions on the near wake of a circular cylinder", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 69:351-361, 1997.

[3] Pinar, E., Ozkan, G.M., Durhasan, T., Aksoy, M.M., Akilli, H. and Sahin, B. "Flow structure around perforated cylinders in shallow water", Fluids and Struct. 55:52-63, 2015.

[4] Akilli, H., Sahin, B. and Tumen, N.F. "Suppression of vortex shedding of circular cylinder in shallow water by a splitter plate", Flow meas. Instrum. 16:211-219,2005

Dairesel Silindirin Yakın Ard İzi Bölgesindeki Akışın Delikli Silindir ve Ayırıcı Plaka ile Kontol Edilmesi

Flow Control in Near Wake Region of Circular Cylinder by Perforated Cylinder and Splitter Plate Combination

Engin PINAR[1]
Tahir DURHASAN[2]
Umutcan OLMUŞ[3]
Göktürk M. ÖZKAN[4]
Hüseyin AKILLI[5*]
Beşir ŞAHİN[6]

[1]Makine Mühendisliği Bölümü, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, epinar@cu.edu.tr
[2]Havacılık ve Uzay Bilimleri Mühendisliği Bölümü, Havacılık ve Uzay Bilimleri Mühendislik Fakültesi, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Adana, Türkiye, tdurhasan@adanabtu.edu.tr
[3] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, uolmus@cu.edu.tr
[4]Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, gmozkan@cu.edu.tr
[5] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, hakilli@cu.edu.tr
[6] Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, bsahin@cu.edu.tr

Özetçe— Bir küt cisim üzerindeki akış bacalar, platform direkleri, boru hatları ve yüksek binalar gibi mühendislik uygulamalarında yaygınca karşılaşılan bir olay olduğu için büyük bir araştırma ilgisine sahiptir. Yeterli Reynolds sayısında, akış ayrılması meydana geldiğinde, periyodik girdaplar akustik gürültüye, yapısal titreşime ve rezonansa neden olabilir. Girdapların etkisini hafifletmek için, sarmal kanatlar [1], yüzey çıkıntıları [2], delikli silindir [3] ve ayırıcı plaka [4] gibi akış kontrol teknikleri geliştirilmektedir. Bu çalışmada delikli silindir ve ayırıcı plakadan oluşan yeni bir bütünleşik akış kontrol tekniği kullanılarak dairesel silindirinin yakın ard izi bölgesinde akış kontrolünün sağlanması amaçlanmıştır. Delikli çelik sacdan imal edilen delikli silindir tarafından dairesel bir silindir (iç silindir) çevrelenmiştir. İç silindir tarafından üretilen girdapların etkileşimini önlemek için iç silindir ve delikli silindir arasındaki boşluğa ayırıcı plaka konulmuştur. Temel parametreler iç silindirin delikli silindire olan çap oranları 0.4 ve 0.5 ve delikli silindirlerin geçirgenlik oranları 0.5, 0.6 ve 0.7 olarak tanımlanmıştır. Referans teşkil etmesi için, yalın silindir ve iç silindirin delikli silindir ile birlikte olması durumlarındaki (ayırıcı plaka yok) silindir etrafındaki akış yapıları da incelenmiştir. Reynolds sayısının 5000 değerinde (iç silindirin çapı referans alınmıştır) silindirinin yakın ard izi bölgesinde anlık hız alanlarını elde etmek için parçacık görüntülemeli hız ölçüm tekniği uygulanmıştır. Geçirgenlik oranı 0.5'de iç silindir ile delikli silindir arasında kalan boşlukta girdap oluştuğu ve oluşan bu girdabın delikli silindir tarafından kısıtlandığı bütün çap oranları 0.4 ve 0.5 için gözlemlenmiştir. Artan geçirgenlik oranı ile iç silindir ile delikli silindir arasına momentum transferinin artması sonucu girdap değerleri artmaktadır. Ayrıca iç silindirden kaynaklı kayma tabakaları geçirgenlik oranları 0.6 ve 0.7'de akış istikameti yönünde uzamaktadır. Delikli silindirin ayırıcı plaka ile birlikte kullanılması silindirin yakın ard izi bölgesindeki akış yapısını önemli ölçüde etkilemektedir. Silindirin yakın ard izi bölgesinde girdapların etkileşimi özellikle geçirgenlik oranı 0.7'de engellenmiştir. Elde edilen parçacık görüntülemeli hız ölçüm sonuçları ışığında, silindirin yakın ard izi bölgesinde akış kontrolünün delikli silindir ve ayırıcı plaka kombinasyonu ile elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçların mühendisler için mühendislik uygulamalarında rehberlik edebileceği beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler — dairesel silindir; akış kontrol; delikli silindir; ayırıcı plaka.

***Abstract*—** Flow over a bluff body has great research interest since it is a common encountered phenomenon in engineering applications such as chimneys, platform pillars, pipelines and high-rise buildings. At sufficient Reynolds number, when flow separation is occurred, alternate vortex shedding could result in acoustic noise, structural vibration and resonance. To alleviate the effect of vortex shedding, flow control techniques have been developed such as helical strakes [1], surface protrusions [2], perforated cylinder [3] and splitter plate [4] In this study, it was aimed to flow control in the near wake region of circular cylinder using a new combined flow control technique which was consist of perforated cylinder and splitter plate. A circular cylinder (inner cylinder) was surrounded by the perforated cylinder which was constructed from perforated steel sheet. In order to prevent the interaction of vortices generated by inner cylinder, splitter plate was located in the gap where between inner cylinder and perforated cylinder. The main parameters were defined as diameter ratios of inner cylinder to perforated cylinder which were 0.4 and 0.5 and porosity ratios of perforated cylinder which were 0.5, 0.6 and 0.7. In order to constitute reference, flow structure around bare cylinder and the case of inner cylinder together with perforated cylinder (no plate case) were also investigated. Particle image velocimetry technique was employed to obtain instantaneous velocity fields in the near wake of cylinder at Reynolds number 5000 which was based on the inner cylinder diameter. It was observed that at porosity ratio of 0.5, vortex formation occurred in the gap where between inner cylinder and perforated cylinder and it was restricted by perforated cylinder for diameter ratio of 0.4 and 0.5. With increasing porosity ratio, the magnitude of vorticity increased as a result of enhancing momentum transfer into gap. Also, shear layers of inner cylinder elongated to stream wise direction for porosity of 0.6 and 0.7. Using of perforated cylinder together with splitter plate remarkably affected flow structure in the near wake of cylinder. Interaction of vortices in the near wake of cylinder were prevented by splitter plate especially porosity of 0.7. It can be concluded in the light of obtained PIV results that the flow control of the cylinder in the near wake region is achieved by the perforated cylinder and splitter plate combination. It can be expected that this results would benevolently guide the engineers for further engineering application.

Keywords — circular cylinder; flow control; perforated cylinder; splitter plate.

*****Sorumlu yazar

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TUBİTAK14R087 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] Sui, J., Wang, J., Liang, S. and Tian, Q. "VIV suppression for a large mass-damping cylinder attached with helical strakes", J. Fluids and Struct. 62:125-146, 2016.

[2] Lee, S.-J., and Kim, H.-B. "The effect of surface protrusions on the near wake of a circular cylinder", J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 69:351-361, 1997.

[3] Pinar, E., Ozkan, G.M., Durhasan, T., Aksoy, M.M., Akilli, H. and Sahin, B. "Flow structure around perforated cylinders in shallow water", Fluids and Struct. 55:52-63, 2015.

[4] Akilli, H., Sahin, B. and Tumen, N.F. "Suppression of vortex shedding of circular cylinder in shallow water by a splitter plate", Flow meas. Instrum. 16:211-219,2005

Güneş Pilli Sulama Sistemlerine Örnek Projeler

Sample Projects For Photovoltaic Irrigation Systems

Ümran ATAY[1*], Yusuf İŞIKER[2], M. Akif İLKHAN[2], Hasan Hüseyin ÖZTÜRK[3], Bülent YEŞİLATA[4], Sami ABAMOR[2]

[1]GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa/Türkiye
[2]Harran Üniversitesi GAP YENEV, Şanlıurfa/Türkiye
[3]Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Tarım Mak. ve Teknolojileri Müh. Böl. Adana/ Türkiye
[4]Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik Fak, Enerji Sist. Müh. Ankara/ Türkiye

Özet: Türkiye'de Sulamanın enerji kullanarak yapıldığı tarım arazilerinde özellikle kırsal kesimlerde birçok sorunlar mevcuttur. Şebeke elektriğinin belirsiz zamanlarda kesintisinden, enerji nakil hatlarındaki dalgalanmalarından, verimsiz dalgıç pompaların kullanılmasından ve sulama sisteminin yanlış tasarlanmasından kaynaklı birçok sorun mevcuttur. Bu sorunların varlığı birim alandan alınması gerekli olan verimin alınmamasına sebebiyet vermektedir. Bunun sonucunda son kullanıcı yüksek maliyetli ürünlerle karşılaşmaktadır.
Bu çalışmamızda kırsal alanlarda değişken koşullara göre kurulumu yapılmış güneş pili sulama sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bunlar akülü ve aküsüz, güneş takipli ve sabit, derin olmayan ve derin kuyularda çalıştırılan sistemlerdir. Sırasıyla bahsi geçen çalışmalar; a) "Güneş Pili Destekli Damla Sulama Sistemlerinin Kurulumu ve Sistem Performansının Teknik ve Enerji Maliyeti Yönünden Karşılaştırılması", b) "Mobil Güneş Pili Sulama Makinası", c) "İlk Örnek Güneş Pilli Center Pivot Projesi" ve d) "Güneş Pilli Sulama Kanalı Pilot Projesi" projeleridir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, sulama, güneş pili

Abstract: There are many problems in agricultural land where irrigation is made by using energy, especially in rural areas in Turkey. There are a number of problems arising from the interruption of mains electricity in uncertain times, fluctuations in power transmission lines, the use of inefficient submersible pumps, and improper design of the irrigation system. The existence of these problems leads to the failure to obtain the required efficiency from the unit area. As a result, end users are faced with high cost products.
In this study, we have informed about photovoltaic irrigation systems installed in rural areas according to the variable conditions. These are systems that operated with a battery- without a battery, solar tracker-fixed and non deep-deep well. these studies are in order; a) "Establishment of Photovoltaic Supported Drip İrrigation Systems and Comparison of System Performance by Technic and Energy Cost", b) "Mobile Photovoltaic Irrigation Machine", c) "First Example of Photovoltaic Center Pivot Project" and d)" Photovoltaic Irrigation Canal Pilot Project".

Key words: Solar energy, irragition, photovoltaic