

SCIENTIFIC DEVELOPMENTS FOR NATURAL AND ENGINEERING SCIENCES

Editor

Doç. Dr. Selmin Ener Rüşen

Yazarlar

Chapter 1: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 2: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 3: Volkan Onar, Nurgül Mete, Arzum Işıtan,

Chapter 4: Ramazan Çağrı Kutlubay, Funda Çakmak,

Eyüp Fatih Özmen, Hasan Karabeyaz, İlim Ceyhan,

Mehmet Bülent Özdemir, Arzum Işıtan,

Chapter 5: Buket Kunduhoğlu,

Chapter 6: Mehmet Dikici,

Chapter 7: Nazlı Ozcan, Didem Saloğlu,

Chapter 8: Alperen Ekrem Çelikdin,

Chapter 9: Zeynep Dumanoglu,

Chapter 10: Sema Konyalı, Duygu Yılmaz,

Chapter 11: İdil Dal, Sebahat Açıksöz,

Chapter 12: Murat Bolat, Merve Şentürk Acar,

Chapter 13: Zeynep Nale,

Chapter 14: Yıldırım Özüpak,

Chapter 15: Furkan Dinçer,

Chapter 16: Rahmiye Zerrin Yarbay Şahin, Burçin Atılğan
Türkmen,

Chapter 17: Betül Yılmaz Öztürk, Cengiz Akköz, H.Banu
Keskinkaya,

Chapter 18: Hatice Banu Keskinkaya, Erdoğan Güneş,
Emine Şükran Okudan, Cengiz Akköz



Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



Editör

Doç. Dr. Selmin Ener Rüßen



Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Mart 2021

Yayıncı Sertifika No: 16122

ISBN: 978-625-7680-42-4

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

Baskı ve Cilt: Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık Reklam San Ve Tic. Ltd.

İstanbul Cad. İstanbullu Çarşısı No:48/48-49

İskitler 06070 Ankara

Tel: 0 312 341 36 67

Sertifika No:47865

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences

Editör

Selmin Ener Rüßen

Yazarlar

Chapter 1: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 2: Ayşe Elif Ateş,

Chapter 3: Volkan Onar, Nurgül Mete, Arzum Işıtan,

Chapter 4: Ramazan Çağrı Kutlubay, Funda Çakmak,

Eyüp Fatih Özmen, Hasan Karabeyaz, İlim Ceyhan,

Mehmet Bülent Özdemir, Arzum Işıtan,

Chapter 5: Buket Kunduhoğlu,

Chapter 6: Mehmet Dikici,

Chapter 7: Nazlı Ozcan, Didem Saloğlu,

Chapter 8: Alperen Ekrem Çelikdin,

Chapter 9: Zeynep Dumanoglu,

Chapter 10: Sema Konyalı, Duygu Yılmaz,

Chapter 11: İdil Dal, Sebahat Açıksöz,

Chapter 12: Murat Bolat, Merve Şentürk Acar,

Chapter 13: Zeynep Nale,

Chapter 14: Yıldırım Özüpak,

Chapter 15: Furkan Dinçer,

Chapter 16: Rahmiye Zerrin Yarbay Şahin, Burçin Atılğan Türkmen,

Chapter 17: Betül Yılmaz Öztürk, Cengiz Akköz, H.Banu Keskinkaya,

Chapter 18: Hatice Banu Keskinkaya, Erdoğan Güneş,

Emine Şükran Okudan, Cengiz Akköz

İletişim ve Çalışma Gönderim e-mail adresi:
insackongre@gmail.com

Editörün Notu

Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluğu yazarlara aittir.

Contents

Yazarlar	5
Editörün Notu	6
Contents	7
Chapter 1	13
Boyarmadde İçeren Endüstriyel Atıksuların İleri Oksidasyon Prosesleriyle Arıtımının Değerlendirilmesi (Ayşe Elif Ateş)	13
1. Giriş	15
1.1. Tekstil Endüstrisi Prosesleri	15
1.2. Atıksu Karakterizasyonu	16
2. Boyarmadde İçeren Endüstriyel Atıksuların Arıtılması	16
3. İleri Oksidasyon Prosesleri	18
4. Arıtma Yöntemlerinin Karşılaştırılması	21
5. Referanslar	22
Chapter 2	25
Green Source of Energy; Biodiesel Production from Botryococcus braunii in Dairy Wastewater (Ayşe Elif Ateş)	25
1. Introduction	27
2. Materials and Methods	30
2.1. Algae Culture and Growth Environment of Botryococcus braunii	30
2.2. Dairy Wastewater Treatment	31
2.3. Lipid Extraction and Biodiesel Production by Transesterification Reaction	31
3. Results and Discussion	32
4. Conclusions	34
5. References	34
Chapter 3	37
Lazer Kesimle DKP DC01 Çelik Malzemeden Üretilmiş Motiflerin Mekanik Dayanımı Üzerinde Boyama İşleminin Etkisi (Volkan Onar, Nurgül Mete, Arzum Işıtan)	37
1. Giriş	39
2. Malzeme ve Yöntem	42

3. Deneyisel Sonuçlar	46
4. Sonuç ve tartışma.....	48
5. Referanslar	48
Chapter 4	51
Robotik Dış İskelet Sistemi Üzerine Bir Tasarım ve Prototip İmalatı Çalışması (Ramazan Çağrı Kutlubay, Funda Çakmak, Eyüp Fatih Özmen, Hasan Karabeyaz, İlim Ceyhan, Mehmet Bülent Özdemir, Arzum Işıtan).....	51
1. Giriş	53
2. Malzeme ve Yöntem.....	58
3. Montaj ve Simülasyon Sonuçları	62
4. Tartışma	63
5. Referanslar	64
Chapter 5.....	69
Laktik Asit Bakterileri ve Probiyotik Olarak Kullanımları (Buket Kunduhoğlu)	69
1. Giriş	71
2. LAB' nin genel özellikleri.....	71
3. LAB' ların probiyotik özellikleri.....	74
4. Referanslar	77
Chapter 6.....	81
Yeraltı Suyu İndeksi ile Kuraklık Analizi (Mehmet Dikici).....	81
1. Giriş	83
2. Yöntem	84
2.1. Çalışma Alanı	84
2.2. Yer Altı Suyu.....	84
2.3. Yer Altı Suyu İndeksi(GWI)	84
2.4. Yer Altı Suyu Eğilim Analizi	84
3. Bulgular	85
4. Sonuç	91
5. Kaynaklar.....	91
Chapter 7	93
Mikrokirlleticilerin Çevresel Etkileri (Nazlı Ozcan, Didem Saloğlu)	93
1. Giriş	95
2. Mikrokirleticiler.....	95

3. Endokrin bozucu kimyasalların çevreye etkileri.....	99
4. Endokrin bozucu kimyasalların tespiti ve analiz yöntemleri	101
5. Sonuç	102
6. Kaynaklar.....	102
Chapter 8.....	107
Uluslararasılaşma Süreci Bağlamında, Uluslararasılaşmaya Hazırlık Endeksi (IRI) Ve Süt Ürünleri Sektöründe Bir Uygulama (Alperen Ekrem Çelikdin).....	107
Özet.....	109
1. Giriş	109
2. Uluslararasılaşma Süreci.....	110
2.1 Doğrudan Yabancı Yatırım.....	111
2.2 Aşama Modelleri.....	111
2.3 Şebeke Ağı Modeli	112
2.4 Uluslararasılaşma Seviyesi Ve Ölçümü.....	113
3. Metodoloji	114
3.1 Amaç	114
3.2 Yöntem	114
3.3 Örneklem Ve Veri Toplama Yöntemi.....	115
4. Bulgular	115
5. Sonuç	116
6. Kaynaklar.....	117
7. Ekler	118
Chapter 9.....	123
Meryemana Diken [Silybum marianum (L.) Gaertner] Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi (Zeynep Dumanoglu)	123
1. Giriş	125
2. Materyal Ve Metot	127
3. Bulgular Ve Tartışma.....	128
4. Sonuç	129
5. Referanslar	130
Chapter 10.....	135
The Approaches of Paddy Producers to the Environmental Pollution Caused by Agriculture in Edirne Province (Sema Konyalı, Duygu Yılmaz).....	135
1. Introduction.....	137

2. Materials and Methods	138
3. Results	139
4. Discussion	147
5. References	148
Chapter 11	151
Kentsel Sürdürülebilirliğin Sağlanması Akıllı Kentler ve Örnek Uygulamaları (İdil Dal, Sebahat Açıksöz)	151
1. Giriş	153
1.1. Kent	153
1.2. Sürdürülebilirlik	156
1.3. Akıllı Kentler	157
1.3.1 Avrupa Kentlerinde Akıllı Kent Uygulama Örnekleri	160
2. Sonuç	166
3. Referanslar	167
Chapter 12	173
Organik Rankine Çevriminde Çalışma Akışkanı Olarak Kullanılan İso pentan ve İsobütan Karışımının Optimum Konsantrasyon Oranının Termodinamik Analizler Işığında Belirlenmesi (Murat Bolat, Merve Şentürk Acar)	173
Özet	175
Abstract	175
1. Giriş	176
2. Organik rankine çevrimi	180
3. Termodinamik analiz	181
4. Maliyet analizi	183
5. Bulgular	186
6. Sonuç	192
Kaynakça	193
Chapter 13	197
Mikroalglerin Süt Ürünlerinde Kullanım İmkânlarının Değerlendirilmesi (Zeynep Nale)	197
1. Giriş	199
2. Süt ve Süt Ürünlerinde Mikroalg Zenginleştirilmesi Mikroalgler	200
2.1. Mikroalgler ve Gıda Endüstrisi	201
2.2. Süt ve Süt Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkileri	203

2.3. Süt ve Süt Ürünlerinin Besinsel Bileşiminin Geliştirilmesi Amacıyla Mikroalg Kullanımına Yönelik Uygulamalar.....	204
3. Sonuç	207
4. Referanslar	207
Chapter 14.....	211
Transformatörlerde Meydana gelen Harmoniklerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi (Yıldırım Özüpak).....	211
1. Giriş	213
2. Harmoniklerin Matematiksel Formülasyonları	214
2.1. Harmoniklerin Neden Olduğu Etkiler	217
2.2. Harmoniklerin Filtrelenmesi	217
3. Transformatörün Sey İle Modellenmesi ve Analizi	218
4. Sonuçlar	221
5. Referanslar	221
Chapter 15.....	223
Güneş enerjisinden Optimum Şebeke Bağlantılı Elektrik ve Sıcak Su Üretiminin İncelenmesi: Kahramanmaraş Örneği (Furkan Dinçer)	223
1. Giriş	225
2. Enerji İhtiyacı	225
3. Modelleme	226
4. Tek Hat Şeması	230
5. Bulgular	230
6. Sonuç	231
7. Kaynaklar.....	232
Chapter 16.....	233
Solid Oxide Fuel Cells: Towards a Sustainable Energy Future (Rahmiye Zerrin Yarbay Şahin, Burçin Atılğan Türkmen).....	233
1. Introduction.....	235
2. Background Information	236
2.1 Fuel Cells.....	236
2.2. Solid Oxide Fuel Cells	236
2.3 Sustainability	237
2.4 Literature Survey	239
3. Sustainability of SOFCs.....	240

3.1 Environmental sustainability of SOFCs	240
3.2 Economic sustainability of SOFCs	242
3.3 Social sustainability of SOFCs	242
4. Conclusions	243
5. References	243
Chapter 17	247
Suğla Gölü Ötrofikasyonu (Konya/Türkiye) (Betül Yılmaz Öztürk, Cengiz Akköz, H.Banu Keskinkaya)	247
1. Giriş	249
1.1. Göllerde Ötrofikasyon	249
1.2. Ötrofikasyonu Hızlandıran Etmenler	252
2. Bulgular	253
2.1. Suğla Gölü'nde Bulunan Alglerin Kompozisyonu	253
3. Öneriler	256
4. Referanslar	257
Chapter 18	259
<i>In vitro</i> Antimicrobial Effects of Various Extracts of Pharmaceutical Red algae <i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) (Hatice Banu Keskinkaya, Erdoğan Güneş, Emine Şükran Okudan, Cengiz Akköz)	259
1. Introduction	261
2. Material and Methods	262
2.1. Algal Sample Collection	262
2.2. Preparation of Algae Extracts	263
2.3. Preparation of Broth	263
2.4. Test microorganisms	263
2.5. Antimicrobial testing	264
3. Results and Discussion	264
4. Conclusion	267
5. References	267

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 1

**Boyarmadde İçeren Endüstriyel Atıksuların İleri
Oksidasyon Prosesleriyle Arıtımının Değerlendirilmesi
(Ayşee Elif Ateş)**

Boyarmadde İçeren Endüstriyel Atıksuların İleri Oksidasyon Prosesleriyle Arıtımının Değerlendirilmesi

Ayşe Elif Ateş

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Bölümü, E-mail: ayseelif.ates@iuc.edu.tr*

1. Giriş

Son yıllarda sanayileşmedeki artışla birlikte endüstrilerde tüketilen su miktarı orantılı olarak artmıştır ve endüstriyel atıksuların tam arıtılmadan deşarj edilmesi çevre kirliliğine yol açmıştır [1,2]. Yoğun su tüketimine sahip tekstil, boya, kozmetik endüstrileri üretim sırasında yüksek miktarlarda çeşitli boya ve yardımcı kimyasal kullanılmaktadırlar. Ticari olarak kullanılan boyalar ve yardımcı kimyasallar kanserojen ve toksik olduğu için ekosistem üzerinde yıkıcı etkilere sahiptir. Atıksu içerisinde bulunan kirleticiler insan sağlığıyla birlikte yeraltı ve yüzeysel suların kirlenmesine neden olarak geri dönüşmesi zor olan bir probleme neden olabilmektedir [3].

Koagülasyon/flokülasyon, biyolojik arıtım, ileri oksidasyon yöntemleri, membran filtrasyon ve fotokatalitik oksidasyon gibi yöntemler boya içeren atıksuların arıtılmasında kullanılan yöntemlerden bazılarıdır. Çalışma kapsamında boya içeren atıksuların arıtım yöntemleri karşılaştırılmış ve yöntemlerdeki gelişmeler araştırılmıştır [4].

1.1. Tekstil Endüstrisi Prosesleri

Boya içeren atıksuların arıtılması atıksu içeriğindeki boya ve kimyasal türüne göre belirlendiğinde daha yüksek verimlerde arıtım sağlanabilmektedir. Üretim aşamasında kazanların yıkanmasıyla atıksuya yoğun miktarda boya, metal, hidrokarbonlar gibi kirleticiler geçmektedir.

Haşılama prosesiyle ipliğin mukavemeti artırılarak kırılma azaltılmaktadır. Bu proses tekstil ürünün dayanıklılığını artırmak için yapılmaktadır. Proseste kullanılan kimyasal malzemelerin (nişasta, selüloz, protein bazlı nişasta gibi) ürüne uygun olmasının yanı sıra çevre dostu, yüksek arıtılabilirlik, ekonomik gibi özelliklere sahip olması istenmektedir [5]. Örneğin nişasta oksidasyon prosesleriyle H_2O ve CO_2 'e parçalanarak enzimlerle etanole dönüşebilmektedir. Nişasta kullanımının avantajları parçalanma sonrası açığa çıkan etanolün enerji kaynağı olması, kolay temin edilebilmesi, nispeten düşük maliyetli olması ve arıtma sürecinde biyolojik oksijen ($BOİ$) seviyesini düşürmesidir. Haşılama prosesi sonrasında haşıl maddesinin üründen ayrılarak son işlemlere hazırlamak için kumaşlardan haşıl maddesinin ayrılması haşıl sökme işlemidir. Asit, enzim ve oksidatif haşıl sökme yöntemleri kullanılmaktadır [6].

Kimyasal yıkama prosedürü pişirme olarak bilinmektedir. Bu yöntem, yüzey aktif maddeler, mumlar, yağ asitleri ve doğal yağlar gibi liflerden köprü aşındırma, hidrodinamik aşındırma, buz aşındırma ve gelgit aşındırma yoluyla kirlenmeleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Temizleme sırasında deterjanlar, NaOH, yağlar, çözücüler, balmumu, yüzey aktif maddeler, alkil benzen sülfonatlar, alkilfenol ve etoksilatlar açığa çıkan bileşiklerdir [7].

Ağartma prosesi sodyum hipoklorit, perasetik asit, klor, hipoklorit ve hidrojen peroksit gibi farklı kimyasallar kullanılarak liflerden istenmeyen renk veya boyanın giderilmesidir. Doğal renk maddesi kumaşlara kremi bir görünüm verir. Perasetik asit ipliğe daha az zarar vermesi ve parlaklığının yüksek olması nedeniyle daha avantajlıdır. Ağartma prosesi sonrasında atıksuya hipoklorit, kostik soda, asitler, klor, hidrojen peroksit geçmektedir [8].

Merserizasyon prosesi alkali solüsyon kullanılarak ürünün parlaklığının artırılması artırılmasıdır. Proses sırasıyla ürünün alkali solüsyona daldırılması ve ürünün solüsyondan çıkartılarak suya yerleştirilmesini içermektedir. Bu prosesle birlikte ürünün parlaklığının ve çeşitli kimyasallarla reaksiyon kabiliyetinin artması sağlanmaktadır [8].

Boyama prosesi ürüne renk ilavesi işlemidir. Proses için en önemli olan parametreler sıcaklık ve zamandır. Boyama prosesi nedeniyle sülfidler, boyar maddeler, sabun, asetik asit, metal tuzları ve yüzey aktif maddeler atıksuya karışırlar [4].

1.2. Atıksu Karakterizasyonu

Boya içeren atıksular yoğun boya, metal tuzları ve kimyasal içeriğine sahip olmalarından dolayı toksik özelliğe sahiptirler. Islak üretim prosesleri sonucu açığa çıkan atıksuyun kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), askıda katı madde (AKM), renk (Pt-Co) değerleri oldukça yüksek olup pH değeri ise üretim proseslerine göre değişiklik göstermektedir. Yapılan araştırmada BOİ/KOİ oranının (0,20) düşük olması nedeniyle biyolojik olarak parçalanamayan kimyasalların atıksu içerisindeki miktarının yüksek olduğu görülmüştür. Azo boyalar yüksek renk özelliğine sahip oldukları için endüstrilerde özellikler tercih edilmektedir. Ancak azo boyaların atıksuya karışması sonucunda arıtılabilirliği düşmektedir [9].

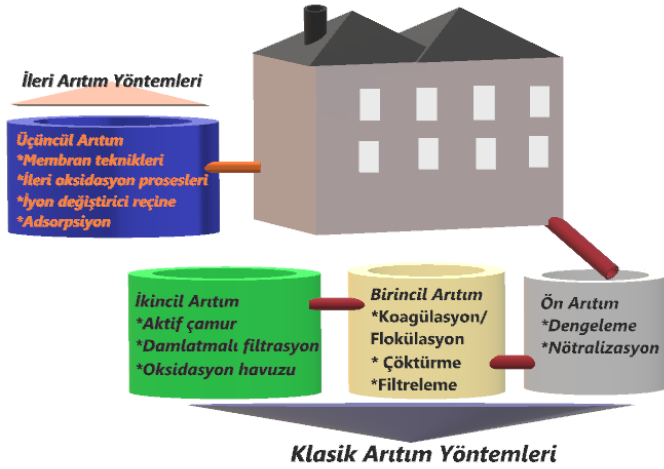
2. Boyarmadde İçeren Endüstriyel Atıksuların Arıtılması

Boya içeren endüstriyel atıksuların arıtım yöntemleri temelde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım olmak üzere üçe ayrılır. Arıtılması zor atıksular ön arıtım, birincil arıtım ve ikincil arıtım gibi çoklu prosesler kullanılarak arıtılabilirler. Genellikle ön arıtım dengeleme ve nötralizasyondur. Birincil arıtım ise koagülasyon/flokülasyon, çöktürme proseslerini içermektedir. Biyolojik arıtım yöntemleri ikincil arıtım yöntemleridir. Teknojinin ve

bilimin ilerlemesiyle üçüncül arıtım yöntemleri bulunmuştur ve bunlara örnek membran filtrasyonu, adsorpsiyon ve ileri oksidasyon prosesleridir, Şekil 1.

Atıksu arıtımında ilk aşama dengeleme ve nötralizasyondur. Endüstrideki üretim proseslerinden değişik zamanlarda karakterizasyonu farklı atıksu çıkışı olmaktadır ve nihai arıtım prosesine girmeden önce atıksular karıştırılarak uygun pH değerine getirilerek süreç için tek tip özelliklere sahip olması sağlanmalıdır.

Birincil arıtım çöktürme, yüzdürme, koagülasyon/flokülasyon proseslerini içerip atıksu içerisindeki koloidal maddelerin giderilmesini sağlamaktadır. Genellikle arıtma verimini artırmak için FeSO_4 , FeCl_3 , polielektrolit, alüm, kireç eklenmektedir. Bu prosesler sonucunda AKM ile birlikte atıksudan belli bir oranda renk, KOİ ve BOİ giderimi sağlanabilmektedir. Ancak çözünmüş boyaların giderimi oldukça düşüktür [10].



Şekil1. Boyarmadde içeren atıksuların arıtım yöntemleri

İkincil atıksu arıtımında boyarmadde içeren atıksuda renk ve çözünmüş veya koloidal organik maddeler mantarlar, bakteriler, algler ve diğer bakterilerin yardımıyla stabilize edilmektedir. Bu proses aerobik ve/veya anaerobik olarak işletilmektedir. Aerobik proseslerde bakteriler, algler substrat olarak organik bileşiklerini kullanırlar. Anaerobik proseslerde ise atıksudaki kirleticilerin bakteriler tarafından bozunmasıyla arıtım sağlanmaktadır. Sıcaklık, pH, oksijen miktarı, toksik madde miktarı faktörlerine göre arıtma verimleri değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalar azo boyaların aerobik proseslerle giderilemediğini göstermiş olmasına rağmen aerobik arıtım endüstrilerde kullanılan bir yöntemdir [4, 11].

Boyarmadde içeren atıksuların arıtılması içeriğindeki parçalanması güç boyalar ve kimyasallar nedeniyle zordur. Atıksu içerisindeki organik bileşikler adsorpsiyonla giderilebilirken çözünmüş katı maddelerin giderimi için üçüncül arıtım olan membran filtrasyon teknikleri kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli boyaları parçalama özelliğine sahip ileri oksidasyon prosesleri endüstrilerce tercih edilmektedir.

3. İleri Oksidasyon Prosesleri

İleri oksidasyon prosesleri boyarmadde içeren atıksuların çevreye ve insana zarar veren kirleticilerin yüksek oranlarda arıtılmasını sağlayan yöntemlerdir. Düşük maliyeti, suyun yeniden kullanılabilirliğini artırması ve kirletici yükünün azaltılması organik boyaların görünür ışık radyasyonu veya reaktiflerle parçalanması yöntemiyle sağlanmaktadır.

*Fotokatalitik Bozunma

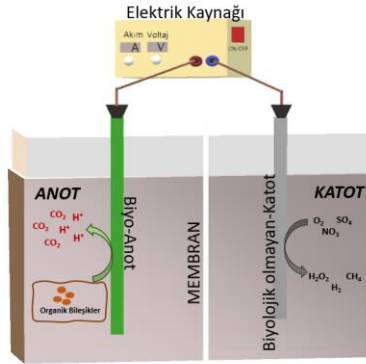
Fotokatalitik bozunma boyarmadde içeren atıksuların arıtılmasında yaygın olarak kullanılan önemli ileri oksidasyon proseslerinden biridir. Yarı iletken nanopartiküller organik kirleticilerin fotokatalitik bozunmasında kullanılmaktadır. Bu proseste TiO_2 (Titanyum Dioksit) non-toksik olması, kararlı bir kimyasal olması ve çevresel uyuma sahip olması nedeniyle tercih edilmektedir [12]. Ayrıca TiO_2 boyarmaddelerin fotokatalitik bozunması için reaksiyonda istenen O_2^- , $\text{OH}^\cdot$, ROS gibi reaktif oksidatif türlerin açığa çıkmasını sağlamaktadır. Koagülasyon/Flokülasyon prosesinin TiO_2 kullanılarak ultra filtrasyonun modifiye edilmiş tasarımıyla Reactive Black 5 boyasının giderilmesinde yüksek verimler elde edilmiştir. Farklı bir çalışmada ise Zeo- TiO_2 karışımı UV ışığı altında kullanılarak Rhodamine B boyasının bozunması denenmiştir. Çalışma sonucunda Zeo- TiO_2 karışımının Zeo-ZnO kompozitine kıyasla bozunma verimini artırdığı belirtilmiştir. Zeo- TiO_2 karışımı Rhodamine B boyasının bozunması için en iyi verime sahip olmasıyla birlikte yüksek geri dönüşüm kararlılığına sahiptir [13, 14].

Fotokatalitik bozunma prosesinde fotokatalitik aktivasyon için UV ışınımı (radyasyonu) gereklidir. TiO_2 fotokatalizörleri görünür ışıktaki düşük absorpsiyon özelliğine sahiptir ve bu nedenle doğal güneş ışığında (solar UV) TiO_2 'nin etkinliği azalır. Ancak yapılan araştırmalar TiO_2 'nin ışık absorpsiyon özelliklerinin TiO_2 'nin metallerle modifiye edilmesiyle artırılabilirliğini göstermektedir. Işık kaynağı ve gücü, fotokatalizör sentez metodu ve katyonların seçimi fotokatalitik bozunma prosesinde önemli olan faktörlerdendir. Örneğin nikel (Ni) ve bakır (Cu) metal iyonları fotokatalitik su bozunumu için kullanırken Cu- TiO_2 /Zeo katalizörleri boya bozununda (Methly Orange) kullanılmaktadır. Düşük konsantrasyonlarda TiO_2 kullanılması durumunda verimin artırılması için kobalt, nikel, demir ya da bakır metalleriyle desteklenmelidir [15-17].

*Biyo-elektrokimyasal yöntemler

Biyolojik arıtım ve elektrokimyasal prosesin birleşimiyle oluşturulan biyo-elektrokimyasal yöntem sürdürülebilir, ekonomik ve çevre dostu olması için tasarlanmıştır. Yöntemin temel çalışma prensibi hücre dışı elektron transferiyle kimyasalların sentezlenmesi, atıksudan elektrik üretilmesi, kirleticilerin uzaklaştırılması ve deniz suyunun tuzsuzlaştırılmasıdır, Şekil 2. Boyarmadde içeren endüstriyel atıksular üretim aşamalarında kullanılan reaktif boyaların %70'ni içermektedir. Biyo-elektrokimyasal sistemler, azo boya gideriminde büyük potansiyele sahiptir. Reactive Black-5 boya konsantrasyonunu sistemin 10 saatlik çalışmasından sonra 0.503 ± 0.002 mM'den 0.124 ± 0.007 mM'ye düşmüştür [4].

İleri oksidasyon prosesleriyle biyolojik arıtımın entegre şekilde olduğu tasarımlarda Remazol Red, Reactive Black 5 and Reactive Red 180 boylarının tamamının arıtılabildiği belirlenmiştir. Ancak karışık boyların bulunduğu endüstriyel atıksuların arıtılmasında artıma verimin %70' düştüğü görülmüştür. Biyo-elektrokimyasal prosesler tek tür boyarmadde içeren atıksuların arıtılması için daha uygun bulunmuştur [18].



Şekil 2. Biyo-elektrokimyasal proses

*Membran Teknikleri

Membran filtrasyonu atıksu arıtımında ileri teknolojilerden biridir. Bu prosesin temelde çalışma prensibi gözenekli yapıya sahip membranlardan atıksuyu geçirilerek gözeneklerden büyük olan kirleticilerin tutulması ve atıksuyun geri kalanının membrandan geçmesidir. Membran filtrasyonu gözenek boyutlarına göre nanofiltrasyon (NF), mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF) ve ters ozmoz (RO) olarak sınıflandırılır [19].

UF prosesi ters ozmoz ve nanofiltrasyona göre daha düşük basınç gerektirmektedir. Polietersülfon (PES) membran 1kDa-10kDa gözenek çapına sahiptir ve boyarmaddelerin atıksudan uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. 1kDa PES membran %80-100 boya giderimi sağlamasına

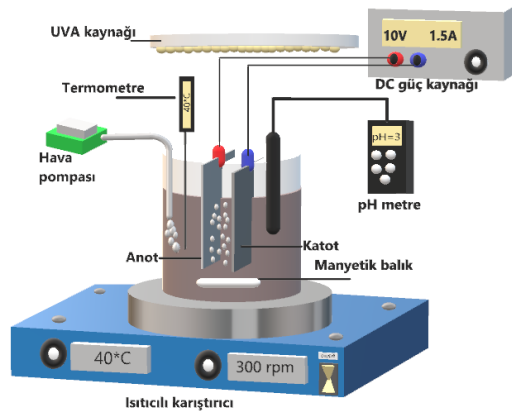
rağmen 10kDa PES membran boyaların giderilmesinde verimli olmamaktadır [20].

NF prosesi daha yüksek geçirgenlik ve düşük transmembran basıncına sahiptir. NF'deki enerji tüketimi MF'den daha düşük olduğu için boyarmadde içeren endüstriyel atıksudan boyayının giderilmesinde önemli alternatif bir tekniktir. Son yıllarda birçok araştırmacı, reaktif boyaların endüstriyel atıksulardan uzaklaştırılması konusunda çalışmalar yapmaktadır. Örneğin, Reactive Black-5 boyasının NF membranları tarafından yaklaşık %95 verimle giderildiği bulunmuştur. PES membranı kullanılarak boya endüstriyel atık sudan Reactive Brilliant Blue boyasının yaklaşık %97 oranında uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir [4].

MF prosesi nanofiltrasyon ve ters ozmoz gibi ön arıtım prosesi olarak kullanılmaktadır. Boyarmadde içeren endüstriyel atıksulardan boyanın uzaklaştırılması için 0,1–1 µm gözenekli MF kullanılmaktadır.

*Fenton Oksidasyonu

Fenton oksidasyonu düşük pH değerinde Fe^{2+} 'nin oksidanlarla reaksiyona girerek Fe^{3+} formuna dönüşerek oksidasyon sırasında boyaların bozunmasına neden olan bir ileri oksidasyon prosesidir. Fenton oksidasyonu Elektro-Fenton (EF), Foto-Fenton (FF) ve Fotoelektro-Fenton (FEF) oksidasyonu olmak üzere temelde dört grup olarak gruplandırılabilir. Fenton oksidasyonu boyarmaddelerin gideriminde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak pH ve sıcaklık değişimine karşı aşırı hassas olması endüstrilerde kullanımını zorlaştırmaktadır. Erythrosine B boyasının Elektro-Fenton ve Fotoelektro-Fenton oksidasyonlarıyla giderimi çalışmasında boyanın bozunmasında Fotoelektro-Fenton oksidasyonunun daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Şekil 3). Çalışmada FEF oksidasyonunda kullanılan UV ışığının voltajının ve sürenin artmasıyla arıtma verimin arttığı görülmüştür. Fenton oksidasyonu renk giderimiyle birlikte yoğun KOİ kirlenici yüküne sahip atıksuların arıtılmasında da oldukça verimli bir prosestir [21].



Şekil 3. Fotoelektro-Fenton oksidasyonu deney düzeneği

4. Arıtma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Boyarmadde içeren endüstriyel atıksuları yüksek verimlerle arıtabilecek yöntemlerin olması geri kazanımı/ kullanımda umut verici bir kaynak olduğunu göstermektedir. Arıtılmış atıksu hem endüstri içerisinde uygun proseslerde kullanılıp endüstrinin su tüketimi azalabilir hem de tarım uygulamalarında yoğun su ihtiyacı olan bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılarak bölgesel kuraklık için önlem alınabilir.

Membran filtrasyonu tekniği atıksudan boya gideriminde laboratuvar koşullarında yüksek verim sağlamaktadır. Ancak endüstriyel atıksuda yoğun miktarda koloidal madde bulunması membran gözeneklerinin hızla tıkmaya ve kirlenmesine neden olduğundan endüstri için uygulanması oldukça güçtür. Endüstriyel atıksu arıtımında kullanımı için ön arıtım uygulanan atıksudan boya giderimi uygulamasıyla arıtma verimi artırılabilir.

Fotokatalitik bozunma son dönemlerde atıksudan boyarmaddelerin düşük maliyetli arıtımını sağlamaktadır. Geliştirilen çalışmalarla birlikte TiO_2 ve metal katizörlerle kullanılması arıtma veriminde artışı sağlamıştır. Farklı boyalar üzerinde yapılan araştırmalar bu yöntemin endüstriler için uygulanabilirliğini tartışmaktadır. Prosesin her bir boya için ayrı modifikasyonunun yapılabilmesi ve kullanım kolaylığı avantajlarındandır.

Biyo-elektrokimyasal arıtım yöntemi biyolojik arıtım yöntemleriyle ileri oksidasyon yöntemlerini birleştirmektedir. Boyarmaddelerin toksik özelliğinin olması biyolojik arıtım verimini düşürürken modifiye edilmiş bu sistemle arıtma verimi %70'e kadar çıkmıştır. Anot kısmında kullanılacak olan mikroorganizma türü, akım şiddeti ve boya türüne bağlı olarak arıtma verimleri değişiklik göstermesine rağmen boya türüne uygun mikroorganizmanın seçilmesi durumunda gelecek için umut vadeden arıtım yöntemidir.

Fenton oksidasyonu uzun yıllardır boyarmadde içeren atıksuların arıtımında kullanılmaktadır. Boyarmaddelerin gideriminde yüksek verimler elde edilmesine rağmen pH ve sıcaklık değişimlerine hassas olduğu ve arıtılmış atıksu içerisinde kalıntı H_2O_2 'e neden olduğu için endüstriyel uygulamalarda kullanılması zor bir prosestir. Ayrıca yüksek miktarda artıma çamuruna neden olması arıtım sonrasında başka bir problemi beraberinde getirmektedir.

Boyarmaddeler genellikle tekstil, kağıt, kağıt hamuru, tabakhane, kozmetik ve deri endüstrilerinde açığa çıkmaktadır. Boyaların arıtılmadan çevreye deşarj edilmesi ekosistemde dönüşü zor olan problemlere yol açacaktır. Biyolojik, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle arıtılabilen boyarmadde içeren endüstriyel atıksuyun arıtım yöntemleri konusunda önemli ilerleme kaydedilmiştir; bunlar arasında biyolojik veya gelişmiş çevre

dostu yöntemler (biyo-elektrokimyasal gibi), kaynak geri kazanımı için potansiyel fırsatlar sunmaları nedeniyle sürdürülebilirdir.

5. Referanslar

- [1] V.K. Agarwal, Bull. National Inst. Ecol. 15, 227(2005)
- [2] Lathellah L., Bakasse M., Lahrich S., et al. Advanced oxidation process: photo-electro-fenton remediation process for wastewater contaminated by organiz azo dyes
- [3] M. Schaffner, H.P. Bader and R. Scheidegger, Sci. Total Environ. 407, 4902, (2009). Doi:10.1016/j.apcatb.2008.09.05.007
- [4] Toral Shindhal, Parita Rakholiya, Sunita Varjani, Ashok Pandeyc, Huu Hao Ngod, Wenshan Guod, How Yong Nge, and Mohammad J. Taherzadehf, A critical review on advances in the practices and perspectives for the treatment of dye industry wastewater, Bioengineered, 2020;12: 70-87
- [5] Correia, V. M., Stephenson, T., & Judd, S. J. (1994). Characterisation of textile wastewaters-a review. *Environmental technology*, 15(10), 917-929.
- [6] Goswami, B. C., Anandjiwala, R. D., & Hall, D. (2004). *Textile sizing*. CRC press.
- [7] Bisschops, I., & Spanjers, H. (2003). Literature review on textile wastewater characterisation. *Environmental technology*, 24(11), 1399-1411.
- [8] Venceslau M. Correia, Tom Stephenson & Simon J. Judd, Characterisation of textile wastewaters-a review, environmental technology, 1994 ;15
- [9] American Public Health Association (APHA), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, Clesceri L.S., Greenberg A.E. and Eaton A.D. (eds.), American Water Works Association, Water Environment Federation, Published by APHA, Washington, D.C., USA. (1998)
- [10] Khouni I, Marrot B, Moulin P, et al. Decolourization of the reconstituted textile effluent by different process treatments: enzymatic catalysis, coagulation/flocculation and nanofiltration processes. *Desalination*. 2011;268(1-3):27-37.

- [11] Xue F, Tang B, Bin L, et al. Residual micro organic pollutants and their biotoxicity of the effluent from the typical textile wastewater treatment plants at Pearl River Delta. *Sci Total Environ.* 2019;657:696–703.
- [12] Aliabadi, M., & Sagharigar, T. (2011). Photocatalytic removal of Rhodamine B from aqueous solutions using TiO₂ nanocatalyst. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 1(12), 620-626.
- [13] Rauf MA, Ashraf SS. Fundamental principles and application of heterogeneous photocatalytic degradation of dyes in solution. *Chem Eng J.* 2009;151:1–3.
- [14] Covei M, Perniu D, Bogatu C, et al. CZTS-TiO₂ thin film heterostructures for advanced photocatalytic wastewater treatment. *Catal Today.* 2019;321-322:172–177.
- [15] Saravanan R, Gupta VK, Mosquera E, et al. Visible light induced degradation of methyl orange using β Ag_{0.333}V₂O₅ nanorod catalysts by facile thermal decomposition method. *J Saudi Chem Soc.* 2015;19:521–527
- [16] Khaki MRD, Shafeeyan MS, Raman AAA, et al. Evaluating the efficiency of nano-sized Cu doped TiO₂/ZnO photocatalyst under visible light irradiation. *J Mol Liq.* 2018;258:354–365.
- [17] Barkhade, T., & Banerjee, I. (2018, May). Photocatalytic degradation of Rhodamine B dye using Fe doped TiO₂ nanocomposites. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1961, No. 1, p. 030016). AIP Publishing LLC.
- [18] Thanavel M, Kadam SK, Biradar SP, et al. Combined biological and advanced oxidation process for decolorization of textile dyes. *SN Appl Sci.* 2018;1:97.
- [19] Ahmad, A. L., Harris, W. A., & Ooi, B. S. (2002). Removal of dye from wastewater of textile industry using membrane technology. *Jurnal Teknologi*, 31â–44.
- [20] Aouni A, Fersi C, Cuartas-Urbe B, et al. Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes. *Desalination.* 2012;297:87–96.
- [21] Clematis Davide, Panizza Marco, Electro-Fenton, solar photoelectro-Fenton and UVA photoelectro-Fenton: Degradation of Erythrosine B dye solution, *Chemosphere*, 2021;270

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 2

**Green Source of Energy; Biodiesel Production from
Botryococcus braunii in Dairy Wastewater (Ayşe Elif Ateş)**

Green Source of Energy; Biodiesel Production from *Botryococcus braunii* in Dairy Wastewater

Ayşe Elif Ateş

Istanbul University-Cerrahpasa, Department of Environmental Engineering,

E-mail: ayseelif.ates@iuc.edu.tr

1. Introduction

The increase in industrial and municipal wastewater due to the increasing population and manufacture has led to advances in wastewater treatment technology. Industrial wastewater must be treated to as a sustainable water supply and is avoided negatively affect in all aspects of the environment, such as water, air, and land, because of contains remarkable pollutant such as toxic waste, heavy metal, organic and inorganic, and chemical. Generally, industrial wastewater treatment methods consist of two stages: large particles are removed and organic materials are biodegraded by means of the action of microorganisms, primary and secondary treatment respectively. The methods of wastewater treatment depend fundamentally on discharge wastewater standards for each country. Industrial wastewater treatment is largely compelling because the wastewater contains both high organic matter contents, and poorly biodegradable components. Primary and secondary treatment methods have some drawbacks due to that pollutants. Conventional treatment methods of industrial wastewater generally require energy, large areas, and high operation and maintenance costs [1–3].

Some industrial effluents such as dairy industry have considerable organic pollutant produced from washing and production processes. The wastewater has detrimental effects on natural drinking water sources because of its high concentration of organic pollutants, carbohydrate, nucleic acids, protein, phospholipids, fat, etc. Those pollutants in wastewater are caused turbidity, toxicity, pH imbalance, damage of biota, eutrophication, acidification, dissolve oxygen reduction. The based on traditional dairy industrial wastewater treatment processes like sedimentation, electrocoagulation, activated sludge, membrane technology, rotating biological contactors, aerated lagoon, stabilization pond are available to meet the discharge standards for effluent and stabilize the sludge for land application. However, challenges for engineers is to develop economically feasible and sustainable technologies to treat wastewater as a renewable non-edible source, transform them into useful byproducts, reduce social and legal concerns [4–6]. One of the sustainable and environmentally friendly uses of biomass is energy production. The innovative approaches are developed both using sludge as an energy source and for the treatment of industrial wastewater. In recent studies, it has been investigated to use the sludge as a

biodiesel source [2,7–11]. The critical step is feedstock selection that is edible, non-edible, or waste because of the effects of various factors such as the benefit-cost ratio, yield, pros and cons, and quality of the biodiesel. One of the main sources of biofuel production in the world with the highest oil content is microalgae oil (up to 70%) [12]. The algae oil is obtained from the renewable, non-toxic and easily available source, among those could be used for biodiesel production. Microalgae can be harvested on large scale from photobioreactor in the wastewater treatment plant [13].

Microalgae which have simple structure are both photosynthetic microorganisms (eukaryotic-prokaryotic) and grow rapidly in wastewater. The interest in biodiesel has appeared from the after understanding of the harm of fossil fuels to the environment and microalgae are promising renewable sources when compared with other biodiesel sources. Microalgae like *Botryococcus braunii*, *Chlorella* and *Nannochloris* can contain lipid up to 30–70% of their dry weight under optimum growing conditions such as Light, CO₂, Temperature, pH, nutrients. The light (UV lamp or sunlight) that is one of the most important limiting factors is vital to growing microalgae. Carbon dioxide pollution in the air or flue gas is the source of the nutrient for algae because the basic carbon source for photosynthetic microalgae is CO₂. Although some microalgae can adapt to high temperatures, the optimum water temperature for microalgae growing rapidly is usually between 18 and 24 °C [7,14,15]. The other important factor is the proper quantity and quality of nutrients for microalgae. Large amounts of nitrogen and phosphorus as the main nutrient source are needed for obtaining the higher microalgae growth rate in wastewater. Using the microalgae to the production of biodiesel can contribute the effluent quality as well as cost low priced biodiesel production. wastewater used in the production of microalgae is critical because industrial wastewaters contain not only many compounds which are nutrients for microalgae but also toxic substances. Dairy industry wastewater had a low concentration of toxin and satisfactory concentration of nitrogen and phosphorus to accelerate the growth of microalgae [2,16].

The other important step is the selection of harvesting technique after the optimum microalgae growth condition. Choosing the appropriate harvesting method such as centrifugation, flotation, flocculation, electricity assisted techniques, ultrasound aggregation, filtration and gravity sedimentation provides an increase in biomass, energy cost reduction and efficient wastewater treatment. Although centrifugation is a rapid technique which avoids the use of chemical solvents for separation, it is costly to use on a large-scale industry wastewater and high shear and gravitational forces that are applied with centrifugation are may cause cell damage. Flocculation and coagulation can include in different methods such as chemical, biological, or magnetic. These methods have different disadvantages which used in chemical flocculation method metal can remnant after lipid extraction and

techniques are still not very clear in bio-flocculation. The gravitational sedimentation method is both effective for Microalgae settling and low-cost and requires minimum energy [17–19].

Although methods for microalgae lipid extraction are not specific, there are various studies about reducing solvent consumption, increasing extraction yield, decreasing extraction time, enhancing end-product quality. The method of extraction is basically the degradation of the cell wall having intracellular lipid by various methods. Optimum determination of this method for each microalgae type affects the yield of lipid recovery. There are many vary types of cell disruption method available such as conventional mechanical pressing, ultrasonic assistance, microwave assistance, electric pulse, cell homogenization, conventional chemical solvents, acids, nanoparticles, supercritical, fluids, ionic liquid biological enzymes. The Bligh and Dyer lipid extraction method that been conducted with solvents such as methanol, chloroform is one of the common methods [18,20–22]. Solvents recover by evaporator because methanol and chloroform are not safe for the environment. there is an advantage that solvents can recover by evaporator because methanol and chloroform are not safe for the environment.

In this study, production of biodiesel from *Botryococcus braunii* that are treated dairy industry wastewater. The dairy industry wastewater has treated with microalgae in the aerobic photobioreactors. Microalgae were harvested that was gravitational sedimentation method from photobioreactor operating with 24-hour light periods. Harvested microalgae were extracted by Bligh and Dyer lipid extraction method. Biodiesel from algal oil was produced by transesterification reaction.

Table 1: Oil content in selected microalgal species [23].

Species	Oil content (% dw)	Species	Oil content (% dw)
Ankistrodesmus TR-87	28-40	Chlorella protothecoides (autotrophic/heterothrophic)	15-55
Botryococcus braunii	29-75	Cyclotella DI-35	42
Chlorella sp.	29	Dunaliella tertiolecta	36-42
Hantzschia DI-160	66	Isochrysis sp.	7-33
Nannochloris	46(31-68)	Nitzschia TR-114	28-50
Phaeodactylum tricornutum	31	Scenedesmus TR-84	45
Stichococcus	33(9-59)	Tetraselmis suecica	15-32

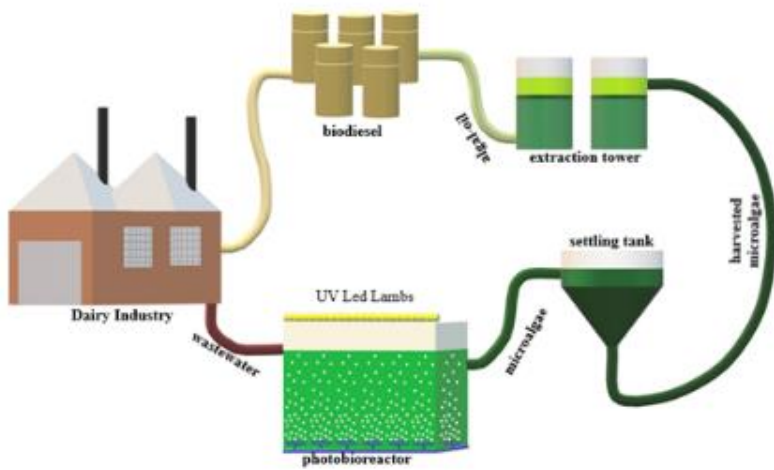


Fig.1: Process chain for algal biodiesel production

2. Materials and Methods

2.1. Algae Culture and Growth Environment of Botryococcus braunii

A photobioreactor made of plexiglass with 1m * 1m * 1m width-length-height dimensions was used. The photobioreactor was illuminated with UV-A lamp and the wastewater temperature was kept constant at 20°C. Synthetic wastewater was used as a nutrient in the microalgae adaptation period, and then real dairy industry wastewater was used, Shown in Table 2. The chemicals used were Merck brand.

In the study, the photobioreactor was operated with continuous lighting (24 hours).

Table 2: Nutrient solution for photobioreactors

Solution	Concentration, mg/L
NH ₄ Cl	5000
KH ₂ PO ₄	10
MgSO ₄ .7H ₂ O	5
CaCl ₂ .H ₂ O	3

When the Botryococcus braunii and optical density values were increased and reached a fixed value, photobioreactors were fed with raw dairy wastewater. The reactors were operated like the sequencing batch reactor. The Botryococcus braunii in the 1L wastewater sample from the photobioreactors were harvested. The harvested biomass was stored at +4 °C, and separated from the water by precipitation, it was used in biodiesel production pre-trials. The wastewater treatment performance of the microalgae was monitored by analyzing the relevant parameters that are

Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), Oil-Grease, Phosphorus (TP), Total Suspended Solids (TSS) in the liquid part of the extracted sample from the reactor.

2.2. Dairy Wastewater Treatment

Although the pH of the dairy industry wastewater in the study was approximately 5-6, required for the survival of *Botryococcus braunii* in the photobioreactor is pH 7-8. pH was adjusted daily with using Ca(OH)_2 and CaCO_3 and no further treatment was applied before feeding to the reactor. The reactor was continuously mixed and ventilated during the study. The parameters related to treatment efficiencies was analyzed regularly and the weekly averages was given in the Figure 3.

The results of the analysis were calculated by considering the dilution in the photobioreactor as seen in the following equation.

$$C = (C_1 * V_1 + C_2 * V_2) / (V_1 + V_2)$$

C: Final concentration

C₁: Wastewater concentration

C₂: Concentration of water in the photobioreactor

V₁: Dairy industry wastewater volume

V₂: Wastewater volume in photobioreactor

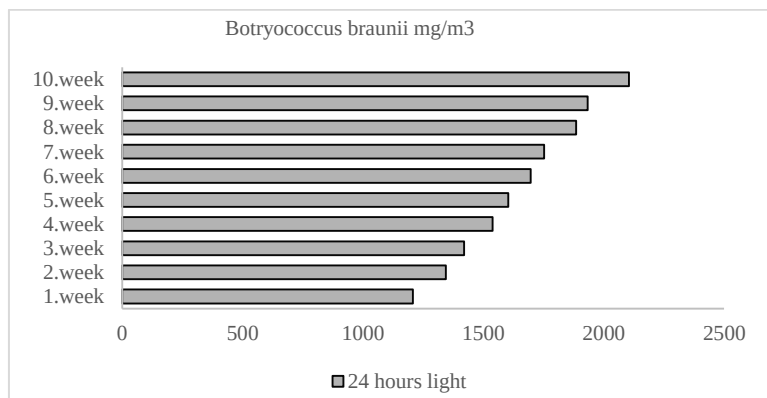


Figure 2: Adaptation and growth of *Botryococcus braunii*

2.3. Lipid Extraction and Biodiesel Production by Transesterification Reaction

50 ml sludge was taken from the wet *Botryococcus braunii* sample then 1:2 chloroform:methanol was added and mixed well so that the oil of the microalgae were dissolved by chloroform. After stirring thoroughly, 62.5 ml of chloroform have added again and mixed well. 62.5 ml of distilled water was added to the separating funnel. Chloroform in the mixture was

evaporated and the remaining oil was determined gravimetrically. With the method of Bligh and Dyer [23], 0.43 g algal oil of *Botryococcus braunii* was obtained for a 50 ml wet sample.

The reaction conditions in the biodiesel production of NaOH-catalyzed were determined as 60 ± 2 °C reaction temperature, the percentage by weight 30% alcohol /oil and 1.5hour reaction time. Washing was carried out to remove soap, glycerin, mono-di-tri glycerides and salts which may be present in biodiesel. The wash was made with distillate water at 50-60 °C. The water sprayed on the biodiesel was collected in the lower part due to the density difference. Soap, glycerin, mono-di-tri glycerides, and salts were removed from the biodiesel while the washing water were passed through the biodiesel. While the amount of washing water depends on the amount of pollution in the biodiesel, it is generally used in equal amounts to the amount of biodiesel. After washing for about 10 hours, washing water were separated from the biodiesel and collapsed then the washed biodiesel was dried by heating to 100 °C.

3. Results and Discussion

The treated dairy wastewater from the photobioreactor was precipitated for an hour. The sample was taken from the supernatant after precipitation, and COD analysis was performed to the same sample 4 times to ensure the accuracy of the result. Since COD values were very close to each other, they were averaged and recorded. COD value of wastewater varies significantly according to processes such as production and boiler washing. However, no dilution was made in the wastewater while the treatment was carried out in the photobioreactor, and wastewater feed with high COD value was made. Wastewater feed with variable pollution was a stress effect on microalgae in the reactor and increased the growth rate.

Since the wastewater sample was taken from the mainline to the balancing tank, no precipitation was occurred in the line earlier. There were high organic particles in wastewater due to the washing process and kashar cheese production water. Large particles were fed to the photobioreactor by mixing to ensure homogeneity in the wastewater sample without any treatment. TSS analyses were performed on the samples taken from the wastewater and the interphase zone of the harvests.

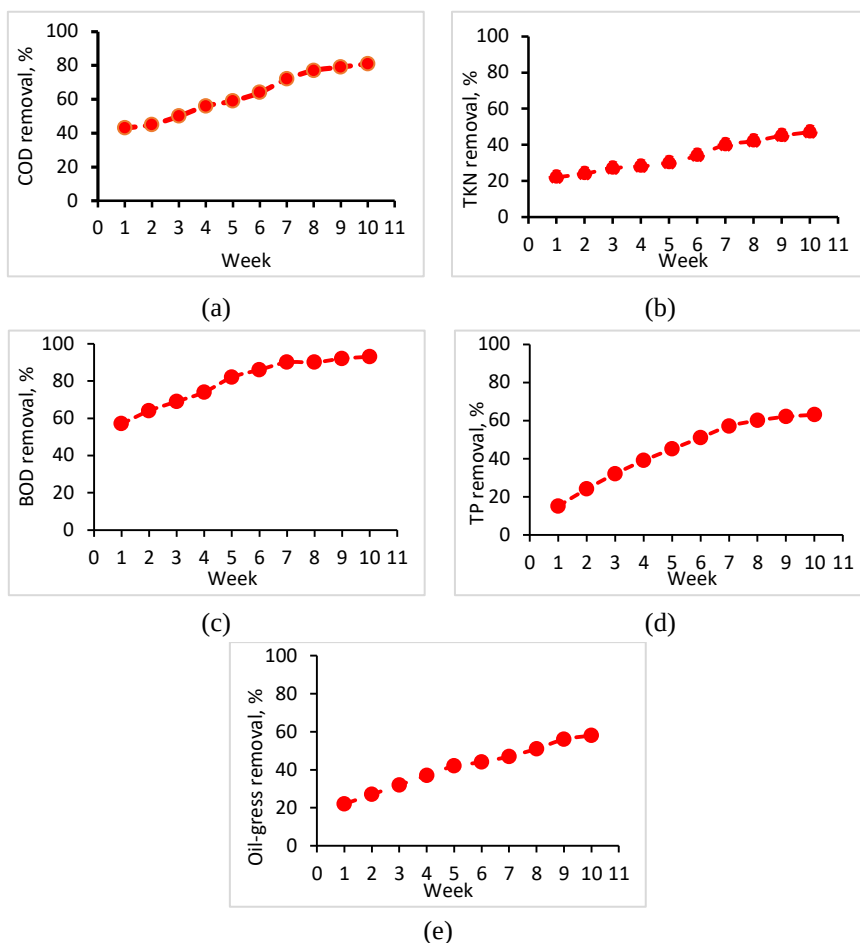


Figure 3: *Botryococcus braunii* Removal efficiencies of various wastewater parameter from wastewater under light-dark and only light conditions; (a) chemical oxygen demand (COD), (b) total phosphorus (TP), (c) oil and grease, (d) total Khejdahl nitrogen (TKN), and (e) biological oxygen demand (BOD).

Samples taken from the wastewater and the interphase section of the harvests were analyzed for phosphorus treatment efficiency. Absorbance measurements of the prepared samples were performed using a spectrophotometer and the results were determined using the calibration curve obtained previously. After the biological treatment, the wastewater was taken into the sedimentation tank without any anaerobic environment.

Dairy industry wastewater contains high oil-grease due to the raw material used is fatty. One of the major problems in the treatment of wastewater is oil-grease that prevents the access of nutrients and oxygen because of covering the surface of biological material.

The temperature of drying for extraction is quite important because it is the loss of fat in high temperatures. According to the method of Bligh and Dyer [23], 0.17 g algal oil was obtained from 50 ml wet sample. Studies have shown that; Algal oil yield was 0,33 ml from 100ml wet algae in light reactor.

4.7 ml biodiesel and 1,3 ml glycerin were product from the 24 hours light reactor, biodiesel experiment was performed with a 2-liter wet sample. When biodiesel quality was compared, the biodiesel produced by the *Botryococcus braunii* sample taken from reactor complies with the standards.

4. Conclusions

In this study, dairy industry wastewater was treated with microalgae in the photobioreactor. COD removal efficiency increased according to weeks and the highest efficiency was 81%. Due to the changeable pH values of the wastewater, it caused foaming in the photobioreactor and this problem was solved by adjusting the pH before feeding. BOD removal efficiency was increased until the sixth week and the yields were close to each other in the following weeks. The highest BOD removal efficiency was 93% in the eleventh week. The TKN removal efficiency increased from 22% to 47% but was lower than the COD and BOD removal efficiency. TP and oil-grease removal efficiencies were 63% and 58%, respectively.

In extraction experiments, it was determined by the wet analysis. 4.7 ml biodiesel and 1,3 ml glycerin were product from the 24 hours light reactor, biodiesel experiment was performed with a 2-liter wet sample. Cost reduction can be done via evaporator recovery of the solvents used in the study for the Bligh and Dyer method. At the same time, the cost of the sludge that has disposed of as a hazardous waste be able to eliminate with the establishment of any photobioreactor system.

5. References

- [1] A.F. Mohd Udaiyappan, H. Abu Hasan, M.S. Takriff, S.R. Sheikh Abdullah, A review of the potentials, challenges and current status of microalgae biomass applications in industrial wastewater treatment, *J. Water Process Eng.* 20 (2017) 8–21. doi:10.1016/J. JWPE. 2017.09.006.
- [2] X.B. Tan, M.K. Lam, Y. Uemura, J.W. Lim, C.Y. Wong, K.T. Lee, Cultivation of microalgae for biodiesel production: A review on upstream and downstream processing, *Chinese J. Chem. Eng.* 26 (2018) 17–30. doi:10.1016/j.cjche.2017.08.010.
- [3] W.N.A. Kadir, M.K. Lam, Y. Uemura, J.W. Lim, K.T. Lee, Harvesting and pre-treatment of microalgae cultivated in wastewater for biodiesel production: A review, *Energy Convers. Manag.* 171 (2018) 1416–1429. doi:10.1016/j.enconman.2018.06.074.

- [4] R. S, R. S, Microbial fuel cells used in wastewater treatment, J. Adv. Appl. Sci. Res. 1 (2017). <http://www.joaasr.com/index.php/joaasr/article/view/58> (accessed April 8, 2019).
- [5] K. Samal, R.R. Dash, P. Bhunia, Design and development of a hybrid macrophyte assisted vermifilter for the treatment of dairy wastewater: A statistical and kinetic modelling approach, Sci. Total Environ. 645 (2018) 156–169. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.118.
- [6] O. Tsolcha, A. Tekerlekopoulou, C. Akratos, G. Aggelis, S. Genitsaris, M. Moustaka-Gouni, D. Vayenas, O.N. Tsolcha, A.G. Tekerlekopoulou, C.S. Akratos, G. Aggelis, S. Genitsaris, M. Moustaka-Gouni, D. V. Vayenas, Agroindustrial Wastewater Treatment with Simultaneous Biodiesel Production in Attached Growth Systems Using a Mixed Microbial Culture, Water. 10 (2018) 1693. doi:10.3390/w10111693.
- [7] M. Faried, M. Samer, E. Abdelsalam, R.S. Yousef, Y.A. Attia, A.S. Ali, Biodiesel production from microalgae: Processes, technologies and recent advancements, Renew. Sustain. Energy Rev. 79 (2017) 893–913. doi:10.1016/j.rser.2017.05.199.
- [8] K. Prabandono, S. Amin, Biofuel Production from Microalgae, Handb. Mar. Microalgae Biotechnol. Adv. (2015) 145–158. doi:10.1016/B978-0-12-800776-1.00010-8.
- [9] M. Olkiewicz, N. V. Plechkova, M.J. Earle, A. Fabregat, F. Stüber, A. Fortuny, J. Font, C. Bengoa, Biodiesel production from sewage sludge lipids catalysed by Brønsted acidic ionic liquids, Appl. Catal. B Environ. 181 (2016) 738–746. doi:10.1016/j.apcatb.2015.08.039.
- [10] S. Dufreche, R. Hernandez, T. French, D. Sparks, M. Zappi, E. Alley, Extraction of Lipids from Municipal Wastewater Plant Microorganisms for Production of Biodiesel, J. Am. Oil Chem. Soc. 84 (2007) 181–187. doi:10.1007/s11746-006-1022-4.
- [11] R. Balasubramanian, A. Sircar, P. Sivakumar, K. Anbarasu, Production of biodiesel from dairy wastewater sludge: A laboratory and pilot scale study, Egypt. J. Pet. 27 (2018) 939–943. doi:10.1016/j.ejpe.2018.02.002.
- [12] I. Ambat, V. Srivastava, M. Sillanpää, Recent advancement in biodiesel production methodologies using various feedstock: A review, Renew. Sustain. Energy Rev. 90 (2018) 356–369. doi:10.1016/j.rser.2018.03.069.

- [13] S. Khan, R. Siddique, W. Sajjad, G. Nabi, K.M. Hayat, P. Duan, L. Yao, Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis, HAYATI J. Biosci. 24 (2017) 163–167. doi:10.1016/j.hjb.2017.10.003.
- [14] Phase separation in anaerobic digestion: motives and methods (Journal Article)ETDEWEB, (n.d.). <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/6743024> (accessed April 29, 2019).
- [15] S. Oncel, F.V. Sukan, Comparison of two different pneumatically mixed column photobioreactors for the cultivation of *Artrospira platensis* (*Spirulina platensis*), Bioresour. Technol. 99 (2008) 4755–4760. doi:10.1016/J.BIORTECH.2007.09.068.
- [16] M.K. Lam, K.T. Lee, Potential of using organic fertilizer to cultivate *Chlorella vulgaris* for biodiesel production, Appl. Energy. 94 (2012) 303–308. doi:10.1016/J.APENERGY.2012.01.075.
- [17] D. Vandamme, I. Foubert, K. Muylaert, Flocculation as a low-cost method for harvesting microalgae for bulk biomass production, Trends Biotechnol. 31 (2013) 233–239. doi:10.1016/J. TIBTECH. 2012.12.005.
- [18] B.H.H. Goh, H.C. Ong, M.Y. Cheah, W.-H. Chen, K.L. Yu, T.M.I. Mahlia, Sustainability of direct biodiesel synthesis from microalgae biomass: A critical review, Renew. Sustain. Energy Rev. 107 (2019) 59–74. doi:10.1016/J.RSER.2019.02.012.
- [19] V.M. Rwehumbiza, R. Harrison, L. Thomsen, Alum-induced flocculation of pre-concentrated *Nannochloropsis salina*: Residual aluminium in the biomass, FAMEs and its effects on microalgae growth upon media recycling, Chem. Eng. J. 200–202 (2012) 168–175. doi:10.1016/J.CEJ.2012.06.008.
- [20] U.R. Zimmer, Adaptive Approaches to Basic Mobile Robot Tasks, 3102 (1995) 740–748. doi:10.1104/pp.010498.740.
- [21] Z. Liu, S. Rochfort, B.G. Cocks, Optimization of a single phase method for lipid extraction from milk, J. Chromatogr. A. 1458 (2016) 145–149. doi:10.1016/J.CHROMA.2016.06.055.
- [22] E.G. Bligh, W.J. Dyer, A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION, Can. J. Biochem. Physiol. 37 (1959) 911–917. doi:10.1139/y59-099.
- [23] A. Demirbas, M. Fatih Demirbas, Importance of algae oil as a source of biodiesel, Energy Convers. Manag. 52 (2011) 163–170. doi:10.1016/J.ENCONMAN.2010.06.055.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 3

**Lazer Kesimle DKP DC01 Çelik Malzemeden Üretilmiş
Motiflerin Mekanik Dayanımı Üzerinde Boyama İşleminin
Etkisi (Volkan Onar, Nurgül Mete, Arzum Işıtan)**

Lazer Kesimle DKP DC01 Çelik Malzemeden Üretilmiş Motiflerin Mekanik Dayanımı Üzerinde Boyama İşleminin Etkisi

Volkan Onar¹, Nurgül Mete², Arzum Işıtan³

¹*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: vonar@pau.edu.tr*

²*Askon Demir Çelik San. Ve Tic. A.Ş. Tasarım Merkezi, E-mail:
nmete@askondemir.com*

³*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: aisitan@pau.edu.tr*

1. Giriş

İnsanoğlunun değişen ve artan ihtiyaçları yeni malzemelerin ekonomik bir şekilde üretilmesi ve şekillendirilmesi için seri ve alışılmamış üretim yöntemlerine olan ihtiyacı günbegün arttırmaktadır. Havacılık, otomotiv, sağlık, enerji ve elektronik gibi çeşitli endüstrilerde, alışılmamış veya geleneksel olmayan üretim yöntemleri olarak adlandırılan teknikler çeliklerden süper alaşımlara, seramiklerden plastiklere, fiber takviyeli kompozitlerden ve tekstil ürünlerine kadar pek çok farklı malzemenin karmaşık geometrilerde ve hassas bir şekilde şekillendirilmesine olanak sağlamaktadır [1]. Ayrıca, değişken kesitli, çok uzun veya çok küçük parçaların üretimi ve son yüzey bitirme işlemleri de geleneksel olmayan üretim yöntemleriyle başarı bir şekilde gerçekleştirilmektedir [2].

Geleneksel yöntemlerde takım ile iş parçası arasında mekanik bir temas söz konusudur. Bu temas, iş parçasında istenmeyen artık gerilmelerin oluşmasına neden olabilmektedir. Geleneksel olmayan yöntemlerde ise işleme adımları azaltılır, süreçlerin izlenmesi ve kontrolü daha kolaydır [3].

Geleneksel olmayan üretim yöntemleri kendi içerisinde işleme, şekillendirme ve kaynak prosesleri olarak 3'e ayrılabilir. İşleme yöntemleri açısından

- mekanik enerjili,
- termal enerjili,
- kimyasal,
- ve elektro-kimyasal işleme olarak sınıflandırılabilirler [4].

Diğer taraftan iş parçası ile takım arasındaki etkileşime göre de 2 şekilde sınıflandırmak mümkündür [1]:

- Takım ile iş parçası arasında geleneksel olmayan bir etkileşim mekanizmasının olduğu süreçler,
- Takımdan iş parçasına enerji transferini etkilemek için geleneksel olmayan ortamların kullanıldığı süreçler.

Termal bazlı yöntemler arasında elektrik deşarjlı işleme, lazerle işleme, elektron ışıını ile işleme, plazma ark kesme, lazer sinterleme, lazer kaplama ve lazer malzeme biriktirme yer almaktadır [5].

Lazer ışın kaynağı tarafından üretilen kızıl ötesi ışınların bir mercek vasıtasıyla iş parçasının üzerine odaklanarak, ışının malzemeyi lokal olarak ısıtması işlemiyle lazer kesim işlemi gerçekleştirilmektedir [6]. Uygulamada çoğu zaman 0,5 mm çaptan daha küçük bir mesafeye, çoğu zaman 0,1...0,2 mm gibi dar bir alana, bu ışınlar odaklanmaktadır [6,7]. Isıtılan bölgedeki ergimiş malzeme, basınçlı bir gaz jeti tarafından kesim bölgesinden uzaklaştırılmaktadır [6]. Lazer ortamının durumuna göre katı hal, gaz hali ve sıvı lazer şeklinde sınıflandırılırlar. Nd-YAG (katı hal lazeri) ve CO₂ (sıvı hal lazeri) uygulamada en yaygın kullanılanlardır. Bu yöntemlerle 1kW'a kadar güç elde edilebilmektedir [8]. Çelik malzemelerin imalatında en iyi sonuçlar için 107...108 W/cm² güç değerinde elde edilmektedir [7]. Bakır, alüminyum ve değerli metallerin lazer kesim işlemlerinde Nd: YAG lazerler tercih edilirken, çelik malzeme için daha düşük maliyetle daha yüksek güç üretebilen CO₂ lazer uygulaması tercih edilmektedir [9]. İnce ve orta kalınlıktaki sacların hassas kesim işlemlerinde katı hal kesim imkânı sunan fiber lazer teknolojisi tercih edilmektedir. Lazer kesim işlemlerinde, tezgahların doğru parametreler ile çalıştırılması işlemin verimliliği açısından oldukça önemlidir [7]. Bu nedenle, kesilecek malzemenin cinsine ve kimyasal kompozisyonuna uygun parametreler seçilmelidir.

Lazer kesim işlemleri otomotiv, havacılık, gemi yapımı ve malzeme işleme endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. Lazer kesim teknolojisinin en yaygın kullanım alanını metal ve metal olmayan malzemeleri kesme işlemleri oluşturmaktadır [10].

Tekstil sektöründe farklı tasarım ve motiflerin yanısıra dantel motiflerine kadar ayrıntılı işlemlerde lazer kesim teknolojisi kullanılmaktadır [11,12]. Ahşap ve MDF gibi ahşap kompozitlerin şekillendirilmesinde de lazer kesim kullanılmaktadır [13,14]. Ayrıca ahşap üzerine motifler oluşturmak için de tercih edilen bir yöntemdir. Polimer matrisli kompozitlerin kesim işlemlerinde uygulama alanı bulmaktadır [15,16].

Farklı metallerin kesim işlemleri lazer kesim ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Alüminyum alaşımları, özellikle hafiflikleri ve yüksek korozyon direncine sahip olmaları nedeniyle otomotiv, inşaat ve havacılık endüstrisi gibi birçok endüstride kullanılmaktadır. Özellikle ince alüminyum levhaların kesilmesinde lazer kesim ön plana çıkmaktadır [9]. Yüksek ısı iletim katsayısına sahip bakır levhaların [17,18], titanyum alaşımlarının [19] ve NiTi şekil bellekli alaşımların [20] kesim işlemlerinde lazer kesim uygulanabilmektedir.

Yaygın olarak kullanılan standart çelik kalitelerinin talaşlı imalata nazaran lazer ile kesim işlemi yüksek kesme hızlarında bile üretilebilen yüksek kaliteli kesim kenarları açısından avantajlıdır [21]. EN S355J0 gibi

yapısal çeliklerin farklı yöntemlerle kesim işlemlerinde, lazer kesimin plazma ve oksijenle işlemlerine oranla daha küçük ısı tesiri altındaki bölge oluşturduğu tespit edilmiştir [22]. Paslanmaz çelikler otomobil ve ev aletleri başta olmak üzere birçok önemli sektörde yüksek kullanım potansiyeline sahiptir [23]. Paslanmaz çeliklerin lazer kesim işlemlerinde lazer kesim kalitesi lazer gücüne, darbe frekansına, kesme hızına ve odak noktası değerine bağlıdır [23]. Paslanmaz çeliklerin lazer kesiminde oksijen ve azotun yardımcı gaz olarak kullanıldığı durumlar karşılaştırıldığında ise, oksijenin daha yüksek kesme hızına ve daha düşük kesme aralığına ulaşılabilmesine etki ettiği belirtilmektedir [24].

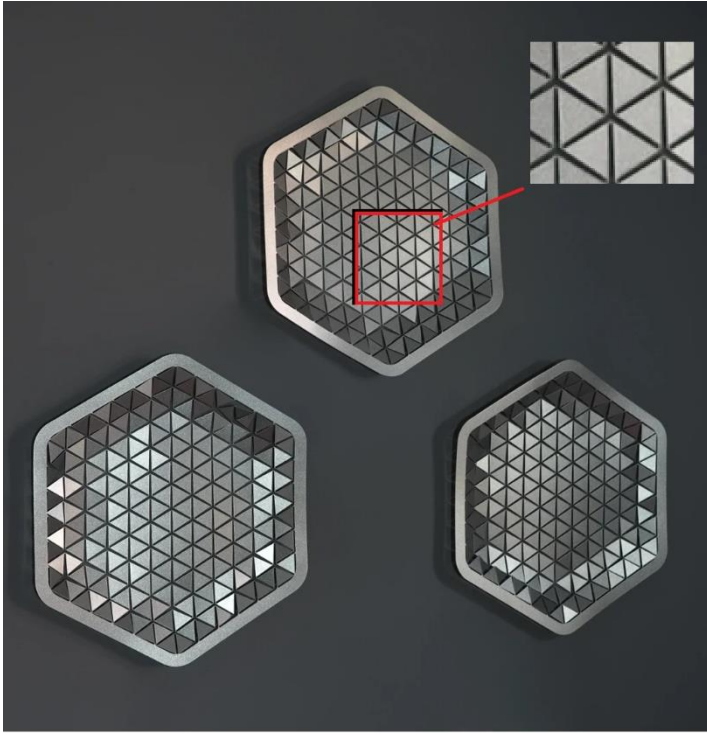
Lazer kesimin bir diğer uygulama alanı ise dekoratif eşya üretimidir. Lazer kesim ile farklı kalınlık ve özelliklerdeki çelik ve bakır alaşımlarından çok ayrıntılı şekiller üretilebilmektedir (Şekil 1). İnce ayrıntı ve ince bağlantı noktalarına sahip dekoratif ürünler, el ile çok kolay bir şekilde şekillendirilebilmektedir. Böylece ürünler çok amaçlı olarak kullanılabilmekte ve kişiselleştirilebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 1: Lazer kesimle üretilmiş Atatürk ve imza metal duvar tablosu [25]

Yeni ve uygulama kapasitesi çok yüksek olan bu alanda yapılmış olan çalışmalar çok azdır. Dekoratif saçların özelliklerine kesilen malzemenin türü, kalınlığı, lazer kesim parametreleri ve işlenen motifin ayrıntıları dışında, boyama işlemi ve boya kalınlığının da etki ettiği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, soğuk haddelenmiş yassı DKP DC01 kalite çelik, 6,94 mm/s hızda, 9 bar basınç ve 3600 W güç uygulanarak, farklı motifler oluşturacak şekilde fiber lazerle kesilmiştir. Oluşan dekoratif amaçlı motifli saç plakalara boyama işlemi yapılarak, boyanın motifli kesimin mekanik dayanımına etkisi incelenmiştir.



Şekil 2: Lazer kesim farklı boyalı kişiselleştirilebilir dekoratif ürünler [26]

2. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada, soğuk şekillendirmeye uygun DKP DC01 kalite çelik kullanılmıştır. DC01 kalite, derin çekmeye uygun olmakla birlikte şekillendirilme kabiliyeti yüksek ve kaynaklanabilirliği iyi olan bir çeliktir. Mukavemet, tokluk ve süneklik kombinasyonunun birlikte istendiği durumlarda kullanılmaktadır [27]. Özellikle otomotiv, dayanıklı tüketim malları, radyatör, havalandırma ekipmanları ve dekoratif eşya yapımında kullanılan EN 10130:2006 standardında yer alan DC01 çeliğinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de, mekanik özellikleri ise Tablo 2'de verilmektedir. DKP saclar korozyona karşı dirençlerini 6 ay süre ile muhafaza edilebilmeleri için yüzeyleri koruyucu yağ kaplı olarak temin edilmektedir.

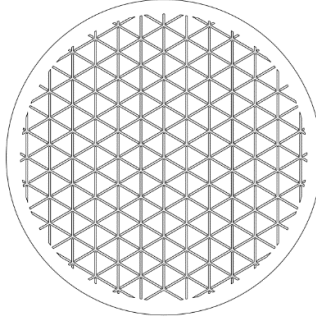
Tablo 1: DKP DC01 çeliğinin kimyasal kompozisyonu [27]

Element	C	P	Cu	S	Mn	Ti
% ağı.	0,12	0,045	0,15-0,45	0,045	0,60	--

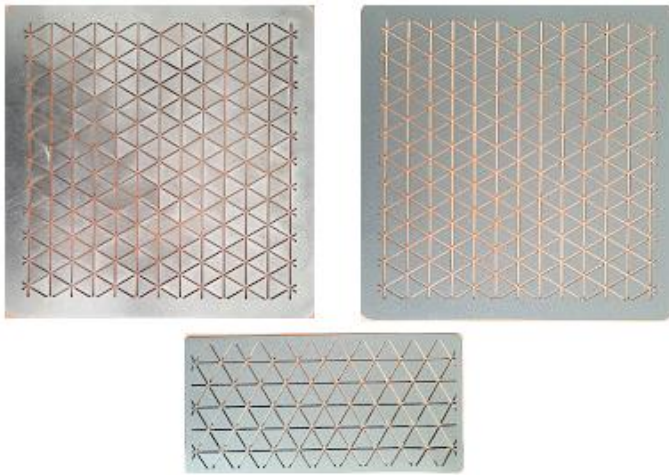
Tablo 2: DKP DC01 çeliğinin mekanik özellikleri [27]

Re (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
280	270-410	28

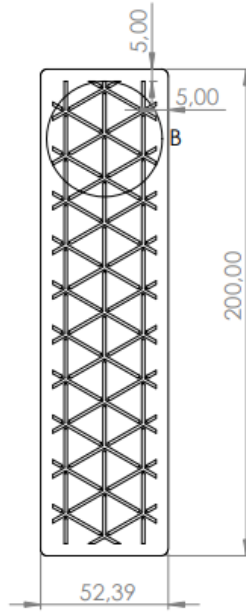
Denizli’de bulunan Askon Demir Çelik San ve Tic A.Ş. bünyesinde lazer kesimi yapılacak olan motifler farklı boyut ve geometrilerde hazırlanmaktadır. Şekil 3’te dairesel geometriye sahip bir ürünün teknik resmi, Şekil 4’te ise boyalı ve boyasız farklı ebatlarda lazer kesim ürünler görülmektedir. Gerçekleştirilecek olan mekanik çekme deneyi öncesinde, çekme deneyi için özel numuneler oluşturulmuştur. Şekil 5’te ise çekme deneyi için hazırlanmış numune ölçüleri görülmektedir. Tüm çizimler CAD programında hazırlandıktan sonra, lazer kesime gitmektedir. Numuneler 0,8 mm, 1 mm ve 1.2 mm kalınlığındaki saçlardan kesilmiştir.



Şekil 3: Dairesel şekle sahip, üçgen motifli ürün teknik resmi



Şekil 4: Farklı boyutlarda boyalı ve boyasız lazer kesim ürünler



Şekil 5: Çekme deney numunesi

Lazer kesim işlemleri, Askon Demir Çelik San ve Tic A.Ş. bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Kesim işlemlerinde NUKON NF Pro 315 4 kW fiber lazer sac kesim makinesi kullanılmıştır (Şekil 6). 4 kW gücüne sahip fiber kesim tezgâhının eksen motorları lineer sistem ile çalışmaktadır. 1500x3000mm maksimum sac kesme kabiliyetine sahip olan tezgâh ile 6,94 mm/s hızda, 9 bar basınç ve 3600 W güç uygulanarak, lazerle kesim işlemleri tamamlanmıştır.



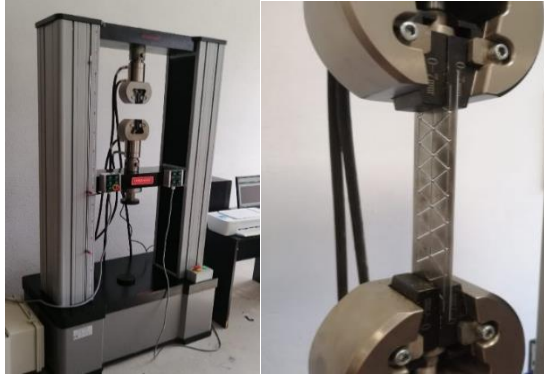
Şekil 6: Lazer kesim makinası

Lazerle kesilmiş olan numuneler, yüzeylerinin temizlenmesinin ardından Askon Demir Çelik San ve Tic A.Ş. bünyesindeki metalik boya parkurunda, uygulanacak boyanın akmaması için zemine paralel bir şekilde dizilmiştir. Uygulanan boya, %20-30 oranında sentetik tiner ile inceltilerek Graco Xtreme™ NXT™ hava basınçsız püskürtme makinesinde hazır hale getirilmiştir. Basınçsız hava uygulaması diğer boyama makinelerine göre daha az tozuma yapmakta ve hava kaynaklı boya hatalarının oluşmasını önlemektedir. Öncelikle, boyanın çelik yüzeyine iyi bir şekilde yapışabilmesi için iki kat astar boya yapılmaktadır. Astar boya kuruduktan sonra, 20-50 µm kalınlığa sahip son kat boyama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Boyama işlemi

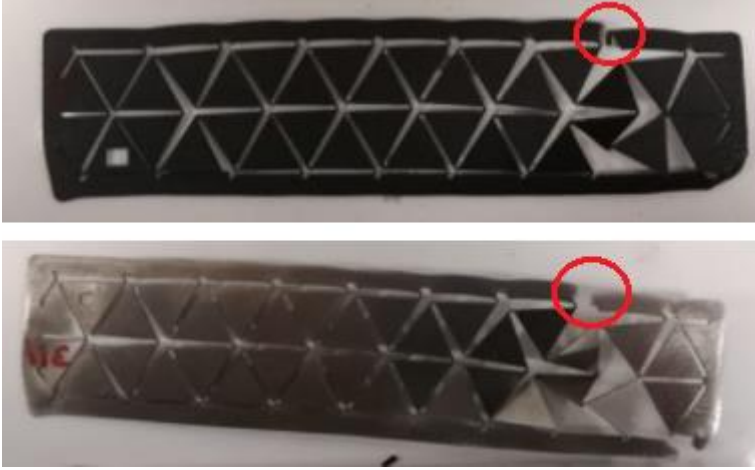
Çekme deneyleri, Pamukkale Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Malzeme Muayene Laboratuvarında bulunan Hardway markalı 10 kN kapasiteye sahip çekme deney cihazında 0,2 kN/s çekme hızında gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). 0,8, 1 ve 1,2 mm kalınlığındaki saclar boyalı ve boyasız şartlar için 3er numune hazırlanmış ve çekme deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 8: Deneylerde kullanılan çekme deney cihazı

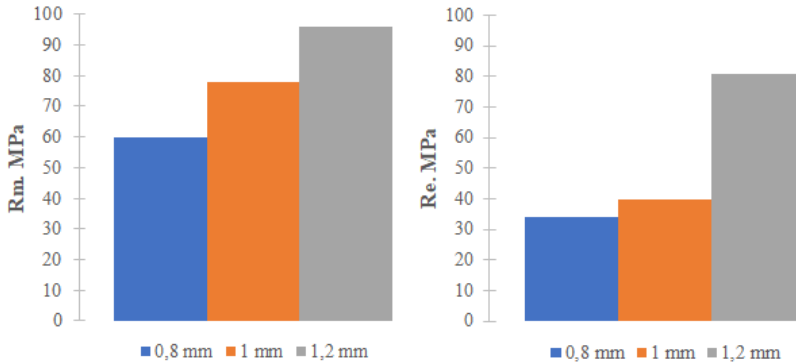
3. Deneysel Sonuçlar

Çekme deneyi sonucunda kopmalar, boyalı ve boyasız numunelerde farketmeksizin esnek yapıya sahip motifli kısımlardan değil, numunenin sürekli olan kenar kısımlarında oluşmuştur (Şekil 9).



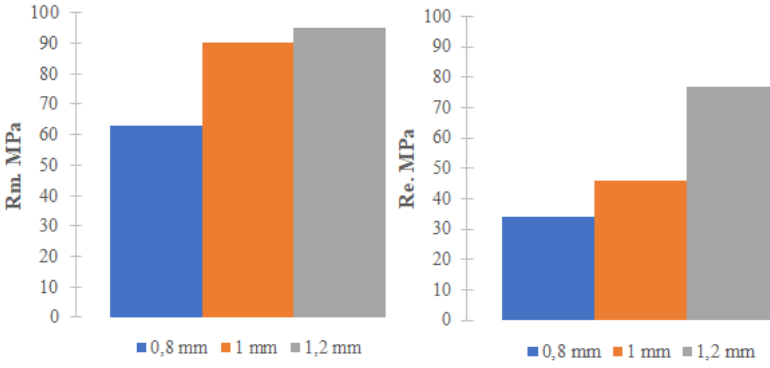
Şekil 9: Çekme deneyi sonucunda kenar kısımlarından kopmuş olan boyalı ve boyasız numune resimleri

Sac kalınlığı arttıkça hem boyalı hem de boyasız numunelerde dayanım değerleri artmıştır. Sac kalınlığının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkmasıyla çekme mukavemeti (R_m) değeri boyasız numunelerde %60, akma sınırı (R_e) ise %238 artmıştır (Şekil 10).



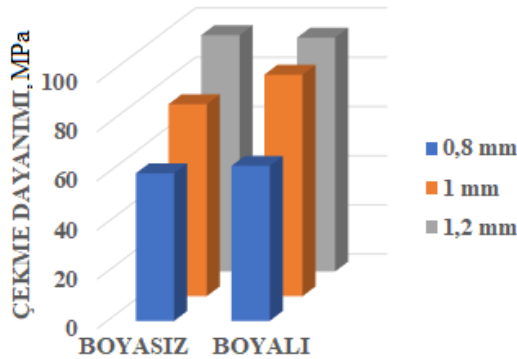
Şekil 10: Boyasız numunelerin çekme mukavemeti ve akma sınırı değerleri

Boyalı numunelerde sac kalınlığının 0,8 mm'den 1,2 mm'ye çıkmasıyla çekme mukavemeti (R_m) değeri boyasız numunelerde %50,7, akma sınırı (R_e) ise %226 artmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Boyalı numunelerin çekme mukavemeti ve akma sınırı değerleri

Dekoratif amaçlı lazer kesim ürünlerin, kullanıcının isteği doğrultusunda el ile 3 boyutlu farklı biçimlerde şekillendirilebilir olması, diğer ürünlerden farklılığı olarak ortaya çıkmaktadır. Dekoratif amaçlı ve lazer kesim ürünlerin kullanıcının isteğine göre şekillendirilebilir olması nedeniyle, mukavemet değeri olarak akma sınırı yerine çekme dayanımının alınması uygundur. Boyalı ve boyasız ürünlerin çekme mukavemetleri karşılaştırıldığında (Şekil 12), 0,8 mm ve 1,2 mm sac kalınlıklarda elde edilen çekme mukavemeti değerlerinin eşit olduğu belirlenmiştir. Boyasız ve boyalı numunelerde sırasıyla 0,8 mm sac kalınlığı için 60 ve 63 MPa değerleri, 1,2 mm sac kalınlığı için ise 96 ve 95 MPa değerleri elde edilmiştir. 1 mm sac kalınlığında ise elde edilen değerler boyasız ve boyalı numuneler için 78 ve 90 MPa'dır. Boyama işlemiyle, 1 mm sac kalınlığında dayanımda %15 artış meydana gelmiştir. Ayrıca, sac kalınlığının 1 mm'den 1,2 mm'ye çıkması dayanımda bariz bir fark oluşturmamıştır. Bu nedenle, 1 mm sac kalınlığının dekoratif eşya üretiminde lazer kesim sac kalınlığı için optimum değer olduğu ve boyama işlemiyle mukavemetin belirgin düzeyde arttığı belirlenmiştir.



Şekil 12: Boyasız ve boyalı numunelerin çekme mukavemetleri

4. Sonuç ve tartışma

Dekoratif amaçlı lazer kesimle üretilmiş çelik malzemeden elde edilmiş ürünlerin pazarı hem ülkemizde hem de dünyada giderek artmaktadır. Üretilen ürünlerde, çok ince detaylar ve çok karmaşık şekiller elde edilebildiği gibi, uygun şekillerdeki ürünler kullanıcının isteğine göre farklı biçimlerde 3 boyutlu hale getirilebilmektedir. Çelik malzemeden üretilmiş ürünlere, korozyon dayanımları ve görünümün güzelleştirilmesi bakımından önce 2 kat astar olmak üzere, özel boya uygulamaları yapılmaktadır.

Bu çalışmada 0,8 mm, 1 mm ve 1,2 mm kalınlığındaki DKP DC01 sac malzemede, lazer kesimle üçgen benzeri ve kullanıcının el ile kolay bir şekilde 3 boyutlu biçimlendirebildiği ürünler ele alınmıştır. Ürünler lazer kesim işleminin ardından boyanmış ve çekme deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar, 1 mm sac kalınlığında optimum özelliklerin elde edildiğini ortaya koymuştur. Sac kalınlığının 1 mm'den büyük olması durumunda dayanımdaki artış ihmal edilebilir düzeydedir. Boyama işlemi ile 1 mm sac kalınlığında %15 dayanım artışı elde edilmiştir.

5. Referanslar

- [1] Rajurkar, K. P., Ross, R. F., Wei, B., Kozak, J., & Williams, R. E. (1992, January). Role of nontraditional manufacturing processes in future manufacturing industries. In *Proceedings of Manufacturing International-MI'92* (pp. 23-37).
- [2] Çaydaş, U., Çelik, M., Köklü, U. (2019). Investigation of material removal rate and surface roughness in finishing of internal surfaces of AISI 304 L austenitic stainless steel pipes by magnetic abrasives. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34, 3, 1213-1225.
- [3] Cogun, C. (1994). Computer-aided preliminary selection of nontraditional machining processes. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 34(3), 315-326.
- [4] Huda, Z. (2016). *Advanced/Nontraditional Manufacturing Processes. Foundations of Materials Science and Engineering*, 93, 301-3.
- [5] Yao, Y. L., Cheng, G. J., Rajurkar, K. P., Kovacevic, R., Feiner, S., & Zhang, W. (2005). Combined research and curriculum development of nontraditional manufacturing. *European Journal of Engineering Education*, 30(3), 363-376.
- [6] Powell J. (1993) *The Basic Principles*. In: *CO2 Laser Cutting*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-3384-1_1

- [7] ÇavdarR, K., & Tanrisever, T. (2018). Farklı malzemelerin lazerle kesilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 18(2), 79-99.
- [8] Rana, R. S., Dhakad, K. K., & Paliwal, D. (2018). Optimization of process parameter of Laser beam machining of high strength steels: A review. *Materials today: proceedings*, 5(9), 19191-19199.
- [9] Stournaras, A., Stavropoulos, P., Salonitis, K., & Chryssolouris, G. (2009). An investigation of quality in CO2 laser cutting of aluminum. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(1), 61-69.
- [10] Ürgüplü, M., & Köksal, S. (2015). Lazer İle Kesme İşlemlerinde Kesim Kalitesine Etki Eden Parametreler. *Sakarya Üniversitesi Syf*, 868.
- [11] Payne, J. (2010). Cutting through the surface: The use of laser cutting technology with traditional textile process.
- [12] Seçim, E., & Akpınarlı, H. F. Geleneksel Dantel Motiflerinin Lazer Kesim Yöntemi İle Tekstil Yüzeyine Aktarılması. *Kesit Akademi Dergisi*, (15), 192-202.
- [13] Barcikowski, S., Koch, G., & Odermatt, J. (2006). Characterisation and modification of the heat affected zone during laser material processing of wood and wood composites. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64(2), 94-103.
- [14] Eltawahni, H. A., Olabi, A. G., & Benyounis, K. Y. (2011). Investigating the CO2 laser cutting parameters of MDF wood composite material. *Optics & Laser Technology*, 43(3), 648-659.
- [15] Raza, M. S., Datta, S., Bule, B., & Saha, P. (2019). Parametric study of laser cutting of carbon fibre reinforced polymer (CFRP) and the effect of fibre orientation on cutting quality. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 1–11.
- [16] Lau, W. S., Yue, T. M., Lee, T. C., & Lee, W. B. (1995). Unconventional machining of composite materials. *Journal of materials processing technology*, 48(1-4), 199-205.
- [17] Daurelio, G., & Giorleo, G. (1991). Experimental techniques to cut and weld copper by laser-a review. *Material And Manufacturing Process*, 6(4), 577-603.
- [18] Gabdrakhmanov, A. T., Israphilov, I. H., Shafigullin, L. N., & Gabdrakhmanova, T. F. (2019, July). Study of laser cutting of copper and copper alloys. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 570, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.

- [19] Shanjin L. and Yang W. (2006). An investigation of pulsed laser cutting of titanium alloy sheet, *Optics and Lasers in Engineering*, 44, 1067-1077.
- [20] Pfeifer R., Herzog D., Hustedt M. and Barcikowski S. (2010). Pulsed Nd:YAG laser cutting of NiTi shape memory alloys—Influence of process parameters, *Journal of Materials Processing Technology*, 210, 1918-1925.
- [21] Bursi, O. S., D'Incau, M., Zanon, G., Raso, S., & Scardi, P. (2017). Laser and mechanical cutting effects on the cut-edge properties of steel S355N. *Journal of Constructional Steel Research*, 133, 181-191.
- [22] Harnicarova, M., Zajac, J., & Stoic, A. (2010). Comparison of different material cutting technologies in terms of their impact on the cutting quality of structural steel. *Tehnicki vjesnik*, 17(3), 371-376.
- [23] Ghany K.A. and Newishy M. (2005) Cutting of 1.2 mm thick austenitic stainless steel sheet using pulsed and CW Nd:YAG laser, *Journal of Materials Processing Technology*, 168, 438-447.
- [24] Baumeister M., Dickmann K. and Hoult (2006). T. Fiber laser micro-cutting of stainless steel sheets, *Appl. Phys. A*, 85, 121–124.
- [25] <https://www.artepera.com/products/ataturk-metal-duvar-tablosu-apt337>
- [26] <https://www.artepera.com/collections/new-design-wall-art/products/luminous-hexagon-metal-table-and-wall-decoration-aph141>
- [27] https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Urun_Katalogu-2017-1269.pdf

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 4

**Robotik Dış İskelet Sistemi Üzerine Bir Tasarım ve Prototip
İmalatı Çalışması (Ramazan Çağrı Kutlubay, Funda
Çakmak, Eyüp Fatih Özmen, Hasan Karabeyaz, İlim
Ceyhan, Mehmet Bülent Özdemir, Arzum Işıtan)**

Robotik Dış İskelet Sistemi Üzerine Bir Tasarım ve Prototip İmalatı Çalışması

Ramazan Çağrı Kutlubay¹, Funda Çakmak², Eyüp Fatih Özmen³, Hasan Karabeyaz⁴, İlim Ceyhan⁵, Mehmet Bülent Özdemir⁶, Arzum Işıtan⁷

¹*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü,
E-mail: rckutlubay@pau.edu.tr*

²*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü,
E-mail: funda.fc@gmail.com*

³*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: eyfatoz23@outlook.com*

⁴*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: 384571@gmail.com*

⁵*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: ilimceyhan@gmail.com*

⁶*Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı,
E-mail: mehmeto@pau.edu.tr*

⁷*Pamukkale Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
E-mail: aisitan@pau.edu.tr*

1. Giriş

Ortez, vücuttaki organ ve eklemlerde var olan anatomik, fizyolojik ve mekanik yapısal bozukluğun mevcut olduğu durumlarda, vücudu desteklemek amacıyla kişiye özel boyutlarda üretilmiş olan harici cihaz ve aparatlara verilen isimdir [1]. Ortez kullanımında herhangi bir uzuv kaybı söz konusu değildir. Uzuv kaybı olduğunda, eksik vücut kısmının yerine geçen yapay vücut organı ise protez olarak tanımlanmaktadır.

Doğum sırasında gerçekleşen deformiteler, skolyoz ve kırıkların yanı sıra spinalkord (omurilik) yaralanması, diz ve kalça eklemi problemleri (gonitis, coksitis, perthes vb) gibi pek çok rahatsızlıklarda kullanılan ortezin tarihçesi, yapılan arkeolojik kazılarda M.Ö. 2750-3000 yılına kadar gitmektedir [2,3,4]. Ortezler, insan vücudunun anatomik yapısına göre omurga ortezi, üst ekstremité ortezi ve alt ekstremité ortezi olmak üzere üç ayrı şekilde sınıflandırılabilirler [3,5].

Üst ekstremité ortezleri el, omuz, kol, dirsek ve bilek bölgelerinde kullanılmaktadır [3]. Uygulandıkları bölgelere göre, İngilizce baş harflerinin kısaltmasıyla anılırlar [6,7]:

- Dirsek Ortezleri -EO
- Bilek Ortezleri-WO
- El Ortezleri-HO
- El Bilek Ortezleri-WHO
- Dirsek El Bilekliği Ortezleri-EWHO

Ayrıca, statik veya dinamik olarak işlevlerine göre de sınıflandırılabilirler [8]:

- Sarmiento
- Epikondilit
- Dinamik kol abduksiyon
- Poliform el-bilek-dirsek
- Parmak kontraktür
- Dirsek kontraktür

Omurga ortezleri spinal ve gövde ortezleri olarak da isimlendirilmektedir. Omurga ortezi en genel anlamda, omurgayı desteklemek için tasarlanmış ve omurganın kıvrılma olasılığını azaltmak için yerinde tutan bir sırt korsesidir. Skolyoz ve omurganın travmatik yaralanmalarında kullanılmaktadır [3]. Kullanıldıkları bölgelere göre isimlendirilmektedirler [9,10]:

- Bel Ortezleri-LO
- Torasik Ortezler-TO
- Servikal Ortezler-CO
- Sakroiliak Ortezler-SIO
- Lumbosakral Ortezler-LSO
- Torasik Lumbosakral Ortez-TLSO
- Servikal Torasik Lumbosakral Ortezler-CTLSO

Omurga ortezlerini 3 ana grupta toplamak mümkündür [11,12]:

- Servikal
- Diğer spinal bölge
- Spinal deformite ortezleri

Ayrıca Knight korse, Milwaukee/Boston skolyoz korseleri, hiperekstansiyon korse ve Steindler tip TLSO korse gibi sınıflandırmalar da yapılmaktadır [8].

Kas güçsüzlüğü, kısmi veya tam felç, kas zayıflığı, kemik ve eklem problemlerinde alt ekstremitte ortezleri kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun %15'inin alt ekstremitteye bağlı problem yaşadığı düşünülmektedir [13]. Genel sınıflandırmaları destekleri vücut kısmına göre isimlendirilmektedir [5,7]:

- Kalça ortezleri- HpO
- Ayak ortezleri-FO
 - İnframalleoler ayak ortezleri-UCBL
 - Supramalleoler ayak ortezleri
 - Supramalleoler ortez (SMO)
 - Dinamik AFO (DAFO)
- Ayak-ayak bileği ortezleri (AFO)
 - Solid AFO

- Eklemli AFO
- Yer tepkimesi AFO (YTAFO)
- Refleks AFO
- Diz-ayak-ayak bileği ortezleri (KAFO)
- Kalça-diz-ayak-ayak bileği ortezleri (HKAFO)

Bir Kalça-Diz-Ayak Bileği-Ayak Ortezi (HKAFO) bir diğer adıyla uzun yürüme ortezi (Şekil 1), aslında bir pelvik bantla kalçaya bağlanan iki Diz-Ayak-Ayak bileği ortezi-KAFO'nun bir araya getirilmesiyle oluşur [3]. Sadece kilitli diz mekanizması sağlayan KAFO'dan farklı olarak, HKAFOlar kalça ekleminde dengeyi sağlamak ve dönme hareketini kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bunlara ilave olarak ayak, diz ve kalça eklemlerinin hareketlerinin kontrol edilemediği durumlarda da kullanılmaktadırlar [3,11,14].



Şekil 1: Kalça-diz-ayak-ayak bileği ortezi (HKAFO)

Alsancak ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [8], 2006-2011 yılları arasında SGK Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre 19381 ortez uygulaması gerçekleşmiştir. Bu uygulamaların %8,2'sini üst ekstremité, %42,4'ünü omurga ve %49,4'ünü alt ekstremité ortezleri oluşturmaktadır. Uzun yürüme ortezleri, toplam alt ekstremité ortezlerinin %81'ini oluşturmaktadır.

Bir ortez tasarımında kişinin kas-iskelet sisteminin gelişiminin incelenmesi, tam gelişim göstermeyen kas ve iskelet kısımlarını zorlayan kuvvet ve gerilmelerin hem statik hem de dinamik durumlarda bilinmesi önemli olan konu başlıklarıdır. Ayrıca kullanılacak ortez türünün ve

özelliklerinin iyi ve/veya iyileştirilmesi gereken kısımları da dikkate alınmalıdır [5].

Alt eksteremitede gövde ve kalçada daha fazla stabiliteye ihtiyaç duyan hastalarda hatta belden aşağısı felçli kişilerde kasları güçlü tutmak ve mobilizasyonu sağlamak için dış iskelet cihazları kullanılmaktadır [13]. Sağlıklı bireylerin güç artımına yardımcı olmak amacıyla da kullanılabilen bu robotik tasarımlarda, dış iskelet robot ile alt uzuv eklemlerinin uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir [15]. Son dönemde giderek sayısı artan araştırmalar, “insan dostu orteز” olarak da tanımlanan dış iskelet sistemleri üzerinde yoğunlaşmaktadır [16]. Dış iskelet sistemi ile kullanıcı arasında minimum seviyede etkileşim kuvveti oluşturulması için, vücut kinematiği ile cihaz uyumlu bir şekilde çalışmalıdır [13,15,17]. Bu sistemler, elektrik motorlarından alınan harici güçle çalışan mekatronik-robotik sistemlerdir. Cihazların tasarımında, insan yürüyüşünün biyomekaniği, farklı koşullara göre değişebilecek zamanlamalar da dikkate alınarak modellenmelidir [16]. İnsan bacak konfigürasyonu, kalçada üç, dizde bir ve ayak bileğinde üç rotasyonel serbestlik olmak üzere, her bacakta yedi serbestlik dereceli yapıdan oluşmaktadır [13]. Dış iskelet sisteminin mekanik ve elektronik yapısını oluştururken bu hareketler, eklemlerin serbestlik dereceleri ve hareketin her bir evresindeki açılar dikkate alınmaktadır.

Dış iskelet sistemleri, insan tarafından giyilebilen teknolojiler olduğu için, kullanıcının ağırlığını taşıyabilecek dayanıma sahip olacak şekilde malzeme ve parça seçimi yapılmalıdır [15]. Dış iskelet sistemlerinin üretiminde, gelişen malzeme teknolojisiyle birlikte hafif ve mukavemeti yüksek malzemeler kullanılmaktadır. Ortez ve protezin tarihsel gelişimine bakıldığında, ahşap, alçı kalıp, metal, termoform plastik, deri ve bu malzemelerin kombinasyonlarının kullanıldığı görülmektedir. 1966 yılına gelindiğinde ise karbon fiber kompozitlerin kullanılmaya başlanmasıyla hem daha hafif hem de daha mukavim orteزler elde edilmeye başlanmıştır [3]. Eklemli imalat ve tersine mühendislik çalışmaları bu alanda tasarım ve prototip oluşturmayı kolaylaştırmaktadır [18]. 3 boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi ile 3B modellenmiş olan parçanın iki boyutlu (2B) katmanlar halinde üst üste sıralanmasıyla hızlı ve ekonomik bir şekilde parça üretimi yapılabilmektedir [19]. Katmanlı yapısından dolayı, *Eklemli İmalat* olarak adlandırılmaktadır. 3B yazıcı teknolojilerinin çok hızlı gelişimiyle birlikte, üretim süreci ve prototip oluşturma zamanı da kısalmıştır [18]. ABS (Akrilonitril bütadien stiren), PLA (Polilaktik asit) ve Poliamid gibi polimerler 3B baskı üretiminde temel malzeme çeşitleri olarak kullanılmakla birlikte, biyoyumlu olan yeni geliştirilmiş malzemelerinde kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır [20].

Geleneksel mühendislik uygulamalarının aksine, gerçek parçaların tasarım modele dönüştürüldüğü yaklaşıma *Tersine Mühendislik* denilmektedir. Medikal alanda in vitro uygulamalarda, manyetik rezonans

görüntüleme (MRI), bilgisayarlı tomografi (BT) ve 3B lazer tarama teknikleri kullanılarak yumuşak doku ve kemiklerin modellerin gerçek modelleri oluşturulabilmektedir [18,21]. Şekil 2’de 3B lazer tarama yöntemiyle elde edilen verilerin işlenmesiyle elde edilen bir bacak modeli görülmektedir [18]. Kişinin herhangi bir uzuv kaybında, bu veriler vücudun hasar görmemiş kısımlarından alınarak yeni protezlerin geliştirilmesinde kaynak olarak kullanılabilir. Ayrıca, güdük kısmının taranması ve verilerin işlenmesiyle, kişinin kendisine özel ürün tasarımları yapılabilir. Kişinin vücudunun, hiç zarar görmeden, lazerle taranması sonucu elde edilen kemik ve şekil analizleri, kişiye özel ortez ve dış iskelet sistemi geliştirilmesinde de çok faydalı olmaktadır.

Tersine mühendislik yaklaşımı ve 3B yazıcı teknolojiyle birlikte hızlı prototip üretimi, uzuv kaybı yaşayan veya uzuvları desteklenmesi gereken bireyler için gelecek vaat etmektedir. Dış iskelet sistemi tasarımında dikkat edilmesi ve göz önüne alınması gereken diğer bir konu da yukarıda da bahsedildiği üzere, biyomekanik ile mekatronik sistemlerin senkronizasyonudur. Bu konuda yapılmış çalışmalardan bir tanesi, Berkeley alt ekstremite dış iskelet sistemi (BLEEX), dördü lineer hidrolik aktüatörlerle çalıştırılan bacak başına 7 serbestlik derecesine sahip bir dış iskelet sistemidir [22]. Dış iskelet duyu sisteminin karmaşıklığını azaltan ve çeşitli etkileşim dinamiklerini kontrol edebilen *Hiyerarşik Etkileşimli Öğrenme* (HIL) stratejisine sahip HUALEX sistemi [23], Ottobock SE & Co. KGaA ve Volkswagen AG tarafından geliştirilen ve kullanıcının kollarına destek torku sağlayan pasif bir cihaz olan PAEXO [24] örnek olarak gösterilebilecek pek çok sistemden biridir.



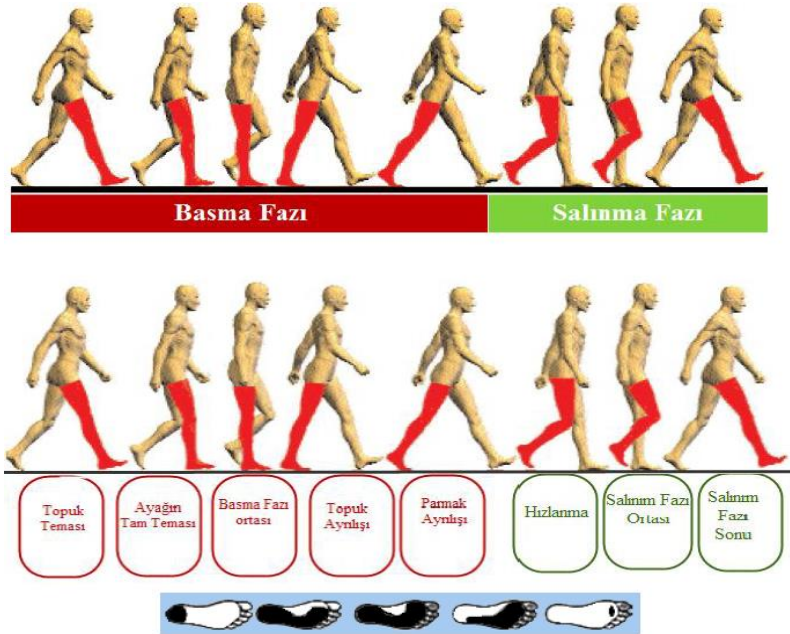
Şekil 2: 3B lazer tarayıcıdan alınan verilerin işlenmesiyle elde edilen bacak modeli [18]

Bu çalışmada, her bir bacak için diz ve kalça eklemlerine yerleştirilen yürüme hareketinin programlandığı birer servo-motor ile bir dış iskelet sistemi tasarlanmıştır. Sistemin yürüme hareketini doğru ve etkin bir şekilde destekleyebilmesi için programlama çalışmaları yapılmış ve 3 boyutlu yazıcı teknolojisiyle bir prototip olan “SAFİNİZ” üretilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

Tasarımda ilk aşama olarak, yürüme analizi kavramı üzerinde durulmuştur. Yürüme hareketinin sayısal olarak incelenmesi, tanımlanması ve değerlendirilmesine *yürüme analizi* denilmektedir. Yürüme, eklem hareketleri, kuvvet, moment/tork, kemik ve kas aktivitelerini içeren karmaşık ve dinamik bir olaydır [13,25,26,27].

Yürüme hareketinin bir tam çevriminde bacağın yerde olduğu süre basma fazı ve havada olduğu süre salınım fazı olarak değerlendirilir (şekil 3). Basma fazı, topuk yere dediğinde başlamakta ve aynı ayağın parmakları yerden ayrıldığında sona ermektedir. Topuğun yere değmesinden (topuk teması) kısa süre sonra ayak tabanı tümüyle yere değmektedir. Vücudun ağırlık noktasının, dikey şekilde sabit ayağın üzerinde olduğu kısım, basma fazı ortasıdır. Topuk ve ardından parmakların yerden ayrılmasıyla basma fazı tamamlanmaktadır. Salınım fazında, hızlanma, parmak yerden ayrıldığı anda başlamaktadır. Salınım fazı ortasında, ayak havadayken ileriye doğru hızlanması söz konusudur. Salınan bacağın basan bacağın önüne geçmesiyle bu faz tamamlanmaktadır [13,25,27,28].



Şekil 3: Yürüme hareketinin bir tam çevrimi [28]

Bir tam çevrim içerisinde farklı aşamalar içeren yürüme hareketinin zamanlaması kişiden kişiye değişmektedir. Genel olarak 7 serbestlik derecesi olan insan bacağına uyumlu bir dış iskelet tasarımında, yürüme hareketi sırasında eklem ve kemiklerin pozisyonu, serbestlik dereceleri ve her bir fazdaki açıları göz önüne alınmıştır. Bu açıların yanı sıra, hareketlerin türleri de önem taşımaktadır:

Fleksiyon: Eklem açısının azalmasına neden olacak şekilde yapılan harekettir.

Ekstansiyon: Eklem açısının artmasına neden olacak şekilde yapılan harekettir.

Abdüksiyon (ABD): Vücudun merkezinden dışa doğru yapılan harekettir.

Addüksiyon (ADD): Vücudun merkezine doğru yapılan harekettir.

Dış rotasyon: Bir uzvun veya vücut kısmının uzun eksen boyunca dışa dönmesidir.

İç rotasyon: Bir uzvun veya vücut kısmının uzun eksen boyunca içe dönmesidir.

Kalça eklemine hareket ve hareket açıklıkları Tablo 1’de verilmektedir [29]. Normal diz hareket açıklığı fleksiyon hareketinde 0 ile 155-160° arasında açılmaktadır. Ayak bileği ise dorsifleksiyon (ayağın, ayak bileği ekleminden dorsal ayak sırtı tarafına doğru hareket ettirilmesi) hareketini 20-30° ve plantar fleksiyonu (ayağın, ayak bileği ekleminden dorsal ayak tabanına tarafına doğru hareket ettirilmesi) ise 30°-50° açılarda yapabilmektedir [30]. Tasarlanan dış iskeletin (SAFİNAZ) tasarımında, rotasyon, abdüksiyon ve addüksiyon hareketleri kalça kısmında dikkate alınmamıştır. Ayak bileği kısmı, hareketsiz olarak tasarlanmıştır. Her bir bacak için kalça ve diz eklemlerine yerleştirilecek motorların C programıyla yazılımları ve senkronize çalışmaları fleksiyon-ekstansiyon açılarına göre yapılmıştır.

Tablo 1: Kalça eklemine hareket açıklıkları [29]

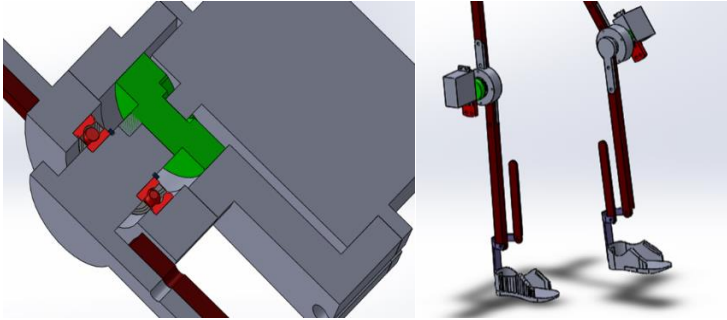
Hareket	Derece
Fleksiyon	135°
Ekstansiyon	10-30°
Abdüksiyon	40-45°
Addüksiyon	20-30°
İç rotasyon	35-40°
Dış rotasyon	45°
İç rotasyon (90° fleksiyonda)	45°
Dış rotasyon (90° fleksiyonda)	40°
Abdüksiyon (90° fleksiyonda)	65-90°
Addüksiyon (90° fleksiyonda)	40°

Yürüme çevrimi boyunca uzuvların sürekli değişen eklem açıları, kalça, diz ve ayak bileğine etki eden kuvvet ve moment değerlerini dinamik olarak değiştirmektedir. Değişen bu kuvvet ve momentlere, özellikle kütle/ağırlık merkezlerinin yeri etki eden faktörlerden bir tanesidir. İnsan hareketlerinin analizi yapılırken kütle/ağırlık merkezlerinin hesaplanması için kullanılan iki farklı metot vardır [31]:

- Hareketsiz/statik durumda kullanılan Reaksiyon tahtası yöntemi
- Dinamik/hareketli durumlarda kullanılan Segmentasyon yöntemi

Vücudun kısımlara (segment) ayrıldığı segmentasyon yöntemi, her bir segmentin kütlesinin ve kütle merkezinin antropometrik oranlara göre hesaplanması ve ardından x ve y eksenlerinde moment hesabı yapılarak vücut ağırlık merkezinin bulunmasını sağlar. Tasarlanan dış iskelet sisteminin simülasyon çalışmalarında, antropometrik oranlara göre hesaplanan ağırlık ve ağırlık merkezi konumları kullanılmıştır.

Tasarlanmak istenen dış iskeletin 3B modellemesi SolidWorks programı ile yapılmıştır (Şekil 4). Her bir bacak için diz ve kalçaya birer motor konularak, yukarıda verilen açı ve hareketleri tamamlayacak şekilde tasarım tamamlanmıştır. Motor seçiminde yürüme esnasında oluşacak açıları en iyi şekilde yakalaması için 180 derecelik bir hareket kapasitesine ve 60 kg-cm tork değerine sahip servo motorlar seçilmiştir. Açılarının hesabı yürüme hareketine göre C dili ile kodlanmıştır. Servo motorlar; hassas bir şekilde konum kontrolü yapabilen ve otomatik kontrol sistemlerinde çok kullanılan özel motorlardır. Servo motorlar günümüzde pek çok alanda kullanılmasının yanı sıra motorun çok verimli olması ve basit kontrol edilebilmesi tercih edilmesinin başlıca sebeplerindendir. Motor çıkış milleri yuvarlanmalı yataklarla yataklanmıştır.

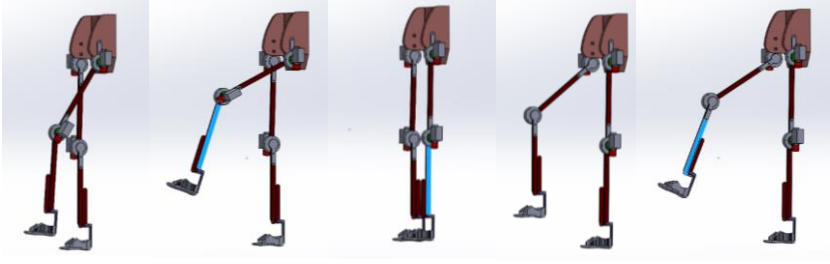


Şekil 4: Dış iskelet sistemi SAFİNAZ'ın SolidWorks programı ile 3B modellemesi

Prototip üretimi için 3B yazıcılar kullanılmıştır. Baskının dayanımı ve hareketli parçaların deforme olmaması için alüminyum katkılı PBA +flamenti kullanılmıştır. Yazıcının G kodları Ultimaker Cura 4.7

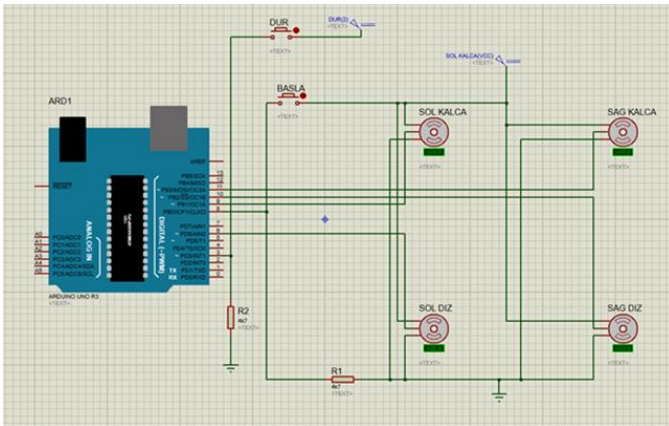
programıyla hazırlanmıştır. Üretim sürecinin ardından montaj aşamasında ayak açıları test edilmiştir. Parçalar 3D yazıcıdan imal edildikten sonra birleştirilerek montajı tamamlanmış ve servo-motorlar diz eklemine ve kalça eklemine eklenmiştir.

Prototip üretiminde hız ve işlem kapasitesinin yeterliliği, kolay bulunabilirliği, giriş çıkış pinlerinin yeterliliği, uzun vade de kullanılabilirliği ve fiyatının uygun olması sebebiyle Atmega328p işlem birimine sahip Arduino Uno tercih edilmiştir. Proteus programında yazılan kodların ve servo motorların doğru açılarda çalışmasının testi yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: 3B simülasyon

Cihazın durdurulması için hazırlanmış olan butona basıldığı anda cihazın ani durmasının, cihazı kullanan kişinin dengesini bozabileceği göz önüne alınmıştır. Bu nedenle, durma butonuna basıldığında yürüme çevriminin tamamlanarak, servo motorların vücudu dik duracak konuma getirmeleri gerekmektedir. Yazılan program kodunda bu durum dikkate alınmıştır. Devrede dur ve başla komutlarının uygulanması için iki adet buton kullanılmıştır (Şekil 6).

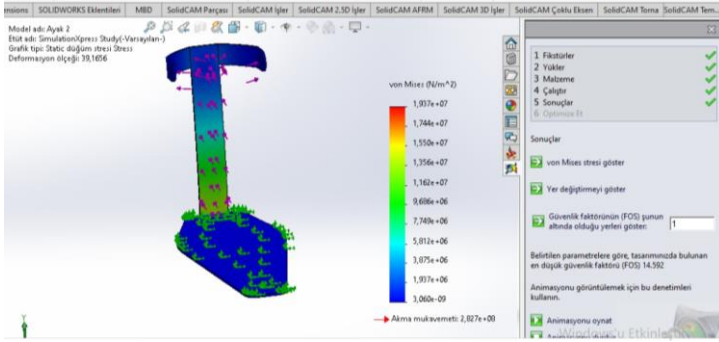


Şekil 6: Devre şeması

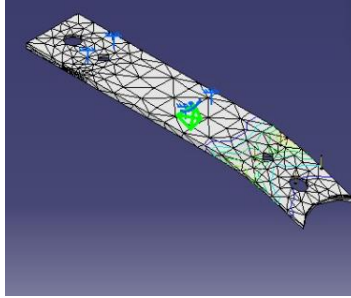
Solidworks programında servo motorların teknik özellikleri kullanılarak (Hız: 0.13sec/60 derece (8.4v) Tork:60 kg.cm.at (8.4v)) ve uygun hareket değerleri girilerek simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Elektronik tasarım aşaması tamamlandıktan sonra güç kaynağı yardımı ile servo-motorlar çalıştırılmış ve referans noktalarıyla uygunluğu test edilmiştir.

3. Montaj ve Simülasyon Sonuçları

Solidworks programında dış iskelet sisteminin ara montaj kademeleri (Şekil 7) ve tek parça analizleri yapılmıştır (Şekil 8). Sistemi oluşturan ve basıya çalışan tüm parçaların burkulma analizleri tamamlanmıştır. Prototip için 3B yazıcıdan çıkarılan parçaların analizlerinin yanısıra, ileride gerçek bir model oluşturmak için alüminyum alaşımı için de analizler yapılmıştır.



Şekil 7: Dış iskelet sisteminin Solidworks programında analizi



Şekil 8: Burkulma analizi yapılmış bir ara parça

Parçalar 3B yazıcıyla imal edildikten sonra birleştirilerek montajı tamamlanmış ve servo-motorlar diz eklemine ve kalça eklemine eklenmiştir (Şekil 9).

Yazılan kodda başlama butonuna basıldığı zaman servo motorların yürüme fazlarının sırasıyla gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Servo motorların

programlanmasında kullanılan döngülerle, açılar düzgün bir şekilde ayarlanarak yürüme evresinin doğru şekilde tamamlanması sağlanmıştır. Durma durumunda ise butona basınca cihazı kullananın dengesinin bozulmaması için, yürüme fazının tamamlanmasının ardından durma işlemi gerçekleştirilmiştir.

4. Tartışma

Bu çalışmada 3B modelleme, simülasyon, kodlama ve yazılım kullanılarak kalça ve diz eklemlerini harekete geçiren ve yürümeye destek olacak bir dış iskelet sistemi tasarımı ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir.

Ortez ve dış iskelet sistemlerinin mekatronik sistemler haline getirilmesi, bireyin yani kullanıcının hayatında konfor ve hareketliliği arttıracak gibi aynı zamanda hareketliliğine ve rehabilitasyonuna daha fazla yardımcı olacak konusunda büyük bir ümit vaat etmektedir. Ancak, bu sistemlerin ne kadar elektronik ve yazılımsal anlamda donanımı artarsa, fiyatları artmakta ve maddi gücü olmayan bireyler için erişilebilirlikleri de azalmaktadır. Türkiye’de toplam nüfusun yaklaşık %12’sini engelli bireyler oluşturmaktadır ve ortopedik engelli birey sayısı 2,5 milyon civarındadır. Yerli ve ekonomik mekatronik-robotik sistemlerin geliştirilmesi ve bu konudaki çalışmaların artarak devam etmesi önem arz etmektedir.





Şekil 9: Prototip montajı

Teşekkür

Bu çalışma, Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü (PAUBAP) tarafından 2020KRM016 numaralı proje ile desteklenmiştir. Çalışmada katkı ve destekleri için Pamukkale TEKNOKENT yönetimine ve çalışmamız için parçaların basımını yapan İnovatech ve NCT Akademi firmasına çok teşekkür ederiz. SAFİNAZ YOLLARDA Takımı, Teknofest 2019 ve 2020’de finalist olarak yarışmıştır. Türkiye Teknoloji Takımı Vakfı’na (T3 Vakfı) katkıları için çok teşekkür ederiz.

Bu çalışma, sözlü bildiri olarak Uluslararası İDU Mühendislik Sempozyumu – IES'20’de sunulmuştur.

5. Referanslar

- [1] Philbin, T. M., Leyes, M., Sferra, J. J., & Donley, B. G. (2001). Orthotic and prosthetic devices in partial foot amputations. Foot and ankle clinics, 6(2), 215-28.
- [2] Alsancak, S. (2000). Ortez ve Protez Tarihçesi. Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 1(1), 27-33.
- [3] Shahar, F. S., Sultan, M. T. H., Lee, S. H., Jawaid, M., Shah, A. U. M., Safri, S. N. A., & Sivasankaran, P. N. (2019). A review on the orthotics and prosthetics and the potential of kenaf composites as alternative materials for ankle-foot orthosis. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials, 99, 169-185.

- [4] Smith, G. E. (1908). The most ancient splints. British medical journal, 1(2465), 732.
- [5] Ofluoğlu, D. (2009). Beyin felcinde ortez uygulamaları. Acta Orthop. Traumatol. Turc, 43(2), 165-172.
- [6] American Academy of Orthopaedic Surgeons. (1952). Orthopaedic Appliances Atlas: Artificial limbs (Vol. 2). JW Edwards.
- [7] Kobak, C., Ali. Y.A., Işıtan, A. (2019). Türkiye’de Ortez Protez, Kullanımı ve Üretim Aşamaları. 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies Section: Engineering and Natural Sciences, Ankara, Turkey, 411-415.
- [8] Alsancak, S., Altınkaynak, H., & Güner, S. (2013). Sosyal Güvenlik Kurumu verilerine göre Türkiye’de hastaya özel yapılarak uygulanan profitez ve ortezlerin sayısal çeşitlilik analizi. Fizyoterapi Rehabilitasyon, 24(1), 99-103.
- [9] Coppage, I., Ames, S. E. (2012). Orthosesfor Spinal Dysfunction. Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation, 371.
- [10] Ak, C., Ulutaş, M., Çınar, K. (2020). Spinal Travmalı Hastalarda Kullanılabilecek Korse ve Ortezler.Türk Nöroşir Derg 30(3):527-537.
- [11] Uysal, H. (2009). Ortopedi ve Travmatolojide Ortez Kullanımı. Türk ortopedi ve travmatoloji birliği dergisi, 8, 1-2.
- [12] Yakut, Y. (1994). Gövde ve Boyun Korseleri. Ortopedide Ortezler ve Protezler. Editör: Erdem H., Kuzgun Ü. Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği, ss: 79-84. İstanbul.
- [13] Kalita, B., Narayan, J. & Dwivedy, S.K. (2020). Development of Active Lower Limb Robotic-Based Orthosis and Exoskeleton Devices: A Systematic Review. Int J of Soc Robotics. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00662-9>.
- [14] Çakmak, F., Kutlubay, R.Ç., Ramazan Çağrı, Demirel, Y., Işıtan, A. (2020). IES’20 International Engineering Symposium, Engineering Applications in Industry (Virtual) December, 5-6 and 10-13, 2020, Izmir Democracy University, Izmir, Turkey, 334-343.
- [15] Başer, Ö., Şekerci, B., Kızılhan, H., & Kılıç, E. İnsan ve Alt Uzun Dış İskelet Robotun MATLAB SimMechanics Ortamında Modellenmesi ve Etkileşim Kuvvetlerinin Minimize Edilmesi Kontrol Çalışması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(3), 365-374.

- [16] Costa, N., Bezdicek, M., Brown, M., Gray, J. O., Caldwell, D. G., & Hutchins, S. (2006). Joint motion control of a powered lower limb orthosis for rehabilitation. *International Journal of Automation and Computing*, 3(3), 271-281.
- [17] Toygar, E. M., Özkurt, A., Kıral, Z., Çakmakçı, M., Kıral, B. G., Şenol, Y., ... & Karagöz, M. (2012). İnsan Bacak Hareketleri İçin Prototip Dış İskelet Robotik Sisteminin Mekanik Tasarımı Ve Hareket Verilerinin Yapay Sinir Ağları İle Elde Edilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 234-248.
- [18] Işıtan, A., Uluşal, T. (2020). Tersine Mühendislik Yaklaşımıyla Protez Tasarımı. *Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Mühendislik Bilimleri*. Ekin Basım Yayın Dağıtım, 190-206.
- [19] Aydın, L , Küçük, S . (2017). Üç Boyutlu Yazıcı ve Tarayıcı ile Hastaya Özel Medikal Ortez Tasarımı ve Geliştirilmesi . *Politeknik Dergisi* , 20 (1) , 1-8 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/politeknik/issue/36869/420485>.
- [20] Belaïd, H., Nagarajan, S., Teyssier, C., Barou, C., Barés, J., Balme, S., ... & Bechelany, M. (2020). Development of new biocompatible 3D printed graphene oxide-based scaffolds. *Materials Science and Engineering: C*, 110, 110595.
- [21] Varady, T., Martin, R. R., & Cox, J. (1997). Reverse engineering of geometric models—an introduction. *Computer-aided design*, 29(4), 255-268.
- [22] Zoss, A. B., Kazerooni, H., & Chu, A. (2006). Biomechanical design of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX). *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 11(2), 128-138.
- [23] R. Huang, H. Cheng, Hongliang Guo, Q. Chen and X. Lin, (2016). "Hierarchical Interactive Learning for a HUMAN-Powered Augmentation Lower EXoskeleton," 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Stockholm, Sweden, pp. 257-263, doi: 10.1109/ICRA.2016.7487142.
- [24] Maurice, P., Čamernik, J., Gorjan, D., Schirrmeister, B., Bornmann, J., Tagliapietra, L., ... & Babič, J. (2019). Evaluation of PAEXO, a novel passive exoskeleton for overhead work. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 22(sup1), S448-S450.
- [25] Pehlivan, N., Tunca, C., Salur, G., & Ersoy, C. (2017, May). Gait analysis using kinect: Towards in-home gait analysis. In *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.

- [26] Kala, Y, Bol, H. (2014). Yürüme analizi: hasta değerlendirmesi ve hazırlığı- Gait analysis: patient evaluation and preparation, TOTBİD Dergisi 2014; 13:325–330 doi:10.14292/totbid.dergisi.2014.36.
- [27] Yalçın, S., Özaras, N. (2001). Yürüme Analizi. İstanbul: Avrupa Matbaacılık.
- [28] Ortopedik Protez ve Ortez- Yürüme Analizi- 1, MEGEP Yayınları, Yayın No: 725TTT017, Ankara, 2011. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Y%C3%BCr%C3%BCme%20Analizi%201.pdf
- [29] Ekşioğlu, M. F., Açar, H. İ., & Tekdemir, İ. (2011). Kalça ekleminin fonksiyonel anatomisi. Totbid Dergisi, 10(1), 32-7.
- [30] Guyton, A. C., Hall, J. E. (2017). Guyton ve Hall tıbbi fizyoloji. Güneş Tıp Kitabevleri.
- [31] Vücut Kütle Merkezi Konumu Hesabı. Biyomekanik Araştırma Grubu. http://yunus.hacettepe.edu.tr/~cilli/dersler/sba206/uygulamalar/SBA206_hafta41.pdf

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 5

**Laktik Asit Bakterileri ve Probiyotik Olarak Kullanımları
(Buket Kunduhoğlu)**

Laktik Asit Bakterileri ve Probiyotik Olarak Kullanımları

Buket Kunduhoğlu

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26040
Eskişehir, bkunduh@ogu.edu.tr*

1. Giriş

Laktik asit fermentasyonu ve bu fermentasyon süreci ile çeşitli gıda maddelerinin üretimi insanlığın en eski buluşlarından birisidir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde bir çok farklı kültür süt, et, sebze ve balık gibi gıda maddelerini bozulmadan saklamak için laktik asit fermentasyonunu kullanmıştır. Bu fermentasyonda rol oynayan bakteriler de “Laktik Asit Bakterileri” (LAB) olarak adlandırılmıştır.

LAB’ ların gıda muhafazasında ve gıda zehirlenmelerinin engellenmesinde oldukça önemli rolleri vardır. Çünkü LAB, laktik asit fermentasyonu sonucunda, inhibe edici özelliği olan çeşitli metabolik ürünler meydana getirirler. Bu mikrobiyal metabolitler, gıdaların bozulmasında rol oynayan mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkili olduğu gibi bir çok gıda kaynaklı patojen üzerinde de antimikrobiyal etki gösterir.

Günümüzde fermente gıda üretiminde, starter kültür (başlatıcı kültür) olarak kullanılmak üzere, bir çok LAB starter kültürü üretilmektedir. Yoğurt, peynir ve tereyağı gibi gıdalar dünya çapında en iyi bilinen ve laktik asit fermentasyonu ile üretilen fermente süt ürünleridir.

Ayrıca, LAB’ nin sağlık üzerine olumlu etkilerinin olduğu da çok uzun bir süreden beri bilinmektedir. İnsan sağlığı açısından faydalı olan ve “probiyotik” olarak adlandırılan bu kültürlerin çoğu LAB grubuna dahildir. Bu özellikleri nedeniyle LAB, gıda endüstrisinde fonksiyonel gıda üretiminin de önemli bir parçasıdır. Fonksiyonel gıda üretimi kapsamında, LAB ve özellikle de probiyotik nitelik taşıyan LAB oldukça ilgi çeken bir konudur. Bu nedenle bu bölümde, LAB’nin genel özellikleri ve probiyotik bakteriler konusu incelenmiştir.

2. LAB’ nin genel özellikleri

LAB grubuna dahil olan genuslar arasında sıkı bir filogenetik ilişki bulunmaktadır. Bunlar; gram pozitif, spor oluşturmeyen, katalaz negatif, aerotolerant anaerobik, karbonhidratların fermentasyonu sonucunda başlıca son ürün olarak laktik asit oluşturan ve düşük G+C içeriğine sahip basiller ve koklardır (Salminen vd., 2004).

Eselden beri bilinen LAB cinsleri *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* bu grubun temel üyeleridir. Ancak çeşitli gıda fermentasyonları dikkate alındığında başlıca LAB cinsleri; *Lactobacillus*,

Leuconostoc, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Lactococcus*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* ve *Weissella*' dır. Bazı *Bifidobacterium* türlerinin de probiyotik olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bunlar filogenetik olarak LAB' lardan farklıdır ve bu nedenle LAB grubu içine dahil edilmezler (Salminen vd., 2004). LAB türleri Firmicutes şubesindedir, oysa *Bifidobacterium* türleri Actinobacteria şubesine dahildir.

LAB' ların geliştikleri ortam koşulları onların meydana getirecekleri son ürünleri önemli ölçüde değiştirebilir. LAB' larda iki temel şeker fermentasyon yolizine rastlanmaktadır. Bunlardan ilki, "Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)" yolizidir ve LAB' lar bu yolun sonunda son ürün olarak sadece laktik asit oluştururlar, "homolaktik fermentasyon" olarak adlandırılır. İkincisi ise "6-phosphogluconate/ phosphoketolase" yolizidir ve LAB' lar bu fermentasyon sonunda laktik asit yanında asetik asit, etanol, karbondioksit oluştururlar ve bu da "heterolaktik fermentasyon" olarak adlandırılır (Salminen vd., 2004).

LAB' ların ürettikleri bazı metabolitler çeşitli patojenlerin gelişimleri üzerine inhibitör etkilidir. LAB' ların ürettikleri bu inhibitör maddelerin patojenlerin biyofilm oluşturmalarını engellediği belirtilmiştir (Ouweland vd., 2013; Nakatsuji vd., 2017).

LAB' lar geliştikleri ortamda; laktik asit, formik asit, asetik asit, fenil laktik asit, propiyonik asit ve kaproik asit gibi organik asitler üretebilirler. Bu asitlerin, patojen bakterilerin hücre zarındaki lipidleri çözerek hücrelerin içine işlediği, hücre içinin normalde nötr olan pH'ını düşürerek hücre inaktivasyonuna yol açtığı bilinmektedir (Wieland vd., 2002; Welman ve Maddox, 2003).

Bazı LAB' lar aerobik koşullarda flavoprotein içeren oksidazlar, NADH oksidazlar ve hidrojen peroksit (H_2O_2) üretebilirler. LAB' lar hem grubu (katalaz, sitokrom) enzimleri olmadan, oksijen varlığında gelişebilen nadir mikroorganizmalardır, bu nedenle oluşan H_2O_2 parçalanmadan ortamda kalabilir. Bu şekilde ortamda parçalanmadan kalan H_2O_2 diğer mikroorganizmalar üzerine antagonistik etki göstermektedir (Ramos vd., 2012). Ayrıca, H_2O_2 üreten bakterilerin, ortamdaki oksijeni kullanarak, aerobik bir ortamı anaerobik ortam haline getirmesi, aynı ortamda bulunan ve gelişmek için oksijene gereksinim duyan mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir (Lukic vd., 2018).

Yine LAB' lar tarafından, heterolaktik yolizi sonunda, üretilen karbondioksit (CO_2), düşük konsantrasyonlarda bazı mikroorganizmaların gelişimini olumlu etkilerken, yüksek konsantrasyonlarda inhibe edici etki göstermektedir (Prince vd., 2012).

Bazı LAB' lar diasetil ve alkol gibi metabolitler de üretebilmekte ve bunlar mikroorganizmalar üzerine inhibitör etki gösterebilmektedir (Salminen vd., 2004).

Bir çok bakteri “bakteriyosin” adı verilen antimikrobiyal peptidler üretirler. Bazı LAB' ların da bakteriosin ürettikleri bilinmektedir. Bu peptidler, özellikle üretici türe yakın akraba olan duyarlı türler/suşlar üzerine antimikrobiyal etkilidir. Bakteriosinlerin antimikrobiyal etkisi türe, hatta suşa özgüdür. Özellikle gram pozitif bakteriler üzerine sidal etkilidirler, ancak gram negatif bakterilere de antimikrobiyal etkili olan geniş spektrumlu bakteriyosinler de üretebilirler. Bakteriyosinler ve antibiyotikler çoğu zaman karıştırılmaktadır ancak aralarında önemli farklar vardır. Bakteriyosinler ribozomal olarak sentezlenen proteinlerdir oysa antibiyotikler çoklu enzimatik basamaklarla sekonder metabolit olarak sentezlenir, bu ikisini birbirinden ayıran en önemli özelliktir (Abanoz ve Kunduhoglu, 2018; Cleveland vd., 2001). Ayrıca, antibiyotiklerin yalnızca bir bölümü peptid yapıdadır, bunun dışında beta-laktamlar, sülfonamidler, tetrasiklinler, amiloglikozitler, makrolidler yapıda antibiyotikler de vardır (Eyler ve Shvets, 2019).

Gram pozitif bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinler; insan kullanımı açısından “genel olarak güvenli” kabul edilmesi (GRAS), ökaryotik hücrelere toksik olmaması, gıda kaynaklı patojen bakteriler de dahil olmak üzere, belirli bir patojen türüne/suşuna aktivite göstermeleri ve antimikrobiyal etki spektrumlarının gram negatif bakteriler tarafından üretilen bakteriyosinlere göre daha geniş olması gibi nedenlerle çok daha büyük bir öneme sahiptir (Nes vd., 2007).

Sonuç olarak, LAB' ların patojen mikroorganizmalar üzerine olan inhibitör etkisinin, yukarıda sözü edilen antimikrobiyal nitelikteki ürünlerin ortak etkisinin (sinergistik etki) bir sonucu olduğu söylenebilir. Bir LAB, sözü edilen bu antimikrobiyal özellikteki metabolitlerin sadece birini ya da bir kaçını birlikte üretebilir.

LAB'lar tarafından üretilen bazı eksopolisakkaritlerin (EPS), insan sağlığına olumlu etkileri belirlenmiştir. Antitümör, antibiyofil, antioksidan ve kolesterol düşürücü etkileri olduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. GRAS statüsünde olmaları nedeniyle LAB' dan üretilen EPS' ler artan bir ilgi görmektedir. EPS' ler doğal kıvam verici, emülgatör, jelleştirici ve stabilizatör etkileriyle fermente gıdaların reolojisini iyileştirmektedir (Angelin ve Kavitha, 2020).

Dahası günümüzde LAB' lar çeşitli kimyasalların, ilaçların ve diğer faydalı ürünlerin sentezinde endüstride önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, petrokimya endüstrisinden kaynaklanan çevre kirliliğine bir çözüm önerisi olarak biyoteknolojik laktik asit üretimi sunulmuştur (Hamdan ve Sonomoto, 2011).

“Başlatıcı kültür” fermente gıda /içecek üretimi sırasında, fermentasyon sürecini hızlandırması ve yönlendirmesi amacıyla hammaddeye doğrudan eklenen, bir veya birden fazla mikroorganizmadan oluşan bir mikrobiyal preparasyon olarak tanımlanabilir. LAB’ lar, fermente gıdaların besleyici değerini, organoleptik özelliklerini ve raf ömrü özelliklerini iyileştirebildikleri için, gıda ve içeceklerde başlatıcı kültür olarak uzun süredir kullanılmaktadır. Fermente yiyecek ve içecekler önceleri, hammaddelerde doğal olarak bulunan mikrobiyotaya ile spontan fermentasyonla (kendiliğinden fermentasyonla) üretiliyordu. Daha sonra gıda endüstrisi, seçilen başlatıcı kültürlerin gıdaya doğrudan eklenmesini tercih etmiştir. Böylece, bu uygulama ile fermentasyon süreci optimum düzeyde kontrol edilebilmiş ve nihai ürünün standardizasyonu sağlanmıştır (Florou-Paneri vd., 2013).

Bağırsak mikrobiyotasında yer alan LAB’ ların insanlar tarafından sentezlenemeyen vitaminlerin çoğunu (folat, vitamin B12, K2 vitamini, riboflavin ve tiamin) üretebildiği iyi bilinmektedir. Bağırsak mikrobiyotası, suda çözünen bazı vitaminlerin kaynağı olarak kabul edilirken, bu vitaminlerin LAB fermentasyonu sonucu üretilen yoğurt, peynir ve diğer fermente gıdalarda bulundukları da bilinir (Florou-Paneri vd., 2013).

LAB, çeşitli gıda ve yemlerin bileşimini, işlenmesini, organoleptik özelliklerini ve kalitesini olumlu yönde etkileme potansiyeline sahip geniş bir enzim koleksiyonuna sahiptir. Bu bakteriler tarafından gastrointestinal sisteme salınan çeşitli ekstraselüler enzimler, sindirim sistemi üzerine sinerjistik etki göstererek, bağırsak malabsorpsiyonlarından kaynaklanan semptomları hafifletebilirler (Naidu vd., 1999). Ayrıca LAB endüstriyel açıdan önemli çeşitli enzimlerin kaynağı olarak da görülebilir.

3. LAB’ ların probiyotik özellikleri

LAB fermente gıda üretiminde en az 4000 yıldır kullanılmaktadır (Rotar vd., 2007). Probiyotik kavramı yaklaşık yüz yıldır bilinse de, aslında insanlar faydalı mikroorganizmaları antik çağlardan beri geleneksel fermente gıdalarla birlikte sindirim sistemlerine dahil ediyordu. Mikrobiyotasında probiyotik türleri de barındıran fermente süt ürünleri açık ara en yaygın kullanılan ürünlerdir (Giraffa, 2012).

Probiyotikler FAO/WHO tarafından “yeterli miktarlarda kullanıldıklarında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanır (Hill vd., 2014) ve güvenli kabul edilir (U.S.-FDA, 2018). Probiyotik olarak kullanılan bakterilerin çoğu LAB’ dır. Probiyotik terimi, probiyotik ilaçlar, probiyotik gıdalar (gıdalar, gıda bileşenleri ve diyet takviyeleri) ve genetiği değiştirilmiş probiyotikler olarak alt kategorilere ayrılabilir (Sanders, 2009).

Probiyotik özellikler türe, hatta suşa özgüdür. Probiyotik kullanım için LAB suşlarının güvenli olmaları, ayrıca bazı teknolojik ve fonksiyonel özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Bu özellikler aşağıda sıralanmıştır (Vasiljevic ve Shah, 2008).

- Patojen olmamalıdır
- Virülans faktörleri bulunmamalıdır
- Toksik metabolik ürün oluşturmamalıdır
- Transfer edilebilir antibiyotik direnç genleri bulundurmamalıdır
- Genetik olarak kararlı suşlar olmalıdır
- İşleme ve depolama sırasında istenen canlı kalabilmelidir
- İyi duyu özellikler taşımalıdır
- Fajlara dirençli olmalıdır
- Büyük çapta üretilabilmeli
- Mide asidi ve sıvılarına toleranslı olmalı
- Safra toleranslı olmalı
- Mukozal yüzeylere yapışabilmeli
- Sağlık üzerine olumlu etkileri doğrulanmış ve belgelenmiş olmalı
- İmmün sistemi uyarmalı
- Gastrointestinal patojenlere karşı antagonistik aktivite göstermeli (*Helicobacter pylori*, *Candida albicans* gibi)
- Kolesterol metabolize edebilmeli
- Laktoz metabolize edebilmeli
- Antimutajenik ve antikarsinojenik olmalı

Mide asiditesine dirençli, safra asitlerine dirençli, mukosa ve / veya insan epitel hücrelerine yapışabilen, patojenik bakteri veya funguslara karşı antimikrobiyal aktiviteli olan, patojenik türlerin yüzeylere yapışmasını engelleyebilen, safra tuzu hidrolaz aktivitesi olan LAB suşlarının probiyotik potansiyeli bulunmaktadır (Fijan, 2014).

Ayrıca, probiyotikler, konak mikrobiyomunu modüle etmede etkili olan “postbiyotikler” adı verilen çeşitli biyoaktif metabolik ürünleri bulundukları ortama serbest bırakırlar (Kerry vd., 2018).

Probiyotiklerin, vücutta etkili olabilmeleri için en az hangi konsantrasyonda alınmaları gerektiği ile ilgili bilgiler henüz tam olarak netleşmemiş olsa da, genellikle probiyotik bakterilerin probiyotik bir ürün içerisinde en az 10^6 kob/g ya da ml düzeyinde bulunması gerekmektedir. Probiyotik bir etkinin oluşması için, günlük olarak yaklaşık 10^8 - 10^9 probiyotik hücre alınması gerektiği kabul edilmektedir (Kechagia vd., 2013).

Probiyotiklerin çoğu güvenlidir. Bununla birlikte, az da olsa bunlardan kaynaklanan yan etkiler bildirilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda

ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından ortaklaşa yayınlanan rapora göre, probiyotiklerin teorik olarak dört çeşit olumsuz etkisi olabilir (FAO/WHO, 2002), bunlar;

- (i) sistemik enfeksiyonlar,
- (ii) zararlı metabolik aktiviteler,
- (iii) duyarlı kişilerde aşırı bağışıklık uyarımı ve
- (vi) potansiyel gen transferidir.

Probiyotik olarak kullanılan bazı LAB' lar aşağıda verilmiştir (Vasiljevic ve Shah, 2008).

<i>L. acidophilus</i> LA1/LA5	<i>L. acidophilus</i> R0052
<i>L. delbrueckii</i> ssp. <i>bulgaricus</i> Lb12	<i>L. casei</i> Shirota
<i>L. paracasei</i> CRL431	<i>L. rhamnosus</i> HN001 (DR20)
<i>L. acidophilus</i> NCFM®	<i>L. plantarum</i> 299V
<i>L. acidophilus</i> La	<i>L. rhamnosus</i> 271
<i>L. paracasei</i> Lpc	<i>L. casei</i> Immunitas
<i>L. acidophilus</i> LAFTI® L10	<i>L. rhamnosus</i> LB21
<i>L. paracasei</i> LAFTI® L26	<i>Lactococcus lactis</i> L1A
<i>L. johnsonii</i> La1	<i>L. reuteri</i> SD2112
<i>L. acidophilus</i> SBT-20621	<i>L. rhamnosus</i> GG1
<i>L. rhamnosus</i> R0011	<i>L. salivarius</i> UCC118
<i>L. paracasei</i> F19	<i>L. acidophilus</i> LB

Probiyotik olarak kullanılacak suşların, konağın vücudundaki biyolojik bariyerlere dayanıklı olması gerekmektedir. Bu nedenle probiyotik potansiyelin ortaya konmasında ilk test edilmesi gereken, mide asitliğine dirençtir. Midenin 2.0 seviyelerinde olan pH değerinde canlı kalmaları gerekmektedir. Sindirim sistemindeki biyolojik bariyerlerden bir diğeri ise safra tuzlarıdır. Probiyotik olarak kullanılacak suşların safra asitlerinde canlı kalması gerekir (Dunne vd., 2001).

İnsan vücudundaki çeşitli biyolojik bariyerleri aşabilen probiyotiklerin, ince bağırsak epitel hücrelerine de tutunabilmesi gerekmektedir. Probiyotik bakterilerin konağın bağırsak epitel hücrelerine yapışması, hem hücre yüzeylerinin agregasyon (kümelenme) kapasitesiyle hem de hidrofobitesiyle ilişkilidir. Probiyotiklerin oto-agregasyon yetenekleri onların bağırsak epitel hücrelerine tutunabilmelerini sağlarken, koagregasyon yetenekleri ise patojenlerin bağırsak epiteline kolonizasyonuna engel olur. Oto-agregasyon, aynı türdeki mikroorganizma hücreleri arasındaki kümelenme olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, oto-agregasyon özelliğine sahip, birbirine tutunmuş probiyotik hücreler aralarında sürekli gen transferleri yaparak genetik kararlılıklarını bu şekilde koruyabilirler (Syal ve Vohra, 2013).

Buna ek olarak probiyotik bakteriler laktaz, maltaz, sükröz enzim aktivitesini artırırlar, vitamin ve minerallerin emilimini kolaylaştırır. Bağışıklık sistemi üzerinde olumlu etkileri vardır (Gültekin, 2004; Sağdıç vd., 2004).

Probiyotik olan bazı LAB' lar β -galaktozidaz enzim aktivitesine sahiptir. Bu tür probiyotikler, sütteki laktozu metabolize edemeyen (laktoz-intolerant) bireylerin bağırsaklarında laktoz sindirimini olanaklı kılar (Sağdıç vd., 2004).

Bu belirtilen faydalarının dışında probiyotiklerin anksiyete ve depresyon üzerinde yararlı etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Bu etki, bağırsaktaki patojenlerin zararlı metabolik ürünlerinin neden olduğu pro-inflamatuvar süreçte azalmalar ile açıklanmaktadır (Akkaya ve Beyaz, 2018).

Ayrıca probiyotikler multiple skleroz (MS) hastalarının tedavisinde de yeni fırsatlar sunmaktadır. Bazı probiyotiklerin immünomodülatör özellikleri ve prebiyotikler, MS hastaları için mevcut olan tedavi seçeneklerini tamamlayan koruyucu tedavileri geliştirmek için kullanılmaktadır (Barreiro vd., 2018).

Probiyotikler; bağırsakta faydalı mikrobiyata oluşturarak, inflamasyona neden olan mikrobiyal metabolitlerin oluşumunu engelleyerek ve antioksidan özelliklere sahip vitaminler üreterek, Parkinson hastalığında tedaviye yardımcı olabilirler. Probiyotikler ürettikleri antioksidan maddeler ile bağırsaktaki serbest radikalleri giderebilirler, bu nedenle de Parkinson gibi oksidatif stres ile ilişkili çeşitli hastalıklarda, hastalık seyrinin hafifletilmesinde kullanılabilirler (Akkaya ve Beyaz, 2018).

4. Referanslar

- Abanoz HS and Kunduhoglu B. 2018. Antimicrobial Activity of a Bacteriocin Produced by *Enterococcus faecalis* KT11 against Some Pathogens and Antibiotic-Resistant Bacteria. Korean J Food Sci Anim Resour., 38(5): 1064–1079. Doi: 10.5851/kosfa.2018.e40
- Akkaya Ü, Beyaz EK. 2018. Nörolojik Hastalıklar ve Probiyotik-Prebiyotik Kullanımı, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD, 2(2): 01-29.
- Angelin J, Kavitha M. 2020. Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. International Journal of Biological Macromolecules, 162: 853–865.
- Barreiro LC, Eixarch H, Montalban X, Espejo C. 2018. Combined therapies to treat complex diseases: The role of the gut microbiota in multiple sclerosis. Autoimmunity Reviews, 17(2): 165-174.

- Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, Chikindas ML. 2001. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71(1): 1-20.
- Dunne C, O'Mahony L, Murphy L, Thornton G, Morrissey D, O'Halloran S, Feeney M, Flynn S, Fitzgerald G, Daly C, Kiely B, O'Sullivan GC, Shanahan F, Collins JK. 2001. *In vitro* Selection Criteria for Probiotic Bacteria of Human Origin: Correlation with *in vivo* Findings. *Am. J. Clin. Nutr.*, 73: 386S-392S.
- Eyler RF and Shvets K. 2019. Clinical Pharmacology of Antibiotics. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology (CJASN)*, 14(7): 1080-1090; DOI: <https://doi.org/10.2215/CJN.08140718>.
- FAO/WHO. Guidelines for Evaluation of Probiotics in Food; Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food London, ON, Canada, 30 April and 1 May 2002; FAO: Rome, Italy; WHO: Geneva, Switzerland, 2002.
- Fijan S. 2014. Microorganisms with Claimed Probiotic Properties: An Overview of Recent Literature. *Int J Environ Res Public Health*, 11(5): 4745–4767. doi: 10.3390/ijerph110504745
- Florou-Paneri P, Christaki E and Bonos E. 2013. Lactic Acid Bacteria as Source of Functional Ingredients. In: *Lactic Acid Bacteria R & D for Food, Health and Livestock Purposes*. Ed., JM Kongo. DOI: 10.5772/47766
- Giraffa G. 2012. Selection and design of lactic acid bacteria probiotic cultures. *Eng. Life Sci.* 12, 391–398. doi: 10.1002/elsc.201100118.
- Gültekin M. 2004. Probiyotikler. *Ankem Dergisi*, 18 (Ek 2): 87-89.
- Hamdan AM and Sonomoto K. 2011. Production of Optically Pure Lactic Acid For Bioplastics. In: Sonomoto K, Yokota A, editors. *Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria: Current Progress in Advanced Research*. Caister Academic Press, Portland, USA.
- Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, Canani RB, Flint HJ, Salminen S, Calder PC, Sanders ME. 2014. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* ,11:506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Kechagia M, Basoulis D, Konstantopoulou S, Dimitriadi D, Gyftopoulou K, Skarmoutsou N, Fakiri EM. 2013. Health benefits of probiotics: A review. *International Scholarly Research Notices* Hindawi Publishing

Corporation ISRN Nutrition. Article ID 481651. <http://dx.doi.org/10.5402/2013/481651>.

Kerry RG, Pradhan P, Samal D, Gouda S, Das G, Shin HS, Patra JK. 2018. Probiotics: The Ultimate Nutritional Supplement. In: Patra JK, Das G, Shin H-S (Eds). Microbial Biotechnology Vol 2. Application in Food and Pharmacology. Springer, Singapore, pp 141–152.

Lukic J, Chen V, Strahinic I, Begovic J, Lev-Tov H, Davis SC, Tomic-Canc M, Pastar I. 2017. Probiotics or pro-healers: the role of beneficial bacteria in tissue repair, Wound Repair and Regeneration, 25(6): 912-922.

Naidu AS, Bidlack WR, Clemens RA .1999. Probiotic Spectra of Lactic Acid Bacteria (LAB). Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 38 13126 .

Nakatsuji T, Chen TH, Narala S, Chun KA, et al. 2017. Antimicrobials from human skin commensal bacteria protect against *S. aureus* and are deficient in atopic dermatitis. Sci Transl Med. 2017 Feb 22; 9(378): eaah4680. doi: 10.1126/scitranslmed.aah4680

Nes IF, Yoon S-S and Diep DB. 2007. Ribosomally synthesized antimicrobial peptides (bacteriocins) in lactic acid bacteria: a review, Food Sci. Biotechnol. 16, 675-690.

Ouwehand AC, Salminen S, Isolauri E. 2002. Probiotics: an overview of beneficial effects. Antonie Van Leeuwenhoek, 82(1-4): 279-89.

Prince T, McBain AJ, O'Neill CA. 2012. *Lactobacillus reuteri* protects epidermal keratinocytes from *S. aureus*-induced cell death by competitive exclusion. Applied and Environmental Microbiology, 78(15): 26-5119.

Ramos AN, Sesto Cabral ME, Noseda D, Bosch A, Yantorno OM, Valdez JC. 2012. Antipathogenic properties of *Lactobacillus plantarum* on *P. aeruginosa*: The potential use of its supernatants in the treatment of infected chronic wounds. Wound Repair and Regeneration, 20(4): 552-562.

Rotar MA, Semeniuc C, Apostu S, Suharoschi R, Mureşan C, Modoran C, et al. 2007. Researches concerning microbiological evolution of lactic acid bacteria to yoghurt storage during shelf-life. J. Agroalimentary Proc. Technol. 13, 135–138.

Salminen S, Atte von Wright, Ouwehand, A. 2004. Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects. Third Edition (Food Science and Technology), CRC Press, New York.

Sanders ME. 2009. How do we know when something called “probiotic” is really a probiotic? A guideline for consumers and health care professionals. Funct Food Rev 1(1): 3–12. <https://doi.org/>

10.2310/6180.2009.00002

Sağdıç O, Küçüköner E, Özçelik S. 2004. Probiyotik ve prebiyotiklerin fonksiyonel özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(3-4): 221-228.

Syal P and Vohra A. 2013. Probiotic Potential of Yeasts Isolated From Traditional Indian Fermented Foods. Int Microbiol Res, 5(2): 390-398. Doi: <http://dx.doi.org/10.9735/0975-5276.5.2.390-398>

U.S. Food and Drug Administration (2018) Generally Recognized as Safe (GRAS) Notification Program 01.04.2018. <https://www.fda.gov/food/generally-recognized-safe-gras/microorganisms-microbial-derived-ingredients-used-food-partial-list>

Vasiljevic T and Shah NP. 2008. Probiotics—From Metchnikoff to bioactives. International Dairy Journal, 18(7): 714-728.

Welman AD, Maddox IS. 2003, Exopolysaccharides from lactic acid bacteria: perspectives and challenges. Trends in Biotechnology, 21, 269–274.

Wieland CW, Siegmund B, Senaldi G, Vasil ML, Dinarello CA, Fantuzzi G. 2002. Pulmonary inflammation induced by *P. aeruginosa* lipopolysaccharide, phospholipase C, and exotoxin A: role of interferon regulatory factor 1. Infection Immunology. 70: 1352-1358.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 6

Yeraltı Suyu İndeksi ile Kuraklık Analizi (Mehmet Dikici)

Yeraltı Suyu İndeksi ile Kuraklık Analizi

Mehmet Dikici

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,

Mehmet.dikici@alanya.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde fazla su çekimine bağlı yeraltı suyu seviyesi düşümleri içme suyu havzasının sürdürülebilirliği açısından önemli tehditleri oluşturmaktadır. Küresel ısınma ve gelişen nüfusa bağlı tarım faaliyetlerinin artması özellikle de kırsal bölgelerde yeraltı suyunu olumsuz etkilemektedir. Farklı sebeplerle oluşan yeraltı suyu seviye düşümlerini ele alan birçok çalışma yapılmıştır (Yurdakul, 1998; Göçmez ve İşcioğlu, 2004; Yurtcu ve İçağa, 2005; Çağa ve diğ., 2007; Yılmaz, 2010; Aksoy ve diğ., 2011; Başçıftci ve diğ., 2013). İklim değişikliğinin olumsuz olarak etkilediği su kaynaklarının planlaması, geliştirilmesi ve yönetimi çalışmaları kapsamında kuraklığın beklenen etkilerinin hafifletilmesi konusu oldukça önem kazanmıştır. Artan kuraklık riskinin yönetilmesi ve bu riske uyum sağlanması; ancak bütüncül yaklaşımları benimseyen sürdürülebilir ve etkili kuraklık risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ile olur. Kuraklık yönetimi afet yönetiminin bir parçasıdır (Wilhite, 2000). Kuraklık risk yönetimi; korunma, zarar azaltma ve hazırlıklı olma amaçlı faaliyetler ve önlemler yoluyla kuraklık tehlikesinin olumsuz sonuçlarını ve potansiyel afet etkilerini engelleme ve azaltma kavramı ve çalışmasıdır (UNDP, 2016).

Kuraklık risk yönetimi, su kaynakları yönetimi politikalarının ve stratejilerinin önemli bir parçasını oluşturur. Ulusal kuraklık politikaları kuraklık riskinin yönetilmesinde büyük bir role sahiptir (Wilhite vd., 2014). Kuraklıktan kaynaklanan etkilerin azaltılabilmesi için; ülke mevzuatına dayalı olarak ve havzanın kendine özgü kuraklık özellikleri ve etkileri dikkate alınarak kuraklık yönetimi planlarının hazırlanması gereklidir (EC, 2007). Bu planların bütünlük oluşturabilmesi amacıyla havza yönetim planının bir parçası olarak hazırlanması oldukça önemlidir. Ayrıca planların oluşturulması aşamasında tüm paydaşların, etkilenen sektörlerin, karar vericilerin ve uzmanların katılımı kuraklık yönetim planlarının başarısına büyük katkı sağlamaktadır. Kuraklık yönetimi planının unsurları arasında nehir havzasının özelliklerinin bilinmesi, havzada yaşanmış tarihsel kuraklık olaylarının incelenmesi, meydana gelebilecek riskin değerlendirilmesi, kuraklık analizinin yapılabilmesi için indikatörler ve eşik değerlerinin belirlenmesi, kuraklığın etkilerinin azaltılmasına yönelik önlem programının oluşturulması, erken uyarı sisteminin ve organizasyonel yapının kurulması yer almaktadır (GWP, 2015).

Ceyhan Havzası da Türkiye'nin güneyinde yer alan tarım, sanayi, yerleşim ve su kaynakları açısından önemli bir havzadır. Eğilim analizi hesabında literatürde güvenilir bir test olan Mann- Kendall testi kullanılmıştır

(Mann 1945; Kendall 1975). Bu çalışma kapsamında yeraltı suyu rasat istasyonları verilerine göre, Mann-Kendall testi yardımıyla yeraltı suyu eğilim analizi ve yeraltı suyu indeksi ile Ceyhan Havzası'nda kuraklık analizi yapılmıştır.

2. Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Ceyhan Havzası yaklaşık 23.000 km² yüzölçümü ile Türkiye'nin 25 su toplama havzasından biridir. Ceyhan Havzası; Kayseri, Osmaniye, Sivas, Adıyaman, Gaziantep, Malatya, Adana, Hatay ve Kahramanmaraş illerinin bir kısmını içine alan geniş bir havzadır.

2.2. Yer Altı Suyu

Yeraltı suyu, yağış olarak yeryüzüne düşen ya da yeryüzündeki mevcut suların, yerçekiminin etkisiyle yeraltına sızarak, orada geçirimsiz bir tabaka üzerinde birikmesiyle meydana gelir.

Kuraklık olayının etkileri sadece yer üstü sularında değil yeraltı sularında da görülebilir. Yeraltı suyu kuyularında ölçülen yeraltı suyu seviyelerindeki değişimler kurak dönemlerde yeraltı suyu potansiyelinin değerlendirilmesinde yardımcı olabilir (Bloomfield ve Marchant, 2013).

2.3. Yer Altı Suyu İndeksi(GWI)

Kuraklık analizi çalışması kapsamında kuraklığın yeraltı suyuna etkisini ölçmek amacıyla Yeraltı suyu indeksi (Mendicino vd., 2008) kullanılmaktadır. GWI, girdi parametresi olarak yeraltı suyu verilerini kullanır. GWI, SPI (Standart Yağış indeksi) ve SRI (Standart Akım indeksi) ile benzer şekilde standartlaştırma tekniğini uygular ancak herhangi bir standartlaştırma kullanmaz. GWI hesaplamasının formülü aşağıdaki gibidir:

$$GWI = (Xi - \bar{X}) / \sigma$$

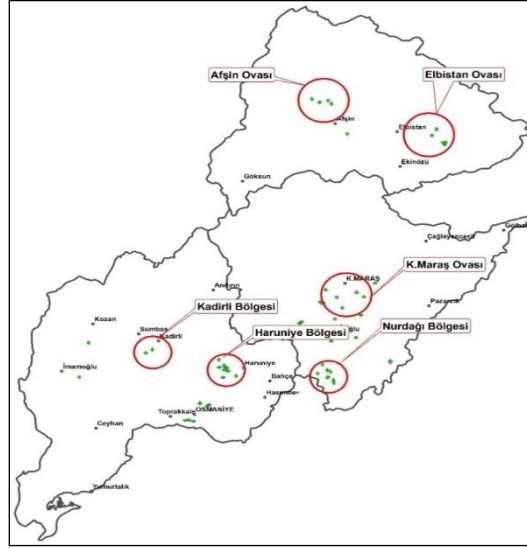
Çalışma kapsamında yukarıda verilen formülde (X_i) i zaman aralığındaki seviye verisini, ($\bar{X}$) bu seviye verisinin ait olduğu serinin ortalama değerini, (σ) ise serinin standart sapma değerini temsil etmektedir.

2.4. Yer Altı Suyu Eğilim Analizi

Ceyhan Havzası yeraltı suyu eğilim analizleri değerlendirmesinde, havzada bulunan ve DSİ tarafından yeraltı suyu seviye ölçümü yapılan rasat kuyuları kullanılmıştır (Şekil 1). Bu kuyuların rasat türlerine göre ölçüm sıklıkları değişmektedir. Ceyhan Havzası'nda özellikle aylık yeraltı suyu ölçümü yapılan kuyular bulunmaktadır. Ceyhan Havzası'nda hidrojeolojik, jeolojik ve morfolojik olarak birbirinden farklı ovalar ve alt havzalar bulunmaktadır. Hepsini ayrı ayrı değerlendirmek ve anlamak gerekmektedir.

Ceyhan Havzası içinde Afşin, Elbistan, Kahramanmaraş Merkez, Nurdağı, Haruniye ve Kadirli bölgeleri olarak ayrı ayrı o bölgelerin yeraltı

suyu durumunu karakterize edecek rasat kuyuları seçilmiş ve bu kuyuların özellikle güncel ve ölçüm yıllarının ortak seçilmesine dikkat edilmiştir.



Şekil 1: Ceyhan Havzası Rasat Kuyuları Lokasyon Haritası

3. Bulgular

Ceyhan Havzası'nda yer altı suyu kuyuları için Mann Kendall eğilim analizi gerçekleştirilmiştir. Ceyhan Havzası yıllık yer altı suyu kuyu zaman serileri için kuyu bazlı gerçekleştirilen Mann Kendall eğilim analizi sonuçları Tablo 1 üzerinde özetlenmiştir.

Tablo 1: Ceyhan Havzası Yeraltı Suları Kuyu Bazlı Eğilim Analizi Sonuçları

Kuyu No	Kuyu Yeri/Alt Havzası	Kuyu Zemin Kotu (m)	Kuyu Derinliği (m)	Akifer Birim	Ölçüm Aralığı	Ölçüm Periyodu	$\alpha=0,05$ Anlamlılık Düzeyinde z Değeri	$-1,96 < z < 1,96$	Eğilim
59905	Afşin Ovası	1245	140	Alüvyon+konglom.	2008-2017	Aylık	-0,179	0	Trend Yok
59906	Elbistan Ovası	1220	148	Alüvyon+kireçtaşı	2008-2017	Aylık	2,504	+	Artan
53388	K. Maraş Ovası	733	152	Alüvyon+kireçtaşı	1998-2016	Aylık	-2,311	-	Azalan
53877	K. Maraş Ovası	476	95	Kireçtaşı+konglom.	1998-2016	Aylık	-1,704	0	Trend Yok
56777	K. Maraş Ovası	920	198	Kireçtaşı	2002-2017	Aylık	-1,576	0	Trend Yok
42323	Nurdağı Bölümü	485	152	Alüvyon+konglom.	1996-2017	Aylık	-0,581	0	Trend Yok
52607	Haruniye İlçesi	265	124	Alüvyon+bazalt	2002-2017	Aylık	1,533	0	Trend Yok
12726	Kadiri İlçesi	61	79	Alüvyon	1972-2017	Aylık	2,142	+	Artan

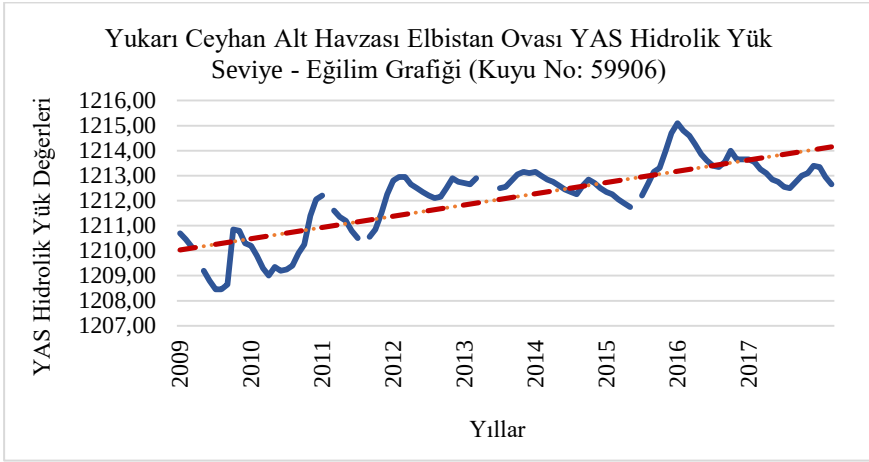
Tablo 1 üzerinde görülen sonuçlara göre yıllık yer altı suyu zaman serileri için yapılan eğilim analizinde bir kuyuda %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve azalan bir eğilim gözlenmiş olup iki kuyuda artan eğilim görülmüştür. Diğer kuyular için bu güven düzeyinde belirgin bir eğilimin olmadığı görülmüştür.

6 farklı bölge olarak incelenen Ceyhan Havzası'nda havzanın memba kısmı olan Afşin ovasında yeraltı suyu genel eğilimi azalan yönünde görülmekteyken uzun yıllar içinde 2008-2012 yılları arasında seviyelerin arttığı görülmüştür (Şekil 2). Elbistan ovasında ise yeraltı suyu seviyeleri havza genelinin tam tersi bir durumda artan eğilimler göstermektedir (Şekil 3). Kahramanmaraş'ta ise genel eğilim azalan yönde ancak bu azalan yönelimi biraz daha düşük seviyelerde seyretmektedir (Şekil 4, Şekil 5). Ancak yıl içinde yeraltı suyu seviyelerinde büyük salınımlar gözlenmiştir. Nurdağı bölgesinde tamamen mevcut kuyuların işletmesine bağlı olarak yıllık yeraltı suyu değişimleri izlenmiş, genel trendi azalan yönünde olsa da tam olarak seviyelerin düştüğü söylenemez (Şekil 6). Haruniye ilçesini temsil eden yeraltı suyu rasat kuyusu seviye değerleri incelendiğinde artan bir eğilim gözlenmiş ancak 2013 yılından sonra seviyelerin büyük düşüm eğiliminde olduğu görülmüştür (Şekil 7). Ceyhan Havzası'nın mansap kısmında yer alan Kadirli bölgesinde ise uzun yıllar büyük salınımlar görülmese de 2011 yılından sonra yeraltı suyu seviyelerinde düşümler görülmüştür (Şekil 8).

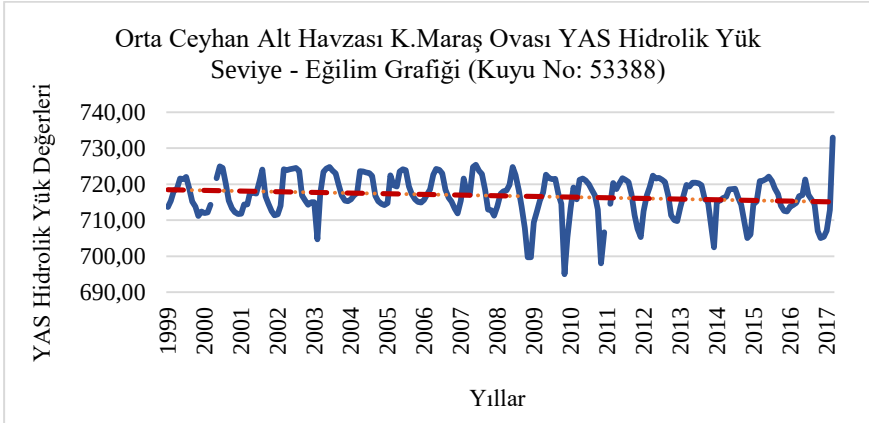
Sonuç olarak Ceyhan Havzası içinde farklı lokasyonlarda bulunan ovaların yağış, akifer özellikleri, yeraltı suyu kullanımları ve morfolojik yapıları farklı olduğundan bu ovalar içinde yer alan rasat kuyuların yeraltı suyu hidrolik yük seviye eğilimleri de farklılıklar göstermektedir.



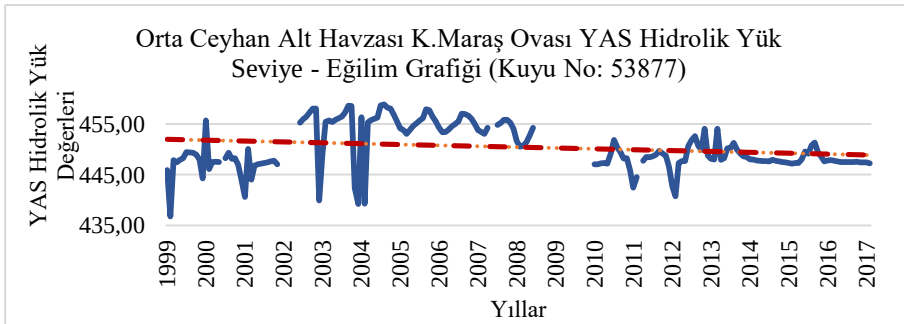
Şekil 2: Yukarı Ceyhan Alt Havzası Afşin Ovası Bölgesi YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



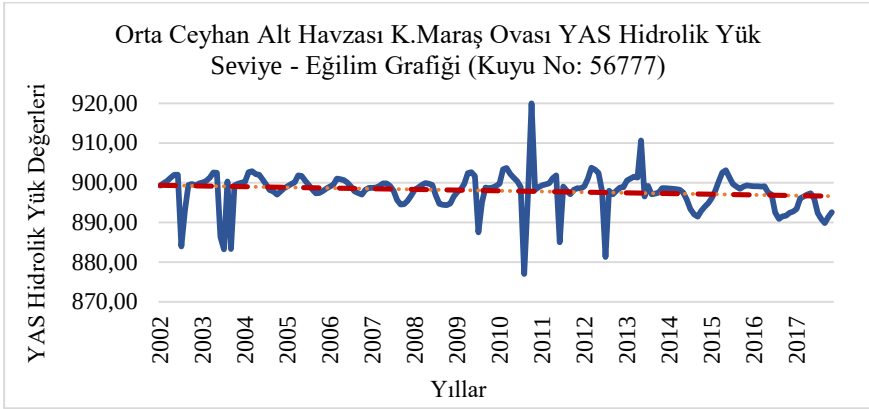
Şekil 3: Yukarı Ceyhan Alt Havzası Elbistan Ovası Bölgesi YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



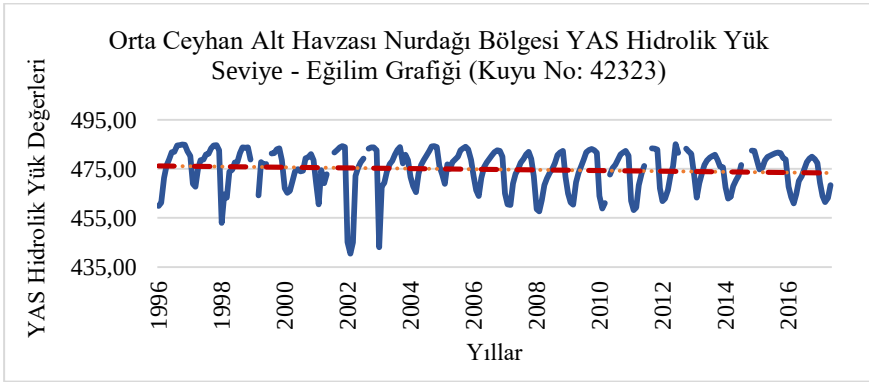
Şekil 4: Orta Ceyhan Alt Havzası Kahramanmaraş Ovası Bölgesi 53388 Nolu Kuyu YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



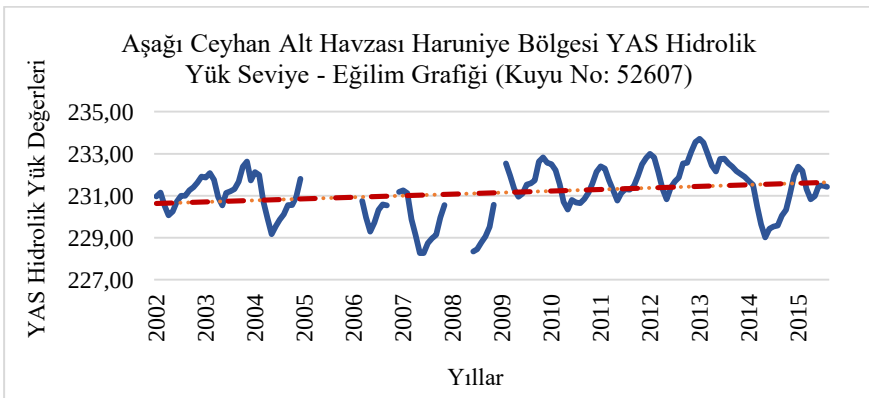
Şekil 5: Orta Ceyhan Alt Havzası Kahramanmaraş Ovası Bölgesi 53877 No'lu Kuyu YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



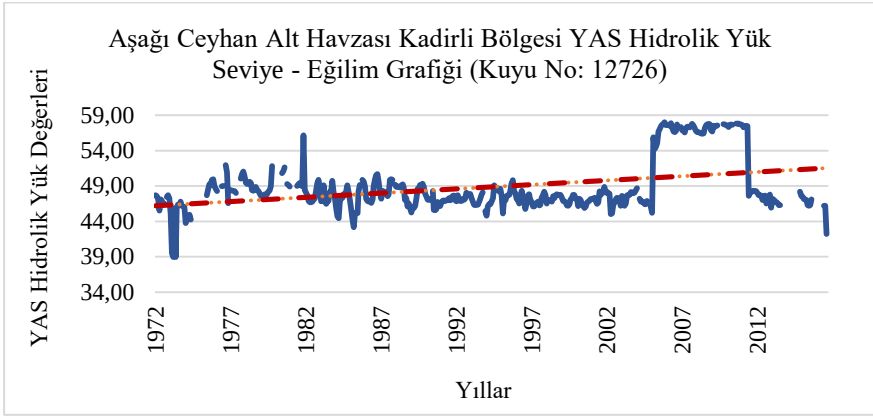
Şekil 6: Orta Ceyhan Alt Havzası Kahramanmaraş Ovası Bölgesi 56777 Nolu Kuyu YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



Şekil 7: Orta Ceyhan Alt Havzası Nurdağı Bölgesi YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi

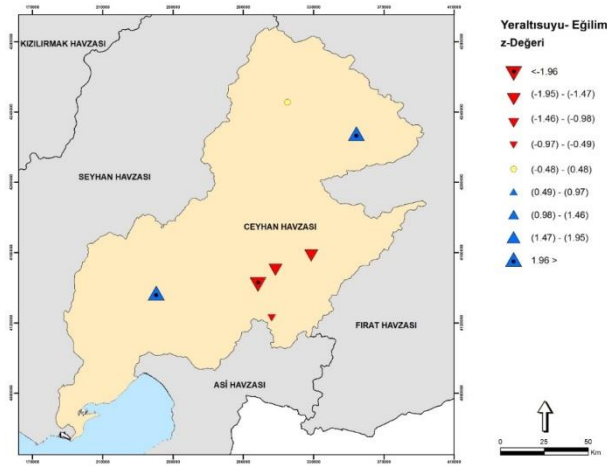


Şekil 8: Aşağı Ceyhan Alt Havzası Haruniye Bölgesi YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi



Şekil 9: Aşağı Ceyhan Alt Havzası Kadirli Bölgesi YAS Hidrolik Yük Seviye Eğilimi

İstasyonlar için yapılan analizin alansallaştırılmasıyla çizilmiş harita Şekil 10 ile verilmektedir. Haritada %95 güven düzeyinde anlamlı olmasa da azalan bir eğilim gösteren istasyonlar kırmızı ters üçgenle, artan bir eğilim gösteren istasyonlar mavi üçgenle gösterilmiştir. Eğilimin %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu istasyonlar ise siyah noktalı üçgenler ile gösterilmiştir. Sarı yuvarlak ile işaretli istasyonlarda herhangi bir eğilim görülmemektedir.



Şekil 10: Ceyhan Havzası Yeraltı Suyu Eğilim Analizi Haritası

GWI'nin kuraklık şiddetleri ve eşik değerleri olarak Tablo 2'de verilen değerler esas alınmıştır.

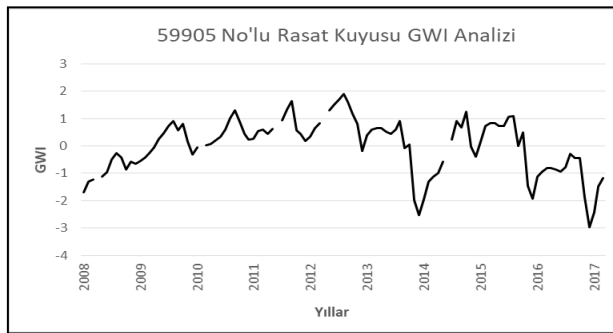
Tablo 2: Yeraltı Suyu İndeksi (GWI) Kuraklık Sınıflandırması ve Eşik Değerleri

Eşik Değerler	Kuraklık Şiddeti
2 ve üzeri	Aşırı Nemli
1,5 — 1,99	Çok Nemli
1 — 1,49	Orta Düzeyde Nemli
0,5 – 0,99	Normale Yakın Nemlice
-0,499 — 0,499	Normal
-0,5 — -0,99	Normale Yakın Kurakça
-1 — -1,49	Orta Düzeyde Kurak
-1,5 — -1,99	Şiddetli Kurak
< -2	Aşırı Kurak

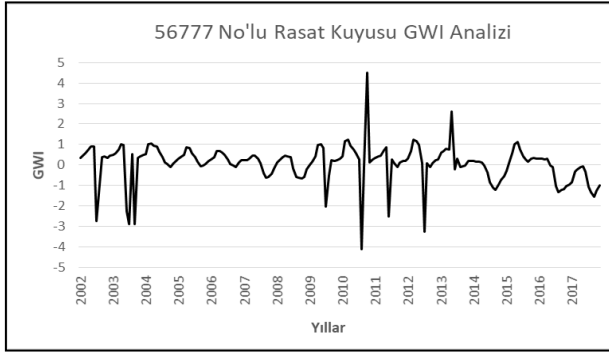
Yer altı Suyu İndeksi (GWI) zaman serisi hesaplamaları için havzada uygun veri bulunan kuyular belirlenmiş olup, bu yer altı suyu kuyularına ait yeraltı suyu indeksi (GWI) şiddet zaman serileri hesaplanmıştır.

Ceyhan Havzası'nda toplam 8 adet rasat kuyusu kullanılmıştır. Bu rasat kuyularının seçiminde güncel tarihlere ait verilere sahip olması ve ölçüm periyotlarının uzun olmasına dikkat edilmiştir. Yapılmış olan GWI analizi sonuçları yeraltısuyu hidrolik yük değerleri ile paralellik göstermektedir (Şekil 11- Şekil 12). Nemli ve kurak dönemleri belirleyen bu analizlerde, analizi yapılmış tüm kuyuların bulundukları akiferin miktar baskısına göre davrandığı anlaşılmıştır. Bazı kuyular yıllar içinde büyük salınımlar yapmış, bazı kuyular çekimlere bağlı olarak azalan trende girmiş kimisi ise kuyulardan nispeten az etkilenmiş ve artış trendine girmiştir.

Dolayısı ile bu analiz sonucu oluşan trend, kuraklık sonucu oluşan düşümlerden ziyade, bölgedeki yeraltı suyu çekimlerinin baskın gelmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 11: Ceyhan Havzası 59905 Nolu Rasat Kuyusu GWI Analizi



Şekil 12: Ceyhan Havzası 56777 Nolu Rasat Kuyusu GWI Analizi

4. Sonuç

Ceyhan Havzası için yeraltı suyu indeksinin kuraklığı işaret ettiği dönemler 1972-1974, 1984-1986, 1989, 2001, 2007-2008, 2014 ve 2016 yılları olarak belirlenmiştir. Rasat kuyularından alınan verilerle yapılan Mann Kendall testi ile yapılan eğilim analizinden elde edilen sonuçlara göre havza için anlamlı bir eğilim söz konusu değildir. Bazı kuyularda artan bazılarında azalan bir eğilim görülmektedir. Aynı şekilde yeraltı suyu indeksi ile elde edilen sonuçlar da benzerdir. Bölgesel farklılıkların yeraltı suyu çekimleri ile doğrudan ilgili olmasına karşın Ceyhan Havzası için tümünden bir kuraklıktan söz etmek mümkün değildir. Havzanın yeraltı suyu potansiyelinin etkili kullanımı nicelik ve nitelik açısından izlenme ve denetlenmesine bağlıdır. Bu konuda lokal ölçekte yeraltı su çekiminin envanterinin güncellenmesi, iyileştirilmesi ve sürekli takip edilmesi esas olmalıdır. Yanlış kullanımlar ve bilinçsizce çekimlerin engellenmesi için eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarına önem verilmesi doğru olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün verileri paylaşmasından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

5. Kaynaklar

Aksoy A.Ö, Güney M.Ş, Scheyt T. "Torbalı bölgesinin zamanla değişen yeraltı suyu akım modeli". *İMO Teknik Dergi*, 355, 5509-5522, 2011

Başçıftçı F, Durduran SS, İnal C. "Konya kapalı havzasında yeraltı su seviyelerinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile haritalanması". *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 1-15, 2013.

Bloomfield, J., ve Marchant, B. (2013). Analysis of groundwater drought building on the standardised precipitation index approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, 4769-4787.

- Çağa Y, Yurtcu Ş, Ulutürk Y. “Yeraltısuyu seviye değişiminin stokastik modellemesi: Akarçay Afyon alt havzası örneği”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 180-186, 2007.
- Göçmez G, İşçioğlu A. “Konya kapalı havzasında yeraltı suyu seviye değişimleri”. *1. Yeraltı Suları Ulusal Sempozyumu*, Konya, Türkiye, 23-24 Aralık 2004.
- GWP. (2015). Guidelines for the preparation of Drought Management Plans. Development and implementation in the context of the EU Water Framework Directive. Global Water Partnership Central and Easter Europe.
- EC. (2007). Drought Management Plan Report Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects. European Commission General Directorate of Environment.
- Kendall M., (1975), Rank Correlation Methods, 4th edition, Charles Griffin, London.
- Mann H., (1945), Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13:163-171.
- Mendicino vd. (2008). Senatore, A., Versace, P.A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a mediterranean climate. *Journal of Hydrology*, 357(3), 282-302.
- UNDP . (2016). Drought Risk Management.
- Wilhite. (2000). Droughts: A Global Assesment (Hazards and Disasters), Routledge.
- Wilhite vd. (2014). Sivakumar, M., Pulwarty, R. Managing drought risk in a changing climate: the role of National Drought Policy. *Weather and Climate Extremes*, s. 3:4-13.
- Yılmaz M. “Karapınar çevresinde yeraltı suyu seviye değişimlerinin yaratmış olduğu çevre sorunları”. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2(2), 145-163, 2010.
- Yurdakul M. “Bir havzada yağış, akış ve yeraltısuyu seviye değişimlerinin irdelenmesi”. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 52, 50-56, 1998.
- Yurtcu Ş, İçağa Y. “Akarçay havzası yeraltı suyu periyodik davranışının modellenmesi”. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (1)2, 21-28, 2005.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 7

**Mikrokirleticilerin Çevresel Etkileri (Nazlı Ozcan, Didem
Saloğlu)**

Mikrokirleticilerin Çevresel Etkileri

Nazlı Ozcan¹, Didem Saloğlu²

¹*Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yalova; Yeşilyurt Demirçelik MYO, Kimya Ve Kimyasal İşleme Tek Bölümü, Sansun*
E-mail:nazli.ozcancoken@omu.edu.tr

²*İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü, Afet ve Acil Durum Yönetimi Anabilim dalı, Maslak, İstanbul, E-mail:saloglu@itu.edu.tr*

1. Giriş

Son 20 yılda yapılan bilimsel çalışmalar sulu ortamlarda bulunan bazı mikrokirleticinin organizmaların normal hormonal fonksiyonlarını engelleyip endokrin sistemlerini bozabileceğini ortaya koymuştur. Bu kimyasallar genel hatlarıyla endokrin/üreme sistemini bozan kimyasallar, tıbbi ilaçlar ve kozmetik/bakım ürünleri, hormonal olarak aktif maddeler ve antibiyotikler olarak sıralanabilir. Sentetik olarak üretilen ve doğal ortamların dengesini bozabilecek bu kimyasallar evsel ve endüstriyel atık sulara karışmakta, konvansiyonel atık su arıtma tesislerinde giderilemeyip deşarj edilmekte ve doğal sularda, içme suyu kaynaklarında, hatta beslenme zincirlerinde birirmektedir. Bu organik bileşikler sentetik ve inhibe edici özelliklerinden dolayı doğal mikroorganizmalar tarafından parçalanamamakta ya da metabolitleri oluşmaktadır. Kararlı ve kalıcı yapıda kimyasallar olduklarından biyolojik olarak bozunmaları zordur bu sebepten dolayı yıllarca doğada değişik fazlarda yer almaktadır. Tıbbi ilaçların birçoğu biyolojik ayrışmaya karşı dirençli olup, bunların büyük çoğunluğu organik madde, azot, fosfor gibi nütriyeentlerin giderimi üzerine projelendirilmiş konvansiyonel atık su arıtma prosesleri ile etkin olarak giderilememekte ve olumsuz etkiler yapacak konsantrasyonlarda sulu ortamlara deşarj edilmektedirler. Kısmen veya hiç arıtılmadan alıcı ortama verilen bu kimyasalların nehirlerin, göllerin, denizlerin, yeraltı ve yerüstü sularının kirlenmesine neden olmaktadır.

2. Mikrokirleticiler

Mikro kirleticiler, insanların ve doğal yaşamın üzerinde olumsuz etki gösteren toksik, kalıcı ve biyobirikimli organik maddelerdir (Ivetić vd., 2014; Tijani vd. 2015). Bu maddeler şehir şebeke sularında ve atık sularda bulunan çeşitli kimyasal özelliklere sahip büyük bir kirletici grubunu kapsamaktadır. Bu maddelerin suda bulunması, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı ciddi bir çevresel tehdit oluşturmaktadır (Tijani vd., 2013)

Hem endokrin bozucu kimyasallar hem de farmasötikler mikro kirletici olarak kabul edilmektedir. ABD Çevre Koruma Ajansı endokrin bozucu kimyasalları “homeostaz, üreme, gelişme ve/veya davranışın

sürdürülmesinden sorumlu olan, vücuttaki doğal hormonların sentezine, salgılanmasına, taşınmasına, bağlanmasına, eylemine veya ortadan kaldırılmasına müdahale eden ekzojen ajanlar” şeklinde tanımlamaktadır. Endokrin bozucu kimyasallar, aşağıdaki mekanizmaları kullanarak hormonların yapısını ve fonksiyonlarını bozmaktadır (Olujimi vd., 2010).

- Endokrin bozucu kimyasallar hormonları taklit ederek hedef hücre üzerindeki etkisine agonistik ya da antagonistik etki gösterir.
- Doğal hormonları taklit eden bu kimyasallar hormonların sentezine etki ederek doğal hormon miktarının artmasına ya da azalmasına sebep olurlar.
- Endokrin bozucu kimyasallar, hormonların taşınması, metabolizması ve atılması üzerinde artırıcı veya azaltıcı etki gösterirler.
- Endokrin bozucu kimyasallar hipotalamus-hipofiz-endokrin bezi eksenleri arasında haberleşmeye izin vermez.
- Bir hücredeki hormon reseptörünün sayısını değiştirirler.

Endokrin bozucu kimyasallar çok düşük konsantrasyonlarda var olmalarına rağmen, doku ve organ gelişimine ve işlevine müdahale etmekte, bu da farklı hastalık türlerine duyarlılığı artırmaktadır (Ashby vd., 1997; Bergman vd., 2013; Bögi vd., 2003). Bu nedenle endokrin bozucu kimyasalların neden olduğu çevre kirliliği sorunu, çözülmesi gereken küresel bir tehdit olarak kabul edilmektedir. Son otuz yılda, bu sorunla mücadele etme çabaları son derece artmıştır. Bu mikro kirleticilerin tanınması, su sistemlerindeki varlıklarının doğru ölçülmesi ve çevreden elimine edilmesi için yöntemlerin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar hızla artmaktadır (Li vd., 2003; Pelekani vd., 2001; Quinlivan vd., 2005).

Endokrin bozucu kimyasallar pestisitleri, herbisitleri, böcek öldürücü kimyasalları, endüstriyel kimyasalları, ilaçları ve kişisel bakım ürünlerini içermektedir. Endokrin bozucu kimyasal olduğu kanıtlanmış veya endokrin bozucu kimyasal olduğundan şüphelenilen çok sayıda madde bulunmaktadır. Bu bileşiklerin en önemli grupları Tablo 1’de gösterilmektedir (Phillips ve Harrison, 1999).

Tablo 1: Endokrin bozucu kimyasallara örnekler ve maruziyetin meydana gelebileceği potansiyel kullanım alanları (Van Tongeren vd., 2002).

Endokrin bozucu kimyasalların sınıfları	Uygulama Alanları
Organik solventler	Etilen glikol eterler (EGE'ler), stiren, tolüen, ksilen, trikloroetilen (TKE), perkloretilen (PKE) Boyalar, yapıştırıcılar, incelticiler, vernikler, reçineler gibi ürünlerde kullanılan EGE'ler, tolüen, ksilen Polistiren plastiklerde kullanılan reçine ve reçine üretimi Metal yağ giderme ve diğer endüstriyel temizlik işlemlerinde kullanılan TKE ve PKE.
Poliklorlu organik bileşikler	Poliklorlu bifeniller (PKB'ler), dioksinler, furanlar, poliklorlu naftalin PKB'ler 1970'lere kadar kapasitörler ve elektronik ürünler de dâhil olmak üzere yalıtım ve soğutma sıvıları olarak kullanılmıştır. Eski ekipmanların veya binaların onarımı ve yenilenmesi nedeniyle maruziyet devam edebilir. Dioksinler, atık yakmanın, karbon ve klor içeren endüstriyel işlemlerin yan ürünleridir.
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)	Karbon içeren yakıtların eksik yanmasıyla temas eden meslekler, katran.
Pestisitler	Organoklorinler, karbamatlar, organofosfatlar, tribültin, piretroidler Tarım uygulamaları Haşere tedavisi/uzaklaştırma Ahşap koruma, kirlenme önleyici uygulamalar
Alkilfenolik bileşikler	Alkilfenolik etoksilatlar (AFE'ler), Alkilfenoller (AF'ler) AFE'ler, tarımsal, endüstriyel ve tüketici uygulamalarında deterjan, emülgatör, ısıtıcı ve dağıtıcı ajan olarak kullanılan iyonik olmayan yüzey aktif maddelerdir. AF'ler AFE'lerin hammaddesidir ve üretim sürecinde kullanılır.
Bromlu alev geciktiriciler	Polikromlu difenil eterler, tetrabromobisfenol A, hekzabromosiklodekan

siklodekan (HBCD)	Polimer ve tekstil üretimi, elektronik
Bisfenol A	Polikarbonat plastik ve epoksi reçine üretimi
Farmasötikler	Asetilsalisilik asit, diklofenak, ibuprofen, ketoprofen, naproksen, parasetamol, klofibril asit, benzafrilat İnsan ağrıkesici ateş düşürücü, antibiyotik ve kanser ilaçlarının yaygın tüketimi Hayvan ilaç ve yem katkı maddeleri
Fitalatlar	Di-2-etilheksil fitalat (DEHF), di-izononil fitalat (DIF), di-n-heksil fitalat (DnHF), benzil bütıl fitalat (BBF), dibütıl fitalat (DBF), dietil fitalat (DEF) Polivinil klorürde esas olarak plastikleştirici olarak kullanılan yüksek moleküler ağırlıklı bileşikler (DEHF, DIF, DnHF) Kozmetik, yapıştırıcılar, mürekkep, boyalar, plastik ambalajlarda kullanılan düşük molekül ağırlıklı bileşikler (BBF, DBF, DEF).
Benzofenonlar	Benzofenonlar kozmetik ve plastiklerde kullanılan bir UV filtresidir. Baskı endüstrisinde, boyalarda, mobilya ve ahşap kaplamalarda da kullanılır.
Siklik metil siloksanlar	Kozmetikte, kişisel bakım ürünlerinde ve temizlikte kullanılan siloksanlar
Metaller ve metaloidler	Arsenik, kadmiyum, bakır, kurşun Madencilik, rafınaj, ergitme, böcek ilaçları, elektronik üretimi, inşaat, medikal sanayi.
Parabenler	Parabenler kozmetik ve eczacılıkta koruyucu olarak kullanılır.
Perfloroalkiller	Perflorooktanoik asit, perflorooktan sülfonat Yapışmaz kaplamalarda, leke tutmayan kumaşlarda, izolatörlerde vetekstilde kullanılır.

Farmasötikler ve alkilfenolik bileşikler, çevresel matrislerde her yerde bulunan endokrin bozucu kimyasal gruplardır. Farmasötik bileşikler, insan tüketimi veya veterinerlik ilaçları olarak amaçlanan yüz binlerce kimyasaldan oluşmaktadır ve bu liste, piyasaya yeni ilaçlar ve formülasyonlar sunulduğunda yıldan yıla büyümektedir. Bu durum, farmasötik bileşiklerin

doğadaki izlerinin tespitini daha da zorlu hale getirmektedir (Al-Odaini vd., 2010; Selvaraj vd., 2014; Wenzel vd., 2004).

ABD Çevre Koruma Ajansı, dünya çapındaki laboratuvarlara yardımcı olmak için 2007 yılında, Method 1694 olarak bilinen ve su, tortu, toprak ve biyo-katı örneklerindeki 74'ün üzerinde hedeflenen farmasötik bileşiklerin konsantrasyonlarını belirleyen kapsamlı bir teknik yöntem yayınlamıştır (Ferrer vd., 2010). Bu teknik yöntem, çevresel numunelerin sürekli izlenmesi için güvenilir yöntemler geliştirmede analitik kimyagerlere sunulan faydalı bir kaynaktır.

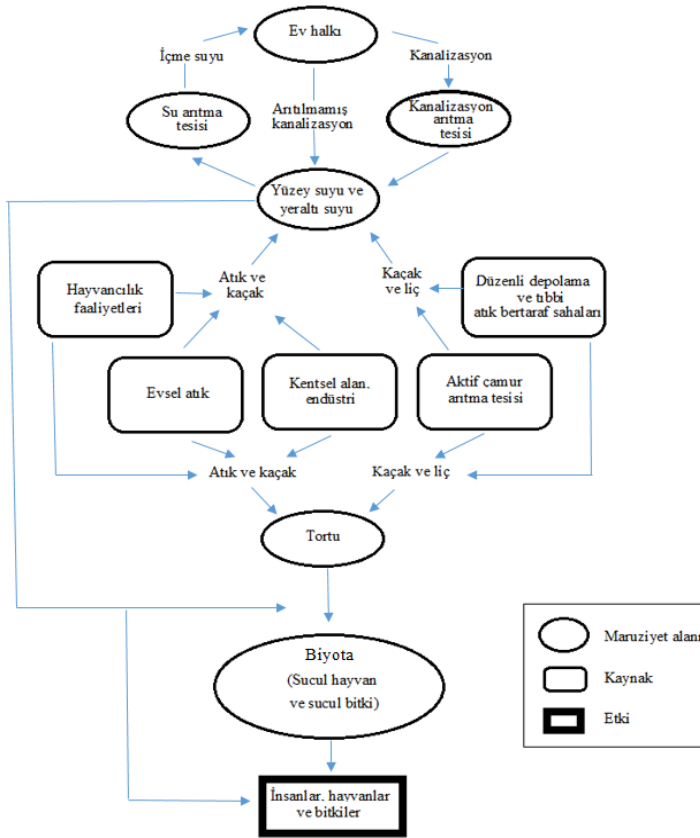
3. Endokrin bozucu kimyasalların çevreye etkileri

Endokrin bozucu bileşikler insanların ve vahşi yaşamın endokrin sistemleri üzerinde olumsuz etkilere yol açma potansiyeline sahip kimyasallardır. Endokrin bozucu kimyasalların atık suda, yüzey sularında, tortularda, yeraltı suyunda ve hatta içme suyunda mevcut olduğu bulunmuştur ve bundan dolayı son birkaç on yılda, bu sorunla mücadele etmek için araştırma çabaları muazzam bir şekilde artmıştır (Befenati vd., 2003; Durhan vd., 2006; Snyder vd., 2003; Ternes vd. 1999). Bu kimyasalların çevredeki dağılımı Şekil 1'de gösterilmektedir.

Çevre, çeşitli kaynaklardan ve çeşitli yollardan endokrin bozucu kimyasallardan olan farmasötiklere, östrojenik hormonlara ve alkilfenol bileşiklerine geniş ölçüde maruz kalmaktadır. Şekil 1'deki kavramsal diyagramda gösterildiği gibi, bu kirleticilerin ana kaynakları hayvancılık faaliyetleri, evsel atıklar, endüstriyel deşarj, aktif çamur arıtma tesisleri, düzenli depolama sahaları ve tıbbi atık bertaraf sahalarıdır. Bu kirletici maddeler; yüzey suyuna, yeraltı suyuna ve tortuya yukarıda belirtilen maruziyet alanlarından akış, atık ve sızıntı yoluyla karışmakta ve buralarda birirmektedir (Buszka vd., 2009; Omar vd., 2016; Ternes, 1998). Ayrıca kanalizasyon arıtma tesislerinden ve atık su arıtma tesislerinden çıkan sulardan farmasötik bileşikler etkili bir biçimde uzaklaştırılmaması durumunda ise çevresel organik kirleticiler olarak doğayı kirletmeye devam etmektedir. Sonuç olarak, bu kirleticiler, kirlenmiş ortamın yakınında yaşayan su hayvanları veya su bitkileri gibi biyotayı doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla günümüzde endokrin bozucu kimyasalların incelenmesinde atık su arıtma tesisleri önemli bir kaynak olarak yerini almıştır (Kolpin vd., 2002; Legler vd., 2002; Nakada vd., 2006).

Yüzey sularında farmasötik kalıntıların varlığı ve bu kirleticilerde çeşitliliğin ve konsantrasyonların her geçen gün artması, atık su arıtma tesislerinde içme suyu, atık su ve atık suyun yeniden kullanımını zorlaştıran bir çevre sorunu haline gelmiştir. Farmasötikler hastalara uygulandıktan sonra kimyasal formülasyonu değişmemiş ana bileşik ile birlikte çeşitli metabolitlerin bir parçası olarak kanalizasyona atılmaktadır. Diğer yandan eski veya kullanılmamış ilaçların kanalizasyona veya tuvalete atılması başka

bir kirlilik sebebidir. Her iki durumda da önemli miktarda farmasötik kalıntı, atık su arıtma tesislerine doğru yol almaktadır (Legler vd., 2002).



Şekil 1: Endokrin bozucu kimyasalları dağılımı

Ternes (1998), kanalizasyon arıtma tesislerinde ve nehirlerde ilaç oluşumunu izlemek için yapılan bir çalışmada, analiz edilen 32 farmasötik ilacın % 80'den fazlasının kanalizasyon arıtma tesisinin atık suyunda tespit edildiği sonucuna varmıştır. Benzer şekilde, Kolpin ve arkadaşları (2002), analiz ettikleri su örneklerinde neredeyse eşit oranda farmasötik, hormon ve organik atık su kirleticileri tespit etmiştir. Ayrıca, Heberer tarafından yapılan bir çalışmada, belediye atık sularında ve belediye kanalizasyon arıtma tesislerinin aşağı akışında bulunan yüzey sularında $\mu\text{g/L}$ seviyesine kadar 80'den fazla farmasötik bileşiğin ve birkaç ilaç metabolitinin tespit edildiğini belirterek yukarıdaki her iki bulguyu da desteklemektedir (Tan vd., 2007).

Türkiye’de bu mikrokirleyicilerin tespiti, çevre iz konsantrasyonlarının tayini ve bu kirleticilerin bertarafı ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça

sınırlıdır. Ülkemizdeki mevcut durumun tespiti ve bertaraf çalışmaları, bilim insanlarının ışık tutması gereken öncelikli konular arasında olmalıdır.

4. Endokrin bozucu kimyasalların tespiti ve analiz yöntemleri

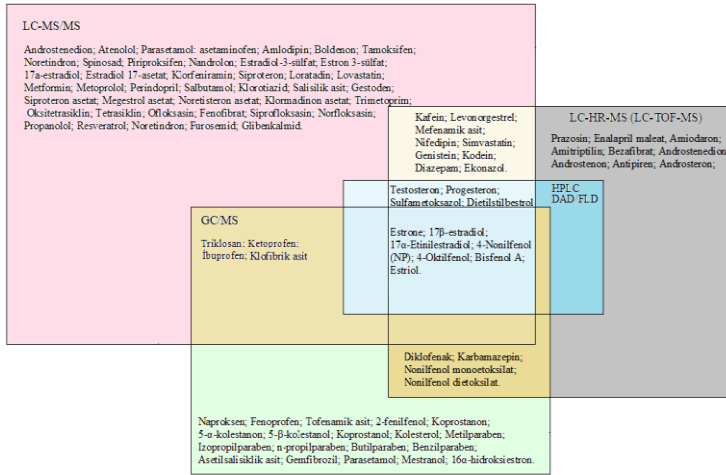
Çevresel matrislerde endokrin bozucu kimyasalları tespit etmek ve ölçmek için kullanılan analitik yöntemler ve teknikler değişiklik göstermektedir. Bu durum, matrislerin karmaşıklığından ve çevresel örneklerde bulunan geniş kirletici yelpazesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca endokrin bozucu kimyasallar maruziyet bölgelerinde son derece düşük konsantrasyonda bulunmaktadır. Bundan dolayı tespiti ve konsantrasyon tayini için oldukça hassas ölçüm yapan yöntemler gereklidir (Heberer, 2007).

Geçtiğimiz 15 yıl boyunca, endokrin bozucu kimyasallar için iz analizi belirleme, gaz kromatografisine (GC) ve sıvı kromatografisine (LC) dayalı iki enstrümantasyon yönteminin hâkimiyetinde gerçekleşmektedir. Her iki yöntemde de farklı dedektör tipleri seçilerek gerekli hassasiyete ve seçiciliğe sahip analizler yapılmaktadır. Gaz kromatografisinde alev iyonizasyon dedektörü (FID), elektron yakalama dedektörü (ECD) ve kütle spektrometri (MS) kullanılırken Ene ve Bogdevich, 2012; Flemming ve Bent, 2003; Hawthorne vd., 2000), sıvı kromatografisinde ise diyet dizi dedektörü (DAD), floresans ve kütle spektrometri kullanılmaktadır (Ribeiro vd., 2007; Selvaraj vd., 2014).

Her enstrümantasyon yönteminin kendisine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Endokrin bozucu kimyasalların tespiti ve ölçümü için kullanılacak yöntem bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olduğundan, bu enstrümantal teknikler, gerekli hassasiyeti sağlayamama ve bazı durumlarda zayıf seçiciliğe sahip olma gibi bazı sınırlamalar içermektedir. Bu nedenle, araştırmacılar üçlü dört kutuplu MS, iyon tuzaklı MS, uçuş zamanlı MS ve yörünge tuzaklı MS gibi daha karmaşık, hassas ve seçici dedektör sistemleri ile daha ileri düzey analiz yapmaktadır (Villar-Navarro vd., 2013).

Bazı farmasötiklerin, östrojenik hormonların ve alkilfenol bileşiklerinin tespiti ve ölçümü için kullanılan analitik yöntemler Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2’de gösterildiği gibi LC-MS/MS ve GC/MS, çevresel matrislerde özellikle farmasötikler, östrojenik hormonlar ve alkilfenol bileşiklerinin belirlenmesi için tercih edilen enstrümantasyon tekniklerdir. LC ve GC’ye dayalı enstrümantal tekniklere ek olarak Goda ve diğerleri tarafından bildirildiği gibi, bir biyoanalitik teknik çevresel uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Omar vd., 2016).



Şekil 2: Bazı endokrin bozucu kimyasalların tespiti ve ölçümü için kullanılan analitik yöntemler (Villar-Navarro vd., 2013).

5. Sonuç

Canlıların yaşamları için büyük tehlike yaratan mikrokirlleticiler ve tıbbi ilaçlar birtakım yollarla çevreye verilmektedir. Bu kimyasalların çevreye sürekli şekilde bırakılmasından dolayı istenmeyen çevre sorunları meydana gelebilmektedir. Biyolojik olarak bozulmayan bu kimyasalların giderimi için çalışmalar önem taşımaktadır ve bu konuda çalışan bilim insanları hızla artmaktadır.

6. Kaynaklar

- AL-ODAINI, N.M., ZAKARIA, M.P., YAZIZ, M.I., SURIF, S. (2010), Multi-Residue Analytical Method for Human Pharmaceuticals and Synthetic Hormones in River Water and Sewage Effluents by Solid-Phase Extraction and Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1217(44), 6791-6806.
- ASHBY, J., HOUTHOF, E., KENNEDY, S.J., STEVENS, J., BARS, R., JEKAT, F.W., CAMPBELL, P., VAN MILLER, J., CARPANINI, F.M., RANDALL, G.L. (1997), The challenge posed by endocrine-disrupting chemicals, *Environmental Health Perspectives*, 105(2), 164-169.
- BEFENATI, E., BARCELO, D., JOHNSON, I., GALASSI, S., LEVSEN, K. (2003), Emerging Organic Contaminants in Leachates from Industrial Waste Landfills and Industrial Effluent, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(10), 757-767.

- BERGMAN, A., HEINDEL, J., JOBLING, S., KIDD, K.A., ZOELLER, R.T. (2013), *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals – 2012*, 28 Aralık 2020 tarihinde World Health Organization: [file:///C:/Users/nazli/Downloads/9789241505031_eng%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/nazli/Downloads/9789241505031_eng%20(1).pdf) adresinden alındı.
- BOGI, C., SCHWAIGER, J., FERLING, H., MALLOW, U., STEINECK C., SINOWATZ F., KALBFUS, W., NEGELE, R.D., LUTZ, I., KLOAS, W. (2003), Endocrine Effects of Environmental Pollution on *Xenopus Laevis* and *Rana Temporaria*, *Environmental Research*, 93(2), 195-201.
- BUSZKA, P.M., YESKIS, D.J., KOLPIN D.W., FURLONG, E.T., ZAUGG, S.D., MEYER, M.T., Waste-Indicator and Pharmaceutical Compounds in Landfill-Leachate-Affected Ground Water Near Elkhart, Indiana, 2000–2002, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 82(6), 653-659.
- DURHAN, E.J., LAMBRIGHT, C.S., MARKNEN, E.A., LAZORCHAK, J., HARTIG, P.C., WISON, V.S. (2006), Identification of Metabolites of Trenbolone Acetate in Androgenic Runoff from a Beef Feedlot, *Environtal Health Perspectives*, 114 (ek 1) 65-68.
- ENE, A., BOGDEVICH, O., SION A. (2012), Levels and Distribution of Organochlorine Pesticides (OCPs) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Topsoils from SE Romania, *Science of The Total Environment*, 439, 76-86.
- FERRER, I., ZWEIGENBAUM, J.A., Thurman, E.M. (2010), Analysis of 70 Environmental Protection Agency Priority Pharmaceuticals in Water by EPA Method 1694, *Journal of Chromatography A*, 1217(36), 5674-5686.
- FLEMMING, I., BENT, H.S. (2003), *Evaluation of analytical chemical methods for detection of estrogens in the environment*, 28 Aralık 2020 tarihinde Danish Environmental Protection Agency: <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7972-968-1/pdf/87-7972-970-3.pdf> adresinden alındı.
- HAWTHORNE, S.B., GRABANSKI, C.B., MARTIN, E., MILLER, D.J. (2000), Comparisons of Soxhlet Extraction, Pressurized Liquid Extraction, Supercritical Fluid Extraction and Subcritical Water Extraction for Environmental Solids: Recovery, Selectivity and Effects on Sample Matrix, *Journal of Chromatography A*, 892(1-2), 421-433.
- HEBERER, T. (2002), Occurrence, Fate, and Removal of Pharmaceutical Residues in the Aquatic Environment: a Review of Recent Research Data, *Toxicology Letters*, 131(1-2), 5-17.

- IVETIĆ, T.B., DIMITRIEVSKA, M.R., FINČUR, N.L., . ĐAČANIN, L.J.R, GÚTH, I.O., ABRAMOVIĆ, B.F., LUKIĆ-PETROVIĆ S.R. (2014), Effect of Annealing Temperature on Structural and Optical properties of Mg-doped ZnO Nanoparticles and Their Photocatalytic Efficiency in Alprazolam Degradation, *Ceramics International*, 40(1), 1545-1552.
- KOLPIN, D.W., FURLONG, E.T., MEYER, M.T., THURMAN, E.M., ZAUGG, S.D., BARBER, L.B., BUXTON, H.T. (2002), Pharmaceuticals, Hormones, and Other Organic Wastewater Contaminants in U.S. Streams, 1999–2000: a National Reconnaissance, *Environmental Science and Technology*, 36(6), 1202-1211.
- LEGLER, J., ZEINSTRA, L.M., SCHUITMAKER, F., LANSER, P.H., BOGERD, J., BROUVER, J., VETHAAK, A.D., DE VOOGT, P., . MURK, A.J, VAN DER BURG, B. (2002), Comparison of in Vivo and in Vitro Reporter Gene Assays for Short-Term Screening of Estrogenic Activity, *Environmental Science and Technology*, 36(20), 4410-4415.
- LI, Q., SNOEYINK, V.L., MARÍÑAS, B.J., CAMPOS, C. (2003), Pore Blockage Effect of NOM on Atrazine Adsorption Kinetics of PAC: the Roles of PAC Pore Size Distribution and NOM Molecular Weight, *Water Research*, 37(20), 4863-4872.
- NAKADA, N., TANISHIMA, T., SHINOHARA, H., KIRI, K., TAKADA, H., Pharmaceutical Chemicals and Endocrine Disrupters in Municipal Wastewater in Tokyo and Their Removal during Activated Sludge Treatment, *Water Research*, 40(17), 3297-3303.
- OLUJIMI, O.O., FATOKI, O., ODENDAAL, J.P., OKONKWO, J.O. (2010), Endocrine Disrupting Chemicals (Phenol and Phthalates) in the South African Environment: a Need for More Monitoring, *Water SA*, 36(5), 671-682.
- OMAR, T.F.T., AHMAD, A., ARIS, A.Z., YUSOFF, F.M. (2016), Endocrine Disrupting Compounds (EDCs) in Environmental Matrices: Review of Analytical Strategies for Pharmaceuticals, Estrogenic Hormones, and Alkylphenol Compounds, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 85(bölüm C), 241–259.
- PELEKANI, C., SNOEYINK, V.L. (2001), A Kinetic and Equilibrium Study of Competitive Adsorption Between Atrazine and Congo Red Dye on Activated Carbon: The Importance of Pore Size Distribution, *Carbon*, 39(1), 25-37.

- PHILLIPS, B., HARRISON, P. (1999), Overview of the Endocrine Disrupters Issue, R.M. Harrison, R.E. Hester içinde, *Issues in Environmental Science and Technology* (s. 1-26), Trowbridge: Redwood Books.
- QUINLIVN, P.A., LI, L., KNAPPE, D.R.U., Effects of Activated Carbon Characteristics on the Simultaneous Adsorption of Aqueous Organic Micropollutants and Natural Organic Matter, *Water Research*, 39(8), 1663-1673.
- RIBEIRO, C., TIRITAN, M.E., ROCHA, E., ROCHA, M.J. (2007), Development and Validation of a HPLC-DAD Method for Determination of Several Endocrine Disrupting Compounds in Estuarine Water, *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 30(18), 2729-2746.
- SELVARAJ, K.K., SHANMUGAM, G., SAMPATH, S., JOAKİM LARSSON, D.G., RAMASWAMY, B.R. (2014), GC-MS Determination of Bisphenol A and Alkylphenol Ethoxylates in River Water from India and Their Toxicological Risk Assessment, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 99, 13-20.
- SNYDER, S.A., WESTERHOFF, P., YOON, Y., SEDLAK, D.L. (2003), Pharmaceuticals, Personal Care Products, and Endocrine Disruptors in Water: Implications for the Water Industry, *Environmental Engineering Science*, 20(5), 449-469.
- TAN, B.L., HARKER, D.W., MULLER, J.F., LEUSCH, F.D., TREMBLAY, L.A., CHAPMAN, H.F. (2007), Modelling of the Fate of Selected Endocrine Disruptors in a Municipal Wastewater Treatment Plant in South East Queensland, Australia, *Chemosphere*, 69(4), 644-654.
- TERNES, T.A. (1998), Occurrence of Drugs in German Sewage Treatment Plant and Rivers, *Water Research*, 32(11), 3245-3260.
- TERNES, T.A., STUMPF, M., MUELLER, J., HARBERER, K., WILKEN, R.D., SERSO, M. (1999), Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants-I Investigations in Germany, Canada and Brazil, *Science of The Total Environment*, 225(1-2), 81-90.
- TIJANI, J.O., FATOBA, O.O., BABAJIDE, O.O., PETRIK, L.F. (2015), Pharmaceuticals, Endocrine Disruptors, Personal Care Products, Nanomaterials and Perfluorinated Pollutants: A Review, *Environmental Chemistry Letters*, 14(1) 27-49.

TIJANI, J.O., FATOBA, O.O., PETRIK L.F. (2013), A Review of Pharmaceuticals and Endocrine-Disrupting Compounds: Sources, Effects, Removal, and Detections, *Water Air and Soil Pollution*, 224(1), 1-29.

VAN TONGEREN, M., NIEUWENHUIJSEN, M.J., GARDINER K., ARMSTRONG, B., VRIJHEID M., DOLK H., BOTTING B. (2002), A Job–Exposure Matrix for Potential Endocrine-Disrupting Chemicals Developed for a Study into the Association between Maternal Occupational Exposure and Hypospadias, *Annals of Occupational Hygiene* , 46(5), 465-477.

VILLAR-NAVARRO, M., RAMOS-PAYAN, M., FERNANDEZ-TORRES, R., CALLEJON-MOCHON, M., ANGEL BELLO-LOPEZ, M. (2013), A Novel Application of Three Phase Hollow Fiber Based Liquid Phase Microextraction (HF-LPME) for the HPLC Determination of Two Endocrine Disrupting Compounds (EDCs), n-octylphenol and n-nonylphenol, in Environmental Waters, *Science of The Total Environment*, 443, 1– 6.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 8

**Uluslararasılaşma Süreci Bağlamında, Uluslararasılaşmaya
Hazırlık Endeksi (IRI) Ve Süt Ürünleri Sektöründe Bir
Uygulama (Alperen Ekrem Çelikdin)**

Uluslararasılaşma Süreci Bağlamında, Uluslararasılaşmaya Hazırlık Endeksi (IRI) Ve Süt Ürünleri Sektöründe Bir Uygulama

Alperen Ekrem Çelikdin

Email: a.celikdin@gmail.com

Özet

İşletmelerin küreselleşen dünyada rekabet edebilir duruma gelmesi, uluslararasılaşma süreci yordamıyla yapılabilir. Bu sürecin modellerinden biri olan aşama modeli yöntemlerinden Uppsala modelinin kullanıldığı bir uluslararasılaşma hazırlık endeksi (IRI) oluşturulmuştur (Peter Liesch ve diğerleri, 2008). Bu endeks ile işletmelerin, dış uyarılar, davranışsal/psikolojik adanmışlık, işletme kaynakları ve yan atalet boyutları kullanılarak uluslararasılaşma seviyeleri ölçülmeye çalışılmıştır. Süt ürünleri örnek işletmesinin bu süreçte bulunduğu nokta analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu analiz yardımıyla rekabet üstünlüğü elde edebilmek için yapmak gerekenleri tespit için ölçme aşaması tamamlanmış olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: IRI, Uluslararasılaşma Süreci, Aşama Modelleri, Uluslararasılaşma Derecesi

1. Giriş

Küreselleşen dünyada, sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlayabilmek kaynakların tam kapasitede, verimli ve yenilikçi bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Sadece iç piyasada faaliyet göstermek, mevsimsel ve iç ekonomik daralmalar nedeniyle atıl kapasite oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle dış piyasalara da açılmak, boşluklarda bu kapasitelerin kullanımını sağlayabilir. Dış piyasalara açılabilme ise uluslararasılaşma sürecini tamamlamak gerekliliğini doğurmaktadır. Bu noktada işletmenin bulunduğu noktayı belirleyebilmek ve ölçebilmek bu sürecin yönetilmesine katkıda bulunabilecektir. Çalışmanın literatür araştırması kısmında öncelikle bu sürece ait modellerden bahsedilecektir. Ardından bu sürecin ölçümü ile ilgili yapılan çalışmalar verilecek, sonrasında örnek bir ölçek yardımıyla süt ürünleri örnek işletmesinin uluslararasılaşmaya hazırlık endeksi tespiti çalışmasından, ölçek tasarımı ve verilerin toplanmasından bahsedilecektir. Bulgular kısmında, işletmenin bu konuda ulaştığı nokta detaylandırılacaktır. Çalışmanın kısıtlarından ve ileriye yönelik geliştirmelerden bahsedilecek ve sonuç kısmı ile birlikte çalışma tamamlanacaktır.

2. Uluslararasılaşma Süreci

Uluslararasılaşmada ilk adım, uluslararası koşulların ve bu alandaki fırsatların farkına varılmasıdır. Daha sonra yönetim, uluslararası alana sınırlı bir kapasite ve faaliyetle girmeye karar verir ve bu sınırlı çabalardan elde edilen sonuçlara göre faaliyetlerin arttırılmasına ve genişletilmesine karar verilir (Demirci ve Aydemir, 2008:84).

Seymen ve Bolat, işletmeleri uluslararasılaşma seviyesine ve küresel etkinlik düzeyine göre, ulusal, uluslararası, çok uluslu, küresel, ulus ötesi ve uluslar üstü olarak sınıflandırmışlardır (Seymen ve Bolat, 2005: 55-60). Uluslararasılaşmayı literatür, doğrudan yabancı yatırım, aşama modelleri ve şebeke ağı modeli olmak üzere üç temel yaklaşımla ele almaktadır (Erkutlu ve Eryiğit, 2001: 149).

İşletmelerin yurtdışına açılma serüvenini açıklamada aynı zamanda, kaynak temelli yaklaşım, uluslararasılaşma kuramı ve eklektik kuramından da bahsedilmelidir. Kaynak temelli yaklaşım, uygun yurtdışına açılma şeklinin, pazarlama ile maliyet etkinliğini dengeleyen açılış şekli olduğunu savunmaktadır. Kaynak temelli yaklaşım doğrudan dış yatırımın yanı sıra, ihracat, lisans anlaşmaları ve yönetim anlaşmaları gibi seçeneklerin değerlendirilmesine de olanak vermektedir. Kaynak temelli yaklaşım işletmelerin amaçlarının ve ürünlerinin doğasına ilişkin bilgiler ışığında, her bir dış açılma şeklinin sunduğu kontrol düzeyini dikkatli bir şekilde gözden geçirmelerini salık vermektedir. (Ekeledo, Ikechi ve Sivakumar, 2004: 72-73).

Uluslararasılaşma kuramı, bir işletmenin yerel bir ortakla yabancı bir pazarda lisans veya tedarik anlaşmasına girmektense, kendine ait bir üretim tesisi kurup işletmenin gerekliliğini savunmaktadır. Diğer bir deyişle, kuram, ihracat ve lisans anlaşmaları gibi düşük düzeydeki uluslararasılaşma şekillerini tercih etmemektedir. Bu tercihte pazarlık maliyetleri, denetim maliyetleri, anlaşmaya uygunluğu takip maliyetleri ve ilgili işlemlerin etkili olduğu söylenebilir. Uluslararasılaşma kuramı görüşlerini, tam rekabetin varlığı, işletmelerin homojen olması, kaynakların işletmeler arasında serbest dolaşabilirliği, ana işletme ile şubeler arasında know-how transferinin mümkün olduğu gibi varsayımlara dayandırmaktadır (Ekeledo, Ikechi ve Sivakumar, 2004: 71).

Ekletizmde, farklı öğeler bütünü oluşturur ve bu öğeler birbirlerine eklenmiştir. Diğer bir deyişle, diğer kuramların hepsi farklı durumlarda kullanılabilirliğine sahiptir. Buradaki varsayım, farklı kuramların hiçbir çatışma üretmeden, kendi doğalarına uygun olarak yerlerini korumaları ve birbirlerine karşı denge içinde olmalarıdır. Eklektik kuram, uluslararasılaşma kuramının eksikliklerini gidermeye çalışan ve sahiplik

üstünlüğü, yer (location) üstünlüğü ve uluslararasılaşma üstünlüğü ile öne çıkan bir kuramdır (Ekeledo, Ikechi ve Sivakumar, 2004: 71-72).

2.1 Doğrudan Yabancı Yatırım

Ekonomi alanında, II. Dünya Savaşından sonra yaşanan uzun canlılık döneminde, dünya ticareti ve yerli yatırımlarda önemli artışlar oldu. Uluslararası ekonominin zenginliği, büyük ölçüde ihracata bağımlıydı. Ancak, 1980'lerin başından bu yana farklı bir yönelim baş gösterdi. Burada dikkat çeken nokta, ihracata göre, doğrudan yabancı yatırımında ani bir yükseliş olmasıdır. Bu, üretimdeki büyümeyle kıyaslandığında, ihracattaki büyümenin durmadığını, doğrudan yabancı yatırımın artması ile birlikte, ihracattaki büyümenin azaldığını gösteriyor. İhracattaki azalma, üretim alanındaki bir azalmadan kaynaklanmıyor, aksine üretim alanında da önemli artışlar yaşanıyor. Ancak, doğrudan dış yatırımlar, gümrüklerden çıkan malların miktarında bir azalışa neden oluyor. Son on yıl boyunca, doğrudan dış yatırımlar (foreign direct investment FDI), dünya ekonomi tarihinde çok önemli bir yere sahiptir. FDI, dünyanın toplam sabit sermaye biçimindeki yatırımlarının % 80'ini oluşturmaktadır. FDI, mamul mal ticaretine alternatif yan üretim alanları yaratmakta ve montaj faaliyetlerini kapsamaktadır; aynı zamanda otelcilik ve perakende satış gibi pazarlanabilir hizmetlerin en önemli ihraç birimidir. 1950'li yıllarda FDI, birincil metallerde ve tabii kaynak yoğun sektörlerde toplanmıştı. Günümüzde ise daha çok, hizmet sektöründe ve teknoloji yoğun imalat sektöründe yoğunlaşmaktadır (Tutar, 2000:81-82)

Bu yaklaşıma göre firma, üretiminin her düzeyi için ekonomik işlem maliyetlerinin minimize edilmesini amaçlamaktadır. Uluslararasılaşma buna göre gerçekleşmektedir (Erkutlu ve Eryiğit, 2001: 156).

2.2 Aşama Modelleri

Uluslararasılaşma literatüründe yer alan ve çeşitli yazarlarca benimsenen ve ortaya konan davranışsal ve öğrenme temelli modellerdir. Yazarlar bu modellerin doğrudan yatırım teorisinden daha dinamik olduklarını belirtmektedir (Erkutlu ve Eryiğit, 2001: 156). Uluslararasılaşma sürecinde aşama modelleri iki ayrı model olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu modellerden ilki inovasyon temelli uluslararasılaşma modeli (I Modeli), diğeryse Uppsala uluslararasılaşma modeli (U Modeli) dir. U modelinin önermesine göre, uluslararasılaşma dinamik bir döngüdür, uluslararasılaşma aşamasının durumundaki değişme, uluslararasılaşma aşasına bağlıdır. Sonuç olarak, uluslararasılaşmanın durum ve değişim boyutları arasındaki nüans vurgulanmıştır. Mukayese etmek gerekirse, I modeli ihracatı, işletme için inovasyon fırsatı olarak görmektedir. Tüm bu modeller, uluslararasılaşmayı, değişken aşamaları olan, birbirini izleyen, artımlı bir süreç olarak görmektedir (Wickramasekera ve Oczkowski, 2006:40).

Uppsala modeline göre uluslararasılaşma aşamaları ise şu şekildedir (Erkutlu ve Eryiğit, 2001: 157);

Birinci aşama: Düzenli bir ihracat etkinliği bulunmamaktadır.

İkinci aşama: İhracat bağımsız acenteler aracılığıyla yapılmaktadır.

Üçüncü aşama: Yabancı ülke satış temsilciliğinin kurulması.

Dördüncü aşama: Yabancı ülke üretim ünitelerinin kurulması.

I modeli ise öğrenme üzerinde odaklanmakta ve uluslararasılaşmayı yeniliği benimsemekle açıklamaktadır. Bir başka ifade ile uluslararasılaşma kararı firma içi bir yenilik kararı olarak görülmektedir. Modeller Roger'in "benimseme süreci aşamaları" yaklaşımının türevleridir. Bu modele göre uluslararasılaşma aşamaları ise şu şekildedir (Erkutlu ve Eryiğit, 2001: 158);

Bilkey ve Tesar'a göre;

Birinci aşama: İşletme yönetimi ihracatla ilgilenmemektedir.

İkinci aşama: İşletme yönetimi, ihracat için sipariş almaya isteklidir, ancak bunun için bir çaba göstermemektedir.

Üçüncü aşama: İşletme yönetimi fiili ihracatın olabilirliğini aktif olarak araştırır.

Dördüncü aşama: Firma psikolojik olarak yakın bazı ülkelere, tecrübeye dayalı ihracat yapar.

Beşinci aşama: Firma tecrübeli bir ihracatçıdır.

Altıncı aşama: Firma psikolojik olarak daha uzak gördüğü diğer bazı ülkelere de ihracat yapıp yapılamayacağını araştırır.

Bu mantıkla hazırlanmış, Çavuşgil, Czinkota ve Reid' e göre de uluslararasılaşma aşamaları bulunmaktadır.

2.3 Şebeke Ağı Modeli

Girisimci açısından ağ yaklaşımı, sosyal değişim ve kaynak bağımlılığı teorilerine dayanmakta ve işletmenin kurumlar ve kişiler arası ilişkilere odaklanan davranış yapısını açıklamaktadır. Pazar ilgisini ve yabancı pazarlara olası giriş biçimlerini içeren ağ yaklaşımı, uluslararası pazar gelişimini ve satışların artmasını sağlayan bir yaklaşımdır (Altıntaş ve Özdemir, 2006: 189).

2.4 Uluslararasılaşma Seviyesi Ve Ölçümü

Son zamanlardaki çalışmalar, aşama modellerinin faydasını ortaya koysada, bazı kısıtların halen mevcut modellerde bulunduğu da bir gerçekliktir. Bu kısıtlılıklar, uluslararasılaşmanın altında yatan kuramın tek bir tanımının olmaması, uluslararasılaşma aşamalarını sınırlandırma zorluğu veya uluslararasılaşma seviyesinin ölçümü olarak belirtilmektedir (Wickramasekera ve Oczkowski, 2006: 51). Bu eksikliklerden, uluslararasılaşma seviyesinin ölçümü konusu literatürde kapsamlı yer bulmuş ve çeşitli yöntemlerle ölçülmeye çalışılmıştır. Kurumsal uluslararasılaşmanın ölçümü, son zamanlarda, küreselleşme tartışmalarında hayati bir önem kazandı (Dörrenbacher, 2000: 119).

Araştırmacılar, bir işletmenin uluslararasılaşma seviyesini ölçmek için bir kaç ölçek kullandılar. Bunlar, toplam satışa oranla, yabancı satış hacmi, yabancı sabit kıymetlerin toplam sabit kıymetlere oranı, yabancı iştirakların sayısı (Sullivan, 1994:325-342). Bir işletmenin uluslararasılaşma derecesinin ölçümüne ait araştırma varsayımlarından bir tanesi de yüksek derecede uluslararasılaşmanın, söz konusu işletmenin, yenilikçiliği, operasyonel verimliliği, iyileştirilmiş toplam performansı veya rekabet üstünlüğü sağlayabilme özelliği ile alakalı olduğudur (Syzmura, 2013: 106)

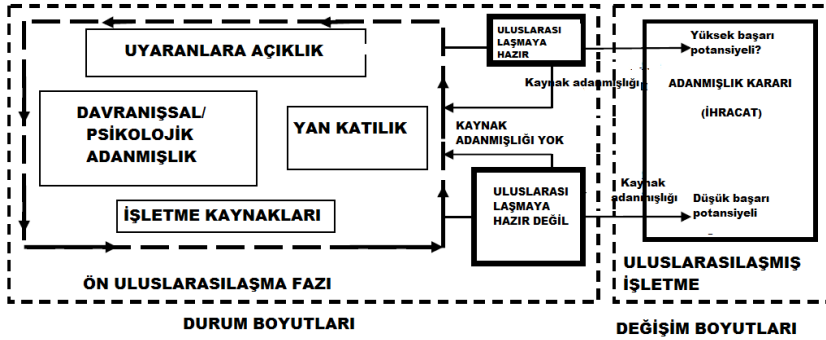
Wickramasekera ve Oczkowski kurdukları modelde, uluslararasılaşma ile ihracatın doğrudan alakalı olduğunu, ihracat aşamasına geçene kadar geçilen aşamaları, farkındalık, ilgi, deneme ve uygulama aşamaları olduğunu belirtmiş ve bu aşamaları Polonyanın şarap üretim firmalarında soru formu vasıtasıyla veri topladıktan sonra faktör analizi ile ölçmüştür (Wickramasekera ve Oczkowski, 2006: 44). Ölçümler sonucunda, yenilikçilik uyarılma sürecinin, ihracat davranış modeli geliştirme sürecini geliştirdiğini empirik olarak belirlemişlerdir. Bunun yanında ihracat yapan firmaların, karar süreçlerine katkıda bulunmuştur, bu ölçeği kullanan firmalar, ihracat kararı alıp almama ile ilgili somutlaşmış veri setine sahip olabilmışlerdir.

Altıntaş ve Özdemir, ihracat yapan kobilerin, uluslararasılaşma yapılarını analiz etmişlerdir. Bu analiz uluslararasılaşma hızı ve tercih edilen uluslararasılaşma modeli ile uluslararasılaşma derecesinin ölçülmesini içermiştir. Uluslararasılaşma düzeyini Sullivan' ın geliştirdiği *DOIINT* (Uluslararasılaşma derecesi) ölçeği ile ölçmüşlerdir. Yaptıkları hesaplamalar neticesinde Türk işletmelerinin Avrupa pazarlarına yönelik uluslararasılaşma derecesi 1,622 olarak bulmuşlardır (Altıntaş ve Özdemir, 2006: 183-204).

3. Metodoloji

3.1 Amaç

Daha önce uluslararasılaşma süreciyle ilgili olarak, işletmelerin bu süreçte olan hazır olma seviyelerini ölçen bir indeks geliştirilmişti. Bu indeks uppsala uluslararasılaşma modelini baz alarak, süreç nerede başlıyor, işletmenin süreçte olan hazırlık seviyesini belirleyen, uyarılar, davranışsal/psikolojik adanmışlık, kaynaklar ve yan katılık açısından analizi oluşturulmuş ve 274 işletmede tutarlılığı gözlemlenmişti (Peter Liesch ve diğerleri, 2008). Bu dört boyut aynı çalışmada şu şekilde açıklanmıştır, ön uluslararasılaşma fazında öğrenme süreci, iç ve dış bilgi kaynaklarına erişim (uyarılar), bu yolla davranışsal ve psikolojik adanmışlık elde etmek ve işletmenin kaynaklarına göre belirlenen önleyici faktör ve davranışlar (yan katılık) olarak tanımlanmışlardır. Şekil 1 IRI modelini açıklamaktadır.



Şekil 1: IRI Modeli
Kaynak: Peter Liesch ve diğerleri, 2008

Bu çalışmada bu yöntem, süt ürünleri üretim ve dağıtımını yapan ve uluslararasılaşma amacıyla doğrudan yatırım yapan bir işletmenin hazır olma seviyesini ölçmek için kullanılacaktır.

3.2 Yöntem

Ölçülecek değişkenlerin tanımı şu şekilde yapılmıştır (Peter Liesch ve diğerleri, 2008);

Uyarılar Açıklık: Ön ihracat modeli, karar vericinin, dış kaynaklardan gelen motivasyon, hassasiyet, tetikleyici ipuçları ve dikkat çağrıştıran uygun malumatlara açıklığının önemliliğini ifade etmektedir.

Davranışsal ve Psikolojik Adanmışlık: Uyarılar tarafından gelen malumatın, karar vericiyi nasıl hareketlendireceği, onda uyandıracığı dikkat ve alakaya bağlıdır. Uyarana açık olmaktan kasıt, karar vericiyi tetiklemekle ilgilidir. Bu uyarı ileri katılım tutumu sağlar veya sağlayamazsa, karar vericiyi dış fırsatları kovalamak için zorlayarak, işletme stratejilerini, daha fazla

alternatifleri değerlendirmek konusunda bir çeşit davranışsal veya psikolojik adanmışlık sağlama konusunda aşılayabilir.

İşletme Kaynakları: Ön ihracat çerçevesi bir işletmenin kaynak özelliklerinin, o işletmenin öğrenme süreci ile dış pazara açılma hazırlığı arasında önemli bir faktör olduğunun altını çizmektedir. Kaynak bazlı yaklaşımında, bir işletmenin maddi ve maddi olmayan kaynaklarının, işletmenin uzun vadede sürdürülebilir, rekabet üstünlüğü sağlamadaki önemi uzunca tartışılmıştır.

Yan katılım: Çalışmalar, uyaranlara açıklığın tek başına, işletmeyi dış pazarlara açılmakta adanmışlığa sevk edemediğini ortaya koymuştur. Bu yönde karar verme konusunda davranışsal bir esnek olamayıp, yan katılımın ılımlaştırıcı etkisinin varlığının sebep olduğu belirtilmektedir.

3.3 Örneklem Ve Veri Toplama Yöntemi

- İşletme öncelikle, ihracattan ziyade iç Pazar liderliğini amaçlamış, bu amacına ulaşip yerini sağlamlaştırdıktan sonra, bizim yapımıza uzak olmayan Suriye, Irak, Suudi Arabistan gibi ülkelere ihracat denemeleri yapmıştır.
- İkinci aşamada, dış pazarları araştırmış, Avrupaya açılabilmek için yine bize en yakın kültür yapısı ve ortak geçmişe sahip Makedonyayı doğrudan yatırım olarak seçmiştir.
- Sıfırdan fabrika kurma maliyetlerine katlanmak yerine, faaliyet gösteren yerel işletmelerden kendince uygun gördüğünü modernize etme yoluna gitmiştir.

IRI Yöntemi soru formunda bulunan 72 ifade, firma genel müdürü ile telefonda görüşülerek doldurulmuştur.

4. Bulgular

Söz konusu eserde paylaşılan karşılaştırmalı endeks sonuçları ile, faktör yükleri ağırlıklı ortalamalarına göre oluşturulan örnek işletme IRI sonucu aşağıda verilmiştir;

Firma	Uluslararasılaşma Hazırlık Endeksi (IRI)	Uyaranlara Açıklık Endeksi	Adanmışlık Endeksi	Firma Kaynak Ayrım Endeksi	Yan Katılık Endeksi
1	2.459	1.983	3.056	2.214	2.418
2	2,321	1.743	1.843	1.565	0,867
3	1.872	1.536	0,839	1.070	0,956
4	1.955	1.885	1.865	1.151	2.082
(X A.Ş.)	2,4435	3,0384	2,4995	2,4646	1,8190

Şekil 2: Karşılaştırmalı IRI sonuçları

Kaynak: Liesch ve diğerleri, 2008: 13

- İşletme yeterli kaynakları ayırmaktadır. Kaynak adanmışlığı seviyesi görece yüksektir. Lakin kritik sorulara verilen cevaplar düşüktür, örneğin pazarlama malumat sistemine kaynak ayrılmadığı ve yaygın müşteri servis ağına sahip olunmadığı belirtilmektedir. 2,46
- Adanmışlık yüksek seviyededir, lakin dış pazara girmeden önce, yapımıza uygunluk analizinin % 50 başarılı olduğu belirtilmiştir. 2,49
- Uyaranlara açıklık seviyesi, born global firmalardan bile daha yüksek oranda çıkmıştır, buda halen sıkıntılı durumdan çıkış için fırsatların üst düzeyde arandığını göstermektedir. 3,03
- Yan katılık yüksek çıkmıştır, buda itidalli yaklaşım olduğunu göstermektedir, zira işletme zarar etmektedir. 1,81
- IRI nihai sonucu, Born Global firmalar seviyesinde 2,44 olarak hesaplanmıştır. İşletme, uluslararasılaşma yolunda çok mesafe katetmiş olması nedeniyle bu hazırlık aşamaları tamamlanmıştır. Endeks değerlerinin yüksek çıkması da bu bulguları desteklemektedir. İşletmenin Pazar payının düşük olma nedeni, ürünlerinin dış pazara tam olarak uyum sağlamaması ve pazarlama için yeterli malumat sistemlerine kaynak ayırmaması olarak görülmektedir.

5. Sonuç

Endeksin güvenilirlik analizlerinin örnek sayısı artırılarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu endeks sonuçları, fiili durum ile örtüşmekte, bu durumda ölçüm kabiliyetine işaret etmektedir. Çalışmanın zaman ve kaynak sıkıntısı

nedeniyle tek bir işletmede yapılması, genelleştirilmeyi engellemektedir. İleriki çalışma olarak Türkiye Kobi lerinden homojen bir örneklem ile IRI ölçümü yapılabilecektir.

6. Kaynaklar

Altıntaş H. ve Özdemir E., “İhracat İşletmelerinin Uluslararasılaşması: Türkiye’de Faaliyet Gösteren Kobi’lere Yönelik Bir Araştırma”, Uludağ Üniveristesi Sosyal Bilimler Dergisi, 1. Sayı, 183-204, 2006

Demirci ve Aydemir, “İşletmelerin küreselleşme stratejileri”, Detay Yayıncılık, Ankara, 2008

Dörrenbacher C., “Measuring Corporate Internationalisation A Review of Measurement Concepts and their Use”, Intereconomics Dergisi, Mayıs Haziran Sayısı, 119-126, 2000

Ekeledo, Ikechi ve Sivakumar, K., “International entrymode strategies of manufacturing firms and service firms A resource-based perspective” International Marketing Review Dergisi, 21-1, 68-101, 2004

Erkutlu H. Ve Eryiğit S., “Uluslararasılaşma Süreci”, Gazi Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi, 3-149-161, 2001

Leish P. ve diğerleri, “Constructing an Internationalisation Readiness Index”, AIB Yıllık buluşma bildirileri, 2008

Seymen A. Ve Bolat T., “Küreselleşme ve çok Uluslu İşletmecilik”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2005

Sullivan D., “Measuring the Degree of Internationalization of a Firm”, International Business Studies, Dergisi, 25-2, 325-342: 1994

Szymura T. M., “Measuring the degree of firms internationalization at their early stages of international commitment”, Journal of Economics & Management Dergisi, Sayı 13, 102-118, 2013

Tutar H., “Küreselleşme sürecinde işletme yönetimi”, Hayat Yayıncılık, İstanbul, 2000

7. Ekler

UHE Tespit Anketi

Likert Ölçeği formatı

1. Kesinlikle katılmıyorum
2. Katılmıyorum
3. Ne katılıyorum, ne de katılmıyorum, kararsızım
4. Katılıyorum
5. Kesinlikle katılıyorum

Soru Formu

1. Değişken Uyarılara açıklık boyutu

Pazar Benzerlik ve Avantajları:

- S30. Benzer kültür yapısı özellikleri taşıyan ihracat pazarında faaliyet göstermek isteriz
- S31. Benzer bir anadil kullanılan potansiyel dış pazarda faaliyet göstermek isteriz
- S32. Faaliyet göstereceğimiz potansiyel dış pazarda döviz kurunun durağan olmasını isteriz
- S33. İhracat yapacağımız zaman döviz kurunu kendimiz belirlemek isteriz
- S34. Potansiyel dış pazarda işleyen bir kanun düzeni olmasını isteriz

Büyüme ve Kar Potansiyeli

- S35. Potansiyel dış pazarda, ihracat işlemleri sıcak karşılanmalı
- S05. Rekabet avantajının ulaşılabilir olduğu potansiyel dış pazara yönelmek isteriz
- S06. Potansiyel dış pazarda etkili olabilecek yegane ürünümüzle girmek isteriz
- S07. Potansiyel dış pazarda ölçek ekonomisi ulaşılabilir olmalı (Hacim büyüdükçe karlılık artmalı)
- S08. Potansiyel dış pazarda ekstra satış ve karlar olası olmalı
- S09. Potansiyel dış pazarda kurumsal büyüme ulaşılabilir olmalı

Ana Pazarda Sınırlı Büyüme ve Karlılık

- S10. Potansiyel dış pazarda, işimiz büyütülebilmeli
- S14. Ana pazar durağan ise potansiyel dış pazarlara açılmak isteriz
- S15. Ana Pazar küçülüyorsa potansiyel dış pazarlara açılmak isteriz
- S16. Ana pazarda satışlar ve karlılık düşüyorsa dış pazarlara açılmak isteriz

Risk Yönetimi

- S11. Mevsimlik bir ürünün satışları potansiyel dış pazarlara açılarak dengelenebilir
- S12. Atıl kapasite potansiyel dış pazarlara açılarak kullanılabilir
- S13. Riskler potansiyel dış pazarlara açılarak daha iyi yönetilebilir

2. Değişken Davranışsal/Psikolojik Adanmışlık

Tahkik ve Malumat Toplama

- C05. Uluslararası tecrübesi olan yöneticilerin fikirlerini almaya çalışırız
- C06. Kendi kaynaklarımızdan pazarı araştırırız
- C07. Potansiyel dış pazarda faaliyet gösteren firmalardan, konuya daha uygun malumatlara ulaşmak için istifade etmeye çalışırız
- C08. Potansiyel dış pazarın yerel yönetimlerinden bilgi almaya çalışırız
- C09. Potansiyel dış pazarda faaliyet gösteren tedarikçi ve iştiraklerimizden bilgi almaya çalışırız
- C10. Potansiyel dış pazarda faaliyet gösteren sözleşmeli tedarikçi ve dağıtıcılardan bilgi almaya çalışırız
- C22. İş ağıımızda bulunan bir firmadan yardım ve destek almaya çalışırız

Pazar Değerleme ve Kıymetlendirmesi

- C13. Potansiyel dış pazardan veri toplaması için, bir veya bir grup çalışanımızı görevlendiririz.
- C14. Potansiyel dış pazara girmeden önce fırsat ve tehditleri detaylıca analiz ederiz
- C15. Potansiyel dış pazara girmeden önce iç kaynak ve yeterliliklerimizi değerlendirmeye tabi tutarız
- C16. Potansiyel dış pazara girmeden önce, bu pazara girmenin işletme hedeflerimize uyup uymadığını muhakeme ederiz
- C18. Potansiyel dış pazara ihracat yapmanın, işletmemize oluşturabileceği potansiyel risklerini tespit ederiz

3. Değişken İşletme Kaynakları

Teknoloji yatırımı ve AR-GE

- R27. İşletmemiz üretimde inovatif teknolojiler kullanıyor
- R32. İşletmemiz Ar-Ge ye yüksek kaynak ayırıyor
- R33. İşletmemiz pazarlama faaliyetlerine yüksek kaynak ayırıyor
- R34. İşletmemiz ileri mühendislik ve tekniklere sahip
- R35. İşletmemiz yüksek teknoloji üretim teknolojileri kullanır
- R36. İşletmemizin bünyesindeki teknolojilere ait patent ve isim hakları mevcuttur
- R39. İşletmemiz pazarlama istihbarat ve malumat sistemlerine yüksek kaynak ayırıyor

Yönetmel ve Çalışan Yetkinlikleri

- R12. İşletmemizin yüksek potansiyele sahip proaktif karar vericileri var
- R13. İşletmemizin yüksek potansiyele sahip uluslararası yetkinliğe sahip karar vericileri var
- R14. İşletmemizin yüksek potansiyele sahip karlılık odaklı karar vericileri var
- R15. İşletmemizin yüksek potansiyele sahip büyüme odaklı karar vericileri var
- R16. İşletmemizin yüksek potansiyele sahip yüksek risk yönetimi toleransına sahip karar vericileri var

İş Ağı Üyelikleri ve Bağları

- R41. İşletmemiz ihracatçı birliklerine üye
- R42. İşletmemiz ihracatçı firmalar örgüt ağına erişime sahip
- R43. İşletmemiz ihracat yapan diğer firmalar ile bağlara sahip
- R44. İşletmemizin ihracat yapılan pazarda iyi kurulmuş yerel tedarik/distribütör ağlarına sahip

Ana Pazar Başarısı

- R04. İşletmemiz kendi ülkesinde bir çok alanda faaliyet gösteriyor
- R21. İşletmemiz içerde güçlü bir yapıya sahip
- R22. İşletmemizin iç satışları yüksek

İşletmenin Ünü ve Yaygınlığı

- R01. İşletmemiz dış pazarda tanınmaktadır
- R02. İşletmemiz dış pazarda yaygındır ve senelerdir faaliyet göstermektedir
- R38. İşletmemiz dış pazarda yaygın bir müşteri servis ağına
- R40. İşletmemiz dış pazarda en az 5% to 10% Pazar payına sahiptir

4. Değişken Yan Katılık

Memnuniyet, Rahatlık ve Değişime İsteksizlik

- L18. Mevcut durumdan ve işlerin yürütümünden memnunuz
- L19. Satış ve karlarımızdan memnunuz
- L20. Operasyon yöntemlerimizi değiştirmeye lüzum görmüyoruz
- L21. Yapılmış olanın üzerine koymaya lüzum görmüyoruz
- L25. İşimizin doğası gereği problem çözebilmek için gerekli yetkinlikler zaten bizim yatkın olduklarımız
- L27. Değişimden nefret ederiz

Sınırlı Bilgi ve Tecrübe

- L30. İhracat faaliyetlerinde bulunabilecek bilgi birikimine sahip değiliz
- L31. İhracat faaliyetlerinde bulunabilecek deneyime sahip değiliz
- L32. Dış pazarlarda işlerin nasıl yürüdüğüne ait bilgiye sahip yöneticilerden yoksunuz
- L33. Daha önce iş yapmadığımız dış pazarlarda faaliyette bulunmak konusu her zaman yüksek seviyede risk içerir
- L34. Daha önce ihracat yapmadığımızdan buna hazırlanmamız çok maliyetli olacaktır

Sınırlı Malumat Araştırması ve Uyarı Algısı

- L01. Coğrafi olarak uzak ve izole durumdayız
- L02. Ana Pazar işlerine boğulmuş durumdayız
- L03. İhracat uyarılarına pek kulak asmıyoruz
- L04. Tercih edilebilir ihracat uyarılarının farkındalığına sahip değiliz
- L06. İhracat konusundaki malumatlara ulaşmakta güçlük çekiyoruz

L10. Malumat araştırmasıyla pek ilgili değiliz

L12. Ana pazara çok kaynak ayırdığımızdan, dış uyaranları tercih edebilecek durumda değiliz

L13. Tercih edilebilir dış uyaranlardan faydalanmak için yeterli kaynağımız bulunmadığını düşünüyorum

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 9

Meryemana Diken [*Silybum marianum* (L.) Gaertner]
Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi
(Zeynep Dumanoglu)

Meryemana Dikeni [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] Tohumlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Zeynep Dumanoglu

Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü,

E-mail: zdumanoglu@bingol.edu.tr

1. Giriş

Meryemana dikeni, Asteracea familyasının Cardueae (Cynareae) tribusunun Carduinae subtribusunun *Silybum* cinsi içerisinde yer almaktadır. Avrupa ve Akdeniz’de antik çağlardan itibaren bilinen ve geleneksel tıpta kullanılan bu bitki yaklaşık 2000 yıldır kullanılmaktadır (Corchete, 2008; Bielski, 2021). Kuzey Afrika, Güney Avrupa, Anadolu, Hindistan, Pakistan, Kaşmir ve Amerika’da yetişebilmektedir (Hammouda et al., 2005; Yılmaz ve ark., 2016; Eren & Şar, 2020). Türkiye’de tek bir türle temsil edilen bir takson olsa da endemik olan bir tür ile (*S. marianum* (L.) Gaertn. Spp. *anatolicum* Meriçli) birlikte iki adet alt türü yetişmektedir. Meryemana dikeni, Türkiye’de Orta ve Doğu Anadolu Bölgeleri dışındaki diğer bölgelerde rahatlıkla rastlanabilen (Arslan ve ark., 2015) ve yetiştiği yere göre farklı isimlerle (deve dikeni, deve kengeli, sütlü kengel, akkız, kenger ot, akdiken, mübarek diken, yabani enginar, kıbbun ve şevkülmeryem) de bilinen bir bitkidir (Eren & Şar, 2020).

Genel olarak farmakolojik araştırmaların yoğun bir şekilde incelediği materyallerinden biri olan meryemana dikenin (*S. marianum* (L.) Gaertn.) içerisinde bulunan silimarin (%36.3 silibin, %5.9 silidianin ve %15.7 silistirin) üç flavonolignandan oluşmaktadır. Bu etkin madde bitkinin tohumları ve kabuklarından özütler elde edilebilmektedir (Gök ve ark., 2013). Ayrıca, nişasta, tanin, tiramin, tryramin, histamin, amin, albümin, steroller, uçucu yağlar gibi materyalleri de içermektedir (Tanker & Tanker, 2003; Katar ve ark., 2013; Yılmaz ve ark., 2016). Bitkinin tohumlarında yaklaşık %1-5 oranında silimarin (tohumlarından oluşturulan ekstraktlarda ise yaklaşık %70-80 oranında silimarin) bulunmaktadır (Eren & Şar, 2020). Bitkinin üst kısmının apigenin, kaemfenol, glikozid, β -sitosterol, β -sitosterol 3-glikozitleri içerdiği (Meriçli, 1984; Gök et al., 2021), tohumlarında ayrıca %60 linoleik, %30 oleik ve %9 palmik asitlerin bulunduğu bildirilmektedir (Wagner et al., 1968). Karaciğer, mide, böbrek rahatsızlıklarında, iştah kaybı, sıtma, diyabet vb. gibi durumlar ile ilaçların toksik etkilerinin en aza indirilmesi, iltihap önleyici, böcek ısırmaları, yılan sokmaları ile yaşlanma karşıtı kozmetik ürünlerde de değerlendirilmektedir (Demirezer ve ark., 2007; Kocaman & Dabak, 2015; Sargın et al., 2015; Marmouzi et al., 2021). Pek çok hastalığın iyileştirilmesinde etkin madde olarak kullanılmasına karşın ender olarak yan etkileri de (kızarıklık, kaşıntı gibi) görülebilmektedir

(Rainone, 2005). Meryemana dikenini bitkisinin, bağışıklık sistemini uyaran (Alidoost et al., 2006) bir özelliği olduğundan bakteriler (Lee et al., 2012), mantar (Rakelly de Oliveria et al., 2015) ve virüsler (McCulure et al., 2012) üzerinde antimikrobiyal bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca DNA hasarına karşı koruyucu etkisinin bulunduğu, anti-alfatoksin ve hepatoprotektif etkisi sebebiyle antioksidan özelliği bulunmaktadır (Kocaman & Dabak; 2015; Zhao & Li, 2015; Zhu et al., 2017; Mohammed et al., 2019).

Meryemana dikenini, tek ya da iki yıllık, otsu yapıya sahip, dikenli tıbbi ve aromatik bir bitkidir (Arslan ve ark., 2015). Yeşil, seyrek ve yumuşak tüylü, dik gövdeli yaklaşık 40-200 cm kadar boylanabilen (Karkanis et al., 2011), beyaz damarlı soluk yeşil renkli ve kenarlarında derin dişlere sahip yaprakları yaklaşık 50-60 cm uzunluğunda, 20-30 cm genişliğindedir (Gresta et al., 2007). Çiçekleri hermafrodit olup (Montemurro et al., 2007), genelde mor renkli olup çok nadir olarak beyaz olanlarına da rastlanmaktadır (Meriçli, 1984; Vladimir & Walterova, 2005). Kendine has bir kokusu bulunan bitki meyve bahçelerinde, fidanlıklarda, meralar ve yol kenarlarında kendiliğinden yetişebilmektedir (Gök ve ark., 2013; Bozdoğan & Uygur, 2019). Buralardan toplanarak farklı şekillerde değerlendirilebilmektedir. Evlerde rozet yaprakları ve kökleri sebze olarak tüketilebilmektedir (Katar ve ark., 2013).

Kuraklık gibi zor iklim şartlarına karşı dayanımı yüksek olan meryemana dikenini bitkisi, özellikle yüksek azot içeren arazilerde ya da meralarda Mayıs ila Temmuz ayları içerisinde görülmektedir (Özinan ve ark., 2017). Yetiştirildiği iklimsel özelliklere göre yaklaşık 180 mm yağış aldığında tohum verimi hektara 550-1680 kg olabilmektedir (Andrzejewska et al., 2011). Kumluk, taşlı araziler yanında ağır ve tınlı bünyeye sahip topraklarda da yaklaşık 5.5-7.6 pH düzeyinde yetişebilmektedir (Das et al., 2008; Andrzejewska et al., 2011; Karkanis et al., 2011). Toprak sıcaklığı 2-15 °C'de çimlenmeye başlasa da genel olarak hedeflenen çıkışı 25-35 °C'de gerçekleşmekte (Ghavani & Ramin, 2007), 40-75 cm sıra arasına ile ekimi yapılmaktadır (Shokrpour et al., 2008).

Meryemana dikenini, yapısı itibarıyla sahip olduğu dikenlerden dolayı hayvanların direkt tüketimine uygun değildir. Ancak zengin içeriği sebebiyle, hayvansal üretimde kaba yem olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalara göre, silaj olarak değerlendirilen meryemana dikeninin, ham protein miktarı ile hücre çeperi bileşenlerinin (NDF, ADF ve ADL) mısır ve sorgum silajından daha yüksek değerlerde olduğu saptanmıştır. Bir başka çalışmada ise; meryemana dikeninden hazırlanan silajın, %11.50 kuru madde, %8.30 ham protein, %15.06 ham kül, %58.29 NDF, %43.63 ADF ve %16.43 ADL içerdiği belirlenmiştir (Özinan ve ark., 2017). Yapılan çalışmalar sonrasında silaj üretimi için yetiştirilen mısır bitkisinin rotasyonunda bu bitkinin değerlendirilebileceği önerilmektedir (Macak ve ark.; 2007).

Bu çalışmada, meryemana dikenli bitkisine ait bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tıp ve kozmetik alanların yanında tarımsal üretimde de değerlendirilen bu bitkiye ait tohumların genel özelliklerini belirten bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma içerisinde bitkinin tohumlarına ait şekil-boyut, yüzey alan, izdüşüm alanı, ortalama aritmetik çap, ortalama geometrik çap, küresellik ve bin dane ağırlığı gibi veriler belirlenmiştir. Bu değerler, bitkiye dair yapılacak olan ıslah çalışmalarına kaynak oluşturması ve bitkinin kültüre alınarak yetiştirilmesinde tarımsal işlemlerin ürün kayıpları olmaksızın (Dumanoglu, 2020a) gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan özellikleri ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal Ve Metot

Bu çalışma, 2019-2020 yıllarında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği ve Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümlerine ait laboratuvarlarda yürütülmüştür. Çalışmada, meryemana dikenli (*S. marianum* (L.) Gaertner) bitkisine ait tohumların bazı fiziksel özellikleri belirlenmiş ve temel istatistik kıstaslara göre (minimum – ortalama – maksimum - standart sapma) incelenmiştir.

Tohumlara ait uzunluk (mm), genişlik (mm) ve kalınlık (mm) gibi veriler her bir tohum tanesinde değişkenlik göstermektedir. Bitkilerin genotipleri benzer özellikler gösterebilir dahi bitkinin yetiştirildiği iklim, coğrafya, toprak özelliklerine (pH, tuzluluk, kuraklık vb.) göre tohumların ölçüleri değişiklik göstermektedir. Ancak yapılan araştırmalar ile belirlenen değerlere tohumlar için geometrik (uzun-orta-kısa) ve şekil özellikleri (yuvarlak-oval-uzun) belirlenmektedir (Yağcıoğlu, 2015) (Tablo 1). Bu bilgiler, tohumun kimliğine dair bize yardımcı olurken aynı zamanda makineli ekim, ürün işleme ve ıslah çalışmaları gibi tarımsal üretim ile ilgili araştırmalara da kaynak olmaktadır.

Tablo 1. Tohumların geometrik ve şekil özelliklerine göre sınıflandırılması

Geometrik özelliklerine göre tohumlar	Tane genişliği/Tane uzunluğu (b/a) (mm)	Şekil özelliklerine göre tohumlar	Uzunluk (a), Genişlik (b), Kalınlık (c) (mm)
Uzun	0,6	Yuvarlak	$a \approx b \approx c$
Orta	0,6 – 0,7	Oval	$a/3 < b \approx c$
Kısa	> 0,7	Uzun	$c < b < a/3$

Bu çalışmada, meryemana dikenine ait tohum yığını içerisinde rastgele olacak şekilde örnekler alınmıştır. Daha sonra bunların içerisinde 100'er adet tohum seçilerek tohumların uzunluk (mm), genişlik (mm) ve yüzey alan (mm^2) değerleri kendine ait yazılımı (Image Focus 4.0 v2.4) olan stereo

mikroskop (Nexius Zoom marka) ile belirlenmiştir (Dumanoğlu, 2020b). Diğer yandan tohumlara ait izdüşüm değeri (mm^2), ortalama aritmetik çap (mm) ve ortalama geometrik çap (mm) değerleri ile küresellik verileri aşağıda belirtilen eşitliklerden faydalanılarak belirlenmiştir (Mohsenin, 1970; Alayunt, 2000, Kara, 2012).

İz düşüm alanı:

$$A: (\pi * L * W) / 4 \quad (1)$$

L : Tohum tane uzunluğu (mm)

W : Tohum tane genişliği (mm)

A: İz düşüm alanı (mm^2)

π : 3.14

Ortalama Aritmetik Çap:

$$D: (L + W) / 2 \quad (2)$$

D: Tohuma ait ortalama aritmetik çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

W: Tohuma ait genişlik değeri (mm)

Ortalama Geometrik Çap:

$$D_0: (L * D^2)^{1/3} \quad (3)$$

D₀: Tohuma ait ortalama geometrik çap (mm)

L: Tohuma ait uzunluk değeri (mm)

D: Tohuma ait ortalama aritmetik çap (mm)

Küresellik:

$$\Phi: D_0 / L \quad (4)$$

Φ : Tohumun küresellik değeri

D₀ : Tohum ortalama geometrik çap (mm)

L : Tohum uzunluğu (mm)

Tohumların bin dane ağırlıkları (g) da ayrıca önem taşımaktadır. Çalışma içerisinde incelenen meryemana (*Silybum marianum* L.) bitkisinin tohumları rastgele ve üçer tekrarlı olacak şekilde sayılmış Radwag AS 220.R2 analitik terazi (0,0001 g hassasiyetine)de tartım işlemleri tamamlanmıştır (Dumanoğlu ve Geren, 2020).

3. Bulgular Ve Tartışma

Bu çalışmada incelenen meryemana diken (S. *marianum* (L.) Gaertn.) tohumlarının ortalama uzunluk değeri 3.542 mm, genişlik değeri 1.535 mm,

yüzey alan değeri 4.360 mm², izdüşüm değeri 4.207 mm², ortalama aritmetik çap değeri 2.538 mm, ortalama geometrik çap değeri 7.403 mm ve küresellik değeri de 2.187 olarak belirlenmiştir. Tohumların bin dane ağırlığı ise ortalama 22.083 g olarak tartılmıştır (Tablo 2). Genel olarak tıbbi ve aromatik özelliğe sahip olan bitkilere ait tohumlarda, kısa ya da orta geometrik özelliğe, yuvarlak veya oval bir formda daha fazla rastlanırken, meryemana dikenli tohumlarının diğerlerinden farklı olarak uzun bir tohum yapısına sahiptir. Yapılan bazı araştırmalarda meryemana dikenli tohumlarının 5-8 mm uzunluğunda ve bin dane ağırlığı da 28-30 g arasında değiştiği belirtilmiştir (Andrzejewska et al., 2011).

Tablo 2. Meryemana dikenli tohumlarına ait bazı fiziksel özellikler

Tohum Özellikleri	Min.	Ort.	Mak.	Stdv.
Uzunluk(mm)	2.869	3.542	9.625	0.668
Genişlik (mm)	1.248	1.535	1.803	0.120
Yüzey Alan (mm ²)	3.287	4.360	5.547	0.521
İzdüşüm Alanı (mm ²)	3.023	4.207	5.513	0.544
Ort. Aritmetik Çap (mm)	2.138	2.538	5.533	0.345
Ort. Geometrik Çap (mm)	4.487	7.403	11.323	1.517
Küresellik	1.523	2.187	10.205	0.856
Bin dane ağırlığı (g)	21.960	22.083	22.220	0.131

4. Sonuç

Bu çalışmada, özellikle geleneksel ve modern tıpta yoğun bir şekilde kullanılan meryemana dikenli [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] bitkisine ait tohumların bazı fiziksel özellikleri belirlenmiş, temel istatistik parametrelere göre değerlendirilmiştir. Bitkiye ait tohumların uzun bir forma sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 2.869 mm-9.625 mm arasında tohum uzunluğuna, 1.248 mm-1.803 mm tohum genişliğine, 3.287 mm-5.547 mm² yüzey alan değerine, 2.138 mm-5.533 mm ortalama aritmetik çap, 4.487 mm-11.323 mm ortalama geometrik çap değeri ile 1.523-10.205 küresellik değerine sahip olduğu, bin dane ağırlıklarının ise 21.960-22.220 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada, meryemana dikenli [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] tohumlarına ait elde edilen bu veriler, ileride yapılacak olan ıslah çalışmaları ile bu bitkinin kültüre alınarak çoğaltılması ve yetiştirilmesi için kaynak oluşturması amacıyla incelenmiştir.

5. Referanslar

- Alayunt, F.N. (2000).** *Biyolojik Malzeme Bilgisi*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Ders Kitabı, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 541.
- Alidoost, F., Gharagozloo, M., Bagherpour, B., Jafarian, A., Sajjadi, S.E. (2006).** Effects of silymarin on the proliferation and glutathione levels of peripheral blood mono nuclear cells from β -thalassemia major patients. *Int.Immunopharmacol.* 6:1305-1310.
- Arslan, N., Gürbüz, B. & Gümüşçü, A. (2015).** Açıklamalı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Rehberi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 1620, Ankara.
- Andrzejewska, J., Sadowska, K. & Mielcarek, S. (2011).** Effect of sowing date and rate on the yield and flavonoligan content of the fruits of milk thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] grown on light soil in a moderate climate. *Ind. Crop.Prod.* 33:462-468.
- Bielski, S. (2021).** Milk thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] achene yield had a positive response to nitrogen fertilization, row soacing, sowing date and weed control methods. *Industrial Crops & Products.*160.
- Bozdoğan, O. & Uğur, S. (2019).** Meryemana dikenli [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] üzerinde belirlenen *Rhinocyllus conicus* Froel. (COLEPTERA: Curculionidae) ve *Larinus latus* Herbst (COLEPTERA: Curculionidae)’a konukçuluk eden diğer bitki türlerinin araştırılması. *Turkish Journal of Weed Science.*22(2):145-151.
- Corchete, P. (2008).** *Silybum marianum* (L.) Gaertn.:The source of Silymarin. In:Ramawat, K.G., Merillon, J.M. (Eds.). *Bioactive Molecules and Medicinal Plants*. Springer.p:123-148.
- Das, S.K., Mukherjee, S. & Vasudevan, D.M. (2008).** Medicinal properties of milk thistle with specisl reference to silymarin an overview. *Natural Product Radiance* 7(2): 182-192.
- Demirezer, L.O., Ersö, T. & Saracoglu, B. (2007).** Türkiye’de kullanılan bitkiler ‘FFDMonografaları’. MN Medikal ve Nobel Tıp Kitapevi.
- Dumanoğlu Z., (2020a).** Sumak (*Rhus coriaria* L.) Bitkisine Ait Tohumların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Ziraat, Orman, Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar-II, Ed: Ali Bolat, ISBN:978-625-7884-75-4; sf:111-121.

Dumanoğlu Z., (2020b). Keten (*Linum usitatissimum* L.) Bitkisi Tohumlarının Genel Özellikleri. Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi. 2(1):3-9.

Dumanoğlu, Z. & Geren, H. (2020). An Investigation on Determination of Seed Characteristics of Some Gluten-Free Crops (*Amarantus mantegazzianus*, *Chenopodium quinoa* Willd., *Eragrostis tef* [Zucc] Trotter, *Salvia hispanica* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 8(8), 1650-1655.

Eren, H.B. & Şar, S. (2020). Meryemana dikenli bitkisi: Farmakolojik ve folklorik bir değerlendirme. Lokman Hekim Journal. 10(1):23-27.

Ghavani, N. & Ramin, A.A. (2007). Salinity and temperature effects on seed germination of milk thistle. *Commun. Soil. Sci. Plant. Anl.* 38:2681-2691.

Gök, S.B., Erdoğan Y. & Pehlivan, E.C. (2013). Nutrasötik bir bitki: Meryemana dikenli (*Silybum marianum*). Ekoloji Sempozyumu, Tekirdağ.

Gök, S.B., Pehlivan, E.C., Kurç, M.A. & Erdoğan, Y. (2021). Fatty acid composition of *Silybum marianum* L. seeds and antimicrobial activity of seed oil and silymarin extract. *The Journal of Food*. 46(1):110-118.

Gresta, F., Avola, G., Guarnaccia, P. (2007). Agronomic characterization of some spontaneous genotypes of milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) in Mediterranean environment. *J. Herbs Spices Med. Plants*. 12:51-60.

Hammouda, F.M. İsmail, S.I., Abdel-Azim, N.S., Shams, K.A. & Batanouny, K.H. (2005). Guide to Medicinal Plants in North Africa. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation, Malaga, Spain.

International Rules for Seed Testing (ISTA). (2007). *International Rules for Seed Testing Book*.

Katar, D., Yaman, Subaşı, İ. & Arslan, Y. (2013). Meryemana dikenli [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] Bitkisi Tohumlarına farklı dozlarda gama ışını uygulamasıyla elde edilen M₁ Bitkilerinin Fidelerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 8(1):78-83.

Kara, M. (2012). *Biyolojik Ürünlerin Fiziksel Özellikleri*, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 242.

- Karkanis, A., Bilalis, D. & Efthimiadou, A. (2011).** Cultivation of milk thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] a medicinal weed. Ind. Crop. Prod. 34:825-830.
- Kocaman, N. & Dabak, D. Ö. (2015).** Hepatoprotektif bir ajan: Silymarin. Fırat Tıp Dergisi. 20(3): 128-132.
- Lee, Y.S., Jang, K. & Cha, J.D. (2012).** Synergistic antibacterial effects between silibinin and antibiotics in oral bacteria. J. Biomed Biotechnol. p:1-7.
- Macak, M., Demjanova, E. & Hunkova, E. (2007).** Forecrop value of milk thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertner] in suitable crop rotation. In: 1st International Scientific Conference on Medicinal, Aromatic and Spice Plants (Book of Scientific Papers and Abstracts). Nitra, Slovak University of Agriculture. p: 102-104.
- Marmouzi, I., Bouyahya, A., Ezzat, S.M. El Jemli M. & Kharbach, M. (2021).** The food plant *Silybum marianum* (L.) Gaertn.: Phytochemistry, ethnopharmacology and clinical evidence. Journal of Ethnopharmacology 265.
- McClure, J., Lovelace, E.S., Elahi, S., Maurice, N.J., Dragovan, J. & Polyak, J. (2012).** Silibinin inhibits HIV-1 infection by Reducing cellular activation and proliferation. PLoS One. 7:1-9.
- Meriçli, A.H. (1984).** Türkiye'nin değişik bölgelerinde yetişen *Silybum marianum* türlerinin meyvelerinin flonolignan bileşikleri yönünden incelenmesi. Doğa Bilim Dergisi. 8(2):203.
- Mohammed, F.S., Pehlivan, M. & Sevindik, M. (2019).** Antioxidant, antibacterial and antifungal activities of different extracts of *Silybum marianum* collected from Duhok (Iraq). International Journal of Secondary Metabolite. 6(4):317-322.
- Mohsenin, N.N. (1970).** *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers.
- Montemurro, P. Fracchiolla, M. & Lonigro, A. (2007).** Effects of some environmental factors on seed germination and spreading potential of *Silybum marianum* (L.) Gaertner. Ital. J. Agron. 3:315-320.
- Özinan, L., Alatürk F. & Gökkuş A. (2017).** Meryemana dikenini [*Silybum marianum* (L.) Gaertner]'nin silaj olarak kullanım olanakları. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi. 4(1):88-94.

- Rakelly de Oliveira, D., Relison Tintino, S., Morais Braga, M.F.B., Boligon, A.A., Linde Athayde, M., Douglas, H., Melo Coutinho H. de Menezes, I.R.A. & Fachinetto, R. (2015).** In vitro antimicrobial and modulatory activity of the natural products silymarin and silibinin. *BioMed Res. Int.* 1-7.
- Rainone, F. (2005).** Milk thistle. *American Family Physician.* 72:1285-1288.
- Sargin, S.A., Selvi, S. & López, V. (2015).** Ethnomedicinal plants of sarigöl district (manisa). *Turkey J. Ethnopharmacol.* 171:64-84.
- Shokrpour, M. Mohammadi, S.A., Moghaddam, M., Ziai, S.A. & Javanshir, A. (2008).** Variation in flavonolignan of milk thistle (*Silybum marianum*) fruits grown in Iran. *J. herbs. Species Med. Plants.* 13:55-69.
- Tanker, M. & Tanker, N. (2003).** *Farmakognozi* (Cilt-1). Ankara üniversitesi Eczacılık Fakültesi yayınları. Yayın No: 58., Ankara.
- Vladimir, K. & Walterova D. (2005).** Silybin and silymarin new effect and applications. *Biomed Papers.* 149:29-41.
- Wagner, H., Hörhammer, L. & Münster, R. (1968).** On the chemistry of silymarin (silybin), the active principle of the fruits from *Silybum marianum* (L.) Gaerth. (*Cardus marianus* L.). *Arzneimittelforsch.* 6:688-696.
- Yağcıoğlu, A. (2015).** *Ürün İşleme*, Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 517, Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir.
- Yılmaz, G., Kınay, A. & Elmaştas M. (2016).** Effects of different sowing times and densities on milk thistle (*Silybum marianum*) seed's oil ratios and fatty acids. *Journal of New Results in Science.* 11:70-78.
- Zhao, F. & Li, X.H. (2015).** Evaluation of immunomodulatory Activity of Silymarin extract from *Silybum marianum* in Mice of Health Food. *Adv.J. Food Sci.Technol.* 8(4):278-282.
- Zhu, S.Y., Jiang, N., Jie, T.U., Yang, J. & Zhou, Y. (2017).** Antioxidant and anti-aging activities of *Silybum marianum* protein hydrolysate in mice treated with D-galactose. *Biomed Environ Sci.* 30(9):623-631.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 10

**The Approaches of Paddy Producers to the Environmental
Pollution Caused by Agriculture in Edirne Province (Sema
Konyalı, Duygu Yılmaz)**

The Approaches of Paddy Producers to the Environmental Pollution Caused by Agriculture in Edirne Province

Sema Konyalı, Duygu Yılmaz

¹*Tekirdag Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 59030, Tekirdağ, Turkey,
E-mail: skonyali@nku.edu.tr*

²*Tekirdag Namık Kemal University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Agricultural Economics, 59030, Tekirdağ, Turkey,
E-mail: duyguylmz22@hotmail.com*

1. Introduction

Paddy, (*Oryza sativa* L.), is a rather old crop plant. It spread from South India to China in 3000 BC, to Java in 1000 BC, and to Europe in 300 BC. It is predicted that the introduction of paddy plant to Turkey was about 500 years ago, and that this crop plant was introduced to America in the later 17th century (Çıtak et al. 2007).

The most important natural resource of Trakya region is agricultural land, which can give yield at least once a year and covers almost the entire region. Moreover, other natural resources of the region are rich underground waters, Longoz forests, and other natural assets, Black Sea, Marmara Sea, and Aegean Sea coastlines, Ergene river, many mineral resources, of which lignite and coal resources being in the first place (Güzel, 2012). Edirne province is located in the Trakya part of the Marmara region, with Kırklareli and Tekirdağ in its east, Çanakkale and Aegean Sea in its south, Evros (Greece) in its west and Hasköy (Bulgaria) in its north.

Trakya Region is on the first place in paddy cultivation in Turkey, and meets more than half of the production. Since Edirne is the province with the most paddy production and plantation in Trakya region, the contribution of this product is highly important for the regional economy. In 2019, 51,200 hectares of paddy were planted and 431 thousand tonnes were produced in Edirne in 2019. Edirne has 40.5% of total paddy cultivation area and 43.2% of production in Turkey (TÜİK, 2019).

In Edirne, due to agriculture based environmental pollution, soil pollution caused by uncontrolled use of fertilizers and agricultural pesticides is at significant level in paddy production. Moreover, in many districts in Edirne there is pollution in the surface waters rather than drinking water resources.

Especially in Ergene River, the water quality is at such a level of intra-continental surface water, which cannot be used even for 4th class irrigation. These problems reveal that environmental pollution in Edirne province is at significant levels. Environmental pollution refers to every foreign matter mingling into air, water, and soil intensively, and thus affecting the vital

activities of living creatures, giving harm to the structure of non-living things and distorting their quality (İnan, 2012). It is essential that the rapidly increasing consumption of paddy in the world, and especially in Turkey should be met through the increase in production areas as well as the increase in the yield per unit. One of the ways to increase yields is the effective fight against environmental pollution. In this sense, precautions should be taken about the agricultural-based environmental pollution, and producers should be informed about this issue.

In this research, the approach of paddy producers towards environmental pollution, which occurred as a result of paddy production in Edirne and its districts, was determined. The fundamental factors affecting environmental pollution in Edirne and its districts were determined, and solutions for these existing problems were proposed.

2. Materials and Methods

The material that was the subject of this research was obtained from the findings of the interviews with the paddy producers in Edirne province and its districts. This constituted the primary data of the research. The secondary data of the study constitute the best evaluation and interpretation of the information gathered and collected.

In this study, in order to determine the approaches of paddy producers towards agriculture-based environmental pollution in Edirne province, information was obtained through questionnaire with randomly selected people. The survey was conducted according to the sampling method from the places where paddy production was made the most, and 166 farmers including 65 from Ipsala, 25 from Uzunköprü, 25 from Enez, 16 from Keşan, 20 from Meriç and 15 from Havsa were interviewed. The farmers who will be surveyed in Edirne province and its districts were calculated according to the following sampling method (Miran, 2007):

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q}{d^2}$$

% 99 Confidence coefficient

$Z^2 = 2.58$

p = Number of farmers using pesticides

$q = 1 - p$ Number of farmers not using pesticides

$$n = \frac{(2.58)^2 (0.50)(0.50)}{(0.10)^2}$$

$d = 0.10$ Margin of Error

Required Sampling Size was found as $n = 166$

Face to face surveys were conducted with 166 randomly selected farmers according to this sampling method. In the direction of these interviews, it has been determined how much the farmers, who were engaged in paddy cultivation, affected the environment.

3. Results

Descriptive statistics were used to investigate the opinions of paddy producers participating in the research on paddy production and environmental effects.

Table 1 shows the distributions of land possessions of paddy producers. When these distributions were analysed, it was concluded that the majority of paddy producers had large lands of 60-100 or above 100 decares.

Table 1. Land possession of producers

Acreage	Frequency	Percentage (%)
0-20	5	3.1
20-40	12	7.2
40-60	35	21.1
60-100	58	34.9
above 100 da	56	33.7
	166	100

Table 2 shows the product-based distributions of total field areas processed by paddy producers. When these distributions were analysed; the minimum decare area of paddy processing was found out to be 7 and the maximum decare area was 800 of paddy producers participating in the survey and it was understood that the producers were processing paddy at an average of 90 decares. According to the information obtained from the collected data, it was determined that the most processed product was paddy.

Table 2. Total field areas processed producers

Product	Minimum	Maximum	Average
Sunflower	5.00	200.00	29.3250
Wheat	10.00	200.00	33.1389
Paddy	7.00	800.00	90.5238

Table 3 shows the distributions of how much of the land owned by the paddy producers is allocated for paddy. When these distributions were analysed, it was found out that 65.1% of the paddy producers had allocated 100% of their land, 29.5% of them allocated 70% of their land, 3,6% of them

allocated 50% of their land, and 1.8% of them allocated 20% of their land for paddy. According to this information, it was determined that most of the producers allocated their entire land for paddy.

Table 3. Allocation of land for paddy

Proportion of land allocated for paddy	Frequency	Percentage (%)
%100	108	65.1
%70	49	29.5
%50	6	3.6
%20	3	1.8
	166	100

Table 4 shows the distributions of whether the producers meet the expectations about the yield of paddy. When these distributions were analysed, 25.9% of the paddy producers living in Edirne stated that they had met their expectations, 74.1% of them stated that they could not meet the yield they had expected from paddy. According to this information, it was determined that the majority of paddy producers could not meet their expectations about the yield of paddy production.

Table 4. The expectation of paddy yield of producers

The expectation of paddy yield	Frequency	Percentage (%)
Yes	43	25.9
No	123	74.1
	166	100

Table 5 shows the distributions of fertilizer quantities used by paddy producers. When these distributions were analysed, it was found out that 14.5% of paddy producers used an amount of fertilizer at 10-30 kg, 49.3% of them at 40-60 kg, and 36.2% of them at 70 kg and more. According to this information, it was concluded that paddy producers used not more than 40-60 kg of fertilizer.

Table 5. Average of fertilizer used

Amount of fertilizer used	Frequency	Percentage (%)
10-30 kg	24	14.5
40-60 kg	82	49.3
70 kg and above	60	36.2

166	100
------------	------------

Table 6 shows the distribution of frequency of applying pesticides by paddy producers. Of paddy producers, 84.7% stated that they do the application once a month, 11.4% of them applied it twice a month, and 1.2% of them applied it once a year. According to this information, paddy producers were found out to be applying pesticides at most once a month.

Table 6. Frequency of applying pesticides by participants

	Frequency	Percentage (%)
Once a month	145	87.4
Twice a month	19	11.4
Once a year	2	1.2
	166	100

In Table 7, distributions of methods paddy producers use in order to increase the yield when they do not obtain the desired yield. According to this information, 60.8% of the producers who do not obtain the desired yield use pesticides, 15.1% of them do fertilization, 8.5% use seeds, 7.8% do irrigation, and 7.8% of the use one of the other methods in order to increase the yield. According to this information, the leading method used by producers who cannot obtain the desired yield from paddy is the use of pesticides.

Table 7. Ratios related to which method producers use

Method Used	Frequency	Percentage (%)
Applying Pesticides	101	60.8
Fertilization	25	15.1
Use of Seeds	14	8.5
Irrigation	13	7.8
Other	13	7.8
	166	100

In Table 8, shows the opinions on whether the methods used by the producers to increase paddy yield are harmful to the environment. The rate of producers who think that methods used to increase the yield are harmful to the environment was determined to be 85.5%, while the rate of producers who think that they are harmless to the environment was found out to be 14.5%. According to this information, it was found out that most of the paddy producers think that the purpose and methods used to increase yield are harmful to the environment.

Table 8. Environmental harm impact of methods used to increase yield

Harm Impact on Environment	Frequency	Percentage (%)
Yes	142	85.5
No	24	14.5
	166	100

Table 9 shows which of the methods used by the producers are more harmful. When these distributions were analysed, 39.2% of the paddy producers indicated that the method of using pesticides was more harmful, while 3% indicated that the fertilizing method was more harmful. 55.4% of the producers stated that both the use of pesticides and fertilizing were harmful.

Table 9. Opinions of producers about which method used is more harmful

Harmful Methods	Frequency	Percentage (%)
Use of Pesticides	65	39.2
Fertilization	5	3.0
Both	92	55.4
None	4	2.4
	166	100

As seen in Table 10, the paddy producers were addressed the question, “Do you think you are a producer with environmental conscious?” When answers to this question were analysed, 92.2% of the producers stated that they had environmental conscious, 7.8% of them replied that they did not have environmental conscious. When this information was taken into consideration, it was found out that the majority of the producers believed they were paddy producers with environmental conscious.

Table 10. The situation whether producers having environmental conscious

Having Environmental Conscious	Frequency	Percentage (%)
Yes	153	92.2
No	13	7.8
	166	100

In Table 11, the question "Are you affected by water and soil pollution?" was directed to paddy producers living in Edirne. When the answers to this question were analysed, 94% of the paddy producers indicated that they were affected by water and soil pollution, while 6% stated that they were not.

Table 11. The producers being affected by water and soil pollution

The Producers being Affected by Water and Soil Pollution	Frequency	Percentage (%)
Yes	156	94.0
No	10	6.0
	166	100

In Table 12, the producers were asked "In what means are you affected by water pollution?" Of the producers, 18.1% stated that they were affected by water pollution in terms of yield, 16.3% were affected in terms of health, 63.3% were affected by both yield and health, and 2.4% stated that they were not affected by water pollution.

Table 12. Producers being affected by water pollution

State of being Affected	Frequency	Percentage (%)
In Terms of Yield	30	18.1
In Terms of Health	27	16.3
In Terms of Both	105	63.3
Not Affected	4	2.4
	166	100

In Table 13, paddy producers were directed the question "What do you care for during paddy production in order not to harm the environment?", and the distributions related to the questions were shown. It was found out that 17.5% of the producers used high quality products in order not to harm the environment, 0.6% stated that they took place in non-governmental organizations, 1.8% mentioned that they warned the people around them, and 80.1% of them stated that they took care not to use fertilizers and pesticides excessively.

Table 13. Situations producers take care not to harm the environment

Situations Taken Care of	Frequency	Percentage (%)
I use high quality products	29	17.5
I take place in non-governmental organizations	1	0.6
I warn the people around me	3	1.8
I take care not to use pesticides or fertilizers excessively	133	80.1
	166	100

Table 14 shows the distribution of environmental pollution paddy producers were most affected by. According to this information, 22.9% of paddy producers stated that the environmental pollution they were affected most was air pollution, 39.8% stated that they were affected by water pollution, 8.3% stated that they were affected by soil pollution, and 29% stated that they were affected by solid wastes most. According to this information it was understood that water pollution was the one, which paddy producers were affected most.

Table 14. Environmental pollution which paddy producers were most affected by

Environmental Pollution	Frequency	Percentage (%)
Air	38	22.9
Water	66	39.8
Soil	14	8.3
Solid Waste	48	29.0
	166	100

Table 15 shows whether paddy producers were members of any environmentalist association. While 10.2% of paddy producers were members of any environmentalist association, 88.8% of them were found out not to be a member of any such association. In other words, most of the paddy producers living in Edirne were not member of any environmentalist association.

Table 15. The situation of being a member of any association

Being a Member of any Association	Frequency	Percentage (%)
Yes	17	10.2

No	149	88.8
	166	100

Table 16 shows the distributions of whether paddy producers have participated in any symposium on environmental issues by this time. It was determined that 35.5% of paddy producers participated in any symposium on environment while 65.5% of them have not participated in such a symposium by this date. In other words, it was determined that most of the paddy producers living in Edirne and participating in this study have not participated in any symposium on environment up to today.

Table 16. Producers participating any symposium on environmental issues

Participation in any Symposium	Frequency	Percentage (%)
Yes	59	35.5
No	107	65.5
	166	100

Table 17 shows the distribution of opinions of paddy producers about symposiums on farmer problems, yield, environmental pollution, etc. 75.9% of paddy producers stated that symposiums were beneficial, while 5.4% of them stated that the symposiums were not beneficial, and 18.7% of them stated that they had no idea in this respect. According to this information most of the paddy producers think that these symposiums were beneficial. Although most of the paddy producers stated that symposiums were beneficial, they did not participate in these symposiums.

Table 17. Opinions of producers about symposiums

Symposiums	Frequency	Percentage (%)
Beneficial	126	75.9
Not Beneficial	9	5.4
No Idea	31	18.7
	166	100

Table 18 shows the distribution of the expectations of paddy producers from the government about environmental pollution and environmental protection. It was found out that 17.5% of the producers stated that proprietors and workers should be trained, 1.8% of them stated that enterprises should be promoted, 1.2% of them stated that environmental education should be given at schools, 7.8% of them mentioned that media organs should refer to environmental issues frequently, and 71.6% of producers stated that all these activities were appropriate to be used.

Table 18. Expectations from the government on environmental pollution and environmental protection

Expectations from the government	Frequency	Percentage (%)
Proprietors and workers should be trained	29	17.5
Enterprises should be promoted	3	1.8
Environmental education should be given at schools	2	1.2
Media organs should refer to environmental issues frequently	13	7.8
All of them	119	71.6
	166	100

In Table 19, responses given on what extent criteria were significant in paddy production were analysed through mean and standard deviation method. According to paddy producers living in Edirne, the most significant factors in paddy production are “Low Quality”, “Fertilizer use in due time”, and “Low yield”. In terms of environmental pollution; however, the most significant factors were determined to be “Water pollution”, and “Solid waste” in paddy production.

Table 19. Distributions of criteria effective on paddy production

	N	Average	Standard Deviation
Capacity of factory	166	4.3333	.83821
Water deficiency	166	4.7500	.54443
Water pollution (Environmental Pollution)	166	4.7083	.71220
Air pollution (Environmental Pollution)	166	4.2976	.83026
Solid waste (Environmental Pollution)	166	4.5417	.85369
Soil pollution (Environmental Pollution)	166	4.4881	.72581
Use of high quality pesticides	166	4.8393	.52859
Fertilizer use in due time	166	4.8512	.45963
Price policies	166	4.7202	.57831
Advance payment given at operation time	166	4.6607	.66414
Fertilizer prices	166	4.8095	.46368
Application of cropping system	166	2.8690	1.48671
Land being in pieces	166	3.6548	1.27617
Mechanisation level	166	4.4643	.58824
Problems in worker provision	166	4.3631	.75364
Low yield	166	4.8571	.39889
Low quality	166	4.8810	.34275

4. Discussion

The most important factors affecting the efficiency and productivity of agricultural products are water and soil. Water and soil affected by various reasons affect the quality of agricultural production and products negatively. Agriculture based water and soil pollution also play an important role within these reasons.

According to the results of the analysis carried out in the study, it was determined that the producers had large fields and that most of them allocated their lands to paddy production. Most of the producers; however, stated that they did not obtain the desired yield from paddy.

It was determined that paddy producers in Edirne were most affected by air, soil, solid waste and water pollution. The analysis results revealed that water, air and soil pollution had a negative effect on productivity in agricultural production. The producers stated that for the reduction of these complaints, proprietors and workers should be trained, enterprises should be promoted, environmental education should be given at schools, and media organs should mention environmental issues more frequently. They also mentioned that they used high quality products accordingly in order not to harm the environment, that they took place in any of the non-governmental organizations, that they warned the people around them, and more than half of these producers stated that they took care not to use pesticides or fertilizers excessively.

Some of the paddy producers mentioned that they were members of any environmental associations and participated in symposiums, many of them reported that they were not members of any environmental associations and that they had not attended any symposium up to date. Most of the producers who participated in any symposium stated that it was beneficial, while the non-participation part of these producers said that it would be beneficial in case they attended any symposium.

It is essential that various precautions be taken for environmental pollution, which affects the yield of agricultural products on such a scale, and awareness be raised among producers in this regard. In particular, the development of specific practices in paddy production and the dissemination of good agriculture and organic agriculture practices should be prioritized in terms of production efficiency.

Fertilization being made carefully and at proper amounts, pest and disease control, use of certified seeds suitable to the region, soil, and climatic conditions, providing monitoring at every stage of production, land consolidation, maintenance of balance of natural resources such as air, soil and water by increasing the use of renewable energy resources, establishing an organised and competitive structure for the compatibility with effects of climatic changes, raising awareness among producers, providing non-formal education and publication, regulating present legislative and institutional

arrangements, including these issues into strategic planning, policies and programmes, and providing the sustainable use of natural resources in agriculture are among general measures to be taken.

Taking these precautions will prevent soil pollution due to environmental pollution and on the other hand will affect the quantity of paddy cultivation fields in Turkey as well as in Edirne province in parallel with the increase in yield and the quality of yield.

Acknowledgement

This study is part of the MSc thesis titled “The Approaches of Paddy- Producers to the Environmental Pollution from Agriculture in Edirne” conducted with Tekirdag Namık Kemal University Institute of Natural and Applied Sciences.

5. References

- Avşar F, Gürbüz, M.A. and Kurşun İ (1999) Ergene Nehrinden Sulanan Çeltiklerin Bazı Mikro Besin Elementi ve Bazı Ağır Metal İçerikleri. Trakya Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu III. 11-13 Kasım, ss. 351-367, Edirne.
- Çıtak S, Sönmez S and Kaplan M (2007) The effects and importance of the nutrients ratios in plant nutrition. *Hasad Journal*, 262:74-80.
- Edirne İl Özel İdaresi (2011) İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Trakya Kalkınma Birliği, Plan Açıklama Raporu ve Plan Hükümleri, 1/25.000 Ölçekli Edirne İl Çevre Düzeni Planı 39, Edirne
- Egemen Ö (2000). *Environment and Water Pollution*, Bornova. E.Ü. Faculty of Fisheries Journals, 42:120.
- Gökçe G.F. Öğleni N, Öğleni Ö, Şengörür B (2005) Edirne İli Tarımsal Kirliliğinin İncelenmesi. Trakya’da Sanayileşme ve Çevre Sempozyumu IV, 14-15 Ekim, Edirne.
- Güzel M (2012) The importance of good agricultural practices (GAP) in the context of quality practices in agriculture and a sample application. Master’s Thesis. Graduate School of Social Sciences, İzmir.
- İnan İ.H (2012) The situation of agriculture and husbandry in Trakya Region. Discussion Paper, Turkish Economic Association, No. 2012/16, Ankara, Turkey.

Kocaman H, Koldere Y.A, Oğuzhan A (2011) Trakya’da Ergene Nehri Kirliliğinin Tarım Üretimine Olan Etkisi: Edirne Örneği, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2:89-104.

Miran B (2007) Temel İstatistik, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir

Sürek H (2003) Ergene Nehri Kirliliğinin Çeltik Tarımına Olan Etkisi, Hasad Aylık Gıda, Tarım ve Hayvancılık Dergisi, 213:70-71.

TUİK (2019) Turkish Statistical Institute. Regional Statistics, Access: <http://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/tabloOlustur.do#>, Access date: 05.02.2019.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 11

**Kentsel Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Akıllı Kentler ve
Örnek Uygulamaları (İdil Dal, Sebahat Açıksöz)**

Kentsel Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Akıllı Kentler ve Örnek Uygulamaları

İdil Dal¹, Sebahat Açıksöz²,

¹*Bartın Üniversitesi, Mimarlık, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, E-mail: idal@bartin.edu.tr*

²*Bartın Üniversitesi, Mimarlık, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü E-mail: saciksoz@bartin.edu.tr*

1. Giriş

Akıllı kentler, hızlı nüfus artışı ve kentleşmenin yarattığı sorunları azaltmak ve çözüm yöntemleri ortaya koymak adına ortaya çıkan bir kavram haline gelmiştir. Bu çalışmada, birçok akademik çalışmaya ve uygulamaya konu olan akıllı kent yaklaşımının tarihi gelişimi ve örnek uygulamaların ortaya konulması hedeflenmektedir. Literatür araştırması ve alanda gözlem olmak üzere, iki araştırma yöntemi kullanılmıştır. Literatür araştırmasında akıllı kent kavramı, kapsamı ve bileşenleri üzerinde durulmuştur. Ardından gözlemlerden elde edilen veriler kapsamında akıllı kentlere ilişkin örnek uygulamalar incelenerek değerlendirmeler yapılmıştır. 2010 yılından sonra Avrupa Birliği'nin kentsel alanda sürdürülebilirlik projelerini ve eylemlerini nitelemek için “Akıllı” kelimesi kullanılmaya başlanması (Dameri ve Cocchia 2013: 4) ve bu tarihten sonra uygulamaların yaygınlaşması sebebiyle çalışmada Avrupa'dan kentler incelenmiştir. Çalışmada yerinde gözlemler yapılan Hollanda, Almanya ve Belçika ülkelerinden örneklerle yer verilmiştir.

1.1. Kent

Belirli bir zamanda, belirli koşulların ve ihtiyaçların bir araya gelerek yerleşik düzene geçilmesiyle kentlerin oluşmaya başladığından bahsedilmektedir. İlk kentlerin kurulmasına hangi koşulların yol açtığı konusunda yeterli kanıt olmamakla birlikte, ilk kez tarımın yayılmasıyla ortaya çıkan bir kavram olduğu düşünülmektedir. Kentler Mezopotamya'dan Asya'ya ve Amerika'ya kadar bir dizi bölgede gelişmiş olsa da ilk kentlerin Neolitik Devrim'den sonra Mezopotamya'da MÖ 7500 civarında kurulduğu belirtilmektedir (URL-1).

Kentler toplumlar gelişme gösterirken geçmiş çağların özelliklerini yansıtan birimler haline gelmişlerdir (Mikaelli ve Memlük, 2013: 38). Kent günümüzde en geçerli haliyle sürekli gelişim halinde olan ve toplumun barınma, çalışma, rekreasyon aktiviteleri gibi gereksinimlerini karşılayan, köylere oranla daha yüksek nüfusa sahip yerleşme birimidir (Keleş, 1980: 67).

Teknolojik gelişmeler yaşanırken kent ve ekonomi alanında gelişmeler de 1850’lerden itibaren artış göstermiştir. Buna paralel sanayi devrimi ile birlikte yaşanan kentsel sorunları aşabilmek için arayışlar başlamış ve her zaman ideal kent oluşturulmaya çalışılmıştır (Akbaş, 2018: 375). İdeal kente ulaşmada ütöpik sayılabilecek yaklaşımlar ortaya çıkmış ve o dönemin sorunlarına çözüm olabilecek “ideal”e ulaşma arayışı kentsel tipolojiler üzerinde etkili olmuştur. Bunların başında, Frank Lloyd Wright’ın *Broadacre City*’si, Ebenezer Howard’ın Bahçe Kent’i (*Garden City*), Le Corbusier’in ise Işıyan Kent’i (*Radiant City*) gelmektedir (Çetinkaya ve Ciravoğlu, 2016: 246, 248).

18. ve 19. yüzyıl arasında İngiltere ve Galler’in toplam nüfusunun 8,9 milyondan 32,6 milyona kontrolsüz bir biçimde yükselmesiyle kentler çevre kirliliği, yaygın hastalıklar ve kötü konut koşullarıyla karşı karşıya kalmıştır. Ebenezer Howard’ın “Bahçe Kent” ütopyası, 19. yüzyıl sanayi kentlerinin, toplumsal ve çevresel sorunlarını çözme konusundaki başarısızlıklarına yönelik ortaya çıkmıştır. Charles Dickens’in “Zor Zamanlar” isimli romanda geçen “*Coketown*” olarak bahsedilen, başarısız kentlere tepki mahiyetindedir (Miller, 2010: 1). Howard “Bahçe Kent” ile artan kentsel nüfusa ve çevre kirliliğine çözüm olacak bir kent planı sunmayı, toplumsal dayanışma ve iş birliğini geliştirmeyi amaçlamıştır (URL-2).

İlk defa 1932 yılında yayımlanan “Kaybolan Kent” (*The Disapearing City*) (Wright, 1932) isimli kitabında bahsedilen “*Broadacre City*”, Frank Lloyd Wright’ın sosyo-politik düzeni ile birlikte oluşturduğu ütöpik bir gelişme kavramı ve planlama modelidir (Stankiewicz, 2015: 27). İdeal kent modelinde kent merkezi sınırları ortadan kalkarak kır ile bütünleşecek; böylece kırsal alanlar verimli olarak kullanılabilir (URL-2). Özpek (2006)’ya göre Wright, kent merkezi kavramının kısıtlayıcılığından kurtulup organik bir mimari oluşuma olanak verilmesinin demokratik bir yaşamı şekillendirdiğini belirtmiştir (Stankiewicz, 2015: 33).

“Işıyan Kent” ile nüfus artışı ve çevresel kirliliğe yönelik yeni bir kentsel tasarım planı sunan diğer plancı Le Corbusier’dir. Kentin yayılarak büyümesi yerine, dikey büyüme modelini önermiştir. Bütüncül olarak ele aldığı sağlıklı yaşam, trafik, gürültü, kamusal alan ve ulaşım sorunları, günümüzde dahi kent plancılarının büyük bir endişesi olmaya devam etmektedir (Merin, 2013).

İdeal kent arayışlarının ortaya çıkma nedenleri birçok soruna dayanmaktadır. Fakat bu durumun birincil nedeni kentleşmedir. Bahsedilen ideal kent ütopyalarının, hızlı kentleşme ve buna bağlı ortaya çıkan sebeplere dayanarak ele alındığını görülmektedir. Davis (1965: 41)’e göre kentleşme “kentsel yerleşim yerlerinde yoğunlaşan toplam nüfusun oranını veya bu orandaki bir artışı ifade ederek kendini gösteren bir süreç” olarak tanımlanmaktadır. Kentleşme ya da kentsel geçiş nüfusun, tarımsal

ekonominin egemen olduğu küçük yerleşim alanlarından, sanayi egemen geniş ve yoğun kentsel yerleşim alanlarına doğru kaymasıdır (United Nations, 2018: 4) ve Dünya'daki en büyük toplumsal değişimlerden biridir (Tan vd., 2016: 82).

Towsend (2013)'e göre, 20. yüzyıl başladığında, kentlerde 200 milyon insan yaşadığı yani insanların %12,5'inin kentlerde yaşadığı (Höjer ve Wangel, 2015: 335), 1950'lerde %30 olduğu (Konuk vd., 2016: 232) ve 2018'de bu oranın %55'i bulunduğu belirtilmektedir. Birleşmiş Milletler'in yayınladığı Dünya Kentleşme Beklentileri 2014 ve 2018 raporları karşılaştırıldığında, 2050 yılına dek kentleşme tahmin oranları 2014'te yayımlanan raporda %66 iken, 2018 raporunda %68 olarak ifade edilmektedir (United Nations, 2015: xxi; United Nations, 2019: xix). Bu veriler göz önünde bulunduğunda kentleşmenin ve kentleşme hızının arttığı söylenebilir.

Kentleşmenin hızlanmasına sebep olan birçok itici ve çekici güç bulunmaktadır. Gelişen kentler zengin bir ulusal ekonominin önemli bir unsurudur. Kentleşme; sanayileşme ve bunun sonucunda istihdamın artması, ekonomik ve eğitim fırsatları, teknoloji ve altyapı tesislerine erişim olanaklarıyla gelişmeyi teşvik etmektedir (Thallak ve Dhindaw, 2016: 23). Kentlerde, sağlık hizmetlerine erişim kırsal alanlara göre daha yüksektir (Mulholland vd., 2008: 399). Bairoch (1988)'e göre kentsel nüfusun yoğunluğu, hükümetin ve kamu hizmetlerinin temel mal ve hizmetler sunmasını daha kolay ve daha ucuz hale getirmektedir (Brockhoff, 2000: 4). Kentlerde insan kaynağını geliştirmek için ilkökul, lise ve üniversiteler, öğrencilere gelecekteki kariyerleri için geniş seçenekler sunan çeşitli eğitim kursları bulunmaktadır. Ayrıca birçok sınıf ve dine mensup insanlar kentlerde birlikte yaşamakta ve birlikte çalışmaktadır. Bu da daha iyi bir anlayış ve uyum sağlayarak sosyal ve kültürel değerlerin yaşatılmasına olanak sunmaktadır (URL-3).

Kentte yaşamının birçok faydası olsa da bu faydalardan herkes yararlanamamaktadır. Kentleşmeye neden olan çekici ve itici güçler kentleşme sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Bunlar (Susmaz ve İkinci, 2009: 24);

- Hızlı nüfus artışı ve plansız büyüme,
- Çarpık kentleşme ve altyapı sorunları,
- Sağlık ve ulaşım hizmetleri ile gıdaya erişimde yaşanan problemler,
- Arsa ve konut maliyetlerinin artışı,
- Kentlileşememe ve kent kimliği sorunları ve
- Çevresel problemlerdir.

Kıray (1982)'ye göre 20. yüzyılın sonlarına doğru üretim alışkanlıkları, ulaşım seçenekleri ve iletişim teknolojik gelişmeler yaşanmasıyla, metropoliten alanların hem yapısal olarak hem de çevrelerindeki yerleşimlerle ilişkilerinde farklılaşmalara neden olmuştur. Bu değişimler farklı ülkelerde farklı zamanlarda meydana gelmiştir (Özdemir, 1993: 23). Bu değişimler kentte ve doğal çevrede sorunlara sebep olarak 21. yüzyılda müdahale edilmesi gereken yapılı bir alan bırakmıştır (Sınmaz, 2013: 77).

1.2. Sürdürülebilirlik

Günümüz koşullarında planlama yaklaşımlarına etki eden en önemli konulardan biri çevresel sürdürülebilirlik endişesidir. Bunun sebebi çevresel sürdürülebilirliğin sağlandığı yerleşimler “ideal”e ulaşmada etkili olmaktadır (Çetinkaya ve Ciravoğlu, 2016: 248). Bunlara dayanarak 1990'lı yıllardan itibaren yerleşimlerin çevresel anlamda sürdürülebilir olması adına doğal alanların ve toplum üzerinde bırakılan negatif etkilerin en aza indirilmesi, kentleşmeden doğan baskıların azaltılabilmesi için kentsel tipolojilere etki edebilecek planlama ve tasarım yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımlar sürdürülebilirlik endişesine yönelik kaygılara çeşitli çözüm önerileri olarak gelişmiştir (Sınmaz, 2013: 77).

Toplular, sürdürülebilirlik hedefine ulaşmak için sürekli çabalamaktadır. Peki, sürdürülebilirlik nedir? Sözlüklerde, daimî olma kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır (URL-4). Bu terimin küresel anlamda görünürlük kazanmaya başlaması “Büyümenin Sınırları (*Limits to Growth*)” kitabında yer almasıyla gerçekleşmiştir (Meadows vd., 1972: 24). Sürdürülebilirlik, “İnsan ve toplumun sınırlı bir doğal dünyada ve bunun altında yatan doğal döngülerde süresiz olarak devam edebilme kabiliyeti” olarak ifade edilmektedir (Hembd ve Silberstain, 2011: 263). Resmi anlamda ilk olarak 1987 yılında “Ortak Geleceğimiz (*Our Common Future*)” raporunda sürdürülebilir kalkınma olarak tanımlanmıştır ve çevresel anlamda en sık kullanılmaya, sürdürülebilir kalkınma tanımıyla başlamıştır. Brundtland Raporu'na göre: “Sürdürülebilir kalkınma bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin de kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeden karşılamaktır” (WCED, 1987: 6).

“Sürdürülebilirlik” ve “Sürdürülebilir kalkınma” kavramlarının ikisi literatürde birbirleriyle iç içe geçmiş durumdadır (Weingaertner ve Moberg, 2014: 123). Sürdürülebilirlik veya sürdürme yeteneği, uzun vadeli bir hedef ve zaman içinde gelinebilecek genellikle ideal son durumu ifade ederken; sürdürülebilir kalkınma sürdürülebilirlik hedefini gerçekleştirme süreci ve yolunu ifade etmektedir (Örn: Sürdürülebilir tarım ve ormancılık, sürdürülebilir üretim ve tüketim, yönetim, araştırma ve teknoloji vb.) (UNESCO, 2012). Sonuç, sürdürülebilirlik, bir toplumun ekonomisine, topluma ve çevre bileşenlerine ve bu üç ilişki arasındaki ilişkilere odaklanan

sürdürülebilir kalkınma süreçleriyle gerçekleştirilebilecek bir hedeftir (Elgazzar ve El-Gazzar, 2017: 252). Birleşmiş Milletler'e göre kentler dünya yüzeyinin %3'ünü kaplamaktadır ve sera gazlarının önemli bir miktarı ile birlikte dünyadaki enerji tüketiminin %60-80'i, karbon emisyonlarının %75'inden sorumludur (United Nations, t.y.). Bu oranlar incelendiğinde, kentsel gelişmenin akıllı seçimlerle ele alınmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik bakımından kritik bir rol oynayacak stratejiler daha yaşanabilir, verimli ve sürdürülebilir yaşam alanları olarak geri dönecektir. Bu süreçlerin devamlılığı, yalnızca teoride kalmamalı, uygulanabilirliği de izlenebilir olmalıdır. Bu kapsamda akıllı yaklaşımlar ve uygulamaları izlenmesi önerilen bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.3. Akıllı Kentler

Akıllı; kelime anlamı olarak gerçeği iyi gören, ona göre davranan, şeklinde tanımlanmaktadır (TDK, 2019). Birçok kavramla birlikte (akıllı insan, akıllı gelişim, akıllı aydınlanma, akıllı kent), materyallerin nitelenmesinde (akıllı saat, akıllı alet, akıllı telefon) ve bir yöntem şeklinde dahi kullanılmıştır. Doran (1981)'in geliştirdiği yöntem, AKILLI (SMART) kelimesinin harflerinden oluşan, değerlendirme ve performans yönetim sistemlerinde hedefler belirlemek için kullanılmaktadır. Doran (1981)'in yönetime göre hedefler (Chartered Management Institute, 2014: 1);

- Belirgin (*Spesific*),
- Ölçülebilir (*Measurable*),
- Ulaşılabilir (*Achievable*),
- Gerçekçi (*Realistic*) ve
- Zamanında veya Zamana Bağlı (*Timely*) ise akıllıdır.

"Akıllı" kelimesi burada normatif bir kavramdan çok araçsal bir kavram olarak görülmekte; bir performans işaretiinden çok bir özellik olarak ele alınmaktadır (Höjer ve Wangel, 2015: 338). Akıllı kentin bilinirliği 2000'li yıllardan itibaren artış gösterse de kavramının kökleri 1960'lardaki "cybernetically planned cities-sanal olarak planlanan kentler" ve 1980'lerdeki "networked cities-ağ kenti" kavramıyla akıllı kent tanımlarının temelleri atılmıştır (Çetin ve Çiftçi, 2019: 135). Başka bir görüşe göre Akıllı Kentin oluşum sürecinde Akıllı Büyüme hareketi yer almaktadır. Akıllı büyüme, kentsel yayılmayı azaltmak için bir şehrin merkezinde büyümeyi sağlayan geniş bir kentsel üretim planlama ve ulaşım teorisidir. Çok çeşitli konut seçenekleriyle kompakt, toplu taşıma odaklı, yürünebilir, bisiklet dostu arazi kullanımı, mahalle okulları, eksiksiz sokaklar ve karma kullanımlı gelişme yaratmaktadır (Shrivastava ve Sharma, 2011: 8).

Al-Hader vd. (2008)'e göre literatürde Akıllı Kent kavramından ilk kez 1994 yılında bahsedilmiş, konu ile ilgili yayınların sayısı 2010'dan bu yana artış göstermiştir. 2010 yılından sonra Avrupa Birliği'nin kentsel alanda sürdürülebilirlik projelerini ve eylemlerini nitilemek için "Akıllı" kelimesi kullanılmaya başlanmış (Dameri ve Cocchia 2013: 4) Avrupa'daki orta ölçekli kentlerin akıllı kent bağlamında sıralanması çalışmasıyla yaygınlaşmıştır. Bu çalışmaya göre orta ölçekli Avrupa kentlerinin; 100.000 ile 500.000 arası kentsel nüfusa sahip kentte en az 1 üniversite bulunması, toplanma alanları kapasitesi gibi ölçütler doğrultusunda elemeleri yapılmış ve toplamda 70 orta ölçekli kent akıllı kent bağlamında sıralanmıştır. Kentlerin akıllı kent bağlamında sıralanması 6 bileşen ve bu bileşenlerin göstergeleri üzerinden kentlerin ne kadar akıllı olduğunu tanımlamak için kullanılmaktadır (Şekil 1) (Giffinger vd., 2007: 13).



Şekil 1: Akıllı Kent Bileşenleri (Giffinger vd., 2007: 12).

Kentler sürdürülebilir kalkınmada kilit rol oynamaktadır. Kentsel büyüme, ekonomik kalkınmayı destekleyen ve yönlendiren, sosyal uyumu ve çevresel sürdürülebilirliği sağlayan şekillerde yönetilmelidir. Bu doğrultuda akıllı kentlerin çevresel, sosyal ve ekonomik kalkınmayı destekleyici niteliğini anlatan tanımlar ve uygulamalar kavramsallaşmaya başlamıştır. İnsan ve sosyal sermaye ile ulaşım ve iletişim altyapısına yatırım yapıldığı, yönetim vasıtasıyla doğal kaynakların akıllıca yönetildiği, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ve yüksek yaşam kalitesi teşvik edildiğinde akıllı kente ulaşılabilirdiği ifade edilmektedir (Caragliu vd., 2011: 70). Dünyadaki literatür ve uygulamalar incelendiğinde akıllı kentin tanımında bir standartlaşma olmasa da akıllı kentin öncelikli bir konu haline geldiğinden bahsedilebilir (Gürsoy, 2019: 105) (Tablo 1).

Tablo 1: Akıllı Kent Tanımları

(Hall, 2000: 1)	Enerji, ulaşım, su gibi tüm altyapı sistemlerinin ve yapıların bilgisayar sistemleri, entegre ara yüzler ve sensörlerle tasarlandığı inşa edildiği ve bakımının yapıldığı; veri tabanları, izleme ve karar verme algoritmalarından oluşan; bu sebeple güvenli, çevre dostu ve kaynak verimliliğine sahip hale getirilen geleceğin kentleri.
(Giffinger vd., 2007: 11)	Kendi kararlarını veren bağımsız ve bilinçli kentlilerin faaliyetlerinin akıllı kombinasyonları üzerine kurulu; ekonomi, insanlar, yönetim, hareketlilik, çevre ve yaşam konularında performansı yüksek olan kentler.
(Toppeta, 2010: 4)	Sürdürülebilirliği ve yaşanabilirliği iyileştirmek için bürokratik süreçleri yeniden somutlaştırmak ve hızlandırmak ve şehir yönetimi karmaşıklığına yenilikçi çözümler belirlemeye yardımcı olmak için Bilgi İşlem Teknolojileri (BİT) ve Web 2.0 altyapısını diğer organizasyonel tasarım ve planlama girişimleriyle birleştiren kent.
(Harrison vd., 2010: 2)	Kentin kolektif zekasından faydalanmak amacıyla fiziksel, sosyal ve iletişim altyapısını birbirine bağlayan kent.
(Washburn vd., 2010: 2)	Kent yönetimi, eğitim, sağlık hizmetleri, kamusal güvenlik, emlak, ulaşım ve kamu hizmetlerini içeren; önemli altyapı bileşenleri ve hizmetlerini daha akıllı, birbirine bağlı ve verimli hale getirmek için bilgi işlem teknolojilerini kullanan kent.
(Thuzar, 2011: 96)	Yüksek yaşam kalitesine sahip, insan ve sosyal sermayeye, geleneksel ve modern iletişim altyapısına yapılan yatırımlarla sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı sürdüren ve katılımcı politikalarla doğal kaynakları yöneten yerler. Aynı zamanda sürdürülebilir olmalı, ekonomik, sosyal ve çevresel hedeflerle birleşmelidir.
(Caragliu vd., 2011: 70)	İnsan ve sosyal sermaye ile ulaşım ve iletişim altyapısına yatırım yapıldığı, yönetim vasıtasıyla doğal kaynakların akıllıca yönetildiği, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi ve yüksek yaşam kalitesi teşvik edildiğinde akıllı kente ulaşılabilirdiği ifade edilmektedir.

(Su vd., 2011: 1028)	Dijital kentin nesnelerin interneti ile birleştirilmiş ürünüdür. Akıllı planlama fikirlerinin, akıllı inşaat modlarının, akıllı yönetim şekillerinin ve akıllı geliştirme yaklaşımlarının etkili bir entegrasyonudur. Kısacası modern kentlerin daha verimli, daha rahat ve daha uyumlu çalıştığı yerlerdir.
(Cohen, 2012)	Doğal kaynakları akılcı ve verimli kullanan, enerji tasarrufu sağlanan, yaşam kalitesi artırılırken karbon ayak izinin ve karbon salınımının az olduğu yerlerdir.
(Bakıcı vd., 2013: 139)	Sürdürülebilir, daha yeşil, rekabet oranı yüksek ve yenilikçi bir ticaret ile artan bir hayat kalitesi oluşturmak için insanları, bilgileri ve kent unsurlarını yeni teknolojiler kullanarak birbirine bağlayan yüksek teknoloji yoğun ve gelişmiş bir kent.
(Angelidou, 2014: S3)	Akıllı kentler, kalkınmanın ve refahın artırılması için insan, kolektif ve teknolojik sermayenin kullanımına dayanan kavramsal bir kentsel gelişim modelini temsil etmektedir.

Tanımlar doğal kaynak yönetimi, sürdürülebilir büyüme ve kentliler için yüksek yaşam kalitesi sunmak adına kentsel altyapı ve hizmetlere yapılan yatırımlarla BİT altyapısını birleştiren ortak bir temayı paylaşmaktadır. Dünya'daki akıllı kent uygulamaları incelendiğinde genellikle kentlerin akıllı hale getirilmesi, düzenlenmesi ve yaşam kalitesinin artırılması için çalışmalar yapıldığı gözlenmektedir (Gürsoy, 2019: 105).

1.3.1 Avrupa Kentlerinde Akıllı Kent Uygulama Örnekleri

Nam ve Pardo (2011)'in araştırmasına göre, kentler yer kürenin %2'sinden azını kaplamasına rağmen doğal kaynakları büyük oranında tüketmektedir. Doğal kaynaklardaki bu azalma atık yönetimi, hava kalitesi, kentsel sağlık ve ulaşım konularında sorunlara sebep olmuş; olumsuz görünen bu durumlara yönelik teknolojik gelişmelerin yardımı ile stratejik çözümler bulunması da bir fırsat olarak değerlendirilmiştir (Ateş ve Erinsel Önder, 2019: 46). Kentsel nüfusun artışına paralel artan dengesine yönelik talepleri karşılayan akıllı ulaşım, akıllı güvenlik, akıllı enerji, akıllı sağlık, akıllı binalar ve akıllı yaşam konuları kapsamında uygulamalar başlıca akıllı kent çözümleri olarak görülmeye başlamıştır (Çetin ve Çiftçi, 2019: 138). Akıllı kent uygulamaları kentlere ve insanlara enerji, çevre, endüstri, yaşam ve hizmetler gibi çeşitli yönlerden faydalar sağlamaktadır (Zhang vd., 2017: 123). Özellikle Avrupa Birliği (AB), metropol alanları için "akıllı" anlamda kentsel büyümeye ulaşmak için çeşitli stratejiler geliştirmek adına sürekli

çaba sarf etmektedir (Caragliu, 2011: 67). Akıllı kentlerde daha yaşanabilir bir çevre için; refahı artırma, kentsel hizmetlere erişimde eşitlik yaratma, ülkelerin sürdürülebilir ekonomik kalkınmasına katkıda bulunma, enerji etkin bir yaklaşım izleme ve alternatif enerji kaynaklarını kentsel sisteme adapta etme faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir (Aksoğan ve Çalış Duman, 2018: 191).

Dünya'daki birçok ülkede sera gazı emisyonlarının azaltımı ve enerji etkin yaklaşımın benimsenmesi konularında akıllı kent uygulamaları bir çözüm yolu olarak görülmekte ve stratejiler bu yönde geliştirilmektedir. Akıllı kentin temelinde teknolojinin kentsel yaşam kalitesini artırmaya yönelik faydaları kapsamında kentsel mekân organizasyonu yer almaktadır. Bu kapsamda akıllı ulaşım temelindeki uygulamaların kentlerde “Akıllı Hareketliliğin” sağlanmasında etkili birer fonksiyon olduğu belirtilmektedir (Bayraktar, 2020: 29). Birçok yerel yönetimin akıllı kent politikalarını, kent sakinlerinin yaşam kalitesini artırma ve akıllı ulaşım sistemlerine işlerlik kazandırmak adına vizyon belgelerinde vurguladığı ve uygulamaya geçirdiği görülmektedir (Şengül ve Yüksel Altıntaş, 2020: 499). Akıllı ulaşım çözümleri, tıkanıklığı azaltmayı, daha hızlı, daha çevreci ve daha ucuz ulaşım seçeneklerini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Mevcut ulaşım sistemini optimize eden çözümlerden, yeni ulaşım seçeneklerine dayanan çözümlere kadar çeşitlilik gösterebilir (Dubbeldeman ve Stephen, 2015: 56). Bu uygulamalara ilk olarak elektrikli araçlar kapsamında kentlere entegre edilen araçlar örnek olarak verilebilir. Örneğin 2.000 adet elektrikli araç şarj istasyonu bulunan Amsterdam'da; şarj istasyonlarının konum ve uygunluk durumları bilgilerine “Chargemap” uygulamasından erişim sağlanabildiği belirtilmektedir (Bayraktar, 2020: 37) (Şekil 2).



Şekil 2: Amsterdam/Hollanda Elektrikli Araç Şarj İstasyonu (Orijinal, 2020).

Bu uygulamalar ile elektrikli araçların kullanımının özendirilmesi sağlanmaktadır. Böylece fosil yakıt kullanımından doğan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sunulacaktır.

Akıllı kentlerin doğal kaynak yönetimini sağlayan uygulamaları önceliklendirmesi, karbon temelli bireysel araç kullanımına alternatif olacak diğer ulaşım yöntemlerini öne çıkarmaktadır. Bunlardan biri de bireysel hareket özgürlüğü sağlayan, motorsuz ulaşım alternatif ve çevre dostu bir ulaşım türü olan bisiklettir. Toplu ulaşım türleri kullanımında güzergâh ve zaman bağımlılığı bulunmaktayken, bisikletle ulaşım kentsel alanın bireysel olarak verimli bir şekilde kullanıldığı bir ulaşım çeşididir. Bununla birlikte ayrı ayrı seyir ve park halinde de bisikletin kapladığı alan diğer ulaşım araçlarına göre çok daha azdır (Elbeyli, 2012: 14). Birçok kentte var oldukları ülkelerde bisiklet kullanımının yaygınlaşmasına katkı sunan, bisiklet kullanıcılarına ait şeritleri fiziksel olarak belirleyen bisiklet şebekeleri bulunmaktadır. Hollanda, Almanya, İngiltere ve İsveç gibi birçok Avrupa ülkesinde bisiklet şebekeleri taşıt trafiğinden ayrılmakta ve kullanıcılara öncelikli geçiş hakkı sunulmaktadır (Mert ve Öcalır, 2010: 227). Ayrıca kentlerin birçok noktasında bisikletlere ayrılmış parklar bulunmakta, böylece bisiklet kullanımı desteklenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: A) Amsterdam/Hollanda B) Köln/Almanya Bisiklet Parkları ve Bisiklet Şebekeleri (Orijinal, 2020).

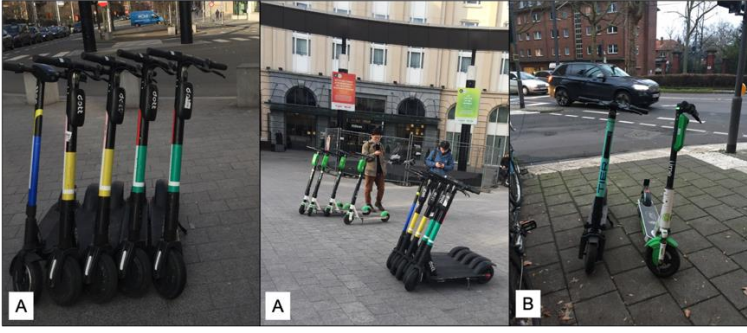
Akıllı ulaşım bağlamında kentlerde yaşanan ulaşım problemine çözüm arayan çeşitli paylaşımlı hareketlilik çalışmaları başlamıştır. Bu kapsamda araba, bisiklet, e-mobilet (*e-scooter*) gibi araçların kentte yaşayanların kullanımına sunulduğu ve kullanıcılar arasında paylaşıldığı paylaşımlı hareketlilik sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır (Turan ve Efe, 2020: 114). Bunlardan biri olan elektrikli bisikletlere ait bisiklet paylaşım hizmetleri Avrupa'da 1960'ların başlarında ortaya çıksa da yalnızca son yıllarda akıllı bir hizmet haline gelmiştir (Chiariotti vd., 2018: 1). Ioakimidis vd. (2016) ve Woolsgrove (2020)'ye göre uzun mesafeler, eğimli ve engebeli yollar, hava

koşulları, farklı yaş grubu kullanımları ve çeşitli sağlık sorunları elektrikli bisiklet kullanımını çekici hale getirmektedir (Onur ve Efe, 2020: 217). Curran (2008)'e göre birçok kentte şehir içi ulaşım ağına entegre edilerek ulaşım seçeneğini artırmakta, doğal kaynak kullanımı verimliliğini artırmak, hava kalitesini iyileştirmek ve trafik sıkışıklığını ve gürültü kirliliğini azaltmak gibi özellikleri beraberinde getirmektedir (Midgley, 2009: 24). Küresel Konumlama Servisi (*Global Positioning System* -GPS) tanımlı olan paylaşımlı bisikletler kentsel hareketliliği de izleyerek ulaşım yönetimi konularında da veriler ortaya koymaktadır. Kentsel toplu taşıma kartı veya kredi kartı ile uygulama üzerinden üye olunarak kullanılan seçenekleri bulunmaktadır (Şekil 4).



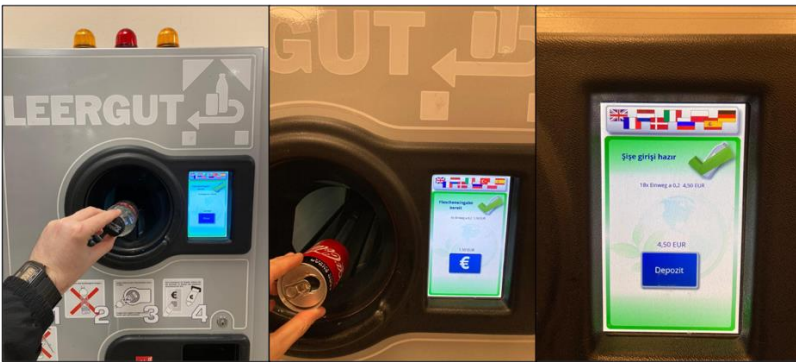
Şekil 4: A) Mobike-Köln/Almanya Paylaşımlı Bisiklet İstasyonu, B) Villo-Brüksel/Belçika Paylaşımlı Bisiklet İstasyonu, C) KVB-Köln/Almanya Paylaşımlı Bisiklet İstasyonu (Orijinal, 2020).

Akıllı kentlerdeki çeşitli paylaşımlı hareketlilik çalışmalarından biri de kentsel ulaşım sistemine dahil edilen ve alternatif bir ulaşım aracı olan e-mobiletlerdir. E-mobiletler birçok kentte kısa süreli ve kısa mesafeli ulaşım seçeneği olarak tercih edilmektedir. Kijewska vd. (2019)'a göre sürdürülebilir kentsel ulaşımı sağlamak için bir araç olarak paylaşılan e-mobilet ve e-bisiklet araçları, onları mümkün olduğunca çok sayıda sosyal grubun kullanımına sunmayı gerektirmektedir. E-mobilet paylaşımı düşük karbonlu kent lojistiği kavramına uymakta ve kentsel alanlarda ulaşım sorunlarının üstesinden gelmede etkili bir araç olarak görülmektedir (Bielinski vd., 2020: 2). Avrupa'da 20 milyonu aşan kullanıcısı bulunan paylaşımlı bisiklete oranla 4 kat daha hızlı adaptasyon oranına sahip e-mobiletler, çevresel ayak izinin azaltılması, kentsel hava kalitesinin iyileştirilmesi ve iklim değişikliğinin azaltılmasında etkilidir. Ayrıca insanları arabalarından çıkararak vatandaşlar ve turistler için uygun ve esnek ulaşım sağlamaktadır (Møller ve Simlett, 2020: 4) (Şekil 5).



Şekil 5: A) Dott/Lime- Brüksel/Belçika E-mobilet, B) Lime/Tier-Köln/Almanya E-mobilet (Orijinal, 2020).

Atık yönetimi, akıllı kentlerin sürdürülebilirlik kavramının önemli bir unsurudur (Mingaleva vd., 2020: 15). Bir kentin sürdürülebilir olması için çevresel sorunlara ve risklere yönelik olarak derinlemesine ve bütüncül stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple kentlerin başa çıkmada zorluklar yaşadığı atık yönetimi ve geri/ileri dönüşüm konularına yönelik akıllı kent uygulamaları büyük önem arz etmektedir (Söylemez, 2018: 87). Atık yönetiminde öncelik, atıkların gruplara ayrılarak grup olarak yönetilmesini sağlamaktır (Gül, 2019: 14). Bu sebeple atıkların kaynağında toplanması önemlidir. Avrupa'nın birçok kentinde atıkların gruplara göre kaynağında ayrı toplanması adına çalışmalar yapılmaktadır. Hammaddenin kaynağında toplanmasını özendirmek adına yapılan çalışmalardan biri metal ve plastik ambalaj atıklarına depozito ödenmesi örnek gösterilebilir. Kentin çeşitli yerlerine ve belirli marketlere yerleştirilen Makinelere (*kiosklara*) atılan şişe ambalajı karşılığında depozito ödenmektedir (Şekil 6). Makinelerde çeşitli dil seçeneklerinin bulunması bu uygulamayı daha kullanışlı hale getirmektedir.



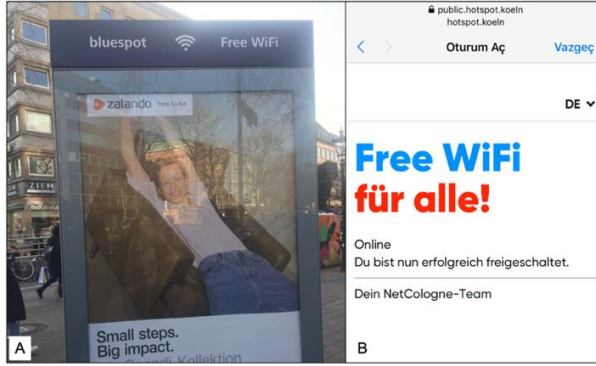
Şekil 6: Köln/Almanya Metal ve Plastik Şişelerin Depozitolu Geri Dönüşümü (Orijinal, 2020).

Avrupa kentlerinde atık yönetimi kapsamında verilebilecek başka bir örnek Amsterdam kentinin birçok bölgesinde farklı gruplara yönelik (kâğıt, cam, ambalaj kutusu vb.) konumlandırılmış sensörlü çöp konteynırları bulunmasıdır. Bu donatılar taşıma kapasitesinin üzerine ulaştıklarında içlerinde bulunan sensörler sayesinde uyarı vermektedir. Böylece kentteki tüm çöp konteynırlarının ayrı ayrı ziyaret edilmesi sebebiyle yaşanan zaman kayıpları ortadan kalkmaktadır. Ayrıca bazı konteynırların üst yüzeylerine entegre edilmiş güneş enerjisi panelleri ile de sokak lambası aydınlatmalarının enerjilerinin sağlanması çalışmaları yapılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7: Amsterdam’da Farklı Atık Grupları İçin Konumlandırılmış Çöp Konteynırları (Orijinal, 2020).

Akıllı kent uygulamalarına yönelik en çok üzerinde durulan konular sürdürülebilir kaynak yönetimi, yenilenebilir enerji, şehir içi hareketlilik, atık yönetimi ve kablosuz internet erişilebilirliği şeklinde belirtilmektedir (Terzi ve Ocakçı, 2017: 11). Birçok Avrupa kentinde bilgiye ulaşımı zamandan ve mekândan bağımsız kılmak isteyen “Public Wifi-kamusal alanda erişilebilir internet” uygulamaları bulunmaktadır. Bu altyapıya erişebilir durumda bulunan alanlar bilgilendirme levhaları ile belirtilmektedir (Şekil 8). Özellikle turistlere rehberlik edilmesini sağlayan kamuya açık internet kullanımı, e-devlet verilerine acil erişim ihtiyacı olan kentlilere de yarar sağlamaktadır. Kamuya açık internet erişiminin kullanıcılar ve yöneticiler arasında çift taraflı bir yarar sağlamaktadır. Kullanıcılar kentsel alanda bilgiye daha kolay ve ücretsiz olarak erişirken; yöneticiler kullanıcı adı ve telefonu ile giriş yapılan uygulamada son gelişmelere dair ipuçlarına sahip olmaktadır.



Şekil 8: Kamusal Alanda Erişilebilir İnternet Altyapısı A) Düsseldorf/Almanya B) Köln/Almanya (Orijinal, 2020).

2. Sonuç

Kentler, teknoloji veya toplum gibi hızla gelişmektedir (Aletà vd., 2017: 169). 2050'ye kadar kentleşme oranının %68 olacağının beklenmesi önümüzdeki 30 yılda kentlere 2.5 milyar insanın daha ekleneceği anlamına gelmektedir (United Nations, 2019). Kentleşme oranı arttıkça, sanayileşme ve üretim-tüketim oranları da artacak bu da çevresel baskıları arttıracaktır. Bu kapsamda nüfusu hızla artan ve genişleyen kentlerimizde çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik bir gereklilik değil zorunluluktur. Nitekim akıllı kent vizyonu da doğal kaynaklar üzerindeki kentleşme baskısı azaltılırken topluma yaşam kalitesinin artırılması şeklindedir.

Nispeten yeni bir kavram olan ve her geçen gün yaygınlaşan ve önem kazanan akıllı kent kavramı doğrultusunda Avrupa'da birçok uygulama hayata geçmiştir. Bu uygulamalar ulaşım (akıllı yol ağları, elektrikli araçlar, paylaşımlı hareketlilik ve toplu taşıma), kamu hizmetleri (atık yönetimi, kamusal internete ulaşım, e-devlet uygulamaları vb.), eğitim, sağlık ve sosyal bakım, kamu güvenliği gibi birçok alanı kapsamaktadır. Bu çalışmada ağırlıklı olarak kentsel donatılar şeklinde kendini gösteren, kentsel alanın en verimli şekilde kullanılmasını sağlarken çevresel tehditleri en aza indirmeyi amaçlayan uygulamalar üzerinde durulmuştur. İncelenen akıllı kent uygulamaları ister geleneksel ister gelişmiş sistemlere sahip olursa olsun, bilgi işlem teknolojilerinin entegre edilmesi ile var olan kaynaklara yeni fonksiyonlar eklemektedir. Bu da akıllı kent kavramı kapsamında kaynakların korunması ve enerji tasarrufu ile bağdaşmakta; akıllı kent uygulamaları kentlerin sürdürülebilir gelişimine katkılar sunmaktadır.

Peyzaj Planlama, Peyzaj Tasarım ve Peyzaj Yönetimi kapsamında, akıllı uygulamalar konularında belediyelerle iş birliği yapılması gerekmektedir. Böylece bu uygulamaların yaygınlaşması ve kentlere yarar sağlamasından bahsedilebilir. Gelecekteki çalışmalarda ülkemizde de yaygınlaşan akıllı

sistemlerle karşılaştırmalar yapılarak bu hizmetlerin yaşadığımız kentlere aktarılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

3. Referanslar

- Aletà, N. B., Alonso, C. M., Ruiz, R. M. A. (2017). Smart Mobility and Smart Environment in the Spanish Cities. *Transp. Res. Procedia*, 24: 163-170.
- Akbaş İ. (2018). Kent Formunun Evrimi: Akıllı Kent. *Jass Studies-The Journal of Academic, Social Science Studies*, 68 (Summer I), 375-390.
- Aksoğan, M., Çalış Duman, M. (2018). Akıllı Şehir Uygulamaları: Malatya Örneği. 1. *Uluslararası Battalgazi Multi Disipliner Çalışmalar Kongresi (İKSAD)*, Malatya, Türkiye. 7-9 Aralık. 183-202.
- Angelidou, M. (2014). Smart City Policies: A Spatial Approach. *Cities*, 41: S3-S11.
- Ateş, M., Erinsel Önder, D. (2019). Akıllı Şehir Kavramı ve Dönüşen Anlamı Bağlamında Eleştiriler. *Megaron*. 14(1). 41-50.
- Bakıcı, T., Almirall, E., Wareham, J. (2013). A Smart City Initiative: The Case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*. 4: 135-148.
- Bayraktar, O. F. (2020). Enerji Verimli Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Planlaması ve Uygulamalarının Değerlendirilmesi: Kayseri Kent İçi Ulaşımı, Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Bieliński, T., Ważna, A. (2020). Electric Scooter Sharing and Bike Sharing User Behaviour and Characteristics. *Sustainability*, 12(22), 1-13.
- Brockerhoff, M. P. (2000). An Urbanizing World. *Population Bulletin*, 55(3), 1-44. (Washington, DC: Population Reference Bureau, September 2000).
- Caragliu, A., Del Bo, C., Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65-82.
- Chartered Management Institute (2014). Setting Smart Objectives, Checklist 231. Erişim Adresi: <https://www.managers.org.uk/wp-content/uploads/2020/03/CHK-231-Setting-Smart-Objectives.pdf>. Erişim Tarihi: 11.11.2019.

- Chiariotti, F., Pielli, C., Cenedese, A., Zanella, A., Zorzi, M. (2018). Bike Sharing as a Key Smart City Service: State of the Art and Future Developments. *In 2018 7th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST)* (1-6 p.).
- Cohen, B. (2012). 6 Key Components for Smart Cities. UBM Future Cities City News.
- Çetin, M., Çiftçi, Ç. (2019). Literatüre Göre Dünya ve Ülkemizden Örneklerle Akıllı Kent Kavramının İrdelenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(3): 134-143.
- Çetinkaya Z., Ciravoglu A. (2016). Sürdürülebilir Yerleşim Modellerinin Karşılaştırılması: Eko-Kent ve Yavaş Kent. *İdealkent*, 7(18), 246-267.
- Dameri, R. P., Cocchia, A. (2013). Smart City and Digital City: Twenty Years of Terminology Evolution. *In X Conference of the Italian Chapter of AIS*, ITAIS, Università Commerciale Luigi Bocconi, Milan (Italy), 1-8.
- Davis, K. (1965). The Urbanization of the Human Population. *Scientific American*, 213(3), 40-53. Erişim Adresi: URL: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/24931110>. Erişim Tarihi: 12.12.2019.
- Doran, G. T. (1981). There's a SMART Way to Write Management's Goals and Objectives. *Management Review*, 70(11), 35-36.
- Dubbeldeman, R., Stephen, W. (2015). Smart Cities: How Rapid Advances in Technology are Reshaping our Economy and Society. *Deloitte: Amsterdam, The Netherlands*. 85 p. Erişim Adresi: <https://www2.deloitte.com/tr/en/pages/public-sector/articles/smart-cities.html>. Erişim Tarihi: 1.3.2021.
- Elbeyli, Ş. (2012). Kentiçi Ulaşımında Bisikletin Konumu ve Şehirler İçin Bisiklet Ulaşımı Planlaması: Sakarya, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Elgazzar, R. F., El-Gazzar, R. F. (2017). Smart Cities, Sustainable Cities, or Both? In A Critical Review and Synthesis of Success and Failure Factors. *In Proceedings of the 6th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems* Porto, Portugal, 22–24 April 2. Smartgreens: Setúbal, Portugal, 2017; Volume 1, pp. 250–257.
- Giffinger, R., Pichler-Milanović, N. (2007). Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities. Centre of Regional Science, Vienna University of Technology. Erişim Adresi: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. Erişim Tarihi: 05.05.2019.

- Gül, B. (2019). Sürdürülebilir Sıfır Atık Yönetimi İçin Eğitim Alanlarında Katı Atık Oluşumu ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Gürsoy, O. (2019). Akıllı Kent Yaklaşımı ve Türkiye’deki Büyükşehirler İçin Uygulama İmkânları, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Hall, R. E. (2000). The Vision of A Smart City. In *Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop* (Paris, France, Sep 28), 6 p. Erişim Adresi: <https://www.osti.gov/servlets/purl/773961>. Erişim Tarihi: 10.12.2019.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., Williams, P. (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4), 1–16.
- Hembd, J., Silberstein, J. (2011). Sustainable Communities: Sustainability and Community Development. In Robinson J. W. ve Green, G. P. (Eds.). *Introduction to Community Development: Theory, Practice, and Service-learning*. 16: 261-278. Sage.
- Höjer, M., Wangel, J. (2015). Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges. In L. M. Hilty & B. Aebischer (Eds.), *ICT Innovations for Sustainability, Advances in Intelligent Systems and Computing* (333–349 p.). New York: Springer.
- Keleş, R. (1980). Kentbilim Terimleri Sözlüğü. Türk Dil Kurumu Yayınları, Sevinç Basımevi, Ankara
- Konuk, N., Turan N. G., Ardali Y. (2016). The Importance of Urbanization in Education. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences* (EPESS). 5: 232-236.
- Meadows, D. H. Meadows, D. L. Randers, J., Behrens, W. W. (1972) *The Limits to Growth*. Universe Books, New York. 205 p.
- Merin, G. (2013). AD Classics: Ville Radieuse / Le Corbusier. ArchDaily. Erişim adresi: <https://www.archdaily.com/411878/ad-classics-ville-radieuse-le-corbusier>. Erişim Tarihi: 12.11. 2019.
- Mert, K., Öcalır, E. V. (2010). Konya’da Bisiklet Ulaşımı: Planlama ve Uygulama Süreçlerinin Karşılaştırılması. *METU Journal of the Faculty of Architecture*, 27(1), 223-240.
- Midgley, P. (2009). The Role of Smart Bike-Sharing Systems in Urban Mobility. *Journeys*, 2(1), 23-31.

- Mikaelli M., Memlük, Y. (2013). Ekoloji ve Çevre Açısından Kompakt Kent Kavramı ve Uygulama Örnekleri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 37-50.
- Miller, M. (2010). English Garden Cities. An introduction. English Heritage, 127 p. Erişim Adresi: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/english-garden-cities-introduction/english-garden-cities/>. Erişim Tarihi: 13.11.2019.
- Mingaleva, Z., Vukovic, N., Volkova, I., Salimova, T. (2020). Waste Management in Green and Smart Cities: A Case Study of Russia. *Sustainability*, 12(1), 94, 1-17.
- Møller, T. H., Simlett, J. (2020). Micromobility: Moving Cities into A Sustainable Future. EY. Erişim Adresi: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/automotive-and-transportation/automotive-transportation-pdfs/ey-micromobility-moving-cities-into-a-sustainable-future.pdf. Erişim Tarihi: 26.02.2021.
- Mulholland, E. K., Smith, L., Carneiro I., Becher H., Lehmann D. (2008). Equity and Child-Survival Strategies. *Bulletin of the World Health Organization*, 86(5), 399-407.
- Onur, S., Efe, S. B. (2020). Elektrikli Bisikletle Paylaşımlı Hareketlilik: Balıkesir Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(2), 216-226.
- Özdemir, S. (1993). Metropoliten Kent Çeperlerinde Mülkiyet Örüntüsü Değişim Süreci: İzmir Örneği, Yayınlanmamış Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Shrivastava, R., Sharma, A. (2011). Smart Growth: A Modern Urban Principle. *Architecture Research*, 1(1), 8-11.
- Sınmaz, S. (2013). Yeni Gelişen Planlama Yaklaşımları Çerçevesinde Akıllı Yerleşme Kavramı ve Temel İlkeleri. *Megaron*, 8(2), 76-86.
- Söylemez, A. (2018). Akıllı Kentlerde Atık Yönetimi ve Dünya'dan Akıllı Atık Yönetimi Üzerine Örnekler. *Yasama Dergisi*, 37: 87-100.
- Stankiewicz, E. (2015). Frank Lloyd Wright's Broadacre City as A Manifestation of American Values of Freedom and Democracy. *Crossroads A Journal of English Studies*, 9(2), 26-36.
- Su, K., Li, J., Fu, H. (2011). Smart City and the Applications. In *2011 International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)* (1028-1031p.).

- Susmaz, H., Ekinci, C. E. (2009). Sağlıklı Kentleşme Süreci Esasları. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 4(1), 21-34.
- Şengül, R. Yüksel Altıntaş, H. (2020). Akıllı Kentin Bir Bileşeni Olarak Akıllı Ulaşım Uygulamalarının İncelenmesi: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği. *International Journal of Cultural and Social Studies (IntJCSS)*, 6(2), 487-502.
- Tan, Y., Xu, H., Zhang, X. (2016). Sustainable Urbanization in China: A Comprehensive Literature Review. *Cities*, 55, 82-93.
- TDK (2019). Türk Dil Kurumu. Erişim Adresi: <https://sozluk.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 12.11. 2019.
- Terzi, F., Ocakçı, M. (2017). Kentlerin Geleceği: Akıllı Kentler. *İTÜ Vakfı Dergisi*, 77:10-13.
- Thallak, S. G., Dhindaw, J. (2016). Benefits and Challenges of Urbanization and Low Carbon Energy Needs in India. *Journal of Sustainable Urbanization Planning and Progress*, 1(1), 22-30.
- Thuzar, M. (2011). Urbanization in SouthEast Asia: Developing Smart Cities for the Future? *Regional Outlook*. 96-100.
- Toppeta, D. (2010). The Smart City Vision: How Innovation and ICT Can Build Smart, Livable, Sustainable Cities. The Innovation Knowledge Foundation, Think, 5: 1-9. Erişim Adresi: https://inta-aivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/Toppeta_Report_005_2010.pdf. Erişim Tarihi: 02.02.2021.
- Turan, S. ve Efe, S. B (2020). Elektrikli Bisiklet Paylaşımı: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi Örneği. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*. 3(2), 112-122.
- UNESCO (2012). Education for Sustainable Development: Sourcebook. Published in 2012 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 7, place de Fontenoy, 75352 Paris, France. 51 p. ISBN 978-92-3-001063-8. Erişim Adresi: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216383.locale=en>. Erişim Tarihi: 10.12.2019.
- United Nations (2015). World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, UN, New York. Erişim Adresi: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>. Erişim Tarihi: 19.02.2020.
- United Nations (2018). Sustainable Cities, Human Mobility and International Migration: Report of The Secretary-General. Erişim Adresi: <http://undocs.org/en/E/CN.9/2018/2>. Erişim Tarihi: 23.2.2021.

United Nations (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, UN, New York. Erişim Adresi: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Erişim Tarihi: 19.02.2020.

United Nations (t.y). Goal 11: Make Cities Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable. Erişim Adresi: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/#:~:text=The%20world's%20cities%20occupy%20just,living%20environment%2C%20and%20public%20health>. Erişim Tarihi: 23.02.2020.

URL-1. <https://courses.lumenlearning.com/boundless-sociology/chapter/urbanization-and-the-development-of-cities/>. Erişim Tarihi: 10.7.2019.

URL-2. Erişim Adresi: <https://architectureforthefuture.wordpress.com/2016/01/15/kent-tasariminda-broadacre-city-garden-city-radiant-city/>. Erişim Tarihi: 10.2.2019.

URL-3. Erişim Adresi: <https://www.open.edu/openlearncreate/mod/oucontent/view.php?id=79940&printable=1>. Erişim Tarihi: 15.02.2020.

URL-4. Erişim Adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilirlik>. Erişim Tarihi: 10.2.2019.

Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., Nelson, L. E. (2010). Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO. Cambridge, MA: Forrester Research, Inc. Erişim Adresi: http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf. Erişim Tarihi: 03.02.2021.

WCED (1987). World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford. Sao Paulo, 26-29 October 1985. Erişim Adresi: <http://www.ask-force.org/web/Sustainability/Brundtland-Our-Common-Future-1987-2008.pdf>. Erişim Tarihi: 15.02.2021.

Weingaertner, C., Moberg, A. (2014). Exploring Social Sustainability: Learning From Perspectives on Urban Development and Companies and Products. *Sustainable Development*, 22: 122–133.

Wright, F. L. (1932). The Disappearing City. WF Payson. New York.

Zhang, K., Ni, J., Yang, K., Liang, X., Ren, J., Shen, X. S. (2017). Security and Privacy in Smart City Applications: Challenges and Solutions. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), 122-129.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 12

**Organik Rankine Çevriminde Çalışma Akışkanı Olarak
Kullanılan İso pentan ve İso bütan Karışımının Optimum
Konsantrasyon Oranının Termodinamik Analizler Işığında
Belirlenmesi (Murat Bolat, Merve Şentürk Acar)**

Organik Rankine Çevriminde Çalışma Akışkanı Olarak Kullanılan İsoptentan ve İsobütan Karışımının Optimum Konsantrasyon Oranının Termodinamik Analizler Işığında Belirlenmesi

Murat Bolat¹, Merve Şentürk Acar²

¹*Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, bolat_1995@hotmail.com*

²*Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, merve.senturkacar@bilecik.edu.tr*

Özet

Bu çalışmada, jeotermal enerji kaynaklı Organik Rankine Çevriminin (ORC) optimum çalışma şartlarını belirlemek için termodinamik ve termoeconomik analizleri yapılmıştır. Türbin giriş sıcaklığı, türbin giriş basıncı, türbin çıkış basıncı parametreleri ile isobütan ve isopentan akışkanlarının farklı konsantrasyon çiftleri sistemin değişken parametreleridir. Hesaplamalar REFPROP 8.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Tasarlanan sistem termodinamik ve termoeconomik analizler ile değerlendirilmiştir. Maksimum enerji verimi % 10,81 olarak, çalışma akışkanının % 100 isobütan, türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin giriş basıncının 3250 kPa, türbin çıkış basıncının 550 kPa olduğu tasarım için belirlenmiştir. Maksimum ekserji verimi % 41,92 olarak aynı sistem parametreleri için belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda en etkin çalışma akışkanı % 100 isobütan olarak türbin giriş sıcaklığının 404,15 K, türbin giriş basıncının 3250 kPa, türbin çıkış basıncının 550 kPa olduğu çalışma parametreleri için belirlenmiştir. Ayrıca bu tasarım parametreleri için net bugünkü değer 86,23 Milyon ABD\$ olarak belirlenmiş ve ekonomik açıdan yatırıma uygun olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Enerji, ORC, İsobütan, İsoptentan

Determination of Optimum Concentration Ratio of Isopentane and Isobutane Mixture Used As Working Fluids In Organic Rankine Cycle in the Light of Thermodynamic Analysis

Abstract

In this study, thermodynamic and thermoeconomic analyzes of geothermal energy sourced Organic Rankine Cycle (ORC) have been made to determine the optimum operating conditions. Turbine inlet temperature, turbine inlet pressure, turbine outlet pressure parameters and different concentration pairs of isobutane and isopentane fluids are the variable

parameters of the system. The calculations were made using the REFPROP 8.0 program. The designed system has been evaluated by thermodynamic and thermoeconomic analysis. Maximum energy efficiency was determined as 10.81% for the design, where the working fluid is 100% isobutane, the turbine inlet temperature is 404.15 K, the turbine inlet pressure is 3250 kPa, and the turbine outlet pressure is 550 kPa. The maximum exergy efficiency was determined as 41.92% for the same system parameters. As a result of these analyzes, the most effective working fluid was determined as 100% isobutane for operating parameters where turbine inlet temperature is 404.15 K, turbine inlet pressure is 3250 kPa, turbine outlet pressure is 550 kPa. In addition, the net present value for these design parameters has been determined as US \$ 86.23 Million and it has been understood that it is economically suitable for investment.

Key Words: Waste heat, ORC, Isopentane, Isobutane

1. Giriş

Dünyada nüfus ve sanayileşmenin hızla artması sonucunda pek çok ülkenin enerji ihtiyacı da artmaktadır. Enerjinin büyük bir bölümünü ithal etmekte olan ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önem arz etmektedir. Bu amaç doğrultusunda çeşitli ısı kaynakları kullanılarak elektrik üretimi sağlayan birçok sistem mevcuttur. Kullanılan bu sistemlerin en başında Rankine çevrimi gelmektedir[1]. Rankine çevrimlerinde akışkan olarak su kullanılmasının bazı dezavantajları olması nedeniyle iş yapan akışkan olarak moleküler kütlesi sudan daha yüksek akışkanlar kullanılmaya başlanmış ve bunun sonucunda sistem Organik Rankine Çevrimi (ORC) olarak adlandırılmıştır [2]. ORC ile yenilenebilir enerji kaynakları ve atık ısı kaynakları gibi düşük sıcaklıktaki kaynaklarla elektrik üretilmesi mümkün olmaktadır. Bu durum elektrik ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olurken fosil kökenli yakıtların oluşturduğu çevre sorunlarının önüne geçilmektedir [3].

Cimşit [3] çalışmasında jeotermal kaynaklı ORC'nin kazan ve yoğunlaştırıcı sıcaklık değişimlerinin, çevrim performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. İş akışkanı olarak R-124 kullanmıştır. Jeotermal kaynak sıcaklığını 377,15 K ve debisini 150 kg/s olarak belirlemiştir. Kazan sıcaklığının 343,15 ile 373,15 K arasında 5 K'lık kademeli olarak artırılması ile ısı verimin arttığını ve yoğunlaştırıcı sıcaklığının 308,15 ile 318,15 K arasında 2 K'lık kademeli olarak artırılması ile ısı verimin azaldığını belirlemiştir. Ayrıca çalışmasında ORC için en etkin akışkanı belirlemek amacıyla farklı organik akışkanlar için performans analizi yapılmıştır. İş akışkanı olarak R-134a, R-123, R124, R-125, R-404A, R-407C, R-410A, R-600, R-600a ve R-290 seçilerek bu organik akışkanlar için oluşturulan

çevrimlerin kazan sıcaklığı 333,15 K, yoğunlaştırıcı sıcaklığı 308,15 K olduğu çalışma şartlarında en yüksek türbin net işi R-410A için elde edilmiştir.

Roy ve ark. [4] iş akışkanı olarak R12, R123, R134a ve R717 kullanılan ORC'nin enerji ve ekserji analizlerini yaparak sistem için etkin iş akışkanını belirlemiştir. Türbin giriş basıncı 2,5 MPa da sabit tutulmuş, türbin giriş sıcaklığının 633,15 ile 793,15 K arasında 20 K'lık kademeli olarak artırılmış ve sistem için seçilebilecek en iyi akışkanın R123 olduğunu belirlemiştir.

Shao ve ark. [5] tasarlamış oldukları ORC'nin soğutma suyu debisindeki değişimin sistem performansı üzerindeki etkisini deneysel olarak incelemiştir. Çalışma akışkanı olarak R-123 kullanmışlardır. Türbin giriş sıcaklığı 345,15 K türbin giriş basıncı 0,393 MPa ve türbin çıkış basıncını 0,102 MPa olarak kabul etmişlerdir. Soğutma suyu debisinin 0,2 ile 0,6 kg/s arasında 0,1 kg/s'lik kademeli olarak artması ile net gücün ve ısı veriminin sırası ile arttığını belirlemiştir.

Feng ve ark. [6] yapmış oldukları çalışmada, Rejeneratif ORC ve temel ORC'yi hem termodinamik performansını hem de ekonomik faktörleri karşılaştırmışlardır. Her iki sistem içinde ısı kaynak sıcaklığı 423 K debisi 0,33 kg/s olarak belirlenmiştir. Kondansatör sıcaklığı 303 ila 312 K arasında 2 K'lık kademeli olarak artırılması ile, ekserji verimliliği Rejeneratif ORC için % 59,05'ten % 57,22'ye (% 3,1) ve ORC için % 53,21'den % 52,27'ye (% 1,8) düştüğünü belirterek Rejeneratif ORC'nin temel ORC'den % 8,1 daha yüksek ekserji verimliliği ve % 21,1 daha fazla enerji maliyetine sahip olduğunu saptamışlardır.

Kaşka ve ark. [7] yapmış oldukları çalışmada ara ısıtmalı ve soğutmalı Brayton çevrimini ve ara soğutucu olarak kullanılan ORC için enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. İş akışkanı olarak R245fa seçmişlerdir. Bu iki sistem birleştirmeleri sonucunda Brayton çevriminin verimi % 0,2 ile % 2,5 oranında arttığını aynı şekilde ORC ısı verimininse % 1 ile % 1,2 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Najjar ve ark. [8] yapmış oldukları çalışmada ORC hibrit bir sistemin enerji verimliliğini incelemiştir. Jeotermal su sıcaklığının 473,15 ile 533,15 K arasında 10 K'lık kademeli artış ile sistemin performans parametreleri üzerindeki etkisi incelemiştir. Çalışma akışkanları olarak Bütan, İsobütan, R11 ve R123 kullanmışlardır. Tasarlanan sistemdeki jeotermal kaynak sıcaklığı azaldığında; enerji verimi ve güç çıkışında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Sistem için seçilebilecek en iyi akışkanın R11 olduğunu ortaya koymuşlardır.

Akman [9] atık ısı kaynaklı dört farklı ORC sistemi tasarlayarak sistemleri termodinamik açıdan incelemiştir. Atık ısı olarak soğutma suyu, süpürme havası ve egzoz gazını ORC de ayrı ayrı ve üç atık ısı ile beraber kombine ederek analizlerini yapmıştır. Dört ayrı modelleme içinde iş akışkanı olarak R245fa kullanmıştır. En yüksek enerji üretiminin süpürme

havası ORC kombinin de olduğunu belirlemiştir. Süpürme havasının sıcaklığını 373,15 ile 433,15 K arasında olduğu belirtmiştir. ORC sisteminin gemide uygulanmasıyla yakıt giderlerinin azaldığı, enerji verimliliğinin arttırdığını belirlemiştir.

Baral [10] çalışmasında güneş ve jeotermal enerji kaynaklı ORC tasarlayarak sistemin performansını incelemiştir. İş akışkanı olarak R134a ve R245fa kullanmıştır. Jeotermal kaynak sıcaklığı 343,15 K debisinin 1 kg/s olduğunda, R134a ve R245fa için sırasıyla 17,5 kW ve 22,5 kW güç çıkışı üretebileceğini belirlemiştir. Jeotermal kaynak güneş kolektörüyle ısıtıldığında, üretilen güç çıkışı, ısı kaynağı 372,15 K iken R134a ve R245fa için sırasıyla 25 kW ve 30 kW olacağını belirtmiştir.

Cihan [11] düşük sıcaklıklı (< 423,15 K) atık ısı ile çalışmakta olan ORC ile klasik buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminin birleştirildiği bir sistem modellenmiştir. Tasarlanan sistem termodinamik açıdan incelenmiştir. Bu sistemde akışkan olarak R-600, R-600a ve R-601 kullanmıştır. Kondenser sıcaklığı 318,15 K ve evaporatör sıcaklıkları 278,15 K ve sabit tutulmuş, kazan sıcaklığı 363,15 ile 393,15 K arasında 5 K'lik kademeli olarak artırılması sonucunda en yüksek verim akışkanlar arası çok fark olmamakla birlikte R600 akışkanında olduğunu belirlemiştir.

Luo ve ark. [12] çalışmalarında orta, düşük jeotermal kaynak ile atık ısı kullanarak tek flaşlı ve ikili çevrimin enerji analizlerini yapmışlardır. Kullanılan kaynak sıcaklığı 403,15 K'nin altında olması durumunda ikili çevrimin performansının daha etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Acar ve ark. [13] güneş ve jeotermal enerjiyle çalışan ORC'nin enerji ve ekserji analizlerini yapmışlardır. ORC de iş akışkanı R-600a, güneş enerjisi depolama tankında ise TherminolVP-1 ve eriyik tuz kullanmışlardır. En etkili sistem parametresini jeotermal çıkış suyu sıcaklığının 333,15 K, birinci ısı değiştiricisi çıkış sıcaklığının 390,15 K ve güneş enerjisi entegre alanının 10.000 m² olduğunda elde edildiğini belirtmişlerdir. Sistemin enerji ve ekserji verimliliği güneş enerjisinin entegre edilmesi ile azaldığını, sistemin net güç çıkışında ise artış olduğunu ortaya koymuşlardır.

Akkurt [14] çalışmasında 323,15 ile 373,15 K arasındaki jeotermal kaynaklar için ORC tasarlayarak sistemin enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. İş akışkanı olarak R141b, R123, R245fa, R134a kullanmıştır. Belirtilen sıcaklık değerlerinde kurulacak bir sistem için maksimum ısı verim ve ekserji verimleri sırasıyla % 2,5-10,3 ve % 39,1-59,1 değerleri aralığında R141b akışkanı için elde edilmiştir. Maksimum net iş değeri 0,57-5,16 kW aralığında çevrim akışkan debisinin etkisi ile R134a akışkanında olduğunu belirtmiştir.

Algieri ve ark. [15] yapmış oldukları çalışmada jeotermal enerji kaynaklı ORC'nin farklı akışkanlar için enerji analizini yaparak sistem de kullanılacak en uygun akışkanı belirlemişlerdir. İş akışkanı olarak Isobütan, izopentan ve

R245ca kullanmışlardır. Jeotermal kaynak sıcaklığını 343,15 ile 403,15 K arasında 10 K'lık kademeli olarak değiştirdiğini kabul etmişlerdir. Yapılan analizler ışığında maksimum ısı verimi izopentan iş akışkanında olduğunu belirlemişlerdir.

Ata ve ark. [16] jeotermal enerji kaynaklı ORC tasarlayarak sistemin enerji analizlerini yapmışlardır. İş akışkanı olarak n-pentane kullanmışlardır. Jeotermal kaynak sıcaklığı 393,15 K sabit kabul edilerek evaporatör basıncının 250 ile 400 kPa arasında 50 kPa'lık kademeli olarak artırılması ile ısı veriminin % 9,93'ten % 12,59'a çıktığı belirlenmiştir.

Durmuş [17] çalışmasında Aydın Salavathı Binary Jeotermal Santralinin termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa uygun olarak enerji ve ekserji analizlerini yapmıştır. Jeotermal akışkan sıvı halde 431,05 K, 150,74 kg/s, buhar halinde 422,65 K, 6,24 kg/s ile santrale girmektedir. Santralde iş akışkanı olarak n-pentan kullanılmaktadır. Santralde hava soğutmalı sistem kullanıldığından güç çıkışı dış ortamın sıcaklığına bağlı olarak yılın her gününde hava sıcaklığına göre güç çıkışı değişmekte olduğunu ve santral analizin sonucunda en fazla güç kaybının soğutma kulelerinde olduğunu belirtmiştir.

Yılmaz [18] jeotermal enerji destekli ORC çevriminden güç üretimi ve deniz suyundan temiz su üretimi tasarlayarak sistem termodinamik açıdan incelenmiştir. İş akışkanı olarak ORC de CO₂ akışkanı kullanılmıştır. Jeotermal kaynak çıkış sıcaklığının 393,15 ile 423,15 K arasında 10 K'lık kademeli artış ile sistemin enerji verimi artarken, ekserji veriminde ise düştüğü ayrıca türbin giriş basıncı 8000 ile 14000 kPa arasında 2000 kPa'lık kademeli artış ile sistemin enerji ve ekserji verimlerinin arttığı görülmüştür. Sistemin maksimum enerji ve ekserji verimleri jeotermal kaynağın çıkış sıcaklığı 423,15 K ve türbin giriş basıncı 10000 kPa için çevrimde sırasıyla % 10,18 ve % 56,83 olarak hesaplanmıştır.

Etemoğlu ve ark. [19] çalışmalarında jeotermal destekli ORC tasarlayarak termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa göre analizlerini yapmışlardır. Sistemde iş akışkanı olarak izopentan kullanılmıştır. Jeotermal kaynağın 161 kPa basınç, 375,35 K sıcaklıkta ve 60,1 kg/s kütleli debide olduğu kabul edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ısı veriminin % 7 ekserji verimi ise % 29 olduğunu ayrıca sabit basınç altında ölü hal sıcaklığındaki artışla toplam tersinmezlik değerlerinin azaldığı ve sistemin ekserji veriminin arttığı tespit edilmiştir.

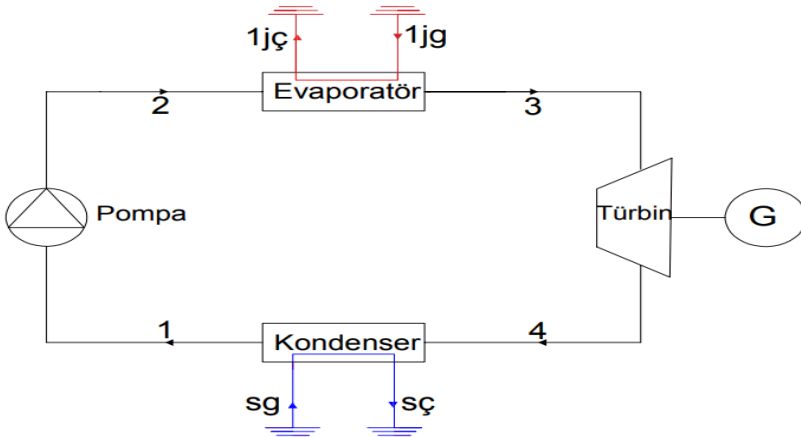
Altun ve ark. [20] Afyon ilinde bulunan AFJET jeotermal ORC santralinin termodinamik değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışması sıvısı olarak santralde R134a kullanılmıştır. Jeotermal akışkan, üretim kuyusundan 394,15 K sıcaklığında 240 kPa basınçta ve 81 kg/sn kütle debisi ile çıkmakta olduğu kabul edilmiştir. Sistemin enerji ve ekserji verimleri sırasıyla % 11,24 ve % 39,03 olarak hesaplanmışlardır. Ayrıca net güç üretiminin kış

aylarından yaz aylarına kadar % 36'lık bir düşüşün olduğunu ortaya koymuşlardır.

Literatür çalışmalarından da anlaşıldığı üzere, düşük ve orta sıcaklıklardaki ısı kaynaklarından elektrik üretiminin mümkün olduğunu belirlenmiştir. Ülkemiz de jeotermal enerji bakımından zengin olmasının yanı sıra kullanımı oldukça düşüktür. Bu çalışmada jeotermal, enerji kaynaklı ORC'nin farklı türbin giriş sıcaklıkları ve farklı türbin çıkış basınç değerleri için termodinamik analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sistem verileri grafiklere aktararak karşılaştırılmıştır. Tasarımda iş akışkanı olarak Isopentan ve Isobutan akışkanlarının farklı konsantrasyon değerleri kullanılması durumları incelenmiştir.

2. Organik rankine çevrimi

Jeotermal enerji kaynaklı ORC'nin akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Sistem temel olarak dört ana bileşenden oluşmaktadır: evaporatör, türbin, pompa, kondenser. Çalışma akışkanı, evaporatörde jeotermal akışkandan ısı çeker ve 3 noktasında türbine giriş yapar. Evaporatörde ısıveren jeotermal akışkan, evaporatör çıkışında re-enjekte edilir. Türbinde çalışma akışkanı genişler ve 4 noktasında kondensere giriş yapar. Kondenserde soğutma suyuna ısıveren soğutucu akışkan, 1 noktasında pompaya giriş yapar. Yüksek basınca sıkıştırılan çalışma akışkanı, 2 noktasında evaporatöre giriş yapar ve çevrim tamamlanmış olur.



Şekil1: Jeotermal Enerji Destekli ORC Şeması

Jeotermal enerji destekli ORC'nin ekipman özellikleri ve parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Birinci ve ikinci yasa analizi bu değerlere ve kabullere bağlı kalınarak yapılmıştır.

Tablo 1: ORC ekipman özellikleri ve parametreleri [13,21,22]

<u>Jeotermal Akışkan</u>	Giriş sıcaklığı, T_{1jg}	407,15 K
	Çıkış sıcaklığı, $T_{1jç}$	383,15 K
	Kütleli debisi, $\dot{m}_{ja}$	500 kg/s
<u>Soğutma Suyu</u>	Giriş sıcaklığı, T_{sg}	288,15 K
	Çıkış sıcaklığı, $T_{sç}$	293,15 K
<u>Türbin</u>	Giriş sıcaklığı, T_3	392,15 - 395,15 - 398,15 - 401,15 - 404,15 K
	Çıkış basıncı, P_4	550-600-650-700-750-800 kPa
	İzantropik verimi, η_T	0,85
<u>Ölü Hal</u>	Sıcaklığı, T_0	293,15
	Basıncı, P_0	101,325
<u>Jeneratör</u>	Verimi, η_G	0,99
<u>Evaporatör</u>	Verimi, $\eta_{evap.}$	0,85
<u>Pompa</u>	İzantropik verimi, η_P	0,85
<u>Kullanılan Akışkanlar :</u> Isobutan(%50)-Isopentan(%50), Isobutan(%60)-Isopentan(%40) Isobutan(%70)-Isopentan(%30), Isobutan(%80)-Isopentan(%20), Isobutan(%90)-Isopentan(%10), Isobutan(%100), Isobutan(%40)-Isopentan(%60), Isobutan(%30)-Isopentan(%70), Isobutan(%20)-Isopentan(%80), Isobutan(%10)-Isopentan(%90), Isopentan(%100)		

3. Termodinamik analiz

Kütle Dengesi;

$$\Sigma \dot{m}_g = \Sigma \dot{m}_ç \quad (1)$$

Burada $\dot{m}$ kütleli debiyi, alt indis olan g; giren kütleli, ç; çıkan kütleli ifade etmektedir.

Enerji Dengesi;

Genel enerji dengesi sistem girdi ve çıktısı denkliği Eş. (2)'de verilmiştir [23,24].

$$\dot{E}_g - \dot{E}_ç = \frac{dE_{sistem}}{dt} \quad (2)$$

Sürekli sistemlerde zamanla değişim olmadığı için enerji dengesi denkliği Eş.(3)'te verilmiştir [23,24].

$$\dot{E}_g = \dot{E}_ç \quad (3)$$

Akışkan kontrol hacminden geçerken, kinetik ve potansiyel enerjilerinden çok az bir değişim bu yüzden $\Delta ke = \Delta pe = 0$ olarak kabul edilirse enerji denkliği Eş (4)'te verilmiştir [23,24].

$$\dot{Q}_{net} + \sum \dot{m}_g \cdot h_g = W_{net} + \sum \dot{m}_\varphi \cdot h_\varphi \quad (4)$$

Pompa için enerji denkliği Eş. (5)'te verilmiştir.

$$\dot{W}_P = \dot{m} \cdot [h_2 - h_1] \quad (5)$$

Evaporatör için enerji denkliği Eş. (6)'da verilmiştir .

$$\dot{Q}_{evap.} = \dot{m}_{ja} \cdot [h_{1j\varphi} - h_{1jg}] = \dot{m} \cdot [h_3 - h_2] / \eta_{evap.} \quad (6)$$

Türbin için enerji denkliği Eş. (7)'de verilmiştir .

$$\dot{W}_T = \dot{m} \cdot [h_3 - h_4] \quad (7)$$

Jeneratör elektrik gücü Eş. (8)'de verilmiştir .

$$\dot{W}_G = \eta_G \cdot \dot{W}_T \quad (8)$$

Kondenser için enerji denkliği Eş. (9)'da verilmiştir .

$$\dot{Q}_{kon.} = \dot{m} \cdot [h_4 - h_1] = (\dot{m}_{sa} \cdot [h_3 - h_2]) / \eta_{kon.} \quad (9)$$

ORC enerji verimi denkliği Eş. (10) ve (11)'de verilmiştir.

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{evap.}} \quad (10)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_G - \dot{W}_P \quad (11)$$

Ekserji Dengesi;

Genel ekserji denkliği Eş. (12)'de verilmiştir [23].

$$\dot{E}_{x,g} - \dot{E}_{x,\varphi} = \dot{E}_{xd} \quad (12)$$

Özgül ekserji denkliği Eş. (13)'te verilmiştir.

$$\psi_i = (h_i - h_0) - T_0(s_i - s_0) \quad (13)$$

Formüldeki T_0 ölü hal sıcaklığını, h_0 ölü hal entalpisini, s_0 ise ölü hal entropisini göstermektedir.

Sistemde aynı durumların ekserji yıkımları $\dot{E}_{xi}$ denkliği Eş. (14)'te verilmiştir.

$$\dot{E}_{x1} = \dot{m} \cdot \psi_1 \quad (14)$$

Formüldeki $\dot{m}$ değeri sistemde dolaşan akışkanın değeridir.

Pompa için ekserji denkliği Eş. (15)'te verilmiştir.

$$\dot{E}_{xd,p} = \dot{E}_{x,1} - \dot{E}_{x,2} + \dot{W}_p \quad (15)$$

Evaporatör için ekserji denkliği Eş. (16)'da verilmiştir.

$$\dot{E}_{xd,evap.} = (\dot{E}_{x,jg} + \dot{E}_{x,2}) - (\dot{E}_{x,jç} + \dot{E}_{x,3}) \quad (16)$$

Türbin için ekserji denkliği Eş. (17)'de verilmiştir.

$$\dot{E}_{xd,t} = \dot{E}_{x,3} - \dot{E}_{x,4} - \dot{W}_T \quad (17)$$

Kondenser için ekserji eşitliği (18)'de verilmiştir.

$$\dot{E}_{xd,kon.} = (\dot{E}_{x,4} + \dot{E}_{x,sg}) - (\dot{E}_{x,1} + \dot{E}_{x,sç}) \quad (18)$$

Toplam ekserji denkliği Eş. (19)'da verilmiştir.

$$\dot{E}_{x,top} = \dot{E}_{xd,p} + \dot{E}_{xd,evap.} + \dot{E}_{xd,t} + \dot{E}_{xd,kon.} \quad (19)$$

Ekserji verimi denkliği Eş. (20)'de verilmiştir [13].

$$\varepsilon = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}_{x,1jg} - \dot{E}_{x,1jç}} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{m}_{ja}(\psi_{1jg} - \psi_{1jç})} \quad (20)$$

4. Maliyet analizi

Isı Transfer Yüzey Alanı;

Tasarımımızda plakalı eşanjörler kullanılmıştır. Plakalı eşanjörlerin ısı transfer oranının denkliği Eş. (21)'de verilmiştir.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \quad (21)$$

Denklemden ΔT_m logaritmik ortalama sıcaklık farkını (LMTD), U toplam ısı transfer katsayısını, A ısı transfer yüzey alanını ifade etmektedir. LMTD denkliği Eş. (22)'de verilmiştir. U ise Tablo 1 de verilmiştir [25].

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (22)$$

Tablo 2: Ekipmanların Isı Transfer Katsayıları (U) Değerleri [25]

Ekipman	U (W/m ² .K)
Evaporatör	900
Kondenser	1100

Yaşam döngüsü maliyet (C_{sys}) denkliği Eş. (23)'de verilmiştir.

$$C_{sys} = C_b - (C_{ic} + C_{sc} + C_{moc}) \quad (23)$$

sistemin yatırım maliyetleri (C_{ic}), hurda maliyeti (C_{sc}), bakım onarım maliyeti (C_{moc}) olarak belirtilmiştir [26].

Hurda maliyeti denkliği Eş. (24)'de verilmiştir. Sistem maliyetinin % 10'u olarak alınmıştır [26].

$$C_{sc} = C_{ic} \cdot 0,10 \quad (24)$$

Bakım onarım maliyeti denkliği Eş. (25)'te verilmiştir. Sistem maliyetinin % 6'sı olarak alınmıştır [26].

$$C_{moc} = C_{ic} \cdot 0,06 \quad (25)$$

Elektrik kazancı denkliği Eş. (26)'da verilmiştir.

$$C_b = \dot{W}_{net} \times C_{elek} \times t_0 \quad (26)$$

burada C_{elek} ; 2020 yılı elektrik birim fiyatı (\$/kWh) ve t_0 ; sistemin yıllık çalışma süresi 8400 saattir [26].

2019 yılı elektrik birim fiyatı denkliği Eş. (27)'de verilmiştir.

$$C_{elek} = \frac{CEPCI_{2019}}{CEPCI_{2014}} \cdot C_{elec,2019} \quad (27)$$

denklemden, $C_{elec,2019}$; 2020 yılı elektrik birim fiyatını 0,093 (\$/kWh) $CEPCI_{2019}$; 2019 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 652,9'dir. $CEPCI_{2014}$; 2014 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 576,1'dir [27].

Net nakit akışı denkliği Eş. (28)'de verilmiştir.

$$C_{ncf} = (C_b - C_{moc}) \cdot (1 + i)^{t-1} \quad (28)$$

denklemden, i ; faiz oranı ve t ; ilgili yıl nakit akış zamanı göstermektedir.

Net bugünkü değer (NPV) denklemi Eş. (29)'da verilmiştir.

$$NPV = (C_{sc} - C_{ic}) \sum_{t=0}^{ol} \frac{C_{ncf}}{(1+j)^t} \quad (29)$$

denklemden ol ; sistemin ömrünü, j ; indirim oranıdır. Sistemin ömrü 20 yıl olarak alınmıştır. Iskonto ve faiz oranları sırasıyla % 9 ve % 10 olarak alınmıştır [27].

2019 yılı ekipman maliyet hesabı denkliği Eş. (30)'da verilmiştir.

$$C_{eq} = \frac{CEPCI_{2019}}{CEPCI_{2001}} \cdot F_{BM} \cdot C^0 \quad (30)$$

denklemden, F_{BM} ; çıplak modül maliyet faktörünü, C^0 ; ekipman satın alma maliyetini, $CEPCI_{2001}$; 2001 yılında Kimya Mühendisliği Tesisi Maliyet Endeksi 397'dir [28].

Ekipmanın satın alma maliyeti denkliği Eş. (31)'de verilmiştir.

$$\log C^0 = K_1 + K_2 \cdot \log X + K_3 \cdot (\log X)^2 \quad (31)$$

denklemden, K ; sabitler ekipmana ve X 'e bağlı olarak belirlenir. X parametresi ise kazan ve kondenser için toplam ısı transfer alanı, pompa için güç tüketimi, türbinin güç çıkışıdır [26].

Çıplak modül maliyet faktörü denkliği Eş. (32)'de verilmiştir.

$$F_{BM} = B_1 + B_2 \cdot F_M \cdot F_P \quad (32)$$

denklemden, B ; ekipman türlerine dayalı sabitler, F_M ; malzeme faktörü ve F_P ; basınç faktörüdür [26].

Basınç faktörü denkliği Eş. (33)'te verilmiştir.

$$\log F_P = C_1 + C_2 + \log P_p + C_3 \cdot (\log P_p)^2 \quad (33)$$

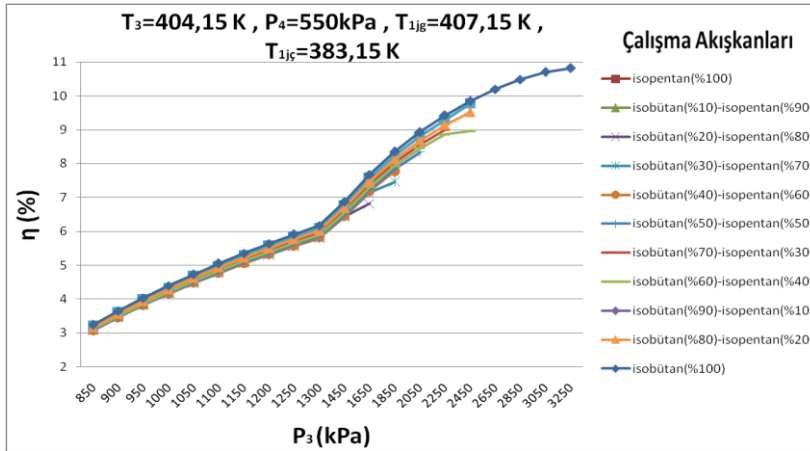
denklemden, P_p ; pompanın tasarım basıncıdır [26].

Tablo 3: Maliyet Denklemlerinin Sabitleri [29]

Ekipmanlar	Sabitler										
	K_1	K_2	K_3	B_1	B_2	C_1	C_2	C_3	F_m	F_{BM}	F_P
Evaporatör	4,6656	-0,1557	0,1547	0,96	1,21	0	0	0	2,45	-	1
Kondenser	4,642	0,3698	0,0025	-	-	0	0	0	-	2,9	0
Türbin	2,7051	1,4398	-0,1776	-	-	-	-	-	-	6,2	-
Pompa	3,3892	0,0536	0,1538	1,89	1,35	-0,3935	0,3957	-0,00226	2,2	-	-

5. Bulgular

Bu çalışmada, ORC'nin farklı tasarım parametreleri için isobütan-isopentan karışımının optimum konsantrasyon oranı termodinamik analizler sonucunda belirlenmiştir. Türbin giriş-çıkış basıncı, türbin giriş sıcaklığı ve farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları ORC'nin tasarım parametreleridir. Jeotermal akışkan evaporatör giriş sıcaklığı (T_{1jg}) 407,15 K ve çıkış sıcaklığı (T_{1jc}) 383,15 K olarak belirlenmiştir. 630 farklı sistem tasarımı için enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır. Türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin enerji veriminin türbin giriş basıncına (P_3) bağlı değişim grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

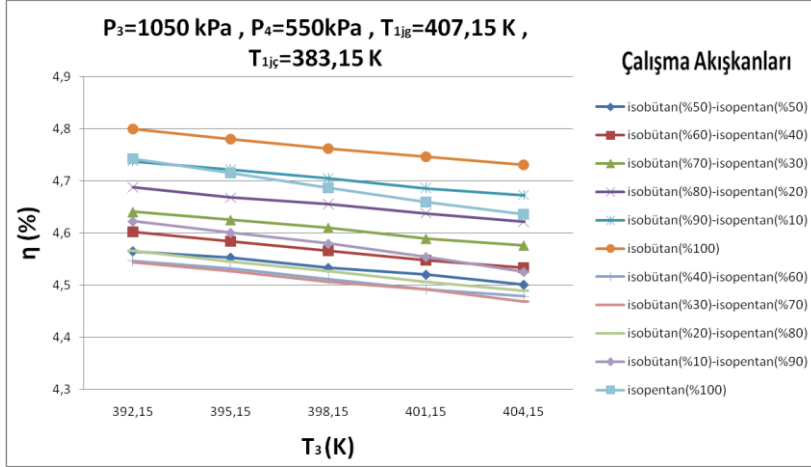


Şekil 2: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için enerji veriminin türbin giriş basıncına bağlı değişimi.

Şekil 2 incelendiğinde, enerji veriminin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji verimi % 3,07 ile % 10,81 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji

verimi % 10,81 olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

Türbin giriş basıncı (P_3) 1050 kPa, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin enerji veriminin türbin giriş sıcaklığına (T_3) bağlı değişim grafiği Şekil 3'te verilmiştir.

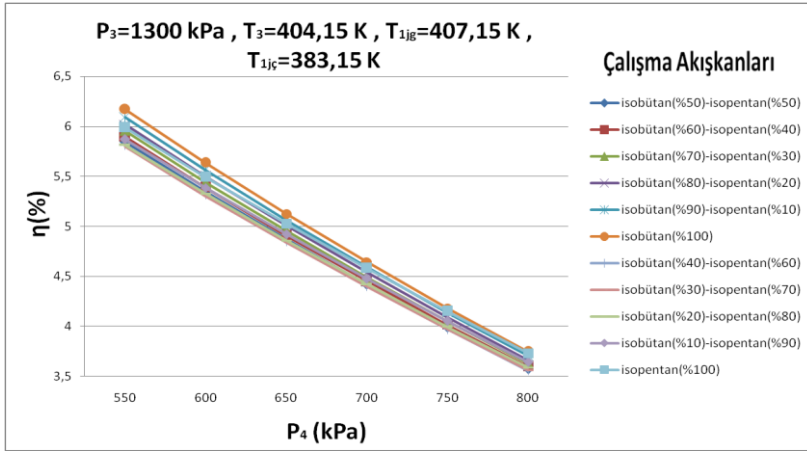


Şekil 3: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için enerji veriminin türbin giriş sıcaklığına bağlı değişimi.

Şekil 3 incelendiğinde, enerji veriminin türbin giriş sıcaklığının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji veriminin % 4,46 ile % 4,79 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji verimi % 4,79 olarak türbin giriş sıcaklığının (T_3) 404,15 K olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

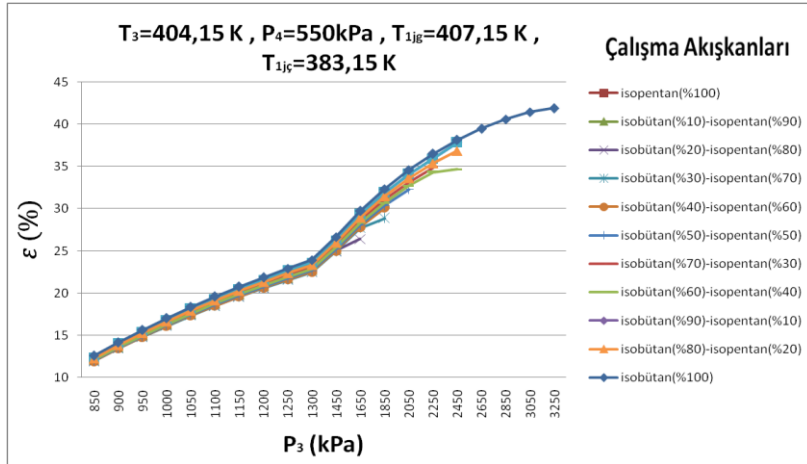
Türbin giriş basıncı (P_3) 1300 kPa, türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin enerji veriminin türbin çıkış basıncına (P_4) bağlı değişim grafiği Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4 incelendiğinde, enerji veriminin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji veriminin % 3,55 ile % 6,16 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum enerji verimi % 6,16 olarak türbin çıkış basıncının (P_4) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.



Şekil 4: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için enerji veriminin türbin çıkış basıncına bağlı değişimi.

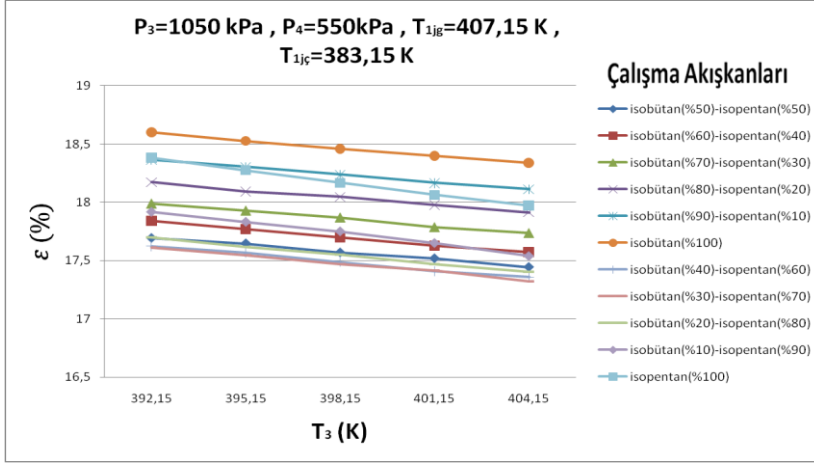
Türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin ekserji veriminin türbin giriş basıncına (P_3) bağlı değişim grafiği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için ekserji veriminin türbin giriş basıncına bağlı değişimi.

Şekil 5 incelendiğinde, ekserji veriminin türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için ekserji veriminin % 12,36 ile % 41,92 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum ekserji verimi % 41,92 olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

Türbin giriş basıncı (P_3) 1050 kPa, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin ekserji veriminin türbin giriş sıcaklığına (T_3) bağlı değişim grafiği Şekil 6'da verilmiştir.



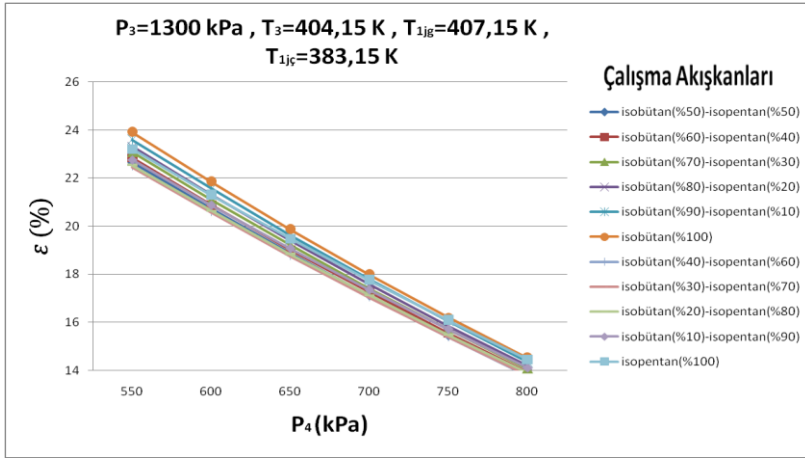
Şekil 6: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için ekserji veriminin türbin giriş sıcaklığına bağlı değişimi.

Şekil 6 incelendiğinde, ekserji veriminin türbin giriş sıcaklığının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için ekserji veriminin % 17,99 ile % 19,31 arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum ekserji verimi % 19,31 olarak türbin giriş sıcaklığının (T_3) 404,15 K olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

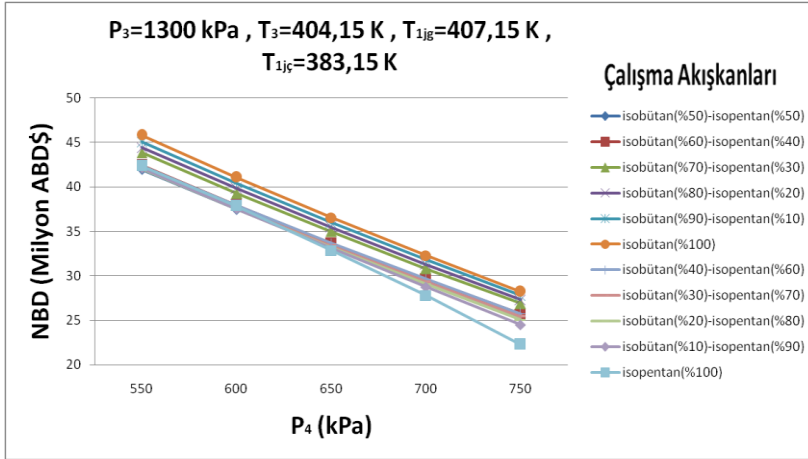
Türbin giriş basıncı (P_3) 1300 kPa, türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin enerji veriminin türbin çıkış basıncına (P_4) bağlı değişim grafiği Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde, ekserji veriminin türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için enerji veriminin % 14,32 ile % 24,85 arasında değiştiği görülmektedir. . Maksimum ekserji verimi % 24,85 olarak türbin çıkış basıncının (P_3) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir.

Türbin giriş basıncı (P_3) 1300 kPa, türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin net bugünkü değerinin türbin çıkış basıncına (P_4) bağlı değişim grafiği Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 7: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için ekserji veriminin türbin çıkış basıncına bağlı değişimi.

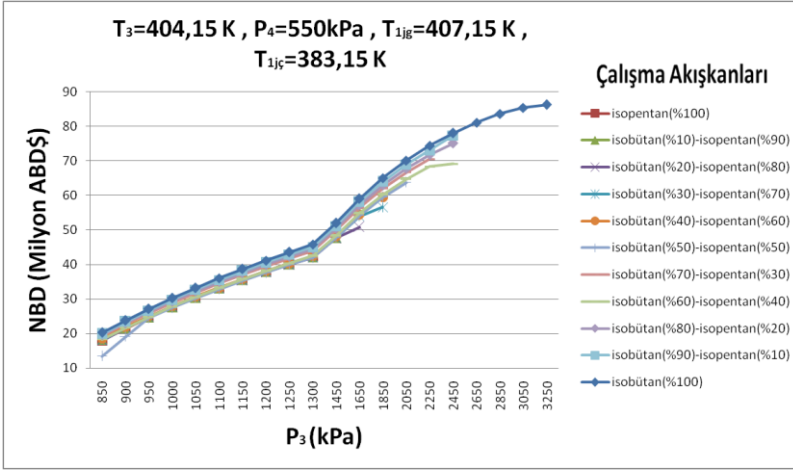


Şekil 8: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için NBD'nin türbin çıkış basıncına bağlı değişimi.

Şekil 8 incelendiğinde, NBD'in türbin çıkış basıncının artması ile düşüş gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin 22,30 Milyon ABD\$ ile 45,79 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD 45,79 ABD\$ olarak türbin çıkış basıncının (P_3) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak % 100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 6,16 ekserji verimi % 23,91 olarak hesaplanmıştır.

Türbin giriş sıcaklığı (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları

için ORC'nin net bugünkü değerinin türbin giriş basıncına (P_3) bağlı değişim grafiği Şekil 9'da verilmiştir.

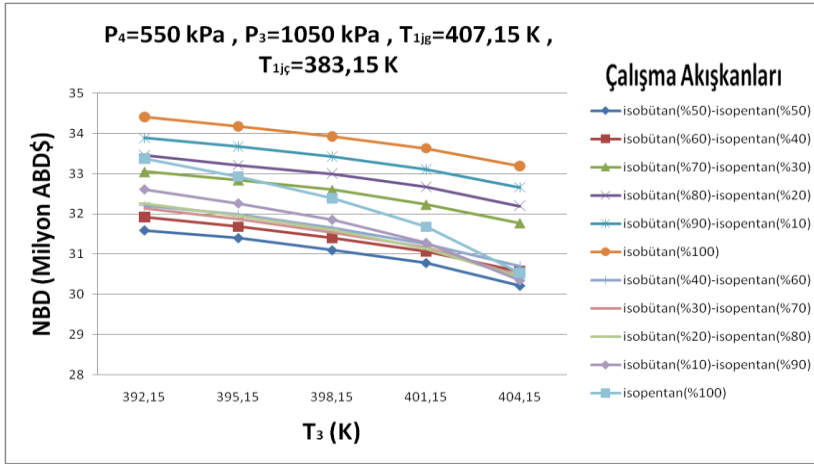


Şekil 9: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için NBD'nin türbin giriş basıncına bağlı değişimi.

Şekil 9 incelendiğinde, NBD'in türbin giriş basıncının artması ile artış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin 13,38 Milyon ABD\$ ile 86,23 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum NBD 86,23 Milyon ABD\$ olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak % 100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 10,81 ekserji verimi % 41,92 olarak hesaplanmıştır.

Türbin giriş basıncı (P_3) 1050 kPa, türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa olarak sabit tutulduğunda farklı isobütan-isopentan konsantrasyon oranları için ORC'nin net bugünkü değerinin türbin giriş sıcaklığına (T_3) bağlı değişim grafiği Şekil 10'da verilmiştir.

Şekil 10 incelendiğinde, NBD'nin türbin giriş sıcaklığının artması ile azalış gösterdiği görülmektedir. Belirtilen sistem özellikleri için NBD'nin 30,53 Milyon ABD\$ ile 34,41 Milyon ABD\$ arasında değiştiği görülmektedir. NBD 34,41 ABD\$ olarak türbin giriş sıcaklığının (T_3) 392,15 K olduğu ve iş akışkanı olarak % 100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Aynı çalışma şartları için enerji verimi % 4,79 ekserji verimi % 18,60 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10: Farklı isobütan-isopentan konsantrasyonları için NBD'nin türbin giriş sıcaklığına bağlı değişimi.

6. Sonuç

ORC düşük, orta ve yüksek sıcaklıklı ısı kaynaklarını elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılmaktadır. Ülkemiz genç oluşumlu bir ülke olduğu için aktif fay hatları mevcuttur. Bu fay hatlarından dolayı jeotermal enerjisi kaynakları bakımından zengin ülkeler konumunda bulunmaktadır. Ayrıca birçok sanayi tesislerinde olan ve çok çeşitlilik gösteren atık ısı enerji kaynakları da ülkemizde bulunur. Mevcut olan bu zengin jeotermal ve atık ısı enerji kaynaklarımızı ORC ile değerlendirerek elektrik üretmek mümkündür. Bu çalışmada, jeotermal kaynaklı ORC'nin farklı tasarım parametreleri için Isobütan-Isopentan karışımının optimum konsantrasyon oranı termodinamik analizler sonucunda belirlenmiştir. Maksimum enerji verimi % 10,81 olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa, türbin giriş sıcaklığının (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncının (P_4) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Maksimum ekserji verimi % 41,92 olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa, türbin giriş sıcaklığının (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncının (P_4) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiştir. Maksimum NBD 86,23 Milyon ABD\$ olarak türbin giriş basıncının (P_3) 3250 kPa, türbin giriş sıcaklığının (T_3) 404,15 K, türbin çıkış basıncının (P_4) 550 kPa olduğu ve iş akışkanı olarak %100 isobütan kullanılan tasarım için belirlenmiş ve bu tasarım için enerji verimi %10,81 ekserji verimi % 41,92 olarak hesaplanarak ekonomik açıdan yatırıma uygun olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çalışmada, tasarlanan 630 farklı jeotermal enerji kaynaklı ORC'nin termodinamik analizleri sonucunda Türbin giriş basıncı (P_3) 3250 kPa, Türbin çıkış basıncı (P_4) 550 kPa, jeotermal enerji

kaynak giriş sıcaklığı (T_{1jg}) 407,15 K ve jeotermal kaynak çıkış sıcaklığı (T_{1jc}) 383,15 K için en etkin akışkanın % 100 isobütan olduğu belirlenmiştir.

Kaynakça

- [1] Ergün, A., Özkaymak, M., & Kılıçaslan, E. (2016). Organik rankine çevrimi prensibi ile düşük sıcaklıktaki kaynaklardan elektrik üretim uygulamaları. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 15-26.
- [2] Kılıç, B. (2016). Organik Rankine Çevriminin Ekserji Verimi Analizi. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 5(2), 1-5.
- [3] Cimşit, C. (2019). Jeotermal Isı Kaynaklı Organik Rankine Çevriminin (ORC) Farklı Organik Akışkanlar İçin Termodinamik Analizi. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology, 39(2), 169-177.
- [4] Roy, J. P., Mishra, M. K., & Misra, A. (2011). Performance analysis of an Organic Rankine Cycle with superheating under different heat source temperature conditions. Applied Energy, 88(9), 2995-3004.
- [5] Shao, L., Ma, X., Wei, X., Hou, Z., & Meng, X. (2017). Design and experimental study of a small-sized organic Rankine cycle system under various cooling conditions. Energy, 130, 236-245.
- [6] Feng, Y., Zhang, Y., Li, B., Yang, J., & Shi, Y. (2015). Comparison between regenerative organic Rankine cycle (RORC) and basic organic Rankine cycle (BORC) based on thermoeconomic multi-objective optimization considering exergy efficiency and leveled energy cost (LEC). Energy conversion and management, 96, 58-71.
- [7] Kaşka, Ö., Bor, O., & Tokgöz, N. (2018). Organik Rankine-Brayton birleşik çevriminin enerji ve ekserji analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33, 1201-1214.
- [8] Najjar, Y. S., & Qatramez, A. E. (2019). Energy utilisation in a combined geothermal and organic Rankine power cycles. International Journal of Sustainable Energy, 38(9), 831-848.
- [9] Akman, M. (2016). Bir Petrol Tankeri için Organik Rankine Çevrimi Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Termodinamik Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.

- [10] Baral, S. (2019). Experimental and Techno-Economic Analysis of Solar-Geothermal Organic Rankine Cycle Technology for Power Generation in Nepal. *International Journal of Photoenergy*, 1-15.
- [11] Cihan, E. (2014). Organik Rankine Çevrimi İle Çalışan Atık Isı Kaynaklı Bir Soğutma Sisteminin Performansının Araştırılması. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 34, 101-109.
- [12] Luo, C., Huang, L., Gong, Y., & Ma, W. (2012). Çin'deki farklı jeotermal enerji santral sistemlerinin termodinamik karşılaştırması ve vaka çalışmaları. *Yenilenebilir enerji*, 48, 155-160.
- [13] Acar, M. S., & Arslan, O. (2019). Energy and exergy analysis of solar energy-integrated, geothermal energy-powered Organic Rankine Cycle. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137(2), 659-666.
- [14] Akkurt, F. (2020). Düşük sıcaklıkta jeotermal enerji kaynaklı organik rankine çevrimi sisteminin enerji ve ekserji analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 25(2), 729-742.
- [15] Algieri, A., & Sebo, J. (2017). Energetic Investigation of Organic Rankine Cycles (ORCs) for the Exploitation of Low-Temperature Geothermal Sources – A possible application in Slovakia, *Procedia Computer Science*, 109, 833–840. doi 10.1016/j.procs.2017.05.348.
- [16] Ata, S., Kahraman, A., & Şahin, R. (2019). Çalışma sıvısı olarak n-pentan ile organik Rankine döngüsünün ısı verimlilik değerlendirmesi. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 6 (2), 31-38. DOI: 10.31593 / ijeat.444464
- [17] Durmuş, T. (2006). Salavatlı Jeotermal Santralinin Ekserji Analizi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul*
- [18] Yılmaz, F. (2018). Jeotermal enerji destekli güç ve temiz su üretim sisteminin incelenmesi ve termodinamik analizi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 86-93.
- [19] Etemoğlu, A. B., İşman, M. K., & Muhiddin, C. A. N. (2006). Bursa ve çevresinde jeotermal enerjinin kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 11(1).
- [20] Altun, A. F., & Kılıç, M. (2020). Bir jeotermal ORC enerji santralinin termodinamik performans değerlendirmesi. *Yenilenebilir Enerji*, 148, 261-274.

- [21] Arslan, O. (2010). Exergoeconomic evaluation of electricity generation by the medium temperature geothermal resources, using a Kalina cycle: Simav case study. *International journal of thermal sciences*, 49(9), 1866-1873.
- [22] Acar, M. S. (2020). Thermodynamic and economic analysis of geothermal energy powered kalina cycle. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 40(2), 335-347.
- [23] Fallah, M., Mahmoudi, S. M. S., Yari, M., & Ghiasi, R. A. (2016). Advanced exergy analysis of the Kalina cycle applied for low temperature enhanced geothermal system. *Energy conversion and management*, 108, 190-201.
- [24] Yüzer, O. (2010). Kalina Çevrimli Jeotermal Elektrik Santralinin Performans Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul.
- [25] Prajapati, P. P., & Patel, V. K. (2020). Thermo-economic optimization of a nanofluid based organic Rankine cycle: A multi-objective study and analysis. *Thermal Science and Engineering Progress*, 17, 100381.
- [26] Acar, M. S., & Arslan, O. (2017). Exergo-economic Evaluation of a new drying system Boosted by Ranque-Hilsch vortex tube. *Applied Thermal Engineering*, 124, 1-16.
- [27] <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Temel+Faaliyetler/Para+Politikasi/Reeskont+ve+Avans+Faiz+Oranlari> [online], (30.09.2020)
- [28] <http://www.chemengonline.com/pci-home> [online], (30.04.2020)
- [29] Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., & Shaeiwitz, J. A. (2008). *Analysis, synthesis and design of chemical processes*. Pearson Education.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 13

**Mikroalglerin Süt Ürünlerinde Kullanım İmkânlarının
Değerlendirilmesi (Zeynep Nale)**

Mikroalglerin Süt Ürünlerinde Kullanım İmkânlarının Değerlendirilmesi

Zeynep Nale

*Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Susurluk Meslek Yüksekokulu,
znale@bandirma.edu.tr*

1. Giriş

Modern gıda endüstrisi son yıllarda daha ucuz ve daha sağlıklı gıda ürünleri geliştirilmesine odaklanmış durumdadır. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) ve antioksidan pigmentleri gibi fonksiyonel özellikler üzerinde yüksek etki sergileyen doğal bileşenlerin gıdalarda kullanımıyla kronik hastalıkların görülme sıklığının azaldığını gösteren çalışmalar sadece sağlık değil ekonomi alanında da dikkat çekmektedir. Özellikle Avrupa Birliği ülkeleri gibi yaşlı nüfusun yüksek yüzdeye sahip olduğu yerlerde nüfusun yaşının artmasıyla birlikte kişilerde görülen sağlık problemlerinin ve bu problemlerin çözümüne yönelik hastane harcamalarının artması, kamu kaynaklarının harcandığı önemli bir gider kalemi olarak göze çarpmaktadır. Beslenmenin sağlık üzerindeki etkisinin çok daha net bir şekilde anlaşıldığı günümüzde özellikle gelişmiş ülkeler gıdaların sağlık üzerine olumlu etkilerini artırmaya yönelik çalışmaları titizlikle takip ve teşvik etmektedir.

Mikroalgler yeni ürünler ve uygulamalar için en umut verici kaynaklardan birini temsil eden muazzam organizmalardır. İyi dengelenmiş kimyasal kompozisyonları sayesinde gıdaların ve yemlerin besin değerini artırmak için kullanılmaya çok uygun kaynaklardır. Mikroalgler çoklu doymuş yağ asitleri, antioksidan moleküller ve çok çeşitli biyoaktif bileşenler açısından zengin biyolojik maddelerdir. Mikroalgler büyük çoğunluğu gıda, ilaç ve kozmetik endüstrisi açısından kullanım potansiyeli olabilecek değerli bileşenleri birincil ve/veya ikincil metabolit olarak sentezleyebilme yeteneğine sahiptir. Mikroalg biyokütlesinin ve/veya mikroalg bazlı bileşenlerin kullanılarak sağlık üzerine olumlu etkileri artırılmış gıdaların geliştirilmesine yönelik uygulamalar sıklıkla başvuru alanı olarak yaklaşımlar arasındadır.

Süt ve süt ürünleri her yaş grubundan insan diyetinin kalitesini artırmakla beraber özellikle bebeklerin sağlıklı gelişim gösterebilmesi için ihtiyaç duyduğu esansiyel besin gruplarının tümünü içermesiyle olağandışı bir sağlık sıkıntısı yaşanmıyorsa (laktoz intoleransı gibi) günlük diyetle eklenmesi kesinlikle önerilen bir gıdadır. Gerek dünyada gerek ülkemizde tüketim sıklığı yüksek gıdalardan olan süt ve süt ürünlerinin mikroalglerle zenginleştirilmesine yönelik yapılmış pek çok akademik araştırma bulunmakta olup yeni uygulamalar gerçekleştirilmesine yönelik çalışmalar da devam etmektedir.

2. Süt ve Süt Ürünlerinde Mikroalg Zenginleştirilmesi Mikroalgler

Birleşmiş Milletler'in yaptığı açıklamalara göre dünya nüfusunun 2000 yılından bu yana yaklaşık %50 artarak 2050'ye gelindiğinde yaklaşık olarak 9,5 milyar kişiye çıkması beklenmektedir (UN, 2019). Benzer şekilde hayvansal kaynaklı proteine yönelik dünya çapındaki talebin de muhtemelen 2050'ye kadar ikiye katlanacağı öngörülmektedir ki bu tahminler sürdürülebilir gıda ve güvenilir gıda teminine yönelik endişelerin de artmasına yol açmaktadır. Bu sebepler göz önünde bulundurulduğunda alternatif gıda kaynaklarının geliştirilmesinin ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yetiştirilme imkanlarının geniş ve besinsel bileşiminin zengin oluşu Uzakdoğu ve Güneydoğu Asya Ülkelerinde uzun zamandır gıda olarak tüketilen algleri dünya gündemine taşımıştır.

Mikroalgler, sucul besin zincirlerinin temelini oluşturan canlı organizmalardır. Bir dizi farklı filum ve organizma sınıfını kapsayan ve filogenetik olarak farklı bir grup olan mikroalgelere bazı durumlarda siyanobakteriler de dahil edilmektedir (Hayes ve ark., 2017). Mikroalgler sadece tatlı su, deniz suyu ve aşırı tuzlu ortamlarda değil, aynı zamanda nemli topraklarda ve kayalarda da büyüyüp gelişebilen organizmalardır (Dittami ve ark., 2017).

Mikroalglerin genel kompozisyonu %40-70 protein, %12-30 karbonhidrat, %8-14 karoten ve önemli miktarda B1, B2, B3, B6, B12, E, K ve D vitaminleri olarak belirtilmekte olup bazı mikroalg türlerinin genel bileşimlerine ilişkin bilgilendirme Tablo-1'de sunulmuştur. (Lafarga, 2020).

Tablo 2. Bazı Mikroalg Çeşitlerinin Genel Bileşimi (% Kuru Madde Üzerinden)

Mikroalg	Protein	Karbonhidrat	Yağ
<i>Anabaena cylindrical</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Chaetoceros calcitrans</i>	36	27	15
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	51-58	12-17	14-22
<i>Diatronema vlkianum</i>	57	32	6
<i>Dunaliella salina</i>	39-61	14-18	14-20
<i>Euglena gracilis</i>	10	40	41
<i>Haematococcus pluvialis</i>	48	27	15
<i>Isochrysis galbana</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Porphyridium cruentum</i>	8-18	21-52	16-40
<i>Scenedesmus obliquus</i>	6-20	33-64	11-21
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Spirulina maxima</i>	63	15	11
<i>Spirulina platensis</i>	52	15	3

Mikroalglerin bileşimi, tür, iklim, yetiştirme koşulları, hasat zamanı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Yetiştirme koşullarına bağlı olarak bileşimde meydana gelen değişikliklere örnek olarak yeşil bir alg olan *Haematococcus pluvialis*'in strese maruz bırakılmasıyla birlikte değerli bir ikincil metabolit olan astaksantin sentezlenmesi örnek verilebilir. Vejetatif büyüme aşamasında %75-80 lutein, %10-20 β -karoten içeren *Haematococcus pluvialis* yüksek ışık şiddeti, besin miktarında azalma, pH değerinde büyük iniş-çıkışlar olması gibi strese sebep olan ortamlarda aplanosporlar oluşturmaya ve yoğun bir şekilde astaksantin pigmenti biriktirmeye başlar (Shah ve ark., 2016).

Son zamanlarda piyasaya sürülen gıda ürünlerinin çoğu, baskın yeşil rengin ve balıgımsı kokunun gıdanın duyuşal kalitesini etkilememesi amacıyla tüm mikroalg biyokütlesi yerine alg türevli “değerli” bir bileşeni içerecek şekilde geliştirilmektedir. Gıda geliştirme uygulamalarında kullanmak üzere ticari olarak yetiştirilen algler *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Nannochloris*, *Nitzschia*, *Cryptocodinium*, *Schizochytrium*, *Tetraselminler* ve *Skeletonema* türleri örnek olarak gösterilebilir. Mikroalg içeren ürünler genel olarak iki ana gruba ayrılabilir;

- i. Kurutulmuş mikroalg içeren ürünler (çoğunlukla *Chlorella*, *Spirulina* türleri olmak üzere),
- ii. Tüm mikroalg biyokütlesi veya mikroalg türevli belirli bir bileşen açısından zenginleştirilmiş ürünler.

Görece olarak geçmiş tarihlerde üretilen ürünler daha çok diyet takviyeleri olarak ifade edilebilirken daha güncel uygulamalar astaksantin gibi pigmentler açısından zenginleştirilmiş ürünleri, β -karoten gibi antioksidanlar açısından zenginleştirilmiş ürünleri, omega-3, dokosaheksaenoik asit (DHA) veya eikosapentaenoik asit (EPA) gibi yağ asitleri açısından zenginleştirilmiş ürünleri kapsamaktadır (Vigani ve ark., 2015).

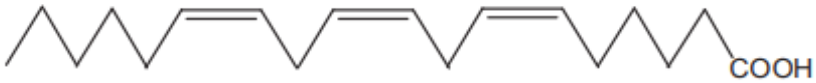
2.1. Mikroalgler ve Gıda Endüstrisi

Mikroalgler çok çeşitli uygulamalarda kullanıma potansiyeline ve değerli besin bileşenlerine sahip moleküller olarak Avrupa biyoekonomisinde günden güne artan bir öneme sahiptir. Söz konusu değerli bileşenlere örnek olarak yüksek kaliteli proteinler, karbonhidratlar, lipitler ve biyoaktif bileşenler örnek olarak gösterilebilir. Mikroalglerden elde edilen yüksek değerlikli bileşenlerin gıda endüstrisinde özellikle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi amacıyla kullanımı, son zamanların önde gelen akımları arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Mikroalgler, binlerce yıldır insan diyetinin bir parçası olmuştur. Bununla birlikte, mikroalg biyoteknolojisi özellikle 2005 yılından beri katlanarak büyüyen nispeten yeni bir alandır. Çok yönlü ve yenilikçi ürünlere artan talep ile, mikroalgler gıda pazarında sağlam bir şekilde konumlanmaktadır (Lafarga, 2019).

Büyük ölçekli mikroalg yetiştiriciliği 1960'larda Japonya'da *Chlorella sp.* gıda katkı maddesi olarak kullanılmasıyla başlamıştır. 1970'li ve 1980'li yıllara gelindiğinde ise Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Hindistan, İsrail ve Almanya gibi ülkelerde endüstriyel mikroalg üretimine yönelik hareketlenmelerin başladığı görülmektedir. Gıda kaynağı olarak kullanılan mikroalglerin fonksiyonel değeri yüksek miktarda protein, çoklu doymamış yağ asitleri, polisakkaritler, pigmentler, vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler ve sterol içeriğinden ileri gelmektedir (Andrade, 2018).

Gıda endüstrisinde protein kaynağı olarak başta *Chlorella vulgaris* ve *Arthrospira (Spirulina) plantesis* olmak üzere *Dunaliella salina*, *Haematococcus pluvialis* ve *Phaeodactylum tricornutum* gibi mikroalgler kullanılmaktadır. Ancak mikroalglerin protein kaynağı olarak günlük diyetle kullanımı halen zayıf durumdadır ve bu durumun başlıca sebepleri arasında soya veya bakla gibi kaynaklarla kıyaslandığında mikroalg bazlı protein üretiminin yüksek maliyetli oluşu ve Avrupa Birliği ülkelerinin katı gıda güvenliği kuralları yüzünden henüz mikroalg bazlı üretimlerin yüksek arz edilme değerlerine ulaşamamış olması gösterilmektedir (Henchion ve ark., 2018).

Mikroalgler, uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri bakımından da zengin kaynaklardır ve gıda endüstrisinde bu özellikleri dolayısıyla takviye olarak kullanılmaktadırlar. Mikroalgler linoleik asit, γ -linolenik asit (GLA), araşidonik asit (ARA) gibi ω -6 ve linolenik asit, Eikosapentaenoik asit (EPA), Dokosahekzaenoik asit (DHA) gibi ω -3 grubu yağ asitlerini sentezleyebilme yeteneğindedir. Sayılan yağ asitleri içerisinde DHA'nın ve EPA'nın, kardiyovasküler efüzyon, artrit ve hipertansiyondaki komplikasyonların azaltılması ile ilişkili olduğunu ve ayrıca hipolipidemik aktivite sergilediklerini gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır (Jacob-Lopes ve ark., 2018).



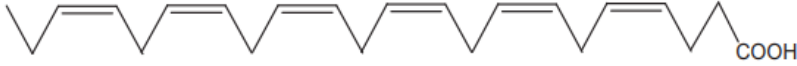
Şekil 1. γ -linolenik Asit (GLA) (18:3 ω 6)'in Kimyasal Yapısı (Valentine ve Valentine, 2004)



Şekil 2. Araşidonik Asit (AA) (20:4 ω 6)'in Kimyasal Yapısı (Valentine ve Valentine, 2004)



Şekil 3. Eikosapentaenoik Asit (EPA) (20:5 ω 3)'in Kimyasal Yapısı
(Valentine ve Valentine, 2004)



Şekil 4. Dokosahekzaenoik asit (DHA) (22:6 ω 3)'in Kimyasal Yapısı
(Valentine ve Valentine, 2004)

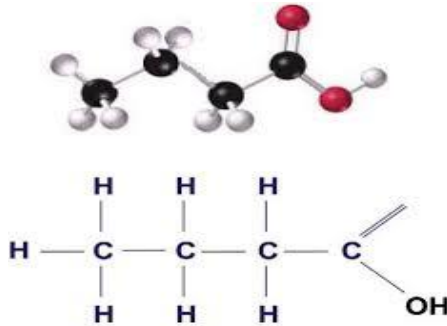
Yapılan çalışmalarla birlikte mikroalgal bazlı bileşenler içeren fonksiyonel gıdaların tüketiminden elde edilebilecek sağlık yararlarına sürekli olarak yenileri eklenmektedir. *Chlorella* türleri genellikle “sağlıklı yiyecekler” olarak pazarlanmaktadır ve Alzheimer hastalığı, kanser gibi yaygın hastalıkları veya akut hastalıkları önlemek, iyileştirmek ya da bu hastaların iyileşme sürecine yardımcı olmak için işlevsel bir gıda olarak tanıtılmaktadır. Kötü beslenme ve etiyonin zehirlenmesi sırasında mükemmel hepatoprotektif ve hipokolesterolemik ajanlar olarak davrandıkları, kan şekeri konsantrasyonunu düşürdükleri ve hemoglobin konsantrasyonunu artırdıklarını gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca *Chlorella* türlerinin kan lipidlerini azaltan ve bir çeşit serbest radikal temizleyici görevi gören aktif bir immünostimülatör- β -1,3-glukan içerdiği belirtilmektedir (Barrow ve Shahidi, 2007; Rani ve ark., 2018). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından verilen bir etiket olan “süper gıda” ünvanına sahip *Spirulina sp.*, tek hücreli mikroalglerin mavi-yeşil foto-ototrofik cinsine aittir. Hücreleri protein bakımından zengindir ve protein içeriğinin kuru ağırlığın %70'ine kadar ulaştığı belirtilmektedir. Aynı zamanda mükemmel bir vitamin A, B1, B2 ve B12, esansiyel yağ asitleri, ksantofil ve karotenoidler gibi faydalı pigment kaynağıdır (Sathasivam ve ark., 2017). Bir kaşık dolusu (~7g) *Spirulina*’nın; yaklaşık olarak 4g protein, 1g çoklu doymamış yağ asidi (ω -3 ve ω -6 gibi) içerdiği ve günlük B1 vitamini ihtiyacının yaklaşık %11’ini, B2 vitamini ihtiyacının %15 ve B3 vitamini ihtiyacının %4 kadarını karşılamakta olduğu ifade edilmektedir (USDA, 2018).

2.2. Süt ve Süt Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Gıda üretimi giderek artan stratejik bir öneme sahiptir. Kaliteli, sağlıklı ve yeterli miktarda gıda tüketimi ülkeler açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle hayvansal ürünler, içerisinde süt ve süt ürünlerinin tüketimi sağlıklı ve dengeli beslenme açısından son derece önemlidir. Yüksek Kalsiyum oranı, protein, Fosfor, Vitamin A, Vitamin B1 (Tiamin), Vitamin B2 (Riboflavin), Vitamin B6 (Piridoksin) ve Vitamin B12 (Kobalamin) içermesi nedeniyle

tüketimi en yaygın ve besleyici gıda maddelerinden olan sütün, Folik Asit, Niasin, Magnezyum ve Çinko değerleri de oldukça yüksektir. Bunların yanı sıra süt, proteinleri açısından da yüksek kaliteli bir besin maddesi olarak değerlendirilmektedir. Süt kuru maddesinin yaklaşık %27'lik bölümünü oluşturan süt proteinlerinin yapısında insan vücudu tarafından sentezlenemeyen ve zorunlu olarak dış kaynaklardan alınması gereken esansiyel aminoasitler bulunmaktadır. (Górska-Warsewicz ve ark., 2019). Ayrıca süt, içerdiği süt yağı ile de diğer besin grupları arasında bir adım öne çıkmaktadır. Çünkü süt yağı teknolojik öneminin yanı sıra yapısında doğal olarak kısa zincirli yağ asidi bulundurması bakımından büyük öneme sahip bir gıdadır. Kısa zincirli yağ asitleri bağırsak lümeninde, sindirilmemiş diyet karbonhidratları gibi çeşitli maddelerin bakteriyel fermentasyonu ile üretilen organik asitler olup bağırsak sağlığı ve bağırsağın işlevsel bütünlüğünün sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. “Tereyağı asidi” olarak da bilinen bütirik asit sütte doğal olarak bulunmaktadır. Bütirik asit, 4 karbonlu, renksiz, karakteristik kokulu, yağsı bir karboksilik asit olup molekül formülü Şekil 5’te gösterilmiştir (Çağlar ve ark., 2017).

Son yıllarda sağlık üzerine olumlu etkileri artırılmış modifiye gıdalara (örneğin yağ miktarı azaltılmış, lif katkısı yapılmış vb) yönelik tüketici talebi hızla artmıştır. Bu talep artışının temel sebebini sosyo-ekonomik şartların değişmesinin de bir sonucu olarak insanların daha uzun yaşam süresi ve daha yüksek hayat kalitesi gibi beklentileri oluşturmaktadır (Valls ve ark., 2013).



Şekil 5. Bütirik asitin molekül formülü (Spina ve ark., 2007)

2.3. Süt ve Süt Ürünlerinin Besinsel Bileşiminin Geliştirilmesi Amacıyla Mikroalg Kullanımına Yönelik Uygulamalar

Sağlığı geliştirici özelliklere sahip gıdalar için küresel pazarın, yıllık ortalama %8,5 büyüme oranıyla 2015 yılında (yaklaşık) 178 milyar dolar olarak gerçekleştiği ve 2021 yılı sonuna kadar bu değer 350 milyar doların üzerine çıkacağı tahmin edildiği belirtilmektedir (Research and Markets, 2016). Pazar büyümesi ve yüksek marjlardan etkilenen gıda şirketleri, modifiye edilerek bazı özellikleri geliştirilmiş yenilikçi gıdalar ile ve

fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesine yönelik uygulamalara yatırım yapmaya başlamıştır (Khan ve ark., 2014). Bu noktada tüketici sağlığı üzerine olumlu etkileri bulunan pek çok biyoaktif bileşiğin, vitaminin, proteinin, esansiyel aminoasitin, polisakkaritin, mineralin, pigmentin, enzimin doğal kaynağı olarak kabul edilen alglerin yenilikçi gıda ürünlerinin geliştirilmesinde alternatif bir kaynak olarak değerlendirilme imkânı öne çıkmaktadır.

Süt ve süt ürünleri hem popüleritesi hem de tüketim değerleri çok yüksek olan bir gıda grubudur. Tüketim oranlarının yüksek olmasının getirisiyle, insan sağlığı üzerine pozitif etkilere sahip besin bileşenlerinin günlük diyetle metabolizmaya alınması konusunda iyi bir aracı görevi üstlenebilecek pozisyonadadır. Nitekim yenilikçi gıda geliştirilmesine yönelik çalışmaların çoğu süt ve süt ürünleri alanına yoğunlaşmıştır. Tüm bu belirtilen hususların beklenen bir sonucu olarak mikroalg-süt&süt ürünü iş birliğine yönelik yapılmış akademik pek çok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalara örnek verilecek olursa;

- Atallah ve ark. (2020) tarafından peynir altı suyu protein konsantresi, Ca-kazeinat ve *Spirulina* (1g toz/100g yoğurt) ile zenginleştirilmiş az yağlı yoğurdun fonksiyonel özelliklerinin incelendiği çalışmada (100g yoğurt örneği için) en yüksek toplam kuru madde, toplam yağ ve toplam karbonhidrat miktarının *Spirulina* ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinde bulunduğu belirtilmiştir. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi analizlerinde de en yüksek sonucun *Spirulina* ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinde bulunduğu ifade edilmiştir. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* sayımlarında (aralarında büyük farklar olmamakla birlikte) %1 *Spirulina* tozu ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinde daha yüksek mikrobiyal canlılık değerleri bulunduğu belirtilmiştir.
- Alzahraa (2017), *Spirulina platensis* katkısının Kareish peynirinin fizikokimyasal özellikleri, biyokatif bileşenleri ve antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini incelediği çalışmasında; % 0-0.5-1-1.5 konsantrasyon değerlerinde *Spirulina platensis* eklenmiş peynirler üretildiğini ve söz konusu ürünlere yapılan analizler neticesinde; peynire farklı oranlarda *Spirulina platensis* eklenmesinin protein, β -karoten ve antioksidan aktivite üzerine istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisinin bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca yine aynı çalışmada yapılan duyu analizlerde panelistlerin %1 oranında *Spirulina platensis* eklenmiş peynir örneklerine daha yüksek puanlar verdiği ifade edilmiştir.
- Agustini ve ark. (2017) tarafından *Spirulina platensis* katkısının yoğurdun kimyasal, fiziksel ve duyu özellikleri üzerine olan etkisinin incelendiği çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0-

0.5-0.75-1-2-3) *Spirulina platensis*'le zenginleştirilmiş yoğurtların üretildiği belirtilmiştir. Analizler neticesinde %1 oranında zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin duyu analizlerde en yüksek puan alan numune olduğu belirtilirken, *Spirulina* ile zenginleştirme işleminin yoğurtlarda protein miktarı, viskozite ve toplam laktik asit bakterisi sayısı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunduğu ifade edilmiştir.

- Priyanka ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0.1-0.2-0.3-0.5) *Spirulina* katkısının yoğurdun kalite karakteristikleri üzerine etkisinin incelendiği belirtilmiştir. Analizler sonucunda yoğurt örneklerindeki *Spirulina* miktarı arttıkça analiz edilen numunedeki protein, yağ ve demir miktarının da arttığı, bunun yanı sıra %0.3 *Spirulina* katkılı yoğurt örneğinin duyu analizlerde en yüksek puanı aldığı ifade edilmiştir. Ayrıca 4°C'de yapılan depolama süresince %0.3 *Spirulina* katkılı yoğurtlarda mikrobiyal canlılığın *Spirulina* eklenmeden üretilen kontrol yoğurt örneklerinden daha yüksek bulunduğu da yine aynı çalışmada belirtilen sonuçlardır.
- Beheshtipour ve ark. (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada; 2 farklı alg çeşidinin (*Arthrospira platensis* ve *Chlorella vulgaris*) 3 farklı konsantrasyonda (%0.25-0.5-1) eklendiği 6 farklı yoğurt örneğine ve bir de kontrol örneği olarak alg eklemeyen üretilen toplamda 7 yoğurt örneğine fermentasyon sürecinde ve fermentasyon tamamlandıktan sonra 5°C'deki 28 günlük depolama sürecinde; pH, titrasyon asitliği, redoks potansiyeli ile mikrobiyal canlılığın değişimini açıklayacak analizler yapıldığı belirtilmiştir. Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürde *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium lactis* BB-12, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, ve *Streptococcus thermophilus* suşlarının olduğu ifade edilmiştir. Mikroalg eklenmiş yoğurtlarda *L. acidophilus* ve *B. lactis* canlılığının fermentasyon ve depolama sürecinde arttığı belirtilirken; *A. platensis* eklenmiş yoğurt örneklerinde, kontrol örneği ve *C. vulgaris* eklenmiş yoğurt örneklerine kıyasla; pH düşüşünün daha yavaş gerçekleştiği, inkübasyon zamanının daha uzun olduğu ve toplam asitlik değerinin daha yüksek ölçüldüğü ifade edilmiştir.
- Guldas ve ark. (2010) tarafından yapılmış bir çalışmada, *Lactobacillus acidophilus* içeren yoğurtlarda depolama süresince farklı konsantrasyonlardaki (%0-0.5-1) *S. platensis* tozunun mikrobiyotaya üzerine etkisinin incelendiği belirtilmiştir. %0.5

Spirulina tozu ilave edilen yoğurt numunelerinin duysal puanlarının %1 *Spirulina* tozu ilave edilenlerden daha yüksek olduğunun ifade edildiği çalışmada *Spirulina* tozu eklenmiş yoğurdun, 30 günlük soğukta muhafaza sırasında iyi bir laktik asit bakteri ortamı sağladığının tespit edildiği de belirtilmiştir.

- Mohamed ve ark. (2020) tarafından yapılmış bir çalışmada, peynirin besin değeri, antioksidan kapasitesi ve renk özellikleri üzerine toz *Spirulina* eklenmesinin etkisi incelendiği ve sonuç olarak %1-2 oranında eklenen toz *Spirulina*’nın üründeki besin değeri ve duysal nitelikleri olumlu geliştirdiği, antioksidan kapasiteyi artırdığı belirtilmiştir.

3. Sonuç

Nüfusun gıda ihtiyaının karşılanmasında mikroalglerin sürdürülebilir bir kaynak olarak değerlendirilmesi mümkündür. Besinsel bileşiminin zengin oluşu, sağlık üzerine olumlu etkileri artırılmış gıda formülasyonlarının geliştirilmesinde mikrolaglerin akla ilk gelen kaynaklar arasında yer almasını sağlamaktadır. Tüketim değerlerinin hemen her toplulukta yüksek ve ürün çeşitliliğinin fazla olması, yenilikçi uygulamalarla geliştirilmiş besinlerin üretilmesinde süt ve süt ürünlerini sıklıkla başvurulan gıdalar arasına sokmaktadır. Halihazırda mikroalg-süt&st ürünü iş birliğine yönelik yapılmış araştırmalar bulunmakla birlikte yakın gelecekte bu çalışmaların sayısının ve mikroalg kullanılarak içeriği zenginleştirilmiş gıda ürünlerinin sayısının artması beklenmektedir.

4. Referanslar

- Agustini, T. W., Soetrisnanto, D., & Ma'ruf, W. F. (2017). Study on chemical, physical, microbiological and sensory of yoghurt enriched by *Spirulina platensis*. *International food research journal*, 24(1).
- Alzahraa, M. I. D. (2017). Physicochemical Properties, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Kareish Cheese Fortified with *Spirulina platensis*. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 12(2), 71-78.
- Andrade, L. M., Andrade, C., Dias, M., Nascimento, C., & Mendes, M. (2018). *Chlorella* and *spirulina* microalgae as sources of functional foods. *Nutraceuticals, and Food Supplements*, 6(1), 45-58.
- Atallah, A. A., Morsy, O. M., & Gemiel, D. G. (2020). Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and spirulina. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1678-1691.

- Barrow, C., & Shahidi, F. (Eds.). (2007). Marine nutraceuticals and functional foods. CRC Press.
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Haratian, P., & Darani, K. K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235(4), 719-728.
- Çağlar, A., Tomar, O., Ekiz, T. (2017). Bütirik Asit: Yapısı, Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri, *Kocatepe Vet J*, 10(3): 213-225.
- Dittami, S. M., Heesch, S., Olsen, J. L., & Collén, J. (2017). Transitions between marine and freshwater environments provide new clues about the origins of multicellular plants and algae. *Journal of phycology*, 53(4), 731-745.
- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., & Czeczotko, M. (2019). Milk and dairy products and their nutritional contribution to the average polish diet. *Nutrients*, 11(8), 1771.
- Guldas, M., Irkin, R. (2010). Influence of *Spirulina platensis* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk. *Mljekarstvo* 60 (4), 237-243.
- Hayes, M., Skomedal, H., Skjånes, K., Mazur-Marzec, H., Toruńska-Sitarz, A., Catala, M., Isleten Hosoglu, M., García-Vaquero, M. (2017). Microalgal proteins for feed, food and health. In *Microalgae - Based Biofuels and Bioproducts: From Feedstock Cultivation to End-Products*; Gonzalez-Fernandez, C., Muñoz, R., Eds.; Elsevier-Woodhead Publishing Series in Energy: Duxford, UK, pp. 347–368.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), 53.
- Jacob-Lopes, E., Maroneze, M. M., Deprá, M. C., Sartori, R. B., Dias, R. R., & Zepka, L. Q. (2019). Bioactive food compounds from microalgae: an innovative framework on industrial biorefineries. *Current Opinion in Food Science*, 25, 1-7.
- Khan, R.S., Grigor, J. V., Win, A. G., Boland, M. (2014). Differentiating aspects of product innovation processes in the food industry. *British Food Journal*, 116 (8) pp. 1346-1368.
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: Nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, 41, 101566.

- Lafarga, T. (2020). Cultured Microalgae and Compounds Derived Thereof for Food Applications: Strain Selection and Cultivation, Drying, and Processing Strategies. *Food Reviews International*, Vol. 36, No. 6, 559–583. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1655572>.
- Mohamed, A. G., El-Salam, B. A. E. A., & Gafour, W. A. E. (2020). Quality Characteristics of Processed Cheese Fortified with Spirulina Powder. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, 23(4), 533-541.
- Priyanka, M., Kempanna, C., & Narasimha, M. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with Spirulina powder. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 47(2), 354-359.
- Rani, K., Sandal, N., & Sahoo, P. K. (2018). A comprehensive review on chlorella-its composition, health benefits, market and regulatory scenario. *The Pharma Innovation Journal*, 7(7), 584-589.
- Research and Markets-Global functional food and nutraceuticals market (2015-2021) - by type (foods, beverages, supplements); benefits (health and wellness, disease prevention, fitness, beauty); origin & ingredient.
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A., & Abd_Allah, E. F. (2019). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi journal of biological sciences*, 26(4), 709-722.
- Shah, M., Mahfuzur, R., Liang, Y., Cheng, J. J., & Daroch, M. (2016). Astaxanthin-producing green microalga *Haematococcus pluvialis*: from single cell to high value commercial products. *Frontiers in plant science*, 7, 531.
- Spina L, Cavallaro F, Fardowza NI, Lagoussis P, Bona D, Ciscato C, Rigante A, Vecchi M. (2007). Butyric acid: pharmacological aspects and routes of administration. *Digestive and Liver Disease Supplements*;1(1): 7-11.
- United Nations. Revision of world population prospects. Available online:
<https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/keyfindingswpp2015.pdf>
f. (Erişim Tarihi: 22.02.2021)
- USDA-National Nutrient Database for Standard Reference Basic Report 11667, Spirulina, dried, 2018 (Erişim Tarihi:24.02.2021)
- Valentine, R. C., & Valentine, D. L. (2004). Omega-3 fatty acids in cellular membranes: a unified concept. *Progress in lipid research*, 43(5), 383-402.

- Valls, J., Pasamontes, N., Pantaleón, A., Vinaixa, S., Vaqué, M., Soler, A. & Gómez, X. (2013). Prospects of functional foods/nutraceuticals and markets. *Natural products*, 2491-2525.
- Vigani, M., Parisi, C., Rodríguez-Cerezo, E., Barbosa, M. J., Sijtsma, L., Ploeg, M., & Enzing, C. (2015). Food and feed products from micro-algae: Market opportunities and challenges for the EU. *Trends in Food Science & Technology*, 42(1), 81-92.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 14

**Transformatörlerde Meydana gelen Harmoniklerin Sonlu
Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi (Yıldırım Özüpak)**

Transformatörlerde Meydana gelen Harmoniklerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi

Yıldırım Özupak

*Dicle Üniversitesi, Silvan Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve enerji Programı,
yildirimozapak@gmail.com*

1. Giriş

Süreklili gelişen teknoloji ile birlikte sistemlerdeki yükler her geçen gün çeşitlilik kazanmaktadır. Bu yüklerin daima lineer yükler olması istenir. Fakat yarı iletken teknolojisinin son yıllarda hızla gelişmesinin etkisi ve değişik çalışma şartları ile sistemlerdeki lineer olmayan yüklerde büyük bir artış görülmektedir.

Karakteristiği doğrusal olmayan yüklerle nonlinear yükler denir. Uç karakteristiklerine baz alınarak elemanlar, nonlinear ya da lineer olarak adlandırılır. Bir dirençte gerilim-akım, bobinde akım-akı, kondansatörde gerilim-yük ilişkileri lineerliği tayin etmektedir. Sistemde harmonik akım ve gerilimlerin meydana gelmesine sistemde mevcut olan linner olamayan elemanlar sebep olurlar [1-3]. Transformatörler, kesintisiz güç kaynakları (UPS), dönüştürücüler ve güç elektroniği elemanları sistemde harmoniklerin meydana gelmesine sebep olan yüklerdir. Harmonikler sistemde ek enerji kayıplarına, ısınmalara, yalıtımlarının zarar görmelerine yol açarlar. Bu nedenle, mümkün olmasa bile bir sistemde harmoniklerin olmaması sistem açısından önemlidir. Harmoniklerin elimine etmenin için en önemli metodu harmonik filtreler kullanmaktır [4]. Güç transformatörleri genel olarak gerilim ve akımın sinüzoidal olduğu şartlarda kullanılmak üzere tasarlanırlar [5]. Ancak, doğrusal olmayan yükler, gelişen teknoloji ile birlikte modern güç sistemlerinde giderek artmaktadır. Bu nedenle, hat gerilimleri ve akımları genellikle harmonik olarak bozuk veya sinüzoidal olmayan dalga şekillerine sahiptirler. Transformatörler, AC güç şebekelerinde elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımının en önemli ekipmanlardan biridir. Elektrik mühendisliği literatüründe, nüve ve sargı kayıplarının ölçümü ve hesaplanması sinüzoidal gerilim ve doğrusal yük (sinüzoidal akım) koşulları için iyi bilinmektedir. Bir transformatörün yüksüz kaybı, bir yük sağlamadığı zaman çekirdeği ve enerjili sargısı tarafından tüketilen aktif güçlerin toplamıdır [6-8]. Yüksüz kayıp, yüksüz durumda nominal frekansta sinüzoidal uyarma gerilimi altında sargı kaybının oldukça küçük olması nedeniyle pratik olarak çekirdek kayıp olarak kabul edilir. Ek olarak, bir güç transformatörünün sargı kaybı, nominal yükleme durumu için temel kaybından önemli ölçüde daha büyük olduğundan, sargı kaybı genellikle yük kaybı olarak adlandırılır.

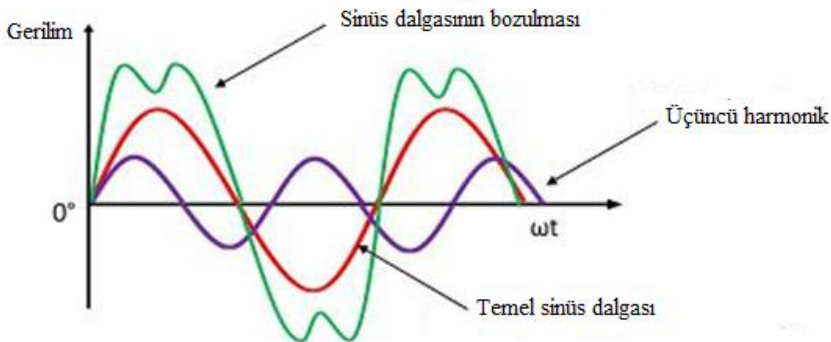
Bu çalışmada alt harmonikli besleme gerilimleri altında yüksüz durumunda güç transformatörlerinin uyarma akımları, sargı kaybı ve çekirdek kaybı üzerindeki parametrik analiz sonuçları sunulmuştur. SEY'e

dayanan ANSYS@MAXWELL analiz yazılımı, yukarıda belirtilen harmonik-alan eşdeğeri elektrik devresine ve gerilimin alt harmoniklerine bağlı çekirdek kaybına dahil edilen harmonik mıknatıslanma akımlarını belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada gerilim uyarması ile transformatörün yüksüz kaybının çeşitli alt harmonik içerikli parametrik analizine odaklanılmıştır. Bu amaçla, transformatörün nüvesinin ve sargılarının Sonlu Eleman Yöntemi (SEY) tabanlı modellemesi geliştirilmiştir. SEY'e dayanarak çözüm gerçekleştiren ANSYS@MAXWELL ile gerçekleştirilen analiz sonuçlarından, harmonik gerilimlerin transformatörün nüve kaybı üzerindeki etkisinin ihmal edilebilir olduğunu göstermiştir. Ancak, harmonik gerilimlerin yüksüz durumda büyük ölçüde sargı kaybını artırdığı da görülmüştür. Bu durum, güç transformatörlerinin kayıplarının hesaplanmasında harmoniklerin dikkate alınmasının gerekliliğinin önemini ortaya koymaktadır.

2. Harmoniklerin Matematiksel Formülasyonları

Elektrik sisteminde, gerilim ve akımın dalga formu genellikle bir sinüs dalgası biçimindedir. Benzer biçimde, şebekeden çekilen akımın da sinüsoidal formda olması istenir. Fakat günümüzde şebeke sistemlerinde bulunan nonlinear yüklerden dolayı elektrik şebekelerinde sinüs dalga formundaki akım ve gerilim dalga şekillerini görmek zorlaşmış, akım ve gerilim dalga formları sinüsoidalden daha farklı bir forma gelmeye başlamıştır. Şebekenin esas frekansı olan 50 Hz frekanstan başka frekans oluşturan, diğer sinüsoidal şeklindeki bileşenler harmonik olarak ifade edilir.

Üç fazlı bir transformatörlerde, mıknatıslama akımının sinüzoidal olmaması, istenmeyen sinüzoidal akıların üretilmesine yol açar. Transformatördeki faz mıknatıslama akımları, sinüzoidal bir akı üretmek için gerekli üçüncü harmonikleri ve daha yüksek harmonikleri içermektedir.



Şekil 1: Meydana gelen harmonikler

Her fazdaki faz geriliminin sinüsoidal kalması için faz mıknatıslama akımları aşağıdaki formda olmalıdır.

$$I_{A0} = I_m \sin \omega t + I_{3m} \sin(3\omega t + \phi_3) + I_{5m} \sin(5\omega t + \phi_5) \dots \quad (1)$$

$$I_{B0} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) + I_{3m} \sin[(3\omega t - 120^\circ) + \phi_3] + I_{5m} \sin[(3\omega t - 120^\circ) + \phi_3] \dots$$

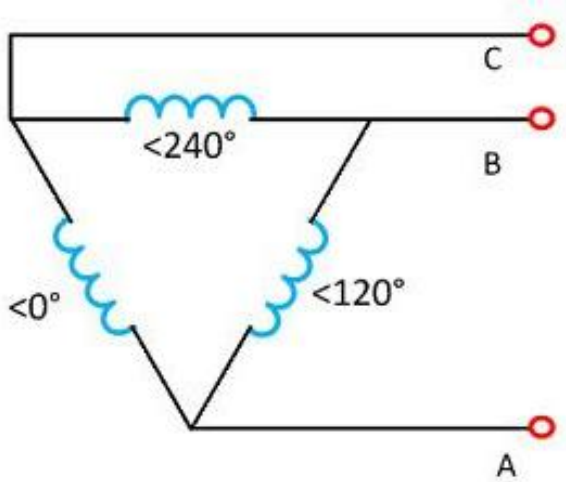
$$I_{B0} = I_m \sin(\omega t - 120^\circ) + I_{3m} \sin[(3\omega t + 120^\circ) + \phi_3] + I_{5m} \sin[(5\omega t + 120^\circ) + \phi_5] \dots \quad (2)$$

$$I_{C0} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ) + I_{3m} \sin[(3\omega t - 240^\circ) + \phi_3] + I_{5m} \sin[(3\omega t - 240^\circ) + \phi_3] \dots$$

$$I_{C0} = I_m \sin(\omega t - 240^\circ) + I_{3m} \sin(3\omega t + \phi_3) + I_{5m} \sin(5\omega t + 240^\circ + \phi_5) \dots \quad (3)$$

(1), (2) ve (3) denkleminde üç akımdaki üçüncü harmoniklerin eş faz olduğu, yani aynı faza sahip oldukları görülmektedir. Beşinci harmoniklerin farklı fazları vardır.

Üçgen Bağlantısı



Şekil 2: Üçgen bağlantı

I_{A0} , I_{B0} ve I_{C0} bir üçgen bağlantıda faz mıknatıslama akımlarını temsil etmektedir. Hat akımları iki faz akımının çıkarılmasıyla bulunabilir.

$$I_{AB0} = I_{A0} - I_{B0} \quad (4)$$

$$I_{AB0} = \sqrt{3}I_m \sin(\omega t + 30^\circ) - \sqrt{3}I_{5m} \sin(5\omega t - 30^\circ + \phi_5) + \dots \quad (5)$$

Üç fazlı transformatörün faz mıknatıslama akımında bulunan üçüncü harmonik hat akımında mevcut değildir. Üçüncü harmonik bileşenler ortak fazdır ve dolayısıyla hatta iptal edilir. Üçüncü harmonik bileşenler deltanın kapalı döngüsünün çevreleyen akımlardır.

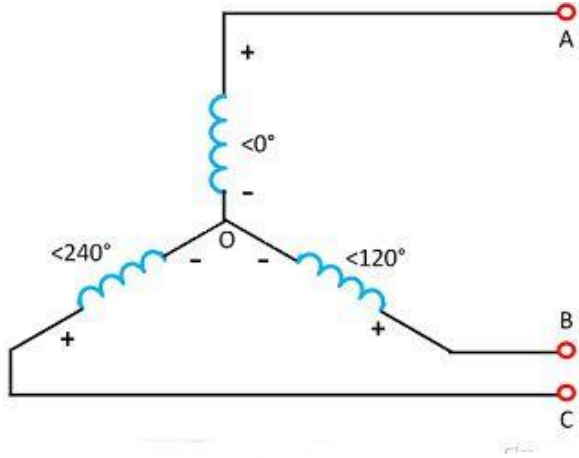
Üçgen bağlantısı sadece iletim hattında üçüncü harmonik akımı olmayan bir sinüzoidal akı ve gerilime izin verir. Bu nedenle, 3 fazlı transformatörlerin çoğunda üçgen bağlantılı sargılar vardır. Üçgen bağlantıda birincil veya ikincil bağlantının uygun olmadığı yerlerde, üçüncül bir sargı sağlanır. Üçüncül sargılar, çekirdeğin her bir uzvunda sinüzoidal akının dolaşan üçüncü harmonik akımını taşır.

Bir üçgen bağlantıda, kapalı döngüde etki eden gerilim,

$$V_A + V_B + V_C = 3V_m \sin(3\omega t + \phi'_3) \quad (6)$$

Bu gerilim üçüncü bir harmonik gerilimdir ve deltanın kapalı döngüsü etrafında üçüncü bir harmonik akımını çevirir.

Yıldız bağlantısı



Şekil 3: Yıldız bağlantı

I_{AO} , I_{BO} ve I_{CO} , yıldız bağlantısında faz mıknatıslama akımını temsil ettiği varsayılarak,

$$I_{AO} + I_{BO} + I_{CO} = I_N \quad (7)$$

$$I_{AO} + I_{BO} + I_{CO} = 3I_m \sin(3\omega t + \phi_3) \quad (8)$$

Yedinci harmonikler ihmal edilir. Denklem (8), dengeli koşullar altında nötr teldeki akımın üçüncü harmonik akım olduğunu gösterir. Üçüncü harmonik akımının büyüklüğü, üçüncü faz akımının büyüklüğüdür.

Benzer şekilde, harmonikleri içeren üçüncü denge faz gerilimi şu şekilde yazılabilir:

$$V_A = V_{1m} \sin(\omega t + \phi'_1) + V_{3m} \sin(3\omega t + \phi'_3) + V_{5m} \sin(5\omega t + \phi'_5) \dots \quad (9)$$

$$V_B = V_{1m} \sin(\omega t - 120^\circ + \phi'_1) + V_{3m} \sin(3\omega t + \phi'_3) + V_{5m} \sin(5\omega t + 120^\circ + \phi'_5) \dots \quad (10)$$

$$V_C = V_{1m} \sin(\omega t - 240^\circ + \phi'_1) + V_{3m} \sin(3\omega t + \phi'_3) + V_{5m} \sin(5\omega t + 240^\circ + \phi'_5) \dots \quad (11)$$

(9), (10) ve (11) eşitlikleri üç faz gerilimindeki üçüncü harmoniklerin aynı faza sahip olduğunu göstermektedir. Yıldız bağlantıdaki hat gerilimi iki faz gerilimi çıkarılarak elde edilebilir.

$$V_{AB} = V_A - V_B \quad (12)$$

$$V_{AB} = \sqrt{3}V_{1m} \sin(\omega t + 30^\circ + \phi'_1) - \sqrt{3}V_{5m} \sin(5\omega t + 30^\circ + \phi'_5) + \dots \quad (13)$$

Transformatörler elektrik sistemlerinin en önemli cihazlarından biridir ve büyük oranda harmonik meydana gelmesine sebep olmaktadır. Transformatörlerin nüve sargılarındaki mıknatıslanma özelliğinden kaynaklanan harmonikler, sistemde harmonik akımları akıtarak harmonik bozulmalara sebep olmaktadır.

2.1. Harmoniklerin Neden Olduğu Etkiler

Akım ve gerilim dalga şekillerinin harmoniklerle değişmesi elektrik güç sistemlerinde farklı problemlere neden olmaktadır. Gerilim düşümünün artması, elektriğin üretiminde ve iletiminde kayıpların artması, ek kayıpların meydana gelmesi, şebeke geriliminin dalga biçiminin bozulması, kompanzasyon tesislerinin zarar görmeleri, UPS'lerin veriminin düşmesi, koruma sistemlerinin yanlış sinyal göndermesi, izolasyon malzemelerinin delinmeleri, elektrikli cihazların kullanım ömrünün kısalması ve gürültülere neden olması problemlerden en önemlileridir. Transformatörlerin boşta çalışmasında ve düşük yüklerde harmonik etkisi, tam yük durumuna göre daha büyüktür.

2.2. Harmoniklerin Filtrelenmesi

Harmoniklerin etkilerini azaltmak için tasarıma yönelik alınan önlemler yeterli değildir. Bu önlemlere ek olarak harmonik akımlarının şebeke sistemine geçişinin önüne geçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla sisteme eklenmesi gereken ilave devrelere gereksinim vardır. Devreye ilave edilen ve

harmonik akımlarının sisteme geçişini engelleyen bu devreler harmonik filtre olarak adlandırılır. Burada amaç farklı frekanslardaki akım veya gerilimlerin harmonik düzeyini azaltmak ya da yok etmektir.

Filtreler, kaynak ile alıcı arasına yerleştirilen ve esas frekans haricindeki bileşenleri yok eden seri olarak bağlanmış kondansatör ve bobin bileşimidir. Filtreler ile istenmeyen harmonik bileşenin frekansı için uygun L ve C değerleri belirlenerek, harmonik akımının elenmektedir.

3. Transformatörün Sey İle Modellenmesi ve Analizi

Analiz için, yüksüz ve kısa devre testlerinden elde edilen nüve ve bakır kayıpları sırasıyla 12.5 kW ve 97 kW olarak ölçülen 15 MVA, 33 kV/11 kV üç fazlı güç transformatörü örnek analiz için dikkate alınmıştır. Bu modele ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 2: Sonuçların karşılaştırılması

YG	33.000 V
AG	11.000 V
Nüve Kaybı	12.500 W
Bakır Kaybı	97.000 W
Uk	% 11
YG Bağlantı	DELTA
AG Bağlantı	YILDIZ
YG Spir Sayısı	675
AG Spir Sayısı	131
YG Faz Akımı	152 A
AG Faz Akımı	785 A
Io	% 0.44

Transformatörlerin yüksüz kayıp analizi için, Maxwell ortamında tasarlanan transformatörün SEY modeli yeterlidir. Nüve malzemenin manyetik akı yoğunluğu-manyetik alan kuvveti (BH) ve kayıp manyetik akı yoğunluğu (P-B) eğrileri program ortamında tanımlanmıştır. Burada, sarım sayısı, sargılardaki akım yoğunluğu ve sızıntı akısının bir fonksiyonu olan sargı kaçak endüktanslarını hesapladığı için üç sargının kaçak endüktans değerinin yazılıma girilmesine gerek yoktur. İncelenen transformatörün ana malzemesinin (M125-027S) B-H ve P-B eğrileri daha önceki bölümlerde verilmiştir.

Modellenmiş transformatörün sargı ve nüve kayıpları bir alt harmonik ile üst üste getirilen birincil faz-nötr anma sinüzoidal gerilimleri altında yüksüz durum için analiz edilir. Verilen uyarma gerilimleri aşağıda verilmiştir.

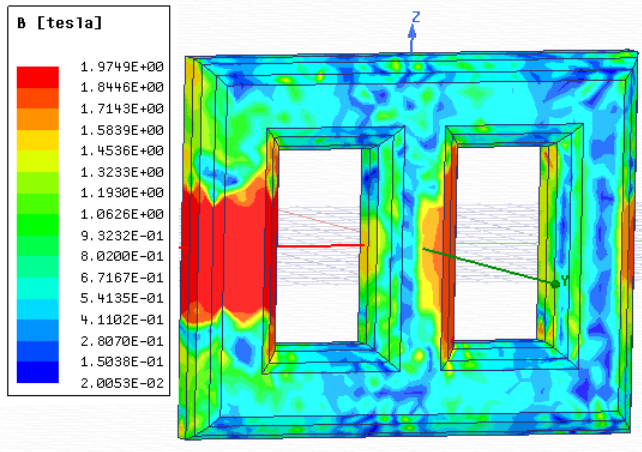
$$V_a = \sqrt{2}V_s \cos(2\pi f_s t) + \sqrt{2}/2 V_R \cos(100\pi t) \quad (14)$$

$$V_b = \sqrt{2}V_s \cos\left(2\pi f_s t + \frac{2\pi}{3}\right) + \sqrt{2}V_R \cos\left(100\pi t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (15)$$

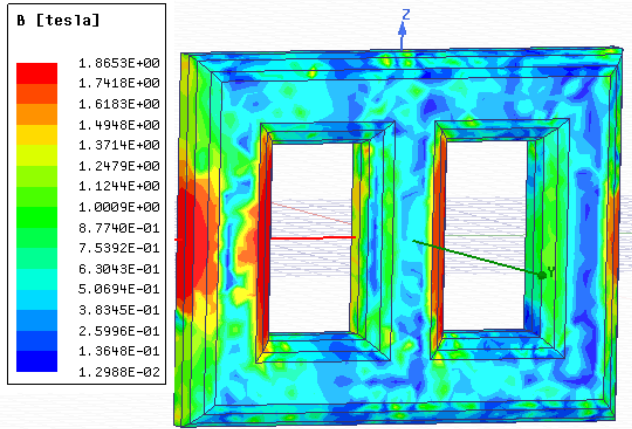
$$V_c = \sqrt{2}V_s \cos\left(2\pi f_s t - \frac{2\pi}{3}\right) + \sqrt{2}V_R \cos\left(100\pi t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (16)$$

Burada, V_R temel bileşen, yani incelenen transformatörün faz-nötr geriliminin nominal değeridir. V_s harmonikli gerilimin rms değeri, f_s harmonik frekansıdır. Burada üçüncü, beşinci ve yedinci harmonikler incelenmiştir.

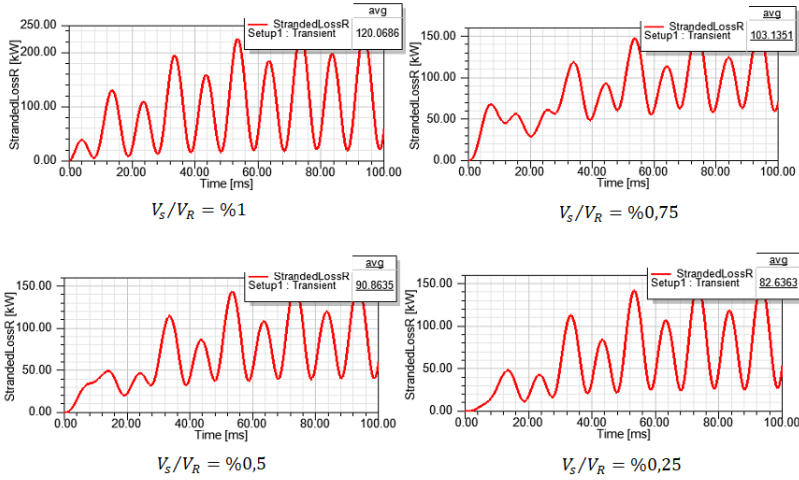
Bu analiz için V_s/V_R oranı %0.25 ile %1 arasında değiştirilmektedir. $V_s/V_R = \%1$ için, nüvenin maksimum akı yoğunluğunun 1,97 T civarında olduğunu göstermektedir. Gözlenen maksimum akı yoğunluğu değeri nominal maksimum akı yoğunluğundan (1,84 T) büyük olduğundan, transformatörün çekirdeği doyuma yaklaşmıştır. Tüm durumlar için analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4-6'da sunulmuştur. Tablo 2'de harmonik analizlerden elde edilen sonuçların normal çalışma koşullarındaki sonuçlarla ve teorik sonuçlarla karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 4: Transformatörün harmonic altındaki akı dağılımı



Şekil 5: Transformörün normal koşullardaki altındaki akı dağılımı



Şekil 6: Transformörün harmonikler için kayıp eğrileri

Belirtilen her durum için modelin analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Çizelgede verilen teorik ve deneysel sonuçların nasıl elde edildiği daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Tablo 2: Sonuçların karşılaştırılması

	V_s/V_R				Simülasyon sonuçları	Teorik sonuçlar
	$\%1$	$\%0,75$	$\%0,5$	$\%0,25$		
Nüve kaybı (kW)	12.44	12.432	12.42	12.418	12.41	12.36
Harmonic analiz bakır kaybı (kW)	120.01	103.14	90.86	82.63		
Yük altındaki bakır kayıbı (kW)					98.01	96.3

V_s/V_R % 0.25'ten % 1'e kadar çıkarılmasıyla, sargı kayıpları artmış, çekirdek kayıpları ise neredeyse hiç değişmemiştir. Burada, birim başına, nominal güç ve akım değerlerinin, sırasıyla sinüzoidal uyarım altında transformatörün nominal yük kaybı ve transformatörün primer tarafının nominal akımı olarak seçildiğine dikkat edilmelidir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sayısal sonuçlardan, gerilim alt harmoniklerinin, görünüşte önemsiz büyüklüklerde olsalar bile, transformatör çekirdeğinin maksimum akı yoğunluğuna ve bakır kayıplarına büyük ölçüde etki ettiği görülmüştür. Böylece, aynı gerilim koşulları için, sargı kayıplarının yüksek seviyelere ulaşabileceği ortaya çıkmıştır. Ancak, harmonik gerilimlerin transformatörün çekirdek kaybı üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeydedir. Bu durum, transformatör yüksüz kayıplarının hesaplanması ve güç transformatörlerinin değer kaybı için gerilim alt harmoniklerinin dikkate alınması gerektiği anlamına gelir.

5. Referanslar

- [1] Özupak Y, MAMIS M. S 2019 Realization of electromagnetic flux and thermal analyses of transformers by finite element method. IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 14(10), 1478-1484. Doi: 10.1002/tee.22966.
- [2] K.T. Muthanna, A. Sarkar, K. Das, K. Waldner, "Transformer Insulation Life Assessment", IEEE Trans. Power Deliv. 21 (2006) 150 – 156.
- [3] M. Lee, H. A. Abdullah, J. C. Jofriet, D. Patel, "Thermal modeling of disc-type winding for ventilated dry-type transformers", Electric Power Systems Research 80 (2010) 121–129.
- [4] Soh T. L. G, Said D. M, Ahmad N, Nor K. M, Salim F 2013 Experimental study on the impact of harmonics on transformer", IEEE 7th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), pp.686-690.
- [5] S.B. Sadati, A. Tahani, M. Jafari, M. Dargahi, "Derating of Transformers under Non-sinusoidal Loads", in: 11th International Conferenec on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM, 2008, pp.263-268.
- [6] Özupak Y, MAMIS M. S, TEKE İ. H 2019 Electromagnetic Field and Total Loss Analysis of Transformers by Finite Element Method. International Journal of Engineering And Computer Science, 8(1), 24451-24460. (Yayın No: 5774086)

- [7] IEEE Std C57.91-1995, “IEEE Guide for loading Mineral Oil Immersed Transformers”, 1995.
- [8] IEEE Std C57.110-1998, “Recommended Practice for Establishing Transformer Capability when Supplying Non sinusoidal Load currents”, 1998.
- [9] D. Susa, M. Lehtonen, “Dynamic Thermal Modeling of Power Transformers:Further Development—Part I”, IEEE Trans. Power Deliv. 21 (2006) 1961 – 1970.
- [10] A. Elmoudi, M. Lehtonen, H. Nordman, “Effect of harmonic on transformers loss of life”, in: Conference Record of IEEE International Symposium on Electrical Insulation, vol.2, 2006, pp.408-411.
- [11] IEEE Std C57.100-1999, IEEE Standard Test “Procedure for Thermal Evaluation of Liquid- Immersed Distribution and Power Transformers”, 1999.
- [12] S. Taheri, H. Taheri, I.Fofana, H. Hemmatjou, A. Gholami, “Effect of Power System Harmonics on Transformer Loading Capability and Hot Spot Temperature” 25th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2012.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 15

**Güneş enerjisinden Optimum Şebeke Bağlantılı Elektrik ve
Sıcak Su Üretiminin İncelenmesi: Kahramanmaraş Örneği
(Furkan Dinçer)**

Güneş enerjisinden Optimum Şebeke Bağlantılı Elektrik ve Sıcak Su Üretiminin İncelenmesi: Kahramanmaraş Örneği

Furkan Dinçer

*Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, furkandincer@ksu.edu.tr*

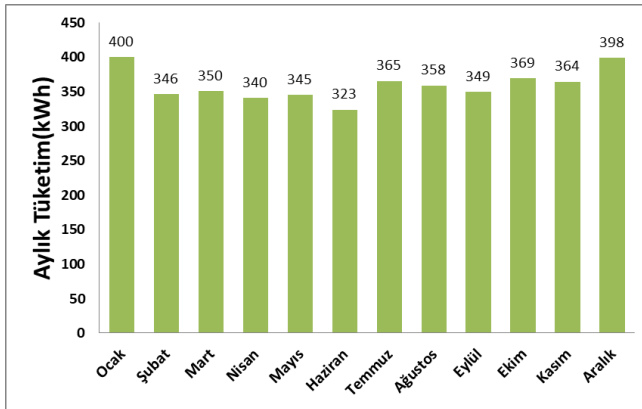
1. Giriş

Kahramanmaraş güneş enerjisi üretim açısından oldukça verimli bir lokasyondadır. Kahramanmaraş'da geleneksel termal güneş enerjisi uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Kahramanmaraşta fotovoltaik güneş enerjisi sistemleri ise son 10 yılda önemli bir gelişme göstermiştir. Büyük ölçekli güneş enerjisi santralleri her geçen gün artmaktadır. Ancak küçük ölçekli sistemler henüz yeterince yaygınlaşmamıştır. Evlerde önemli iki enerji ihtiyacı; sıcak su ve elektriktir. Güneş enerjisi sistemleri bu iki enerji ihtiyacınıda optimal olarak karşılayabilmektedir. Sürekli gelişen teknoloji ile birlikte sistemlerin verimi artmakta ve maliyeti azalmaktadır [1, 2].

Bu çalışmada Kahramanmaraş lokasyonu için 2 çocuklu 4 kişilik bir ailenin tüm sıcak su ve elektrik enerjisi ihtiyacının optimum olarak güneş enerjisinden karşılanması modellenenecektir. Önerilen sistemde elektrik üretimi şebeke bağlantılı olup, aylık mahsuplaşma yapılacaktır.

2. Enerji İhtiyacı

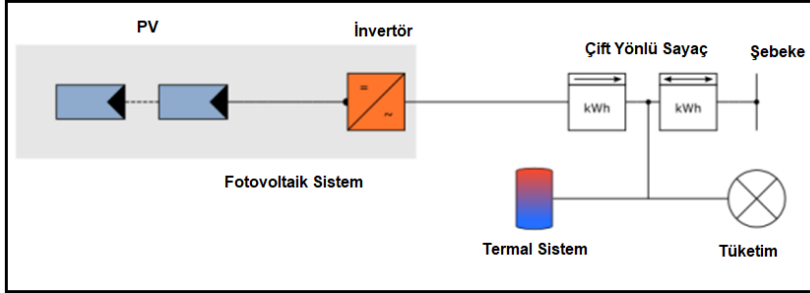
2 çocuklu 4 kişilik bir ailenin elektrik enerjisi ihtiyacı yıllık toplam 4308 kWh olup, aylık ortalama 359 kWh'dir. Elektrik tüketimi En az haziran ayında 323 kWh ve en çok ocak ayında 400 kWh'dir. Yıllık sıcak su enerji ihtiyacı 2000 kWh olarak planlanmıştır. Şekil 1'de elektrik tüketiminin aylara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 1. Elektrik Enerjisi Tüketimi

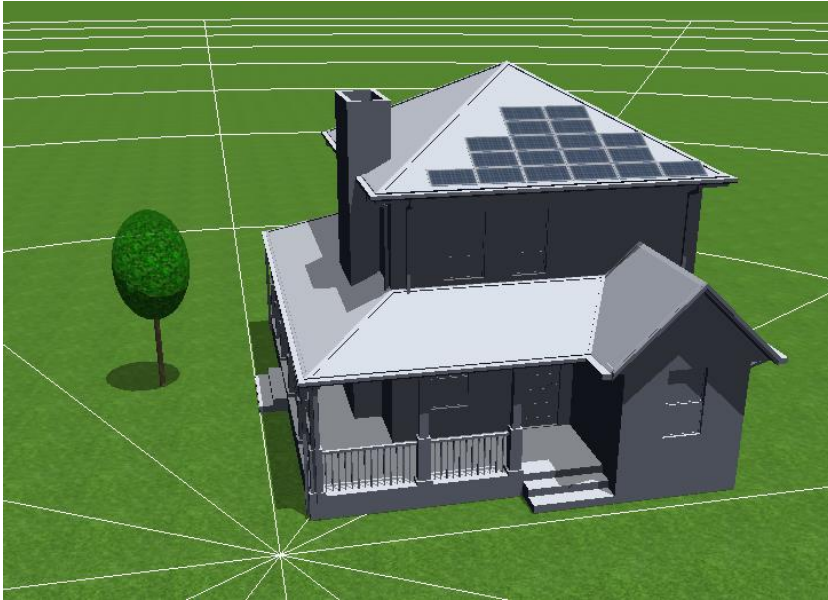
3. Modelleme

Güneş enerjisinden optimum şebeke bağlantılı elektrik ve sıcak su üretiminin incelenmesi için 18 adet 440 W panel, 1 adet 8,5 kW İnvertör, 1 adet termal sistem modellenmiştir. Sistemin akış diyagramı Şekil 2’de görülmektedir.

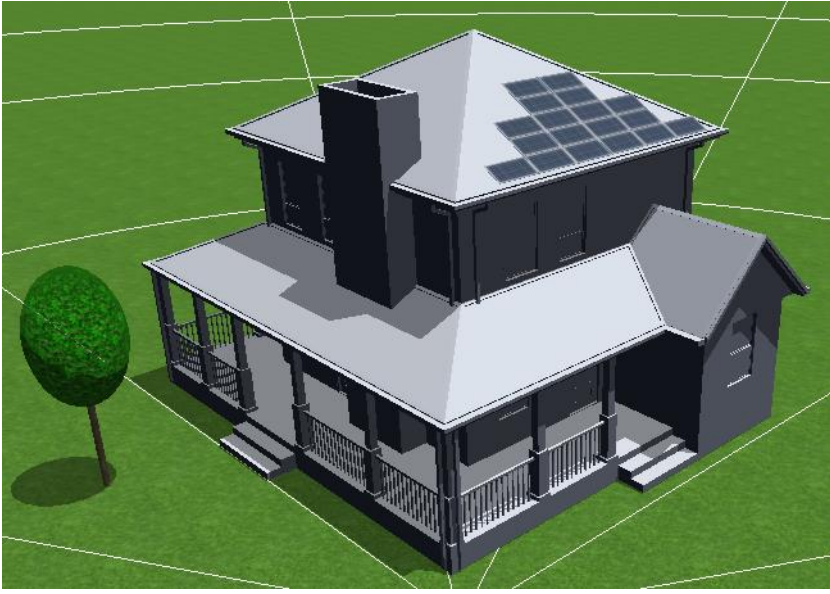


Şekil 2. Modellenen Sistemin Akış Diyagramı

Kahramanmaraş lokasyonunda müstakil bir tüm sıcak su ve elektrik enerjisi ihtiyacının optimum olarak güneş enerjisinden karşılanması modellenmiştir. Evin çatısının güney cephesine 18 adet 440 W panel konulmuştur. Toplam DC güç 7,92 kW olup, İnvertör 8,5 kW seçilmiştir. Şekil 3 ve 4’te modellenen ev görülmektedir.

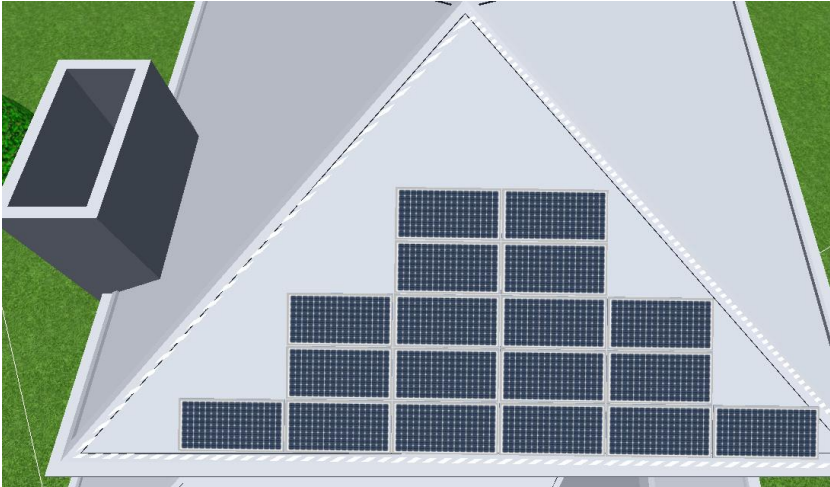


Şekil 3. Modellenen Müstakil Ev (Güney)

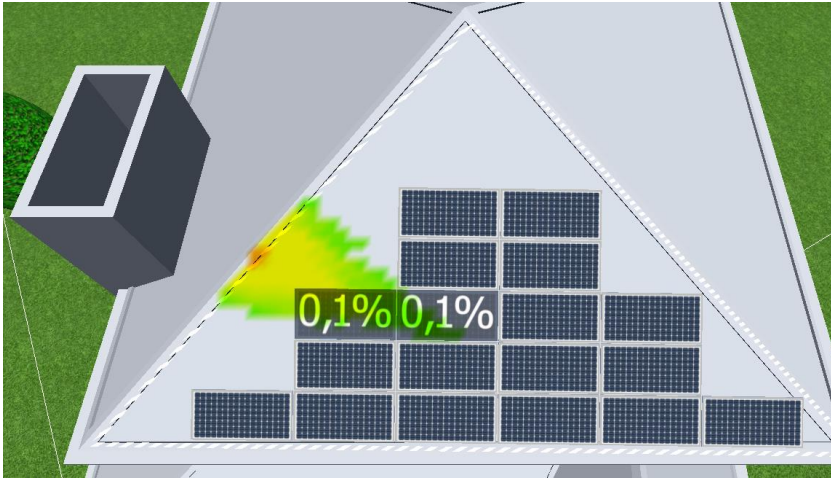


Şekil 4. Modellenen Müstakil Ev (Güney-Batı)

Modellenen evin güney cephesinde 18 adet 440 W panel konulmuştur. 18 panelden 2 adet dizi yapılmıştır. Binanın çatısının batı cephesinde baca bulunmakta olup, gölge yapmaktadır. Yapılan gölge analizinde iki panelde %0,1 oranında gölgelenme vardır. Şekil 5'te panellerin yerleşimi ve Şekil 6'da gölge analizi görülmektedir.



Şekil 5. Panellerin Yerleşimi

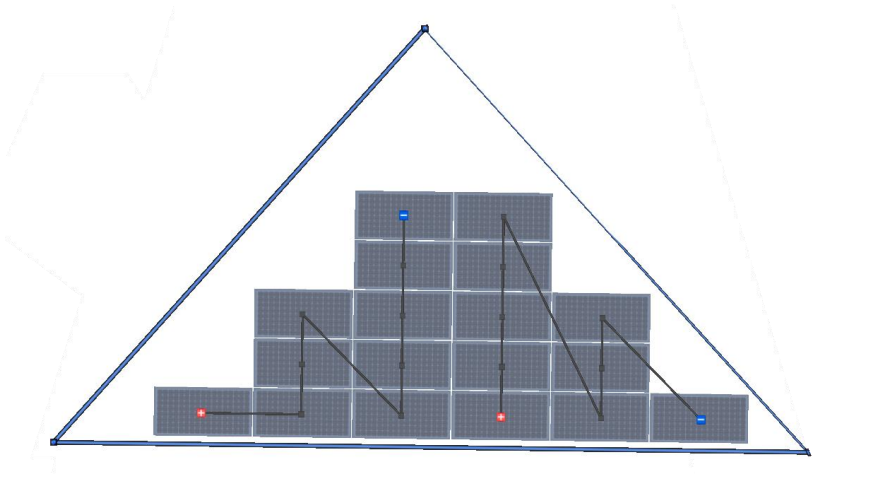


Şekil 6. Gölge Analizi

Modellenen evin güney cephesinde bulunan 18 adet panel 9x2 olmak üzere iki dizi yapılmıştır. Her bir dizide nominal çalışmada $9 \times 40,95$ V=368,55 V DC gerilim vardır. Her bir dizide nominal akım ise 11,33 A'dır. Şekil 7'de dizilerin numaralandırılması ve Şekil 8'de kablo bağlantıları görülmektedir.

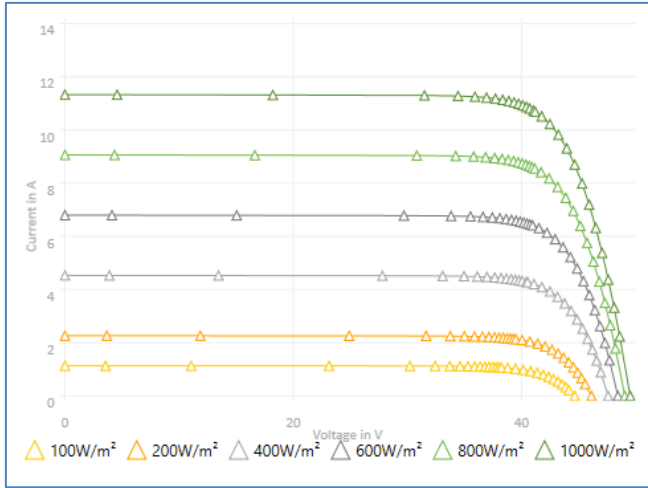


Şekil 7. Panel Numaralandırılması

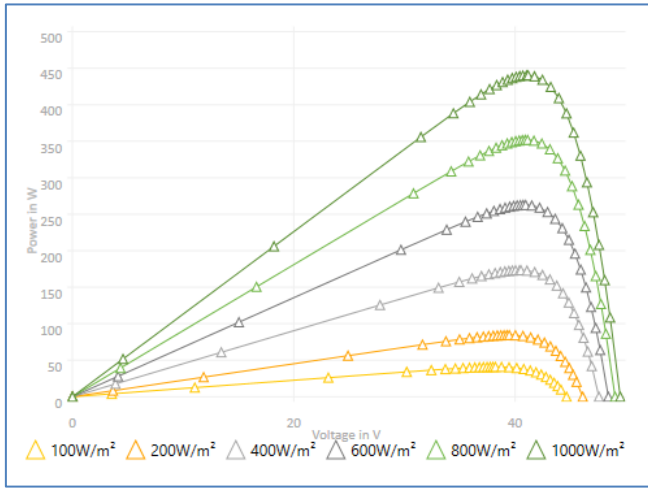


Şekil 8. Panel Kablolama

Sistemde 18 adet yingli solar marka YL440D-40 d model 440 W panel kullanılmıştır. Panelin nominal çalışma gerilimi 40,95 V, nominal akımı 10,75 A'dır. Açık devre gerilimi 49,5 V ve kısa devre akımı 11,33 A'dır. Panel yeni nesil olup, verimi %20,25'dir. Sistemde 1 adet ABB marka TRİO 8,5 TL Model 8,5 kW İnvertör kullanılmıştır. Şekil 9'da panelin akım-gerilim karakteristiği, Şekil 10'da güç-gerilim karakteristiği görülmektedir.



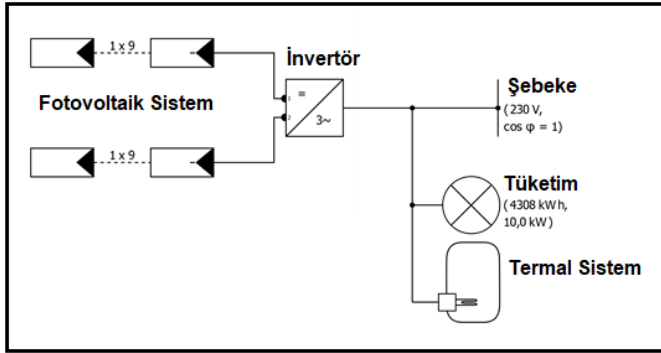
Şekil 9. Panelin Akım-Gerilim Karakteristiği



Şekil 10. Güç-Gerilim Karekteristiği

4. Tek Hat Şeması

Sistemin tek hat şeması Şekil 11’de görülmektedir.

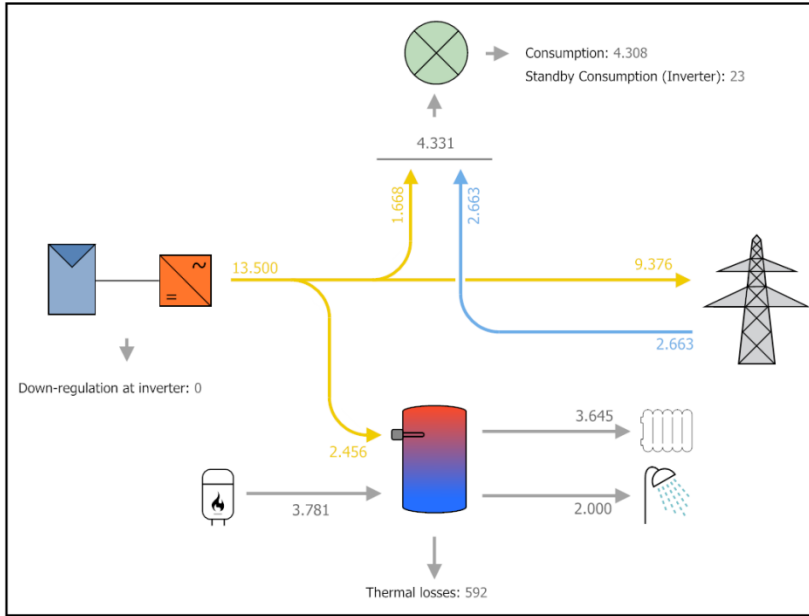
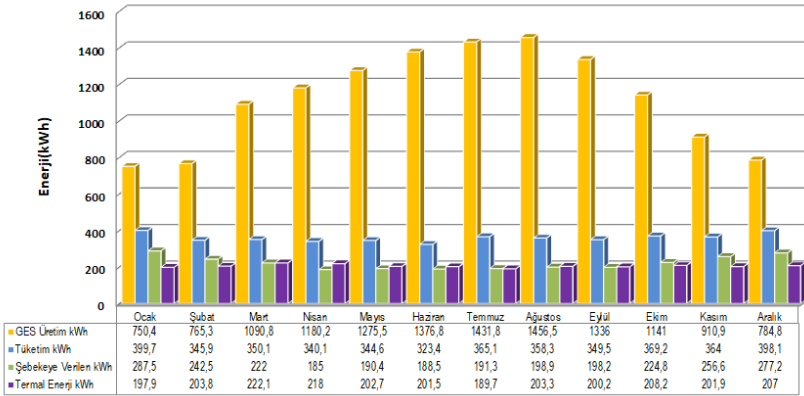


Şekil 11. Tek Hat Şeması

5. Bulgular

Sistem PV*SOL Premium 2021 (R4) demo ile modellenmiş ve Kahramanmaraş’ın geçmiş 10 yıllık iklim verileri kullanılmıştır. Yapılan simülasyon çalışmalarına göre sistemin performans oranı (Performance ratio) %83,8 olarak bulunmuştur. Bu oran oldukça yüksek bir değerdir. Yıllık tahmini üretim 13.500 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Tablo 1’de aylara göre enerji değişimleri görülmektedir.

Tablo 1.Aylara göre elektrik enerjisi değişimleri



Şekil 12. Enerji Dengesi

6. Sonuç

Kahramanmaraş lokasyonunda müstakil bir evin tüm sıcak su ve elektrik enerjisi ihtiyacı optimum olarak güneş enerjisinden karşılanmıştır. Sistemin performans oranı (Performance ratio) %83,8 olarak bulunmuştur. Yıllık güneş enerjisini tahmini üretimi 13.500 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Evin ısıtma ihtiyacı için 3.645 kWh/yıl, sıcak su ihtiyacı için 2000 kWh/yıl, elektrik enerjisi ihtiyacı için 4.331 kWh/yıl enerji harcanmıştır. Tüm

ihtiyaçlar karşılandıktan sonra 9376 kWh/yıl fazla olan elektrik enerjisi şebekey verilmiş ve şebekeden 2.663 kWh/yıl elektrik enerjisi çekilmiştir.

7. Kaynaklar

- [1]. S. Yilmaz, F. Dincer, Impact of inverter capacity on the performance in large-scale photovoltaic power plants—A case study for Gainesville, Florida, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 15-23, 2017.
- [2]. S. Yilmaz, F. Dincer, Optimal design of hybrid PV-Diesel-Battery systems for isolated lands: A case study for Kilis, Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 344-352, 2017.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 16

**Solid Oxide Fuel Cells: Towards a Sustainable Energy
Future (Rahmiye Zerrin Yarbay Şahin, Burçin Atılğan
Türkmen)**

Solid Oxide Fuel Cells: Towards a Sustainable Energy Future

Rahmiye Zerrin Yarbay Şahin^{1,2}, Burçin Atılgan Türkmen¹

¹*Bilecik Şeyh Edebali University, Chemical Engineering Department, Bilecik, Turkey.
E-mail: zerrin.yarbay@bilecik.edu.tr, burcin.atilganturkmen@bilecik.edu.tr*

²*Bilecik Şeyh Edebali University, Energy Technologies Application and Research
Centre Bilecik, Turkey. E-mail: zerrin.yarbay@bilecik.edu.tr*

1. Introduction

Energy is the main component of nature-society relations and is known to be a critical resource for sustainable development. Energy sources are required to meet human needs, enhance life quality and empower technological, social, and economic growth. Nevertheless, the current ways that we have energy are utilized is widely regarded as unsustainable [1].

Continuing the use of fossil fuels faces problems such as the depletion of fossil fuel supplies, environmental issues, and a large rise in fuel prices. Energy supply contributes not only to problems related to climate change but also to environmental concerns like air, water, and soil pollution, loss of ozone, acid rain, deforestation, and release of toxic and radioactive substances [2]. Due to the increasing need for sustainable energy supply, a range of possible solutions have emerged, bearing energy conservation through increased power production, a decline in the use of fossil fuels, and an increase in the availability of environmentally friendly resources, such as fuel cells and renewable and sustainable energy sources [1, 2].

Implementation of sustainable issues in the planning, design, and manufacturing of energy systems is an important topic, in addition to the regular economic, environmental and social framework conditions. Interest in fuel cells is growing exponentially as an attempt to improve energy security while achieving the other sustainability objectives. Fuel cells are projected to provide potentially high electrical efficiency and have a high potential for environmental advantage as possible energy storage devices. Among various fuel cells, solid oxide fuel cell (SOFC) is accepted being one of the essential technologies for the sustainable power production of hydrogen-rich fuels with a high energy conversion efficiency [3].

The main aim of this chapter is to explain the sustainability of SOFCs systems by considering the environmental, economic, and social dimensions of sustainability. The inspiration for this work is the necessity to highlight the importance of sustainable production of alternative energy resources and carriers, besides the role SOFC technology is supposed to act in sustainable energy systems. As part of the sustainability topic, this research addresses many aspects of the sustainability impacts of SOFCs technology: the enhancement of improved energy efficiency and emissions, energy security,

component material selection, combining with other systems, on the one hand, and the possible effect of materials used in the production cell.

2. Background Information

2.1 Fuel Cells

A fuel cell (FC), as one of the advanced technologies, transforms the chemical energy of a fuel directly into electricity, with the added benefit of high electrical performance and low environmental impact. Fuel cells are categorized in the literature based on the electrolyte and fuel used. Proton exchange membrane fuel cells, phosphoric acid fuel cells, alkaline fuel cells, molten carbonate fuel cells, and solid oxide fuel cells are the most common types [4]. Table 1 lists the characteristics of these different types of fuel cells.

Table 1. Major types of fuel cells [4]

Properties	Proton Exchange Membrane Fuel Cell	Phosphoric Acid Fuel Cell	Alkaline Fuel Cell	Molten Carbonate Fuel Cell	Solid Oxide Fuel Cell
Operando Temperature (°C)	60-200	200	60-220	~ 650	600-1000
Charge Carrier	H ⁺	H ⁺	OH ⁻	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
Electrolyte	Polymer membrane	Liquid H ₃ PO ₄	Liquid KOH	Molten Carbonate	Ceramic
Catalyst	Pt	Pt	Pt	Ni	Ni/YSZ
Fuel	H ₂ , CH ₃ OH	H ₂	H ₂	H ₂ , CH ₄	H ₂ , CH ₄ , CO
Interconnects	Carbon based	Carbon based	Carbon based	Stainless steel	Ceramic based
Efficiency (%)	30-60	30-40	50-60	55-60	50-70
Lifetime	5000	30000-60000	5000-8000	20000-40000	Up to 90000

2.2. Solid Oxide Fuel Cells

A solid oxide fuel cell (SOFC) generates electricity by the reaction of fuel with an oxidant in terms of oxide ion diffusion through an ion-conducting solid-electrolyte layer. In detail, a SOFC is made of three main layers including a dense electrolyte, anode, and cathode. The electrolyte plays an active role in order to make classifications upon electrolytes such as proton-conducting electrolyte and oxide-ion conducting electrolyte. While the proton (H⁺) is achieved at the anode in the proton-conducting SOFC (H⁺-SOFC), water vapor is obtained at the anode in the oxide-ion conducting one [5]. Figure 1 demonstrates the working principle diagram. Molecular O₂ is reduced to oxygen anions for the first time with the help of the talented electrons obtained externally in the cathode which is denoted as the air

electrode in the electrode. In a SOFC, the cathode needs to not only be high in electronic and ionic conductivities but also the O_2 dissociate ability.

Another challenging component is the electrolyte. An effective electrolyte should meet some criteria including being dense enough to distinguish the air and fuel components while showing high ionic conductivity to favour easy migration of oxygen anions and being an electronic insulator. Besides, the electrolyte is required to maintain these requirements over a broad range of oxygen partial pressures. The operando temperature should be determined to attain higher ionic conductivity in the electrolyte [6].

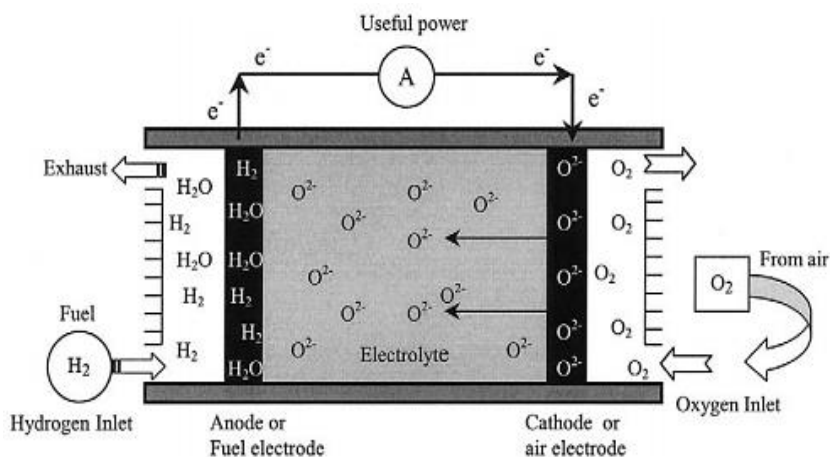


Figure 1. SOFC working principle diagram [2]

Implementation of SOFC systems in daily life has not been actualized yet because of the high cost of cell components, high operando temperatures, safety restrictions related to the handling of gases, and routine maintenance. Operando temperatures which generally fall in the range of 800-1000°C are recorded as one of the main drawbacks in many publications [7, 8]. This drawback may cause catalytic poisoning, electrode sintering, thermal instability, interfacial diffusion between electrolyte and electrode materials, and thermal or mechanical stress associated with different thermal expansion coefficients of the cellular components [5]. As a result, there is a great deal of reduction in SOFC operating temperatures in recent years.

2.3 Sustainability

At the beginning of the 21st century, sustainable development became an important issue, described as “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” [9]. This definition is widely recognized by all stakeholders as a

guiding principle. The concept is gradually becoming more important for different stakeholders around the world.

Sustainability is based on three dimensions: environmental, economic, and social. It is generally recognized and acknowledged that sustainable development can be accomplished by balancing and integrating environmental, economic, and social assessments [10].

The first dimension of sustainability is environmental sustainability. This is concerned with how the natural resources for future generations can be preserved and retained. Environmental sustainability includes the protection of natural habitats, the conserving of scarce resources, the manufacture of environmentally friendly products, ensuring the quality of water, soil, and air for now and future generations, and reducing waste and pollution [11]. Examples of indicators cover environmental sustainability of energy systems: greenhouse gas emissions, pollution, resource depletion, acidification, solid waste, radioactivity, land-use transition, and eutrophication [12].

Economic sustainability promotes long-term economic prosperity without damaging the social and environmental aspects of society. Overall, cost, the efficiency of energy conversion, energy use per unit of GDP, capital costs, and payback period are commonly used indicators for assessing the economic sustainability of energy technologies [12, 13].

A country's ability to function indefinitely at a defined level of social wellbeing is referred to as social sustainability. Examples of social sustainability indicators for energy systems include job creation, public acceptability, fatality rate, risk of accidents, and human rights [12].

Energy is one of the essential areas for development as sustainable indicting primary utilities such as transportation, heating, cooling, and cooking. Three aspects of sustainability are linked to the importance of energy in sustainable development. First, a reliable supply of energy is considered to be one of the essential requirements for economic growth. Second, the numerous natural and human disasters of recent decades have a strong connection with the energy supply. Lastly, it also illustrates the need for fairness in the energy sector, which can be converted into universal access to electricity [14].

Sustainable development of energy generation technologies involves the consideration of three dimensions of sustainability. Full development of sustainability in terms of the production, distribution, and usage of energy services is required to decide which technologies work better according to their economic, environmental, and social sustainability.

In this study, SOFC technology is discussed in the light of sustainability components. The design and operation of SOFC subject to restrictions based on requirements for materials and fuel specifications are considered as key factors affecting sustainability.

2.4 Literature Survey

Various studies have been undertaken in order to determine the sustainability of SOFCs. Among them, some studies highlighting the environmental, economic, and social sustainability of SOFC systems are selected from the literature and given in this subsection.

Wincewicz and Cooper [15] presented a comprehensive review of the production materials and systems used in SOFC technology as an initial part of the environmental sustainability assessment. Mehmeti, McPhail [16] studied life cycle assessment (LCA) of SOFCs. Their investigation highlighted that when SOFCs were utilized in power generation, a north worthy contribution was figured out to the aspired-to a future of sustainable power. Their empirical results showed that economic performance was the most effective criterion in the decision-making step. Stambouli and Traversa [2] dealt with SOFC as an environmentally friendly and effective energy source. Their outcomes have shown that greenhouse gas stabilization can be achieved as an early investment in emerging technology emerges. They also argued that global warming could be reduced without damaging the economy. Birnbaum [3] discusses the environmental effect of the technology of SOFC to give information about environmental sustainability in detail. They investigated stated materials used in the cell, emission balance, efficiency, end-of-life considerations were the key issues for their environmental sustainability evaluations. They underlined that having complex material systems and taking advantage of combining powerful systems such as combined heat and power (CHP) units proceed the outcomes/findings unpredictable.

Strazza, Del Borghi [13] combined the life cycle environmental assessment and life cycle costing tools to assess both environmental impacts and operating costs of SOFC systems for comparison with traditional systems Micro Gas Turbine (MGT) for distributed power generation systems. Natural gas was used as a reference fuel in their study, while biogas was chosen as an alternative biofuel option for the SOFC system. Global warming potential, acidification potential, eutrophication potential, depletion of abiotic resources, ozone depletion potential, summer smog, and life cycle costs have been evaluated as sustainability indicators. The natural gas-fuelled SOFC system showed that a large portion of the environmental impact was responsible for the fuel supply. The same system fed with biogas demonstrated environmental benefits depending on the combination of energy used during the digestion process. The analysis of SOFC and MGT systems has shown that the SOFC method provides environmental and economic advantages [17].

Chen and Ni [17] studied an economic evaluation of a SOFC cogeneration/trigeneration technology for a hotel located in Hong Kong. Their research was aimed to assess the economic evaluation of a SOFC-

absorption cooling cogeneration/trigeneration mechanism for residences. Existing products of SOFC server and absorption chiller were considered for configuration. The results of this paper showed that the payback period of the three-generation scheme amounted to less than 6 years, with the government grant accounting for 50% of the entire system.

3. Sustainability of SOFCs

Sustainability impacts are related to energy-resource use and a low-cost and reliable supply of energy is important for economic development, human well-being, and quality of life. Consequently, sustainable development is necessary to address the existing environmental, economic, and social challenges.

3.1 Environmental sustainability of SOFCs

Fuel cell technology has been described as a means of producing electricity that is clean and efficient and would be an appealing alternative to traditional technologies. This picture emerges mainly from the concept that hydrogen gas can power fuel cells. Among the most appealing technologies of all kinds of fuel cells is the SOFCs which could directly transform fuel chemical energy into electricity [18]. Efficiency and ecology converge issues maintain attention as alive to the SOFCs considering for electricity generation in the utility industries, especially in cogeneration of heat and power.

The environmental influence of SOFC usage mainly changes with the fuel used. If the fuel is only pure H_2 , all FCs do not emit any emissions except occurring water and releasing heat. Besides, the SOFC systems are considered very flexible among other fuel cells in terms of fuels [19].

Pure hydrogen as fuel lays out some problems related to storage and transportation. But the researchers offer new ideas to overcome this obstacle such as the development of a solar hydrogen economy in which photovoltaic cells are predicted to transform sunlight into electricity. On the other hand, the high efficiency of SOFC outcomes in less fuel being spent for the production of a given amount of electricity. This condition is addressed by lower CO_2 emissions. If we consider natural gas for hydrogen source fuel, SOFCs do not lay net emissions of CO_2 . This can be explained with photosynthetic plants which favour uptake carbon released. As a result, CO_2 emissions can be declined by more than 2 million kg/year. Indeed, emissions from SOFC systems will be very low with near-zero levels of NO_x , SO_x , and other contaminants in the atmosphere, removing 20,000 kg of acid rain and smog-causing pollutants [3].

Another important issue to take into account is that the components of SOFC are produced from materials that are not widely faced in traditional energy equipment [3]. Although a SOFC is made of three major layers, five

elements including electrolyte, cathode, anode, interconnect, the cell-to-cell connector should be considered to understand the environmental sustainability in detail [20]. This requirement is related to the environmental performance of the SOFC production step which greatly relates to the amount of metal mainly steel used and the energy resource [16]. While these materials are made of either ceramics or metals, they are mostly mixtures and not pure elements so extracting or manufacturing from relevant raw materials should be carried [20]. Excepting the steel parts made of iron ore and chromite, particularly rare earth, nickel ore, and alkaline minerals are essential sources of raw materials. Mining and processing chains are also important for environmental sustainability in detail [3]. Although many elements including strontium, titanium, manganese, nickel, cobalt, fluorine are used in many components and interconnect, it is useful to start the material investigation from zirconium, yttrium, and lanthanum which are used commonly. Zirconium which is commonly produced from zircon is known as being one of the major constituents of SOFC, especially YSZ (yttrium stabilized zirconia) electrolytes recently. Yttrium, a rare earth element that presents in almost all rare earth minerals, is used to stabilize zirconia lattice in electrolyte materials within a range of 3–10 mol% (such as 3YSZ, 8YSZ, 10YSZ). Lanthanum, one of the rare earth metals with the highest reactivity, is a key component of SOFCs, appearing not only in cathodes but also in ceramic interconnects, electrolytes, and contact pastes. An extra amount should be charged to prevent direct reactions to elemental carbon, sulphur, nitrogen, silicon, phosphorus, boron, selenium, and halogens and to oxidize quickly when exposed to air [3].

Although the importance of cell manufacturing is evident, there is only one comprehensive study dealing with this important topic. Hart et al. compared the environmental influence of six fabrication techniques including electrochemical and physical vapor deposition, screen printing, slurry spraying, tape casting, and calendaring on the SOFC manufacturing process. While five of the manufacturing techniques laid superior material use, the electrochemical vapor deposition (EVD) method resulted in the utilization of a poor material during manufacture. Besides, an analysis of the energy required to produce the anode, electrolyte, and cathode layers for a 200 kW SOFC CHP device revealed that when the unit's consumption mode is compared to conventional, the environmental burden associated with the manufacture can be repaid within 3 days of operation [21].

Industrial waste production and resource exploitation have a huge effect on sustainability due to the effects they can have on the ecosystem. Regarding the stages such as disposal of the SOFCs, investment and operating costs, recovery efficiency, energy demands, hazard/toxicity, and other environmental impacts can be classified as key parameters for the

recovery of valuable materials and components from a cell. So, for further investigations such as LCA, these parameters should be involved [22].

Worldwide, central electricity generation is calculated considering resources like coal, nuclear, released into the atmosphere and accepted as waste heat. As a result, high-efficiency electricity-generating equipment is of interest in reducing electric power production's environmental impact and ensuring the long-term viability of relevant primary energy resources. SOFC technology is specifically helpful with its high efficiency in such a transition phase since it can use both fossil and renewable energy sources [3]. SOFCs have been accepted as the cleanest and most efficient devices available when combined with a waste heat engine. Without harming the environment, SOFC can produce high-quality waste heat that can be used to heat the home or provide refrigeration and air conditioning [3].

3.2 Economic sustainability of SOFCs

SOFCs generally run at extremely high temperatures (500-1000°C). At these temperatures, SOFCs do not need expensive catalysts such as platinum which makes these systems more favourable.

SOFC systems can be competitive if used for cogeneration, with high electrical efficiency. Cogeneration is defined by the World Alliance for Decentralized Energy as “the process of producing both electricity and usable thermal energy (heating or cooling) at high efficiency and close to the point of use” [17]. The percentage of the input fuel that can be used as power or heat determines a cogeneration system's efficiency. The trigeneration system is thought to be the next step in the evolution of the cogeneration system. It also recovers waste energy, which is commonly used to heat water [13].

Performance comparisons among cogeneration systems based on different conversion techniques indicate that the main benefits of fuel cells are their high performance and low emissions. In comparison, conventional heat engines require a range of energy conversion steps, including combustion transforming the fuel's chemical energy into thermal energy, which is then used to turn the turbines for production using a generator, while fuel cell-based cogeneration/trigeneration generates electricity directly from electrochemical reactions. This study's findings come in low maintenance and operating costs. Furthermore, the fuel cell system generates power quietly and reduces noise levels [13].

3.3 Social sustainability of SOFCs

SOFC systems are still at a design stage where they can be sold to customers. Potential applications of the SOFCs range from single homes and apartment buildings to industrial and public buildings, as well as small and medium-sized businesses. The decline requirement in operando temperature

is vital in commercialization especially in mobile services and laptop direct use.

Today, energy security is one of the major global issues. As fossil fuels are depleting and becoming more difficult to supply energy from fossil fuels, fuel cells can improve energy security and increase reliability by enabling a wider range of fuels to be used, and by making existing fuels more efficient [23]. Highly efficient SOFC technology is critical for the security of the energy supply.

Public acceptance of new energy sources is one of the key points to further increase their share of the total energy supply. Public opposition to energy technologies poses a significant risk to the implementation and management of energy policies. Public preferences and views on various energy choices vary significantly. The public is concerned with appearance, health and safety issues, property values, construction and decommissioning-related impacts, and the noise level of the new technologies. SOFCs' quiet, vibration-free operation often reduces noise produced by traditional power generation technologies. The public generally expresses a positive attitude towards the installation of SOFC systems [24].

4. Conclusions

In the last 20-40 years, SOFCs have been subject to comprehensive research providing many advantages over traditional methods of electricity generation. In terms of not only higher efficiencies but also lower emissions and high fuel versatility. SOFCs systems can help to achieve sustainability by using hydrogen generated from renewable energy resources. While it is acknowledged that achieving a competitive balance of cost, performance, and durability is a major challenge, sustainability has gained new perspectives from the point of view of environmental, social, and economic issues. The outcomes highlighted in this work are that the manufacturers, investigators, scientists, and end-users should not only deal with the reaction mechanisms and materials involved but also need to consider the environmental, economic, and social sustainability of SOFCs to contribute to a sustainable world where borders are removed especially in the last decades.

5. References

1. Dincer, I. and M. Rosen, Sustainability aspects of hydrogen and fuel cell systems. *Energy for Sustainable Development*, 2011. 15: p. 137-146.
2. Stambouli, A.B. and E. Traversa, Solid oxide fuel cells (SOFCs): a review of an environmentally clean and efficient source of energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2002. 6(5): p. 433-455.

3. Birnbaum K.U., S.-W.R., Zapp P., Solid Oxide Fuel Cells, Sustainability Aspects, in Fuel Cells., Kreuer KD. Editor. 2013, Springer: New York, NY.
4. Dinçer, İ., İ. Eroğlu, and M. Öztürk, Hidrojenin Enerji Seçeneği Olarak Kullanımı, in Türkiye İçin Hidrojen Teknolojileri Yol Haritası. 2021, Hidrojen Teknolojileri Derneği: İstanbul.
5. Mahato, N., et al., Progress in material selection for solid oxide fuel cell technology: A review. Progress in Materials Science, 2015. 72: p. 141-337.
6. Gorte, R.J. and J.M. Vohs, Novel SOFC anodes for the direct electrochemical oxidation of hydrocarbons. Journal of Catalysis, 2003. 216(1): p. 477-486.
7. Dusastre, V. and J.A. Kilner, Optimisation of composite cathodes for intermediate temperature SOFC applications. Solid State Ionics, 1999. 126(1): p. 163-174.
8. Silva-Mosqueda, D.M., et al., Intermediate temperature solid oxide fuel cell under internal reforming: Critical operating conditions, associated problems and their impact on the performance. Applied Energy, 2019. 235: p. 625-640.
9. WCED, Our Common Future: World Commission on Environment and Development, in Special Working Session 1987. p. 1-91.
10. United Nations, Integrating the three dimensions of sustainable development: A framework and tools. 2015, Environment and Development Division, United Nations Economic and Social Commission.
11. Klarin, T., The Concept of Sustainable Development: From its Beginning to the Contemporary Issues. Zagreb International Review of Economics and Business, 2018. 21: p. 67-94.
12. Hammond, A.L., et al. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute, 1995.
13. Strazza, C., et al., Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of a SOFC system for distributed power generation. Energy Conversion and Management, 2015. 100: p. 64-77.
14. Zen, A., et al., Sustainability, Energy and Development: A Proposal of Indicators. International Journal for Infonomics, 2012. 5. : p. 537-541

15. Wincewicz, K. and J. Cooper, Taxonomies of SOFC Material and Manufacturing Alternatives. *Journal of Power Sources*, 2005. 140: p. 280-296.
16. Mehmeti, A., et al., Life cycle sustainability of solid oxide fuel cells: From methodological aspects to system implications. *Journal of Power Sources*, 2016. 325: p. 772–785.
17. Chen, J.M.P. and M. Ni, Economic analysis of a solid oxide fuel cell cogeneration/trigeneration system for hotels in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 2014. 75: p. 160-169.
18. Fakour, A., A. Behbahani-Nia, and F. Torabi, Economic feasibility of solid oxide fuel cell (SOFC) for power generation in Iran. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 2018. 13(3): p. 149-157.
19. Huang, K., Solid oxide fuel cells, in *Materials for Fuel Cells*, M. Gasik, Editor. 2008, Woodhead Publishing. p. 280-343.
20. Huang, K. and J.B. Goodenough, Solid oxide fuel cell technology: principles, performance and operations. 2009: A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Elsevier.
21. Hart, N., N. Brandon, and J. Shemilt, The environmental impact of solid oxide fuel cell manufacturing. *Fuel Cells Bulletin*, 1999. 2(15): p. 4-7.
22. Valente, A., D. Iribarren, and J. Dufour, End of life of fuel cells and hydrogen products: From technologies to strategies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2019. 44(38): p. 20965-20977.
23. European Commission, Hydrogen Energy and Fuel Cells: A vision of our future. 2003, Directorate-General for Research Directorate-General for Energy and Transport Brussels.
24. Wang, Q., H.-H. Wei, and Q.J.S. Xu, A solid oxide fuel cell (SOFC)-based biogas-from-waste generation system for residential buildings in China: A feasibility study. 2018. 10(7): p. 2395.

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 17

**Suğla Gölü Ötrofikasyonu (Konya/Türkiye) (Betül Yılmaz
Öztürk, Cengiz Akköz, H.Banu Keskinçaya)**

Suğla Gölü Ötrofikasyonu (Konya/Türkiye)

Betül Yılmaz Öztürk¹, Cengiz Akköz², H.Banu Keskinkaya²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Merkezi Araştırma ve Uygulama Merkezi

²Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya

E-mail: banu.keskinkaya@selcuk.edu.tr

1. Giriş

Ötrofikasyon terimi iyi beslenen anlamına gelen ötrofik kelimesinden gelmektedir. Genel olarak doğal sulara, tabii veya suni olarak Azot (N) ve fosfor (P) gibi temel besin maddeleri girişinin artması ve sudaki bitki ve hayvanlarda çeşitli değişiklikler meydana getirmesi suyun üretimini arttırması, kullanılmasını ve güzelliğini azaltması, tabii varlığını bozmasına verilen isimdir. (Engin, 1999).

Tüm bunların yanı sıra ötrofikasyon alglerin aşırı üremesi olarak da tanımlanabilir. Ötrofikasyonun başlamasıyla yörenin planktonik, bakteriyel, bentik ve balık topluluklarında değişimler görülür (Hutchinson, 1969). Bunun sonucunda planktonların çökelmeleri ve parçalanmalarıyla dip sularda oksijen konsantrasyonu düşer. Bu da anoksionik koşulların oluşmasına yol açar. Akdeniz’de dinoflagellat patlamaların ardından dipte anoksionik koşullar yaşanmış, bentik organizma ve balık ölümleri gözlenmiştir (Chiaudani, G., Marchetti, R., Vighi, M. 1980).

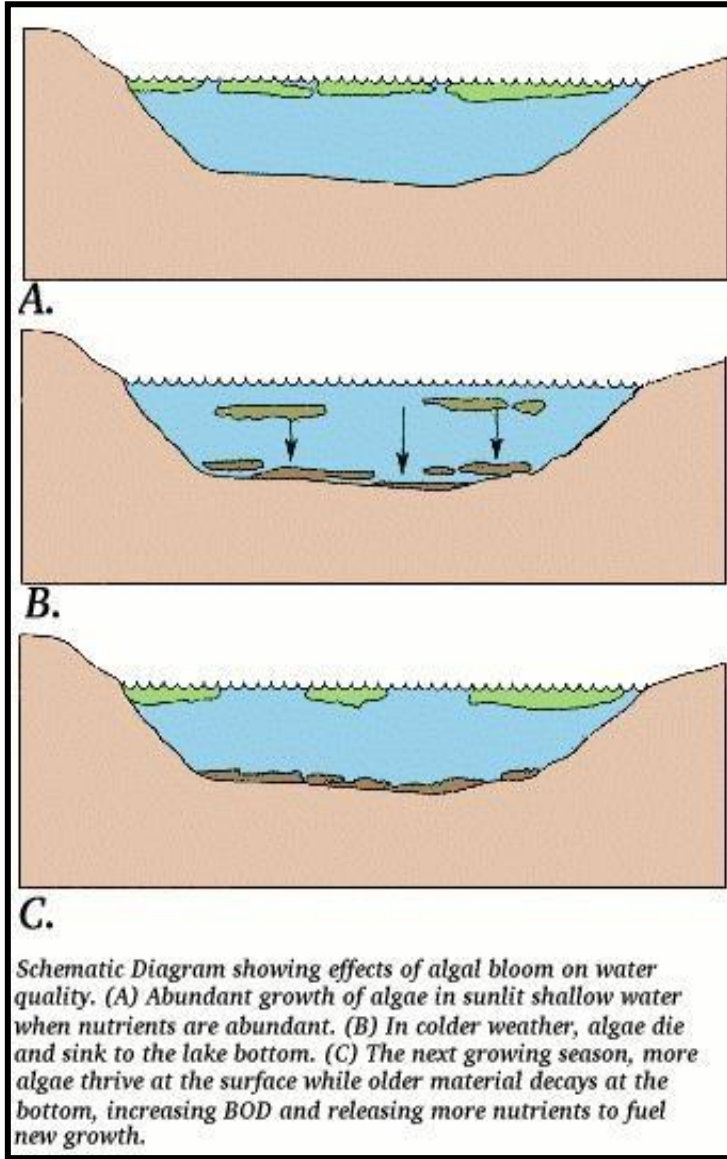
Dünya yüzeyinin yaklaşık %1’ini kaplayan göllerin çoğu küçük ve sığdır (3). Göller ve akarsular sürekli bir değişim içerisindeyler. Bu değişim sürecinde akarsu sistemleri gittikçe büyürken, göller yok olma eğilimindedir. Genellikle derin ve büyük oligotrof göllerin jeolojik veya meteorolojik olaylarla fiziksel yapısının değişikliğe uğramadığı sürece durumunu koruduğu düşünülür, ayrıntılı incelendiğinde bir gölün zamanla derinlik ve alanının gittikçe azaldığı saptanabilir. Her yıl rüzgarın etkisiyle, dalgaların kıyıyı aşındırması veya akarsularla dışarıdan taşınan erozyon maddeleri dipte birikerek yığılır. Ayrıca biyomas artıkları, mineral çökmesi gibi allokon kökenli maddelerinde yığılmasıyla göl dibi yavaş yavaş dolar. Göllerin zamanla yok olmaya doğru gidişine gölün evrimi denir. Evrim büyük ve derin oligotrof göllerde yüzyıllar boyu yavaş bir şekilde sürer, küçük ve sığ ötrof göllerde ise değişim daha hızlıdır. Bir gölün yok oluşunu izlemeye bazen bir ömür bile yeterlidir.

1.1. Göllerde Ötrofikasyon

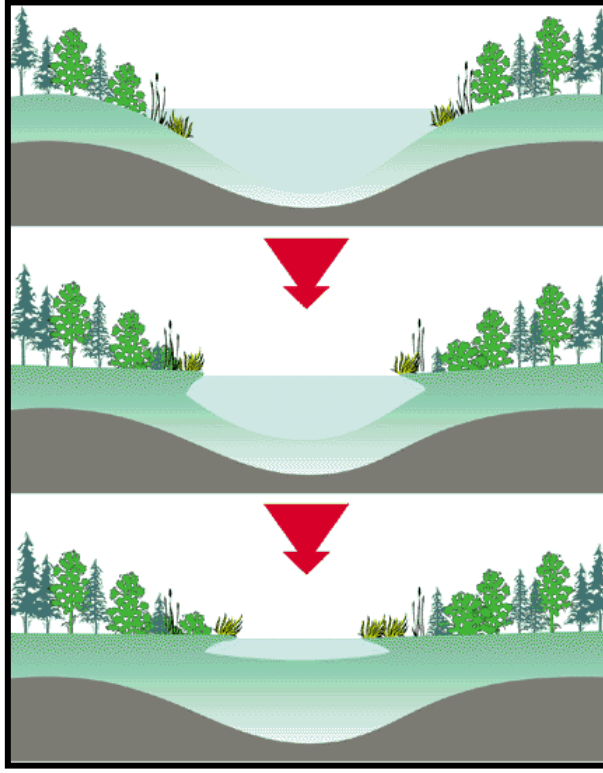
Göllerin hızlı evrimleşmesinde ötrofikasyonun önemli rolü vardır. Özellikle tarımsal ve evsel kökenli atıkların karıştığı göllerde nitritli, fosfatlı, azotlu besleyici tuzların 0.3 mg/l’ten fazla olması ötrofikasyon hızlandırır ve 0.1 mg/l’ten fazla fosfor varlığı alglerin üremesine özellikle ilkbahar aylarında alglerin aşırı çoğalmalarına neden olur.

Ötrofikasyon oluşumundaki başlıca etkenler şu şekilde sıralanabilir; besin elementleri, güneş radyasyonu ve derinlikle değişimi, su sıcaklığı, fitoplanktonun yapısı, su ortamının geometrik özellikleri ile taşınım ve dispersiyon şeklinde sıralanabilir. Sonuçlar ise; hipolimnionda oksijensiz ortam, içme ve kullanma açısından uygun olmayan su kaynağı, su ortamında yaşayan canlıların sayısında azalma, istenmeyen türlerin çoğalması, koku problemi, rekreasyon için uygun olmayan ortam olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ortamlar ise, alglerin aşırı çoğalmasına sebep olur.

Aşırı çoğalma yapan algler arasında Cyanobacteria'lardan Microcystis, Oscillatoria, Aphanizomenon ve Anabaena ya ait türler dikkat çeker (Tanyolaç 2004). Sıcaklar arttıkça algler canlılıklarını kaybederek kütleler halinde dibe çökerler ve çürümeleri sonucu ortamda oksijen azalması ve H₂S oluşur. Göldeki bu oksijen azalması ve H₂S artması omurgalı ve omurgasız hayvanların ölümüne sebep olur. Olayların bu şekilde devam etmesi sonucunda göl dibi bakterilerin parçalayabileceğinden daha fazla maddeyle kaplanır ve oksijence fakirleşme hızla devam eder. Bakterilerin ayrıştırdığı organik maddelerden açığa çıkan mineral maddeler yeni canlı oluşmasında görev alırlar ve ötrofikasyona yardım ederler. Bu şekilde derinliği zamanla azalan oligotrof bir göl ötrof bir göle dönüşür. Ötrofikasyon devam ettikçe bu defa derinliği daha da azalan ötrof göl bataklığa, sonrasında ise bataklık çayıra dönüşerek kara haline geçer. (Şekil 2a-2b)



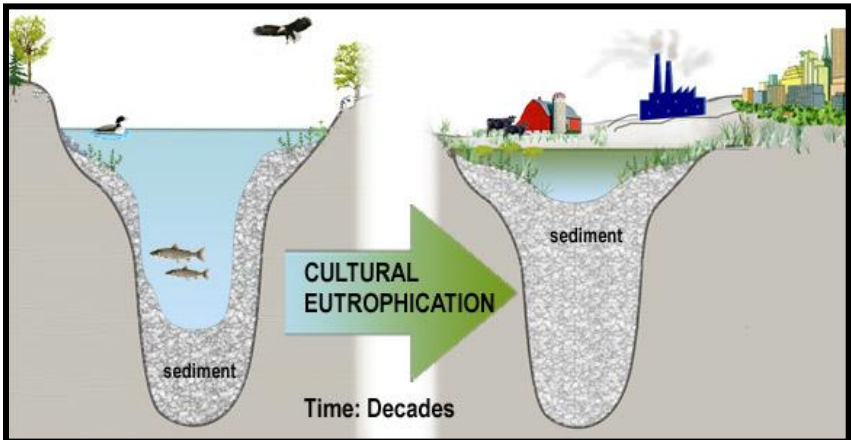
Şekil 2a: Göllerde Meydana Gelen Alg Çoğalmaları



Şekil 2b: Göllerin Zamanla Evrimleşmesi

1.2. Ötrofikasyonu Hızlandıran Etmenler

Ötrofikasyonu hızlandıran etmenler arasında iklimin kurak geçmesi, aşırı buharlaşma, göl suyunun bir kanalla sulamada kullanılması sayılabilir. (Şekil 3)



Şekil 3: On Yılda Meydana Gelen Değişimler

Bir su ortamının ötrofikasyon açısından ele alınması aşamasında en önemli adımlardan biri trofi seviyesinin doğru bir şekilde tespit edilmesidir. Göllerin trofi seviyelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan 3 temel parametre, Toplam fosfor, klorofil-a ve bulanıklıktır. Bunun dışında hipolimnetik oksijen ihtiyacı, alkalinite, sediment canlılarının oranlarının kullanıldığı diğer parametreler de mevcuttur.

Aşağıdaki tabloda, bir su ortamının trofi seviyesinin tespitinde kullanılabilecek sınıflandırma örneği verilmektedir.

Tablo 1: Göllerin beslenme durumları (Thoman ve diğerleri,1987)

Parametre	Oligotrofik	Mezotrofik	Ötrofik
Toplam fosfor ($\mu\text{g/l}$)	<10	10-20	>20
Klorofil-a ($\mu\text{g/l}$)	<4	4-10	>10
Bulanıklık NTU	<25	25-30	>30
Hipolimnetik oksijen (%)	>80	10-80	<10

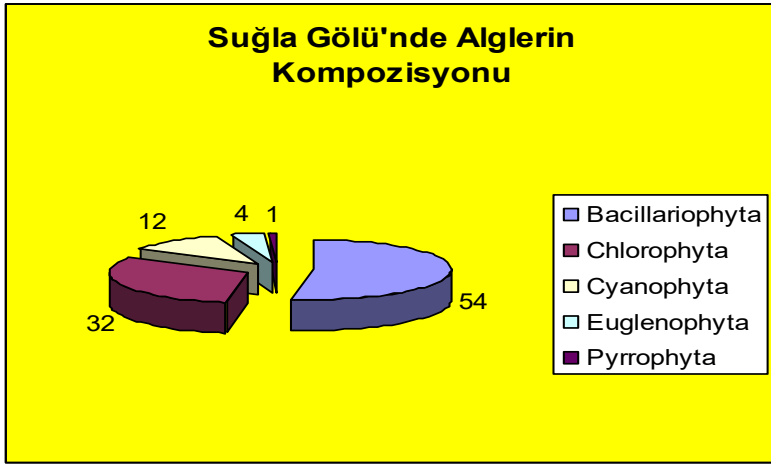
2. Bulgular

Çalışma alanını oluşturan Suğla Gölü 581 km²'lik bir yağış alanına sahiptir. Göl, kendi drenaj alanından gelen ve Beyşehir Gölü'nden bırakılan, kış aylarında Suğla Ovası'nda oluşan sulardan meydana gelmektedir. Ovanın güney yamaçlarında bulunan ve düden tabir edilen kaya çatlaklarından sızan sular ve buharlaşma vasıtasıyla yaz aylarında bazı yıllarda tamamen kurumaktadır. (3,4).

Araştırma alanını oluşturan Suğla Gölü, küçük bir göl olmasına rağmen zengin sayılabilecek bir mikrofloraya sahiptir. Bu çalışmada klorofil-a miktarı, bulanıklık, toplam azot, toplam fosfor ve çözünmüş oksijen gibi parametrelere de bakılmıştır.

2.1. Suğla Gölü'nde Bulunan Alglerin Kompozisyonu

Araştırma sahasında kıyı bölgesindeki algler üç ortamdan (epipelik, epifitik ve epilitik) alınarak incelenmiş ve üç ortama ait 102 tür tespit edilmiştir. Belirlenen türler daha çok epipelik formlardan oluşmuştur. Daha sonra epifitik formlar ve iki gruba göre epilitik algler daha az sayıda türle temsil edilmişlerdir. Her üç habitat içinde *Bacillariophyta* bölümü 54 türle dominant organizma grubunu oluştururken, *Chlorophyta* 32, *Cyanophyta* 12, *Euglenophyta* 4, *Pyrrophyta* 1 türle temsil edilmiştir. Bu çalışma sonucunda ötrofikasyonda etkili olan *Cyanophyta* üçüncü önemli tür olmuştur (Şekil 4).



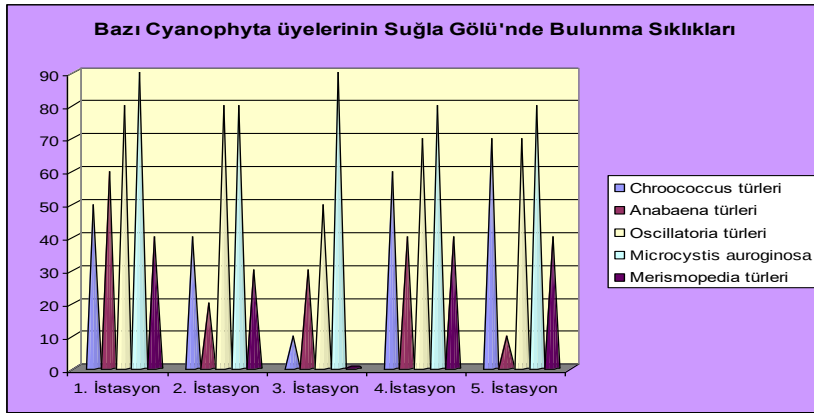
Şekil 4: Suğla Gölü'ndeki Alglerin Kompozisyonu

Microcystis aeuroginosa 2005 Eylül ayında aşırı çoğalma göstermiş ve o aydan itibaren devamlı mevcut olarak istasyonlarda tesbit edilmiştir. Buna bağlı olarak *Cyanophyta* üyeleri içerisinde en fazla tekerrür oranına sahip olan *Microcystis aeuroginosa*'dır. (Şekil 5)



Şekil 5: Alg patlaması

Bazı *Cyanophyta* üyelerinin bulunma sıklıkları Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 6: Suğla Gölü'nde Bulunan Bazı Cyanophyta Üyelerinin Bulunma Sıklıkları

Su kirlenmesi olaylarında çoğunlukla azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurudur. Azot, doğal dolanımı olan, değişik bileşikler oluşturan bir maddedir. Farklı oksidasyon seviyelerinde hemen tüm canlı hücrelerin yaşama ve üremeleri için gerekli bir besin maddesidir. Fosfor ile birlikte azot mikrobiyolojik büyümede besin olarak çok önemlidir. Azot su kaynaklarında istenmeyen alg kümelerine ötrofikasyona sebep olur. Bu yüzden bu çalışmada da bu iyonlar arasındaki bağlantıya bakılmıştır. (Tablo 2)

Parametre	İSTASYONLAR					
	Aylar	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon
Bulanıklık, NTU	Eylül 05	100,6	46,5	52,9	9	161
	Ekim 05	37	12	30	13	32
	Kasım 05	24,5	10	16,5	10	12,3
	Mart 06	73,5	34,8	16,8	14,5	15,2
	Nisan 06	73,5	34,8	16,8	14,5	15
	Mayıs 06	12,9	44,2	19,4	34,5	22,3
Top. Fosfor, mg/L	Eylül 05	0,21	0,05	-	0,02	0,02
	Ekim 05	0,62	0,39	0,41	0,44	0,44
	Kasım 05	0,19	0,21	0,07	0,06	0,07
	Mart 06	0,21	0,11	0,07	0,07	0,08
	Nisan 06	0,21	0,11	0,07	0,07	0,08
	Mayıs 06	0,03	0,05	0,07	0,04	0,04
Nitrat, mg/L	Eylül 05	0,08	0,09	0,09	0,02	0,13
	Ekim 05	0,14	0,07	0,11	0,07	0,12
	Kasım 05	0,22	0,08	0,11	0,1	0,12
	Mart 06	0,47	0,13	0,1	0,06	0,07
	Nisan 06	0,47	0,13	0,1	0,06	0,07
	Mayıs 06	0,08	0,1	0,04	0,09	0,07
Klorofil-a, µg/m ³	Eylül 05	203,7	43,9	18,7	9,4	252,3
	Ekim 05	192,5	76,6	54,2	29,9	129
	Kasım 05	7,48	3,74	22,4	15	18,7
	Mart 06	12,7	35,9	42,6	29,2	28,4
	Nisan 06	12,7	35,9	42,6	29,2	28,4
	Mayıs 06	44,9	426,1	127,1	676,6	695,3

Tablo 2: Suğla Gölünün Çeşitli Parametre Değerleri

Bu inceleme sonucunda Nitrat 0,3 mg/l yi bahar aylarında geçmiştir. Toplam fosfor miktarı istasyonlarda farklı farklı ölçülmüş isede genel ortalama olarak yine bahar ayların da 0,1 mg/l oranını geçmiştir. Bu da alglerin özellikle Cyanobacterilerin gelişmesine ortam hazırlamıştır.

Gölün yapısı incelendiği zaman azot ve fosforun evsel artıklar ya da endüstriyel artıklardan kaynaklanmadığı, ancak göl çevresindeki yoğun tarımsal faaliyetler ve su hareketlerindeki azalmalardan kaynaklandığı sanılmaktadır. Özellikle bahar aylarında gözlenen besin elementlerinin artışı bu tarım arazilerinde kullanılan suni gübrelerin yağışlarla ve sulama kanallarındaki sızıntılarla göle taşındığı, bunun sonucunda da gölde ötrofikasyona sebep olduğu görülmüştür.

Klorofil *a* (Chl *a*) miktarı birincil üretimi ve ötrofikasyon seviyelerini göstermesinden dolayı önemli su kalitesi parametrelerinden birisidir. Barajlarda klorofil *a* konsantrasyonlarının tesbiti ve değerlendirilmesi trofi düzeyi ve su kalitesinin belirlenmesinde çok önemli bir parametredir. Suğla gölünde yapılan ölçüm sonuçlarına bakıldığında bulunan değerler ötrofikasyon düzeyi olan 10 µg/l nin üzerinde ölçülmüştür. Bu çalışmada yapılan çeşitli parametrelerin ortalama ölçüm değerleri ve Cyanobacteria türlerinin de zaman zaman baskın olması göz önüne alındığında Suğla Gölünün ötrofik karakterde bir göl olduğu tartışmasızdır.

3. Öneriler

Ötrofikasyon olayını geciktirmek ya da ötrofikasyonun başladığı bölgeleri kurtarmak için bir takım önlemler alınmalıdır. Bu önlemler şu şekilde sıralanabilir.

Su kalitesi ile ilgili parametrelerin içerisinde azot, fosfor, klorofil-*a* ve oksijen tüketimi gibi ötrofikasyonla ilgili parametrelere de yer verilmelidir. Sınır aşan sularla ilgili olarak, ülkeler, su kaynağının kullanım amacı konusunda anlaşmalı ve besin maddesi yükünün azaltılması konusunda ortak hareket etmelidirler.

Evsel atık sularda bulunan fosfat bileşiklerinin azaltılmasına yönelik olarak deterjanlarda bulunan fosfatın yerine kullanılacak kimyasallar konusunda üreticiler desteklenmeli ve bu yeni kimyasalların çevredeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla izleme programları yapılmalıdır.

Evsel atıksu arıtma tesislerinin maksimum besi maddesi deşarj limitleri kapasiteleri göz önünde bulundurulmalı, büyük kapasiteli arıtma tesislerinin deşarj limitleri daha düşük düzeyde tutulmalıdır. Endüstrilerin deşarj standartları ise en son teknoloji ile elde edilebilen değerler göz önünde bulundurularak belirlenmelidir.

Entegre gübre kullanım yönetimi, tarım alanlarının erozyona karşı korunması, daha az yoğun gübre ve tarımsal ilaç kullanımı gibi konularda çalışmalar yapılarak, özellikle su kaynaklarının kenarlarında tarım faaliyetlerini yürüten çiftçilerle anlaşmalar yapılmalı ve bu konularla ilgili

bilgilendirme kampanyaları düzenlenmelidir.

Göl ve rezervuarlara gelen yan derelerden kaynaklanan besi maddesi yüklerinin tespit edilmesi için ek önlemler alınmalıdır.

Besi maddelerinin hava, toprak ve su ortamlarında taşınımıyla ilgili çalışmalar yürütülerek bu konuda ve fosfor yükünün değişmesine karşılık gölün vereceği tepkinin modellenmesi yapılmalıdır. Sedimentten kaynaklanan içsel besi maddesi kaynaklarının etkileri de bu çalışmalarda göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm bu çalışmaların yürütülebilmesi için halkın bu konudaki bilinci artırılmalı karar verme süreçlerinde katkıda bulunmaları sağlanmalıdır.

4. Referanslar

1. Muslu, Y., “Göl ve Haznelerde su Kalitesi Yönetimi”, İSKİ, 2001.
2. Hutchinson, G.E. 1969. Eutrofication, Past and Present. In “Eutrofication: Causes, Consequences “National Academy of Sciences., Washington D.C.
3. Tanyolaç, J., 2000. L,imnoloji. Hatipoğlu yayınları. ISBN 975-7527-46-7, Ankara.
4. Chiaudani, G., Marchetti, R., Vighi, M. 1980. Eutrofication in Emilia-Romagna coastal waters (North Adritic Sea, Italy): a case study., Prog. Wat. Te
5. <http://www.ttkder.org.tr>
6. <http://www.sulakalan.org>.
7. <http://www.konya.gov.tr/konya/cografi.htm>
8. <http://www.su-dunyasi.com.tr/ekim2004-15/konya.htm>

Scientific Developments for Natural and Engineering Sciences



CHAPTER 18

***In vitro* Antimicrobial Effects of Various Extracts of
Pharmaceutical Red algae *Ellisolandia elongata* (J.Ellis &
Solander) (Hatice Banu Keskinkaya, Erdoğan Güneş, Emine
Şükran Okudan, Cengiz Akköz)**

***In vitro* Antimicrobial Effects of Various Extracts of Pharmaceutical Red algae *Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander)**

**Hatice Banu Keskinkaya¹, Erdoğan Güneş¹, Emine Şükran Okudan²,
Cengiz Akköz¹**

¹Selcuk University, Faculty of Science, Department of Biology
E-mail:banu.keskinkaya@selcuk.edu.tr

² Akdeniz University Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences

1. Introduction

Many new compounds have been isolated from marine organisms over the past 50 years, and many of these substances have been shown to have different biological activities. Primary and secondary metabolites produced by marine organisms, especially algae, constitute the major area of interest of the pharmaceutical industry today. Screening extracts isolated from different natural sources is an important way to find new biological active metabolites (Al-Haj et al., 2009).

The most important features of macroalgae are that they are inexpensive, easy to obtain, can be used raw, and have therapeutic and pharmacological potential and molecular target properties in terms of biological activity (Arthaud et al., 2012; El-Gendy et al., 2008). The antimicrobial activity of macroalgae is due to terpenes, chlorophyll derivatives, phenolic substances, acrylic acid, sulfur-containing heterocyclic components and halogenated aliphatic components. And also antimicrobial activity is stated to be caused by some amino acids, fluorotannins, steroids, halogenated ketones and alkanes, cyclic polysulfides and fatty acids (Keskinkaya et al., 2020).

The aim of the present study was to determine antimicrobial activity of different extracts of *E. intestinalis* against pathogenic microorganisms. In our study, methanol, 70% ethanol and water extracts of *Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander) (Rhodophyta) macroalgae were prepared; According to the Broth Microdilution Method; *Escherichia coli* ATTC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATTC 70603, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300, *Salmonella enteritidis* ATTC 13076, *Sarcina lutea* ATTC 9341, *Bacillus cereus* ATTC 9341, *Bacillus cereus* ATTC 11778 antibacterial strains were investigated.

2. Material and Methods

2.1. Algal Sample Collection

Samples of *E. elongata* macroalgae was collected from a sampling as deep as 0-1 m, station in Yat limanı, Antalya (Figure 1). The position of Yat limanı is centered on, 36°13'42.30"N -29°56'23.31"E. 36°53'3.95"N 30°42'5.25"E.



Figure 1: *Ellisolandia elongata*(J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders 2013)

The systematic classification of the *E.elongata* type used in our study is as follows in Table 1 (AlgaeBase).

Table 1: The systematic classification of *E.elongata* (AlgaeBase).

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Biliphyta
Phylum	Rhodophyta
Subphylum	Eurhodophytina
Class	Florideophyceae
Subclass	Corallinophycidae
Order	Corallinales
Family	Corallinaceae
Subfamily	Corallinoideae
Genus	Ellisolandia
Species	<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders 2013) (AlgaeBase)

E.elongata , whose geographical information has been given above, was washed with the ambient waters in order to remove foreign substances first and brought to the laboratory environment in sterile polyethylene bags. Washed with distilled water in the hydrobiology laboratory to remove epiphytic creatures and necrotic particles on the samples.

In order to accelerate the drying process of the macroalgae which drained the water and after this process, the algae were placed in an oven set at 40°C to prevent the phytochemical compounds from being damaged, and pre-drying was carried out by keeping it for 17 hours. Algae that were properly dried and ground with the help of hand homogenizer were kept airtight at room temperature until extraction.

2.2. Preparation of Algae Extracts

Algae collected from the field were cleaned and dried in the shade. Soxhlet extraction method (Thermal) was applied after grinding with the help of a mechanical grinder to obtain extracts of shade-dried algae samples.

Powdered samples (20 g) were extracted for 6 hours at 65 ° C in a soxhlet extraction method using 180 mL of methanol solvent. After the extraction phase was obtained, after drying the samples, extraction was carried out with other solvents (70% ethanol (at 75 °C) and water). The extracts obtained were filtered through Whatman No: 1 filter paper and then evaporated (until 1-2 mL thick) at 40 °C under reduced pressure and stored in vials at -20 ° C until analysis. (Kaufman et al., 1995).

2.3. Preparation of Broth

To determine the antimicrobial activities of the extracts, some modifications were applied and the broth microdilution method reported by Abbasoğlu et al.(1995) was used (Abbasoğlu et al. 1995). Mueller-Hinton broth was used in this method. In addition, Brain Heart Infusion Broth broth was prepared to prepare fresh cultures of the test microorganisms overnight. After the Brain Heart Infusion Broth (BHIB) medium was homogeneously dissolved in distilled water with 37 g / L, it was distributed to 10-mL tubes with screw cap and sterilized in an autoclave at 121 ° C for 15 minutes. After the Mueller Hinton Broth medium (21 g / L) was dissolved in distilled water, it was dispensed into test tubes at 10 mL and sterilized in an autoclave at 121 ° C for 15 minutes.

2.4. Test microorganisms

The strains of three gram positive bacteria (*Staphylococcus aureus* ATCC 43300, *Bacillus cereus* ATTC 11778, *Sarcina lutea* ATTC 9341) and four gram negative bacteria (*Escherichia coli* ATTC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853, *Klebsiella pneumoniae* ATTC 70603, *Salmonella enteritidis* ATTC 13076) and also one strain of fungus (*Candida albicans*)

were obtained from the culture collection of the Department of Biology Microbiology Laboratory of Selcuk University, Konya, Turkey, and were maintained on Brain Heart Infusion (BHI) agar medium at 4 °C until testing.

2.5. Antimicrobial testing

Minimum inhibitor concentration (MIC) tests were performed in accordance with the M27-A8 CLSI (Clinical Laboratory Standards Institute) criteria for bacteria (CLSI). Antimicrobial activity was evaluated using Broth Microdilution method. Briefly, the stock solution of the extract was obtained using solvent (Grierson and Afolayan, 1999) or DMSO (Salie et al. 1996; Nostro et al. 2000; Baris et al. 2006; Mendoza 1998). The inoculum volume for this procedure is usually 5×10^5 cfu / mL (Lourens et al. 2004; Basri and Fan 2005).

Microbial culture with 0.4 optical density at 620 nm or 12 hour broth culture set with 0.5 McFarland turbidity standard was used (Baris et al. 2006). 100 μ L of the plates were added to the first wells of the extracts diluted with microbial culture and DMSO at concentrations of 25 mg/mL and incubated at 37 °C for 24 hours (Lourens et al. 2004).

After incubation, plates were examined for changes in turbidity as an indicator of growth. The first well that appeared clear was considered the MIC of the extract. Dilutions of the extracts according to Log₂ base (12.5 mg/ mL - 12.2 μ g/mL) were prepared. No extract or culture was placed in the last well of the plate for media control. Algae extracts were diluted between concentrations of 6.25 mg / mL and 6.1 μ g/mL. In parallel with this study, negative control (DMSO) and control antibiotic gentamicin were prepared in different plates. Reconstitution of gentamicin from 0.1 mg/ mL concentration was made with serial dilution at concentrations of 0.025 mg/mL-0.02 μ g / mL. After 18 hours incubation at 37 °C, 20 μ L of aqueous (aqueous) TTC (0.5%) was added to the wells and incubated for another 30 minutes at 37 °C. At the end of the incubation period, the growth in the plates was checked, and the lowest extract concentration in which there was no visible growth (uncolored areas) and hence inhibition of growth was evaluated as MIC.

3. Results and Discussion

In the Broth microdilution method, which is applied to examine antimicrobial activity, the amount of test substance interacting with the microorganism is precisely determined, and it is possible to obtain regularly decreasing concentrations by diluting the test substance from the prepared stock solution, thus determining the minimal inhibitory concentration. Antimicrobial activity results of *Ellisolandia elongata* extracts and gentamycin (positive control) and DMSO (negative control) obtained by broth microdilution method are given in Table 2 and Table 3.

Table 2. Antimicrobial effect of *E. elongata* ethanol, methanol and water extracts

Test Microorganism	MIC (mg/ml)		
	<i>E.elongata</i> Water	<i>E.elongata</i> MeOH	<i>E.elongata</i> EtOH
A2	NA	NA	NA
A8	NA	1.562 mg/ml	1.562 mg/ml
A10	NA	NA	NA
A11	NA	3.125 mg/ml	NA
A12	NA	NA	NA
A14	NA	1.562 mg/ml	1.562 mg/ml
A55	NA	1.562 mg/ml	NA
A17	NA	< 0.006 mg/ml	< 0.006 mg/ml

A2: *Escherichia coli* ATCC 25922

A8: *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853

A10: *Klebsiella pneumoniae* ATCC 70603

A11: *Staphylococcus aureus* ATTC 43300

A12: *Salmonella enteritidis* ATTC 13076

A14: *Sarcina lutea* ATTC 9341

A55: *Bacillus cereus* ATTC 11778

A17: *Candida albicans*

NA: Not active.

Table 3. MIC of gentamisin (0.1mg/mL) and DMSO(%100)

Test Microorganism	Gentamycin (0.1 mg/ml)	DMSO (%100)
A2	< 0.02 mg/ml	%12.5
A8	<0.02 mg/ml	%12.5
A10	0.78 mg/ml	%12.5
A11	<0.02 mg/ml	%25
A12	0.04 mg/ml	%12.5
A14	<0.02 mg/ml	%12.5
A55	<0.02 mg/ml	%12.5
A17	<0.02 mg/ml	%12.5

According to the findings obtained, it was determined that the water extract of *Ellisolandia elongata* did not show antimicrobial activity against any test organism. On the other hand, methanol extract; it has been found to be effective in antimicrobial activity against *Pseudomonas aeruginosa* (ATTC 27853), *Staphylococcus aureus* (ATTC 43300), *Sarcina lutea* (ATTC 9341) and *Bacillus cereus* ATTC 11778 bacterial strains and *Candida albicans* fungus strain.

Ethanol extract of *Ellisolandia elongata*; it has been observed to be effective against *Pseudomonas aeruginosa* (ATTC 27853) and *Sarcina lutea* (ATTC 9341), as well as against *Candida albicans* fungus strains.

It has been observed that methanol and ethanol extracts show antimicrobial effects against only the *Pseudomonas aeruginosa* (ATTC 27853) strain among gram negative bacteria. Based on this, it can be said that the methanol extract of *Ellisolandia elongata* is more effective against gram positive bacterial strains.

Numerous studies on the antibacterial properties of macroalgae have been reported for Phaeophyceae, Rhodophyceae and Chlorophyceae (Padmini Sreenivasa Rao, 1991; Venugopal, 2009).

Karabay-Yavaşoğlu et al. (2007) used methanol, dichloromethane, hexane, chloroform as solvents in their study with *Jania rubens* and evaluated the antibacterial activity against 8 different gram (+) and gram (-) bacteria. They found that methanol and chloroform extracts showed more antibacterial activity than hexane and dichloromethane extracts.

In other studies, it has been shown that methanol extract is more effective than hexane and dichloromethane extracts (Ballesteros et al., 1992; Soliman et al., 1994).

Erturk and Taş (2011) Turkey Voda collected from the shore Clorophyceae to (*Cladophora glomerata*, *Enteromorpha linza*, *Ulva rigida*), Phaeophyceae (*Cystoseira barbata*, *Padina Pavonica*) and Rhodophyceae (*Corallina officinalis*, *Ceramium ciliatum*) belonging to the family of seven marine algae ethanol extracts of the obtained species in their study. Antibacterial and antifungal activities against six bacteria and two fungi in vitro conditions were evaluated by paper disc diffusion method. As a result of the analysis of sea algae, *Cladophora glomerata* and *Padina pavonica* species were found to have the highest activity against the tested organisms. In addition, a high degree of antimicrobial activity was observed against the extracts of all algae species *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* and *Aspergillus niger* species. The minimal inhibition concentration (MIC) of dry extracts obtained from *Enteromorpha linza* and *Padina pavonica* were found in the range of 2.5-10 mg / ml and 1.25-10 mg / ml, respectively (Ertürk and Taş, 2011).

There are different and similar points between the results obtained in our study and the literature. These variations could be related to the different solubility actions of secondary metabolites that could be affected by geographical and seasonal distribution of the species.

4. Conclusion

As a result, it has been determined that the extracts obtained by using different solvents belonging to the algae species used in our study have different degrees of antibacterial effects against the tested bacteria, and it will be appropriate to optimize the production conditions, characterize the active ingredient and enlighten its mechanism of action with further studies. It is hoped that a more efficient and effective application of natural products by developing various biological screening techniques to facilitate drug discovery from natural products will accelerate the drug discovery process.

5. References

- Abbasoğlu U, Tosun F, Aydınoglu A (1995) Antimicrobial activity of *Gonocytisus angulus* (L.) Spach. FABAD, Journal of Pharmaceutical Sciences, 20:125-127.

- Akköz C, Arslan D, Ünver A, Özcan, MM, Yılmaz B (2011) Chemical Composition, Total Phenolic And Mineral contents Of *Enteromorpha Intestinalis* (L.) Kütz. And *Cladophora Glomerata* (L.) Kütz. Seaweeds. Journal of Food Biochemistry, 35:513-523
- Al- Haj N. A., Mashan N. I., Shamudin M. N., Antibacterial activity in marine algae *Eucheuma denticulatum* against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. Research Journal of Biological Sciences, 4(4): 519-524, 2009.
- Arthaud, I.D.B., Rodrigues, F.A.R., Jimenez, P.C., Montenegro, R.C., Angelim, A.L., Maciel, V.M.M., Silveira, E.R., Freitas, H.P.S., Sousa, T.S., Pessoa, O.D.L., Lotufo, T.M.C., Costa-Lotufo, L.V., 2012. Studies on the Secondary Metabolites of a *Pseudoalteromonas* sp. Isolated from Sediments Collected at the Northeastern Coast of Brazil, Chemistry & Biodiversity, 9: 418–427. doi: 10.1002/cbdv.201100092.
- Baris O, Gulluce M, Sahin F, Ozer H, Kilic H, Ozkan H, Sokmen M, Ozbek T (2006) Biological activities of the essential oil and methanol extract of *Achillea biebersteinii* Afan (Asteraceae). Turk J Biol 30:65-73
- Buruk CK (2002) Doğu karadeniz bölgesi'nde yetişen bazı endemik bitkilerin antimikrobiyal etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- El-Gendy, M.M.A., Hawas, U.W., Jaspars, M., 2008. Novel Bioactive Metabolites from a Marine Derived Bacterium *Nocardia* sp. ALAA 2000, The Journal of Antibiotics, 61: 379–386p. doi: 10.1038/ja.2008.53.
- Ertürk,Ö., Taş,B., 2011. Antibacterial and Antifungal Effects of Some Marine Algae, Kafkas Univ Vet Fak Dergisi, 17 (Suppl A): S121-S124.
- Grierson DS, Afolayan AJ (1999) Antibacterial activity of some indigenous plants used for the treatment of wounds in the Eastern Cape, South Africa J Ethnopharmacol 66:103-106.
- Gupta S, Cox S, Rajauria G, Jaiswal AK, Abu-Ghannam N (2012) Growth inhibition of common food spoilage and pathogenic microorganisms in the presence of brown seaweed extracts. Food Bioproc Tech 5(5):1907-1916.
- Karabay-Yavaşoğlu, N.U, Sukatar,A., Özdemir, G., Horzum Z., 2007. Antimicrobial Activity of Volatile Components and Various Extracts of the Red Alga *Jania rubens*, Phytother. Res. 21, 153–156.

- Kaufman PB, Wu W, Kim D, Cseke LJ (1995) Handbook of molecular and cellular methods in biology and medicine, CRC Press Inc., Corporate Blvd NW, Boca Raton, Florida, vol 33 pp 431-438.
- Keskinkaya, H , Akköz, C , Güneş, E , Abbas Fadhıl, M , Okudan, E , Karakurt, S . (2020). Determination of antimicrobial activity of different extracts of *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus Nees.1820) against pathogenic microorganisms . Bulletin of Biotechnology , 1 (1) , 13-18.
- Lourens ACU, Reddy D, Baser KHC, Viljoen AM, Van Vuuren SF (2004). In vitro biological activity and essential oil composition of four indigenous South African *Helichrysum* species. J Ethnopharmacol 9:253-258
- Mendoza MT (1998) What's new in antimicrobial susceptibility testing? Philipp. J Microbiol Infect Dis 27(3):113-115
- Mansuya P, Aruna P, Sridhar S, Kumar JS, Babu S (2010) Antibacterial activity and qualitative phytochemical analysis of selected seaweeds from Gulf of Mannar region. J Exp Sci 1(8):23-26
- Mohammed Fs, Daştan T, Sevindik M, Selamoglu Z (2019) Antioxidant, Antimicrobial Activity And Therapeutic Profile Of *Satureja Hortensis* From Erzincan Province. Cumhuriyet Tıp Derg 41(3): 558-562 .
- Nostro A, Germano MP, D'Angelo V, Marino A, Cannatelli MA (2000) Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. Lett Microbiol 30(1):379-384
- Padmini Sreenivasarao, P. (1991). Biological investigation of Indian marine algae and screening of some green, red and brown sea weeds for their antimicrobial activity. Seaweed Research Utilization, 14 (1):37-43.
- Rauha J, Remes S, Heinonen M, Hopia A, Kahkönen M, Kujala T, Pihlaja K, Vuorela H, Vuorela P (2000) Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. Intern J Food Microbiol 56:3-12.
- Salie F, Eagles PFK, Lens HMJ (1996) Preliminary antimicrobial screening of four South African *Asteraceae* species. J Ethnopharmacol 52(1):27-33.
- Sevindik M (2018) Investigation of Oxidant and Antioxidant Status of Edible Mushroom *Clavariadelphus truncatus*. Mantar Derg 9(2): 165-168.

- Sevindik M (2020) Antioxidant and antimicrobial capacity of *Lactifluus rugatus* and its antiproliferative activity on A549 cells. Indian J Tradit Know 19(2): 423-427.
- Varier KM, Milton, MCJ., Arulvasu, C, Gajendran B (2013) Evaluation of antibacterial properties of selected red seaweeds from Rameshwaram, Tamil Nadu, India. Journal of Academia and Industrial Research 1(11):667-670.
- Venugopal, V., 2009. Marine Products for Healthcare CRC Pres Taylor & Francis Group. Printed in the United States of America on acid-free paper.527p.USA.
- Yoldaş MA, Katırcıoğlu H, Beyatlı Y (2003) Bazı Mavi-Yeşil Alglerin (Cyanophyta- Cyanobacteria) Poli- β -hidroksibütirat (PHB) Üretimi ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin İncelenmesi. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 20:467-471
- Zbakh H, Chiheb H, Bouziane H, Sánchez Vm, Riadi H (2012) Antibacterial Activity Of Benthic Marine Algae Extracts From The Mediterranean Coast Of Morocco. J Microbiol Biotechnol Food Sci 2(1):219-228.



İletişim ve Çalışma Gönderim e-mail adresi:
insackongre@gmail.com

