

**TARIM, ORMAN VE
SU BİLİMLERİNDE
YENİ KAVRAMLAR VE
İLERİ ÇALIŞMALAR**



*TARIM, ORMAN VE SU
BİLİMLERİNDE YENİ
KAVRAMLAR VE İLERİ
ÇALIŞMALAR*

Editör

Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN





Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Yeni Kavramlar ve İleri Çalışmalar
Editör: Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

Dizayn: All Sciences Academy Design

Basım Tarihi: Ekim 2025

Yayıncı Sertifika Numarası: 72273

ISBN: 978-625-5794-46-8

© All Sciences Academy

www.allsciencesacademy.com

allsciencesacademy@gmail.com

İÇERİK

1. Bölüm	5
Biyogaz Teknolojisi: Üretim Sistemleri ve Uygulama Alanları <i>Cevat FİLİKCİ, Tamer MARAKOĞLU</i>	
2. Bölüm	39
Ruminantlarda Verimliliği Artırıcı Ve Anti Stres Etkili Yem Katkı Maddeleri <i>Esra KAYA</i>	
3. Bölüm	53
Hayvan Refahı Ve Beslenme Arasındaki İlişki <i>Esra KAYA</i>	
4. Bölüm	65
Fonksiyonel Besin Olarak Süper Bir Gıda Kaynağı: Yosunlar <i>Pınar OĞUZHAN YILDIZ</i>	
5. Bölüm	81
Ekolojik, Sosyo-Ekonomik ve Yasal Boyutlarıyla Tarımda Anız Yakma <i>Yusuf DİLAY, Adem ÖZKAN</i>	
6. Bölüm	92
Yarı Kurak Sahalarda Otlatma ve Mera Yönetimi: 2014-2024 Dönemine Ait Bibliyometrik Bir İnceleme <i>Ahmet Alper BABALIK</i>	
7. Bölüm	106
Bitki Zararlılarıyla Mücadelede Nanobiyopestisitlerin Önemi <i>Asiye UZUN YİĞİT, Mustafa GÜLBeyaz</i>	
8. Bölüm	122
Küresel İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri <i>Aytekin EKİNCİALP</i>	

9. Bölüm	135
Tarımda Sürdürülebilirlik ve Karbon Ayak İzinin Azaltılması: Bilimsel Temeller, Uygulamalar ve Politika Önerileri	
<i>Aytekin EKİNCİALP</i>	
10. Bölüm	150
Denizcilikte Kullanılan Elektrik Kabloları	
<i>İbrahim Tamer EMECAN, Birkan DURAK</i>	
11. Bölüm	162
Ağır Metal Kirliliğinde Biyolojik Temelli Giderim Teknikleri	
<i>Fatma Nur KILIÇ, Osman SÖNMEZ</i>	
12. Bölüm	177
Pandemi Sonrası Tüketicilerin Takviye Edici Gıdalara İlişkin Tutum ve Davranışları: Bursa İli Örneği	
<i>Neslihan TUNALI, İsmail YILMAZ</i>	
13. Bölüm	206
Taşınmaz Değerleme Sisteminin Kullanımı, Avantajları ve Dezavantajları	
<i>Gönül AVCI, Emine YILMAZ, Gülen ÖZDEMİR</i>	

Biyogaz Teknolojisi: Üretim Sistemleri ve Uygulama Alanları

Cevat FİLİKCİ^{1*}
Tamer MARAKOĞLU²

1-Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 40700, Kırşehir, Türkiye. E-mail.: cevat.filikci@ahievran.edu.tr.

2-Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü , 42130, Konya, Türkiye. E-mail: marakoglu@selcuk.edu.tr.

*Corresponding Author: Cevat FİLİKCİ, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 40700, Kırşehir, Türkiye.

Telefon: +905557542873 E-posta: cevat.filikci@ahievran.edu.tr

Cevat FİLİKCİ ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4169-8412>

Tamer MARAKOĞLU_ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2824-116X>

GİRİŞ

Ülkemiz ve bir bütün olarak dünya, teknolojik gelişmeler nedeniyle artan enerji ihtiyaçları yaşıyor. Son yıllarda bu artış sonucunda insanlık, farklı enerji sistemlerine yönelmektedir. Tükenebilir enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz, kömür vb.) talebi karşılayamayacak hale gelmesi ve çevreye zarar vermesi bu değişimi teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ve sürekli kullanılabilen enerji elde etme yöntemlerine yönelim gözlemlenmektedir.

Gelişmiş ülkeler, enerji çeşitliliğini artırmayı hedeflemekte, yaygınlaştırmakta ve belirli enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmaya çalışarak alternatif enerji çözümleri arayışına devam etmektedirler. Biyoyakıtlar, hızlı bir şekilde yayılan yeni alternatif kaynakların başında yer almaktadır (Eser ve ark. , 2007).

Tarım atıkları ve hayvan atıkları açısından büyük bir potansiyele sahip olmamıza rağmen, mevcut atıkların yeterince değerlendirilememesi söz konusudur. Atıklar ya doğrudan yakılarak bertaraf edilmekte ya da çevreye yayılarak kaybolmaktadır. Bir kısmı ise uzun bir süre açık alanlarda tutulduktan sonra tarım arazilerinde gübre olarak kullanılmaktadır. Hayvan atıkları yeterince kontrol edilmediği için, kontrolsüz bir şekilde ekim alanlarına, meralara, açık alanlara ve derelere boşaltılmakta, bu da toprakta biyolojik yapı hasarına yol açmaktadır. Yaz mevsiminde ortaya çıkan kötü koku ve sivrisinek yoğunluğu, insan sağlığını ve çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir (Avcıoğlu, 2011).Organik atıkların, evsel ve hayvansal atıkların varlığının çok olması ve bunların bertaraf edilmesi zorunluluğu nedeniyle, birçok ülke bu atıkların değerlendirilmesi noktasında yasal zorunluluklar ortaya koymuştur. Ülkemizde bununla ilgili birçok kanun, yönetmelik, yönerge, tüzük, kanun hükmünde kararname uluslararası anlaşma söz konusudur (Yaldız, 2004).

Ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren katı atıkların kontrol altına alınması ile ilgili yönetmelikte konu ile ilgili bazı yöntemler ve kriterler sınırlandırılarak ortaya konmuştur. Söz konusu olan bu yöntemlerden birisi ise; kompostlaştırma yöntemi organik atıkların aerob mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması işlemidir. Bu işlem sonucunda metan gazı yani biyogaz elde edilmektedir (Yaldız, 2004).

1. Dünya’da Biyogaz

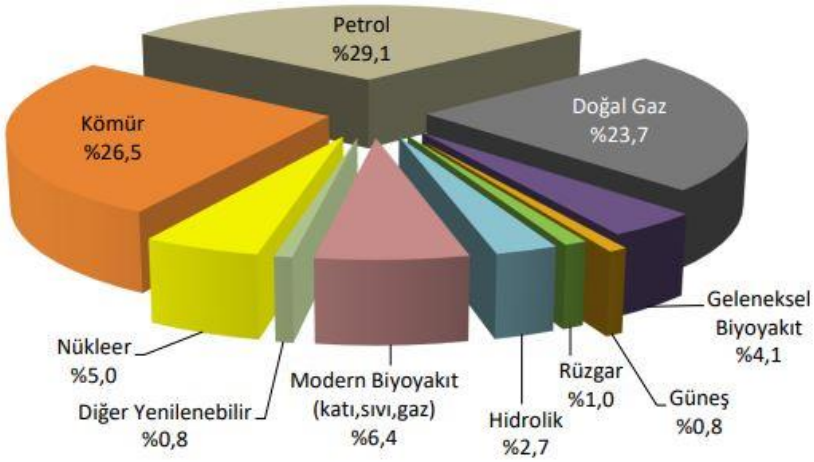
Dünya çapında alternatif enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarları ve oranları gösterilmekte olup, 2010 ile 2035 yılları arasında 2,7 kat büyüme ve Dünya çapında biyoyakıt kullanımının 2035 yılında günlük 4,5 milyon varil petrol eşdeğerine ulaşması ön görülmektedir (Tablo 1). Alternatif

enerji kaynaklarıyla ısı üretimindeki artışın 2035 yılında 60 MTEP olacağı varsayılmıştır (Ellabban ve ark., 2014).

Tablo 1. Dünya'da yenilenebilir enerji tüketimi (Anonim, 2021)

Göstergeler	2035	2020	2010
Elektrik Üretimi (TWh)	11342	6999	4206
Biyoenerji (TWh)	1487	696	331
Hidrolik (TWh)	5677	4513	3431
Rüzgâr (TWh)	2681	1272	342
Jeotermal (TWh)	315	131	68
Güneş (TWh)	1124	382	34
Dalga (TWh)	57	5	1
Elektrikte Toplam Pay (%)	31	25	20
Isı Talebi (MTEP)	604	447	337
Endüstri (MTEP)	324	263	207
Bina ve Tarım (MTEP)	280	184	131
Isıda Toplam Pay (%)	14	12	10
Biyoyakıt (MTEP/gün)	4.5	2.4	1.3
Ulaşım (MTEP/gün)	4.4	2.4	1.3
Havacılık (MTEP/gün)	0.1	-	-
Biyoyakıtta Toplam Pay (%)	6	4	2

Dünya Enerji Görünümü, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2021 raporuna göre(Şekil 1.) , petrolü 155.8 EJ ve yüzde 26.5 oranında kömür, 139.1 EJ ve yüzde 23.7 oranında doğal gaz izlemektedir. 2010'da 544,3 EJ olan dünya birincil enerji arzı 2019'da 612,19 EJ olarak gerçekleşti. 2020'de yaşanan salgın hastalıklarla birlikte dünya ölçeğinde ekonomik faaliyetler azaldı ve bu azalmaya paralel olarak birincil enerji arzı da 2019 yılına göre azalarak 588.1 EJ olarak belirlendi. Yenilenebilir kaynaklar 68.3 EJ ile birincil enerji tedarikinde yüzde 11.6'sını sağlayabilmiştir.

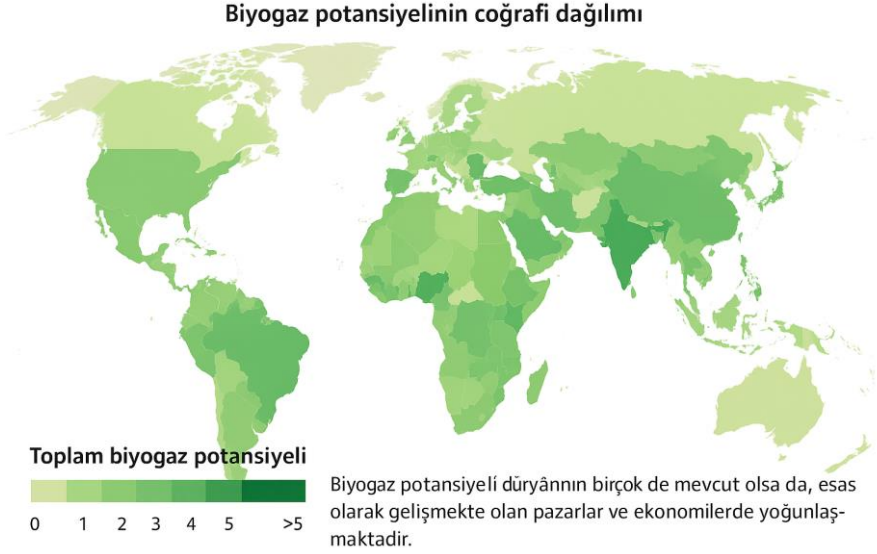


Şekil 1. Dünya birincil enerji arzının kaynakları (Anonim, 2021)

Dünya genelinde biyogazın biyoenerji sektöründeki oranı yalnızca yaklaşık %2'dir. 2019 yılında dünya genelinde 1. 43 EJ eşdeğerinde enerjiye sahip olan 62. 3 milyar m3 biyogaz üretildi ve sektör, 2000-2019 döneminde yıllık %9 oranında bir büyüme kaydetti. Avrupa, biyogaz üretimi konusunda hala küresel anlamda öndedir. Avrupa'da 2019 yılında 30. 6 milyar m3 biyogaz üretilmiş olup bu, 16 milyon 719 bin 212 TEP enerji eşdeğeri sağlamaktadır. Bu üretim, dünya genelindeki biyogazın yarısından fazlasını kapsamaktadır. %32'lik oranıyla Asya kıtası, biyogaz üretiminde ikinci sırada yer almaktadır. Biyogaz üretimi sadece enerji olduğu için değil, aynı zamanda çevreye zarar veren ya da verebilecek organik atıkların bertarafını sağlamak için de önemlidir.

Gelişmekte olan pazarlar ve geliştirmekte olan ekonomiler, küresel biyogaz potansiyelinin %80'ini oluşturmaktadır(Şekil 2.). Bu potansiyel, tarım sektörünün ekonomide önemli bir rol oynadığı ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Örneğin Hindistan'da, tarım GSYİH'nin yaklaşık %15'ini ve toplam istihdamın yarısını oluşturmaktadır. Ayrıca pirinç ve buğday

anızlarından büyük bir potansiyel vardır. Brezilya’da, büyük miktarlarda mısır ve şeker kamışı artıklarından şeker ve etanol endüstrilerinden biyogaz elde edilebilmektedir. Çin’de ise et endüstrisinin ölçeği, ülkede en yüksek miktarda hayvansal gübrenin biyogaz üretimi için mevcut olması anlamına gelmektedir(IEA, 2025).

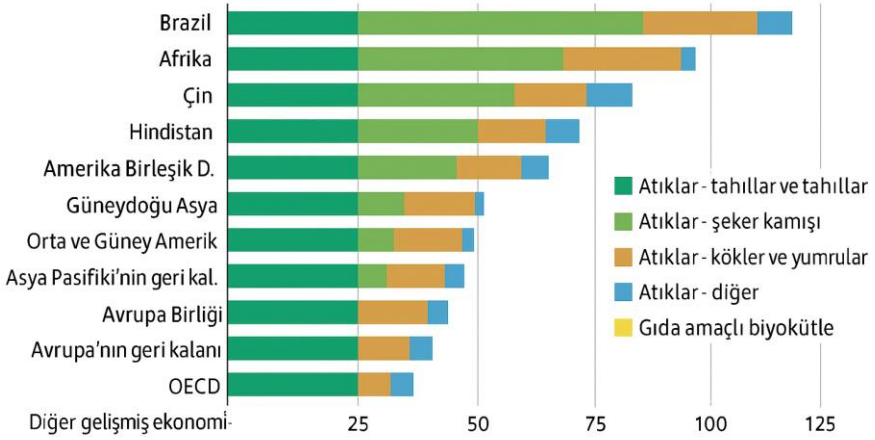


Şekil 2. Biyogaz potansiyelinin coğrafi dağılımı 2024

Biyogaz potansiyeli dünyanın birçok yerinde mevcut olsa da, esas olarak gelişmekte olan pazarlar ve ekonomilerde yoğunlaşmaktadır (IEA, 2025).

Avrupa Birliği, toplam sürdürülebilir potansiyelinin en büyük payına sahip bölgedir (Şekil 3.). 2023’te yaklaşık 20 milyar metreküp biyogaz üretmiştir, bu da yıllık sürdürülebilir potansiyelinin yaklaşık %40’ına denk gelen 50 milyar metreküp’tür. Diğer bölgelerde ise biyogaz üretiminde kullanılan hammadde potansiyeli bunun çok daha altındadır.

Biyogazın bölgeye ve hammaddelere göre potansiyeli, 2024



Şekil 3. Biyogazın bölgeye ve hammaddelere göre potansiyeli,2024

Çin, dünyanın en büyük biyogaz üreten ülkesidir. Ancak sürdürülebilir hammadde potansiyelinin yalnızca %10'undan daha azını kullanmaktadır. Hindistan ise sürdürülebilir potansiyelinin %5'inden daha azını kullanmaktadır (IEA, 2025).

Bölgeler:

- Brezilya
- Afrika
- Çin
- Hindistan
- ABD
- Güneydoğu Asya
- Orta ve Güney Amerika
- Asya Pasifik'in geri kalanı
- Avrupa Birliği
- Avrupa'nın geri kalanı
- Diğer OECD
- Diğer gelişmekte olan ekonomiler

Hammadde türleri:

- Kalıntılar – tahıl ve saman
- Kalıntılar – şeker bitkileri
- Kalıntılar – kökler ve yumrular
- Kalıntılar – yağlı tohum ve protein bitkileri
- Hayvansal gübre
- Enerji bitkileri
- Odunsu biyokütle

Brezilya, Çin, Hindistan ve ABD, küresel biyogaz potansiyelinin neredeyse yarısını oluştururken, dünya tarım arazisinin yalnızca %23'üne sahiptir.

2. Türkiye’de Biyogaz

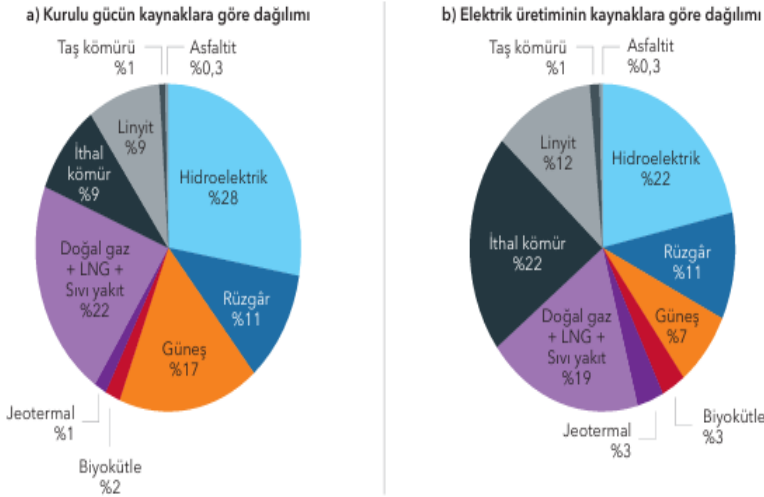
Devletlerin bağımsızlığının en önemli ölçütlerinden biri enerji arz güvenliğidir. Ülkemizin 2023 yılında ne kadar öncelikli enerjiye ihtiyaç duyacağının belirlenmesi ve bu enerji talebini karşılayacak gerekli planlama ve enerji politikalarının oluşturulması gerekmektedir. Enerji arz güvenliğinde elektrik güvenliği, ısı üretimi ve yenilenebilir enerji kaynakları önemli rol oynamaktadır. Enerji sektörünün önemli bir bölümünü alternatif enerji kaynakları (rüzgar, fotovoltaik, hidrolik, biyoyakıt vb.) oluşturmaktadır. Bu kaynağın mümkün olduğunca verimli kullanılması esastır..(Augutis ve ark., 2014).

Türkiye’nin yıllara göre nüfus artışı ve GSYH verileri (Anonim, 2022) temel alınarak, 2023 yılı için öngörülen birincil enerji arz miktarı hesaplanmıştır. 2019–2023 dönemine ait birincil enerji arz verileri Tablo 2’de gösterilmekte olup, bu dönemde enerji arzında her yıl düzenli bir artış yaşandığı görülmektedir.(Anonim, 2020).

Tablo 2. Türkiye’ de 2019–2023 yılları için birincil enerji arz miktarları (Anonim, 2020)

Yıllar	Birincil Enerji Arzı (BTEP)
2019	145,509.0
2020	149,452.0
2021	153,394.0
2022	157,337.0
2023	161,279.0

Mevcut kurulu gücün birincil enerji kaynağına göre dağılımı ülkemizde 2024 yılı baz alınmış olup, Şekil 4 'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı

Türkiye'nin toplam kurulu gücü, 2024 yılında bir önceki yıla kıyasla %4,7 oranında artış göstererek 115,9 gigavata (GW) ulaşmıştır. Bu dönemde 4.280,9 megavat (MW) güneş enerjisi, 1.058 MW rüzgâr enerjisi ve 240,5 MW hidroelektrik kapasitesi devreye alınmıştır. 2024 yılı sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç 68,8 GW seviyesine ulaşmış olup, bu miktar toplam kurulu gücün %59'unu oluşturmaktadır (Şekil 4).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'nin toplam biyokütle enerji potansiyeli yaklaşık 34 milyon TEP, hayvansal atık potansiyeli ise 193,8 milyon TEP olarak tahmin edilmektedir (Tablo 3). Biyogazın üretimi ve kullanımının yaygınlaştırılmasıyla özellikle kırsal bölgelerde ekonomik ve sosyal kalkınmanın desteklenmesi hedeflenmektedir. Başlıca hayvansal atıklardan elde edilecek biyogaz miktarının ise yıllık yaklaşık 2,2–3,9 milyar m³ aralığında olacağı öngörülmektedir.

Tablo 3. Türkiye Biyokütle Enerjisi Kullanım Durumu (Anonim, 2023d)

Hayvan Sayısı (adet)	422.832.374
Büyükbaş Hayvanlar	17.497.113
Küçükbaş Hayvanlar	46.117.399
Kanatlı Hayvanlar	359.217.862
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	193.878.079
Büyükbaş Hayvanlar	134.150.417
Küçükbaş Hayvanlar	46.511.866
Kanatlı Hayvanlar	13.215.796
Hayvansal Attıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	4.385.371
Büyükbaş Hayvanlar	975.180
Küçükbaş Hayvanlar	105.648
Kanatlı Hayvanlar	3.304.544
Hayvansal Attıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.084.506
Büyükbaş Hayvanlar	273.050
Küçükbaş Hayvanlar	8.452
Kanatlı Hayvanlar	803.004
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	171.399.002
Tarla Bitkileri	119.007.069
Bahçe Bitkileri	22.359.106
Sebze Bitkileri	30.032.827
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	62.206.754
Tarla Bitkileri :	46.279.245
Bahçe Bitkileri :	4.038.114
Sebze Bitkileri :	4.038.114
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	25.384.268

Tarla Bitkileri	19.480.866
Bahçe Bitkileri	1.754.031
Sebze Bitkileri	4.149.370
Bitkisel Attıklarının Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.462.159
Tarla Bitkileri	1.225.364
Bahçe Bitkileri	236.794
Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	32.170.975
Biyometanizasyona Uygun Olanlar	14.476.939
Yakmaya Uygun olanlar	17.694.036
Belediye Attıklarının Teorik Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	3.373.011
Biyometanizasyona Uygun Olanlar	466.881
Yakmaya Uygun Olanlar	2.906.130
Attıklarının Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	34.002.549
Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	8
Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firmalar	5
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	199

2024 yılı, Türkiye'nin enerji dönüşümündeki kararlılığını ve iddialı hedeflerini net bir şekilde ortaya koyduğu önemli bir dönem olmuştur. Yenilenebilir enerji, şebeke altyapısı yatırımları ve dijitalleşme gibi alanlarda hedeflerin yukarı yönlü güncellenmesi, enerji dönüşümünün kamu politikalarının merkezinde yer aldığını göstermektedir. Ayrıca adil geçiş, elektrifikasyon ve yeşil finans gibi unsurlara yapılan vurgu, dönüşüm sürecinin ekonomik ve sosyal boyutlarının da giderek daha fazla önem kazandığını ortaya koymaktadır.

Bu dönemde yenilenebilir enerji kapasitesindeki büyüme dikkat çekicidir. Hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle kaynaklarının toplam kurulu yenilenebilir elektrik gücü 68,8 GW seviyesine ulaşmıştır. 2024 yılında kurulu elektrik kapasitesinin %59'u, elektrik üretiminin ise %46'sı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacaktır. Yıl içinde devreye alınan yeni kapasitenin %99'unun yenilenebilir kaynaklı olması, Türkiye'nin düşük karbonlu enerji sistemine geçişte önemli bir mesafe kat ettiğini göstermektedir.

Özellikle güneş enerjisinde 2024 yılında 4,3 GW'lık kapasite artışıyla rekor düzeyde bir büyüme kaydedilmiştir. Buna karşın, rüzgar enerjisinde hedeflerin altında kalınması, bu alanda daha güçlü destekleyici politika ve mekanizmalara ihtiyaç duyulduğunu da ortaya koymaktadır.(Shura, 2024).

3. Biyogaz

Biyogaz, organik maddeleri, metanojenik bakterilerin anaerobik reaksiyonuyla elde edilmektedir. Tipik olarak yüksek yüklü organik madde bakımından zengin kanalizasyonun, belediye katı atıklarının, tarım ve hayvancılık atıklarının ve enerji bitkilerinin anaerobik sindirimi ile üretilir (Rulkens, 2008). Metanol metan gazı, metilojenasyon işlemi sırasında çok önemli bir yakıt kaynağıdır. Mekanik enerji, elektrik enerjisi ve termal enerji elde edilmektedir (Pind ve ark., 2003). Metan gazı evlerde ve sanayide yakıt kaynağı olarak kullanılabileceği gibi, metanolün dönüştürülmesi için doğal gaz boru hatlarıyla veya kimyasal olarak da taşınabilmektedir (Atlas, 1998).

Anaerobik bakteriler, bitki atıklarının, hayvan dışkısının ve tarımsal atık suyun özel organik yüklemeli hermetik kaplarda ayrışmasıyla üretilen yüksek kalorili bir gaz olan biyogaz üretir. Bir başka deyişle biyogaz, bitki ile hayvansal atıklar gibi organik maddelerin oksijen bulunmayan ortamda çürümesiyle üretilen, %40-75 metan, %20-50 oranında CO₂ ile az miktarda H₂S içeren ve çok az oranda hidrojen, su buharı, amonyak, karbon monoksit ile nitrojen içeren renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır (Tablo 4.).

Tablo 4. Biyogazın Bileşim Oranları

Biyogaz Bileşeni	Metan	Karbondioksit	Su Buharı	Azot	Oksijen	Hidrojen	Amonyak	Hidrojen Sülfür
Kimyasal Formül	CH ₄	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	H ₂	NH ₃	H ₂ S
Oranı (%)	40-75	20-50	0.10	0-2	0-0.5	0-1	0-0.5	20-4000 ppm

Gazın canlı ya da cansız olarak nitelendirilmesi mümkün olmadığından, bu tür kaynakları “organik gaz” ya da “biyokütle enerji kaynağı” şeklinde ifade etmek daha doğru olacaktır. Yapılan uygulamalardan da görüldüğü üzere, bu enerji kaynağı oldukça ekonomik bir potansiyele sahiptir. Nitekim bir ton biyokütle materyalinin anaerobik koşullarda fermentasyonu sonucunda, yaklaşık 1,2 varil petrole eşdeğer miktarda enerji üretilebildiği hesaplanmıştır. Ayrıca biyokütle kaynaklarından elde edilen yanıcı gaz karışımının bileşimi incelendiğinde, metreküp başına içeriğin yaklaşık %40–70’inin metan, %30–55’inin karbondioksit ve geri kalan kısmının azot, hidrojen ile hidrojen sülfür gibi gazlardan oluştuğu belirtilmektedir.

Biyogazın kalorifik değeri, içerdiği metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 4.700–6.000 kcal/m³ aralığında bulunmaktadır. Bu özelliği sayesinde biyogaz, ısınma, aydınlatma ve su ısıtma gibi temel enerji ihtiyaçlarında geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olarak kullanılabilir.

Biyokütlenin elektrik üretiminde değerlendirilmesi ise, termik santraller veya türbin sistemlerinde organik materyalin doğrudan yakılmasıyla elde edilen ısının buhara dönüştürülmesi ve bu buharın jeneratörleri çalıştırması yoluyla gerçekleşmektedir. Ayrıca biyokütleden üretilen biyogaz, farklı teknik yöntemlerle kombine gaz çevrim santrallerinde elektrik üretimi amacıyla da kullanılabilir.

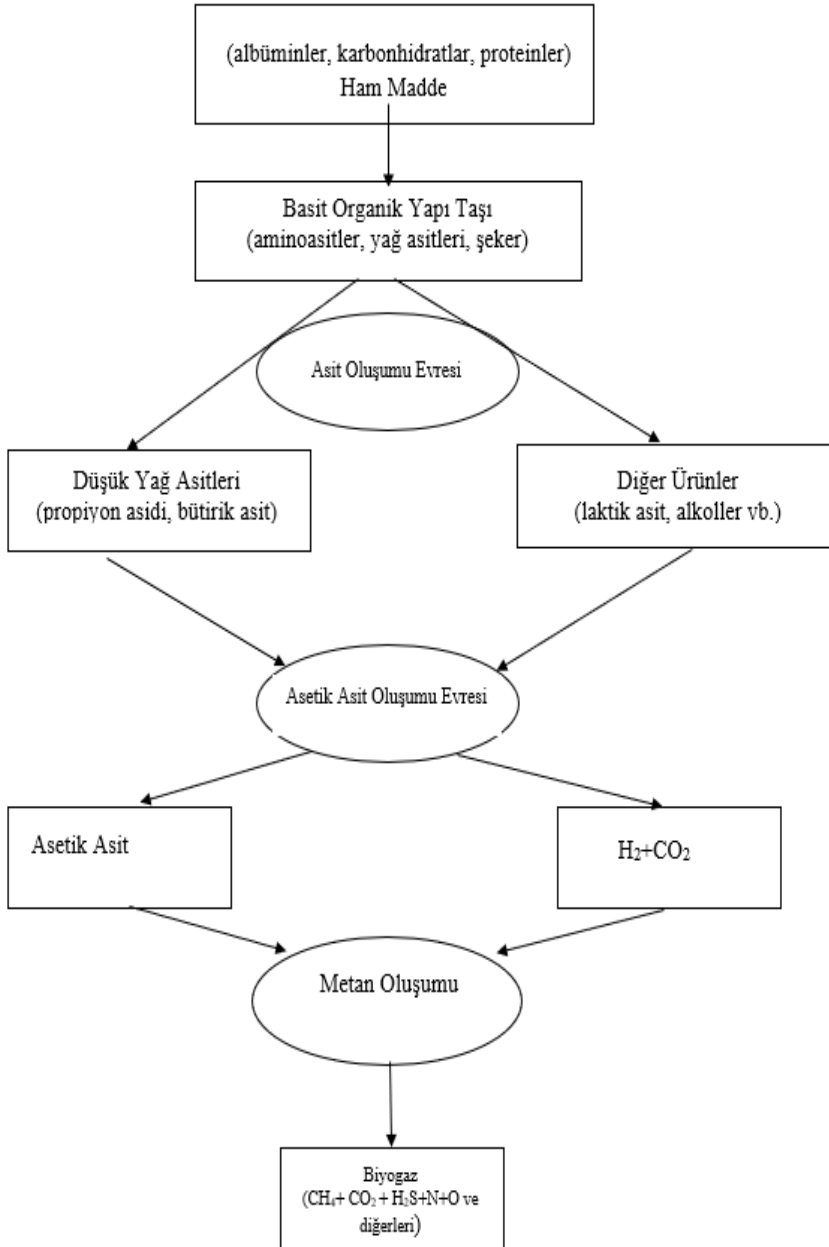
Evsel atıklar ve atık termik santralleri için temel enerji kaynağı, atıkların ayrışması ve anaerobik fermentasyon (oksijensiz ortamda gerçekleşen fermentasyon) süreçleri sonucunda elde edilen metan gazıdır. Bu sayede evsel atıklar enerji üretiminde değerlendirilebilir ve aynı zamanda atık depolama sorununa da katkı sağlanmış olur. Belediye katı atıkları önemli bir biyokütle enerjisi kaynağı olmasına rağmen, organik ve inorganik bileşenlerin birlikte bulunması nedeniyle bu atıkların ayrıştırılması oldukça yüksek maliyet gerektirmektedir.

3.1. Biyogaz Oluşum Aşamaları

Biyogaz, bakterilerin oksijensiz bir ortamda organik maddeleri parçalayıp karbondioksit gazı ile metan gazına dönüştürmesi olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu süreçte üç adım vardır: hidroliz, asit oluşumu ve metan oluşumu. Üç bölümde de çalışan çeşitli bakteri grupları (ferment, asetogenik ve metanogenik) vardır (Yaldız, 2004).

Bu süreç, karbonhidratların glikoz, pentoz ve heksozlara parçalanmasını içerirken, proteinler, polipeptit veya amino asitlerin yanı sıra yağları da parçalayarak alkol/asetik ve hidrojen oluşturur. Bu adım, anaerobik işlemlerde biyolojik bozunma oranını belirler. Atık yüksek yağ içeriğine sahip olduğunda hidrolizin daha yavaş gerçekleştiği rapor edilmiştir (Anonim, 2023b).

Asit oluşturma aşamasında, asetojenik bakteriler çözünebilir organik maddeleri polikarbon uçucu yağ asitlerine (asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit, valenik asit) dönüştürür; karbonhidratları etanol, H₂ ve CO₂'ye ve; amino asitlere, süksinik asit ve H₂; Yağ asitleri asetat ve H₂' Üçüncü aşamada metan oluşturucu mikroorganizmaların yardımıyla organik asitler, H₂ ve asetat ile biyogaz üretilir. Bu adımda elde edilen metanın %70'i asetatın dekarboksilasyonundan, geri kalanı ise metan bakterilerinin hidrojen kullanarak CO₂ indirgeme reaksiyonlarından gelir. Biyogaz oluşum aşamaları Şekil 5.'te verilmiştir (Anonim, 2023b).



Şekil 5. Biyogaz Üretim Aşamaları(Anonim, 2023b)

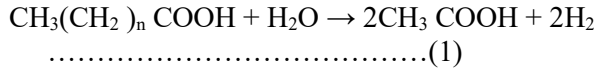
3.1.1. Hidroliz – Fermantasyon Oluşum Mekanizması

Fermentatif ve hidrolitik bakteriler, organik maddede bulunan temel bileşenler olan karbonhidratları, proteinleri ve yağları; karbondioksit, asetik asit ve çeşitli çözünebilir uçucu organik bileşiklere parçalamaktadır. Bu uçucu organik bileşiklerin büyük bir kısmı uçucu yağ asitlerinden oluştuğu için, bu evre “uçucu yağ asidi oluşum aşaması” olarak da adlandırılmaktadır (Anonim, 2023b).

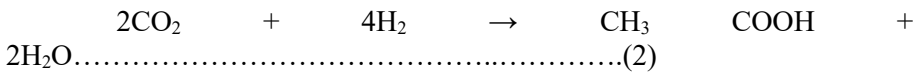
Sürecin ilk aşamasında, çamur içerisinde yer alan çözünmeyen maddeler, mikroorganizmaların salgıladığı hücresel enzimlerin etkisiyle çözünür hâle getirilir. Uzun zincirli ve karmaşık yapıdaki proteinler, yağlar, lipidler ve karbonhidratlar daha kısa zincirli yapılara ayrıştırılır. Bu maddelerin temel organik bileşiklere dönüştürülmesiyle hidroliz aşaması tamamlanmış olur (Anonim, 2023b).

3.1.2. Asetik Asidin Oluşum Mekanizması

İlk adım sonucunda asetojenik (asit üreten) bakteri grupları serbest kalır ve uçucu yağ asitleriyle reaksiyona girerek bunları asetik aside dönüştürürler. Bazı asetojenik bakteriler kimyasal bir reaksiyona girerek uçucu yağ asidini parçalayıp onu asetik asit ve hidrojene dönüştürürler.(1) (Anonim, 2023b).

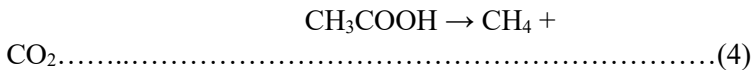
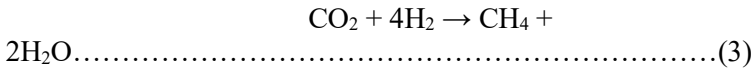


Bir başka asetojenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit üretir. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı ilkinde göre daha azdır(2)



3.1.3. Metan Gazı Üretim Mekanizması

Anaerobik fermantasyon sürecinin son evresinde, metan üretici bakteri grupları aktif hale gelir. Bu bakterilerden bir kısmı, CO₂ ve H₂'yi kullanarak metan (CH₄) ve su (H₂O) üretirken (3), diğer bir grup ise ikinci aşamada oluşan asetik asidi parçalayarak CH₄ ve CO₂ açığa çıkarır (4)(Anonim, 2023b).



Bu aşamada birinci yöntemle (CO_2 ve H_2 indirgenmesiyle) oluşan metan miktarı, ikinci yöntemle (asetik asidin parçalanmasıyla) üretilen metan miktarına kıyasla daha düşüktür. Metan üretim süreci, diğer aşamalara göre daha yavaş ilerler ve bu evrede görev alan bakteriler çevresel koşullardan büyük ölçüde etkilenir. Metan oluşumu, yüksek konsantrasyonlarda hidrolizi yavaş gerçekleşen maddelerin bulunmadığı durumlarda, anaerobik bozunma sürecinin sınırlayıcı basamağını oluşturur ve bu süreç “metanojeniz” olarak adlandırılır.

Metan, asetik asidin dekarboksilasyonu ya da hidrojen ile karbondioksitin indirgenmesi yoluyla üretilmektedir. Anaerobik sindirim sürecinde oluşan metanın yaklaşık %30'u H_2 ve CO_2 'den, %70'i ise asetik asidin dekarboksilasyonundan kaynaklanır. H_2 ve CO_2 'yi kullanarak metan üreten arkeler, asetik asit kullananlara kıyasla çok daha hızlı çoğalma özelliğine sahiptir. Anaerobik sindirimde H_2 tüketen arkelerin etkinliği, nihai ürün olan metanın oluşumu açısından kritik bir rol oynar.(Perendeci, 2013)

3.2. Biyogaz Üretiminde Kullanılan Bazı Materyaller

Biyogaz üretimi için organik bileşenler kullanılır.

3.2.1. Hayvansal Atıklar

Sığır, at, koyun ve tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbaha atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar, özellikle kırsal alanlar için önerilen biyogaz tesislerinde kullanılmaktadır (Anonim, 2023a).

3.2.2. Sebze Kalıntıları

İnce kıyılmış saplar, saman, anız ve mısır kalıntıları, şeker pancarı yaprakları ve çim kalıntıları gibi bitkilerin işlenmemiş kısımları ve bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan kalıntılardır. Bitkisel atıkların kullanıldığı biyogaz tesislerinin işletilmesi sırasında proses kontrolü büyük önem taşımaktadır (Anonim, 2023a).

3.2.3. Organik İçerikli Kentsel ve Endüstriyel Atıklar

Biyogaz üretiminde kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt sanayi ve gıda sanayi atıkları, çözünmüş organik madde konsantrasyonu yüksek endüstriyel ve evsel atıksular kullanılmaktadır (Anonim, 2023a).

3.3. Biyogaz Üretimini Etkileyen Faktörler

3.3.1. pH

Biyogaz üretiminde ideal pH aralığı 6,8–7,2'dir. Anaerobik fermentasyon sürecinde pH değeri genellikle 7–7,5 arasında seyreder. pH 6,7'nin altına düştüğünde metanojenik mikroorganizmalar üzerinde toksik

etkiler oluşur. Anaerobik fermentasyon sırasında asit üreten bakterilerin sayısının artması, pH değerinin düşmesine yol açar. Biyogaz reaktöründeki katı madde oranı toplam kütlenin %2 ila %12'si arasında değişirken, geri kalan kısmı sudan oluşur. Katı madde oranı %2'nin altına indiğinde, reaktördeki aktif bakteri popülasyonu azalır ve bu durum, birim katı madde başına üretilen biyogaz miktarını düşürür.(Yaldız, 2004).

Örneğin, kısa bir süre içinde prosese fazla miktarda organik madde ilave edilmesi veya metan oluşumunun herhangi bir sebeple engellenmesi durumunda, fermentasyon sonucu ortaya çıkan asidik metabolitler birikir. Normal koşullarda pH değeri karbonat ve amonyak sayesinde dengelenir. Ancak sistemin tampon kapasitesi aşıldığında, yani aşırı miktarda organik asit biriktiğinde, pH değeri düşer. Bu durum, hidrojen sülfür ve propiyonik asidin inhibitör etkilerini artırır ve fermentörün kısa sürede “çökmesine” yol açabilir. Öte yandan, organik azot bileşiklerinin parçalanarak amonyağa dönüşmesi ve suya salınması pH değerinin yükselmesine neden olur ve böylece amonyakın inhibe edici etkisi artar. pH değerinin yavaş değişim göstermesi nedeniyle doğrudan proses kontrolünde kullanılamayacağı, fakat kritik önemi nedeniyle sürekli ölçülmesi gerektiği unutulmamalıdır.(Kılavuzu, 2012).

3.3.2. Karbon/Azot Oranı

Metanojenik ve anaerobik mikroorganizmalar, enerji elde etmek için karbon atomlarını kullanırken, azot atomları bakteri büyümesi ve çoğalması için gereklidir. C/N oranı 10'dan küçük veya 23'ten büyük olmamalıdır. Oranın 10'un altına düşmesi durumunda reaktörde amonyak birikimi gerçekleşir ve bu durum biyogaz üretimini olumsuz etkiler. Öte yandan, C/N oranının 23'ü aşması halinde uçucu yağ asitleri oluşur; bu asitler inhibitör etki gösterir ve biyogaz üretim hızını düşürür.(Anonim, 2023c).

Eğer C/N dengede (uygun) değilse belli miktarlarda alçı taşı veya üre kullanılarak bu oran düşürülüp yükseltilebilir (Buğutekin, 2007).

Çok düşük C:N oranına sahip substratlar kullanıldığında amonyak üretimi artar ve metan üretimi engellenir. C:N oranı çok yüksek olan substratlar kullanıldığında azot eksikliği nedeniyle protein oluşumu olumsuz etkilenir ve mikroorganizmaların büyüme ve üreme hızı yavaşlar (Deublein ve Steinhauser, 2011). Ko-fermantasyon yöntemi çoğunlukla anaerobik proste besin dengesinin sağlanması amacıyla kullanılır. Ko-fermantasyon yönteminde, anaerobik fermentasyonu gerçekleştirmek için farklı atık türleri birlikte kullanılır. Bu sayede tek tip alt tabaka kullanımından kaynaklanabilecek sorunların önüne geçilmiş olur.(Karlsson ve ark., 2014).

3.3.3. Organik Yükleme Oranı

Organik yükleme oranı, biyoreaktöre metre küp başına verilen organik madde miktarıdır. Organik yükleme oranının optimum düzeyde hesaplanıp korunması gerekir, aksi takdirde pH yükselir ve biyogaz üretimi durabilir.(Anonim, 2023c).

Organik yükleme oranı, günlük birim hacim (m^3) başına biyoreaktörlere beslenen organik madde miktarı olarak tanımlanır. Mümkünse, anaerobik fermentasyon sırasında optimum organik yükleme oranının ($kgUKM/m^3.gün$) korunmasına dikkat edilmelidir (Eslami ve ark., 2018). Organik yükleme oranı yüksek olduğunda biyoreaktörde asit birikimi meydana gelir ve pH düşer. pH'nın 17'ye düşmesi metanojenik bakterilerin faaliyetlerini olumsuz etkiler. Bu da gaz üretim hızını azaltır hatta durdurur. Benzer şekilde, organik besleme oranı azaldığında gaz üretim oranı da düşer (Zhou ve ark., 2017).

Biyogaz tesislerinin inşasında ekonomik kaygılar çoğu zaman ön plandadır. Bu nedenle, sindiricinin boyutunu seçerken amaç her zaman maksimum gaz verimini elde etmek veya hammaddedeki organik maddenin tamamen ayrışmasını sağlamak değildir. Organik bileşenlerin tamamen ayrışması isteniyorsa, materyalin sindirici içerisinde çok uzun süre kalması ve bunu sağlamak için uygun büyüklükte bir tank hacminin sağlanması gerekir, çünkü bazı maddeler ancak çok uzun bir süre sonra ayrışır. Bu nedenle, makul bir ekonomik maliyetle optimum ayrıştırma performansına ulaşmak için çaba sarf edilmelidir. Bu bağlamda, yükleme hızı (LR) önemli bir işletme parametresidir. Yükleme hızı, belirli bir zaman dilimi içerisinde bir metre küp çalışma hacmine beslenmesi gereken organik kuru madde kilogram sayısını belirler. (Güneş ve ark., 2019).

3.3.4. Toksikite Etkisi

Metan üreten bakteriler anaerobik sindirimde toksisiteye karşı en hassas grubu oluştururlar, ancak birçok toksik maddeye karşı belirli ölçüde dirençlidirler ve bunlara karşı iklimlendirme yeteneğine sahiptirler. Birçok atık içeriği sindirim sistemi için toksiktir. Amonyak 200-1000 mg/L konsantrasyon aralığında sistem üzerinde olumlu bir etkiye sahipken, 3000 mg/L konsantrasyonunun aşılması engelleyici bir etkiye sahiptir. Benzer şekilde, birçok katyon (sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum vb.) düşük konsantrasyonlarda sistem üzerinde olumlu bir etkiye sahipken, konsantrasyonların artması durumunda inhibisyon meydana gelebilir (Yaldız, 2004).

3.3.5. Sıcaklık

Anaerobik süreçler, biyolojik etkenlerin etkisi sebebiyle sıcaklıktan önemli ölçüde etkilenir. Metan oluşumu özellikle reaktör sıcaklığı ile yakından bağlantılıdır. Metan üretimi 0 ila 60°C sıcaklık aralığında oluşabilir. Arıtma yöntemleri de olduğu gibi anaerobik sistemler de iki sıcaklık bandında işletilmektedir: termofilik (50 - 70°C) ve mezofilik (25 - 40°C) şartlar. Ayrıca kimi bakteriler 18 - 25°C sıcaklık aralığındaki sakrofilik koşullarda da çalışabilir, ancak bu sıcaklık aralığındaki bakterilerin büyüme hızı diğerlerine göre çok daha düşüktür (Anonim, 2023c).

Tablo 5. Metanojen bakteri türleri ve çalışma sıcaklıkları

Bakteri türleri	Sakrofilik	Mezofilik	Termofilik
Optimum aktivite (°C)	5-25	25-38	50-60

Yukarıdaki Tablo 5, biyogaz üretiminde görev alan bakteri türlerini ve bu bakterilerin optimum çalıştığı ortalama sıcaklık aralıklarını göstermektedir. Sıcaklık, biyogaz üretimi açısından kritik bir parametredir. Özellikle sıcaklığın 10 °C'nin altına inmesi durumunda biyogaz üretimi tamamen durmaktadır(Anonim, 2023c).

3.3.6. Katı Madde Oranı

Biyoreaktörde optimum biyogaz üretimi sağlamak için tesis içindeki gübre-su karışımının katı madde oranı %7–9 aralığında olmalıdır. Farklı gübre türlerinde katı madde oranları değişiklik gösterir; sığır gübresi %15–20, tavuk gübresi yaklaşık %30 ve koyun gübresi yaklaşık %40'tır. Bu değerler dikkate alınarak, uygun katı madde oranı su ile karıştırma yoluyla hesaplanabilir.(Anonim, 2023c).

3.3.7. Karıştırma Hızı

Biyogaz üretimi, karıştırma hızı ve substratın partikül boyutundan da etkilenir. Partikül boyutu arttıkça biyogaz üretim oranı azalır, yani ters orantılıdır. Öte yandan, karıştırma hızı arttıkça biyogaz üretimi artar; karıştırma, altta biriken biyogazın yükselmesini kolaylaştırır ve bakteriyel aktivitenin daha verimli gerçekleşmesini sağlar.(Anonim, 2023c) .

3.3.8. Hidrolik Bekleme Süresi

Hidrolik bekleme süresi (HBS), gübredeki organik maddenin bakteriler tarafından parçalanarak biyogaz üretilmesi için gerekli olan zaman dilimini ifade eder. Reaktördeki bazı organik bileşikler tamamen biyokimyasal reaksiyona girdikçe, gaz üretimi zamanla azalır. Seçilen HBS süresince, besin maddelerinin yaklaşık %70–80'inin biyokimyasal yollarla tüketildiği kabul edilmektedir. Biyogaz tesislerinde, işletme sıcaklığına bağlı olarak hidrolik bekleme süresi 20 ila 120 gün arasında değişiklik gösterebilmektedir(Yaldız, 2004).

3.3.9. Karıştırma

Yüksek biyogaz verimi elde edebilmek için bakterilerin substratla yoğun bir şekilde temas etmesi gerekir; bu durum genellikle fermantasyon tankının düzenli karıştırılmasıyla sağlanır (Güneş ve ark., 2019). Karıştırılmayan bir fermentörde zamanla segregasyon ve çökelme meydana gelir, bu da farklı yoğunlukta katmanların oluşmasına ve gaz üretiminde düşüşe yol açar. Bu süreçte bakterilerin büyük bir kısmı alt kısımda yoğunlaşırken, bozunacak materyal üst katmana taşınır ve temas alanı yalnızca iki katmanın birleştiği sınırlı bölgeyle sınırlı kalır, böylece bozunma oranı düşer. Ayrıca yüzen katı maddeler, gaz çıkışını engelleyen bir örtü oluşturarak verimi azaltabilir (Maurer ve Winkler, 1980).

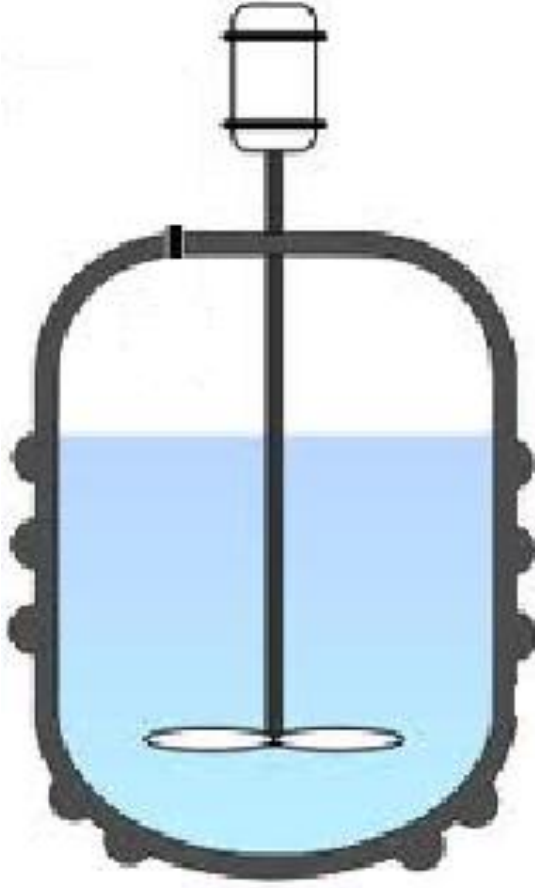
Fermantasyon tankının karıştırılması, mikroorganizmaların substratla temasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Ancak aşırı karıştırma da zararlıdır. Özellikle asetik asit üreten bakteriler (asetojenez sürecinde aktif) ile metan üreten arkeler arasında, biyogaz üretiminin sorunsuz ilerlemesini sağlayan simbiyotik bir ilişki bulunur. Yoğun karıştırma sonucu bu simbiyotik düzen bozulursa, anaerobik sindirim süreci olumsuz etkilenebilir (Kılavuzu, 2012).

3.4. Biyogaz Üretim Sistemleri

3.4.1. Kesikli (Batch) Fermantasyon

Kesikli besleme yönteminde, fermentör tamamen taze materyalle doldurulur ve hava sızdırmaz şekilde kapatılır. Malzeme, belirlenen hidrolik bekleme süresi boyunca tankta kalır; bu süre zarfında ekleme veya çıkarma yapılmasına gerek yoktur. Süre tamamlandığında fermentör boşaltılır ve taze materyalle yeniden doldurulur; bu sırada bozunmuş materyalin küçük bir miktarı, yeni eklenen malzemeyi inoküle etmek amacıyla tankta bırakılabilir. Kesikli besleme sisteminde, tankların hızlı doldurulup boşaltılabilmesi için ek taze malzeme ve depolama tankları gereklidir.

Bu yöntemde gaz üretimi zamana bağlı olarak değişir; dolundan sonra gaz üretimi yavaş yavaş artar, birkaç gün içinde maksimum seviyeye ulaşır ve ardından düzenli olarak azalır. Bu nedenle tek bir fermentörde sabit gaz üretimi ve kalitesi sağlanamaz. Bunun yerine, birden fazla fermentörün farklı zamanlarda doldurulmasıyla (döner tank yöntemi) üretim dengelenir ve minimum bekleme süresine uyum garanti edilir (Weiland ve Rieger, 2001). Kesikli (Batch) fermantasyon sisteminin şeması Şekil 6'da gösterilmiştir.



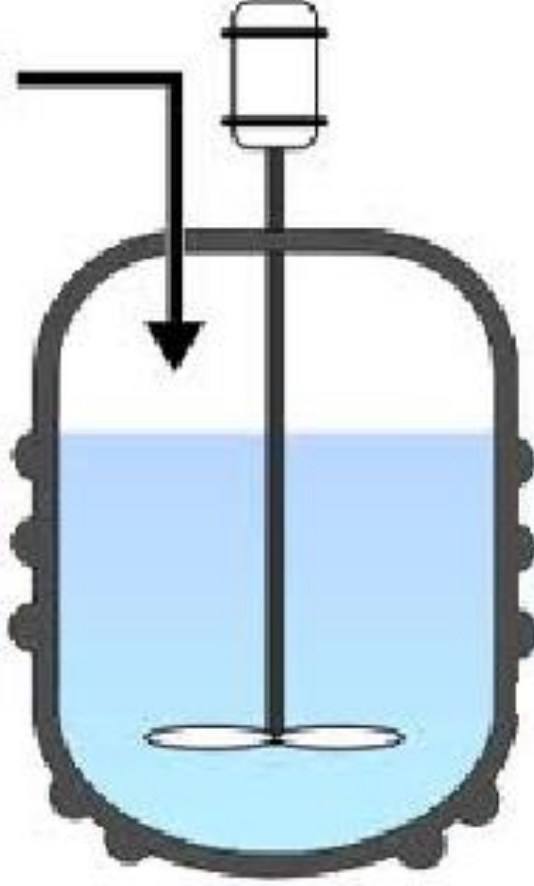
Şekil 6. Kesikli (Batch) fermantasyon üretim sistemi

3.4.2. *Beslemeli-Kesikli Fermantasyon*

Bu sistemde (Şekil 7) fermentör, başlangıçta belirli bir miktarda organik madde ile doldurulur ve kalan hacim, fermantasyon süresine bölünerek günlük dozlar halinde tamamlanır. Belirlenen süre sonunda fermentör tamamen boşaltılır ve yeniden doldurulabilir.

Sistem, besleme, reaksiyon, çökeltme ve boşaltma aşamalarını kapsayan bir doldurma-boşaltma döngüsüyle çalışır. Reaktör doldurulduktan sonra belirli bir süre kesikli reaktör gibi işletilir ve hedeflenen arıtma seviyesine ulaşıldığında durultulmuş süzüntü çökmeye bırakılarak reaktörden alınır. Biyokütlenin çökmesi, sistem performansını doğrudan etkilediğinden, yeterli karıştırma büyük önem taşır. Bu karıştırma, reaksiyon süresi boyunca

kütle transferini sağlamak amacıyla bir karıştırıcı veya geri dönüş akışı kullanılarak gerçekleştirilebilir (Güneş ve ark., 2019).

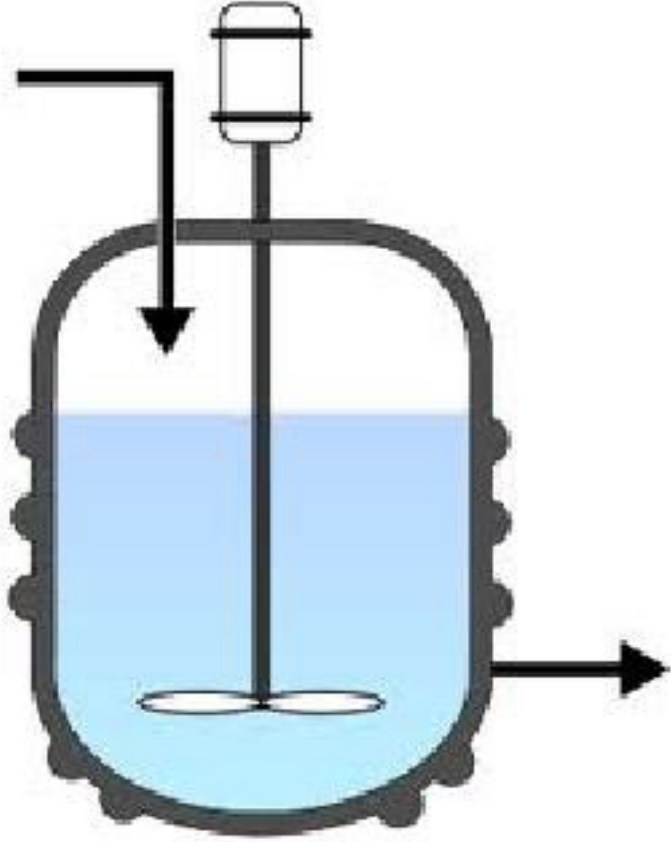


Şekil 7. Beslemeli-kesikli fermantasyon üretim sistemi

3.4.3. Sürekli Fermantasyon

Bu fermantasyon yönteminde, günlük besleme, fermentörden gaz çıkışı başladığında gerçekleştirilir. Sisteme eklenen karışım miktarına eşdeğer miktarda gazı alınmış tortu, sistemden dışarı alınır. Organik madde, her gün belirli dozlarda fermentöre verilir, bekleme süresi boyunca tankta tutulur ve aynı miktarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermentörden alınır. Bu yöntemle günlük beslemeler sayesinde sürekli biyogaz üretimi sağlanır (Güneş ve ark., 2019).

Anaerobik reaktörlerde yoğun mekanik karıştırmanın uygulandığı ilk yıllar 1950'lere dayanır ve bu dönem, birinci nesil yüksek hızlı anaerobik fermantasyon olarak adlandırılır. Bu sistemde de gaz salınımı başladıktan sonra günlük besleme yapılır ve sisteme ne kadar materyal eklenirse, o kadar tortu tahliye edilir. Günlük beslemeler, sürekli biyogaz üretiminin sürdürülmesini mümkün kılar (Güneş ve ark., 2019). Sürekli fermantasyon üretim sisteminin şeması Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Sürekli fermantasyon üretim sistemi

3.5. Biyogaz Üretim Sistemlerinin Bileşenleri

3.5.1. *Reaktör Tankı*

Fermantasyonun gerçekleştiği ve biyogazın üretildiği temel bölüm, tanktır. Genellikle silindirik biçimde tasarlanan fermentörler, gerektiğinde plastik bir kapakla kaplanmış havuz tipi bir yapıda da üretilebilmektedir.

3.5.2. Reaktör Özellikleri

Depo duvarları hem gaz hem de sıvı sızdırmaz özellikte olmalıdır. Yapı tamamen statik gerilime dayanıklı olmalı ve iklim koşullarına uygun ısı yalıtımı sağlanmalıdır. Depo elemanları korozyona karşı dayanıklı olmalı, tank doldurma ve boşaltma işlemleri güvenli şekilde yapılabilmesi ve gerektiğinde tamamen boşaltılabilmesidir. Ayrıca, depo tasarımı bakım ve onarım işlemlerinin kolayca gerçekleştirilebilmesine imkân tanınmalıdır (Anonim, 2023c).

3.5.3. Fermantasyon Depo Malzemeleri

- Alaşımlı çelik sac
- Beton
- Çelik
- Fiber glas
- Krom-Nikel
- Polyester
- Sac
- Tuğla

Biyogaz üretiminde, statik güvenlik ve hidrolik uygunluk açısından en iyi performans, yumurta biçimli fermentasyon tanklarında sağlanmaktadır. Ancak bu tankların yüksek yapım maliyeti, pratik uygulamayı sınırlamaktadır. Bu nedenle, uygulamada yatay ve dikey silindirik tanklar ile kanal tipi tanklar tercih edilir ve bunlar yanmaya karşı dirençlidir. Daha basit tesislerde ise genellikle kübik şekilli depolar kullanılmaktadır. (Anonim, 2023c).

Biyogaz tesislerinde kullanılan fermentör tiplerini iki grup halinde değerlendirmek uygundur.

- Kuru Fermentörler
- Yaş Fermentörler

3.5.4. Yaş Fermentörler

Bu tip fermentörlerde, kuru madde içeriği %15'ten az olan organik maddelerin biyokimyasal fermantasyonunun anaerobik koşullar altında gerçekleştiği fermentörlerdir (Anonim, 2023c).

3.5.5. Kuru Fermentörler

Bu fermentörler, kuru madde içeriği %15'ten fazla olan organik maddelerin biyokimyasal fermantasyonunun anaerobik koşullar altında gerçekleştiği fermentörlerdir.

Reaktör tiplerini iki grup altında değerlendirmek uygundur.

- Küçük hacimli reaktörler
- Büyük hacimli reaktörler

Dünya genelinde sık rastlanan beş reaktör modeli vardır.

- Yüzer tavanlı Hint tipi
- Balon Tipi Küçük Kapasiteli Reaktörler
- Sabit çatı Çin tipi Reaktörler
- Çanta tipi Reaktörler
- Hareketli kubbe tipi Reaktörler Reaktörler

Çin ve Hint tipi modeller en yaygın kullanılan tiplerdir. Son zamanlarda düşük maliyeti nedeniyle bazı ülkelerde torba tipi modelin popülaritesi hızla artmaktadır. Gıda giriş ve çıkışını sağlayan giriş ve çıkış boruları, reaktörün içine doğru dik bir açıyla uzatılmaktadır (Anonim, 2023c).

3.5.6. Küçük Kapasiteli Reaktörler

Küçük kapasiteli reaktörlerde sıvı besleme borularının çapı 10–15 cm olmalıdır; lifli substratlar kullanıldığında bu değer 20–30 cm civarındadır. Giriş ve çıkış boruları genellikle plastik veya beton malzemeden üretilir. Boruların konumu serbest, erişilebilir ve düz olmalı, reaktör duvarında en düşük çamur seviyesinin altına yerleştirilmelidir. Ayrıca, gaz tankına yönlendirilmemelerine özen gösterilmeli ve bağlantı noktaları harç ile güçlendirilerek çatlak ve delik oluşumu önlenmelidir (Anonim, 2023c).

3.5.7. Yüzer Çatılı Hindistan Tipi Reaktörler

Böyle bir reaktör temel olarak iki bölümden oluşur: çürütme bölümü ve gaz toplama bölümü. Reaktördeki ısı değişimi dolayısıyla meteorolojik koşullardan minimum düzeyde etkilenir. Reaktörün tabanı ve duvarları briket veya betonarme malzemelerden yapılabilir. Reaktörün derinliği besleme atığının niteliğine bağlı olarak 3,5-6 m, çapı ise 1.3-6 m arasında değişmektedir. Çoğu reaktörün gaz üretim kapasitesi yaklaşık olarak günde 6 ila 8 m³tür (Anonim, 2023c).

3.5.8. Sabit Kubbeli Çin Tipi Reaktörler

Reaktörler briket, taş veya betondan yapılmış gaz geçirmez bir hazneden oluşur. Reaktörlerin üst kısmı kubbe şeklindedir. Reaktörlerin yerleşik gömülü, silindirik, küresel ve eliptik kaplamaları bulunmaktadır. Artan basınç sonucunda kubbenin altında gaz basıncı meydana gelir. Bu sistemlerde sızıntı önemli bir sorundur. Çatı kaçağı bu sistemlerde önemli bir sorundur. Hava sızıntısı söz konusu olamaz (Anonim, 2023c).

3.5.9. Hareketli Kubbeli Reaktörler

1950’li yıllarda Hindistan’da ortaya çıkan reaktörler, sabit kubbeli reaktörlerin geliştirilmiş bir versiyonudur. Bu reaktörler, sindirim bölümü ve gaz toplama bölümünden oluşur. Gaz toplama kubbesi hareketli olduğu için basınç kontrolü sağlanır ve gaz biriktikçe kubbe su içinde yukarı doğru hareket eder; gaz kullanıldığında ise aşağıya iner. Endüstriyel uygulamalarda bu reaktörlerin hacmi genellikle 20–100 m³ arasında değişir. Reaktörlerde en yaygın kullanılan hammadde sıgır gübresidir; bunun yanı sıra, su sümbülü gibi diğer organik maddeler de besin kaynağı olarak değerlendirilebilir.(Yaldız, 2004).

3.5.10. Balon Tipi Reaktörler

Reaktörlerde plastik veya kauçuklu karışım malzeme kullanılır. Giriş ve çıkış direkt olarak balon yüzüne bağlanır. Gaz balonun yüzeyinde toplanmaya başladıkça çökmeye başlar ve gaz basıncı artar. Reaktör gazla dolmaya başlar başlamaz tesis sabit çatılı bir reaktör şeklinde işlemektedir. Balon malzemesi güneş ışığına dayanıklı olmalıdır. İşletme gideri bakımından oldukça düşük seviyededir. Kullanılma ömrü 2-5 yıl arasında değişmektedir (Yaldız, 2004).

3.5.11. Torba Tipi Reaktörler

1960’larda Tayvan’da üretimine başlanan reaktörler, oldukça hafif tasarımlara sahiptir. Örneğin, 50 m³ hacmindeki membran reaktörlerin ağırlığı yalnızca 270 kg’dır. Ülkedeki yüksek malzeme ve işçilik maliyetleri nedeniyle, PVC ve plastik gibi daha ekonomik ve sızdırmaz malzemelerin kullanılmasıyla maliyetler azaltılmaya çalışılmıştır. Bu reaktör tipi, biyogazın ayrı bir şekilde depolandığı piston akışlı bir reaktör olarak çalışır ve karıştırma gerektirmez. Ayrıca Kore ve Fiji’de de sıkça tercih edilmektedir (Yaldız, 2004).

3.6. Biyogaz Kullanım Alanları

Biyogaz, kullanım alanlarına ilişkin olarak değerlendirilebilen bir enerji türü olup, kullanım alanları şu şekilde açıklanabilir;

- Kimyasalların üretimi sırasında biyogaz kullanımı.
- Yakıt hücrelerinde,
- Türbin yakıtı şeklinde kullanımı yoluyla elektrik elde edilmesi,
- Motor yakıtı şeklinde kullanımı,
- Mevcut doğal gaza katılarak maliyetlerin düşürülmesi,
- Direkt yakma ile ısıtma ve ısıtma,

Çevre dostu olarak gösterilen enerji kaynağı biyogazın üretimi için kullanılan hammaddeler tarım arazilerinde üretildiği için tarımsal işletmelerde

seralar ile birlikte konutların ısıtılmasında faydalar sağlamaktadır. Organik madde bazlı biyogazın kullanımı gelişen koşullarda çevre kirliliğinin önlenmesinde daha fazla önem taşımaktadır. Kullanımın bu şekilde olması işletme maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir(Anonim, 2023b).

3.6.1. Elektrik ve ısı üretimi — Kombine ısı ve güç

Biyogaz, doğrudan motor veya türbinlerde yakılarak elektrik ve proses/ısı üretiminde (ör. seralar, fabrikalar, çiftlikler) kullanılabilir. Kombine ısı ve güç ile toplam enerji verimliliği artar. Kombine ısı ve güç 'den çıkan ısı aynı zamanda biyogaz tesisi fermentasyon sıcaklığını sağlamak için de kullanılabilir (Anonim, 2022b).

3.6.2. Biyometan / Yenilenebilir Doğal Gaz (RNG)

Biyogazın CO₂ ve kirleticilerden arındırılarak “biyometan” veya RNG haline getirilmesiyle şebekeye enjeksiyon, basınçlı gaz hatlarıyla taşıma ve taşıt yakıtı (CNG/LNG) olarak kullanımı mümkündür (Anonim, 2021).

3.6.3. Konut ve toplu pişirme / ısınma

Küçük ölçekli çürütücülerden çıkan biyogaz kırsal/yerel uygulamalarda küçük ölçekli çürütücülerden çıkan biyogaz doğrudan yemek pişirme ve ev ısıtmasında güvenli, temiz bir alternatif olarak kullanılır; ayrıca toplu tesislerde (okul, yurt, hastane) enerji temini için uygundur. Dünya Bankası ve FAO çalışmaları bu uygulamaları ve sosyal faydalarını belgelemektedir (Kimutai ve ark., 2025).

3.6.4. Atık yönetimi

Organik atıkların (gıda atığı, hayvan gübresi, kanalizasyon çamuru, endüstriyel organik atıklar) anaerobik çürütme ile enerjiye dönüştürülmesi, doğrudan depolama/çürümeye bırakıldığında açığa çıkacak metan ve sera gazlarını azaltır; aynı zamanda atık hacmini küçültür (Morton, C., & Thompson, R., 2019).

3.6.5. Tarımda gübreleme — Digestate kullanımı

Çürütme sonrası geriye kalan digestate besin elementleri (N, P, K) bakımından zengindir; kimyasal gübreleri kısmen ikame ederek toprak verimliliğini artırır ve besin geri kazanımı sağlar. Kalite kontrolü/işleme bağlı olarak tarımda doğrudan veya ayrıştırılmış formda uygulanır (Kuçker ve ark., 2025).

3.6.6. Sanayi süreçlerinde ısı/enerji kaynağı

Gıda, içecek, tekstil, kağıt vb. yüksek ısı talebi olan endüstriler biyogazı proses ısısı veya elektrik kaynağı olarak kullanarak karbon ayak

izlerini azaltabilir; sahaya yakın atık kaynakları bütçeyi güçlendirir (Wall ve ark., 2018).

3.6.7. Ulaşım yakıtı (şehir otobüsleri, kamyonlar)

Düzenli olarak temizlenen ve yükseltilebiyen biyogaz (RNG) basınçlandırılarak otobüs, kamyon gibi CNG/biometan ile çalışan araçlarda kullanılabilir; uygulama örnekleri şehir ve bölge düzeyinde raporlanmıştır (emisyon azaltımı ve ikame yakıt etkileri) (Un, 2023).

3.6.8. Belediye ve arıtma tesisi uygulamaları

Katı atık depolama/gaz toplama (landfill gas) ve atıksu arıtma tesislerinde üretilen biyogaz genellikle onsite enerji üretimi veya yükseltilebiyen şebeke/taşıt yakıtı için kullanılır. EPA ve EIA gibi kurumlar bu uygulamaların teknik ve politikai yönlerini ele alır (Anonim, 2021).

3.6.9. Kırsal kalkınma ve enerji erişimi

Küçük ölçekli biyogaz tesisleri (ailesel/komünal) kırsal alanlarda temiz pişirme yakıtı ve aydınlanma/enerji sağlayarak sağlık (daha az iç mekan hava kirliliği), kadınların iş yükünü azaltma ve tarımsal verim artışı (digestate) gibi sosyal faydalar üretir (Morton, C. ve Thompson, R., 2019).

3.6.10. Enerji güvenliği ve sistem entegrasyonu

Biyogaz/biometan depolanabilir ve talebe göre yakılabilir; elektrik şebekesinde esneklik, yerel enerji bağımsızlığı ve yenilenebilir portföyünün güçlendirilmesi açısından değer taşır. Politika düzeyinde şebeke enjeksiyonu ve düzenlemeler büyüme potansiyelini etkiler (Gustafsson ve ark., 2024).

SONUÇ

Biyogaz teknolojisi, günümüzün enerji ihtiyaçlarına sürdürülebilir çözümler sunan en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Organik atıkların anaerobik fermentasyon yoluyla biyogaza dönüştürülmesi, enerji üretiminin yanı sıra çevre koruma, atık yönetimi ve döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanmasını da mümkün kılar. Bu bakımdan biyogaz, hem enerji sektöründe hem de çevre yönetiminde stratejik bir araçtır.

Üretim sistemlerinin çeşitliliği, biyogaz teknolojisinin esnekliğini ve uygulanabilirliğini göstermektedir. Küçük ölçekli aile işletmelerinden büyük ölçekli endüstriyel biyogaz tesislerine kadar çeşitli düzeylerde uygulanabilen

bu sistemler, enerji arz güvenliğini artırır ve yerel enerji bağımsızlığı sağlar. Ayrıca, ortaya çıkan yan ürün olan çürümüş atık, besin değeri yüksek bir organik gübredir ve tarımsal üretimde verimliliği desteklemektedir.

REFERANSLAR

- Anonim. (2020). *Türkiye’de 2019–2023 yılları için birincil enerji arz miktarları*. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Anonim. (2021). *Biyogaz: 2030’a Giden Yollar [Rapor]*. Dünya Biyogaz Birliği. Erişim adresi: <https://world-biogas-summit.com/wp-content/uploads/2021/07/210505-Biogas-Pathways-to-2030-Report-launch-v3.pdf> [Erişim tarihi: 27.09.2025].
- Anonim. (2022a). *Türkiye’de 2019–2023 yılları için birincil enerji arz miktarları* (TÜİK verileri). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <https://www.tuik.gov.tr/>
- Anonim. (2022b). Avrupa Biyogaz Birliği. Biyogaz ve biyometan hakkında. EBA, [Çevrimiçi]. Erişilebilir: <https://www.europeanbiogas.eu/about-biogas-andbiomethane/> [Erişim tarihi: 27.09.2025].
- Anonim. (2023a). *Biyogaz üretiminde kullanılan bazı materyaller*. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/>
- Anonim. (2023b). *Biyogaz oluşum aşamaları, biyogaz kullanım alanları*. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/>
- Anonim. (2023c). *Biyogaz üretimine etki eden faktörler*. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/>
- Anonim. (2023d). *Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası: Türkiye biyokütle enerjisi kullanım durumu*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. <https://bepa.enerji.gov.tr/>
- Atlas, R. M. (1998). *Microbial ecology: Fundamentals and applications*. Pearson Education India.
- Augutis, J., Martišauskas, L., Krikštolaitis, R., & Augutienė, E. (2014). Impact of the renewable energy sources on the energy security. *Energy Procedia*, 61, 945–948. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.11.1043>
- Avcıoğlu, A. O. (2011). *Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler: Biyoyakıtlar*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Buğutekin, A. (2007). *Atıklardan biyogaz üretiminin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi]. Marmara Üniversitesi Tez Merkezi.
- Deublein, D. ve Steinhauser, A. (2011). Atık ve yenilenebilir kaynaklardan biyogaz: bir giriş . John Wiley & Sons.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and*

- Sustainable Energy Reviews*, 39, 748–764.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113>
- Eser, V., Sarsu, F., & Altunkaya, M. (2007). Biyoyakıt üretiminde kullanılan bitkilerin mevcut durumu ve geleceği. *Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu*, 51, 61.
- Eslami, H., Hashemi, H., Fallahzadeh, R. A., Khosravi, R., Fard, R. F., & Ebrahimi, A. A. (2018). Effect of organic loading rates on biogas production and anaerobic biodegradation of composting leachate in the anaerobic series bioreactors. *Ecological Engineering*, 110, 165–171.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.10.010>
- Gustafsson, M., Meneghetti, R., Souza Marques, F., Trim, H., Dong, R., Al Saedi, T., ... ve Bywater, A. (2024). Seçili üye ülkelerden biyogaz endüstrisinin durumuna ilişkin bir bakış açısı. IEA Biyoenerji Görevi'nde (Cilt 37, No. 2024, s. 2).
- Güneş, B., Stokes, J., Davis, P., Connolly, C., & Lawler, J. (2019). Pre-treatments to enhance biogas yield and quality from anaerobic digestion of whiskey distillery and brewery wastes: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109281. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109281>
- IEA (2025), Biyogaz ve Biyometan Görünümü, IEA, Paris
<https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane>, Lisans: CC BY 4.0
- Karlsson, A., Björn, A., Sepehr, S. Y., & Svensson, B. (2014). *Improvement of the biogas production process: Explorative project (EPI)*. Linköping University Electronic Press.
- Kimutai, S. K., Kimutai, I. K. ve Manirambona, E., (2025). *Biyogazın benimsenmesinin Kenya'da hane halkı enerji kullanımı ve geçim kaynaklarının iyileştirilmesi üzerindeki etkisi: sürdürülebilirliğe giden yol haritasına genel bakış*, Uluslararası Enerji Sektörü Yönetimi Dergisi, 19 (3), 551-568.
- Kılavuzu, B. Y. (2012). *Bisiklet yolu ek-III*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.
<http://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Bisikletyoluek31.pdf>
- Kucher, O., Zelenskyi, A., Hofmann, M., Yermakov, S., & Plotnichenko, S. (2025, June). Biogas Market Research in EU Countries. In *ENVIRONMENT. TECHNOLOGY. RESOURCES*. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Vol. 1, pp. 313-317).
- Maurer, M., & Winkler, J. (1980). *Biogas: Theoretische Grundlagen, Bau und Betrieb von Anlagen*. Verlag C. F. Müller. https://doi.org/10.1007/978-3-642-96551-0_3
- Morton, C., & Thompson, R. (2019). Global potential of biogas. World Biogas Association: London, UK.
- Perendeci, N. A. (2013). *Anaerobik arıtma yöntemleri* [Yüksek lisans ders notları]. Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Pind, P. F., Angelidaki, I., Ahring, B. K., Stamatelatou, K., & Lyberatos, G. (2003). Monitoring and control of anaerobic reactors. In K. Stamatelatou & G. Lyberatos (Eds.), *Biomethanation II* (pp. 135–182). Springer.
https://doi.org/10.1007/3-540-45838-7_7
- Rulkens, W. (2008). Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: Overview and assessment of the various options. *Energy & Fuels*, 22(1), 9–15. <https://doi.org/10.1021/ef700267m>

- Shura (2025). Türkiye Enerji Dönüşümü Görünümü 2024. Sabancı Üniversitesi, <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2025/04/SHURA-EDM-Turkiye-Enerji-Donusumu-Gorunumu-Raporu-Infografik-16.04.2025.pdf> (Erişim Tarihi: 25 Eylül 2025).
- Un, C., 2023, A sustainable approach to the conversion of waste into energy: Landfill gas-to-fuel technology, *Sustainability*, 15 (20), 14782.
- Wall, D. M., & O'Shea, R. (2018). Biogas Systems in Industry: An analysis of sectoral usage, sustainability, logistics and technology development, Murphy, JD (Ed.) IEA Bioenergy Task 37, 2025: 1. Acknowledgements: Dr Anga Hackula, Dr Donal O'Ceileachair Cover graphic: from Gösser Brewery: The role of biogas in greening the brewing industry, IEA Bioenergy Task, 37, 3.
- Weiland, P., & Rieger, C. (2001). Wissenschaftliches Messprogramm zur Bewertung von Biogasanlagen im landwirtschaftlichen Bereich: (FNR-FKZ: 00NR179); 1.–3. *Institut für Technologie und Systemtechnik/Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)*.
- Zhou, J., Yang, J., Yu, Q., Yong, X., Xie, X., Zhang, L., Wei, P., & Jia, H. (2017). Different organic loading rates on the biogas production during the anaerobic digestion of rice straw: A pilot study. *Bioresource Technology*, 244, 865–871. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.052>

Ruminantlarda Verimliliği Artırıcı Ve Anti Stres Etkili Yem Katkı Maddeleri

Esra KAYA

- 1- Ağrı İbrahim Çeçen Yüksekokulu, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu, Eleşkirt/Ağrı, egursoy@agri.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4697-7365

GİRİŞ

Ruminantlar, dünyanın gıda güvenliği ve beslenmesinde, ayrıca çiftçilerin ve tarımsal gıda zincirinde yer alan diğer kişilerin geçim kaynaklarında hayati bir rol oynamaktadır. Dünya hayvansal üretiminin büyük çoğunluğunu, sığır, koyun, keçi ve manda gibi ruminant türleri oluşturmaktadır. Bu türler, hayvancılık endüstrisinden elde edilen proteinin yarısından fazlasını, esas olarak süt ve et formunda sağlamaktadır (FAO, 2024). 1961 yılından 2022 yılına kadar, dünya genelinde çiğ sığır sütü üretimi 313 milyon tondan 753 milyon tona yükselmiştir; keçi sütü üretimi 6,97 milyondan 19,19 milyon tona, koyun sütü üretimi 5,10 milyondan 10,09 milyon tona, manda sütü üretimi ise 17,86 milyondan 143,57 milyon tona çıkmıştır (FAOSTAT, 2024). Süt üretimindeki bu önemli artış, yüksek süt verimine yönelik sürekli genetik seleksiyonun yanı sıra, yönetim, barınak koşulları, besleme ve veteriner hizmetlerindeki iyileştirmelere atfedilmektedir (Carta ve ark., 2009; Gross, 2022). Bu nedenle, yüksek verimli ruminantlar, verimliliklerini, sağlıklarını ve refahlarını korumak amacıyla ele alınması gereken çeşitli stres kaynaklı etmenlere maruz kalmaktadır. Hayvan refahının iyileştirilmesi önemlidir; çünkü iyi refah, kamuoyu nezdinde sürdürülebilir üretim sistemlerinin ve kaliteli ürünlerin göstergesi olarak kabul edilmekte, aynı zamanda ekonomik açıdan da fayda sağlayabilmektedir (Oltencu ve Broom, 2010).

Stres, ilk olarak Hans Selye tarafından 1936 yılında tanımlanmış ve vücudun içsel ve dışsal çevresel ve fizyolojik faktörler tarafından uyarıldığında gösterdiği sistematik, özgül olmayan adaptif tepki olarak tanımlanmıştır. Ruminantlar, üreme süreci boyunca fizyolojik aşamalarındaki değişiklikler, çevresel koşullar ve beslenme yönetimi nedeniyle kaçınılmaz olarak çeşitli streslere maruz kalırlar. Stres, ruminantların besin sindirilebilirliğini ve sağlık durumunu olumsuz etkiler ve bu da nihayetinde üretim performansında ve ekonomik verimlilikte özellikle genç ruminantlarda azalmaya yol açar. Hayvancılık sektörü ve toplum genelinde, hayvan stresinin dikkat edilmesi gereken önemli bir sorun olduğu giderek daha fazla kabul edilmektedir. Hayvan sağlığı, refahı ve verimliliği üzerindeki etkileriyle, hayvan yönetimi prosedürlerinin iyileştirilmesi ve/veya seçici ıslah yoluyla hayvan stresinin en aza indirilmesi, bir öncelik haline gelmektedir. Biyoteknolojinin gelişimiyle birlikte, giderek daha fazla bitkisel biyoaktif madde izole edilip tanımlanmış ve bunların bazılarının hayvan stresini hafifletmede rol oynadığı bulunmuştur. Öte yandan, Alkalın Mineraller Kompleksi (AMC), hayvanlar üzerinde biyolojik faydalar ve terapötik etkiler gösterdiği kanıtlanmıştır. Rumen, ruminantlar için hayati bir sindirim organıdır ve büyüme, performans ve genel sağlıklarını önemli ölçüde etkiler. Bitkisel biyoaktif maddeler ve AMC, rumen fonksiyonunda

değişiklikler indukleyerek ruminantların sağlık ve gelişimlerini etkileyebilir (Dong ve ark., 2024).

RUMİNANTLARDA STRESİN FİZYOLOJİSİ VE VERİM ÜZERİNE ETKİLERİ

Stres, bir organizmanın homeostazını tehdit eden bir duruma karşı verdiği biyolojik yanıtıdır (Moberg, 2000). Fizyologlar, “stres”i homeostazı bozma eğiliminde olan dışsal vücut güçleri olarak tanımlar ve “gerilim”i stresin yol açtığı içsel yer değiştirme olarak tanımlar (Stott, 1981). Dobson ve Smith (2000) tarafından bildirildiği gibi, stres, bir hayvanın çevresiyle başa çıkamamasıyla ortaya çıkar, bu durum genellikle genetik potansiyelin gerçekleştirilmemesi şeklinde kendini gösterir. Genel olarak, stres, bir hayvanın düşman bir çevreye maruz kalmasının bir sonucu olarak görülen bir semptom olarak kabul edilir. Bazılarına göre, stres, tüm çevresel güçlere karşı verilen özgül olmayan bir yanıtıdır; diğerleri ise belirli çevresel güçlerin yol açtığı özgül stres semptomları olduğunu düşünür. Stres terimi bazen düşman çevreyi tanımlamak için de kullanılır (Stott, 1981). Birey, stresin etkilerini hafifletmeye çalışırken (homeostazı korumaya çalışarak) davranışsal yanıtlar ya da hayvanın biyolojisini, yeni bir homeostaz durumu için olası bir yeniden ayarlama amacıyla çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal yanıtları değiştirir (Yousef, 1988).

Hayvancılıkta, stres, aslında, hayvanlar olumsuz çevresel koşullara maruz kaldığında kaçınılmaz olarak ortaya çıkan bir refleks yanıt olarak düşünülmüştür ve bu durum, rahatsızlıktan ölüme kadar birçok olumsuz sonucun nedenidir (Etim ve ark., 2013). Hayvanlar üzerinde sürekli olarak etkili olan çevresel güçler, homeostazı bozarak yeni adaptasyonlara yol açar; bu adaptasyonlar, insanın çıkarları açısından ya zararlı ya da avantajlı olabilir (Stott, 1981). Doğal çevre, çeşitli potansiyel düşman stres faktörlerinden oluşur. Bir organizmanın hücrelerinin, çok dar bir fizyolojik sınır içinde tutulması yaşamın temel bir gerekliliğidir. Sabit bir iç ortamın korunması, fizyolojik ve davranışsal homeostatik adaptasyonlarla sağlanır. Homeostazın fizyolojik düzenlenmesi, esas olarak böbrek üstü bezlerinden salgılanan hormonlar tarafından sağlanan karmaşık endokrin etkileşimlerle elde edilir (Harvey ve diğ., 1984).

Stres, çevredeki herhangi bir değişikliktir; iklimdeki veya yönetimdeki bir değişiklik, hayvanın davranışsal ve fizyolojik bir yanıt vermesini sağlamak için yeterince şiddetli olmalıdır. Bir hayvanın çevresiyle başa çıkamaması, stresin göstergesidir ve bunun sonucunda optimum üretim

ve üreme sağlanamaz. Çevresel ve yönetsel stres faktörleri, verimliliği azaltır ve hayvancılık üretim işletmelerine her yıl potansiyel kârlılığın kaybı olarak milyarlarca dolar zarar ettirir. Bu nedenle, çiftlik hayvanlarının stres faktörlerini tanımlamak ve anlamak, çiftçilere hayvanları uygun ortamlarda (konfor bölgelerinde) yetiştirmede ve verimliliklerini artırmak için doğru yönetim uygulamaları kullanmada etkin bir şekilde rehberlik edecektir, böylece hayvancılık üretim işletmelerine zarar gelmesini önlemiş olacaktır. Finansal açıları bir kenara bırakarak, hayvanların önlenebilir strese maruz kalması, biyoteknoloji kullanılsa da kullanılmasa da refahı tehlikeye atar. Stres faktörlerinin üreme gibi önemli bir işlev için zararlı olabileceği gerçeği, stresin önemini vurgular ve ne zaman mümkünse en aza indirilmesi gerektiğini belirtir. Hayvancılık çiftçilerinin, çevresel faktörleri ve yönetim uygulamalarını tanıyamaması veya fark edememesi, hayvanların daha düşük performans ve üreme yeteneği ile sonuçlanarak hayvan ve hayvansal ürünlerin arzında azalmaya yol açabilir. Evcil çiftlik hayvanlarının verimliliğini etkileyen stres faktörlerinin ve çevredeki stresi hafifletebilecek yönetim uygulamalarının anlaşılması, hayvanların konforunu artıracak ve güvenli, verimli ve düşük maliyetli bir gıda arzını sürdürecektir (Gebregeziabhear ve ark., 2015).

VERİMLİLİK VE ANTİSTRES AMAÇLI KULLANILAN BAŞLICA YEM KATKI MADDELERİ

Yem katkı maddeleri; yem enzimleri, aroma geliştiriciler, organik asitler, renklendiriciler, detoksifiye ediciler, koruyucular, antioksidanlar ve bitkileri içermektedir (Hashemi ve Davoodi 2011). Bitkilerde doğal olarak bulunan biyoaktif bileşikler (alkaloidler, glikozitler, tanenler, uçucu yağlar, fenolik bileşikler ve diğerleri), hayvan vücutlarını belirli şekillerde etkiler: antibakteriyel özelliklere sahiptirler, bağışıklık sisteminin işleyişini iyileştirirler, lezzeti artırarak yem alımını ve iştahı düzenlerler, sindirim sisteminin işlevlerini düzenlerler (Mirzaei-Aghsaghali 2012), metabolizmayı baskılar veya teşvik ederler, ayrıca hayvansal ürünlerin duyuşal ve besinsel özelliklerini şekillendirirler (Grela et al. 1998, Meineri et al. 2010).

Fitobiyotikler (Bitki Ekstraktları)

Fitogenik yem katkı maddeleri, hayvanlar ve hayvansal üretim için çeşitli faydaları olan farmakolojik bitki bileşenleridir. Bu faydalar arasında büyüme performansının artırılması, sağlık, üreme, ürün kalitesi iyileştirmeleri ile emisyonların ve toksisitenin azaltılması yer alır. Bitkisel

ürünler erişilebilir, hazırlanması kolay ve uygun maliyetlidir. Ayrıca, bu ürünler daha az kalıntı bırakır, daha az toksiktir, hayvansal üretimde daha az yan etkiye sahiptir ve genellikle insanlar için güvenlidir. Bununla birlikte, bitkiler farklı miktarlarda farmakolojik olarak aktif birçok bileşen içerir ve bu içerikler partiden partiye değişiklik gösterebilir; bu nedenle fitogenik yem katkılarının etkinliği ve etki mekanizmaları henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. Bilinen etki mekanizmaları arasında:

Antimikrobiyal,

İmmünomodülatör,

Antioksidan,

Bağırsak mikrobiyotasını düzenleyici aktiviteler yer almaktadır.

Fitobiyotik yem katkı maddeleri ayrıca uygulama özelliklerine göre bağışıklık güçlendiriciler, hormon düzenleyiciler, antistres ajanlar, antimikrobiyal ajanlar, böcek kovucular, iştah uyarıcılar, üreme düzenleyiciler, besi ajanları, laktasyon düzenleyiciler, hastalık kontrol ajanları ve yem koruyucu ajanlar olarak da sınıflandırılabilir (Wang ve ark., 2024).

Yapılan araştırmalarda; Ruminantlarda, kekik (Nieto ve ark., 2010), biberiye (*Salvia rosmarinus*) yaprakları (Nieto ve ark., 2011) ve meyan kökü ekstraktı (Zhang ve ark., 2015) lipid oksidasyonunu azaltmış ve kuzu eti kalite parametrelerini iyileştirmiştir. Ayrıca, bitkiler taşıma stresinin et kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletebilir. Diyet takviyesi olarak kekik esansiyel yağı veya kuersetin kullanımı, taşıma stresine bağlı damlama kaybını etkili bir şekilde azaltmış (Zou ve ark., 2017) ve soğuk karkas ağırlığı, randıman, pH ve renk gibi diğer et özelliklerini de iyileştirmiştir (Zou ve ark., 2016).

Canlı Maya ve Probiyotikler

Maya kültürü (MK), aktif mayalar tarafından sıvı ve katı fermantasyon yoluyla elde edilen, konsantre edilmiş ve kurutulmuş maddelerdir (küçük peptitler, amino asitler, vitaminler, çeşitli enzimler ve nükleik asitler içerir), fermente edildikten sonra kültür ortamında bulunan çeşitli besin maddeleri, bu maddelerin bileşimi, özellikle fermantasyon suşu, ortam oranı ve fermantasyon süreci koşulları ile belirlenir. Birçok araştırma, maya kültürünün rumen fermantasyonunu optimize ederek lif sindirilebilirliğini artırabileceğini, stresi hafifletebileceğini, üretim performansını iyileştirebileceğini ve hayvan refahını artırabileceğini göstermiştir (Ghazanfar ve ark., 2019; Perdomo ve ark., 2020). Shen'in çalışmasında, MK ile besleme, sığır eti rasyonlarında şu anda kullanılan antibiyotiklerden daha iyi performans göstermiş veya en az onlara eşit olmuştur ve bu, sığır eti üretimi için doğal bir alternatif olabilir (Shen ve ark., 2018).

Probiyotikler, FAO/WHO (2002) tarafından “canlı mikroorganizmalar, uygun miktarlarda verildiğinde, konakçıya sağlık yararı

sağlayan” olarak tanımlanmıştır. Probiyotikler, genellikle canlı ve patojen olmayan organizmalardır; bunların takviyesi, diğer patojenik mikroplarla rekabet ederek konak sağlığını iyileştirir (Uyeno et al., 2015). Probiyotiklerin uygulanması konusundaki araştırma ilgisi, ruminant üretiminde giderek artmaktadır çünkü probiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının dengesini korumaya yardımcı olur ve geleneksel antibiyotik kullanımına alternatif olarak hareket eder. Tropikal hayvanlarla yapılan güncel çalışmalar, ruminantlar için yem takviyesi olarak kullanılan probiyotiklerin, büyümeyi ve üretim verimliliğini artırdığını, sağlık ve genel refahı iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Bakr et al., 2015; Raabis et al., 2019). Isı stresi nedeniyle azalmış yem alımı, tropikal bölgelerde yaygın olarak gözlemlenen bir sorundur.

Probiyotik takviyesi, yem alımını iyileştirir ve kısmen ısı stresine karşı mücadele eder (Cai et al., 2021). Probiyotikler ısı stresinin olumsuz etkilerini iyileştirmeye yardımcı olurlar. Bu nedenle, verimlilikteki artış genellikle artan kuru madde alımıyla ilişkilidir (Kulkarni ve ark., 2022). Nasiri ve ark. (2018), canlı maya ile beslenen süt ineklerinin, ısı stresine karşı hormonal aktivite ve over foliküler dinamiklerdeki değişiklikler nedeniyle üreme performanslarının arttığını bildirmiştir. Ayrıca, maya takviyesi yapılan gruptaki sürü verimliliğinin (%70.4) kontrol grubuna (%55.5) kıyasla 120. günde postpartum dönemde arttığını rapor etmişlerdir. Maya takviyesi, negatif enerji dengesinin olumsuz etkilerini iyileştirerek, geçiş dönemi süt ineklerinde over fonksiyonunu ve üreme performansını artırır (Nasiri ve ark., 2018).

Organik Asitler ve Tuzları

Yem asidifikasyonunda yaygın olarak kullanılan organik asitler, çeşitli yem maddelerinde doğal bileşikler olarak bulunur ve hayvanlarda metabolizma sırasında üretilir. Bakterilere, mantarlara veya küflere karşı savunma etkileriyle bilinen bu asitler, yem endüstrisinde bu patojenlere karşı bir yemde profilaktik önlem olarak uygulanmıştır (Frank, 1994). Performans ve sağlık artırıcı etkiler, fumarik, formik, laktik ve sitrik asitler ve tuzları gibi birçok organik asit için açıklanmıştır (Yang ve ark., 2018). Hijyen etkilerinin ve buna bağlı olarak patojen alımının azalmasının yanı sıra, bu asitlerin yem sindirimi, besin sindirilebilirliği, bağırsak florasında eubiyoz, sağlık ve performans artırıcı etkileri de birçok çalışmada açıklanmıştır (Overland ve ark., 2009 Ndelekwute ve ark., 2016). Bu nedenle, hayvancılık beslenmesinde asidifikatörler, yem, bağırsak ve hayvanların metabolizması aracılığıyla etkilerini göstererek maliyet-etkin bir performans artırıcı seçenek sunmaktadır (Roth ve ark., 2017).

Organik asit takviyesi, süt ineklerinin gastrointestinal sistemindeki besin maddelerinin kullanımını iyileştirir. Ayrıca, organik asitler, ısı stresi sırasında ineklerin vücudundaki toksik metabolitleri, patojenlerin kolonizasyonunu ve endokrin değişiklikleri azaltabilir. Organik asitlerin

takviyesi, protein biyoyararlanımını ve magnezyum, kalsiyum, fosfor ve çinko gibi minerallerin alımını iyileştirir (Hinton ve ark., 1988; Thompson ve Hinton, 1997). Fumarik asit, sitrik asit, formik asit gibi organik asitler, yem sindirilebilirliğini artırmak için büyüme teşvikçileri olarak kullanılmıştır. Organik asit takviyesi, süt kalitesini de iyileştirebilir. Portakal ekstresi beslemesi, yüksek verimli ineklerde, orta sıcaklıkta yaz döneminde somatik hücre sayısını azaltmıştır (Soderstrom, 2012).

Antioksidanlar (Vitamin ve Mineraller)

Antioksidan besinlerin diyetel ve doku dengesi, serbest radikal hasarına karşı dokuları korumada önemlidir. Antioksidan fonksiyon, en azından kısmen, önemli bağışıklık hücrelerinin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünü koruyarak bağışıklığı artırabilir. Zayıflamış bir bağışıklık sistemi, hastalıklara karşı artan duyarlılıkla birlikte, hayvan üretim verimliliğinde azalmaya yol açar ve bu da artan hayvan morbidite ve mortalitesine neden olur (McDowell, 2002). Son birkaç yılda, serbest radikal hasarının tespiti ve buna karşı korunma, ruminant üretimi/üremesiyle ilgili çalışmalarda çok önemli hale gelmiştir çünkü lipid peroksidasyonu seviyesi ve antioksidan durumu, yalnızca metabolik parametreler yerine hayvanın metabolik durumu hakkında tamamlayıcı bilgiler sunar (Castillo ve ark., 2003). Antioksidanların gerekliliği/katkısı, hayvanın yaşamındaki farklı aşamalarda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla açıktır, örneğin ısı stresi sırasında oositler üzerindeki retinolün koruyucu etkisi (Lawrence ve ark., 2004), sığır embriyosunun hücrel metabolik yollarının oksijenle düzenlenmesi (Harvey, 2007) ve kuru dönemde vitamin E takviyesi yapılmayan ineklerin kolostrumunda yeni doğmuş buzağılar için yetersiz vitamin E sağlanması (Quigley III ve Drewry, 1998).

Antioksidan mikrobeseinler, vitaminler (A, C ve E vitaminleri) ve mineraller (bakır, çinko ve selenyum) olarak tanımlanır (Adjepong et al., 2016; Mohammed ve diğ., 2024a). Son birkaç on yılda, ruminant türlerinin normal ve stresli koşullarındaki üretkenlik ve üreme performanslarını artırmak veya işlev bozukluklarını tedavi etmek amacıyla antioksidan mikrobeseinlerin fonksiyonları ve takviyeleri konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Senosy et al., 2017; Rathor et al., 2023). Ruminant türlerine stresli geçiş dönemi boyunca antioksidan mikrobesein takviyesi, üreme ve üretimdeki olumsuz etkileri aşmak için önemli bir rol oynamaktadır (Zhou et al., 2023). Doğum sonrası estrus döngüsünün yeniden başlaması ve erken başlaması, laktasyonun sürdürülmesi ve maksimize edilmesi, yeni doğanların vücut ağırlığı artışı, doğum sonrası bir talep olarak devam etmektedir (Mohammed ve Al-Suweigh 2023; Mohammed ve diğ. 2024b). Antioksidan mikrobeseinler, besin metabolizması, hücreleri hasardan koruma, sinir sistemi ve endokrin normal fonksiyonları, bağışıklık fonksiyonları, büyüme ve üreme gibi birçok işlevde rol oynamaktadır. Birçok hücrel metabolizma

yönü, antioksidanlar aracılığıyla kontrol edilmiş ve değiştirilmiştir, bu da çeşitli çalışmalarda doğrulanmıştır (Luddi et al., 2016).

Mannan Oligosakkaritler (MOS) ve Beta-Glukanlar

Son yıllarda bilim insanları, tek midneyi olan hayvanlar ve ruminantlar üzerinde, kritik dönemler olan adaptasyon ve geçiş dönemlerinde doğal ürünler ve organik minerallerin kullanımını incelemişlerdir (Ferroni ve ark., 2020; Lopreiato ve ark., 2020). Prebiyotikler ve probiyotikler, son zamanlarda hayvan yemine diyet eklemesi olarak kullanılan avantajlı ürünler olarak dikkat çekmiştir; bunlar arasında karmaşık karbonhidrat molekülleri, mannan oligosakkaritler (MOS), mannoz olarak bilinen mannoproteinler, beta-glukanlar ve *Saccharomyces cerevisiae* mayasının dış hücre duvarından elde edilen proteinler yer almaktadır (Diaz ve ark., 2018). MOS, mannoz-spesifik fimbria tip-1'e sahip gram-negatif bakteriler için rekabetçi bağlanma sağlar ve epitelin D-mannoza reseptörlerine bağlanmalarına yardımcı olarak bağırsak mikrobiotasının, sindirilebilirliğin ve buzağılardaki bağırsak sağlığının kompozisyonunu değiştirir (McGuirk, 2008).

Hayvanlarda prebiyotikler ve probiyotiklerin kombinasyonu, hayvan bağışıklık yanıtını, büyüme ve üretimi artırmada değerli olup, bu katkı maddelerinin hayvan yemine dahil edilmesinde yeni ufuklar açmaktadır. Bu yem katkı maddelerinin bağışıklık uyarımı, sindirim sistemi mikrobiotası ve rumen pH düzenlemesi üzerindeki olası etkileri, hayvanların sağlığını, sindirilebilirliğini ve performansını iyileştirmektedir (Silberberg ve ark., 2013; Ovinge ve ark., 2018). Prebiyotikler aynı zamanda probiyotiklerin etkisini artırmak için kullanılabilir. Bu ürünlerin kombinasyonunun sinerjik etkileri vardır ve bu etki, bağırsak mikrobiotasını uyarmak ve hayvan üretimini artırmak için daha verimli olabilir. Ancak, uygun prebiyotik ve probiyotiklerin seçilmesi, simbiyotik bir formül oluşturmak için çok önemlidir (Uyeno ve ark., 2015). Stresli koşullarda, yemlere eklenen MOS ve maya kombinasyonunun, bağışıklık modülasyonu ve anti-inflamatuar potansiyeli nedeniyle karaciğer fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirilmiştir (Zeeshan ve ark., 2023).

SONUÇ

Ruminant hayvan yetiştiriciliğinde stres faktörlerinin yönetimi, hayvan sağlığını ve üretim performansını doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur. Isı stresi, yem değişiklikleri, transport, aşılama ve çevresel faktörler gibi çeşitli stres kaynakları; yem tüketiminde azalma, bağışıklık sisteminde baskılanma, üreme performansında düşüş ve genel verim kayıplarına neden olabilmektedir. Bu doğrultuda, ruminant beslenmesinde stresin olumsuz etkilerini azaltmak ve üretim performansını desteklemek amacıyla çeşitli yem katkı maddelerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu çalışmada incelenen yem katkı maddeleri — özellikle fitobiyotikler, probiyotikler, prebiyotikler, canlı mayalar ve organik asitler hem sindirim sistemi sağlığını destekleyerek besin maddelerinin daha etkin kullanımını sağlamakta hem de bağışıklık sistemini güçlendirerek stres koşullarında hayvanların fizyolojik dengesini korumaktadır. Ayrıca bu katkılar, yemden yararlanmayı artırarak et, süt ve diğer hayvansal ürünlerde kalite ve verim artışına katkı sağlamaktadır. Stresle mücadelede kullanılan yem katkı maddeleri arasında doğal kaynaklı olanların (fitobiyotikler, esansiyel yağlar, bitkisel ekstraktlar vb.) öne çıkması, tüketici sağlığı ve sürdürülebilir üretim açısından da önemli avantajlar sunmaktadır. Antibiyotik kullanımının sınırlandırıldığı modern hayvancılıkta, bu doğal katkı maddeleri antibiyotiklere alternatif olarak değerlendirilmektedir. Ancak yem katkı maddelerinin etkinliği; dozaj, hayvanın fizyolojik durumu, çevresel koşullar ve katkının kimyasal-biyolojik özellikleri gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle katkı maddelerinin kullanımı, bilimsel temellere dayandırılarak dikkatle planlanmalı; etkili sonuçlar alınabilmesi için katkılarının uygun doz ve sürelerde uygulanması sağlanmalıdır.

Yem katkı maddelerinin seçiminde hayvan türü, yaş grubu, üretim amacı ve çevresel stres faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle stresli dönemlerde (örn. kuraklık, aşırı sıcaklık, sevkıyat öncesi) bu katkılarının kullanımı artırılmalı ve uygulama süreleri optimize edilmelidir. Her katkı maddesinin etkisi farklı olduğu için, sinerjik etki oluşturabilecek kombinasyonların kullanımı araştırılmalı ve rasyon formülasyonuna entegre edilmelidir. Katkı maddeleri ile ilgili daha fazla kontrollü bilimsel çalışma yapılmalı, özellikle stresin biyokimyasal ve fizyolojik göstergeleri üzerindeki etkileri derinlemesine incelenmelidir. Tarımsal ve endüstriyel atıkların katkı maddesi veya taşıyıcı madde olarak kullanımı değerlendirilmeli hem çevre dostu hem de ekonomik çözümler sunulmalıdır.

Sonuç olarak, ruminant beslenmesinde yem katkı maddelerinin doğru ve bilinçli kullanımı, sadece stresin etkilerini hafifletmekle kalmayıp, aynı zamanda hayvancılık işletmelerinin sürdürülebilirliğini ve karlılığını da olumlu yönde etkilemektedir.

REFERANSLAR

Adjepong, M., Agbenorku, P., Brown, P., & Oduro, I. (2016). The role of antioxidant micronutrients in the rate of recovery of burn patients: A systematic review. *Burns & Trauma*, 4, 18.

Bakr, H. A., Hassan, M. S., Giadinis, N. D., Panousis, N., Ostojic-Andric, D., El-Tawab, A., & Bojkovski, J. (2015). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on health and performance of dairy cows during transition and early lactation period. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(3), 349–364.

Cai, L., Yu, J., Hartanto, R., & Qi, D. (2021). Dietary supplementation with *Saccharomyces cerevisiae*, *Clostridium butyricum* and their combination ameliorate rumen fermentation and growth performance of heat-stressed goats. *Animals*, 11(7), 1–9.

Carta, A., Casu, S., & Salaris, S. (2009). Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 92, 5814–5833.

Castillo, C., Hernández, J., López-Alonso, M., Miranda, M., & Benedito, J. L. (2003). Values of plasma lipid hydroperoxides and total antioxidant status in healthy dairy cows: Preliminary observations. *Archiv Tierzucht*, 46, 227–233.

Diaz, T. G., Branco, A. F., Jacovaci, F. A., Jobim, C. C., Bolson, D. C., & Daniel, J. L. P. (2018). Inclusion of live yeast and mannan-oligosaccharides in high grain-based diets for sheep: Ruminal parameters, inflammatory response and rumen morphology. *PLoS ONE*, 13(2), 1–12.

Dobson, H., & Smith, R. F. (2000). What is stress and how does it affect reproduction? *Animal Reproduction Science*, 60–61, 743–752.

Dong, X., Chen, J., Zhou, Z., & Hu, R. (2024). Nutrition regulation and stress in ruminant. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1456709.

Etim, N. N., Williams, M. E., Evans, E. I., & Offiong, E. E. (2013). Physiological and behavioural responses of farm animals to stress: Implications to animal productivity. *American Journal of Advanced Agricultural Research*, 1, 53–61.

FAO/WHO. (2002). *Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food*. Report of a Joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Retrieved from http://www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf

FAO. (2024). *Ruminants in agri-food systems*. Retrieved from <https://www.fao.org/in-action/enteric-methane/background/ruminants-in-agrifood-systems/en>

FAOSTAT. (2024). Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>

Ferroni, L., Lovito, C., Scoccia, E., Dalmonte, G., Sargenti, M., Pezzotti, G., Maresca, C., Forte, C., & Magistrali, C. F. (2020). Antibiotic consumption on dairy and beef cattle farms of central Italy based on paper registers. *Antibiotics*, 9(5).

Gebregeziabhear, E., Ameha, N., Zeit, D., & Dawa, D. (2015). The effect of stress on productivity of animals: A review. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(3), 165–172.

Ghazanfar, S., Khalid, N., Ahmed, I., & Imran, M. (2019). Probiotic yeast: Mode of action and its effects on ruminant nutrition. In A. Morata (Ed.), *Yeast—Industrial Applications* (pp. 186–188). London: IntechOpen.

- Grela, E., Sembratowicz, I., & Czech, A. (1998). Immunostimulating effects of herbs (in animals and humans). *Medycyna Weterynaryjna*, 54(3), 152–158.
- Gross, J. J. (2022). Limiting factors for milk production in dairy cows: Perspectives from physiology and nutrition. *Journal of Animal Science*, 100, skac044.
- Harvey, S., Philips, J. G., Rees, A., & Hall, T. R. (1994). Stress and adrenal function. *Journal of Experimental Zoology*, 232(3), 633–645.
- Harvey, A. J. (2007). The role of oxygen in ruminant preimplantation embryo development and metabolism. *Animal Reproduction Science*, 98, 113–128.
- Hashemi, S. R., & Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35(3), 169–180.
- Hinton, M., & Linton, A. H. (1988). Control of salmonella infections in broiler chickens by the acid treatment of their feed. *Veterinary Record*, 123, 416–421.
- Kulkarni, N. A., Chethan, H. S., Srivastava, R., & Gabbur, A. B. (2022). Role of probiotics in ruminant nutrition as natural modulators of health and productivity of animals in tropical countries: An overview. *Tropical Animal Health and Production*, 54(2), 110.
- Luddi, A., Capaldo, A., Focarelli, R., Gori, M., Morgante, G., Piomboni, P., & De Leo, V. (2016). Antioxidants reduce oxidative stress in follicular fluid of aged women undergoing IVF. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 14(1), 57.
- Lopreiato, V., Mezzetti, M., Cattaneo, L., Ferronato, G., Minuti, A., & Trevisi, E. (2020). Role of nutraceuticals during the transition period of dairy cows: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), 1–18.
- McDowell, L. R. (2002). Recent advances in minerals and vitamins on nutrition of lactating cows. *Pakistan Journal of Nutrition*, 1, 8–19.
- McGuirk, S. M. (2008). Disease management of dairy calves and heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24(1), 139–153.
- Meineri, G., Cornale, P., Tassone, S., & Peiretti, P. G. (2010). Effects of chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian Journal of Animal Science*, 9, 45–49.
- Mirzaei-Aghsaghali, A. (2012). Importance of medical herbs in animal feeding: A review. *Annals of Biological Research*, 3(2), 918–923.
- Moberg, G. P. (2000). When stress becomes distress. In G. P. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* (pp. 11–12). CABI Publishing.
- Mohammed, A. A., & Al-Suweigh, S. (2023). Impacts of *Nigella sativa* inclusion during gestation and lactation on ovarian follicle development, as well as the blood and metabolic profiles of Ardi goats in subtropics. *Agriculture*, 13, 674.
- Mohammed, A. A., AlGherair, I., Al-Suwaiegh, S., Al-Khamis, S., Alessa, F., Al-Madni, A., & Al-Ghamdi, A. (2024a). Effects of nutritive and non-nutritive feed supplements on feed utilization, growth and reproductive performances in mammals. *Indian Journal of Animal Research*, 58(4), 615–621.
- Mohammed, A. E. N. A., Al-Shaheen, T., Al-Saiady, M., & El-Waziry, A. (2024b). Effect of dietary source of omega-3 fatty acids on milk production, fatty acid profiles and IGF-1 of lactating dairy cows in arid subtropics. *Pakistan Journal of Zoology*, 56(5), 2319.

Nasiri, A. H., Towhidi, A., Shakeri, M., Zhandi, M., Dehghan-Banadaky, M., & Colazo, M. G. (2018). Effects of live yeast dietary supplementation on hormonal profile, ovarian follicular dynamics, and reproductive performance in dairy cows exposed to high ambient temperature. *Theriogenology*, 122, 41–46.

Ndelekwute, E. K., Assam, E. D., & Ekere, P. C. (2016). Effect of organic acid treated diets on growth, apparent nutrient digestibility and faecal moisture of broiler chickens. *Nigerian Journal of Animal Science*, 43(2), 218–223.

Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., & Garrido, M. D. (2010). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat Science*, 85(1), 82–88.

Nieto, G., Estrada, M., Jordán, M. J., Garrido, M. D., & Bañón, S. (2011). Effects in ewe diet of rosemary by-product on lipid oxidation and the eating quality of cooked lamb under retail display conditions. *Food Chemistry*, 124(4), 1423–1429.

Oltencu, P., & Broom, D. (2010). The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare*, 19, 39–49.

Overland, M., Bikker, P., & Fledderus, J. (2009). Potassium diformate in the diet of reproducing sows: Effect on performance of sows and litters. *Livestock Science*, 122, 241–247.

Ovinge, L. A., Sarturi, J. O., Galyean, M. L., Ballou, M. A., Trojan, S. J., Campanili, P. R. B., Alrumaih, A. A., & Pellarin, L. A. (2018). Effects of a live yeast in natural-program finishing feedlot diets on growth performance, digestibility, carcass characteristics, and feeding behavior. *Journal of Animal Science*, 96(2), 684–693.

Perdomo, M. C., Marsola, R. S., Favoreto, M. G., Adesogan, A., Staples, C. R., Santos, J. E. P., et al. (2020). Effects of feeding live yeast at two dosages on performance and feeding behavior of dairy cows under heat stress. *Journal of Dairy Science*, 103, 325–339.

Quigley, J. D., & Drewry, J. J. (1998). Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and post-calving. *Journal of Dairy Science*, 81, 2779–2790.

Raabis, S., Li, W., & Cersosimo, L. (2019). Effects and immune responses of probiotic treatment in ruminants. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 208, 58–66.

Rathor, A., Jain, R. K., Keshri, A., Aich, R., & Mudgal, V. (2023). Beneficial effects of antioxidant micronutrients during peri-parturient period on reproductive, udder and body performance of crossbred cows. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 6, 100099.

Roth, N., Mayrhofer, S., Gierus, M., Weingut, C., Schwarz, C., Doupovec, B., & Domig, K. J. (2017). Effect of an organic acids based feed additive and enrofloxacin on the prevalence of antibiotic-resistant *E. coli* in cecum of broilers. *Poultry Science*, 96(11), 4053–4060.

Shen, Y. Z., Wang, H. G., Ran, T., Yoon, I., Saleem, A. M., Yang, W. Z., et al. (2018). Influence of yeast culture and feed antibiotics on ruminal fermentation and site and extent of digestion in beef heifers fed high grain rations. *Journal of Animal Science*, 96, 3916–3927.

Soderstrom, J. M. (2012). *Impacts of feeding a citrus extract on measures of heat stress and productive performance of high producing dairy cows during summer heat* (Master's thesis). University of California, Davis.

Senosy, W., Kassab, A. Y., & Mohammed, A. A. (2017). Effects of feeding green microalgae on ovarian activity, reproductive hormones and metabolic parameters of Boer goats in arid subtropics. *Theriogenology*, 96, 16–22.

Silberberg, M., Chaucheyras-Durand, F., Commun, L., Mialon, M. M., Monteils, V., Mosoni, P., Morgavi, D. P., & Martin, C. (2013). Repeated acidosis challenges and live yeast supplementation shape rumen microbiota and fermentations and modulate inflammatory status in sheep. *Animal*, 7(12), 1910–1920.

Stott, G. H. (1981). What is animal stress and how is it measured? *Journal of Animal Science*, 52(1), 150–153.

Thompson, J. L., & Hinton, M. (1997). Antibacterial activity of formic and propionic acids in the diet of hens on *Salmonella* in the crop. *British Journal of Nutrition*, 38, 59–65.

Uyeno, Y., Shigemori, S., & Shimosato, T. (2015). Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. *Microbes and Environments*, 30(2), 126–132.

Wang, J., Deng, L., Chen, M., Che, Y., Li, L., Zhu, L., & Feng, T. (2024). Phytogenic feed additives as natural antibiotic alternatives in animal health and production: A review of the literature of the last decade. *Animal Nutrition*, 17, 244–264.

Yang, X., Xin, H., Yang, C., & Yang, X. (2018). Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 4(4), 388–393.

Yousef, M. K. (1988). Animal stress and strain: Definition and measurements. *Applied Animal Behaviour Science*, 3, 119–126.

Zeeshan, M., Masood, S., Ashraf, S., Bokhar, S. G., Zainab, H., Ijaz, S., & Usman, M. M. (2023). Manda buzağlarında performans, rumen morfolojisi, serum biyokimyasal parametreleri ve kas morfometrik özellikleri üzerinde mannan-oligosakkarit ve canlı maya yem katkı maddelerinin etkinliği. *arXiv Preprint*, arXiv:2308.07456.

Zhang, Y., Luo, H., Liu, K., Jia, H., Chen, Y., & Wang, Z. (2015). Antioxidant effects of liquorice (*Glycyrrhiza uralensis*) extract during aging of *longissimus thoracis* muscle in Tan sheep. *Meat Science*, 105, 38–45.

Zou, Y., Xiang, Q., Wang, J., Wei, H., & Peng, J. (2016). Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress. *Livestock Science*, 192, 33–38.

Zou, Y., Hu, X. M., Zhang, T., Wei, H. K., Zhou, Y. F., Zhou, Z. X., & Peng, J. (2017). Effects of dietary oregano essential oil and vitamin E supplementation on meat quality, stress response and intestinal morphology in pigs following transport stress. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79(2), 328–335.

Zhou, C., Zhang, H., Wu, Y., & Ahmed, N. (2023). Effect of nanoselenium on exosome secretion associated with sperm maturation within the epididymis. *Micron*, 175, 103545.

Hayvan Refahı Ve Beslenme Arasındaki İlişki

Esra KAYA

- 1- Ağrı İbrahim Çeçen Yüksekokulu, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu, Eleşkirt/Ağrı, egursoy@agri.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4697-7365

GİRİŞ

Hayvan refahı, hayvanların fizyolojik, davranışsal ve psikolojik gereksinimlerinin karşılanması içeren bir kavramdır. Beslenme, hayvan refahının temel bileşenlerinden biridir ve hayvanların sağlıklı bir şekilde yaşayabilmesi, doğal davranışlarını sergileyebilmesi ve optimal verim sağlayabilmesi için uygun beslenme şartlarının sunulması gerekmektedir. Bu bölümde hayvan refahı ile beslenme arasındaki etkileşim incelenecek, beslenmenin refah üzerindeki etkileri ve iyileştirme yöntemleri ele alınacaktır.

BESLENMENİN HAYVAN REFAHI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Beslenme, hayvan refahının önemli bir yönüdür ve hayvan refahına ilişkin çoğu öneride yeterli beslenme temel bir gereklilik olarak kabul edilir (FAWC, 1993; Kyriazakis ve Savory, 1997). Yetersiz beslenme sadece hayvanların biyolojik işlevlerini bozmakla kalmaz, aynı zamanda rahatsız edici bir deneyim olan açlığa da yol açar (Mellor ve Stafford, 2004).

Peki, yeterli beslenme nedir? Yeterli hayvan beslenmesinin ve dolayısıyla yeterli hayvan refahının standardı nedir? Sadece hayvanların besin ihtiyaçlarını karşılayan bir diyet sunmak yeterli midir? Yoğun hayvancılık besleme sistemlerinde genellikle besin gereksinimlerine ait tablo değerlerine dayanarak tek tip formüle edilmiş yemler sunulmaktadır. Sürünün “ortalama” bireyinin tüm besin ihtiyaçları karşılandığında, yeterli beslenmenin sağlandığı varsayılır. Ancak, sürü içindeki bireyler yem tüketimi ve tercihleri, besin ihtiyaçları ve diyetlerindeki besin fazlalıklarına olan toleransları açısından önemli ölçüde farklılık gösterir.

Yem tüketimi ve besin ihtiyaçlarındaki farklılıklar, hayvanların geçmiş deneyimlerinin yanı sıra morfolojik yapılarındaki ve fizyolojik işleyişlerindeki değişikliklere bağlıdır (Provenza et al., 2003). Örneğin, diş yapısındaki farklılıklar, bireysel koyun ve keçilerin otlama verimliliklerini etkiler (Gordon et al., 1996). Organ kütlelerindeki farklılıklar ve hayvanların makro besinleri metabolize etme şekilleri, otlama davranışını etkiler (Konarzewski ve Diamond, 1994). Aynı yaş, cinsiyet ve ırka sahip koyun ve sığırlar bile yem tercihleri açısından farklılık gösterir. Bazı hayvanlar yüksek enerjili yemleri tercih ederken, diğerleri orta ya da düşük enerjili yemleri tercih eder ve seçenek sunulduğunda bireyler diyetlerini gün be gün

değiştirirler (Provenza et al., 1996; Early ve Provenza, 1998; Scott ve Provenza, 1998 ve 1999; Atwood et al., 2001a). Sodyum propiyonatın bazı kuzularda tercih oluşturmalarına rağmen, diğerlerinde isteksizlik meydana getirmesi (Villalba ve Provenza, 1996) ve besi sığırlarında asidoza duyarlılıktaki belirgin farklılıklar (Bevans et al., 2005), bu bireysel çeşitliliğe örnek teşkil eder. Bu nedenle, geleneksel olarak “ortalama” bir hayvan için normal olarak kabul edilen otlama davranışı ve yeterli beslenme, bazı bireyler için geçerli olmayabilir.

Yeterli miktar ve oranda besin maddesi sağlamak için alternatif bir yöntem, hayvanların fizyolojik ihtiyaçlarına göre çeşitli yemler arasından seçim yapmasına olanak tanımadır. Farklı yem seçenekleri sunulduğunda, bireyler özgün gereksinimlerine uygun olarak besin seçimi yapabilir ve böylece yeterli bir beslenme durumu ve refah sağlayabilirler (Manteca et al., 2008). Hayvanlara çeşitli seçenekler arasından seçim yapma imkânı sunmak, hayvan refahını değerlendirmede temel tekniklerden biridir (Fraser ve Broom, 1997).

Yetersiz ve Yanlış Beslenmenin Etkileri

Hayvancılık sektörü, ülke ekonomisine önemli katkılarda bulunmakta ve büyüme oranı artmaktadır. Besleme, hayvancılığın en önemli uygulamalarından biridir. Genelde, tüm hayvanların düşük seviyelerde beslenmesi durumunda daha yüksek üretim için tam genetik potansiyellerini gerçekleştiremedikleri kabul edilmektedir. Genç hayvanların yetersiz beslenmesi, zayıf büyüme, olgunlaşmada gecikme ve üreme yaşı ulaştıktan sonra optimumdan daha düşük verimlilikle sonuçlanır. Yem maliyetleri, toplam üretim maliyetlerinin %65–75'ine kadar çıkabilir. Kaliteli yemler ayrıca üreticilerin gelirlerini artırır. Bu maliyetleri düşürmenin bir yolu, hayvanın dengeli bir diyetle sahip olmasını sağlamaktır. Dengeli bir diyet, hayvanın yaşına, cinsiyetine ve fizyolojik evresine dayalı olarak beslenme ihtiyaçlarını karşılayan bir diyetdir. Yeterli besinler, herhangi bir hayvanın metabolik fonksiyonu ve sağlığı için gereklidir. Besinlerin uzun süreli eksikliği, kondisyon kaybına ve üretkenliğe yol açar. Düşük kaliteli yemler, bazı diyet gereksinimlerinin eksikliğine yol açabilir veya diğer faktörler ciddi beslenme hastalıklarının gelişmesine neden olabilir. Aşırı beslenme, yetersiz beslenme kadar zararlı olabilir. Yemlerde konsantrelerin daha iyi kullanımı (Duncan et al., 2013) ve daha kaliteli kaba yem kullanımı (Patil ve Udo, 1997) önemli unsurlar olarak görülmektedir.

Mineral ve Vitamin Eksiklikleri

Sığırdada sebze yağı takviyelerinin rumen fermantasyonu ve Makro ve mikro besin maddeleri vücutta dört temel rol oynarlar: yapısal, fizyolojik, katalitik ve düzenleyici. Yapısal fonksiyon, organ ve doku yapılarını oluşturan elementleri kapsar (kemik ve dişlerde kalsiyum, magnezyum, fosfor, silikon; kas proteinlerinde fosfor ve kükürt). Fizyolojik fonksiyon, ozmotik basıncı düzenlemek, asit-baz dengesini sağlamak, zar geçirgenliğini ve sinir uyarılarının iletimini düzenlemek amacıyla vücut sıvılarına ve dokulara elektrolitlerin sağlanması içerir (sodyum, potasyum, klorür, kalsiyum, magnezyum). Minerallerin katalitik rolü muhtemelen en önemli işlevdir. Makro ve mikro besinler, enzim ve endokrin sistemlerde katalizör olarak görev yapar; enzim ve hormon işlevlerini başlatan koenzimler olabilirler ve metalloenzimler ile hormonların yapısal ve özgül bileşenlerini oluşturabilirler. Canlı organizmalarda mineral elementler ayrıca hücre çoğalması ve farklılaşmasından da sorumludur. Örneğin çinko transkripsiyonu etkilerken, iyot tiroid fonksiyonları ve enerji süreçlerinden sorumlu bir hormon olan tiroksinin bileşenidir (Suttle 2000).

Geviş getiren hayvanlarda mineral eksikliği, normal vücut fonksiyonu için gerekli metabolik yolları bozabilir hatta durdurabilir ve farklı şiddette klinik semptomlara neden olabilir. Şiddetli makro veya mikro element eksiklikleri, eksik olan elementin vücutta oynadığı işlevlere karşılık gelen belirtilerle kendini gösterir ve bu sayede sağlık sorununun doğru şekilde teşhis edilmesine katkı sağlar. Hafif eksikliklerde ise semptomlar özgül değildir, genellikle geçicidir ve düşük şiddetlerinden dolayı teşhis edilmeleri zordur. Mineral eksikliği genellikle bağışıklığın zayıflamasına, büyümenin durmasına, üreme bozukluklarına ve hayvanlarda verimliliğin azalmasına yol açar. Geviş getiren hayvanlarda, şiddetli eksikliklerden çok subklinik eksiklikler daha yaygın olarak görülür (Radwinska ve Zarczynska, 2014).

Ruminant hayvanlar (sığır, manda, koyun, keçi) fonksiyonel rumene sahip oldukları için, vitaminlerin (suya çözünebilen vitaminler ve yağda çözünebilen Vitamin K hariç) diyetle takviye edilmesine ihtiyaç duymazlar. Güneş ışığına maruz kalan hayvanlar, D vitamini sentezleyebilirler. Benzer şekilde, yeterli yeşil yemler alan hayvanların A ve E vitamini takviyesine ihtiyacı yoktur. Vitamin ve mineral takviyeleri, çeşitli ticari isimler altında pazarda bulunmaktadır. Bu yem katkıları, ihtiyaç duyulduğunda hayvanlara içme suyu ile ya da bir karışım olarak ya da doğrudan yemle karıştırılarak verilebilir. Kullanıldığında, en az 10 gün boyunca sürekli olarak verilmelidir. Yem katkıları, eksiklik hastalıklarını önlemek ve büyümeyi ve üretimi teşvik etmek amacıyla kullanılır (Tomar ve ark., 2022).

Aşırı Beslenme

Hızla fermente olan karbonhidratların yüksek miktarda beslenmesi, rumen pH'ını düşürür, rumen mikrobiyal popülasyonunu değiştirir ve rumen sıvısındaki endotoksin konsantrasyonunu artırır (Nocek, 1997; Andersen, 2003). Örneğin, Andersen (2003), yüksek miktarda tahıl verilen ineklerin rumeninde endotoksin konsantrasyonunun birkaç kat arttığını bildirmiştir. Kolayca fermente olabilen karbonhidratların beslenmesi sonucu osmotik basınçta ve ruminal endotoksinlerde meydana gelen değişiklikler, rumen epitelyumunun hasara uğramasına neden olabilir ve bu da rumen endotoksinlerinin kana geçmesine yol açabilir (Kleen et al., 2003). Ruminal endotoksin, asidoz, yağlı karaciğer, laminitis ve ani ölüm sendromu gibi bir dizi metabolik bozukluğun etiolojisinde rol oynamaktadır (Andersen, 2003; Ametaj et al., 2005).

BESLENME YOLUYLA REFAHI ARTIRMA STRATEJİLERİ

Beslenme dağılımı

Beslenme, sığırların süt üretiminde belirleyici bir faktördür ve dolayısıyla bir inekle ilgili çevresel yanıtı tahmin etmeye yönelik herhangi bir çaba, beslenme yanıtını doğru bir şekilde tanımlamalıdır (Grant, 2006). Bu, beslenme davranışını (yemek sayısı, yemeklerin süresi, günlük-gece dağılımı) bilmekle birlikte, ayrıca günlük kuru madde alımı (DMI) ve bunun sindirim fonksiyonları üzerindeki sonuçlarını anlamayı gerektirir: rumen ve bağırsak süreçleri, geviş getirme aktivitesi, dışkı özellikleri vb. Yemler ve diyetlerin yanı sıra, yem dağıtım zamanlaması da önemli bir yönetim aracı olarak tanımlanmıştır. Daha yüksek yem mevcudiyetine tabi tutulan inekler, gece boyunca daha uzun ve büyük öğünler yemiş ve daha yüksek DMI (günlük kuru madde alımı) göstermiştir (Calamari et al., 2006). Bu, iyi bir beslenme yönetiminin, gece boyunca aşırı alım düşüşünü önleyerek, gün boyunca daha düzgün bir yem alımını teşvik edebileceğini öne sürmektedir (Calamari et al., 2006).

Yem teslimatı zamanının seçimi, beslenme davranışını da iyileştirebilir; DeVries ve von Keyserlingk (2005), ineklere sağım sonrası 6 saat sonra yem verildiğinde, toplam günlük beslenme zamanında %12,5'lik bir artış gözlemlenmiştir. Ancak, sağım sonrası 6 saat yem verilmesi, ineklerin günlük yatma süresini değiştirmemiş, ancak sağım sonrası yatma süresinin başlamasını 20 dakika azaltmıştır (DeVries ve von Keyserlingk, 2005), bu da çevresel mastitist riski yaratmaktadır.

Beslenme sıklığı doğrudan ineklerin zaman düzenini etkileyebilir ve böylece hayvanın dinlenme imkanını interferans yapabilir. Gerçekten de sık beslenen (günde 4 kez) inekler, sabah daha az zaman harcamış ve akşam daha fazla zaman geçirmiş ve gece-gündüz uyuma ve geviş getirme farkı daha az olmuş, daha az sıklıkla beslenen ineklere göre süt veriminde azalma gözlemlenmiştir (Phillips ve Rind, 2001). Grant (2006) göre, daha yüksek süt üretimi yapan ilk %10'luk ineklerin dinlenme süresi günde 14.1 saat, diğerlerinin ise 11.8 saat olup, fark, koridorlarda ayakta durma zamanı (1.1 saat vs 2.2 saat) ve oturma zamanı (0.5 saat vs 1.4 saat) ile ilgilidir. Bu nedenle, ineklerin dinlenme düzenini bozacak herhangi bir operasyonu mümkün olduğunca azaltmak önemlidir.

Yem yağlarının yüksek enerji değeri ve yüksek kullanım verimlilikleri göz önüne alındığında, neden süt rasyonlarının yağ içeriği nispeten düşük seviyelere (yüzde 10'dan az) sınırlıdır? İronik bir şekilde, yüksek enerjili yağları rumenlere beslemenin bazı durumlarda süt üretimi için kullanılabilir enerjiyi azaltabileceği cevabıdır. Yağ eklemek her zaman enerji yoğunluğunu artırır, yani yeme başına kcal artar, ancak toplam kcal NEL üretim için her zaman artmaz. Toplam NEL üretimi, yağ takviyesi yem alımını azaltırsa, yem sindirimini engellerse veya kötü sindirilirse azalır. Bir örnek olarak, tipik bir laktasyon rasyonu tüketen ineklerin günlük sindirilebilir enerji alımının (KDM bazında) 38 lb/gün olduğunu varsayalım, bu da 58 Mcal/gün eder. Bu rasyondan bir lb'lik kısmı yağ ile değiştirildiğinde, sindirilebilir enerji alımı, enerji sindirilebilirliği her iki diyetle de %75 sabit kaldığında 60 Mcal/gün'e yükselir. Ancak, bu örnekte yağın enerji sindirilebilirliğini %75'ten %73'e düşürmesi yeterlidir ve eklenen yağın çoğu enerji faydası kaybolur (Jenkins, 1998).

Yiyecek Seçimi ve Hayvan Refahı Arasındaki Bağlantıların Değerlendirilmesi

Tezimizi, yiyecek çeşitliliğinin hayvanların avlanma tercihlerini ifade etmelerine olanak tanıdığını ve bunun da refahlarını artırdığını öne sürmektedir. Davranışsal ölçümler, bu tür bir etkinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olabilir. Örneğin, bir hayvanın birden fazla yiyeceğe erişim sağlama istekliliğini veya motivasyonunu incelemek mümkün olabilir. Sığırlar, tercih ettikleri yiyeceklere erişmek için ekstra çaba sarf etmeye (yani, yürümek gibi bir maliyet ödemeye) hazırdırlar (Dumont ve ark., 1998). Bu nedenle, hayvanların motivasyonlarını (örneğin, yürüdükleri mesafe; kolu çekme sayısı) diyetledeki çeşitli yemlere ulaşmak için nicelendirmenin mümkün olabileceği söylenebilir.

Yiyecek alternatiflerinin olmaması, aşırı durumlarda stereotipik davranışlara dönüşebilecek bir hayal kırıklığı davranışına yol açabilir (Broom, 1986). Bu stereotipik davranışlar, otomatik hareketler veya

tekrarlayan rahatlatıcı davranışlarla ilişkili olan kalıcı, yineleyici hareketlerdir (Gregory, 2004). Zorunlu su içme, hayal kırıklığının veya kaygının bir işareti olabilir (Gregory, 2004); bu, monoton diyetlerle beslenen hayvanların refahını anlamaya da yardımcı olabilecek bir davranıştır. Keşif davranışlarındaki artış (örneğin, domuzlarda kök kazma) aynı zamanda sıkıntı nedeniyle oluşan stresin (Van Rooijen, 1991) ve potansiyel olarak yiyecek monotonluğunun bir göstergesi olabilir. Oyun davranışı (örneğin, koşma) da, ruminantların beslenme uygulamalarından (örneğin, süt verme miktarı) nasıl etkilendiğini gösteren kullanışlı bir ölçüt olarak önerilmiştir (Krachun ve ark., 2010).

Fizyolojik ölçümler, kortikotropik yanıtların tahmin edilmesi gibi, çiftlik hayvanlarında korku ve stresin izlenmesinde faydalıdır ve gelecekte, farklı türde diyetlerle beslenen hayvanların refahını iyileştirmek için davranışsal parametreleri tamamlayacak önemli bir araç olabilir. Hipotalamik-pitüiter-adrenal (HPA) eksenini, aversif durumlar sırasında aktive olur. Sığır, koyun ve domuzlarda, kastrasyon gibi acı verici bir prosedüre tabi tutulduklarında kanlarındaki kortizol seviyesi artar (Coetzee ve ark., 2007). HPA, ayrıca, hayvanlar tanıdık arkadaşlarından ayrıldığında, bilinmeyen hayvanlarla karıştırıldığında, taşındığında ve bir çitte tutulduğunda da aktive olur (Boissy ve Le Neindre, 1997). Ayrıca, stresli bir duruma yanıt olarak hipotalamus tarafından üretilen kortikotropin salınım hormonu, yiyecek alımını doğrudan azaltıcı bir etkiye sahiptir (Matteri ve ark., 2000), bu da yiyecek yeme davranışı ile HPA ekseninin aktivasyonu arasında bir bağlantı olduğunu göstermektedir. HPA eksenini, memelilerde hayal kırıklığı ve kaygı sırasında da aktive olur (Dantzer ve ark., 1980; Landgraf ve ark., 1999) ve yiyecek alternatiflerinin olmaması, otoburlar arasında bu tür durumlara yol açabilir. Glukokortikoid hormonları, plazma, tükürük, idrar ve dışkı örneklerinde ölçülebilir (Berman ve ark., 1980). Kortizol metabolitlerinin bulunduğu 11,17-dioxoandrostanlar bileşiği, adrenal kortikal aktiviteyi değerlendirmek için dışkı örnekleriyle kullanılmıştır (Fell ve Shutt, 1986) ve taşınma sonrasında ve adrenokortikotropin uygulamasından sonra sığır dışkısında kortizol metabolitlerinde artış gözlemlenmiştir.

SONUÇ

Hayvan refahı, yalnızca hayvanların biyolojik gereksinimlerini karşılamakla kalmaz, aynı zamanda onların doğal davranışlarını sergileyebilmeleri ve stres altında olmamaları için uygun bir ortam sağlamayı da içerir. Beslenme, hayvan refahının temel bileşenlerinden biridir ve hayvanların fizyolojik ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu çalışmada, beslenme ve hayvan refahı arasındaki etkileşimler, hayvanların yiyecek tercihleri ve bu tercihler üzerinden yapılan davranışsal ve fizyolojik ölçümler incelenmiştir.

Yeterli ve dengeli beslenme, hayvanların sağlıklı bir şekilde büyüüp gelişmesini ve yüksek verim elde etmelerini sağlayan önemli bir faktördür. Ancak, yetersiz veya aşırı beslenme durumları, metabolik bozukluklara ve sağlık problemlerine yol açabilir. Hayvanların yiyecek tercihleri, besin ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yiyecek çeşitliliği, hayvanların doğal forajlama davranışlarını sergilemelerini ve böylece daha iyi bir refah düzeyine ulaşmalarını sağlar. Çeşitli yem seçeneklerinin sunulması, hayvanların bireysel ihtiyaçlarına uygun beslenmelerine olanak tanır, bu da refah düzeylerini artırabilir. Hayvanların yiyecek alternatifleri konusunda yaşadıkları yetersizlik, frustrasyon ve kaygıya yol açabilir, bu da stereotipik davranışların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu tür davranışlar, hayvanların monoton diyetlerle beslenmesi ve yaşam alanlarındaki yetersizlikler sonucu gelişebilir. Hayvanların refahını değerlendirmek için, davranışsal ölçümler (örneğin, yiyeceğe olan motivasyonları, keşif davranışları ve oyun davranışları) ve fizyolojik ölçümler (kortizol seviyeleri gibi) kullanılabilir. Bu ölçümler, hayvanların diyetlerine bağlı olarak yaşadıkları stres ve refah seviyelerini anlamada faydalı olabilir.

Sonuç olarak, beslenme yönetimi, hayvan refahının iyileştirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Beslenme programlarının, hayvanların bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanması ve çeşitli yem seçeneklerinin sunulması, refah düzeylerini artırabilir. Ayrıca, stres ve hayal kırıklığının izlenmesi, hayvan refahını iyileştirme stratejilerinin geliştirilmesinde önemli bir araçtır. Geliştirilecek beslenme stratejileri, hayvanların doğal davranışlarını sergileyebilecekleri ve sağlıklı bir şekilde yaşayabilecekleri koşullar sağlamalıdır.

REFERANSLAR

- Ametaj, B. N., Bradford, B. J., Bobe, G., Nafikov, R. A., Lu, Y., Young, J. W., & Beitz, D. C. (2005). Strong relationship between mediators of the acute phase response and fatty liver in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 85, 165–175.
- Andersen, P. H. (2003). Bovine endotoxiosis: Some aspects of relevance to production diseases. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 98(Suppl.), 141–155.
- Atwood, S. B., Provenza, F. D., Wiedmeier, R. D., & Banner, R. E. (2001). Changes in preferences of gestating heifers fed untreated or ammoniated straw in different flavors. *Journal of Animal Science*, 79, 3027–3033.
- Berman, D. G., Johnson, D. E., Phillips, R. W., & Barry, B. P. (1980). Physiological and urinary metabolite responses to cold shock and confinement of sheep. *Journal of Animal Science*, 50, 713–722.
- Bevans, D. W., Beauchemin, K. A., Schwartzkopf-Genswein, K. S., McKinnon, J. J., & McAllister, T. A. (2005). Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 83, 1116–1132.
- Boissy, A., & Le Neindre, P. (1997). Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. *Physiology & Behaviour*, 61, 693–699.
- Calamari, L., Gallo, A., Maianti, M. G., & Stefanini, L. (2006). Effetti del comportamento alimentare delle bovine su talune caratteristiche del latte. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*, 57(2), 105–126.
- Coetzee, J. F., Gehring, R., Bettenhausen, A. C., Lubbers, B. V., Toerber, S. E., Thomson, D. U., Kukanich, B., & Apley, M. D. (2007). Attenuation of acute plasma cortisol response in calves following intravenous sodium salicylate administration prior to castration. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 30, 305–313.
- Dantzer, R., Arnone, M., & Mormede, P. (1980). Effects of frustration on behaviour and plasma corticosteroid levels in pigs. *Physiology & Behavior*, 24, 1–4.
- DeVries, T. J., & von Keyserlingk, M. A. G. (2005). Time of feed delivery affects the feeding and lying patterns of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 625–631.
- Dumont, B., Dutronc, A., & Petit, M. (1998). How readily will sheep walk for a preferred forage? *Journal of Animal Science*, 76, 965–971.
- Duncan, A. J., Teufel, N., Mekonnen, K., Singh, V. K., Bitew, A., & Gebremedhin, B. (2013). Dairy intensification in developing countries: Effects of market quality on farm-level feeding and breeding practices. *Animal*, 7(12), 2054–2062.
- Early, D., & Provenza, F. D. (1998). Food flavor and nutritional characteristics alter dynamics of food preference in lambs. *Journal of Animal Science*, 76, 728–734.
- Fell, L. R., & Shutt, D. A. (1986). Use of salivary cortisol as an indicator of stress due to management practices in sheep and calves. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 16, 203–206.
- Grant, R. J. (2006). Dairy cow behaviour and management. *International Dairy Topics*, 5(1), 21–25.

- Gregory, N. G. (2004). *Physiology and behaviour of animal suffering*. UFAW Animal Welfare Series. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Gordon, I. J., Illius, A. W., & Milne, J. D. (1996). Sources of variation in the foraging efficiency of grazing ruminants. *Functional Ecology*, 10, 219–226.
- FAWC. (1993). *Second report on priorities for research and development in farm animal welfare*. Farm Animal Welfare Council, MAFF Tolworth, UK.
- Fraser, A. F., & Broom, D. M. (1997). *Farm animal behaviour and welfare*. CAB International, New York, NY, USA.
- Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J., & Noordhuizen, J. P. T. M. (2003). Subacute ruminal acidosis (SARA): A review. *Journal of Veterinary Medicine A: Physiology, Pathology, Clinical Medicine*, 50, 406–414.
- Konarzewski, M., & Diamond, J. (1994). Peak sustained metabolic rate and its individual variation in cold-stressed mice. *Physiological Zoology*, 67, 1186–1212.
- Krachun, C., Rushen, J., & de Passille, A. M. (2010). Play behaviour in dairy calves is reduced by weaning and by a low energy intake. *Applied Animal Behaviour Science*, 122, 71–76.
- Kyriazakis, I., & Savory, J. (1997). Hunger and thirst. In M. C. Appleby & B. O. Hughes (Eds.), *Animal Welfare* (pp. 49–62). CAB International, Wallingford, UK.
- Landgraf, R., Wigger, A., Holsboer, F., & Neumann, D. (1999). Hyper-reactive hypothalamo-pituitary-adrenocortical axis in rats bred for high-anxiety-related behaviour. *Journal of Neuroendocrinology*, 11, 405–407.
- Manteca, X., Villalba, J. J., Atwood, S. B., Dziba, L., & Provenza, F. D. (2008). Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 3, 229–239.
- Matteri, R. L., Carroll, J. A., & Dyer, C. J. (2000). Neuroendocrine responses to stress. In G. P. Moberg & J. A. Mench (Eds.), *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare* (pp. 43–76). CAB International, Wallingford, CT, USA.
- Mellor, D. J., & Stafford, K. J. (2004). Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Veterinary Journal*, 168, 118–133.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80, 1005–1028.
- Patil, B. R., & Udo, H. M. J. (1997). The impact of crossbred cows in mixed farming systems in Gujarat, India: Milk production and feeding practices. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 10(3), 253–259.
- Phillips, C. J. C., & Rind, M. I. (2001). The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84, 1979–1987.
- Provenza, F. D., Scott, C. B., Phy, T. S., & Lynch, J. J. (1996). Preferences of sheep for foods varying in flavors and nutrients. *Journal of Animal Science*, 74, 2355–2361.
- Provenza, F. D., Villalba, J. J., Dziba, L. E., Atwood, S. B., & Banner, R. E. (2003). Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small Ruminant Research*, 49, 257–274.
- Radwinska, J., & Zarczynska, K. (2014). Effects of mineral deficiency on the health of young ruminants. *Journal of Elementology*, 19(3).

Scott, L. L., & Provenza, F. D. (1998). Variety of foods and flavors affects selection of foraging locations by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 61, 113–122.

Suttle, N. F. (2000). Minerals in livestock production. *Underwood Memorial Lecture. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(Suppl.), 1–9.

Tomar, K., Tiwari, S., Singh, D., & Kumar, D. (2022). Ruminant hayvanların beslenme yönetimi. *Akıllı Tarım Teknolojileri*, Eylül, 71–84.

Van Roijen, J. (1991). Predictability and boredom. *Applied Animal Behaviour Science*, 31, 283–287.

Villalba, J. J., & Provenza, F. D. (2009). Learning and dietary choice in herbivores. *Rangeland Ecology & Management*, In Press.

Fonksiyonel Besin Olarak Süper Bir Gıda Kaynağı: Yosunlar

Pınar OĞUZHAN YILDIZ¹

1- Doç. Dr.; Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, pinaroguzhan@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9892-7925

ÖZET

Sağlıklı yaşam ve doğal beslenme alışkanlıklarının yaygınlaştığı günümüzde, deniz kaynaklı besinlerin önemi giderek artmaktadır. Bu bağlamda yosunlar, yüksek besin değerleri, biyolojik aktif bileşen içerikleri ve çok yönlü kullanım alanlarıyla dikkat çeken doğal kaynaklardır. Özellikle vitamin, mineral, protein, diyet lifi, omega-3 yağ asitleri ve antioksidanlar bakımından zengin olan yosunlar, bağışıklık sistemini destekleyici, kolesterol düşürücü, kanser önleyici ve sindirimi kolaylaştırıcı etkileriyle öne çıkmaktadır. Yosunlar, başta Asya ülkeleri olmak üzere birçok coğrafyada yüzyıllardır geleneksel beslenmenin bir parçası olmuş, günümüzde ise dünya genelinde fonksiyonel gıda, takviye edici ürün ve hatta ilaç hammadde olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca gıda sanayinden kozmetiğe, tarımdan biyoyakıta kadar uzanan geniş bir yelpazede değerlendirilmeleri, bu canlıların ekonomik potansiyelini daha da artırmaktadır. Bu çalışmada yosunların besin bileşimi, insan sağlığına etkileri, kullanım alanları ve dünyadaki üretim potansiyeli ele alınmıştır. Bu denizel organizmaların hem bireysel sağlık hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir kaynak olduğu çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Ayrıca Türkiye'nin sahip olduğu denizel zenginlikler göz önüne alındığında, yosun üretimi konusunda daha aktif rol alabileceği ve bu alanda önemli gelişmeler kaydedilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Sağlıklı Yaşam, Fonksiyonel Gıda, Yosun, Beslenme, Sürdürülebilirlik.

GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus, kentleşme, çevresel sorunlar ve bilinçli tüketim alışkanlıklarının gelişmesiyle birlikte insanlık, hem sağlıklı hem de sürdürülebilir gıdalara yönelmiştir. Bu arayış, yalnızca karasal değil, aynı zamanda denizel kaynakların da gıda sistemine entegre edilmesini gündeme getirmiştir. Bu kapsamda denizlerden elde edilen besin kaynakları arasında yer alan yosunlar, son yıllarda dünya genelinde büyük bir ilgi görmektedir. Yüksek besin değerleri, zengin kimyasal bileşen içerikleri, çevresel avantajları ve çok yönlü kullanım alanları sayesinde bu denizel canlılar, hem akademik hem de endüstriyel anlamda stratejik bir öneme sahiptir.

Algler basit yapılı, tek/çok hücreli, boyutları 3-10 µ ile 70 cm, gruplar halinde koloni oluşturan fotosentetik organizmalar olup, gıda zincirinin ilk halkasını oluşturdıklarından sucul ekosistemde önemli rollere sahiptirler (Duygu vd. 2019). Genellikle tatlı su gölleri, okyanuslar, dereler, nehirler, su birikintileri, çaylar ve kutup gölleri olmak üzere geniş bir alanına yayılmışlardır (Sasa vd. 2020).

Algler geçmişten günümüze hayvan yemi, gübre, doğal gıda boyası, gıda katkı maddesi, atık su arıtma, akuakültür, biyodizel üretimi, kozmetik, tıp ve eczacılık sanayii gibi pek çok alanda çeşitli amaçlarla kullanılmıştır (Alçay vd. 2017).

Algler, prokaryotik (mikroalg) ve ökaryotik (makroalg) olmak üzere 2'ye ayrılmakta olup, mikroalgler "Mavi yeşil algler (Cyanophyta)" olarak bilinmektedirler. Makroalglerde kamçı yapı ve içerdikleri pigment maddelerine göre kahverengi algler (Phaeophyta), kırmızı algler (Rhodophyta), yeşil algler (Chlorophyta), diatomlar ve kamçılı algler (Flagellata) olarak gruplara ayrılmaktadır (Aktar ve Cebe 2010; İrkin 2020).

Algler selüloz/hemiselüloz, nişasta, glikoz ve çeşitli polisakkarit türlerini içermektedirler. Kırmızı alglerin polisakkarit bileşeni karragenan ve agardır, kahverengi makroalglerde bulunan başlıca polisakkaritler ise ve alginat, mannitol ve glukandır (Şirinyıldız ve Yorulmaz 2022).

Besinsel olarak algler insan beslenmesinde ilk olarak M.Ö. 14000 yılında Şili'de kullanılmaya başlanmıştır (Muslu ve Gökçay 2020). Algler, insan beslenmesi için önemli olan diğer metabolitlerin yanı sıra, dengeli temel amino asitler, pigmentler, protein, yağ asitleri, mineral ve lif kaynaklarıdır (Mendes et al. 2022).

Çok hücreli ökaryotik organizmalardan olan makro algler denizlerin önemli canlı kaynaklarından biridir (Ak 2015). Küresel gıda ihtiyacının artması, çevresel sürdürülebilirlik sorunları ve sağlıklı beslenme arayışları, alternatif ve fonksiyonel gıda kaynaklarına yönelik ilgiyi artırmıştır. Bu bağlamda, deniz yosunları (makroalgler), hem besin değerleri hem de çok yönlü kullanım alanları sayesinde önemli bir potansiyel sunmaktadır. Asya kültürlerinde yüzyıllardır tüketilen yosunlar, Batı dünyasında da "süper gıda" olarak tanımlanarak gün geçtikçe daha fazla ilgi görmektedir (Lakshminarayana et al. 2022; de Souza Celente et al. 2023).

Günümüzde artan dünya nüfusu ile birlikte tüm insanların beslenmesi için üretimin arttırılması ya da alternatif kaynaklara yönelmesi gerekmektedir. Yosunlar, yeryüzündeki en eski canlılardan biri olup, son yıllarda artan sürdürülebilir gıda ihtiyacı ve sağlıklı yaşam trendleri, yosunları hem geleneksel hem de modern beslenme sistemlerinde öne çıkarmıştır. Mikroskobik olmaları, daha çok protein içermeleri ve genetik düzenlemeyle verimlilikleri üzerinde oynanabilmeleri sebebiyle özellikle mikroalgler önemli alternatiflerdir. Asya mutfağında uzun yıllardır kullanılan yosunlar, Batı ülkelerinde de fonksiyonel gıda olarak yaygınlaşmaktadır (Muslu ve Gökçay 2020).

Deniz yosunları adıyla da bilinen deniz algleri özellikle ve Japonya, Kore ve Çin ülkeleri başta olmak üzere Uzakdoğu'da insanların çok eski zamanlardan bu yana tükettikleri besinler arasında olup, yaklaşık 160 kadar türü insanlar tarafından besin olarak tüketilmektedir. Deniz yosunları yüksek besin içeriğine sahip olup, protein, demir, çinko, magnezyum, potasyum gibi mineraller, yağ ve suda çözünür lif içeriği açısından son derece zengin

besinlerdir. Ayrıca tiamin, Vitamin K, ribofilavin, Vitamin E ve niasin gibi vitaminleri de dikkate değer miktarlarda içermektedirler (Alçay vd. 2017).

Yosunlar ilaç, insan ve hayvan beslenmesinde, kozmetik ve gıda endüstri alanlarında kullanılmaktadır. Makro algler ve mikro algler olarak 2 gruba ayrılmaktadır. Makro algler (yosunlar) tatlı ve tuzlu sularda yaşayabilen, düşük yapılı bitkiler olarak kök, gövde ve yapraklardan oluşmayan, fotosentez yapan ve tallus denilen yaprak benzeri yapıları bulunan çok hücreli canlılardır. Pigmentasyonlarına göre kahverengi (Phaeophyceae), kırmızı (Rhodophyceae) ve yeşil (Chlorophyceae) olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır. Çoğunlukla deniz ortamında yaşarlar ve fotosentez yoluyla enerji üretirler. Kahverengi algler genellikle soğuk sularda bulunur ve Laminaria, kombu gibi türleri içermektedir. Kırmızı algler (nori gibi), çoğu zaman doğu Asya mutfağının önemli bir parçasıdır. Yeşil algler ise daha sıcak sularda yaygın olup, deniz marulu (*Ulva lactuca*) bu grubun içerisinde yer almaktadır (Baweja et al. 2016; Kırkpınar vd. 2016; Oğur 2016; Santhoshkumar et al. 2023).

Yeşil, kahverengi ve kırmızı alglerin yüksek oranlarda kullanımı son yıllarda Avrupa, Güney Afrika ve Amerika kıtasındaki birçok ülkede de hızla yaygınlaşmaktadır. Makroalglerin taze, kurutulmuş veya besin katkısı şeklinde insan gıdası olarak tüketimi ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir (Polat ve Polat 2022).

Mikro algler; fotosentez yapan tek hücreli mikroskobik canlılardır ve mavi-yeşil algleri (Cyanophyceae), altınsarı algleri (Chrysophyceae), yeşil alglerin (Chlorophyceae) bazı türlerini içermektedirler. Ayrıca antioksidan, antienflamatuar, antimikrobiyal ve antikanserojen özellikler gösteren biyolojik aktif maddeler içermeleri, onları fonksiyonel gıdalar arasında ön plana çıkarmaktadır (Pangestuti ve Kim 2011; Cotas et al. 2020; Amlani ve Yetgin 2021).

Tarihsel olarak özellikle Doğu Asya toplumlarında yaygın olarak tüketilen yosun (algler), Batı ülkelerinde ise genellikle son 20–30 yılda keşfedilmiş ve fonksiyonel gıda, takviye edici besin ve doğal ilaç hammaddesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde nori, wakame, kombu gibi yosunlar Asya mutfağının temel unsurları arasında yer almakta; Spirulina ve Chlorella gibi mikroalgler ise doğal detoks ve bağışıklık destekleyici ürünler olarak küresel pazarda satılmaktadır. Aynı zamanda gıda endüstrisinde kıvam artırıcı, jel oluşturucu ve emülsifiye edici özelliklerinden dolayı alginat, agar, karragenan gibi türevleri sıklıkla kullanılmaktadır (Peñalver et al. 2020; Pulz ve Gross 2004; McHugh 2003).

Yosun ve alglerin önemi yalnızca insan beslenmesi ile sınırlı değildir. Bu canlılar aynı zamanda kozmetik ürünlerinde nemlendirici ve yaşlanma karşıtı ajan olarak, ilaç sektöründe doğal antioksidan ve bağışıklık destekleyici olarak, tarımda organik gübre ve toprak düzenleyici olarak, hayvan yeminde probiyotik katkı maddesi olarak, hatta biyoyakıt üretiminde yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Borowitzka 2013;

Michalak ve Chojnacka 2015). Bu çok yönlülük, yosun ve algleri hem ekonomik hem de çevresel açıdan stratejik bir hammadde konumuna getirmiştir. Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili olması, iklim çeşitliliği, sucul ekosistemlerinin zenginliği ve doğal kaynak potansiyeli ile alg ve yosun üretimi açısından avantajlı bir konuma sahiptir. Ancak bu potansiyel henüz yeterince değerlendirilememektedir. Mevcut türlerin ekonomik değere dönüştürülmesi, sürdürülebilir üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve bilimsel araştırmaların desteklenmesi, ülkemizin bu alandaki yerini güçlendirecektir. Bu çalışma, yosun ve alglerin biyolojik yapıları, besin değerleri, sağlık üzerindeki etkileri ve çok yönlü kullanım alanlarını ele alarak bu doğal kaynakların potansiyelini akademik bir bakış açısıyla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Böylece hem gıda güvenliği hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından bu canlıların sunduğu olanaklara dikkat çekilmesi hedeflenmektedir.

Yosun ve alglerin besin değeri ve sağlık açısından önemi

Yosun ve algler, doğal içerikleri ve biyolojik çeşitlilikleri sayesinde insan beslenmesinde önemli bir yer edinmiş canlılardır. Özellikle son yıllarda doğal ve fonksiyonel gıdalara olan ilginin artmasıyla birlikte, bu canlılar beslenme bilimi, tıp ve biyoteknoloji alanlarında önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Wells et al. 2017; Holdt ve Kraan 2011). İçeriklerinde bulunan yüksek besin değerleri, onların sadece alternatif bir gıda değil, aynı zamanda koruyucu ve destekleyici sağlık ürünü olarak da değerlendirilmesini sağlamaktadır (Brown et al. 2014).

Yosun ve alglerin besin değerleri, türlerine, yetiştikleri ortama ve işlenme yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik gösterse de genel olarak aşağıdaki temel bileşenleri içermektedir:

Protein: Özellikle mikroalgler, yüksek protein içerikleriyle bilinir. Örneğin Spirulina türü %60–70'e varan protein oranına sahiptir. Bu proteinler, tüm temel amino asitleri içermesi bakımından biyolojik değeri yüksek protein kaynaklarıdır (Becker 2007; Kınay ve Duyar 2021; Mendes et al. 2022).

Vitaminler: A, C, E ve B12 gibi insan sağlığı açısından hayati öneme sahip vitaminleri içerir. Özellikle vejetaryen ve vegan bireyler için B12 vitamini açısından önemli bir doğal kaynaktır. Ayrıca antioksidan etkili C ve E vitaminleri de cilt sağlığından bağışıklık sistemine kadar pek çok olumlu etkiye sahiptir (Škrovánková 2011; Wells et al. 2017).

Mineraller: Özellikle iyot açısından zengin olan deniz yosunları, tiroid bezinin düzenli çalışmasına katkıda bulunur. Bunun yanında demir, kalsiyum, magnezyum, potasyum, fosfor gibi minerallerle de zengindir. Bu mineraller, kemik sağlığı, kan yapımı, sinir sistemi ve kas fonksiyonları için gereklidir (Demirel ve Özpınar 2003).

Diyet Lifi: Yosunlar suda çözünebilen ve çözünmeyen lifler açısından zengindir. Bu lifler bağırsak hareketlerini düzenler, kolesterol emilimini azaltır ve tokluk hissini artırır (Muslu ve Gökçay 2020; Sultana et al. 2023)

Yağ Asitleri (Omega-3): Mikroalgler, özellikle DHA ve EPA gibi uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin doğal kaynağıdır. Bu yağlar kalp sağlığını korur, beyin gelişimini destekler ve inflamasyonu azaltıcı etkiler gösterir (Guedes et al. 2011).

Tablo 1: Farklı alg türlerinin içerdiği temel besin maddeleri

Tür	Protein (%)	Karbonhidrat (%)	Lipid (%)
<i>Chlorella vulgaris</i>	44,3	58	51,41
<i>Chlorella protothecoides</i>	46,3	15,43±0,17	50,5
<i>Botryococcus braunii</i>	-	20-76	27,37
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	-	-	36-42
<i>Anabaena cylindrica</i>	43-56	25-30	4-7
<i>Aphanizomenon flos aquae</i>	62	23	3
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Euglena gracilis</i>	36-61	14-18	14-20
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50-56	10-17	12-14
<i>Spirogyra</i> sp	6-20	33-64	11-21
<i>Arthrospira maxima</i>	60-71	13-16	6-7
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9
<i>Synechococcus</i> sp.	63	15	11

Kaynak: Karakurluk ve Yücer (2024)

Tablo 2: Ülkemizde dağılım gösteren bazı makro alglerin besin içerikleri

Tür	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nem (%)
<i>Gracilaria verrucosa</i>	20,70±0,94	4,50±0,90	10,00±1,00	12,30±0,60
<i>Ulva rigida</i>	16,21±0,09	6,29±1,60	22,36±0,18	10,21±0,12
<i>Cystoseira barbata</i>	5,18±0,28	1,44±0,12	26,32±0,34	9,12±0,09

Kaynak: Ak (2015)

Yosunların sağlık açısından insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri birçok bilimsel çalışmayla ortaya konulmuştur. Bu etkiler hem önleyici hem de destekleyici niteliktedir (Brown et al. 2014; Wells et al. 2017):

Antioksidan Etki: Yosunlarda bulunan polifenoller, karotenoidler (özellikle fucoxanthin, astaxanthin) ve flavonoidler, serbest radikallerin neden olduğu hücre hasarını engelleyerek yaşlanma belirtilerini geciktirir ve çeşitli kronik hastalıklara karşı koruma sağlar (Kaya 2025).

Antienflamatuvar ve Antiviral Etki: Özellikle kahverengi alglerde bulunan bileşiklerin antiviral ve antienflamatuvar özellik gösterdiği,

bağışıklık sistemini güçlendirdiği, bazı kanser hücrelerinin çoğalmasını baskıladığı belirtilmiştir (Topal 2025).

Kolesterol ve Kan Şekeri Düzenleyici Etkiler: Diyet lifi ve bazı polisakkaritlerin kan şekeri dalgalanmalarını azaltarak diyabet riskini düşürdüğü, LDL (kötü) kolesterol seviyelerini düşürüp, HDL (iyi) kolesterolü desteklediği çalışmalarla desteklenmiştir (Muslu ve Gökçay 2020).

Sindirim Sistemine Katkı: Yosunlar prebiyotik özellik taşıyan lifler sayesinde bağırsak florasını düzenler, sindirimi kolaylaştırır ve toksinlerin atılmasına yardımcı olur (Guedes et al. 2011).

Antikanser Etki: Alglerde bulunan pigment ve polisakkaritlerin, özellikle meme, kolon ve karaciğer kanseri hücrelerinin gelişimini baskılayıcı etkileri olduğu ve yüksek iyot içeriğinden dolayı da göğüs kanserine yakalanma oranında düşüşe neden olduğu çalışmalarla desteklenmiştir (Atalay ve Erge 2018).

Bu biyolojik çeşitlilik ve zengin kimyasal içerik, yosun ve algleri sadece bir besin değil; aynı zamanda fonksiyonel ve terapötik bir ürün haline getirmiştir. Modern tıpta, farmakolojide ve beslenme bilimi çalışmalarında bu canlıların yeri giderek artmakta, insan sağlığını destekleyen doğal çözümler arasında daha fazla tercih edilmektedir.

Kullanım alanları ve üretim potansiyeli

Sahip oldukları zengin biyokimyasal bileşenler sayesinde yalnızca insan beslenmesinde değil, pek çok endüstriyel alanda da değerlendirilebilen çok yönlü biyolojik kaynaklardır. Gıda, sağlık, ilaç, kozmetik, tarım, hayvancılık ve enerji gibi farklı sektörlerde geniş bir kullanım alanı bulmuş; aynı zamanda sürdürülebilir ve çevre dostu üretim süreçlerinin geliştirilmesine katkı sağlamışlardır. Üretimlerinin sucul ortamlarda yapılabilmesi, tarım arazisi gerektirmemeleri ve yüksek biyokütle verimliliği sağlamaları gibi avantajları günümüz ve gelecek için stratejik birer hammadde olmasını sağlamaktadır (Aktar ve Cebe 2010).

Gıda Endüstrisinde Kullanımı

Yosunlar, Asya ülkelerinde uzun yıllardır temel gıda maddesi olarak kullanılmakta olup, son yıllarda Avrupa ve Amerika gibi Batı ülkelerinde de “süper gıda” olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Özellikle nori (Porphyra), wakame (Undaria), kombu (Laminaria) gibi makroalg türleri doğrudan taze, kurutulmuş ya da işlenmiş formlarda çorba, salata, sushi gibi yemeklerde tüketilmektedir (Mouritsen et al. 2013).

Makroalglerin bilinen yaklaşık 10.500 türü bulunmakta olup, bu türlerden de yaklaşık 500 kadarı uzun yıldan beri insanlar tarafından gıda olarak doğrudan veya agar, karragenan gibi bazı bileşenlerinin ekstrakte edilmesi ile dolaylı yoldan tüketilmektedir (Balkesen ve Yüce 2024).

Alglerin tüketimi ülkemizde tercih edilmeyip, daha çok taze yada kurutulmuş olarak tüketilmektedir. Dünyada ise pek çok birçok ülkenin mutfağında makro algler gerek tadı gerekse tektüründen ötürü oldukça rağbet görmektedir. Hatta bazı deniz yosunları (özellikle Nori, Wakame ve Dulse) fırınladıklarında gevrek halini almakta ve ağızda yoğun bir lezzet bırakmaktadır. Fındık, barbekü sosu gibi aromalarla karıştırılıp yenildiği gibi salatalarda ve çorbalarda baharat olarak kullanılmaktadır (Ak 2015).

Ayrıca alglerden elde edilen kıvam artırıcı ve jel oluşturu polissakkaritler alginat, agar, karragenan pek çok işlenmiş gıdada kıvam verici, stabilizatör ya da bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır. Bu katkılar gıda endüstrisinde çok çeşitli kullanım alanına sahip olan bu maddeler; et ve balık konservelerinde, fırıncılık ürünlerinde, reçel, marmelat ve jölelerde, puding ve pastalarda, çeşitli süt ürünlerinde ve meyve sularında sıklıkla yer almaktadır (İlter vd. 2016).

Sağlık ve İlaç Sektöründe Kullanımı

Algler, içeriklerinde bulunan biyolojik aktif bileşikler sayesinde fonksiyonel gıda, takviye edici gıdave doğal ilaç hammaddesi olarak yaygın şekilde değerlendirilmektedir. Özellikle Spirulina ve Chlorella gibi mikroalgler, bağışıklık sistemini güçlendiren, antioksidan etki gösteren ve metabolizmayı düzenleyen etkileri ile dikkat çekmektedir. Bu türler hem gıda desteği olarak tüketilmekte hem de özel formülasyonlarla kapsül, tablet, toz veya içecek formuna getirilerek sağlık ürünlerinde yer almaktadır. Ayrıca bazı alg türlerinde bulunan fucoidan, laminarin, phlorotannin gibi maddelerin antiviral, antikanserojen, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal etkileri olduğu bilimsel yayınlarla desteklenmektedir. Bu yönüyle algler, modern tıbbın yeni nesil doğal ilaç kaynakları arasında değerlendirilmektedir (El-Sheekh et al. 2023).

Cilt yenileyici, nemlendirici, yatıştırıcı ve yaşlanma karşıtı etkileri nedeniyle kozmetik sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle kırmızı ve kahverengi alglerden elde edilen özütler, losyon, maske, krem, serum ve güneş koruyucu gibi ürünlerin formülasyonlarında yer almakta, cilt hücrelerinin yenilenmesine ve nem dengesinin korunmasına katkı sağlamaktadır (İrkin 2020).

Tarım ve Hayvancılıkta Kullanımı

Algler tarımsal üretimde uzun yıllardan toprağı havalandırması, azot açısından çiftlik gübresi kadar zengin olması, nem tutma kapasitesi sebebiyle gübre olarak birçok ülkede kullanılmaktadır. Alglerde bulunan biyoaktif maddeler, çimlenmeden, köklenmeye, fide oluşumuna, çiçeklenmeye, ürün verimine, raf ömrüne ve zararlılara karşı dayanıklılık gibi özelliklere sahip olması bakımından son derece önemli olup, bitki gelişimini teşvik edici özellik göstermektedir (İrkin 2020).

Hayvan yetiştiriciliğinde de algler, özellikle bağışıklık sistemini desteklemek, yem verimliliğini artırmak, süt ve et verimini artırmak, antibiyotik kullanımını azaltmak ve büyüme performansını arttırmak artış amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kümes hayvancılığı, balıkçılık ve büyükbaş hayvan beslemesinde Spirulina gibi mikroalg türleri yüksek protein içeriği nedeniyle tercih edilmektedir (Seydioğlu ve Galip 2013). Phaeophyceae, Rhodophyceae ve bazı yeşil algler besin kaynağı olarak birçok hayvan yemi için kullanılmaktadır (Anonim 2025b)

Biyoyakıt ve Enerji Sektöründe Kullanımı

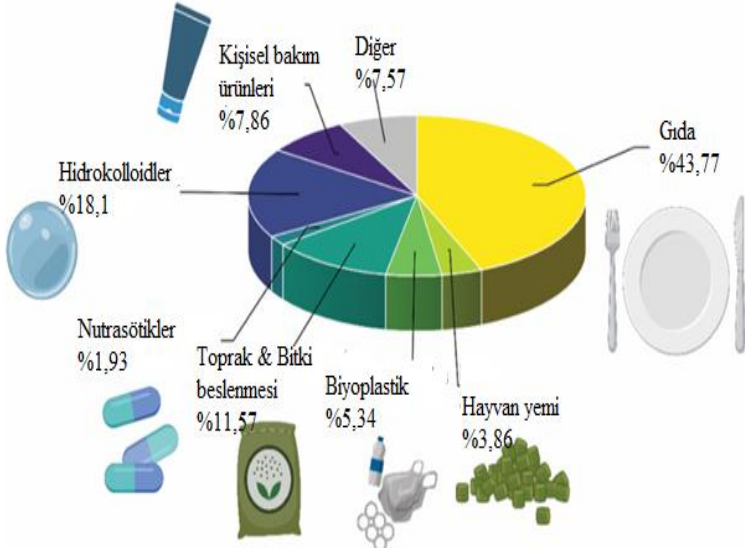
Mikroalgler, yüksek fotosentetik verimlilikleri ve biyokütle üretim kapasiteleri sayesinde biyodizel, biyogaz, biyoetanol ve biyohidrojen gibi yenilenebilir enerji türlerinin üretiminde alternatif bir kaynak olarak kullanılmaktadır. Özellikle karbondioksit absorpsiyon kapasitesinin yüksek olması, çevre dostu enerji politikalarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda algler, fosil yakıtların çevresel olumsuzluklarını azaltmak adına önemli bir biyoyakıt hammaddesi adayı olarak değerlendirilmektedir (Kılınç vd. 2013; Xie et al. 2024).

Deniz yosunları, organik tarımda kullanılmaya uygun bir gübre olarak kullanılır (López Mosquera vd. 2011). Deniz yosunu yataklarından anaerobik sindirim yoluyla enerji açısından zengin metan elde edilebilir. Ancak, deniz yosunu ve sindirim ürünlerindeki yüksek ağır metal içeriği, bunların gübre olarak kullanımını sınırlar. Deniz yosununun biyogaz üretimi için verimli bir şekilde kullanılması ve metal giderimini iyileştirmek için kısmi ağır metallerin harekete geçirilmesi, gübre kalitesini artırır (Kılınç vd. 2013).

Üretim Potansiyeli ve Türkiye'nin Konumu

Dünya genelinde yosun ve alg üretimi büyük bir ekonomik değere sahiptir. Özellikle Çin, Japonya, Güney Kore, Endonezya ve Filipinler gibi Asya ülkeleri, deniz yosunu üretiminin büyük bir kısmını gerçekleştirmektedir. Bu ülkelerde hem tüketime yönelik kültür üretimi hem de endüstriyel kullanım için yüksek hacimli alg üretimi yapılmaktadır. Ancak bu ülkelerden diğer ülkelere göç oldukça gıda olarak deniz yosununa olan talep artık Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Avrupa'ya da yayılmıştır. Batılılar, deniz yosununu genellikle bütün parçalar halinde kullanmayıp, yemek hazırlıklarında agar, aljinat ve karagenan gibi deniz yosununun özlerini kullanmaktadırlar (Pak 2022).

Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması, farklı ekolojik koşullara sahip olması ve zengin sucul flora ve faunasına sahip olması nedeniyle oldukça geniş bir potansiyele sahiptir. Ancak ülkemizde yosun ve alg üretimi henüz sınırlı düzeyde kalmış, doğal popülasyonlar çoğunlukla kontrolsüz şekilde toplanmıştır. Bu durum hem ekosistem dengesini tehdit etmekte hem de sürdürülebilir üretimi engellemektedir.



Şekil 1: Deniz yosunlarının güncel kullanım alanları (Xie et al. 2024)

Alglerin sunduğu çok yönlü kullanım potansiyeli yalnızca besin değil; aynı zamanda çevre, ekonomi ve sağlık temelli sürdürülebilir kalkınma politikalarının da merkezinde yer alabilecek niteliktedir.

Tablo 3: Ticari öneme sahip bazı yosun ve alg türleri ile kullanım alanları

Tür	Kullanım Alanları	Başlıca Üretici Ülkeler
Nori/Mor Laver (<i>Porphyra</i> spp.)	Sushi, çorba, reçel ve şarap	Japonya, Kore Cumhuriyeti ve Çin
Kombu/Haidai (<i>Laminaria japonica</i>)	Çorba, reçel ve içki	Japonya, Kore Cumhuriyeti ve Çin
Aonori/Yeşil Laver (<i>Monostroma</i> spp. ve <i>Enteromorpha</i> spp.)	Çorbalarda	Japonya ve Kore Cumhuriyeti
Wakame, quandai-cai (<i>Undaria pinnatifida</i>)	Çeşitli çorbalarda (özellikle miso çorbası) yapımında ve sulu yemeklerde	Japonya, Kore Cumhuriyeti ve Çin
Hiziki(<i>Hizikia fusiformis</i>)	Yemek ve çorbalarda	Japonya ve Kore Cumhuriyeti
Spirulina	Takviye edici gıda	ABD, Çin, Hindistan
Chlorella	Detoks, antioksidan ürünler	Japonya, Tayvan
Ulva	Hayvan yemi, gübre	Fransa, İrlanda, Türkiye

Kaynak: Oğur (2016); Alçay vd. (2017)

SONUÇ

Yosun (algler), sahip oldukları yüksek biyolojik değer, fonksiyonel özellikler ve çevresel sürdürülebilirlik avantajları ile geleceğin stratejik biyokütle kaynakları arasında yer almaktadır. Bu canlılar, yalnızca geleneksel gıda kültürlerinin bir parçası olmanın ötesinde; günümüzde fonksiyonel gıdalardan farmasötik ürünlere, tarımdan kozmetiğe, hayvancılıktan yenilenebilir enerji üretimine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu çok yönlülük, yosun ve alglerin ekonomik ve çevresel açıdan değerini katlanarak artırmaktadır.

Yüksek protein oranı, vitamin ve mineral zenginliği, diyet lifi içeriği ve omega-3 yağ asitleri sayesinde yosunlar ve algler, özellikle sağlıklı ve bilinçli beslenmeye önem veren bireyler için alternatif bir besin kaynağı sunmaktadır. Ayrıca içeriklerindeki biyolojik aktif bileşikler sayesinde antioksidan, antienflamatuar, antimikrobiyal ve antitümör etkiler göstermeleri, bu canlıları sadece beslenme değil, aynı zamanda sağlık ve koruyucu tıp açısından da vazgeçilmez hale getirmektedir.

Dünya genelinde yosun ve alg üretimi her geçen yıl artarken, bu üretim faaliyetleri çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Karasal tarım faaliyetlerine kıyasla daha az su, gübre ve alan gerektiren alg yetiştiriciliği, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını azaltma ve okyanusların karbondioksit tutma kapasitesini artırma yönünden de avantaj sunmaktadır. Bu yönüyle yosun ve algler, hem gıda güvenliği hem de iklim değişikliğiyle mücadele açısından stratejik bir konumdadır.

Türkiye gibi deniz kaynakları açısından zengin bir ülkede, bu biyokütlelerin üretimi ve değerlendirilmesi konusunda atılacak adımlar, hem ekonomik kalkınmaya katkı sağlayacak hem de sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayacaktır. Özellikle Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarında doğal olarak bulunan bazı alg türlerinin kültüre alınması, Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi ve özel sektör yatırımlarının teşvik edilmesiyle Türkiye'nin bu alanda küresel rekabete dahil olması mümkündür.

Sonuç olarak bu çalışma, yosun ve alglerin taşıdığı yüksek potansiyeli farklı yönleriyle ele alarak, hem akademik literatüre katkı sunmayı hem de karar verici ve yatırımcılar için yol gösterici olmayı hedeflemiştir. Bu biyolojik kaynakların daha etkin, planlı ve sürdürülebilir şekilde kullanılması, gelecekte insanlık için hem sağlıklı yaşam hem de çevresel denge açısından önemli faydalar sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- Ak, İ. (2015). Sucul ortamın ekonomik bitkileri; makro algler. *Dünya Gıda Dergisi*, 12: 88-97.
- Aktar, S., & Cebe, G. E. (2010). Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39 (3): 237-264
- Alçay, A. Ü., Bostan, K., Dinçel, E., & Varlık, C. (2017). Alglerin insan gıdası olarak kullanımı. *Aydın Gastronomy*, 1(1): 47-59.
- Amlani, M., & Yetgin, S. (2022). Seaweeds: Bioactive components and properties, potential risk factors, uses, extraction and purification methods. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(1): 9-31.
- Anonim (2025a). Mikroalg Nedir? Biyoaktif Bileşenleri Nelerdir? Nasıl Yetiştirilir? <https://www.birbes.com/?p=19005> (Erişim tarihi: 02.05.2025)
- Anonim (2025b). <https://yunus.hacettepe.edu.tr/~akbulut/sayfalar/alg.html> (Erişim tarihi: 02.05.2025)
- Atalay, D., & Erge, H. S. (2018). Gıda takviyeleri ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health. Food and Health*, 4(2): 98-111.
- Balkesen, N. & Yüçetepe, A., (2024). Makroalg karotenoidlerin bazı biyoaktif özellikleri. *ITU Journal of Food Science and Technology*, 2(2): 65-76.
- Baweja, P., Kumar, S., Sahoo, D., & Levine, I. (2016). Biology of seaweeds. In *Fleurence, J., & Ira Levine, I. (Eds.), Seaweed in Health and Disease Prevention* (pp. 41-106). Elsevier Inc
- Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2): 207-210.
- Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae-their development and commercialisation. *Journal of Applied Phycology*, 25(3): 743-756.
- Brown, E. M., Allsopp, P. J., Magee, P. J., Gill, C. I., Nitecki, S., Strain, C. R., & McSorley, E. M. (2014). Seaweed and human health. *Nutrition Reviews*, 72(3): 205–216.
- Cotas, J., Leandro, A., Monteiro, P., Pacheco, D., Figueirinha, A., Gonçalves, A. M., ... & Pereira, L. (2020). Seaweed phenolics: From extraction to applications. *Marine drugs*, 18(8): 384.
- Demirel, G., & Özpinar, H. (2003). Yosunlar ve hayvan beslemede kullanımları. *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med.* 22: 103-108.
- de Souza Celente, G., Sui, Y., & Acharya, P. (2023). Seaweed as an alternative protein source: Prospective protein extraction technologies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 86: 103374.
- Duygu, D. Y., Erkaya, İ. A., & Sızmaç, Ö. (2019). Doğal tatlısu ortamlarından yoğun halinde toplanan *Cladophora glomerata* (Linnaeus) kützing ve *Mougeotia* sp. türlerinin biyokimyasal kompozisyonu. *Aquatic Research*, 2(1): 24-31.
- El-Sheekh, M., Fathy, A. A., Saber, H., & Saber, A. A. (2023). Medicinal and pharmaceutical applications of seaweeds. *Egyptian Journal of Botany*, 63(1): 1-29.
- Guedes, A. C., Amaro, H. M., & Malcata, F. X. (2011). Microalgae as sources of high added-value compounds-a brief review of recent work. *Biotechnology Progress*, 27(3): 597-613.
- Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3): 543-597.

- İlter, I., Akyıl, S., Koç, M., & Kaymak-Ertekin, F. (2016). Alglerden elde edilen stabilize edici maddeler. *Akademik Gıda*, 14(3): 315-321.
- İrkin, L.C. 2020. Akuakültürde alglerin önemi ve kullanım alanları. *Iksad Yayınevi*, Ankara.
- Karakurluk, M., & Yücer, T. D. (2024). Algal Biyoaktif Bileşenler. *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 5(2): 204-215.
- Kaya, E. 2025. İlaç endüstrisinde kullanılan yeni bakteriyel metabolitler. *Iksad Yayınevi*, Ankara.
- Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H., & Koru, E. (2013). Seaweeds for food and industrial applications. In *Food industry*. IntechOpen.
- Kınay, A. G., & Duyar, H. A. (2021). Grissini Üretiminde Gıda Takviyesi Olarak Deniz Yosunu (Spirulina) Kullanılmasının Duyusal ve Fiziksel Değerlendirilmesi. *Gastroia: Journal of Gastronomy and Travel Research*, 5(3): 464-470.
- Kırkpınar, F., Işık, Ö., & Mert, S. (2016). Yosunların etlik piliç ve yumurtacı tavukların beslenmesinde kullanılması. 1. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, 28 Eylül - 01 Ekim 2016, Antalya.
- Lakshminarayana, R., Vijay, K., Ambedkar, R., Ranga Rao, A., & Ravishankar, G. A. (2022). Biological activities and health benefits of seaweed carotenoids with special reference to fucoxanthin. In *Sustainable Global Resources of Seaweeds Volume 2: Food, Pharmaceutical and Health Applications* (pp. 539-558). Cham: Springer International Publishing.
- López-Mosquera, M. E., Fernández-Lema, E., Villares, R., Corral, R., Alonso, B., & Blanco, C. (2011). Composting fish waste and seaweed to produce a fertilizer for use in organic agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 9: 113-117.
- McHugh, D. J. (2003). *A Guide to the Seaweed Industry*. FAO Fisheries Technical Paper No. 441. Rome, FAO.
- Mendes, M. C., Navalho, S., Ferreira, A., Paulino, C., Figueiredo, D., Silva, D., ... & Speranza, L. G. (2022). Algae as food in Europe: An overview of species diversity and their application. *Foods*, 11(13): 1871.
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2): 160-176
- Mouritsen, O. G., Williams, L., Bjerregaard, R., Duelund, L., & Mouritsen, J. D. (2013). Seaweeds for umami flavor and nutrition in the future. *Food Chemistry*, 140(3): 581-586.
- Muslu, M., & Gökçay, G. F. (2020). Sağlığın desteklenmesi ve sürdürülebilir beslenme için alternatif bir kaynak: Alg (yosunlar). *Bandırma On yedi Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2(3): 221-237.
- Oğur, S. (2016). Kurutulmuş alglerin besin değeri ve gıda olarak kullanımı. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(1): 67-79.
- Pak, İ. (2022). Gracilaria türü kırmızı yosunlardan agar agar üretiminin optimize edilmesi ve sektörel kullanımının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2011). Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*, 3(4): 255-266.
- Peñalver, R., Lorenzo, J. M., Ros, G., Amarowicz, R., Pateiro, M., & Nieto, G. (2020). Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet. *Marine Drugs*, 18(6):301.

- Polat, S., & Polat, A. (2022). Makroalglerin mineral içeriği ve insan sağlığı için kullanım olanakları. *Food and Health*, 8(2): 150-160.
- Pulz, O., & Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 65(6): 635–648.
- Santhoshkumar, P., Yoha, K. S., & Moses, J. A. (2023). Drying of seaweed: Approaches, challenges and research needs. *Trends in Food Science & Technology*, 138: 153-163.
- Sasa, A., şentürk, F., Üstündağ, Y., & Erem, F. (2020). Alglerin gıda veya gıda bileşeni olarak kullanımı ve sağlık üzerine etkileri. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 2(2): 97-110.
- Seyidoğlu, N., & Galip, N. (2013). *Spirulina platensis*’ in hayvanlarda büyüme performansı ve bağışıklık sistemi üzerine etkisi. *Animal Health Production and Hygiene*, 2(2): 240-244.
- şirinyıldız, D. D., & Yorulmaz, A. (2022). Alternatif ve sürdürülebilir bir gıda kaynağı olarak algler. *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 1(1): 101-117.
- řkrovánková, S. (2011). Seaweed vitamins as nutraceuticals. *Advances in food and nutrition research*, 64: 357-369.
- Sultana, F., Wahab, M. A., Nahiduzzaman, M., Mohiuddin, M., Iqbal, M. Z., Shakil, A., ... & Asaduzzaman, M. Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: a review, *Aquac. Fish.* 8: 463-480.
- Topal, A. (2025). Alglerin tıpta kullanım alanları. *Iksad Yayınevi*, Ankara.
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., Smith, A. G., Camire, M. E., & Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29(2): 949-982.
- Xie, C., Lee, Z. J., Ye, S., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. (2024). A review on seaweeds and seaweed-derived polysaccharides: Nutrition, chemistry, bioactivities, and applications. *Food Reviews International*, 40(5), 1312-1347.
-

Ekolojik, Sosyo-Ekonomik ve Yasal Boyutlarıyla Tarımda Anız Yakma

Yusuf DİLAY¹
Adem ÖZKAN²

- 1- Doç. Dr.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar, Gemi ve Uçak Bölümü. ydilay@kmu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-5365-5137.
- 2- Öğr. Gör.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü. aozkan@kmu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3043-0338.

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye ve benzeri ekolojik koşullara sahip bölgelerde yaygın bir tarımsal uygulama olan anız yakmanın çok yönlü etkilerini derinlemesine incelemektedir. Çalışma, anız yakma pratiğinin yüzeysel faydalarının aksine, toprak verimliliği üzerindeki geri döndürülemez yıkıcı etkilerini, iklim değişikliğine olan katkısını, biyoçeşitlilik kaybını ve sosyo-ekonomik risklerini (orman yangınları, trafik kazaları) bilimsel verilerle ortaya koymaktadır. Anız yakmanın altında yatan temel motivasyonlar (işgücü tasarrufu, zararlılarla mücadele) analiz edilirken, bu yıkıcı yöneme karşı geliştirilen modern ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına (toprak işlemesiz tarım, bitki artıklarının toprağa karıştırılması) yer verilmiştir. Son olarak, Türkiye’deki yasal düzenlemeler ve cezai müeyyideler ele alınarak, anız yakma sorununa kalıcı çözümler getirecek bütünsel politikalar, teknolojik adaptasyon ve çiftçi eğitiminin önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Anız Yakma, Sürdürülebilir Tarım, Toprak Deformasyonu, Sera Gazı Emisyonları, Biyoçeşitlilik, Tarım Politikaları.

GİRİŞ

Dünya genelinde tarımsal üretim, artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için sürekli bir baskı altındadır. Bu süreçte, verimliliği en üst seviyeye çıkarma çabaları, çoğu zaman çevresel sürdürülebilirliği göz ardı eden uygulamalara yol açabilmektedir. Anız yakma, bu tür uygulamalardan biridir ve genellikle hasat sonrası tarlalarda kalan bitki saplarının ve kalıntılarının yakılarak temizlenmesi işlemidir. Bu işlem, hızlı ve maliyetsiz bir şekilde tarlayı bir sonraki ekime hazırlama amacı taşısa da yarattığı ekolojik, sosyo-ekonomik ve çevresel zararlar, onu modern ve sorumlu tarım uygulamaları arasında tartışmalı bir konuma yerleştirmiştir (Kumar ve ark., 2015).

Anız, tarımsal hasadın ardından tarım arazisinde toprak üstünde ve içinde kalan **biyokütle** kalıntılarına verilen genel bir addır. Bu materyaller, hasat edilen bitkinin kök sistemini ve saplarını kapsar. Anız, özellikle **nadas** uygulaması yapılmayan ve bir sonraki ekim döngüsü için hazırlanan arazilerde daha belirgin hale gelir. Ayrıca, tarla sınırlarında bulunan biçilmemiş otlar ve diğer bitkisel artıklar da bu tanım içinde değerlendirilir. Bu organik materyaller, tarımsal ekosistemdeki toprak sağlığı ve fiziksel yapısı üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Toprak organik karbon içeriğini artırmak, toprak işlemeyi azaltmak, gübrelemek, toprağı bitki kalıntıları ile karıştırmak, toprağın biyolojik çeşitliliğini artırmak ve toprak yüzeyini saman veya kurutulmuş yapraklarla örtmek gibi toprak yönetimi uygulamaları, topraktaki karbonun (C) korunmasına yardımcı olur (Rastogi ve ark., 2002). Toprak anızının karbon

(C) içeriği ağırlıkça yaklaşık yüzde 45'tir, bu da onu toprak için önemli bir karbon (C) kaynağı yapar. Toprağa organik karbon eklendikçe, topraktaki mikroorganizma sayısı artar ve daha aktif hale gelir. Artan faaliyetlerin bir sonucu olarak topraktaki CO₂ miktarı artar ve birçok organik asit oluşur. Artan asitlik, bitki besin maddelerinin çözünürlüğünü artırır (Cangir ve Boyraz, 2008; Gülersoy, 2014; Yılmaz ve ark., 2015).

Hububat hasadının ardından, anız yakma eylemi; genellikle toprak hazırlığını hızlandırmak, toprak işlemlerini kolaylaştırmak, hastalık ve zararlıları kontrol altına almak, yabancı otlarla mücadele etmek ve hasat sonrası artıkları düşük maliyetle ortadan kaldırmak gibi amaçlarla gerçekleştirilmektedir (Korucu ve ark., 2005; Korucu ve ark., 2007; Yakupoğlu ve ark., 2022; Jain ve ark., 2021; Erdal ve ark., 2016; Coşkan, 2006). Her ne kadar yasaklanmış olsa da anızın ekonomik bir değer taşımadığı düşüncesi ve bu eylemin bir alışkanlık haline gelmesi nedeniyle bu tür uygulamalara sıkça rastlanmaktadır.

Anız yakma, sadece Türkiye'de değil, aynı zamanda Hindistan, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri gibi birçok tarım ülkesinde de yaygın olarak görülmektedir (Yıldırım, 2023).

Bu çalışma, konuyu sadece ulusal değil, aynı zamanda küresel bağlamda ele alarak, anız yakmanın nedenlerini, zararlarını, alternatiflerini ve bu sorunun çözümü için gerekli politik yaklaşımları detaylı bir şekilde sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 1. Hasat Sonrası Anızlı Tarladan Görsel

Anız yönetimi, toprak yüzeyindeki bitkisel kalıntı miktarını düzenlemeyi amaçlayan tüm tarımsal uygulamaları kapsayan bir kavramdır (Gürsoy, 2012). Hububat hasadı sonrasında geriye kalan anızın yönetimi üzerine yapılan çalışmalar, yaygın olarak kullanılan beş temel yöntemin

bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1. **Toprak Yüzeyine Yayma:** Bitki artıklarının hasat sonrası araziye eşit şekilde dağıtılması.
2. **Saman Yapımı:** Anızın saman haline getirilerek farklı amaçlarla kullanılması.
3. **Balya Yapımı:** Anızın sıkıştırılarak balyalar halinde depolanması veya taşınması.
4. **Toprağa Gömme (Toprak İşleme):** Bitkisel kalıntıların toprağa karıştırılması veya gömülmesi.
5. **Yakma:** Bitki artıklarının kontrollü veya kontrolsüz bir şekilde yakılması.

ANIZ YAKMANIN EKOLOJİK YIKIMLARI

Anız yakmanın çevresel etkileri, yüzeysel bir temizlik faydasının çok ötesinde, toprağın ve ekosistemin temel yapı taşlarını tahrip eden sonuçlar doğurur.

Toprak Verimliliğine Etkileri

- **Organik Madde Kaybı:** Toprak verimliliğinin ana göstergelerinden biri olan organik madde, anızın yakılmasıyla tamamen yok edilir. Anız, parçalanarak toprağa karıştığında, toprağın organik madde içeriğini ve mikrobiyolojik aktivitesini artırır. Oysa anız yakma, toprağın yüzeyindeki bu değerli organik karbon ve azotu ani bir şekilde atmosfere salar. Bu durum, toprağın fiziksel yapısını bozar, su tutma kapasitesini düşürür ve gelecekte daha fazla kimyasal gübre kullanımını zorunlu kılar.
- **Mikrobiyolojik Yapının Tahribatı:** Toprak, milyarlarca mikroorganizmaya (bakteriler, mantarlar, aktinomisetler) ve makro-organizmalara (solucanlar, böcekler) ev sahipliği yapan canlı bir ekosistemdir. Bu canlılar, bitki kalıntılarını parçalayarak toprağı havalandırır ve bitkilerin kullanabileceğı besin maddelerine dönüştürür. Anız yangınları sırasında toprağın üst 5-10 cm'lik katmanındaki sıcaklıklar 250 °C'nin üzerine çıkabilir ve bu sıcaklık, bu yararlı canlıların büyük bir kısmını yok eder. Bu biyolojik tahribat, toprağın doğal besin döngüsünü aksatır ve toprağı verimsizleştirir (Coşkan, 2006).



Şekil 2. Anız Yangını (Anonim, 2025-c)

(<https://kirsehir.tarimorman.gov.tr/Haber/328/Aniz-Ve-Aniz-Yakmanin-Zararlari>).

İklim Değişikliği ve Hava Kirliliği

Anız yakma, yerel ve küresel ölçekte hava kalitesini olumsuz etkileyen önemli bir kirlilik kaynağıdır (Khan ve ark., 2023).

- **Sera Gazı Emisyonları:** Anızın yakılması, karbondioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), metan (CH_4) ve azot oksitler (NO_x) gibi sera gazlarının atmosfere salınmasına neden olur. Bir hektar alanda yakılan anız, yüzlerce kilogram CO_2 emisyonuna yol açabilir. Bu durum, küresel iklim değişikliği ile mücadele çabalarını doğrudan zayıflatır (Yıldırım, 2023; Rastogi ve Pathak, 2002).
- **Partikül Madde Kirliliği:** Yangın sırasında oluşan duman ve kül, solunum yollarında ciddi sağlık sorunlarına neden olabilecek partikül maddeler ($\text{PM}_{2.5}$, PM_{10}) içerir. Bu partiküller, rüzgarla kilometrelerce uzağa taşınarak geniş bir alanda hava kirliliği yaratır ve özellikle astım, bronşit gibi solunum yolu hastalıkları olan bireylerin sağlığını tehdit eder (Chanana ve ark., 2023).

Biyoçeşitlilik Kaybı ve Erozyon

- **Yaban Hayatına Etkileri:** Anız tarlaları, fare, tavşan, yılan gibi birçok küçük hayvan türü ve onların avcısı olan kuşlar için bir yaşam ve barınma alanıdır. Anız yakma, bu hayvanların yaşam alanlarını tahrip eder ve bu canlıların toplu ölümlerine neden olur. Bu durum, ekosistemdeki besin zincirini ve doğal dengeyi bozar (Erdal ve ark., 2016).
- **Erozyonun Artması:** Anız, toprak yüzeyini bir battaniye gibi örtterek toprağı su ve rüzgâr erozyonuna karşı korur. Anızın yakılmasıyla toprak çıplak kalır ve bu durum, özellikle eğimli

arazilerde ve şiddetli yağış alan bölgelerde toprağın en verimli üst katmanının su ve rüzgârla taşınmasına neden olur.

ANIZ YAKMANIN SOSYO-EKONOMİK BOYUTLARI

Hububat hasadı sonrasında çiftçilerin anız yakma tercihi, genellikle kısa vadeli pratik ve ekonomik kaygılardan kaynaklanmaktadır. Bu yaklaşım, toprağın bir sonraki ekime hızlıca hazırlanması, yabancı ot ve zararlıların kontrol altına alınması gibi operasyonel kolaylıklar sağlaması nedeniyle benimsenir. Ayrıca, hasat sonrası bitkisel atıkların alternatif yöntemlerle (örneğin, balyalama veya toprağa karıştırma) ortadan kaldırılmasının getirdiği işçilik ve ekipman maliyetlerinden kaçınma amacı da bu tercihte belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, anız yakma uygulaması, uzun vadede toprak verimliliği ve çevre üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler göz ardı edilerek, kısa dönemli faydaları nedeniyle yaygın bir şekilde sürdürülmektedir.

Pratik ve Ekonomik Gerekçeler

- **İşgücü ve Zaman Tasarrufu:** Hasat sonrası bitki kalıntılarını balyalama veya parçalayarak toprağa karıştırma gibi alternatif yöntemler, ek işgücü ve zaman gerektirebilir. Anız yakma, bu süreci birkaç saat içinde tamamlayarak çiftçiye kolaylık sağlar.
- **Hastalık ve Zararlılarla Mücadele Algısı:** Çiftçiler, anız yakarak topraktaki hastalık etkenlerini (özellikle kök çürüklüğü) ve böcek zararlılarını (ekin kurdu) yok ettiklerine inanır. Ancak, bu durum genellikle sadece yüzeydeki zararlıları etkilerken, toprağın derinliklerindeki faydalı organizmalara zarar verir.

Yaratılan Ekonomik ve Güvenlik Riskleri

- **Ürün ve Mülkiyet Kaybı:** Anız yangınları, rüzgârın etkisiyle kolayca yayılabilir ve kontrol altına alınamazsa komşu tarlalardaki hasat edilmemiş ürünlere, meyve bahçelerine, tarım makinelerine ve hatta yerleşim yerlerine sıçrayarak büyük ekonomik kayıplara ve can güvenliği riskine yol açabilir.
- **Trafik Güvenliği Tehlikesi:** Yollara yakın alanlarda yakılan anızdan çıkan yoğun duman, özellikle karayollarında görüş mesafesini dramatik şekilde azaltarak zincirleme trafik kazalarına neden olabilir. Bu kazalar hem maddi hasara hem de can kayıplarına yol açabilir.

SÜRDÜRÜLEBİLİR ALTERNATİFLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Anız yakma sorununa kalıcı bir çözüm getirmek için, çiftçilere hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha faydalı alternatiflerin sunulması gerekmektedir.

- **Toprak İşlemesiz Tarım (Minimum Toprak İşleme):** Bu modern tarım sisteminde, anız kalıntıları tarlada bırakılır ve toprak sürülmez. Anıza ekim makineleri kullanılarak tohumlar doğrudan anız kalıntıları arasına ekilebilir. Bu yöntem, erozyonu önlerken, toprağın nemini korur ve organik madde birikimini artırır. Bu durum uzun vadede, toprak verimliliğini ve ürün kalitesini yükseltir (Jasa ve ark., 1991).
- **Anızı Parçalama ve Toprağa Karıştırma:** Hasat sonrası sap parçalama makineleriyle anızlar küçük parçalara ayrılır ve toprağa karıştırılır. Bu, toprağın organik madde içeriğini hızla artırır ve toprağın fiziksel yapısını iyileştirir.
- **Anızın Ekonomik Değerlendirilmesi:** Anız, sadece bir atık olarak görülmemelidir. Balya makineleriyle toplanarak hayvan yemi, yataklık veya biyoyakıt üretimi için hammadde olarak kullanılabilir. Bu, çiftçilere ek bir gelir kapısı açar ve anızın çevresel bir sorun olmaktan çıkıp ekonomik bir değere dönüşmesini sağlar.

TÜRKİYE'DEKİ YASAL DURUM VE POLİTİKA YAKLAŞIMLARI

Anız yakma, Türkiye'de yasal olarak yasaklanmış bir uygulamadır. 2872 sayılı Çevre Kanunu'na göre, anız yakanlara dekar başına idari para cezaları uygulanmaktadır (Anonim, 2025-a). Bu cezaların miktarı her yıl yeniden değerlendirilme oranına göre güncellenmektedir. Yasaklama kararları genellikle ilgili bakanlıklar (Tarım ve Orman Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı) tarafından tebliğler ve genelgelerle duyurulur (Anonim, 2025-b).

Ancak, sadece cezai yaptırımlar, sorunu tamamen çözmek için yeterli değildir. Kalıcı bir çözüm için multidisipliner bir yaklaşım benimsenmelidir:

- **Eğitim ve Farkındalık:** Çiftçilere anız yakmanın zararları ve alternatif yöntemlerin faydaları hakkında eğitimler verilmelidir. Bu eğitimlerde, bilimsel veriler ve başarılı uygulama örnekleri sunulmalıdır.

- **Devlet Destekleri:** Anızın parçalanması veya balyalanması için gerekli olan tarım makinelerinin alımına yönelik teşvikler ve destekler sağlanmalıdır.
- **Sıfır Toprak İşleme Uygulamalarının Teşviki:** Bakanlıklar, anız yakmanın önlenmesi için "Koruma Toprak İşleme" gibi modern tarım yöntemlerini destekleyen projeler ve politikalar geliştirmelidir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Anız yakma, modern tarımın karşı karşıya olduğu en ciddi çevresel ve sosyo-ekonomik sorunlardan biridir. Kısa vadeli pratik faydaları, toprak degradasyonu, hava kirliliği, biyoçeşitlilik kaybı ve yangın riski gibi uzun vadeli yıkıcı sonuçların yanında ihmal edilebilir düzeydedir. Bu makalede sunulan bulgular, anız yakma uygulamasından vazgeçilerek, sürdürülebilir tarım tekniklerinin benimsenmesinin aciliyetini ortaya koymaktadır.

Gelecekte, anız yakma sorununun üstesinden gelmek için teknolojik yeniliklerin (akıllı tarım, uzaktan algılama ile anız yangınlarının tespiti), yasal düzenlemelerin etkin bir şekilde uygulanmasının ve en önemlisi çiftçilerin eğitilmesi ve ekonomik olarak desteklenmesinin bir arada yürütülmesi gerekmektedir. Ancak bu bütünleşik yaklaşımla, verimli tarım topraklarının korunması, gıda güvenliğinin sağlanması ve ekolojik dengenin sürdürülmesi mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, anız yakma uygulamasının çiftçilere kısa vadede sağladığı operasyonel ve ekonomik kolaylıklar, uzun vadede toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısı üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu geleneksel yöntem, topraktaki organik madde içeriğini ve mikrobiyal çeşitliliği azaltarak toprak verimliliğini düşürmekte, erozyon riskini artırmakta ve atmosfere zararlı sera gazı salınımına neden olmaktadır. Sürdürülebilir bir tarım politikası oluşturulması, anız yakmanın neden olduğu bu çevresel ve ekolojik tahribatı engellemek için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, çiftçilere yönelik farkındalık ve eğitim programlarının geliştirilmesi, anıza alternatif olabilecek balyalama ve malçlama gibi modern tarım tekniklerinin teşvik edilmesi ve bu yöntemlere erişimi kolaylaştıracak mali desteklerin sağlanması gerekmektedir. Böylece, anız yakma yerine daha sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesiyle hem toprak sağlığı korunacak hem de tarımsal üretimin devamlılığı sağlanabilecektir.

REFERANSLAR

- Anonim (2025-a). 2872 sayılı Çevre Kanunu. 11.8.1983 tarihli ve 18132 Sayılı Resmi Gazete.
<http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=264>
- Anonim (2025-b). 6831 sayılı Orman Kanunu. 8.9.1956 tarihli ve 9402 Sayılı Resmi Gazete.
- Anonim (2025-c). Anız ve Anız Yakmanın Zararları.
<https://kirsehir.tarimorman.gov.tr/Haber/328/Aniz-Ve-Aniz-Yakmanin-Zararlari>
- Cangir, C., & Boyraz, D. (2008). İklim değişikliği ve çölleşme veya toprak/arazi bozulmasının Türkiye'deki boyutları ve çölleşme ile mücadele. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2), 169-186.
- Chanana, I., Sharma, A., Kumar, P., Kumar, L., Kulshreshtha, S., Kumar, S., & Patel, S. K. S. (2023). Combustion and stubble burning: a major concern for the environment and human health. *Fire*, 6(2), 79.
- Coşkan, A. (2006). Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(03).
- Erdal, G., Erdal, H., & Yavuz, H. (2016). Anız Yakma ve Çiftçi Bilinç Düzeyi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(8), 662-667.
- Gülersoy, A. E. (2014). Yanlış arazi kullanımı. *Elektronik Sosyal Bilgiler Eğitimi Dergisi*, 1(2), 49-128.
- Gürsoy, S. (2012). Diyarbakır ilinde uygulanan buğday anızı ve sapı yönetim sistemlerinin değerlendirilmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 173-179.
- Jain, R., Saboo, S., & Techchandani, A. (2021). Crop Stubble Burning: Can modern technology trigger a new revolution?. In *2021 Innovations in Energy Management and Renewable Resources (52042)* (pp. 1-4). IEEE.
- Jasa, P. J., Shelton, D. P., Jones, A. J., & Dickey, E. C. (1991). G91-1046 Conservation tillage and planting systems.
- Khan, A. A., Garsa, K., Jindal, P., & Devara, P. C. S. (2023). Effects of stubble burning and firecrackers on the air quality of Delhi. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1170.
- Korucu, T., Arslan, S., Dikici, H., & Tanrıverdi, Ç. (2007). Hasat Sonrası Dönemin ve Anız Yakmanın Toprak Penetrasyonu ve Nem İçeriği Değişimine Etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1), 41-49.
- Korucu, T., Say, S. M., Cerit, İ., Ülger, A. C., Turkay, V. K. M. A., Sarihan, H., & Şen, H. M. (2005). Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Toprak Sıkışıklığı ve Verim Üzerindeki Etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(1), 77-83.
- Kumar, P., Kumar, S., & Joshi, L. (2015). *Socioeconomic and environmental implications of agricultural residue burning: A case study of Punjab, India* (p. 144). Springer Nature.
- Rastogi, M., & Pathak, H. (2002). Topraktan Karbondioksit Emisyonu. *General Article Current Science*, (5).

- Yakupoğlu, T., Dindaroğlu, T., Rodrigo-Comino, J., & Cerdà, A. (2022). Stubble burning and wildfires in Turkey considering the Sustainable Development Goals of the United Nations. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11(1), 66-76.
- Yıldırım, A. (2023). The stubble burning problem in sustainable agriculture. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 7(1), 1-6.
- Yılmaz, G., Bilgili, A., Toprak, D., Almaca, A., & Mermut, A. (2015). Anız Yakmanın Karbondioksit Salınımına Etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(1), 26-32.

Yarı Kurak Sahalarda Otlatma ve Mera Yönetimi: 2014-2024 Dönemine Ait Bibliyometrik Bir İnceleme

Ahmet Alper BABALIK¹

1- Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü.
alperbabalik@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0001-9365-1088

ÖZET

Bu çalışmada, 2014-2024 yılları arasında yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi alanında yapılan araştırmalar bibliyometrik açıdan incelenmiştir. Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanından elde edilen yayınlar analiz edilmiş; anahtar kelime birliktelikleri, yazar ve kurum işbirlikleri ile kaynak analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, yayın sayısında son yıllarda belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Anahtar kelime ağlarında “restoration”, “grazing”, “climate change” ve “land degradation” kavramlarının merkezi konumda yer aldığı tespit edilmiştir. Ülke işbirliği ağlarında Çin ve ABD’nin öne çıktığı, Türkiye’nin ise özellikle Almanya, Çin, İran ve ABD ile bağlantılar kurduğu görülmüştür. Ancak Türkiye’nin küresel ölçekte işbirliklerinin sınırlı olması, uluslararası ortaklıkların güçlendirilmesi gereğini ortaya koymaktadır. Ayrıca Science of the Total Environment, Land Degradation & Development ve Rangeland Ecology & Management gibi dergiler, disiplinlerarası niteliği ve yüksek atıf etkisi ile literatürün ana omurgasını oluşturmuştur. Genel olarak, yarı kurak ekosistemlerde yapılan araştırmaların son on yılda hızla çeşitlendiği, sürdürülebilir yönetim, ekosistem restorasyonu ve adaptif yaklaşımların öne çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar, gelecekte disiplinlerarası çalışmaların ve uluslararası işbirliklerinin artırılmasının bilimsel katkıyı güçlendireceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler – Bibliyometrik analiz, mera yönetimi, otlatma, uluslararası işbirlikleri, yarı kurak sahalar.

GİRİŞ

Yarı kurak sahalar, dünya üzerinde geniş bir coğrafi yayılışa sahip olup hem doğal ekosistemlerin hem de kırsal toplulukların sürdürülebilirliği açısından stratejik öneme sahiptir [1,2]. Bu bölgelerde yer alan meralar, hayvancılık faaliyetlerinin temel dayanağını oluştururken aynı zamanda karbon döngüsü, toprak verimliliği ve biyoçeşitlilik açısından da kritik ekosistem hizmetleri sağlamaktadır [3–5]. Ancak söz konusu alanlar, iklim değişikliğinin etkileri, artan otlatma baskısı, nüfus yoğunluğu ve arazi kullanımındaki değişimlerle giderek daha kırılgan bir yapıya bürünmektedir [6,7]. Yarı kurak sahalarda yer alan meralarda karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, aşırı otlatmanın toprak özellikleri, bitki kompozisyonu ve ekosistem dengesinde yol açtığı bozulmalardır [8–10]. Taşıma kapasitesinin üzerinde yapılan otlatma, mera verimliliğini azaltmakta, erozyonu hızlandırmakta ve uzun vadede çölleşmeye zemin hazırlamaktadır [11–13]. Bu

nedenle otlatma yoğunluğunun dengelenmesi, adaptif mera yönetimi yaklaşımlarının uygulanması ve bozulmuş alanların rehabilitasyonu gibi konular, son yıllarda yapılan bilimsel araştırmaların merkezinde yer almaktadır [14]. Bununla birlikte, mera yönetiminde yalnızca ekolojik boyut değil, aynı zamanda sosyal ve ekonomik faktörler de belirleyici olmaktadır [15]. Çiftçilerin ve hayvancılıkla uğraşan kesimin geleneksel bilgi birikimi, devlet politikaları, mera tahsisleri ve yönetim planlarının etkinliği, sahadaki uygulamaların başarısını doğrudan etkilemektedir [16]. Bu çok boyutlu yapı, araştırmalarda disiplinlerarası bir yaklaşımın benimsenmesini gerekli kılmakta; ekoloji, tarım, orman, çevre, sosyoloji ve ekonomi alanlarından katkılarının bir araya gelmesini sağlamaktadır. 2014-2024 yılları arasındaki akademik yayınlar incelendiğinde, yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi konularında önemli bir ivme yakalandığı görülmektedir. Bu dönemde yapılan çalışmalar, hem uzaktan algılama teknolojileri ve coğrafi bilgi sistemlerinin sağladığı verilerle desteklenen izleme yöntemlerini geliştirmiş, hem de restorasyon ekolojisi ve sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarına dair yeni yaklaşımlar ortaya koymuştur. Ayrıca uluslararası işbirlikleri, farklı ekolojik bölgelerde edinilen deneyimlerin paylaşılmasına ve karşılaştırmalı analizlerin yapılmasına olanak tanımıştır.

Bu çerçevede, yarı kurak sahalarda yürütülen otlatma ve mera yönetimi araştırmalarının sistematik biçimde değerlendirilmesi, mevcut bilgi birikiminin bütüncül bir şekilde ortaya konulmasını sağlamaktadır. Bibliyometrik analiz yöntemleri sayesinde literatürdeki ana temaların, öne çıkan dergilerin, etkili araştırma gruplarının ve uluslararası işbirliği ağlarının görünür hale getirilmesi mümkündür [17]. Böylece bu çalışma ile hem geçmiş on yıla ışık tutulmakta hem de gelecekteki araştırmalar için yönlendirici bir perspektif sunulmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Veri Kaynağı ve Kapsam

Bu çalışmada, yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatürünü analiz etmek amacıyla Web of Science (WoS) Core Collection veri tabanı kullanılmıştır. Veri kapsamı, 2014-2024 yılları arasında yayımlanmış ve araştırma konusuyla doğrudan ilişkili çalışmaları içermektedir. Yayın türü olarak makale ve derleme çalışmaları dâhil edilmiş;

konferans bildirileri, editöre mektup ve özet metinler kapsam dışında bırakılmıştır. Veri toplama işlemi Eylül 2025’te gerçekleştirilmiştir.

Arama Stratejisi ve Dâhil Edilme Ölçütleri

WoS Gelişmiş Arama modunda aşağıdaki sorgu kullanılmıştır:

TS=("semi-arid" OR "semiarid" OR "dryland" OR "steppe")

AND TS=("rangeland" OR "pasture" OR "grazing land" OR "grassland")

AND TS=("grazing management" OR "rangeland management" OR "pasture management"

OR "carrying capacity" OR "stocking rate" OR "restoration" OR "rehabilitation")

AND PY=(2014-2024)

Bu sorgu ile konu başlıklarında yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi ile ilişkili ifadeleri içeren yayınlar seçilmiştir. Yinelenen kayıtlar ve eksik bibliyografik bilgiye sahip belgeler analiz dışında bırakılmıştır.

Veri İşleme ve Analiz

Elde edilen kayıtlar, “Full Record and Cited References” seçeneği ile .txt formatında dışa aktarılmış ve VOSviewer 1.6.20 yazılımına aktarılmıştır [18]. Anahtar kelime uyumu için özel bir eşleştirme sözlüğü (thesaurus file) oluşturulmuş; eşanlamlı kavramlar, yazım farklılıkları ve biçimsel varyasyonlar bu dosya üzerinden standardize edilmiştir. Ağ yapılarının oluşturulmasında “association strength” normalizasyon yöntemi kullanılmıştır.

Analiz Türleri

Çalışmada aşağıdaki bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiştir:

a. Anahtar Kelime Birlikteliği (Co-occurrence): Yazar anahtar kelimeleri esas alınmış, minimum tekrar eşiği 3 olarak belirlenmiştir.

b. Yazarlık ve Kurumsal İşbirliği (Co-authorship): Ülkeler ve kurumlar düzeyinde analiz yapılmış, en az 3 yayına sahip düğümler değerlendirmeye alınmıştır.

c. Kaynak Analizi (Citation & Source): Yayınların yayımlandığı dergiler ve en çok atıf alan makaleler belirlenmiştir.

Her analiz için ağ haritaları hem kümelenme renklerine göre (Network Visualization), hem de zamansal eğilimlere göre (Overlay Visualization) sunulmuştur.

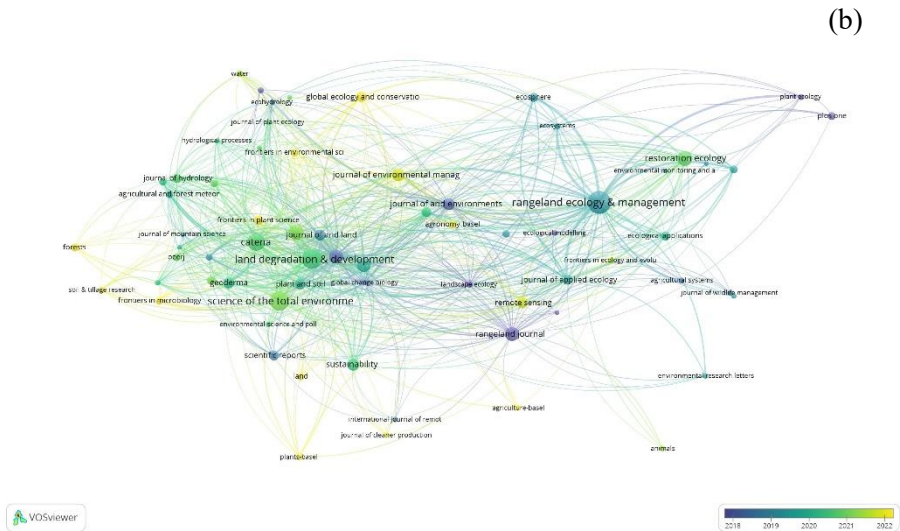
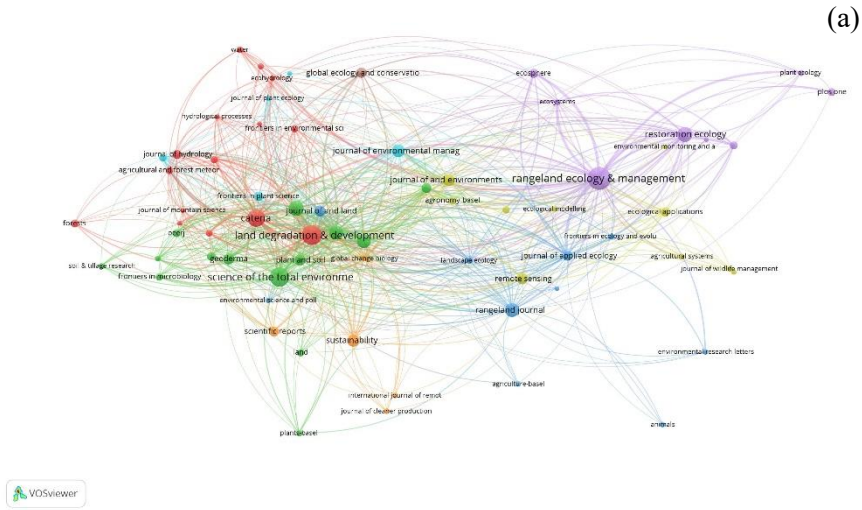
Sınırlılıklar

Çalışma yalnızca WoS veri tabanında taranan yayınlara odaklanmıştır. Diğer ulusal ve bölgesel dizinlerde yer alan, ancak WoS kapsamında bulunmayan çalışmalar analize dâhil edilmemiştir. Ayrıca kullanılan thesaurus dosyasının kapsamı ve seçilen eşik değerleri sonuçları etkileyen sınırlayıcı unsurlar arasında değerlendirilmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yayın Eğilimleri ve Kaynak Analizi

Yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatüründe dergiler arasındaki kümelenme ve işbirliği yapıları Şekil 1a'da görülmektedir. Ağ haritasında *Science of the Total Environment*, *Land Degradation & Development* ve *Rangeland Ecology & Management* gibi dergiler merkezi konumda yer almakta ve geniş bağlantılar kurarak literatürün ana omurgasını oluşturmaktadır. Bu durum, söz konusu dergilerin disiplinlerarası niteliği desteklediğini ve farklı araştırma alanlarını bir araya getirdiğini göstermektedir. Ayrıca kümelerin renk farklılıkları, dergilerin belirli tematik odaklara yöneldiğini işaret etmektedir. Şekil 1b'de ise aynı ağ yapısının yıllara göre evrimi gösterilmektedir. Renk geçişleri, literatürün özellikle son dönemde çeşitlenerek yeni araştırma alanlarına kaydığını ortaya koymaktadır. Mavi tonlarda görülen daha eski çalışmaların yerini, yeşil ve sarı tonlarla temsil edilen son yıllardaki yayınlar almış ve bu yayınların merkezi dergiler etrafında yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bu da literatürün yalnızca belirli ekolojik ve yönetsel göstergelerle sınırlı kalmayıp, zamanla daha geniş ve çözüm odaklı bir araştırma eksenine yöneldiğini ortaya koymaktadır.

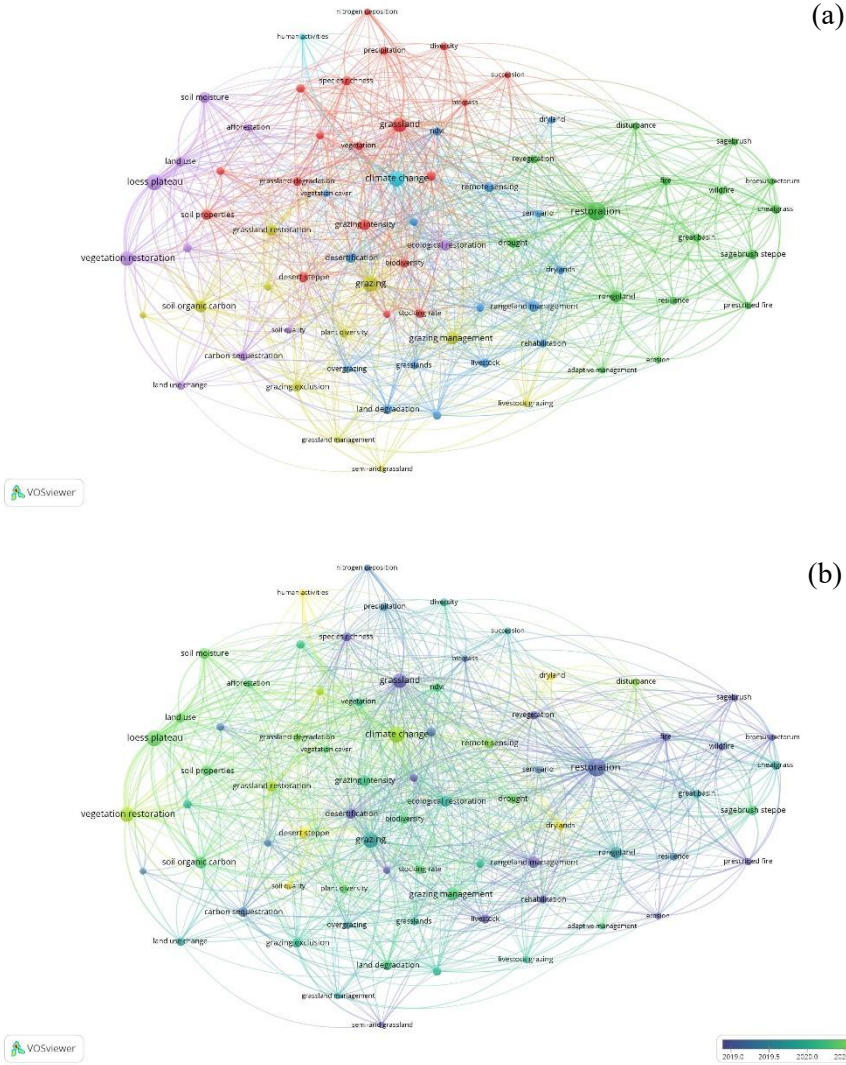


Şekil 1: Yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatüründe dergi ağlarının görselleştirilmesi: (a) Dergiler arası kümelenme ve işbirliği yapıları, (b) Yayınların yıllara göre dağılımına bağlı olarak ağların zamansal evrimi.

Anahtar Kelime Birliktelikleri

Yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatüründe en sık kullanılan anahtar kelimeler arasındaki kümelenmeler Şekil 2a’da görülmektedir. Ağ yapısında en güçlü bağlantıların “restoration”, “grazing”, “climate change” ve “land degradation” kavramları etrafında yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Bu kavramların merkezi konumda yer alması,

literatürdeki araştırmaların özellikle otlatma baskısı, iklim değişikliğinin etkileri ve arazi bozunumu süreçleri üzerine odaklandığını göstermektedir. Ayrıca “soil organic carbon”, “vegetation restoration” ve “desertification” gibi kavramların güçlü ilişkiler kurması, çalışmaların yalnızca ekosistem dinamikleriyle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda toprak kalitesi, karbon döngüsü ve arazi iyileştirme uygulamalarıyla da bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Şekil 2b’de ise aynı ağ yapısı zamansal bir perspektiften sunulmaktadır. Renk geçişleri, araştırma eğilimlerinin yıllara göre nasıl evrildiğini göstermektedir. Daha eski çalışmalar kırmızı ve sarı tonlarda görünürken, mavi ve yeşil tonlarda yer alan kavramlar özellikle son dönemde öne çıkan araştırma başlıklarını işaret etmektedir. Bu bağlamda “adaptive management”, “resilience” ve “ecological restoration” gibi kavramların son yıllarda giderek daha fazla öne çıktığı görülmektedir. Bu kayma, araştırmaların yalnızca tespit ve değerlendirme odaklı değil, aynı zamanda çözüm üretmeye ve yönetim stratejileri geliştirmeye yönelik bir perspektife evrildiğini göstermektedir.



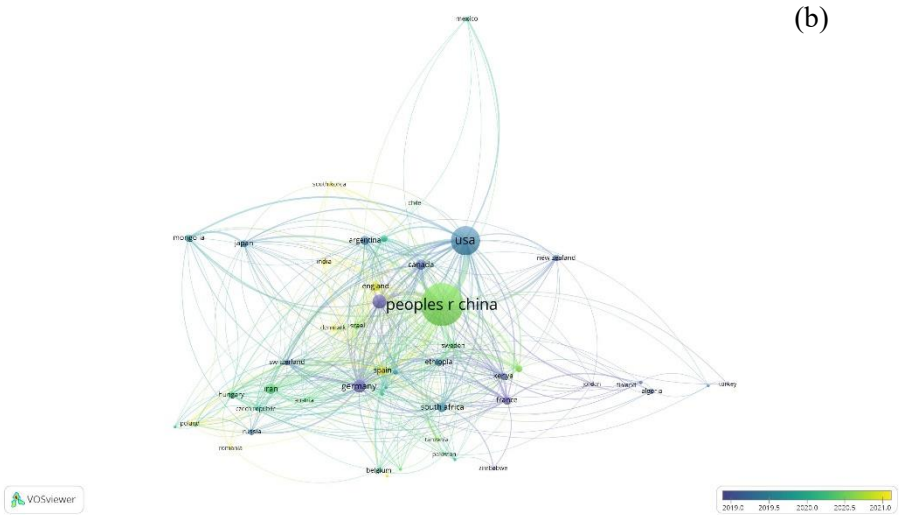
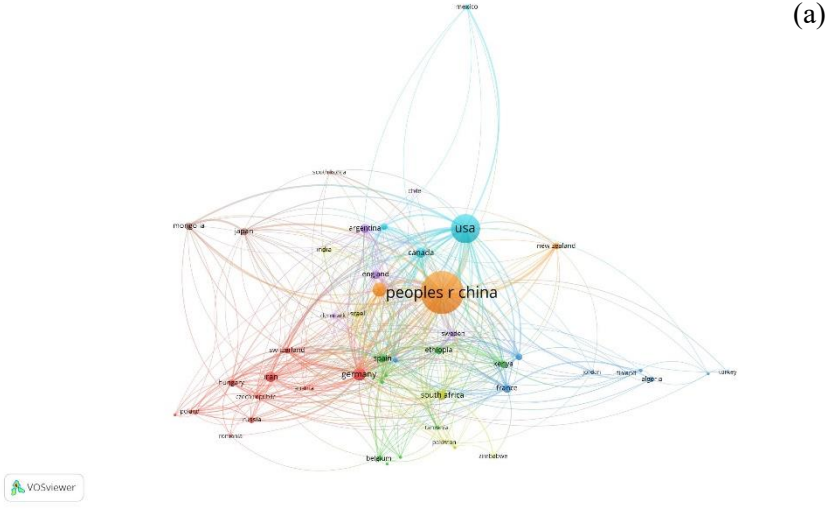
Ülke ve Kurumsal İşbirlikleri

Yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatürüne ilişkin ülkeler arası işbirliği ağları Şekil 3’te görselleştirilmiştir. Haritalar, ülkelerin uluslararası düzeyde kurdukları ortaklıkların yoğunluğunu, merkezi konumlarını ve zaman içerisindeki değişimlerini ortaya koymaktadır. Bu

görselleştirmeler sayesinde hangi ülkelerin bilimsel üretimde öncü rol üstlendiği, hangi bölgelerin daha çok işbirliği geliştirdiği ve işbirliklerinin yıllar içinde nasıl evrildiği açıkça izlenebilmektedir. Şekil 3a'da görüldüğü üzere, ülkeler arası işbirliği ağında Çin ve ABD belirgin biçimde merkezi bir konumda yer almakta ve ağın ana omurgasını oluşturmaktadır. Bu iki ülke hem yüksek yayın sayıları hem de farklı ülkelerle kurdukları geniş işbirliği ağları sayesinde literatürdeki bilimsel etkileşimin yönünü belirleyen başlıca aktörlerdir. Avrupa ülkeleri (örneğin Almanya, İngiltere) ve Asya'dan bazı ülkeler (örneğin İran, Japonya) bu merkezlerle güçlü bağlantılar geliştirmiştir.

Türkiye'nin işbirliği bağlantılarına bakıldığında ise ABD, Çin, Almanya ve İran ile ilişkilerin öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, Türkiye'nin bölgesel ve uluslararası araştırma ağlarına dâhil olduğunu göstermekle birlikte, diğer ülkelere kıyasla daha sınırlı bağlantılar kurduğunu da ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Türkiye'nin gelecekte uluslararası ortaklıklarını artırması hem yayın görünürlüğünü hem de bilimsel etkisini güçlendirecek önemli bir stratejik adım olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 3b'deki zamansal analiz ise son yıllarda işbirliklerinin giderek çeşitlendiğini göstermektedir. Özellikle Çin ve ABD'nin liderliği sürerken, Avrupa ve Asya ülkelerinin de işbirliği ağında daha görünür hale geldiği dikkat çekmektedir. Bu eğilim, yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi konusunun küresel ölçekte önem kazandığını ve araştırma gündeminin giderek daha fazla çok uluslu işbirlikleriyle şekillendiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 3: Yarı kurak sahalarda otlatma ve mera yönetimi literatüründe ülkeler arası işbirliği ağları: (a) Ülkeler arasındaki işbirliği kümeleri ve merkez ülkeler, (b) Ülkeler arası işbirliklerinin yıllara göre zamansal evrimi.

Genel Değerlendirme

Elde edilen bulgular, araştırmaların temel olarak ekosistem bozulumu ve sürdürülebilir yönetim üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Anahtar kelimeler arasındaki güçlü bağlantılar, disiplinlerarası çalışmaların önemini vurgularken; ülke işbirlikleri haritaları, küresel ölçekte bilimsel ağların giderek daha fazla güçlendiğini göstermektedir. Türkiye özelinde ise

araştırma sayılarında artış eğilimi görülmekle birlikte, uluslararası işbirliklerinin güçlendirilmesi ve yüksek etkili dergilerde görünürlüğün artırılması açısından gelişim potansiyelinin bulunduğu değerlendirilmektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışma, 2014-2024 yılları arasında yarı kurak ekosistemlerde otlatma, arazi bozulumu ve restorasyon temalı araştırmaların bibliyometrik açıdan değerlendirilmesini ortaya koymuştur. Bulgulara göre, yayın sayısında son yıllarda belirgin bir artış olduğu ve özellikle iklim değişikliği, mera yönetimi ve ekosistem restorasyonu konularının öne çıktığı görülmüştür. Anahtar kelime analizleri, araştırmaların büyük ölçüde “land degradation”, “grazing”, “climate change” ve “restoration” kavramları etrafında kümelendiğini göstermektedir. Bu eğilim, mevcut çalışmaların hem ekolojik süreçlere odaklandığını hem de çözüm odaklı yaklaşımlara yöneldiğini ortaya koymaktadır. Ülke işbirliği haritalarında Çin ve ABD merkezi konumda yer almakta olup, Türkiye’nin ise bölgesel ölçekte katkı sağlamakla birlikte küresel ağlarla olan bağlantılarını artırma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, uluslararası ortaklıkların güçlendirilmesinin Türkiye’deki araştırmaların görünürlüğünü ve etki düzeyini artırabileceğini göstermektedir.

Genel olarak, elde edilen bulgular yarı kurak ekosistemlerde sürdürülebilir yönetim ve restorasyon çalışmalarının bilimsel gündemde giderek daha fazla yer bulduğunu ortaya koymaktadır. Önümüzdeki dönemde, disiplinlerarası yaklaşımların güçlendirilmesi, politika ve uygulama odaklı projelerin artırılması ve uluslararası işbirliklerinin genişletilmesi ile bu alandaki bilimsel katkının daha da artacağı öngörülmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Lizárraga-Mendiola L, Bigurra-Alzati CA, Vázquez-Rodríguez GA. Toward Sustainable Communities in Arid and Semi-Arid Zones of the Global South, 2024, p. 1–15. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53418-8_1.
- [2] El Kenawy AM. Hydroclimatic extremes in arid and semi-arid regions: status, challenges, and future outlook. Hydroclimatic Extremes in the Middle East and North Africa, Elsevier; 2024, p. 1–22. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824130-1.00012-6>.
- [3] Pamukoğlu Y, Babalık AA, Dursun İ. An Assessment of Climate Change and Carbon Management. Academic Research and Reviews in Agriculture,

- Forestry and Aquaculture Sciences, Ankara, Turkey: Platanus Publishing; 2023, p. 285–98.
- [4] Jakobsson S, Envall I, Bengtsson J, Rundlöf M, Svensson M, Åberg C, et al. Effects on biodiversity in semi-natural pastures of giving the grazing animals access to additional nutrient sources: a systematic review. *Environ Evid* 2024;13:18. <https://doi.org/10.1186/s13750-024-00343-4>.
- [5] Pamukoğlu MY, Babalık AA, Dursun İ. Isparta İlinde Taşıt Trafikinden Kaynaklı Karbon Salınımının Belirlenmesi ve Alınabilecek Önlemler. In: Özkaya U, editor. *Mühendislikte Yeni Trendler ve Sınırlar*, All Sciences Academy; 2024, p. 299–315.
- [6] Pamukoğlu MY, Babalık AA, Dursun İ. Türkiye'nin Tarım ve Evsel Su Ayak İzi Analizi ve Diğer Ülkeler ile Karşılaştırılması. In: Özkaya U, editor. *Mühendislikte Yeni Trendler ve Sınırlar*, All Sciences Academy; 2024, p. 282–97.
- [7] Salmanpour F, Shakoori Z, Keshtkar M, Kia M, Sayahnia R. Impact of climate warming on vegetation cover: positive effects of native artiodactyla vs. grazing pressure in Alborz Protected Area. *Frontiers in Conservation Science* 2025;6. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2025.1534034>.
- [8] Macheroum A, Sayada N, Chenchouni H. Restoration of soil quality and improvement of physicochemical properties through grazing exclusion in arid and semi-arid rangelands. *Catena (Amst)* 2025;249:108646. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108646>.
- [9] Babalık AA, Dursun İ. Akdeniz Maki Ekosistemlerinde Keçi Otlatmasının Ekolojik Etkileri ve Sürdürülebilir Yönetim Stratejileri. *Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Öncü ve Yenilikçi Çalışmalar*, All Sciences Academy Design; 2024, p. 96–112.
- [10] Wang Y, Zhao Q, Wang Z, Zhao M, Han G. Overgrazing leads to decoupling of precipitation patterns and ecosystem carbon exchange in the desert steppe through changing community composition. *Plant Soil* 2023;486:607–20. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05894-y>.
- [11] Wang Q, Okadera T, Nakayama T, Batkhishig O, Bayarsaikhan U. Estimation of the Carrying Capacity and Relative Stocking Density of Mongolian grasslands under various adaptation scenarios. *Science of The Total Environment* 2024;913:169772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169772>.
- [12] Pamukoğlu MY, Babalık AA. Sürdürülebilir Havza Yönetimi: Çok Disiplinli Yaklaşımlar ve Geleceğe Yönelik Çözüm Önerileri. 4th International Conference on Frontiers in Academic Research (ICFAR), Konya: All Sciences Academy; 2024, p. 230–5.
- [13] Rapiya M, Mndela M, Truter W, Ramoelo A. Assessing the Economic Viability of Sustainable Pasture and Rangeland Management Practices: A Review. *Agriculture* 2025;15:690. <https://doi.org/10.3390/agriculture15070690>.
- [14] Slayi M. Community perspectives and participation in rangeland restoration: challenges and opportunities in the Eastern Cape, South Africa. *Frontiers in Animal Science* 2025;6. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1606434>.
- [15] Rapiya M, Mndela M, Truter W, Ramoelo A. Assessing the Economic Viability of Sustainable Pasture and Rangeland Management Practices: A

- Review. *Agriculture* 2025;15:690.
<https://doi.org/10.3390/agriculture15070690>.
- [16] Chen X, Hein PP, Shi M, Yang F, Yang J, Fu Y, et al. Diversity and traditional knowledge concerning fodder plants are invaluable assets for enhancing the sustainable management of crop-livestock system of Zhaotong City in the mountainous southwest China. *Plant Divers* 2025;47:311–22. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2024.09.011>.
- [17] Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *J Bus Res* 2021;133:285–96. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>.
- [18] van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* 2010;84:523–38. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.

Bitki Zararlılarıyla Mücadelede Nanobiyopestisitlerin Önemi

Asiye UZUN YİĞİT¹

Mustafa GÜLBEYAZ²

- 1- Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü.
asiyeuzun@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0002-4822-4762
- 2- Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü
mgulbeyaz32@gmail.com ORCID No: 0009-0007-1864-1155

ÖZET

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte besin ihtiyacının karşılanabilmesi için gıda üretiminin de arttırılması beklenmektedir. Tarımsal üretim alanlarında ürün veriminin arttırılmasının yanı sıra ürün kayıplarının en aza indirilebilmesi için zararlı yönetiminde kullanılan kimyasal pestisitlerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri dikkat çekmektedir. Bu olumsuz etkilerin minimuma indirilmesi için zararlı yönetiminde alternatif olarak biyolojik kökenli pestisitlerin kullanımının gıda güvenliği kapsamında da tercih edilmesi söz konusudur. Bununla birlikte güncel yaklaşımlardan birisi olan nanoteknoloji kullanılarak maksimum etki için minimum kullanım konseptiyle tarımda zararlı yönetiminde nanobiyopestisitler ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında botanik ve mikrobiyal kökenli nanobiyopestisitlerin zararlı yönetiminde kullanımına yönelik çalışmalar ve avantajlarına değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Entomopatojen, Biyolojik mücadele, Biyopestisit, Zararlı yönetimi, Nanopartikül

GİRİŞ

Pestisit olarak kullanılan biyolojik kökenli nanopartiküller (NP), nanobiyopestisitler olarak adlandırılmaktadır (Pan vd., 2023). Nanobiyopestisitler, pestisitlerin etkinliği artırmak ve çevresel yükünü azaltmak için nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen biyolojik koruma ürünleri şeklinde de ifade edilebilir (Chaudhary vd., 2021a,b; Ayılara vd., 2023). Nanobiyopestisitler, sentetik pestisitlere kıyasla daha yüksek toksik aktiviteye, kontrollü salınım ve biyolojik olarak parçalanabilirliğe sahiptir (Abdollahdokht vd., 2022; Ayılara vd., 2023; Pan vd., 2023). Mikroorganizmalar tarafından sentezlenen NP'leri kullanarak zararlı yönetimi, uygun maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır (Nivetha vd., 2021). Bitki koruma için nanopartiküllerin kullanımı nanopartiküllerin aktif pestisit etmenleri olarak ve nanopartiküllerin mevcut pestisitler veya çift sarmallı RNA (dsRNA) gibi diğer aktif maddeler için taşıyıcı görevi görmesi şeklinde iki farklı mekanizma ile gerçekleşebilir. Püskürtme veya tohum ıslatma, yaprak doku veya kökler yoluyla uygulanabilir. Nanopartiküller, taşıyıcı olarak, raf ömrünün arttırılması, suda az çözünür pestisitlerin çözünürlüğünün iyileştirilmesi, toksisitenin azaltılması ve hedef zararlılara ulaşmanın arttırılması gibi çeşitli faydalar sağlayabilir. Nanotaşıyıcıların bir başka yararı, çevresel stres (UV ve yağmur) altında nanopestisitlerin etkinliğini ve stabilitesini iyileştirmek, uygulama sayısını önemli ölçüde azaltmak, böylece toksisiteyi ve maliyeti azaltmaktır (Worrall vd., 2018). En büyük küresel endişelerden birisi olan gıda güvenliğinin sağlanmasında tarımsal üretim

alanlarında zararlı yönetiminde nanobiyopestisitlerin geliştirilmesi ve pratikte kullanımı ile ilgili araştırmalar büyük önem taşımaktadır.

Nanobiyopestisitlerin Bitki Zararlılarına Olası Giriş Yolları

Nanobiyopestisitlerin üretimi sırasında oluşan malzemeler, ürünler ve yan ürünler emilir ve toprakta, havada, suda ve ekosistemde yayılır. Bu nanoparçacıkların etkisi bir sır olarak kalmakta ve bilim insanları etkilerini araştırmaktadır. Nanopartikül konsantrasyonları, böceklerle derinin dış tabakasından nüfuz ettikleri ve ağız açıklıkları, stigmalar, kıllar (setae), abdominal ve anal bacaklar (proleg) yoluyla taşındıkları için böcek fizyolojisini ve morfolojisini etkileyebilir. Nanopartiküller veya nanobiyopestisitler böcek başına, karın, göğüs ve sifon bölgelerine zarar verebilir. Nanopartiküller vücuda giriş yaptığında hayati iç organları doğrudan etkileyebilir, kanda emilebilir ve farklı vücut kısımlarında ortaya çıkabilir (Lade ve Gogle, 2019). Ayrıca, nanobiyopestisitlerin bitkilerin kökleri ve yaprakları tarafından emilebilir, biriktirilebilir ve bulaşabilir olması, pestisitlerin bitkiye girmesi ve sokucu emici ağız yapısına sahip zararlıların mücadelesi için önemlidir. Kök emilimi, NP'lerin bitkilere girmesinin ana yoludur ve emilen NP'ler, terleme yoluyla bitkilerin toprak üstü kısmına yukarı doğru taşınabilir (Lin vd., 2009; Nair vd., 2010), bu da toprakaltına pestisitler uygulayarak toprak üstü zararlılarını kontrol etmeyi mümkün kılar (Pan vd., 2023).

Nanobiyopestisitlerin Sentezi

Nanobiyopestisitlerin sentezinin iki şekilde gerçekleştiği bilinmektedir. Birinci tipte nanobiyopestisitler, nanopartiküllerle entegre edilen ve uygun bir polimerde birleştirilen biyolojik olarak türetilmiş aktif pestisit kimyasalları veya bileşikleridir (APC). İkinci tipte, aktif pestisit bileşiği (APC), uygun bir polimere homojenize edilen metalik NP'ler oluşturmak için metalik bir tuzu indirgemektedir. APC'nin nanopartiküllerle konjugasyonu ve polimerler, miseller, nanofiberler, lipozomlar veya nanosferler gibi uyumlu vektörlerle karışımları, pestisit bileşiğinin ve polimerin kontrollü ve yavaş salınımı, gelişmiş aktivite ve biyolojik olarak parçalanabilirliği gibi birçok avantajı göstermek için geliştirilmiştir (Ragaei ve Sabry, 2014; Lade ve Gogle, 2019). NBP için gerekli bileşenler yeşil aktif pestisit bileşikler, NP'ler ve polimerdir. Biyopestisitler, etkili etki ve yavaş salınım mekanizması için kapsülleme yoluyla belirli polimerlerle karıştırılabilir ve birleştirilebilir. Işık seviyelerine veya sıcaklık, su, nem veya pH gibi diğer özel koşullara ulaşıldığında, biyopolimerin (örneğin kitosan) kırılması ve nanopartiküllerin ve pestisitlerin (örneğin biyosit) yavaş salınımı meydana gelebilir. Bu özel durum, kitosan polimerinin buharlaşmasına veya bozunmasına izin verir ve etkili nanobiyopestisitleri

bitkilere veya toprağa ve havaya bırakır. Bu nanobiyopestisitler, bitkilere saldıran böcekleri veya diğer zararlıları etkilerken, polimerik parçacıklar toksik değildir ve nano parçacıkların verilmesiyle bozunur. Burada, yeşil pestisit bileşikleri, böceklerin bağırsaklarında emilim yoluyla zararlıları öldürür ve orada kalır: doğada yeşil olmalarının yanı sıra biyolojik olarak parçalanabilirler ve toksik değildirler. Doğada NP'lerin rolü, böcekleri çeşitli mekanizmalar veya yollar yoluyla öldürmek, zarlardan, kütikülden emilim, proteinlerde, metabolik enzimlerde veya DNA'da kusurlar üreterek hücre ölümüne (apoptosis) neden olmaktır. SiO₂ ve Al₂O₃ NP'leri böcek kütikülüne bağlanarak mumları ve lipitleri çeker ve bu da sonuçta böcek dehidrasyonuna neden olur. Metal ve oksitleri NP'ler (gümüş ve grafen oksit) böcek antioksidanlarını, detoksifiye edici enzimleri etkileyerek oksidatif strese ve hücre ölümüne neden olur. Gümüş NP'ler asetilkolinesteraz aktivitesini ve gonadotropin salınımını sınırlayarak gelişimsel hasara ve üreme başarısızlığına yol açar. Bu etkilerin yanı sıra, NP'ler proteinlere ve nükleik asitlere bağlanabilir ve hücre ölümüne yol açan mutasyonlar oluşturabilir (Benelli, 2018; Lade ve Gogle, 2019).

Bitkisel Kökenli Nanobiyopestisitler

Bitki kökenli metabolitler, nanobiyopestisit formülasyonlarının geliştirilmesinde büyük ölçüde kullanılmıştır (Vimala Devi vd., 2019). Bir nanobiyopestisit ticari uygulamalar için pestisit, antimikrobiyal, antioksidan ve insektisitler gibi yapısal bileşenlerinin etkinliğini arttırmak için nanoemülsiyon tekniği ile uygulanabilir. Araştırma sonuçları, neem ağacı (*Azadirachta indica*) tohumu özütünün, neem yağı nanoemülsiyonu (damlacık boyutu 200-500 nm) ile karşılaştırıldığında, iki ana tahıl depolama zararlısı olan *Sitophilus oryzae* ve *Tribolium castaneum*'a karşı uygulandığında %85-100 ve %74-100 gibi çok daha yüksek ölüm oranları sergilediğini göstermektedir (Kumar vd., 2022). Bitki uçucu yağlarına dayalı nanoemülsiyonlar geniş uygulamalara sahip olup çeşitli tarımsal zararlılara karşı etkili böcek öldürücü aktiviteye sahiptir (Pant vd., 2014; Pascual-Villalobos vd., 2017; Pavoni vd., 2019; Kala vd., 2020). Üç yerel bitki *Ageratum conyzoides*, *Achillea fragrantissima* ve *Tagetes minuta*'dan elde edilen uçucu yağların nanoemülsiyonları, *Callosobruchus maculatus*'a karşı yumurta ve erginlerde öldürücü etki göstermiştir (Nenaah, 2014). Okaliptüs yağının nanoemülsiyonu, *Pectinophora gossypiella* ve *Earias insulana*'nın yeni yumurtadan çıkmış larvalarına karşı daha yüksek böcek öldürücü etkiye neden olmuştur (Hemat vd., 2015). *Acorus calamus*'a dayalı botanik biyopestisit nanoformülasyonu, kırmızı un böceği (*T. castaneum*) için karşılaştırmalı toksisite açısından test edilmiştir ve nanoformülasyonun daha düşük dozlarının (%1'in altında) %100 ölüm için yeterli olduğunu göstermiştir (Prabakaran vd., 2017). *Bemisia tabaci*'ye karşı önemli böcek öldürücü aktivite gösteren uzun süreli depolama stabilitesine sahip

Cymbopogon citratus ve *Prosopis juliflora*'nın bitkisel kökenli adjuvanı ile patlıcanda (%91.24) yüzey gerilimini ve temas açısını azaltarak stabil bir neem yağı bazlı nanoemülsiyon (NE) formülasyonu geliştirilmiştir (Iqbal vd., 2022). Wuryantini ve Harwanto (2020) tütün bitkisinden elde edilen insektisit nanoemülsiyon ve ham ekstraktın etkinliğini karşılaştırdığında nanoemülsiyonun *Aphis gossypii* üzerinde ham ekstraktan daha iyi kontrol etkisine sahip olduğunu bulmuştur. Nanosferler veya nanokapsüller oluşturmak için polimerlerin botanik pestisit formülasyonlarına dahil edilmesi, aktif bileşenlerin kaybını azaltabilir ve kontrollü salınım sağlayabilir (Soujanya vd., 2016). Esansiyel yağların mikrokapsüllenmesi, yağların oksidatif stabilitesini, termal stabilitesini, raf ömrünü ve biyolojik aktivitesini iyileştirebilir (Kala vd., 2020) ve ayrıca uçucu yağların uçuculuğunu ve salım özelliklerini kontrol edebilir (Bakry vd., 2016). Feng ve Peng (2012), risinoleik asit ile bir amfifilik karboksimetil kitosan sentezlemiş (R-CM-chitosan), nano ölçekte oluşan Aza/R-CM-kitosan su dispersiyonunun daha iyi kontrollü bir salım aktivitesine sahip olduğu botanik pestisit Azadirachtin (Aza) için bir taşıyıcı olarak kullanılabileceğini bildirmiştir. González vd. (2014), sardunya veya bergamot esansiyel yağının katı kontrollü salımlı bir nanoformülasyona dahil edilmesinin, hızlı buharlaşmasını ve bozulmasını önleyebileceğini, temas ve yutma yoluyla stabilitesini ve böcek öldürücü aktivitelerini artırabileceğini belirlemiştir. Ayrıca, bitki polifenolleri, çözünürlük, antioksidan stabilite ve daha geniş uygulama aralığı açısından daha güçlü aktiviteye sahip polifenol parçacıkları üretmek için nanopartiküllerin yüzeyine gömülür veya adsorbe edilebilir. Üç bitki bileşiği (geraniol, öjenol ve sinnamaldehit), zein sağlanan NP'lerde nanoenkapsülasyonla kapsüllenmiş (de Oliveira vd., 2019) depolama sırasında bileşiklerin bozulmasına karşı koruma sağlamış ve hedef olmayan organizmalar için toksisitenin azalmasına neden olurken, aynı zamanda emülsifiye edici bileşiğe üstünlük göstermesini sağlamıştır. Bunlara bakıldığında nanoteknolojinin botanik insektisitlerde uygulanması, kimyasal stabilitelerini, hidrofilikliklerini, çevresel dayanıklılıklarını ve insektisit aktivitelerini iyileştirebileceği söylenebilir (Pan vd., 2023). Yang vd. (2009), polietilen glikol ile kapsüllenmiş sarımsak esansiyel yağının ergin *T. castaneum*'a karşı insektisidal aktivitesinin % 80 ölüme ulaştığını bildirmiştir. Benzer şekilde, sardunya veya bergamot esansiyel yağları içeren nanopartiküller de *T. castaneum* ve *R. dominica*'ya karşı temas toksisitesi göstermiştir (Gonzalez vd., 2014). Forim vd. (2013), neem özü ile kapsüllenmiş nanopartiküller için *Plutella xylostella*'nın % 100 ölüme neden olduğunu bildirmiştir. Siva ve Kumar (2015), *Aristolochia indica*'nın yaprak özü ile kaplanmış gümüş nanopartiküller geliştirmiş ve *Helicoverpa armigera*'nın 3. dönem larvalarına karşı laboratuvar biyo-deneyleri ile ham sulu ekstrakt için elde edilen LC50 değerlerine kıyasla beslenmeyi engelleyici ve larva öldürücü etkinlikte bir artış olduğunu ortaya koymuştur. Krizantemden ekstrakte edilen piretroid bileşiği (Bifentrin) ile birleştirilmiş

gümüş nanopartiküller, pamuk mahsulünde tarla koşullarında *Lygus hesperus* için *Acheta domesticus*'tan daha toksik bulunmuştur (Kitherian, 2017). Nanopartiküller arasında gümüş nanopartiküller, dünyadaki nano bazlı ticari ürünlerin % 30'undan fazlasını oluşturmakta ve yaygın olarak kullanılmaktadır. (Kannan vd., 2022). *Euphorbia prostrata* ve *Avicennia marina* özleri kullanılarak gümüş nanopartiküllerin ve kurşun nanopartiküllerin yeşil sentezi, *Sitophilus oryzae*'ye karşı kullanıldığında uygulamadan 4 gün sonra %100 ölüme yol açtığı bildirilmiştir (Sankar ve Abideen, 2015). Jafir vd. (2021) *Ocimum basilicum* yaprak ekstraktından gümüş nanopartikülleri (ObAgNP'ler) ile *S. litura*'nın ikinci dönem larvalarında %96.67 ölüm meydana geldiğini belirlemiştir. Araştırma sonuçlarından elde edilen gümüş nanopartiküller ObAgNP'ler, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan sentetik kimyasallara kıyasla çevre dostu olarak belirtilmiştir. *Myzus persicae* mücadelesinde *Chamaemelum nobile* çiçekleri, *Punica granatum* kabukları ve *Olea europaea* yapraklarının sulu ekstraktlarından elde edilen magnezyum oksit, magnezyum hidroksit, bakır oksit ve çinko oksit gibi nanomalzemelerden elde edilen pestisitler bildirilmiştir (Grillo vd., 2021; Konappa vd., 2021). *Mentha piperita* bazlı nanobiyopestisitler, *T. castaneum* ve *S. oryzae*'ye karşı sırasıyla %84.4 ve %77.7 gibi önemli ölçüde yüksek ölüm oranları göstermiştir. *Mentha piperita* bazlı nanobiyopestisitlerin, depolanmış tahıl zararlılarını baskılamak için *Mentha piperita* ham ekstraktından daha fazla potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Jahan vd., 2024). Biberiye, lavanta ve nane özlerinin yanı sıra tek başına nanotaşıyıcı ile test edilen uçucu yağ yüklü nanoyapılı lipid taşıyıcıları (EO-NLC) kullanan bir başka çalışma, *A. gossypii* bireylerinde yüksek ölüm oranlarına neden olurken ve topikal temas maruziyeti yoluyla nimfleri önemli ölçüde azaltmıştır. Lavanta ve biberiye uçucu yağ yüklü nanoyapılı lipid taşıyıcıları ayrıca *S. littoralis*'in beslenme aktivitesini ve hayatta kalma oranlarını azaltarak beslenmeyi engelleyici etkiler sergilemiştir (Tortorici vd., 2022). Daha önce de belirtildiği gibi, bu biyopestisitler hala daha az popülerdir, daha az ticarileştirilmiştir (Lengai vd., 2020) ve etkinlikleri nispeten düşüktür ve tekrarlanan uygulamalar gerektirir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için, nanobiyopestisitlerin ve biyolojik ajanların zararlı biyo-kontrolüne entegrasyonu gereklidir (Suryani vd., 2023). Son zamanlarda yapılan birçok çalışma, fitonematod yönetimi için yeşil sentezlenmiş metal iyonlarının kullanımını ortaya koymuştur. *Tridax procumbens* aracılı yeşil sentezlenmiş AgNP, *M. incognita*'da uygulamadan sonraki 24 saat içinde yumurta kuluçka kabiliyetinde % 91.49 azalmaya ve % 100 larva ölümü meydana getirmiştir. Benzer şekilde, sera deneylerinde bu AgNP, nematod popülasyonunda (toprak ve kök) %88-93 azalma, yumurta kütle sayısında % 80 azalma ve yumurta kütlesi başına yumurtada %65 azalma ve en düşük gal indeksine neden olmuştur (Surega, 2015; Vimala Devi vd., 2019). *Conyza dioscoridis*, *Melia azedarach* ve *Moringa oleifera* ekstraktlarından elde edilen gümüş nanopartiküller (Ag-

NP), kök-ur nematodunun yumurtaları ve larvaları üzerinde artmış nematodisidal aktivite göstermiştir. Yaprak ekstraktlarının gümüş nanopartikülleri, ham yaprak ekstraktlarına kıyasla *M. incognita* larvaları için yüksek toksisite ve yüksek yumurta kuluçka inhibisyonuna neden olmuştur (Abbassy vd., 2017). Başka bir çalışmada, *Artemisia judaica* ekstraktlarının Ag-NP'leri, ham yaprak ekstraktlarına kıyasla juvenil ölümlerinde üç kat artışa yol açmıştır (Soliman vd., 2017). Biyopestisitlerin nano teknoloji kullanılarak uygulanmasının, düşük etkinlik ve tekrarlanan uygulama ihtiyacı gibi biyopestisitlerin çeşitli sınırlamalarının üstesinden gelmesi ve çiftçilerin çevre dostu, doğa bazlı pestisitleri tercih etmesine yol açması beklenmektedir (Suryani vd., 2023).

Mikrobiyal Kökenli Nanobiyopestisitler

Mikroorganizmalar tarafından sentezlenen NP'leri kullanarak zararlı yönetimi, uygun maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşımdır (Nivetha, 2021). *Bacillus thuringiensis* (Bt), Lepidoptera ve Coleoptera türlerine karşı böcek öldürücü aktiviteye sahip ve hedef olmayan organizmalar için toksisitesi olmayan geniş bir uygulama yelpazesine sahip mikrobiyal bir pestisittir. Bununla birlikte, Bt, ultraviyole (UV) ışığı, yağmur suyu ve sindirim enzimleri gibi çevresel faktörlerden kolayca etkilenmekte olup etkinliğinin azalmasına yol açmaktadır. Bt biyopestisitlerinin hazırlanmasında nanoteknolojinin uygulanması, daha verimli, kararlı ve çevre dostu Bt formülasyonları sağlayabilir. Nanobiyopestisit olarak *B. thuringiensis* nanopartiküllerinin geliştirilmesi nanoteknoloji araçları kullanılarak araştırılmıştır (Mahadeva vd., 2013). Bt tozlarının nano ölçeğe partikül boyutunun küçültülmesinin, artan toplam alkali çözünür protein yoluyla azaltılmış aktif dozaj gereksinimi ile Bt'nin etkinliğini artırdığı bulunmuştur. Bt-NP'lerdeki Cry proteini, homojenleştirilmemiş Bt tozuna göre sırasıyla 2.18 ve 2.24 kat artış kaydetmiştir (Murthy vd., 2014). Vineela vd. (2017), Bt partikül boyutunun 210 nm'ye düştüğünü ve bunun da 105 µ partikül içeren öğütülmemiş Bt tozuna kıyasla *S. litura*'nın 3. dönem larvalarının daha yüksek ölüm oranıyla sonuçlandığını bildirmiştir. Bu öğütülmüş tozun süspansiyon konsantresi (SC), *S. litura*'ya karşı sentetik kimyasal insektisit Profenofos ile % 94.2 larva azalması ile eşit olarak %96,2'lik en yüksek popülasyon azalmasına neden olduğu belirlenmiştir. Bt'nin aktif bileşenlerini, yani sporları ve kristalleri içeren Bt'nin nanokompozitleri, UV'den Bt'ye koruma sağlayabilen, etkinliğini ve raf ömrünü artırabilen, dozajı azaltabilen ve böylece nanoteknoloji kriterlerini karşılayabilen metal oksit nanopartikülleri, organik ve inorganik nanopartiküller ile kombinasyon halinde geliştirilmiştir (Malaikozhundan vd., 2017). Tamez-Guerra vd. (2000), Avrupa mısır kurduna (*Ostrinia nubilalis*) karşı böcek öldürücü aktiviteyi iyileştirmek için Bt'nin spor toksinini kapsüllemiş ve lahanada kalıntı insektisit aktivitesini artırmıştır. Sabbour ve Singer (2016), Bt'nin

(HD-703 ve HD-95) % 2.5 yüzey aktif madde ve %100 gliserol ile yüksek basınçlı homojenizasyon yoluyla nanoenkapsülasyonunu gerçekleştirmiş ve bu da tarla koşulları altında domates güvesi (*Tuta absoluta*) popülasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır. Nanoenkapsülasyon işlemi ile geliştirilen nanospinosad, öldürücü konsantrasyonu azaltırken ve laboratuvar, sera ve tarla koşullarında domates güvesine karşı oldukça etkili bulunduğu bildirilmiştir (Sabbour ve Singer, 2016). Sayed vd. (2017), düşük maliyetli ve çevre dostu bir üretim sistemi olarak entomopatojen bakteri *B. thuringiensis kurstaki*'yi kullanarak biyouyumlu gümüş NP'leri sentezlemiş ve sentezlenmiş AgNP'lerin *Trichoplusia ni* larvalarına karşı önemli ölçüde daha öldürücü olduğunu belirlemiştir. Maghsoudi ve Jalali (2017), Bt'yi UV radyasyonlarına karşı etkili bir şekilde koruyan grafen oksit nano tabakalı bir Bt formülasyonu hazırlamış ve bu kombinasyon formülasyonu *Ephesia kuehniella*'da % 68.89 larva ölümüne yol açmıştır. Cry toksin bazlı nanokompozitler de geliştirilmiştir. Bt'nin ana bileşenleri, başta Lepidoptera, Diptera ve Coleoptera olmak üzere böcek zararlılarına karşı toksik özelliklere sahip kristal proteinlerdir. Bu proteinlerin bazı dezavantajları, daha hızlı denatürasyon, daha az stabilite ve yüksek sıcaklıklarda, organik çözücülerle ekstraksiyon sırasında biyoaktivite kaybı gibi sıralanabilir (Zhu vd., 2000). Cry proteinleri, nanokompozitler üretmek için nanomalzemelere kolayca yüklenebilir. *Bacillus thuringiensis*'ten türetilen gözenek oluşturu bir kristal (Cry) proteini olan antihelmintik protein Cry5B, sulu infiltrasyon yoluyla pSi parçacıklarına dahil edilmiş ve Cry5B yüklü pSi parçacıklarının *C. elegans*'a verilmesi, nematodun önemli ölçüde zehirlenmesine yol açmıştır (Wu vd., 2015). Rao vd. (2018), Cry1Ac yüklü magnezyum hidroksit nanopartikülleri (MHNP) Cry1Ac proteininin yapışmasının % 59.50 artmasına ve *Helicoverpa armigera* ölüm oranının % 75.00 artmasına neden olduğunu saptamıştır. Bu nedenle, MHNP'ler, Cry1Ac proteininin verilmesi için etkili bir nanotaşıyıcı olarak hizmet edebilir ve tarımsal uygulamalarda biyopestisitler için potansiyel bir adjuvan olarak kullanılabilir. Bt toksinleri, *Escherichia coli* klonlarında aşırı eksprese edilebilir, saflaştırılabilir ve nanoemülsiyonlar, nanosüspansiyonlar (uygun nano taşıyıcılara yükleme), nanojeller vb. olarak farklı kombinasyon ve konsantrasyonlarda formüle edilebilir (Vimala Devi vd., 2019). Kamaraj vd. (2018), titanyum dioksit nanopartikülleri (TDNP'ler) *Trichoderma viride* kullanılarak sentezlemiş ve TDNP'ler, *H. armigera*'nın 1-3 dönem larvalarında, fungus hücresiz ekstrakt (%16-52), $TiO(OH)_2$ (%2-8) ve kimyasal olarak sentezlenen TiO_2 (% 33-74) ile karşılaştırıldığında 100 ppm konsantrasyonda %100 larva ölümüne neden olmuştur. Fungus hücresiz ekstrakt, $TiO(OH)_2$ ve Azadirachtin ile karşılaştırıldığında *Trichoderma*-biyosentezlenmiş TDNP'ler ile tedavi edildiğinde en yüksek beslenmeyi engelleyici aktivitesi (% 100) ve pupa ölümü (% 100) gözlenmiştir. Benzer şekilde, *H. armigera* larva bağırsağı tarafından metal detoksifiye edici enzimlerin (β -glikosidaz ve karboksil esteraz) sentezi, *Trichoderma*-

biyosentezlenmiş TDNP'ler ile muamele edildiğinde önemli ölçüde daha az olduğu bildirilmiştir. Entegre zararlı yönetiminde yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, biyolojik kökenli nanoformülasyonlar veya yeşil sentezlenmiş nanopartiküller, zararlı nematodların yönetimi için büyük bir potansiyele sahiptir. Cao vd. (2015), Abamectin'i kırmızı yonca nekrotik mozaik virüsü ile kapsüllemiş ve onu Abamectin yüklü bitki virüsü nanopartikülüne (PVNA) dönüştürmüştür. Abamectin yüklü bitki virüsü nanopartikülü artan toprak hareketliliği ve nematod toksisitesine neden olmuştur. PVNA *M. hapla*'nın neden olduğu gal sayılarını önemli ölçüde azaltırken ve daha yüksek gal indeksi gösteren serbest Abamectin ile karşılaştırıldığında domatestede kök büyümesini iyileştirdiği bildirilmiştir. Silika nanopartikülleri kullanan nano ölçekli Bt kitinazlar, daha yüksek termostabilite ve ultraviyole radyasyona karşı direnç sağlamış ve Bt'nin *Caenorhabditis elegans*'a karşı nematisidal etkisini, daha düşük ölümcül doz ve daha kısa ölümcül süre ile sinerjik olarak arttırmıştır (Qin vd., 2016). Sharma vd. (2017), *Stenotrophomonas maltophilia* KBS 2.4 bakterisini kullanarak biyolojik olarak demir nanopartiküllerini (Fe-NP) sentezlemiştir. Bu Fe-NP, bamyada *M. incognita*'ya karşı in vitro ve in vivo etkinlikleri açısından test edilmiştir. Farklı Fe-NP konsantrasyonları ile 8 saatlik maruz kalma süresi, in vitro biyo-tahlilde % 99 larva ölümü ve in vivo deneyde gal oluşumu ile sonuçlanmıştır. *Streptomyces avermectilis* tarafından sentezlenen makrosiklik bir lakton olan Abamectin'in, farklı bitki parazitik nematodlarına karşı potansiyel nematisidal aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Suda zayıf çözünürlüğü ve topraktaki hareketsizliği nedeniyle, genellikle toprak organik maddesinde tutulur ve nematod mücadelesi için uygulandığında daha az etkili olmasını sağlar. Başka bir çalışmada, Avermectin kapsüllü kitosan ve poli- γ -glutamik asit (AVM-CS / γ -PGA) nanopartikülleri, serbest Avermectin veya geleneksel formülasyonları ile karşılaştırıldığında, 8.5 pH'ta maksimum % 69.1 salım oranı göstermiştir. 1 ppm konsantrasyonda AVM-CS/ γ -PGA nanopartikülleri ile yapılan biyoanalizler, aynı nematodda sadece % 69.9 ölüme neden olan serbest Avermectin ile karşılaştırıldığında, 24 saat sonra çam ağacı nematodunda (*Bursaphelenchus xylophilus*) %98.6 ölüm saptanmıştır. Bu çalışma, AVM-CS/ γ -PGA nanopartikülleri olarak kapsüllendiğinde suda çözünürlüğün ve Avermectinin mevcudiyetinin arttığını açıkça göstermiştir (Liang vd., 2018).

SONUÇ

Nanobiyopestisitlerin tarımsal zararlılara karşı etkinliğinin belirlenmesine yönelik yürütülen çalışmalarda, bitki ya da mikroorganizma kökenli biyopestisitlerle kıyaslandığında bu biyopestisitler nanobiyopestisit formunda kullanıldığında zararlı türler üzerinde önemli oranlarda daha etkili olduğu bildirilmiştir. Ancak, nanobiyopestisitlerin tarımsal üretim

alanlarında bitki zararlıları üzerinde etkinliğinin laboratuvar koşullarında sınırlı kalmayıp, ekolojik ve ekonomik açıdan da tercih edilebilir olması hem başarısını hem de sürekliliğini destekleyecektir. Nanobiyopestisitlerin çoğu laboratuvar düzeyinde sentezlenmekte olup, yüksek stabiliteye sahip nanobiyopestisitlerin büyük miktarlarda sentezlenmesi zordur (Haytham vd., 2018). Nanobiyopestisitlerin büyük ölçekli standartlaştırılmış preparatlarının geliştirilmesi önemli bir araştırma konusudur ve araştırmacıların tarım alanlarında uygulanacak nanomalzemeleri üretmek için basit ve yenilenebilir yöntemler geliştirmeleri önemlidir (Abdollahdokht vd., 2022). Tarımsal üretim alanlarında zararlı yönetiminde direnç, çevre sağlığı ve gıda güvenliği konularında karşılaşılan sorunlar biyopestisitlerin kullanımının ön plana çıkmasına yol açmıştır. Nanobiyopestisitlerin ticari preparat olarak hazırlanma sürecinin uzun zaman alması ve yüksek maliyetli olmasına rağmen gelecekte uzun vadede üretici ve tüketicilerin zararlı yönetiminde gıda güvenliği ve çevre sağlığı konularındaki beklentilerinin karşılanması için büyük potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Biyopestisitlerin etkinliğinin artırılmasında yenilikçi ve güncel teknolojik yaklaşımların kullanılması ile nanobiyopestisitlerin geliştirilmesinin yanı sıra hedef dışı etkileri, çevre ve insan sağlığı üzerindeki kullanımını sınırlayıcı faktörlerin değerlendirilerek daha kapsamlı araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Zararlı yönetiminde, nanobiyopestisitlerin zararlı üzerindeki etkisinin yanı sıra üründe kalıntı, üründe yan etkileri ve hedef dışı organizmalar üzerindeki etkilerinin geniş ölçekte ele alınması ve nanobiyopestisit etkinliğinde üretim alanlarında ekolojik koşulların etkilerinin detaylı olarak değerlendirilmesi bilinçli üreticilerin bu ürünleri tercih etmesinde büyük fayda sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- Abbassy, M. A., Abdel-Rasoul, M. A., Nassar, A. M., ve Soliman, B. S. (2017). Nematicidal activity of silver nanoparticles of botanical products against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Arch Phytopathology Plant Protect, 50(17–18), 909–926.
- Abdollahdokht, D., Gao, Y., Faramarz, S., Poustforoosh, A., Abbasi, M., Asadikaram, G., ve Nematollahi, M. H. (2022). Conventional agrochemicals towards nano-biopesticides: an overview on recent advances. Chem. Biol. Technol. Agric., 9, 13. doi: 10.1186/s40538-021-00281-0.
- Ayilara, M. S., Adeleke, B. S., Akinola, S. A., Fayose, C. A., Adeyemi, U. T., Gbadegesin, L. A., Omole, R. K., Johnson, R. M., Uthman, Q. O., ve Babola O. O. (2023). Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, Phytopesticides, and nanopesticides. Front. Microbiol., 14, 1040901 doi: 10.3389/fmicb.2023.1040901
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa A., ve Liang, L. (2016). Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 15, 143–182.

- Benelli, G. (2018). Mode of action of nanoparticles against insects. *Environ Sci Pollut Res.*, 25(13), 12329–12341.
- Cao, J. R., Guenthe, R. H., Sit, T. L., Lommel, S. A., Opperman C. H., ve Willoughby, J. A. (2015). Development of abamectin loaded plant virus nanoparticles for efficacious plant parasitic nematode control, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 7, 9546–9553.
- Chaudhary, P., Khati, P., Chaudhary, A., Gangola, S., Kumar, R., ve Sharma, A. (2021a). Bioinoculation using indigenous *Bacillus* spp. improves growth and yield of *Zea mays* under the influence of nanozeolite. *Biotechnology* 11, 1–12. doi: 10.1007/s13205-020-02561-2
- Chaudhary, P., Sharma, A., Chaudhary, A., Khati, P., Gangola, S., ve Maithani, D. (2021b). Illumina based high throughput analysis of microbial diversity of maize rhizosphere treated with nanocompounds and *Bacillus* sp. *Appl. Soil Ecol.*, 159, 103836. doi: 10.1016/j.apsoil.2020.103836
- de Oliveira, J. L., Campos, E. V. R., Germano-Costa, T., Lima, R., Della Vechia, J. F., Soares, S. T., de Andrade, D. J., Goncalves, K. C., Do Nascimento, J., Polanczyk, R. A., ve Fraceto, L. F. (2019). Association of zein nanoparticles with botanical compounds for effective pest control systems, *Pest Manage. Sci.*, 75, 1855–1865.
- Feng B. H., ve Peng, L. F. (2012). Synthesis and characterization of carboxymethyl chitosan carrying ricinoleic functions as an emulsifier for azadirachtin, *Carbohydr. Polym.*, 88, 576–582.
- Forim, M. R., Costa, E. S., da Silva, M. F., Fernandes, J. B., Mondego, J. M., ve Boiça Junior, A. L. (2013). Development of a new method to prepare nano/microparticles loaded with extracts of *Azadirachta indica*, their characterization and use in controlling *Plutella xylostella*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(38), 9131–9139.
- Gonzalez, J. O., Gutierrez, M. M., Ferrero, A. A., ve Band, B. F. (2014). Essential oils nanoformulations for stored-product pest control–Characterization and biological properties. *Chemosphere*, 100, 130–138.
- Grillo, R., Fraceto, L. F., Amorim, M. J., Scott-Fordsmand, J. J., Schoonjans, R., ve Chaudhry, Q. (2021). Ecotoxicological and regulatory aspects of environmental sustainability of nanopesticides. *J. Hazard. Mater.* 404, 124148. doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.124148
- Hemat, Z. M., Tahany, G. M. M., ve Torkey, H. (2015). Effect of formulated nanoemulsion of eucalyptus oil on the cotton bollworms. *Journal of Biology Chemistry Research*, 32(2), 478–484.
- Iqbal, N., Hazra, D. K., Purkait, A., Agrawal, A., ve Kumar, J. (2022). Bioengineering of neem nano-formulation with adjuvant for better adhesion over applied surface to give long term insect control. *Colloids Surf.*, B, 209, 112–176.
- Jafir, M., Ahmad, J. N., Arif, M. J., Ali, S., & Ahmad, S. J. N. (2021). Characterization of *Ocimum basilicum* synthesized silver nanoparticles and its relative toxicity to some insecticides against tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Feb. (Lepidoptera; Noctuidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 218, 112278.
- Jahan, N., Hussain, N., Touqeer, S. I., Khalil-Ur-Rahman, Shamshad, H., ve Abbas, N. (2024). Formulation of *Mentha piperita*-Based Nanobiopesticides and

- Assessment of the Pesticidal and Antimicrobial Potential. *Life*, 14(1), 144. <https://doi.org/10.3390/life14010144>
- Kala, S., Sogan, N., Naik, S. N., Agarwal, A., ve Kumar, J. (2020). Impregnation of pectin-cedarwood essential oil nanocapsules onto mini cotton bag improves larvicidal performances, *Sci. Rep.*, 10, 14107.
- Kamaraj, C., Balasubramani, G., Deepak, P., Aiswarya, D., Arul, D., Amutha, V., Karthi, S., ve Perumal, P. (2018). Bio-pesticidal effects of *Trichoderma viride* formulated titanium dioxide nanoparticle and their physiological and biochemical changes on *Helicoverpa armigera* (Hub.). *Pesticide Biochem Physiol*, 149, 26–36.
- Kannan, M., Mohan, M., Elango, K., Govindaraju, K., ve Mani, M. (2022). Principles and Application of Nanotechnology in Pest Management. Editör M. Mani, Trends in Horticultural Entomology (pp. 49-79). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0343-4_2
- Kitherian, S. (2017). Nano and bio-nanoparticles for insect control. *Res J Nanosci Nanotechnol*, 7, 1–9. <https://doi.org/10.3923/rjnn.2017.1.9>
- Konappa, N., Krishnamurthy, S., Arakere, U. C., Chowdappa, S., Akbarbasha, R., ve Ramachandrappa, N. S. (2021). Nanofertilizers and nanopesticides: recent trends, future prospects in agriculture. Editör P. Opendar Koul, Advances in Nano-Fertilizers Nano-Pesticides in Agriculture (pp. 281–330). Amsterdam: Woodhead Publishing Series in Food Science.
- Kumar, S., Singh, N., Devi, L. S., Kumar, S., Kamle, M., Kumar, P., ve Mukherjee, A. (2022). Neem oil and its nanoemulsion in sustainable food preservation and packaging: Current status and future prospects. *Journal of Agriculture and Food Research*, 7, 100254.
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., ve Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239
- Lade, B. D., ve Gogle, D. P. (2019). Nano-biopesticides: Synthesis and Applications in Plant Safety. Editör K. Abd-Elsalam, R. Prasad, Nanobiotechnology Applications in Plant Protection. *Nanotechnology in the Life Sciences* (pp. 169-189). Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-030-13296-5_9
- Liang, W., Yu, A., Wang, G., Zheng, F., Jia, J., ve Xu, H. (2018). Chitosan-based nanoparticles of avermectin to control pine wood nematodes. *Int J Biol Macromol*, 112, 258–263.
- Lin, S., Reppert, J., Qian, H., Hudson, J., ve Pu, C. K. (2009). Uptake, translocation, and transmission of carbon nanomaterials in rice plants, *Small*, 5, 1128–1132.
- Maghsoudi, S., ve Jalali, E. (2017). Noble UV protective agent for *Bacillus thuringiensis* based on a combination of graphene oxide and olive oil. *Sci Rep*, 7(1), 11019.
- Mahadeva Swamy, M. H., ve Asokan, R. (2013). *Bacillus thuringiensis* as ‘nanoparticles’—a perspective for crop protection. *Nanosci Nanotechnol-Asia*, 3(1), 102–105.
- Malaikozhundan, B., Vaseeharan, B., Vijayakumar, S., ve Thangaraj, M. P. (2017). *Bacillus thuringiensis* coated zinc oxide nanoparticle and its biopesticidal effects on the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus*. *J Photochem Photobiol B: Biol*, 174, 306–314.
- Murthy, K. S., Vineela, V., ve Vimala Devi, P. S. (2014). Generation of nanoparticles from technical powder of the insecticidal bacterium *Bacillus*

- thuringiensis* var. *kurstaki* for improving efficacy. Int J Biomed Nanosci and Nanotechnol, 3(3), 236–250. <https://doi.org/10.1504/IJBNN.2014.065470>
- Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., ve Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants, Plant Sci., 179, 154–163.
- Nenaah, G. (2014). Bioactivity of powders and essential oils of three Asteraceae plants as postharvest grain protectants against three major coleopteran pests. Journal of Asia-Pacific Entomology, 17, 701–709.
- Nivetha, N., Asha, A. D., Bandeppa, Thakur, J. K., Dukare, A. S., Paul, B., ve Paul, S. (2021). Microbial-Based Nanoparticles as Potential Approach of Insect Pest Management. Editör M. A., Khan, W. Ahmad, Microbes for Sustainable Insect Pest Management. Sustainability in Plant and Crop Protection, vol 17 (pp. 135-157). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67231-7_7
- Pan, X., Guo, X., Zhai, T., Zhang, D., Rao, W., Cao, F., ve Guan, X. (2023). Nanobiopesticides in sustainable agriculture: developments, challenges, and perspectives. Environ. Sci.: Nano, 10, 41–61.
- Pant, M., Dubey, S., Patanjali, P. K., Naik S. N., ve Sharma, S. (2014). Insecticidal activity of eucalyptus oil nanoemulsion with karanja and jatropha aqueous filtrates, Int. Biodeterior. Biodegrad., 91, 119–127.
- Pascual-Villalobos, M. J., Canto-Tejero, M., Vallejo, R., Guirao, P., Rodriguez-Rojo, S., ve Cocero, M. J. (2017). Use of nanoemulsions of plant essential oils as aphid repellents, Ind. Crops Prod., 110, 45–57.
- Pavoni, L., Pavela, R., Cespi, M., Bonacucina, G., Maggi, F., Zeni, V., Canale, A., Lucchi, A., Bruschi, F., ve Benelli, G. (2019). Green micro- and nanoemulsions for managing parasites, vectors and pests, Nanomaterials, 9, 1285.
- Prabakaran, M., Sithanantham, S., Subramanian, K. S., Vijayaprasad, P., Punna Rao, B. V., ve Babu, B. (2017). Silica application effect on sugarcane early shoot borer. In Proceedings of International Symposium on “Sugarcane Research Since Co205: 100 Years and beyond” SucroSym 2017, pp. 393–395.
- Qin, X., Xiang, X., Sun, X., Ni, H., ve Li, L. (2016). Preparation of nanoscale *Bacillus thuringiensis* chitinases using silica nanoparticles for nematocide delivery. Int J Biol Macromol, 82, 13–21.
- Ragaei, M., ve Sabry, A. H. (2014). Nanotechnology for insect pest control. International Journal of Science, Environment and Technology, 3(2), 528–545.
- Rao, W., Zhan, Y., Chen, S., Xu, Z., Huang, T., Hong, X., Zheng, Y., Pan, X., ve Guan, X. (2018). Flowerlike Mg(OH)₂ Cross-Nanosheets for Controlling Cry1Ac Protein Loss: Evaluation of Insecticidal Activity and Biosecurity. J Agri Food Chem, 66(14), 3651–3657.
- Sabbour, M. M., ve Singer, S. M. (2016). Incidence effect by nanospinosad of the invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* Meyrick, (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and field condition. J Chem Pharm Res, 8, 829–833.
- Sankar, M. V., ve Abideen, S. (2015). Pesticidal effect of green synthesized silver and lead nanoparticles using *Avicennia marina* against grain storage pest *Sitophilus oryzae*. Int J Nanomater Biostruct, 5(3), 32–39.

- Sayed, A. M. M., Kim, S., ve Behle, R. W. (2017). Characterisation of silver nanoparticles synthesised by *Bacillus thuringiensis* as a nanobiopesticide for insect pest control. *Biocontrol Science and Technology*, 27, 1308–1326.
- Sharma, H., Dhirta, B., ve Shirkot, P. (2017). Evaluation of biogenic iron nano formulations to control *Meloidogyne incognita* in okra. *IJCS*, 5(5), 1278–1284.
- Siva, C., ve Kumar, M.S. (2015). Pesticidal activity of eco-friendly synthesized silver nanoparticles using *Aristolochia indica* extract against *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Int J Adv Sci Technol Res*, 5, 197–226.
- Soliman, B. S. M., Abbassy, M. A., Abdel-Rasoul, M. A., ve Nassar, A. M. K. (2017). Efficacy of silver nanoparticles of extractives of *Artemisia judaica* against root-knot nematode. *J Environ Stud Res*, 7(2), 1–13.
- Soujanya, P. L., Sekhar, J. C., Kumar, P., Sunil, N., Prasad, C. V., ve Mallavadhani, U. V. (2016). Potentiality of botanical agents for the management of post harvest insects of maize: a review, *J. Food. Sci. Technol.*, 53, 2169–2184.
- Surega, R. (2015). Ph.D Thesis. Green synthesis of bioactive silver nanoparticles using plant extracts and their antinemic properties, TNAU
- Suryani, A. I., Daud, I. D., Melina, Dewi, V. S. Sari, D. E., Sulfiani, Putri, ve Hasri, S. E. (2023). Harnessing The potential of nanobiopesticides with plant extracts: A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1272, 012042.
- Tamez-Guerra, P., McGuire, M. R., Behle, R. W., Shasha, B. S., ve Galn Wong, L. J. (2000). Assessment of microencapsulated formulations for improved residual activity of *Bacillus thuringiensis*. *J Econ Entomol*, 93(2), 219–225.
- Tortorici, S., Cimino, C., Ricupero, M., Musumeci, T., Biondi, A., Siscaro, G., Carbone, C., ve Zappalà, L. (2022). Nanostructured lipid carriers of essential oils as potential tools for the sustainable control of insect pests. *Industrial Crops and Products*, 181, 114766.
- Worrall, E. A., Hamid, A., Mody, K. T., Mitter, N., ve Pappu, H. R. (2018). Nanotechnology for plant disease management. *Agronomy*, 8(12), 285.
- Wu, C.-C., Hu, Y., Miller, M., Aroian R. V., ve Sailor, M. J. (2015). Protection and delivery of anthelmintic protein Cry5B to nematodes using mesoporous silicon particles, *ACS Nano*, 9, 6158–6167.
- Wuryantini, S., ve Harwanto, H. (2020). The prospect of nanoinsecticide in controlling citrus aphids *Aphis gossypii* *Advances in Biological Sciences Research*, 8, 182-187.
- Vimala Devi, P. S., Duraimurugan, P., Chandrika, K. S. V. P., Gayatri, B., ve Prasad, R. D. (2019). Nanobiopesticides for Crop Protection. Editör K. Abd-Elsalam, R. Prasad, *Nanobiotechnology Applications in Plant Protection* (pp. 145-168). Nanotechnology in the Life Sciences. Springer, Cham.
- Vineela, V., Nataraj, T., Reddy, G. ve Vimala Devi, P. S. (2017). Enhanced bioefficacy of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) through particle size reduction and formulation as a suspension concentrate. *Biocontrol Sci Technol*, 27(1), 58–69.
- Yang, F. L., Li, X. G., Zhu, F., ve Lei, C. L. (2009). Structural characterization of nanoparticles loaded with garlic essential oil and their insecticidal activity against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7(21), 10156–10162.

Zhu, G., Mallery, S. R., ve Schwendeman, S. P. (2000). Stabilization of proteins encapsulated in injectable poly (lactide-co-glycolide). *Nat Biotechnol J.*, 18(1), 52-57.

Küresel İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretime Etkileri

Aytekin EKİNCİALP

- 1- Doç. Dr.; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Başkale Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü. aytekinekincialp@yyu.edu.tr ORCID No: 0000 0003 1500 3215

ÖZET

Küresel iklim değişikliği, 21. yüzyılın en önemli çevresel tehditlerinden biri olup, tarımsal üretim, doğal kaynak yönetimi ve gıda güvenliği üzerinde derin etkiler yaratmaktadır. Artan sera gazı emisyonları, sıcaklık yükselişleri, düzensiz yağış rejimleri ve ekstrem hava olayları, özellikle küçük ölçekli çiftçilerin ve kırılgan bölgelerin üretim sistemlerini ciddi biçimde etkilemektedir. AFOLU (tarım, ormancılık ve arazi kullanımı) faaliyetleri ve gıda sistemleri, küresel emisyonların kayda değer bir kısmını oluşturmakta; hayvancılık sektörü ise bu pay içinde öne çıkan başlıca kaynaklardan biridir.

Tarımsal üretimde iklim değişikliği, hem verim hem de kalite kayıplarına yol açmakta; buğday, mısır, pirinç ve soya gibi temel ürünlerde sıcaklık artışına bağlı ciddi düşüşler öngörülmektedir. Türkiye özelinde, özellikle Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde kuraklık riskleri, su kaynaklarının azalması ve tarımsal gelirlerde düşüşler dikkat çekmektedir. Ayrıca iklim değişikliği, toprak organik maddesinin azalmasına, erozyon riskinin artmasına, biyoçeşitliliğin bozulmasına ve su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Ekonomik açıdan, verim kayıpları ve üretim maliyetlerindeki artış, gıda fiyatlarını yükselterek kırsal yoksulluğu derinleştirmekte ve gıda güvenliği risklerini artırmaktadır. Bu çerçevede, adaptasyon ve azaltım stratejileri büyük önem taşımaktadır. İklim akıllı tarım uygulamaları (ürün rotasyonu, agroforestry, dijital tarım teknolojileri), erken uyarı sistemleri, kuraklık eylem planları ve modern sulama yöntemleri hem üretim sistemlerini daha dirençli kılmakta hem de sera gazı emisyonlarını azaltmaya katkı sağlamaktadır.

Türkiye’de sürdürülebilir tarımın güçlendirilmesi, kurumsal kapasitenin artırılması, yerel uyum politikalarının uygulanması ve uluslararası iş birliklerinin etkinleştirilmesiyle mümkündür. Sonuç olarak, iklim değişikliğine karşı dirençli ve kapsayıcı tarımsal üretim sistemlerinin inşası, yalnızca bugünün değil gelecek nesillerin gıda güvenliği için de kritik bir zorunluluktur.

Anahtar Kelimeler – Biyoçeşitlilik, Gıda güvenliği, İklim değişikliği, Kuraklık, Tarımsal üretim

GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, 21. yüzyılın en önemli çevresel, ekonomik ve sosyal tehditlerinden biri olarak görülmektedir. Artan sıcaklıklar, yağış rejimlerindeki düzensizlikler ve ekstrem hava olaylarının sıklığındaki artış, tarımsal üretim sistemlerini doğrudan tehdit etmekte ve gıda güvenliği açısından kritik riskler yaratmaktadır (Wheeler ve Von Braun, 2013; Hatfield ve ark., 2011). Tarım sektörü, bu etkileri en fazla hisseden

sektörlerin başında gelmekte olup; hava sıcaklığı, toprak nemi, yağış miktarı ve güneşlenme süresi gibi birçok iklimsel değişkene karşı yüksek duyarlılık göstermektedir (Hultgren ve ark., 2025).

2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TEMEL NEDENLERİ

Atmosferdeki karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının insan kaynaklı artışı, küresel ısınmanın başlıca sebebidir. Bu gazlar, güneş ışınlarının yeryüzünden yansıyan kısmını tutarak “sera etkisi” oluşturur.

2.1. Küresel Tarım ve Arazi Kullanımı (AFOLU): Emisyon Kaynakları

AFOLU (tarım, ormancılık ve arazi kullanımı) kaynaklı emisyonlar, 2010–2019 döneminde yıllık ortalama $11,9 \pm 4,4$ GtCO₂-eq düzeyindedir ve bu, küresel antropojenik sera gazı emisyonlarının yaklaşık %21’ine karşılık gelir (Li ve ark., 2025).

Tarımsal faaliyetlerin payı yalnızca bu sektör içinde ele alındığında, küresel antropojenik emisyonların yaklaşık %12’sine ulaşmaktadır (Chataut ve ark., 2023).

2.2. Gıda Sistemlerinin (Agrifood Systems) Etkisi

Gıda sistemleri üretim, işleme, ulaştırma ve tüketim dâhil küresel emisyonların yaklaşık üçte birini (%33) oluşturmaktadır (yaklaşık 16,5 Gt CO₂-eq/yıl). Tarım doğrudan ele alındığında, FAO ve IPCC verilerine göre bu sektörün emisyonu 10–12 Gt CO₂-eq/yıl aralığındadır (Menegat ve ark., 2022).

2.3. Hayvancılık Sektörünün Rolü

Hayvancılık, küresel emisyonların yaklaşık 14.5 %’inden sorumludur. Bu oran, gıda sistemlerinin emisyonları içinde yaklaşık %31 paya tekabül eder (Kristiansen ve ark., 2021).

2.4. ABD Özelinde Tarımın Emisyon Payı

USDA-ERS verilerine göre, tarımsal faaliyetler 2021 yılında ABD karbon ayak izinin yaklaşık %10.6’sını oluşturmuştur (Driscoll ve ark., 2024).

EPA verileri ise bu oranın %9.4 ile 11.0 aralığında olduğunu belirtmektedir (Johnson ve ark., 2007).

3. TARIMSAL ÜRETİM ÜZERİNDEKİ DOĞRUDAN ETKİLER

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki doğrudan etkileri; sıcaklık artışları, değişken yağış rejimleri, ekstrem hava olaylarındaki artış ve mevsim kaymaları gibi faktörlerle şekillenir. Bu etkiler yalnızca ürün verimliliğini değil, aynı zamanda ürün kalitesini, üretim bölgelerinin

dağılımını ve planlamayı da doğrudan etkiler (Hultgren ve ark., 2025; Abebaw, 2025).

Dünya genelinde yapılan modelleme çalışmaları, her 1 °C sıcaklık artışının buğdayda yaklaşık %6, pirinçte %3.2, mısırdada %7.4 ve soya fasulyede %3.1 oranında verim düşüşüne yol açabileceğini göstermektedir (Zhao ve ark., 2017). Ayrıca yükselen sıcaklıklar yüksek ihtimalle tüm temel ürünlerde (pirinç hariç) verimi azaltacaktır (Hultgren ve ark., 2025). Gelişmekte olan ülkelerdeki küçük ölçekli çiftçilerin bu risklere karşı özellikle savunmasız oldukları raporlanmıştır (Datta ve ark., 2022). Türkiye gibi Akdeniz iklimlerinde de ürün verimliliği sıcaklıklara bağlı olarak düşme eğilimindedir.

Yağış rejimlerindeki düzensizlikler, toprak nemini etkileyerek kuraklık riskini artırır. Bu durum özellikle Türkiye'nin güneydoğu ve iç bölgelerinde tarıma bağımlı aile işletmelerini risk altına almış durumdadır; bu teorik çerçeve IPCC raporlarında da vurgulanmıştır.

Ekstrem hava olaylarının etkileri: seller, ani sıcaklık dalgaları, dolu ve don olayları tarımda fiziksel zararlara neden olur. Örneğin Hindistan'da küçük çiftçilerin bu olaylardan ciddi zarar gördüğü, hatta hasatının %90'ını kaybedebileceği gözlemlenmiştir (Thompson ve ark., 2023).

Karbon gübreleme etkisi (CO₂ fertilizasyonu) teoride büyümeyi desteklese de, bu etkinin sıcaklık ve su stresi gibi koşullarda sınırlı kalabildiği kanaatine varılmıştır. Örneğin, C₃ bitkilerde CO₂ artışıyla fotosentez artışı sağlansa da, besin ve su kısıtlaması bu etkileri nötralize edebilir (Ainsworth ve Long, 2020).

Sonuç olarak, iklim değişikliği tarımsal üretimi hem nicelik hem nitelik açısından doğrudan etkileyerek, özellikle verim kayıpları, bölgesel üretim riskleri ve küçük çiftçilerin kırılganlığını artırmaktadır (Abebaw, 2025; Hultgren ve ark., 2025).

4. TARIM EKONOMİSİ VE GIDA GÜVENLİĞİ

İklim değişikliğinin ekonomik sonuçları yalnızca üretim hacminin azalmasıyla sınırlı değildir. Aynı zamanda artan üretim maliyetleri, dalgalanan piyasa dengeleri ve gıda güvencesi eksikliği yoluyla daha geniş sosyoekonomik etkiler doğurmaktadır (Tchoukouang ve ark., 2024) Tarım sektörünün ekonomik sürdürülebilirliği, iklimsel stresin şiddeti, süresi ve sıklığıyla doğru orantılıdır (Adom, 2023).

Gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimin çoğu aile işletmeleri tarafından yürütülmektedir; bu işletmeler iklim belirsizliklerine karşı oldukça savunmasızdır. Verim kayıpları gelir kayıplarına dönüşmekte, kırsal yoksulluğu derinleştirmekte ve finansal araçlara erişim eksikliği (sigorta, kredi, teknoloji) savunmasızlığı artırmaktadır (Mbow ve ark., 2019).

Küresel ölçekte, artan sıcaklık ve ekstrem hava olayları gıda arzında önemli düzensizliklere neden olmakta; bu da fiyat artışlarına ve gıda güvencesinin zayıflamasına yol açmaktadır (Hultgren ve ark., 2025).

Özellikle, bazı temel ürünlerde her 1 °C'lık sıcaklık artışının günlük kalori bazında ciddi kayıplara neden olabileceği belirtilmiştir.

Gıda güvenliği yalnızca üretimle değil; erişim, ekonomik erişilebilirlik, besin değeri ve sürdürülebilirlik gibi üç diğer boyutu da kapsar. IPCC–FAO raporları, iklim değişikliğinin tüm bu boyutları tehdit ettiğini vurgular. Azalan üretim, artan fiyatlar ve stoklama sorunları; özellikle hassas nüfus gruplarının gıda güvenliğini daha kırılgan hâle getirmektedir (Boaitey, 2025).

5. TOPRAK, SU VE BİYOÇEŞİTLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİLER

5.1. Toprak Üzerine Etkiler

Küresel ısınma, toprakta organik maddenin çökmesini hızlandırarak su tutma kapasitesini düşürür, toprağı sıkıştırır ve besin dolaşımını zayıflatır (Mondal ve ark., 2021).

Bu fiziksel yıpranış, toprak yapısında bozulmalara (örneğin porozite azalması, asitlik artışı) ve besin maddelerinin kaybına yol açar (Hamidov ve ark., 2018).

5.2. Erozyon ve Bölgesel Etkiler

İklim değişikliği, yağış paternlerini değiştirerek toprak erozyon riskini artırır; bazı havza bazlı incelemelerde yağış artışının erozyonu %30–66 oranında artırdığı gösterilmiştir (Abeyasingha, 2025).

5.3. Biyoçeşitlilik ve Ekosistem İşlevleri

İklim değişikliği sadece toprak sağlığını değil, ekosistemlerdeki tür dağılımını, hastalık-direnç dinamiklerini ve genetik çeşitliliği olumsuz etkileyebilir (Prins ve ark., 2025).

5.4. Su Kaynakları ve Su Kalitesi

Değişen sıcaklık ve buharlaşma oranları, yerüstü ve yeraltı su rezervlerinde azalmaya neden olurken (IPCC SRCCL, 2019), bu durum tarımsal sulamada ciddi streslere yol açar. Küresel ısınmayla birlikte yeraltı su depoları daha hızlı tükenmekte, bu da bitki su stresini artırmakta ve sulama çaresizliğine neden olmaktadır (Condon ve ark., 2020). Ayrıca, sıcaklık artışı ve aşırı yağış, sucul ortamlarda oksijen azalmasına ve potansiyel kirliliğe neden olabilir; bu hem insan sağlığını hem de biyoçeşitliliği tehdit eder.

6. TÜRKİYE PERSPEKTİFİ

Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü ve kırsal ekonomik yapılanma üzerindeki etkileri, bölgesel düzeyde heterojenlik göstermektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu gibi tarıma bağlı bölgelerde sıcaklık artışlarının tarımsal katma değeri ve istihdam üzerinde olumsuz etkileri daha

belirgindir; bu etkiler aynı zamanda gıda fiyatlarında artışlarla ilişkilidir (Karahasan ve Pınar, 2021). Ülke genelinde, iklim değişikliğine bağlı olarak yağış modellerinde kaymalar gözlemlenmekte ve bazı havzalarda su kaynaklarında azalma riski artmaktadır. Özellikle 25 havza bazlı analizde, üretim ve çiftçi gelirlerinin etkilendiği belirtilmiştir (Pilevneli ve ark., 2023). Tunceli gibi Doğu Anadolu bölgelerinde, iklim kaynaklı kuraklık riski artmakta ve mevsimsel kar yağış miktarlarında düşüş izlenmektedir. Bu durum, yerel su yönetimi stratejileri için ciddi tehdit oluşturmaktadır (Korkmaz ve Kuriqi, 2024). Küresel CO₂ artışı ve değişen iklim koşulları, özellikle kuzeybatı Anadolu'da kış buğday veriminde düşümlere neden olabilir; bu bölge için modelleme çalışmaları, verimliliğin olumsuz etkilendiğini göstermektedir (Özdoğan, 2011).

Ülke ekonomisine yönelik değerlendirmelerde, Dudu ve Çakmak (2018) tarafından yapılan entegre analizde, iklim değişikliğinin doğrudan ve dolaylı ekonomik etkileri modellenmiştir. Buna göre, tarımda gelir ve su kullanımında baskılar öne çıkmaktadır. Tarım ve su kaynaklarının iklim değişikliğinden yasal, ekonomik ve tarımsal açıdan etkilenmesine yönelik bütüncül çalışmalar, ülkenin uyum planlama kapasitesine dair önemli veriler sunmaktadır (Bozoğlu, 2020).

7. ADAPTASYON VE AZALTIM STRATEJİLERİ

Tarım sektöründe adaptasyon (iklime uyum) ve azaltım (sera gazı azaltımı) stratejileri, hem üretim sistemlerinin iklim şoklarına dirençli hale getirilmesini hem de tarımsal faaliyetlerin neden olduğu emisyonların düşürülmesini hedefler. Bu çifte fonksiyon, “iklim akıllı tarım” (Climate-Smart Agriculture, CSA) yaklaşımının temelini oluşturur (Everest, 2021).

7.1. Adaptasyon Stratejileri

7.1.1. İklim Akıllı Tarım Uygulamaları

Agroforestry, ürün rotasyonu, mulch ya da sıra arası ekim gibi CSA uygulamalarının adaptasyon ve emisyon azaltımı sağladığı kanıtlanmıştır (Bhatnagar, 2024).

7.1.2. Erken Uyarı Sistemleri

Kuraklık, sıcak hava dalgaları ve diğer meteorolojik risklerin öngörüsünü mümkün kılan sistemler tarım sistemlerinin zamanında tepki vermesini sağlar; Türkiye özelinde kuraklık risk yönetim kapasitesinin güçlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Yılmaz ve ark., 2025).

7.1.3. Kuraklık Eylem Planları ve Politika Çerçevesi

OECD-FAO iş birliğinde geliştirilen “Türkiye’de Tarımda Kuraklığın Dirençliliğini Artırmak” raporu, sulama, sigorta, veri altyapısı ve paydaş katılımını içeren adaptasyon hedeflerine işaret etmektedir (Bagherzadeh ve Shigemitsu, 2021).

7.2. Azaltım Stratejileri

7.2.1. Ekipman ve Anız Yönetimi

Ekim kalıntılarının toprakta bırakılması (no-till sistemleri) fosil yakıt kullanımını azaltarak karbon salımını düşürür ve toprakta karbon depolanmasını teşvik eder (Wang ve ark., 2020).

7.2.2. İklim Akıllı Tarım Yaklaşımları

Sürdürülebilir üretim, emisyon azaltımı ve iklim direncini artıran stratejiler bütünü oluşturarak CSA’nın etkili uygulanması, çiftçilerin farkındalığına ve katılımına bağlıdır (Everest, 2021).

7.2.3. CO₂ Emisyon Yoğunluğunun Azaltılması

Tarım sektörünün karbon yoğunluğunun düşürülmesi, ekonomik verimlilikle birlikte sera gazı salımlarında anlamlı azalmalar yaratabilir; no-tillage gibi uygulamalar bu hedefe katkı sağlar (Ogle ve ark., 2019).

7.3. Entegre Yaklaşımlar ve Politika Entegrasyonu

7.3.1. Bütüncül Yaklaşım

İklim uyumunun ve emisyon azaltımının aynı anda hedeflendiği CSA kapsamlı bir çerçevedir; uygulamaya geçişte teknik sistemi sosyal, ekonomik ve kurumsal boyutlarla desteklemek gereklidir (Bhatnagar, 2024).

7.3.2. Dijital ve Hassas Tarım Teknolojileri

Dijital araçlar, hassas sulama ve gübreleme sistemleri, veri temelli yönetimle kaynak verimliliğini ve adaptasyon kabiliyetini artırır (Balasundram ve ark., 2023).

8. POLİTİKA ÖNERİLERİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

İklim değişikliğiyle mücadelede teknik stratejilerin yanı sıra, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini güvence altına almak için güçlü, kapsayıcı ve izlenebilir bir politika çerçevesi de zorunludur (Özdemir, 2023).

8.1. Kurumsal Çerçevenin Güçlendirilmesi

OECD tarafından hazırlanan rapor, Türkiye’nin tarım sektöründe kuraklığa karşı direnç oluşturmaya gerektiğini ve bunun için saha düzeyinde izleme, tarımsal sigorta, modern sulama sistemleri ve veri paylaşım

mekanizmaları gibi önlemlerin kritik olduğunu vurgulamaktadır (Bagherzadeh ve Shigemitsu, 2021).

Ayrıca, “Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan” belgeleri Türkiye’deki kurumlar arası koordinasyon, görev tanımları ve eylem standartlarını güçlendirmeye yönelik önemli bir yasal altyapı sağlar (Aydın ve ark., 2025).

8.2. İklimle Uyumlu Tarım Politikaları

“Sustainable Agriculture and Climate Resilience in Türkiye” adlı araştırma, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik, su yönetimi ve tarımda sürdürülebilir yöntemlerin tarımsal direnci artırdığına dikkat çekerek, bu uygulamaların tarım destek mekanizmalarına entegre edilmesi gerektiğini bildirir (Özdemir, 2023).

Ülkenin “National Pathway of Türkiye” stratejisinde, iklim değişikliğine uyumun tarım, su ve toprak politikalarına entegre edilmesi, araştırma kapasitesinin artırılması ve yeşil altyapı planlamalarının yaygınlaştırılması öncelikleri arasında yer alır (Gören, 2025).

8.3. Eğitim, Yayım ve Katılım

Bilimsel değerlendirmeler, iklim değişikliğine uyum ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının başarılı olabilmesi için çiftçi eğitimi ve yerel topluluk katılımının artırılmasının, politika etkinliğini doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır (Shafi, 2025).

8.4. Uluslararası İşbirliği ve Finansman

OECD raporunda, Türkiye’nin tarımsal uyum çabalarına finansman sağlaması adına uluslararası ortaklıklar, karbon finansmanı araçları ve modern izleme altyapılarının kurulması gibi adımların önemine işaret edilmektedir (Gören, 2025). Ayrıca, UNFCCC çerçevesinde hazırlanan uzun vadeli stratejide Türkiye’nin 2053 net-sıfır hedefi ve bu doğrultuda sektörel eylem önerilerinin öne çıktığı belirtilmektedir.

8.5. Sürdürülebilirlik ve Kırsal Kalkınma

Sustainable Agriculture and Climate Resilience in Türkiye” çalışması aynı zamanda ekosisteme dayalı çözümlerin (örneğin agroekoloji, biyolojik çeşitlilik koruma) tarımın ekonomik ve çevresel açıdan sürdürülebilirliğini artırdığına dikkat çekmektedir (Özdemir, 2023). OECD değerlendirmeleri, bu tür stratejilerin tarımda uzun vadeli ekolojik denge ve kırsal kalkınmanın desteklenmesi açısından kritik olduğuna vurgu yapmaktadır.

SONUÇ

Küresel iklim değişikliği, günümüzün en karmaşık çevresel sorunlarından biri olarak tarımsal üretimden ekonomik yapıya, doğal kaynak yönetiminden toplumsal refaha kadar çok sayıda alanı etkilemektedir. Sıcaklık artışları, yağış düzensizlikleri, kuraklık, sel ve fırtına gibi ekstrem olayların artışı, tarımsal üretimi doğrudan ve dolaylı olarak tehdit etmekte; özellikle küçük ölçekli çiftçiler, kurak bölgeler ve kıyı tarımı gibi kırılgan yapılar bu etkilerden en fazla zarar görmektedir.

Bu çalışma kapsamında, iklim değişikliğinin nedenleri, tarım üzerindeki etkileri ve bu etkilere karşı alınabilecek önlemler detaylı şekilde ele alınmıştır. Sera gazı emisyonlarındaki artış, toprak ve su kaynaklarındaki bozulma, biyoçeşitlilik kaybı ve üretim sistemlerindeki verim düşüşleri; mevcut tarım politikalarının iklimle uyumlu hale getirilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Adaptasyon ve azaltım stratejileriyle desteklenmeyen tarım sistemleri, önümüzdeki on yıllarda hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sürdürülemez hale gelecektir. Bu nedenle kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, tarımsal erken uyarı sistemleri ve çiftçi eğitim programlarının uygulanması gibi önlemler, yalnızca teknik değil aynı zamanda sosyal bir zorunluluktur.

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde, bölgesel kırılganlıkların farkında olan, çiftçiye merkeze alan ve yerel koşulları dikkate alan bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca ulusal politikaların uluslararası sözleşme ve hedeflerle uyumlu hale getirilmesi ve bu politikaların sahada izlenebilir, ölçülebilir ve değerlendirilebilir olması sağlanmalıdır.

Küresel iklim değişikliği karşısında sürdürülebilir, dirençli ve kapsayıcı bir tarım sistemi inşa etmek, sadece bugünün değil, gelecek nesillerin gıda güvencesini sağlamak açısından da bir zorunluluktur.

REFERANSLAR

- Abebeaw, S. E. (2025). A Global Review of the Impacts of Climate Change and Variability on Agricultural Productivity and Farmers' Adaptation Strategies. *Food Science & Nutrition*, 13(5), e70260.
- Abeyasingha, N. S., & Ray, R. L. (2025). Rivers at risk, soil erosion in a changing climate: a comprehensive.
- Adom, P. K. (2024). The socioeconomic impact of climate change in developing countries in the next decades. *Center for Global Development*, 139.
- Ainsworth, E. A., & Long, S. P. (2021). 30 years of free-air carbon dioxide enrichment (FACE): what have we learned about future crop productivity and its potential for adaptation. *Global change biology*, 27(1), 27-49.
- Aydın, M. S., Ayaz, F., Keskin, M. Z., Alaybeyoğlu, E., Güler, E., & Gemici, E. (2025, June). Importance of Soil Moisture Sensor Data in Flood Early

- Warning Systems. In *2025 9th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (ISAS)* (pp. 1-4). IEEE.
- Bagherzadeh, M., & Shigemitsu, M. (2021). Building the resilience of Turkey's agricultural sector to droughts.
- Boaitey, A. (2025). Voluntary Carbon Offsets for Food Consumption Emissions Stated Preference Evidence from the UK. *Stated Preference Evidence from the UK (February 24, 2025)*.
- Balasundram, S. K., Shamshiri, R. R., Sridhara, S., & Rizan, N. (2023). The role of digital agriculture in mitigating climate change and ensuring food security: an overview. *Sustainability*, 15(6), 5325.
- Bhatnagar, S., Chaudhary, R., Sharma, S., Janjhua, Y., Thakur, P., Sharma, P., & Keprate, A. (2024). Exploring the dynamics of climate-smart agricultural practices for sustainable resilience in a changing climate. *Environmental and Sustainability Indicators*, 24, 100535.
- Bozoglu, M., Başer, U., Eroglu, N. A., & Topuz, B. K. (2019). Impacts of climate change on Turkish agriculture. *Journal of International Environmental Application and Science*, 14(3), 97-103.
- Chataut, G., Bhatta, B., Joshi, D., Subedi, K., & Kafle, K. (2023). Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100533.
- Condon, L. E., Atchley, A. L., & Maxwell, R. M. (2020). Evapotranspiration depletes groundwater under warming over the contiguous United States. *Nature communications*, 11(1), 873.
- Datta, P., & Behera, B. (2022). Climate change and Indian agriculture: A systematic review of farmers' perception, adaptation, and transformation. *Environmental Challenges*, 8, 100543.
- Driscoll, A. W., Conant, R. T., Marston, L. T., Choi, E., & Mueller, N. D. (2024). Greenhouse gas emissions from US irrigation pumping and implications for climate-smart irrigation policy. *Nature Communications*, 15(1), 675.
- Dudu, H., & Çakmak, E. H. (2018). Climate change and agriculture: an integrated approach to evaluate economy-wide effects for Turkey. *Climate and Development*, 10(3), 275-288.
- Everest, B. (2021). Farmers' adaptation to climate-smart agriculture (CSA) in NW Turkey. *Environment, Development & Sustainability*, 23(3).
- Gören, H. (2025). Adaptive capacity of agricultural institutions to climate change and the barriers: a comparative study from Turkey. *Climate Policy*, 1-14.
- Hamidov, A., Helming, K., Bellocchi, G., Bojar, W., Dalgaard, T., Ghaley, B. B., & Schönhart, M. (2018). Impacts of climate change adaptation options on soil functions: A review of European case-studies. *Land degradation & development*, 29(8), 2378-2389.
- Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., & Wolfe, D. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agronomy journal*, 103(2), 351-370.
- Hultgren, A., Carleton, T., Delgado, M., Gergel, D. R., Greenstone, M., Houser, T., & Yuan, J. (2025). Impacts of climate change on global agriculture accounting for adaptation. *Nature*, 642(8068), 644-652.
- Johnson, J. M. F., Franzluebbers, A. J., Weyers, S. L., & Reicosky, D. C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental pollution*, 150(1), 107-124.

- Karahasan, B. C., & Pinar, M. (2023). Climate change and spatial agricultural development in Turkey. *Review of Development Economics*, 27(3), 1699-1720.
- Korkmaz, M., & Kuriqi, A. (2024). Regional climate change and drought dynamics in Tunceli, Turkey: insights from drought indices. *Water Conservation Science and Engineering*, 9(2), 49.
- Kristiansen, S., Painter, J., & Shea, M. (2021). Animal agriculture and climate change in the US and UK elite media: volume, responsibilities, causes and solutions. *Environmental communication*, 15(2), 153-172.
- Li, L., Awada, T., Shi, Y., Jin, V. L., & Kaiser, M. (2025). Global greenhouse gas emissions from agriculture: Pathways to sustainable reductions. *Global Change Biology*, 31(1), e70015.
- Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, E., & Tubiello, Y. X. (2019). Climate change and land. *IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*.
- Menegat, S., Ledo, A., & Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Scientific Reports*, 12(1), 14490.
- Mondal, S. (2021). Impact of climate change on soil fertility. *Climate change and the microbiome: sustenance of the ecosystem*, 551-569.
- Ogle, S. M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F. J., McConkey, B., & Vazquez-Amabile, G. G. (2019). Climate and soil characteristics determine where no-till management can store carbon in soils and mitigate greenhouse gas emissions. *Scientific reports*, 9(1), 11665.
- Özdemir, M. G. (2023). Sustainable Agriculture and Climate Resilience in Türkiye: A Comprehensive Analysis.
- Özdoğan, M. (2011). Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, ecosystems & environment*, 141(1-2), 1-12.
- Pilevneli, T., Capar, G., & Sánchez-Cerdà, C. (2023). Investigation of climate change impacts on agricultural production in Turkey using volumetric water footprint approach. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 605-623.
- Prins, C., Sreekumar, D., & Sejian, V. (2025). Climate change and wildlife biodiversity: Impact and mitigation strategies. *Arch. Life Sci. Res*, 1, 6-22.
- Shafi, M. M. (2025). Sustainable Agricultural Practices and Climate Change Adaptation: Policy Recommendations for Rural Development in Turkey and Pakistan. *Eksplorium-buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir*, 46(1), 765-777.
- Tchoukouang, R. D., Onyeaka, H., & Nkoutchou, H. (2024). Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions. *Science of the Total Environment*, 920, 171047.
- Thompson, W. J., Varma, V., Joerin, J., Bonilla-Duarte, S., Bebbler, D. P., Blaser-Hart, W., & Krütli, P. (2023). Smallholder farmer resilience to extreme weather events in a global food value chain. *Climatic Change*, 176(11), 152.
- Wang, H., Wang, S., Yu, Q., Zhang, Y., Wang, R., Li, J., & Wang, X. (2020). No tillage increases soil organic carbon storage and decreases carbon dioxide

- emission in the crop residue-returned farming system. *Journal of Environmental Management*, 261, 110261.
- Wheeler, T., & Von Braun, J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508-513.
- Yilmaz, F., Osborn, D., & Tsamados, M. (2025). Strengthening Türkiye's drought management: insights from international practices (Netherlands, UK and USA). *Frontiers in Climate*, 6, 1504779.
- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., & Asseng, S. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 114(35), 9326-9331.

Tarımda Sürdürülebilirlik ve Karbon Ayak İzinin Azaltılması: Bilimsel Temeller, Uygulamalar ve Politika Önerileri

Aytekin EKİNCİALP

- 1- Doç. Dr.; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Başkale Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü. aytekinekincialp@yyu.edu.tr ORCID No: 0000 0003 1500 3215

ÖZET

Bu bölümde tarımsal faaliyetlerin küresel iklim değişikliği ile çift yönlü ilişkisi ele alınmıştır. İklim değişikliği, verimlilikte kayıplara yol açarken; tarımsal üretim süreçleri de CO₂, CH₄ ve N₂O gibi sera gazı salımlarıyla küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Azotlu gübre kullanımı, bitki artığı yönetimi, sulak alanlarda pirinç üretimi ve hayvancılık, tarım kaynaklı emisyonların başlıca kaynaklarıdır. Ayrıca girdi üretimi, makineler ve enerji tüketimi de önemli katkı sağlamaktadır. Karbon ayak izinin azaltılmasında azot yönetimi, baklagil bazlı rotasyonlar, ürün çeşitlendirme, no-till sistemler, biochar ve mikrobiyal çözümler gibi stratejiler öne çıkmaktadır. Kanada, Çin ve Avrupa örnekleri farklı bölgelerde alınabilecek önlemleri göstermekte; Türkiye açısından bakıldığında ise gübre kullanımı, sulama ve enerji tüketimi temel odak noktalarıdır. Bunun yanında, tüketici davranışlarının karbon etiketleriyle yönlendirilmesi düşük emisyonlu tercihler için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Genel olarak, tarımda karbon ayak izi odaklı sürdürülebilirlik yaklaşımı hem üretim hem de tüketim boyutunda iklim dostu çözümler geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler – Azot yönetimi, Karbon ayak izi, Karbon etiketleri, Tarımsal sera gazı emisyonları, Ürün rotasyonu

GİRİŞ

Küresel ısınmanın yoğun etkileri, sıcak dalgaları ve yağış düzensizlikleri aracılığıyla tarım sektörünü ciddi şekilde etkilemektedir. Dünya genelinde tarımsal verimlilik artışı bu baskılardan olumsuz etkilenmiş; 1961–2008 döneminde iklim değişikliğinin küresel tarımsal toplam faktör verimliliğini yaklaşık %21 oranında düşürdüğü bulunmuştur. Bu verim kaybı, verimlilikte 9 yıllık bir kayba eşdeğerdir (Ortiz-Bobea ve ark., 2020). Ayrıca, 2050 yılına kadar başlıca ürünlerin veriminde %18–20 düşüş beklentisi modellemelerce desteklenmiş; bu öngörüler, özellikle dikkatli planlama ve adaptasyon stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. (Tita ve ark., 2025).

Sürdürülebilir tarımsal büyüme yalnızca üretimle sınırlı kalmayıp aynı zamanda karbon salımını azaltacak uygulamaların hem teknik hem de politik düzeyde entegrasyonunu gerektirir. Bu bağlamda; gübre ve enerji verimliliği, toprak işleme ve su yönetimi, iklim dirençli çeşitler ve tüketici odaklı karbon azaltım mekanizmaları gibi yaklaşımlar kritiktir. (Chandio ve ark., 2021).

Tarımın karbon ayak izi (KAI), üretimden tüketime giden tüm süreçlerdeki sera gazı salımlarının CO₂-eşdeğeri cinsinden hesaplanmasını ifade eder. Bu ölçüm; girdiden kaynaklı emisyonlar (örneğin toprak işleme,

azotlu gübreler, mekanizasyon, taşımacılık) yanı sıra tüketici taraflı tüketim alışkanlıklarını da kapsayabilir (Miao ve ark., 2023).

Birçok KAİ çalışmasının yalnızca üretime odaklanmaktadır. Oysa beslenme biçimi, gıda israfı, tüketici tercihleri ve ürün seçimleri gibi faktörler toplam sera gazı salımını doğrudan etkileyebilir (Miao ve ark., 2023).

Karbon ayak izini azaltmaya yönelik stratejiler arasında; gübre kullanımının optimizasyonu, azot fiksasyonu yapan bitkiler (örneğin baklagiller), düşük girdili tarım sistemleri (organik ve direkt ekim), yenilenebilir enerji uygulamaları ve biyogaz sistemleri, ürün rotasyonu ve çeşitlendirme; ayrıca tüketici tarafında et ve süt tüketiminin azaltılması ile gıda israfının önlenmesi yer almaktadır (Agbelusi ve ark., 2024).

2. Tarımda Sera Gazı Emisyonlarının Kaynakları

Tarım faaliyetleri, üç ana sera gazı olan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4) ve diazot monoksit (N_2O) salımlarına yol açar. Bu gazların atmosferdeki kalıcılık süreleri ve *global warming potential* (GWP) değerleri birbirinden oldukça farklıdır. Örneğin, literatürde yer alan çalışmalar N_2O 'nun 100 yıllık zaman diliminde CO_2 'ye kıyasla yaklaşık 265–298 kat daha yüksek GWP değerine sahip olduğunu göstermektedir (Wang ve ark., 2021; Feng ve Li, 2023). Tarım kaynaklı SG emisyonları, hem arazi üzerindeki uygulamalardan (örneğin toprak işlemleri, gübre uygulama, hayvan enterik fermentasyonu) hem de girdi üretiminden kaynaklanır (yakıt üretimi, gübre ve makine üretimi gibi faaliyetler) (Sokal ve Kachel, 2025).

a) Azotlu Gübre Kullanımı ve N_2O Emisyonları

Bitkisel üretimdeki en önemli sera gazı kaynağı, kimyasal gübrelerle (özellikle üre ve amonyum nitrat bazlı) direkt ilişkili olarak oluşan N_2O emisyonlarıdır. Örneğin, Çin'de sentetik azot gübrelerinin üretiminden ve uygulanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonları, toplam tarımsal emisyonların önemli bir kısmını oluşturur; doğrudan uygulamadan kaynaklanan N_2O , Çin'deki tarımsal sera gazı emisyonlarının yaklaşık %16'sını oluşturur (Yang ve ark., 2024a). Ayrıca, gübre üretimi de ciddi bir katkı sağlar; bu süreçlerin sera gazı emisyonları toplam emisyonların %60 civarında bir kesimini oluşturur (Qu ve ark., 2014).

b) Anız ve Bitki Artığı Yönetimi

Mahsul kalıntılarının toprağa bırakılması veya yakılması; organik maddenin mineralizasyonu yoluyla CO_2 ve N_2O salımına neden olur. Mahsul artıklarının toprağa karışmasının N_2O salımını yaklaşık %43 artırdığı belirtilmiştir (Abalos ve ark., 2022; Panday ve ark., 2022).

c) Sulak Alanlarda Metan (CH_4) Salımı

Sulu tarım uygulamaları (özellikle pirinç üretimi), yüksek oranda metan (CH_4) salımıyla ilişkilidir. Rice paddies, dünya genelindeki

antropojenik metan emisyonlarının yaklaşık %10–12'sini oluşturur (Ma ve ark., 2024; Guo ve ark., 2023). Çin örneğinde ise pirinç tarlalarından kaynaklanan metan emisyonları, tarımdan kaynaklı metan salımlarının %21–22'sine denk gelmektedir (Duan ve ark., 2023; Bamber ve ark., 2025).

2.2. Hayvancılık Kaynaklı Emisyonlar

Hayvansal üretim, özellikle ruminant tür hayvanlardan kaynaklanan enterik fermentasyon nedeniyle metan (CH_4) salımı bakımından küresel sera gazı emisyonlarının önemli bir bileşenidir. Örneğin, FAO'ya göre ruminantlar, insan kaynaklı metan emisyonlarının yaklaşık %34.5'ine katkıda bulunmaktadır (Wei ve ark., 2023).

a) Enterik Fermantasyon

Enterik fermantasyon, ruminant hayvanların sindirim sisteminde mikroorganizmalar tarafından karbonun metana dönüştürülmesiyle oluşur. Global ölçekte bu süreç, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan CH_4 emisyonlarının %40'a yakınına oluşturmaktadır (Chang ve ark. 2019). Tarımsal metan emisyonlarının yaklaşık 43.9%'u enterik fermantasyondan kaynaklanmaktadır (Duan ve ark., 2023; Lan ve ark., 2025).

b) Karbon ayak izi örnekleri

Sığır eti için karbon ayak izi yaklaşık 6.21 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$, Tavuk yumurtası için 4.09 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$, Süt içinse 1.47 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$ olarak literatürde belirtilmektedir Genel olarak US'da sığır eti için ortalama 30 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$, tavuk içinse yaklaşık 4.2 kg $\text{CO}_2\text{-eq/kg}$ olarak hesaplanmıştır (Dong ve ark., 2004; Van ve Röö, 2021; Peng ve ark., 2024).

c) Gübre Yönetimi

Hayvan gübresinin açıkta depolanması veya düz yüzeyde bırakılması, anaerobik koşullar altında hem metan (CH_4) hem de diazot monoksit (N_2O) salımına yol açar. ABD Tarım Sektörü verilerine göre, gübre yönetimi tarımsal sera gazı emisyonlarının yaklaşık %14'üne katkıda bulunmaktadır (Hockstad ve Hanel, 2017).

2.3 Dolaylı Emisyonlar: Girdi Üretimi ve Enerji Kullanımı

a) Kimyasal Girdi Üretimi

Azotlu gübrelerin (özellikle sentetik N gübrelerinin) üretim proseslerinde yoğun enerji harcanır ve bu süreç, toplam tarımsal sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümünü oluşturur. Menegat ve ark. (2022) tarafından yapılan global bir değerlendirmeye göre, sentetik azot gübre tedarik zincirine bağlı emisyonlar 2018 yılında 1.13 gigaton $\text{CO}_2\text{-eq}$ olup, bu miktar tarım emisyonlarının yaklaşık %10.6'sını ve küresel sera gazı

emisyollarının %2.1'ini oluşturmuştur. Bu değerler, üretim, taşımacılık ve tarla kullanımı gibi tüm aşamaları kapsamaktadır.

b) Tarım Makineleri ve Enerji Tüketimi

Tarım makineleri, örneğin traktörler, sulama motorları ve diğer ekipmanlar fosil yakıt kullandıkları için doğrudan CO₂ emisyonlarına yol açar. Bilimsel çalışmalara göre, bu makineler ve enerji kullanımı, tarımsal karbon ayak izi hesaplamalarında önemli bir alt başlığı oluşturur.

- Gathorne-Hardy ve ark., (2016), traktörlerin dizel yakıt kullanımı ile önemli miktarda CO₂ emisyonu ürettiğini vurgular; bu emisyonlar, tarımsal üretim sistemlerinin LCA analizlerinde mutlaka dikkate alınması gereken bir bileşendir.
- Mátoam ve ark., (2020) çalışmalarında, tarım makinelerinin üretimi sırasında ortaya çıkan enerji kullanımı ve emisyonlar, tarımın tüm enerji ihtiyacı ve karbon yükü içinde dikkate değer bir paya sahip olduğunu belirtmişlerdir.
- Qin ve ark., (2024) raporuna göre, küresel anlamda sulama sistemlerinde kullanılan enerji, 162 Mt CO₂/yıl düzeyindeki yüzey sulama emisyonlarının yaklaşık %76'sını oluşturmaktadır. Bu emisyonun büyük bölümü dizel pompaların kullanımından kaynaklanmaktadır.

Bilimsel çalışmalar, farklı iklim koşullarına, toprak tiplerine ve ürün desenlerine sahip bölgelerde tarımsal karbon ayak izinin (KAİ) ciddi ölçüde değiştiğini göstermektedir:

- Kanada'da yapılan bir araştırmaya göre, kahverengi toprak bölgelerinde yetiştirilen ürünlerin karbon ayak izi, organik madde ve nem açasından daha zengin olan siyah topraklara kıyasla ortalama %11 daha düşüktür. Bu farklılık, özellikle kuru alan uygulamalı buğday ve no-till sistemlerinde dikkat çekmiştir (Gan ve ark., 2011).
- Çin'de buğday, mısır ve sıcak iklim altındaki pirinç gibi temel tahılların karbon ayak izi, baklagil ve sebze üretime kıyasla hem hektar bazında hem de ürün birimi başına 2 ile 4 kat daha yüksektir. Bu fark, özellikle gübre kullanımı, sulama biçimi ve mahsul yönetimi kaynaklıdır (Sun ve ark., 2024).

3. Karbon Ayak İzi Hesaplamasında Kullanılan Bileşenler

KAİ hesaplamalarında dikkate alınması gereken temel emisyon kaynakları:

Doğrudan Tarla Emisyonları

- N₂O: Azotlu gübrelerin mikrobiyal ayrışması
- CH₄: Sulak alanlardaki anaerobik koşullar
- CO₂: Toprak solunumu ve fosil yakıt kullanımı

Dolaylı Emisyonlar

- Gübre, pestisit ve enerji girdilerinin üretiminden kaynaklanan CO₂

- Tarımsal makineler ve sulama sistemlerinde enerji tüketimi (Qin ve ark., 2024).

Ürün Taşıma ve İşleme

- Hasat sonrası depolama, paketleme, taşıma süreçleri
- Soğutmalı taşımacılık gibi enerji yoğun işlemler

Tüketici Aşaması

- Pişirme, saklama, israf edilen gıdaların atık yönetimi

3.1. Hesaplama Araçları ve Modeller

Al-Mansour ve Jecic, (2017) tarafından geliştirilen AgrFootprint modeli, tahıl, meyve, sebze, et, süt ve yumurta gibi tarımsal ürünlerin karbon ayak izlerini hesaplamak için kullanılan, ürün bazlı bir LCA modelidir.

3.2. Zorluklar ve Belirsizlikler

- *Veri Uyumsuzluğu:* Emisyon faktörleri bölgeden bölgeye farklılık gösterir.
- *Toprak ve İklim Farklılıkları:* Aynı ürün farklı toprak ve iklim koşullarında farklı KAI sonuçlarına neden olur.
- *İzleme Eksikliği:* Özellikle düşük gelirli bölgelerde doğrudan ölçüm yapılmaması sorun yaratır.
- *Tüketici Davranışı:* Karbon etiketlerinin tüketici tercihi üzerindeki etkisi sınırlı kalmaktadır.

4. Karbon Ayak İzini Azaltmaya Yönelik Stratejiler

Tarımda karbon ayak izini azaltmak, hem verimden ödün vermeden sürdürülebilir bir sistem sağlamak hem de çevresel etkiyi düşürmek açısından kritiktir. Bilimsel çalışmalara göre, doğru uygulamalarla KAI'de %60'a kadar azalma mümkün olabilir. Örneğin, sentetik gübre kullanımını optimize etmek ve enerji verimliliği sağlamak etkili stratejilerdir.

4.1. Azotlu Gübre Kullanımının Optimize Edilmesi

- Sentetik azot gübrelerinin üretimi ve kullanımı, tarımsal emisyonların yaklaşık %10.6'sını oluşturmakta olup, bu emisyonların büyük kısmı uygulama sonrası süreçlere aittir (Menegat ve ark., 2022).

(Ferland ve ark., (2024), Doğru miktar, tip, zaman ve yer yaklaşımını içeren gelişmiş azot yönetimi, N₂O emisyonlarını %57 seviyesine kadar azaltabilir bu doğrudan emisyonlarda ciddi bir düşüşe işaret edeceğini belirtmişlerdir.

- Global bir meta-analiz, özellikle geliştirilmiş verimliliğe yönelik gübre stratejilerinin hem N₂O emisyonlarını düşürürken hem de verimi koruyabildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, doğrulanmış ve kapsamlı bir fayda sunar. (Maaz ve ark., 2021).

4.2. *Biyolojik Azot Fiksasyonu ve Baklagil Sistemleri*

Baklagil bazlı rotasyonlar, atmosferik azotu toprağa kazandırarak hem sentetik gübre ihtiyacını azaltır hem de tarımsal sera gazı emisyonlarını aşağı çekebilir. Örneğin, yer fıstığı buğday-mısır ve soya buğday-mısır rotasyonları ile N_2O emisyonlarının %30–42 oranında azaldığı, ayrıca topraktaki karbondioksit dengesi olumlu yönde etkilenecek karbon tutulumunun %75–92 oranında artırıldığı raporlanmıştır (Yang ve ark. 2024b). Finlandiya’da yürütülen bir çalışmada, yonca bazlı ürün rotasyonlarının mısır monokültür sistemine kıyasla hektar başına sera gazı (GHG) emisyonlarını CO_2 eşdeğeri cinsinden yaklaşık %31 oranında azalttığı belirlenmiştir (Lötjönen ve Ollikainen, 2017).

4.3. *Ürün Rotasyonu ve Sistem Çeşitliliği*

Çeşitlendirilmiş ürün rotasyonları, monokültüre kıyasla toprak sağlığını artırır, karbon tutulumunu güçlendirir ve emisyonları düşürür. Örneğin, bir araştırma, kuru tarım koşullarında yer fıstığı, soya ve tatlı patates içeren rotasyonların buğday-mısır çeşitlerine göre yıllık net GHG emisyonlarını %83–92 oranında düşürürken; toprakta karbon depolamayı da en yüksek düzeye çıkardığını göstermiştir (Yang ve ark., 2024b). Long-term rotasyon çalışmalarında, özellikle Norfolk tipi dönüşümlerin, sürekli siyah çakıllı topraklara kıyasla %27–47 daha yüksek toprak organik karbon birikimi sağladığı saptanmıştır (Skinulienė ve ark. 2024). Bir diğer çalışma da döngüsel tarım sistemlerinin karbon dengesi üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirtmiş ve ideal rota seçimlerinin CO_2 emisyonlarını azaltmada kritik rol oynadığını vurgulamıştır (Rigon ve Calonego, 2020).

4.4. *Toprak İşleme Tekniklerinin Gözden Geçirilmesi*

No-till sistemleri, geleneksel sürmeye kıyasla CO_2 emisyonlarında %15 oranında azalma, N_2O emisyonlarında %7.5 ve CH_4 ’de %19.8 düşüş sağlar (Yue ve ark., 2023). ABD çiftlik uygulamalarında, no-till ve koruyucu tarım uygulamaları CO_2 emisyonlarını %69 oranına kadar azaltabilmektedir (Bertrand ve ark., 2022).

4.5. *Biyolojik Girdi Kullanımı ve Mikrobiyal Çözümler*

- *Biochar (biyokömür)*: Toprakta karbon tutulumunu artıran, sera gazı emisyonlarını azaltan ve toprak sağlığını destekleyen bir stratejidir. Örneğin, biochar uygulamasının tarımsal sera gazı emisyonlarını 3.4–6.3 gigaton CO_2 eşdeğeri (Pg CO_2 -eq) azaltma potansiyeline sahip olduğu hesaplanmıştır. (Shrestha ve ark. 2023). Ayrıca, biochar kompostlama süreçleri sırasında metan (CH_4) emisyonlarının %79 oranında düşürüldüğü gösterilmiştir (Osman ve ark., 2024).
- *Toprağı zenginleştiren mikrobiyal çözümler*: Biyogübreler, mikoriza mantarları ve benzeri biyolojik girdiler, toprak biyolojisini ve besin

döngülerini destekleyerek verimliliği artırır ve üretim sistemlerinin karbon ayak izini azaltır. Örneğin, patates üretiminde kullanılan çeşitli gübre yaklaşımları içinde “mikrobiyal inokulant” içeren sistemler çevresel etkileri ve azot kayıplarını düşürmektedir (Ollio ve ark., 2025).

4.6. Entegre Yaklaşımlar ve Sürdürülebilirlik Paketi

Bilimsel çalışmalar, tekil uygulamalardan ziyade entegre stratejilerin daha güçlü karbon azaltımları sağladığını göstermektedir:

- *Baklagil içeren rotasyonların etkisi:* Kanada’da yürütülen bir araştırmaya göre, baklagil içeren rotasyonlar, monokültür sistemlere kıyasla net sera gazı emisyonlarını %17–35 oranında azaltmakta; daha çeşitlendirilmiş rotasyonlar ise bu oranı %75–92 seviyelerine çıkarmaktadır (Yang ve ark., 2024b).
- *Bütünleşik mikroorganizma ve gübre kullanımı:* Tarımsal uygulamalarda gübre optimizasyonu ile birlikte mikroorganizma kaynaklı girdilerin kullanılması, azot verimliliğini artırarak çevresel etkiyi düşürmektedir (Ali ve ark., 2025).

5. Tarımsal Üretimde Karbon Ayak İzine İlişkin Uygulama Örnekleri

5.1. Kanada Örneği: Toprak Tipine Göre Karbon Ayak İzi Değişimi

Gan ve ark., (2011), Saskatchewan yarı-kurak bölgesinde sürdürülebilir tarım sistemlerini inceledikleri çalışma kapsamında, ürünlerin karbon ayak izini (kg CO₂-eq/kg ürün) ortaya koymuştur:

- Kanola: ~0.80 kg CO₂-eq/kg
- Hard buğday: ~0.46 kg CO₂-eq/kg
- Nohut/mercimek: ~0.20–0.33 kg CO₂-eq/kg

Ön bitki etkileri

Durum buğday, baklagil (örneğin bezelye, nohut) sonrası yetiştirildiğinde karbon ayak izi %17–34 oranında azalmıştır (Gan ve ark., 2011).

Toprak tipine göre farklılık

Siyah toprakta üretilen ürünlerin karbon ayak izinin, kahverengi topraklara göre daha yüksek olduğu, örneğin buğdayda %28–61 daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Bamber ve ark., 2023).

Uygulanan stratejiler

Baklagil rotasyonu, azot kullanımı optimizasyonu, düşük işleme (no-till) sistemleri ile karbon ayak izi düşürülebilir çözüm önerileri kapsamındadır.

5.2. Çin Örneği: Üretim Büyümesiyle Artan Emisyonlar

Çin'in 2000–2016 döneminde tarımsal sistemin toplam sera gazı (GHG) emisyonları %20.07 oranında artmıştır (Wang ve ark., 2019). Tahıl ürünleri (mısır, buğday, pirinç) bu emisyonların %80'inden fazlasına katkıda bulunmuştur.

Önerilen çözümler

Gübre verimliliği artırımı, ürün yapısının iyileştirilmesi, modern sulama sistemleri gibi uygulamalarla emisyon azaltımı mümkündür.

5.3. Avrupa Örneği: Ürün Bazlı Etki ve Etiketleme Potansiyeli

Avrupa menşeli LCA analizlerine dayanan raporlara göre:

- Sığır eti: 22–36 kg CO₂-eq/kg
- Peynir: 8–12 kg CO₂-eq/kg
- Ekmek: 0.5–0.9 kg CO₂-eq/kg
- Sera domates: 2.0–2.5 kg CO₂-eq/kg
- Açık alan domates: 0.2–0.4 kg CO₂-eq/kg (Sala ve ark., 2019).

Etiketleme ve politika

Almanya ve Hollanda'da karbon etiket uygulamaları süpermarketlerde yaygınlaşmakta; AB Yeşil Mutabakat çerçevesinde "karbon muhasebesi" politikaları gelişmektedir.

5.4. Türkiye Açısından Değerlendirme ve Fırsatlar

Henüz sistematik KAI verileri sınırlı olsa da:

- Güneydoğu ve İç Anadolu bölgelerinde azotlu gübre yoğunluğu yüksek ve karbon ayak izine katkısı büyüktür.
- Baklagil–tahıl rotasyonları yaygınlaştırılırsa ciddi emisyon azalımı sağlanabilir.
- Sulama ve enerji kullanımı, Türkiye tarımında karbon ayak izini artıran temel faktörlerdendir.

Potansiyel adımlar:

- GAP, KOP gibi bölgesel kalkınma projelerine karbon yönetimi entegre edilmeli.
- Tarım Bakanlığı bünyesinde "Tarımda Karbon Muhasebesi Birimi" kurulabilir.

6. Karbon Ayak İzinin Etiketlenmesi ve Tüketici Tercihleri

Tarımda sürdürülebilirlik sadece üretim değil, tüketici davranışlarıyla da şekillenmektedir. Karbon ayak izi etiketleri, çevre dostu tüketimi teşvik eden güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır.

6.1. Karbon Ayak İzi Etiketleme Nedir?

Karbon etiketleri, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca yol açtığı toplam sera gazı emisyonunu çoğunlukla kg CO₂-eq/kg olarak tüketiciye açıklar.

Uygulama biçimleri:

- *Miktar etiketi:* Örneğin “Bu ürünün karbon ayak izi: 0.75 kg CO₂-eq
- *Sınıflama:* Düşük / Orta / Yüksek” emisyonlu ürün ayrımı
- *Renk kodlama:* Yeşil (düşük), sarı (orta), kırmızı (yüksek)

6.2. Tüketici Farkındalığı ve Davranış Eğilimleri

Karbon etiketli market ürünlerinde, "siyah" (yüksek emisyon) etiketli ürünlerin satışlarında %6'lık bir azalma, "yeşil" (düşük emisyon) etiketlilerde ise %4 artış sağlanmıştır. Ayrıca, yeşil ürünler aynı zamanda ucuz ise, siyah etiketten yeşile geçişte bu artış %20'ye kadar çıkabilmektedir (Vanclay ve ark., 2011).

Üniversite yemekhanelerindeki geniş çaplı saha deneyinde karbon etiketlerinin, yüksek karbonlu yemeklerin seçilme olasılığını yaklaşık 2.7 puan düşürdüğü ve yemek başına ortalama karbon emisyonlarında %4.3 azalma sağladığı saptanmıştır (Lohmann ve ark., 2022).

6.3. Etiketleme Sistemlerinin Uygulama Zorlukları

- *Veri standardizasyonu:* Tüm yaşam döngüsünü kapsayan güvenilir veriye ulaşmak zor.
- *Tüketici anlama düzeyi:* CO₂-eq gibi teknik terimlerin anlaşılır hale getirilmesi gerek.
- *Greenwashing (yeşil aklama) riski:* Yanıltıcı "düşük karbon" iddiaları tüketici güvenini zedeleyebilir.

6.4. Türkiye’de Potansiyel Uygulamalar

- Türkiye’de hâlihazırda yaygın ve zorunlu bir karbon etiketi sistemi yoktur.
- Avrupa Yeşil Mutabakatı uyum süreci çerçevesinde; Tarım ve Orman Bakanlığı, karbon etiketleme sistemlerini geliştirebilir.
- İhracat firmaları için karbon etiketli ürünler rekabet avantajı yaratabilir.
- Tüketici kooperatifleri ve organik pazarlarda karbon etiketli ürün pilotları başlatılabilir.

SONUÇ

Tarımsal üretimin gıda güvencesi sağlama işlevi tartışılmaz bir öneme sahiptir. Ancak bu üretim süreci, iklim değişikliğinin hem nedeni hem de kurbanı konumundadır. Artan nüfus, azalan doğal kaynaklar ve sıklaşan aşırı iklim olayları, tarım sistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu

bağlamda, karbon ayak izi odaklı sürdürülebilirlik yaklaşımı, hem üretim hem de tüketim taraflı çevresel etki yönetimi için güçlü bir araçtır.

Bu kitap bölümü boyunca karbon ayak izi kavramı, hesaplama yöntemleri, azaltım stratejileri, tüketici tercihlerindeki rolü ve politika temelli çözümler detaylı şekilde ele alınmıştır.

- Tarımda başlıca sera gazı kaynakları azotlu gübreler (N_2O), ruminant hayvancılık (CH_4), fosil yakıt kullanımı (CO_2) ve pirinç gibi ıslak ekim alanlarıdır.
- Karbon ayak izi hesaplaması alan bazlı, ürün bazlı ve tüketim bazlı yapılabilmekte; LCA temelli analizler en bütüncül sonuçları vermektedir.
- Azot yönetimi, ürün rotasyonu, baklagil sistemleri ve biyolojik girdiler, karbon ayak izini azaltan temel uygulamalardır.
- Kanada, Çin ve AB gibi ülkelerde hem teknik hem de politika tabanlı örnek uygulamalar başarıyla sürdürülmektedir.
- Tüketici davranışları, karbon etiketleme yoluyla çevre dostu ürün tercihlerine yönlendirilebilir.
- Karbon muhasebesi ve karbon kredileri, sürdürülebilir tarımın ekonomik boyutunu güçlendiren araçlardır.

REFERANSLAR

- Abalos, D., Rittl, T.F., Recous, S., Thiébeau, P., Topp, C.F., Van Groenigen, K.J., ve Hansen, S. (2022). Predicting field N_2O emissions from crop residues based on their biochemical composition: A meta-analytical approach. *Science of the Total Environment*, 812, 152532.
- Agbelusi, J., Arowosegbe, O. B., Alomaja, O. A., Odunfa, O. A., ve Ballali, C. (2024). Strategies for minimizing carbon footprint in the agricultural supply chain: leveraging sustainable practices and emerging technologies. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23(3), 2625-2646.
- Ali, A., Jabeen, N., Farruhbek, R., Chachar, Z., Laghari, A. A., Chachar, S., ve Yang, Z. (2025). Enhancing nitrogen use efficiency in agriculture by integrating agronomic practices and genetic advances. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1543714.
- Al-Mansour, F., ve Jejeic, V. (2017). A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy*, 136, 7-15.
- Bamber, N., Turner, I., ve Pelletier, N. (2023). Carbon footprints of commodity field crops in global markets.
- Bamber, N., Turner, I., ve Pelletier, N. (2025). Rapeseed, wheat and peas grown in Canada have considerably lower carbon footprints than those from major international competitors. *Nature Food*, 1-5.
- Bertrand, S., Robert, A. S., ve Walker, E. (2022). No-till farming improves soil health and mitigates climate change. *Environment and Energy Study Institute*.
- Chandio, A. A., Gokmenoglu, K. K., ve Ahmad, F. (2021). Addressing the long-and short-run effects of climate change on major food crops production in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51657-51673.

- Chang, J., Peng, S., Ciais, P., Saunio, M., Dangal, S. R., Herrero, M., ve Bousquet, P. (2019). Revisiting enteric methane emissions from domestic ruminants and their $\delta^{13}\text{CCH}_4$ source signature. *Nature Communications*, 10(1), 3420.
- Dong, H., Tao, X., Xin, H., ve He, Q. (2004). Comparison of enteric methane emissions in China for different IPCC estimation methods and production schemes. *Transactions of the ASAE*, 47(6), 2051-2057.
- Duan, Y., Gao, Y., Zhao, J., Xue, Y., Zhang, W., Wu, W. ve Cao, D. (2023). Agricultural methane emissions in China: inventories, driving forces and mitigation strategies. *Environmental Science & Technology*, 57(36), 13292-13303.
- Feng, R., ve Li, Z. (2023). Current investigations on global N₂O emissions and reductions: Prospect and outlook. *Environmental Pollution*, 338, 122664.
- Ferland, D., Wagner-Riddle, C., Brown, S. E., Bourgault, M., Helgason, W., Farrell, R. E., ve Congreves, K. A. (2024). Improved nitrogen fertilizer management reduces nitrous oxide emissions in a northern Prairie cropland. *Science of The Total Environment*, 956, 177211.
- Gan, Y., Liang, C., Hamel, C., Cutforth, H., ve Wang, H. (2011). Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 31(4), 643-656.
- Gathorne-Hardy, A. (2016). The sustainability of changes in agricultural technology: The carbon, economic and labour implications of mechanisation and synthetic fertiliser use. *Ambio*, 45(8), 885-894.
- Guo, Y., Zhang, G., Abdalla, M., Kuhnert, M., Bao, H., Xu, H., ve Smith, P. (2023). Modelling methane emissions and grain yields for a double-rice system in Southern China with DAYCENT and DNDC models. *Geoderma*, 431, 116364.
- Hockstad, L., ve Hanel, L. (2017). *Inventory of US greenhouse gas emissions and sinks* (No. cdiac: EPA-EMISSIONS). Environmental System Science Data Infrastructure for a Virtual Ecosystem.
- Lan, H., Brika, S. K., Huseyn, A. A., Shamshieva, N., ve Du, L. (2025). Assessing spatiotemporal trends and drivers of livestock methane emissions in China: A spatial econometric analysis. *Ecological Indicators*, 178, 113992.
- Lohmann, P. M., Gsottbauer, E., Doherty, A., ve Kontoleon, A. (2022). Do carbon footprint labels promote climatarian diets? Evidence from a large-scale field experiment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 114, 102693.
- Lötjönen, S., ve Ollikainen, M. (2017). *Does crop rotation with legumes provide an efficient means to reduce nutrient loads and GHG emissions? Review of Agricultural, Food and Environmental Studies* 98: 283–312.
- Ma, N., Liu, X., Wang, L., ve Liu, G. (2024). A meta-analysis on the mitigation measures of methane emissions in Chinese rice paddy. *Resources, Conservation and Recycling*, 202, 107379.
- Maaz, T. M., Sapkota, T. B., Eagle, A. J., Kantar, M. B., Bruulsema, T. W., ve Majumdar, K. (2021). Meta-analysis of yield and nitrous oxide outcomes for nitrogen management in agriculture. *Global Change Biology*, 27(11), 2343-2360.
- Mantoam, E. J., Angnes, G., Mekonnen, M. M., ve Romanelli, T. L. (2020). Energy, carbon and water footprints on agricultural machinery. *Biosystems Engineering*, 198, 304-322.

- Menegat, S., Ledo, A., ve Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Scientific Reports*, 12(1), 14490.
- Miao, Z., Zhao, Z., Long, T., ve Chen, X. (2023). Carbon footprint in agriculture sector: a literature review. *Carbon Footprints*, 2(3), N-A.
- Ollio, I., Gonzalez Rosado, M., Lloret, E., Martínez-Martínez, S., Egea-Gilabert, C., Calviño, D. F., ve Fernández, J. A. (2025). Integrating plant growth microorganisms in potato farming reduce soil CO₂ emissions and improve crop quality. *Soil Use and Management*, 41(1), e13140.
- Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R. G., ve Lobell, D. B. (2020). The historical impact of anthropogenic climate change on global agricultural productivity. *arXiv preprint arXiv:2007.10415*.
- Osman, A. I., Farghali, M., ve Rashwan, A. K. (2024). Life cycle assessment of biochar as a green sorbent for soil remediation. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 46, 100882.
- Panday, D., Saha, D., Lee, J., Jagadamma, S., Adotey, N., ve Mengistu, A. (2022). Cover crop residue influence on soil N₂O and CO₂ emissions under wetting-drying intensities: An incubation study. *European Journal of Soil Science*, 73(5), e13309.
- Peng, C., Wang, X., Xiong, X., ve Wang, Y. (2024). Assessing Carbon Emissions from Animal Husbandry in China: Trends, Regional Variations and Mitigation Strategies. *Sustainability*, 16(6), 2283.
- Qin, J., Duan, W., Zou, S., Chen, Y., Huang, W., ve Rosa, L. (2024). Global energy use and carbon emissions from irrigated agriculture. *Nature Communications*, 15(1), 3084.
- Qu, Z., Wang, J., Almøy, T., ve Bakken, L. R. (2014). Excessive use of nitrogen in Chinese agriculture results in high N₂O/(N₂O+ N₂) product ratio of denitrification, primarily due to acidification of the soils. *Global change biology*, 20(5), 1685-1698.
- Rigon, J. P. G., ve Calonego, J. C. (2020). Soil carbon fluxes and balances of crop rotations under long-term no-till. *Carbon Balance and Management*, 15(1), 19.
- Sala, S., Benini, L., Beylot, A., Castellani, V., Cerutti, A., Corrado, S., ve Pant, R. (2019). Consumption and Consumer Footprint: methodology and results. *Indicators and Assessment of the Environmental Impact of European Consumption. Luxembourg*.
- Shrestha, R. K., Jacinthe, P. A., Lal, R., Lorenz, K., Singh, M. P., Demyan, S. M., ve Lindsey, L. E. (2023). Biochar as a negative emission technology: A synthesis of field research on greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Quality*, 52(4), 769-798.
- Skinulienė, L., Marcinkevičienė, A., Dorelis, M., ve Bogužas, V. (2024). The effect of long-term crop rotations for the soil carbon sequestration rate potential and cereal yield. *Agriculture*, 14(3), 483.
- Sokal, K., ve Kachel, M. (2025). Impact of Agriculture on Greenhouse Gas Emissions—A Review. *Energies*, 18(9), 2272.
- Sun, T., Li, H., Wang, C., Li, R., Zhao, Z., Guo, B., ve Gao, X. (2024). The carbon footprint and influencing factors of the main grain crops in the North China Plain. *Agronomy*, 14(8), 1720.

- Tita, D., Mahdi, K., Devkota, K. P., ve Devkota, M. (2025). Climate change and agronomic management: Addressing wheat yield gaps and sustainability challenges in the Mediterranean and MENA regions. *Agricultural Systems*, 224, 104242.
- Van Rysselberge, P., ve Rööös, E. (2021). Carbon footprint of meat, egg, cheese and plant-based protein sources.
- Vanclay, J. K., Shortiss, J., Aulsebrook, S., Gillespie, A. M., Howell, B. C., Johanni, R., ve Yates, J. (2011). Customer response to carbon labelling of groceries. *Journal of Consumer Policy*, 34(1), 153-160.
- Wang, C., Amon, B., Schulz, K., ve Mehdi, B. (2021). Factors that influence nitrous oxide emissions from agricultural soils as well as their representation in simulation models: a review. *Agronomy*, 11(4), 770.
- Wang, X., Chen, Y., Chen, X., He, R., Guan, Y., Gu, Y., ve Chen, Y. (2019). Crop production pushes up greenhouse gases emissions in China: evidence from carbon footprint analysis based on national statistics data. *Sustainability*, 11(18), 4931.
- Wei, Y., Zhang, X., Xu, M., ve Chang, Y. (2023). Greenhouse gas emissions of meat products in China: A provincial-level quantification. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106843.
- Yang, S., Chen, H., Li, Z., Ruan, Y., ve Yang, Q. (2024a). Temporal and spatial analysis of fertilizer application intensity and its environmental risks in China from 1978 to 2022. *Environmental Sciences Europe*, 36(1), 188.
- Yang, X., Xiong, J., Du, T., Ju, X., Gan, Y., Li, S., ve Butterbach-Bahl, K. (2024b). Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nature Communications*, 15(1), 198.
- Yue, K., Fornara, D. A., Heděnc, P., Wu, Q., Peng, Y., Peng, X., ve Peñuelas, J. (2023). No tillage decreases GHG emissions with no crop yield tradeoff at the global scale. *Soil and Tillage Research*, 228, 105643.

Denizcilikte Kullanılan Elektrik Kabloları

Öğr.Gör. Dr. İbrahim Tamer EMECAN¹

Öğr.Gör. Dr. Birkan DURAK²

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı Teknolojisi Programı, emecan@iuc.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4312-7947

² İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Uçak Teknolojisi Programı, birkand@iuc.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-8196-5407

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: İbrahim Tamer EMECAN, emecan@iuc.edu.tr

ÖZET

Günümüzde elektriğin yaşamın her alanına yayılmış olması, enerji kaynaklarının sürekli ve güvenilir olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum özellikle ulaşım, iletişim ve endüstriyel faaliyetlerin deniz ortamında gerçekleştirilmesinde daha da kritik hâle gelmiştir. Elektrik enerjisi, ısıtma, soğutma, haberleşme, otomasyon, tahrik sistemleri ve güvenlik gibi birçok sistemin temelini oluşturduğundan, denizcilik sektörü için vazgeçilmezdir. Ancak kara ortamına kıyasla deniz ortamında karşılaşılan yüksek nem, tuzluluk, sıcaklık farkları, korozyon ve yangın riski gibi etkenler, bu sistemlerin özel olarak tasarlanmasını ve uygulanmasını gerektirir. Bu bağlamda, denizcilikte kullanılan elektrik sistemleri, yalnızca elektriksel verimlilik değil, aynı zamanda dayanıklılık, güvenlik ve uluslararası standartlara uygunluk açısından da değerlendirilmelidir.

Çağımızın en önemli enerji kaynağı elektriktir. Elektrik, elektrik akımı, elektron akımı, gerilim ve güç gibi temel elektrik kavramları bilinmeden elektrik anlaşılamaz. Çağımızın en önemli enerji kaynağı olan elektriğin iletilmesinde kullanılan ana malzeme kablolardır. Elektrik kabloları iletkenlerden yapılan ve üzeri yalıtkan kaplı olan bir malzemedir. Bu malzeme çeşitli materyallerden yapılabilir. Elektrik kabloları yapacağı işe göre değişik tiplerde ve özelliklerde olmaktadır.

Elektrik enerjisi, denizcilik ve sualtı sanayiinde güvenli, sürekli ve çevreye uygun şekilde kullanılmalıdır. Elektrik sistemleri, yüksek güvenlik, dayanıklılık ve uluslararası standartlara uygunluk temelinde tasarlanmalıdır. Deniz ortamına özel kablo seçimi, gemi güvenliği ve işletme verimliliği için kritik önemdedir.

Bu çalışmada öncelikle elektrik enerjisi ve kullanımı hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ardından elektriğin denizcilikte, sualtı sanayiinde kullanıma yöntemleri tanıtılmış ve iletiminde kullanılan kabloların sahip olması gereken özellikler ve standartlar anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Elektrik, Denizcilik, Kablo, Gemi Elektriği, Sualtı sanayii

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin verimli ve yaygın kullanılması çok önemlidir. Bunun olabilmesi için verimli ve sürekli enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan enerji çeşidi ise elektriktir. Elektrik enerjisi hayatımızın her anında kullanılmaktadır. Kullanım alanları ısınma – soğutmadan tutun madenleri işleme ve ulaşım kadar her alanda kullanılmaktadır. Kullanılan elektriğin kullanım alanlarına göre voltajı, amperi ve akım çeşidi değişiklik göstermektedir. Elektrik enerjisi kara ortamında kullanıldığı gibi deniz ve sualtı ortamında da kullanılmaktadır. Deniz ortamında ve sualtı ortamında elektrik kullanımı kara ortamındaki

kullanımdan farklılık göstermektedir. Bu farklılıkları anlayabilmemiz için ilk önce temel kavramları bilmemiz gerekir.

Atomlar maddenin en küçük yapı taşıdır, çekirdek ve elektronlardan oluşur. Atomlar temel olarak üç parçadan oluşur, bunlar;

1-) Proton (+) yüklü

2-) Nötron (yüksüz nötr yüklü)

3- elektron (-) yüklü

Çekirdekte pozitif yüklü protonlar bulunur. Negatif yüklü elektronlar ise çekirdeğin etrafında belirli enerji seviyelerindeki yörüngelerde dönerler.

Maddelerin temel yapı taşlarını oluşturan atomların içindeki elektronların hareketinden kaynaklanan bir enerji açığa çıkar. Bu potansiyel farkından dolayı açığa çıkan enerjiye de elektrik denir. Basitçe söylemek gerekirse atomların içinde dönen elektronların, bir iletken içerisinden akarkenki hareketi sırasında ortaya çıkan enerjiye elektrik denir. Bu elektriğin bir iletkeninden geçişine ise akım denir.

Elektronların Hareketi: Elektronlar, belirli koşullar altında yörüngelerinden koparak başka atomlara geçebilirler. İşte bu elektronların düzenli bir şekilde bir noktadan başka bir noktaya akışı elektrik akımını oluşturur.

Elektrik Akımı: Elektrik akımı, genellikle bir iletken (metal gibi) içindeki serbest elektronların hareket etmesiyle oluşur. Bu hareket, bir elektrik potansiyel farkı (voltaj) sayesinde gerçekleşir.

Elektron akımı: Negatif yüklü elektronların hareket yönünü ifade eder. Elektrik akımı ise tarihsel olarak pozitif yük akışı yönünde tanımlanmıştır. Bu nedenle akım yönü, elektronların hareket yönüne zıttır. Elektronlar negatif kutuptan pozitif kutba doğru hareket ederken, elektrik akımında pozitiften negatife doğru olduğu kabul edilir. Bu fark teorik hesaplamalarda yön belirlemede önemli olmakla birlikte, büyüklük açısından herhangi bir fark oluşturmaz. Elektron akımı kavramı, mikroskobik düzeydeki fiziksel hareketi tanımlarken; elektrik akımı kavramı ise makroskobik mühendislik hesaplamalarını temsil etmektedir.

Enerji (E), güç (P), gerilim (V), akım (I), ve direnç (R) elektrikte kullanılan temel kavramlardır.

Bu kavramlar arasındaki ilişkiler, elektrikselsistemlerin analizinde kullanılır.

Gerilim (V): Birim yükü bir noktadan diğerine taşımak için gereken potansiyel farkıdır. Birimi voltur (V).

Akım (I): Bir iletkeninden birim zamanda geçen yük miktarıdır. Amper (A) cinsinden ölçülür.

Direnç (R): Kullanılan malzemenin elektron akışına karşı gösterdiği zorluktur. Birimi ohm (Ω)'dur.

Güç (P): Elektrik enerjisinin birim zamanda harcanma veya üretilme hızıdır. Watt (W) birimiyle ifade edilir.

Enerji (E): Gücün zamana bağlı olarak birikimidir. $E = P \times t$ bağıntısıyla hesaplanır.

Yukarıda bahsedilen büyüklükler arasındaki en temel ilişki “Ohm Kanunu” ile gösterilir. Ohm kanunu, 1827 yılında Alman fizikçi Georg Simon Ohm tarafından formüle edilmiştir. Ohm kanuna göre bir iletkeninden geçen akım, uygulanan gerilimle doğru, dirençle ters orantılıdır. Formülize edecek olursak olarak $I = V / R$ şeklinde gösterilir. Ohm kanunu, elektrik devrelerinin en temel analiz yöntemidir. Ohm kanunu, herhangi bir devredeki akım, gerilim ve direnç arasındaki ilişkiyi orantısal olarak açıklar. Aynı zamanda elektriksel güç de $P = V \times I$ olarak tanımlanır. Bu sayede hem verimlilik hem de enerji hesapları yapılabilir.

Doğru Akım (DC) ve Alternatif Akım (AC) Sistemleri

Elektrik akımı iki temel biçimde incelenir: “doğru akım (DC)” ve “alternatif akım (AC)”. Doğru akımda elektronlar sabit bir yönde hareket eder. Piller ve bataryalar DC enerji kaynaklarına örnektir. Alternatif akımda ise akım yönü ve büyüklüğü zamanla periyodik olarak değişir. Şebeke elektriği (örneğin 50 Hz frekanslı) AC akımdır.

AC sistemler, enerji iletiminde daha verimli olduğu için tercih edilir. Transformatörler aracılığıyla gerilim seviyesi kolayca değiştirilebilir. AC sistemlerde çoğunlukla mavi kablo canlı (akımın) ucu kahverengi kablo da devreyi tamamlayacak olan nötr ucu gösterir. Şekil 1 de bir elektrik kablosu gösterilmiştir.



Şekil 1: Elektrik kablosu

Elektrik Güvenliği ve Topraklama

İnsan sağlığı ve ekipman koruması açısından, elektrik sistemlerinin güvenliği, büyük önem taşımaktadır. Kaçak akımlar, kısa devreler ve yanlış izolasyon ciddi kazalara sebep olabilir. Bu yüzden elektrik güvenliği standartları (örneğin IEC 60364) dikkatle uygulanmalıdır.

Kaçak akımları toprağa yönlendirmek ve elektriksel potansiyel farkları önlemek için topraklama kullanılır. Koruma topraklaması, yıldırımdan korunma ve kaçak akım röleleri sistemin güvenli çalışmasını sağlar. Ayrıca, yalıtım malzemeleri ve sigorta cihazları aşırı akım durumlarında devreyi keserek sistemin zarar görmesini önler. Topraklama kablosu ise sarı üstünde yeşil renkte olur. Şekil 2 de bir topraklama kablosu verilmiştir.



Şekil 2: Topraklama kablosu

Elektriğin Kullanım Alanları

Günümüzde en sık kullanılan ve en önemli enerji kaynağı elektriktir. Günlük hayatımızın hemen hemen her anında elektrik kullanırız. Aydınlatma, ısıtma, soğutma, sağlık, iletişim, ulaşım, sanayi ve daha birçok alanda elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Örneğin fizik tedavide çok düşük voltajlı ve amperli elektrik kullanılmaktadır, dişimizi fırçalarken elektrikli diş fırçaları kullanıyoruz. Artık dünya elektrik enerjisi ile çalışan arabalara geçiş yapıyor. Bunlar gibi daha birçok örnek verebiliriz. Bizim buradaki amacımız sualtı sanayiinde elektriği kullanma yöntemlerimizi tanıtmak ve onlardan bahsetmek olacaktır. Elektrik kullanımında maddelerin iletkenliği konusunda bilgi sahibi olmak gerekir.

İletkenlik

Maddeler elektrik akımını iletme (elektron hareketine göre) durumuna göre üçe ayrılmaktadır.

İletkenler: Elektrik akımına çok az direnç gösteren maddeler. Bakır kablolar

Yarı iletkenler: Özel durumlar ve müdahalelerle elektrik akımına izin veren maddeler. Transistörler

Yalıtkanlar: Elektrik akımına yüksek direnç gösteren maddeler. Tahta

Elektrik enerjisini kullanmak için en çok iletkenler kullanılır. İletkenlerin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi için yalıtkan malzeme ile kaplanması gerekir.

Denizde kullanılan elektrik kabloları

Deniz ortamı aşırı nemli, yağlı, tuzlu ve ~~korozyonun aşırı~~ (korozif etkilerin fazla) olduğu ortamlardır. Denizde her zaman malzemeye ve karasal imkanlara ulaşma durumu olmayabilir. Bu sebeplerden dolayı denizcilikte kullanılan elektrik kabloları, deniz ortamının zorlu koşullarına dayanacak şekilde özel olarak tasarlanmalıdır. Bu kablolar, karasal (normal) elektrik kablolarına göre farklı yapısal ve kimyasal özelliklere sahiptir. Denizcilikte kullanılan elektrik kabloları kullanıldığı yere göre de özelliği değişmektedir. Örneğin gemilerin makine dairesinde kullanılan elektrik kabloları yağa, kimyasala ve ısıya karşı dayanıklı olmalıdır. Fakat güvertede kullanılan elektrik kabloları ise UV (güneş ışığına), soğuğa ve tuzlu suya dayanıklı olmak zorundadır. Aşağıda denizcilik kablolarının temel özellikleri ve normal kablolardan farkları listelenmiştir.

Denizcilikte Kullanılan Elektrik Kablolarının Özellikleri

Su ve Neme Dayanıklılık

Denizde aşırı nem olmaktadır. Ayrıca deniz ortamında kabloların ve diğer malzemelerin suyla teması çok fazla olmaktadır. Denizde kullanılacak kablolar, yüksek nem oranına ve doğrudan tuzlu suya maruz kalmaya karşı korumalıdır. Genellikle *su geçirmez dış kılıflarla* kaplanır (örneğin: XLPE, EPR, halojensiz özel kılıflar).

Tuzlu Su Korozyonuna Dayanıklılık

Deniz suyu tuzlu olması ve deniz üzerinde olan her maddenin tuzlu suyla teması olduğu için korozyon meydana gelmektedir. Bu korozyon özellikle metallerde daha fazla olmaktadır. Kablo içinde kullanılan iletkenler (genellikle kalaylı bakır) ve dıştaki yalıtkan kılıf tuzlu suyun oluşturduğu korozyona karşı dayanıklıdır.

Alev Geciktirici ve Yangına Dayanıklı

Yangın sırasında alev yayılımını önleyici (flame-retardant) özellik taşır. Ayrıca, bazı deniz kabloları yangın anında çalışmaya devam etme (fire-resistant) özelliğine de sahiptir.

Halojensiz ve Düşük Duman Yoğunluklu (LSZH/LSOH)

Herhangi bir yangın esnasında zehirli gaz salmayan, insan ve elektronik ekipmanlar için güvenli kablolardır.

Esneklik ve Mekanik Dayanıklılık

Gemilerde dar alanlardan geçme, titreşim, hareket ve bükülmelere karşı daha esnek ve dayanıklıdır.

UV ve Yağa Dayanıklılık

Güneş ışığına (UV) ve kimyasallara (özellikle yağlara ve yakıtlara) karşı dayanıklıdır.

Uluslararası Sertifikalara Uygunluk

Genellikle şu sınıflara göre üretilir: IEC 60092 () (Denizcilik elektrik kabloları standardı) veya BS 6883, NEK 606, IEEE 1580, DNV, ABS, BV gibi klas kuruluşlarının onayları gerekir.



Şekil 3: Su sızdırmaz uzatma kablosu

Ayrıca uluslararası denizcilikle ilgili denetleme kuruluşları (IMO, Türk Loydu, DNV, RINA vb.) denizde kullanılacak gemilerin ayrı bölümleri için (güverte, makine dairesi, köprü üstü vb.) farklı özellikte kablolar istemektedir. Gemilerin türlerine göre de kabloların özellikleri değişmektedir. Tablo 1 de Denizcilik ve karasal kablolar çeşitli özellikleri açısından karşılaştırılmıştır.

Tablo 1: Denizde Kullanılan Kabloların Normal Kablolardan Farkları

Özellik	Denizcilik Kabloları	Karasal Kablolar
Nem/Su Koruması	Su geçirmez ve nem korumalı	Genelde sadece iç mekan nemine dayanıklı
Tuzlu Su Korozyon Direnci	Yüksek (kalyanlı bakır vs.)	Yok veya düşüktür
Yangın Dayanımı	Alev geciktirici, halojensiz	Her zaman değil
Kimyasal Dayanım	Yağa, yakıta, UV'ye dayanıklı	Sınırlı dayanım
Esneklik	Daha yüksek esneklik	Düşük esneklik
Sertifikasyon	Uluslararası denizcilik standartları	Genel IEC, TSE vs.

Denizcilikte Kabloların Genel Kullanım Alanları

- Gemi içi güç ve aydınlatma sistemleri
- Gemi makine ve cihazlar (vinç, ırgat, ağ frame vb.)
- Haberleşme sistemleri
- Yangın alarm ve güvenlik sistemleri
- Otomasyon sistemleri
- Denizaltı kabloları ve sualtı robotları (ROV)

Denizde Kullanılan Kablolarla İlgili Bazı Türkiye'ye Özgü Standartlar, Yönetmelikler ve Uygulamalar

1) TS IEC / IEEE 80005 1 (Yüksek Voltaj Kıyı Bağlantısı – HVSC)

Türkiye’de kıyı gemiden enerji sağlanması (shore power, “cold ironing”) için yüksek voltajlı sistemler bu standarda bağlanmıştır. TS IEC/IEEE 80005 1 standardı, gemi ile kıyı arasında elektrik bağlantısının tasarımı, montajı ve test koşullarını belirler.

2) TS IEC 60092 Serisi – Gemi Elektrik Tesisleri Standartlarının Türk Uygulaması

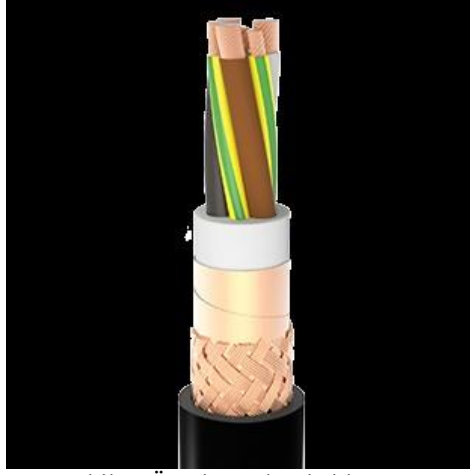
Türkiye’de gemi kablo tesisatlarında kullanılan kablolar genellikle IEC 60092 serisindeki standartlara uygun olarak üretilir ve kontrol edilir. Örneğin TS IEC 60092 376 standardı, gemide kontrol ve ölçüm sistemleri devre kablolarını kapsar. (Elektrikport Akademisi, 2016).



Şekil 4: TS IEC 60092 standart kablo

3) Üretici Teknik Şartnameleri ve Onaylar

Üntel (Üntel Marine, Gemi Kabloları / MGCG): Üretiminde, DIN 89158 ve IEC 60092/353 standartlarını referans alır. Ayrıca test ve malzeme kriterleri için IEC 60092/350, 351, 359 gibi standartlara uyar (Üntel kablo, 2025).



Şekil 5: Üntel standart kablo

Teknokablo: Türkiye’de “MYJ J Marin ve Yat Kabloları” serisi ile gemi ve yat uygulamaları için üretim yapar. IEC 60092 350 / 353 standartlarına uygunluk belirtilmiştir (Teknokablo, 2025).



Şekil 6: IEC 60092 standart kablo

4) *Standartların Türkçe Yayınlanması / Uyarlanması*

IEC standartlarının bazı bölümleri (örneğin IEC 80005 serisi) artık Türkçe versiyonlarıyla da yayımlanmaktadır. Bu durum, yerli denizcilik sektörü kurumlarının standarda erişimini kolaylaştırır.

SONUÇ

Günümüzde elektriğin yaşamın her alanına yayılmış olması, enerji kaynaklarının sürekli ve güvenilir olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu durum özellikle ulaşım, iletişim ve endüstriyel faaliyetlerin deniz ortamında gerçekleştirilmesinde daha da kritik hâle gelmiştir. Elektrik enerjisi, ısıtma, soğutma, haberleşme, otomasyon, tahrik sistemleri ve güvenlik gibi birçok sistemin temelini oluşturduğundan, denizcilik sektörü için vazgeçilmezdir. Ancak kara ortamına kıyasla deniz ortamında karşılaşılan yüksek nem, tuzluluk, sıcaklık farkları, korozyon ve yangın riski gibi etkenler, bu sistemlerin özel olarak tasarlanmasını ve uygulanmasını gerektirir. Bu bağlamda, denizcilikte kullanılan elektrik sistemleri, yalnızca elektriksel verimlilik değil, aynı zamanda dayanıklılık, güvenlik ve uluslararası standartlara uygunluk açısından da değerlendirilmelidir. Örneğin, gemilerde kullanılan elektrik kabloları, karasal ortamlarda kullanılanlardan farklı olarak su geçirmez, UV ve yağ dayanımlı, halojensiz ve alev geciktirici özelliklere sahiptir. Bu özellikler, sistemin uzun ömürlü çalışmasını ve personel güvenliğini sağlamak açısından büyük önem taşır. Ayrıca, doğru ve alternatif akım sistemlerinin kullanımı, voltaj seviyeleri, akım türleri ve kablo çeşitliliği gibi teknik parametreler de uygulama alanına göre doğru şekilde seçilmelidir. Elektriksel büyüklükler arasındaki ilişkilerin doğru anlaşılması ve Ohm Kanunu gibi temel prensiplerin uygulanması, sistemlerin doğru kurulması ve arıza analizlerinin etkin yapılabilmesi açısından kritik rol oynar. Sonuç olarak, sualtı sanayiinde ve denizcilik sektöründe elektrik enerjisinin güvenli, etkin ve sürdürülebilir şekilde kullanımı; doğru teknik bilgi, uygun malzeme seçimi ve uluslararası standartlara uyum ile mümkündür. Bu doğrultuda yapılan her yatırım ve mühendislik uygulaması, hem sistem verimliliğini hem de operasyonel güvenliği artıracaktır. Elektriğin denizdeki doğru kullanımı, sadece enerji ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda denizcilik sektörünün gelecekteki sürdürülebilirliğini de güvence altına alır. Elektrik enerjisi, denizcilik ve sualtı sanayiinde *güvenli, sürekli ve çevreye uygun şekilde* kullanılmalıdır. Elektrik sistemleri, *yüksek güvenlik, dayanıklılık ve uluslararası standartlara uygunluk* temelinde tasarlanmalıdır. Deniz ortamına *özel kablo seçimi*, gemi güvenliği ve işletme verimliliği için kritik önemdedir.

REFERANSLAR

- IEC 60092-350 — “*Electrical installations in ships – General construction and test methods of power, control and instrumentation cables*” standardı. (<https://webstore.iec.ch/en/publication/60517>)
- IEC 60092-354 — “*Shipboard and offshore power cables with extruded solid insulation*” standardı. (<https://webstore.iec.ch/en/publication/60518>)
- IEC 60092-376 — “*Cables for control and instrumentation circuits 150/250 V (300 V)*” standardı. (<https://www.vde-verlag.de/iec-standards/255040/iec-60092-376-2025.html>)
- Caledonian Cables — *IEC 60092 standartlarına uygun sualtı/denizcilik kablolarının özellikleri (XLPE, korozyon koruması, yangın sınıfları, halojensiz kılıf gibi hususlar)* (<https://www.caledonian-cables.com/products/offshore-cables/IEC60092/MTX400-XLPE-LSOH-Power-Cables-Multicore.shtml>)
- Habia Cable — *Denizcilik kablolarının halojensiz özellikleri, yangın davranışı ve performans avantajları* (<https://www.habia.com/en/products/industry-standard-cables/lightweight-marine-cables/>)
- Armada Cables — *Kabloların yangın/alev test standartları, dumansızlık ve halojen içeriği gereksinimleri* (<https://www.armadacables.com/technical>)
- Honest Cable — *Deniz kablolarının genel teknik özellikleri, yangın davranışı, halojensiz tasarım ve farklılıkları* (<https://honestcable.com/marine-cable>)
- “*Is there a difference between marine wire and regular wire?*” — *Deniz kabloları ile normal kablolar arasındaki farkları açıklayan teknik görüşler (örn. çok tellerli yapı, kalay kaplama vs.)* (<https://www.zdcables.com/Is-there-a-difference-between-marine-wire-and-regular-wire-id48866416.html>)
- Cable-Fact — *Deniz kablolarındaki mekanik, yangın ve sertifika gereksinimleri üzerine teknik bir değerlendirme yazısı* (<https://www.cablefact.com/cable-standards/technical-specifications-essential-for-durable-and-reliable-marine-cables>)
- Tutar, M.A. (2023). *The Cruise Life*. (2023, Mart 17). IEC 80005 Serisi Artık Türkçe. https://www.thecruiselife.com.tr/haber/iec_80005_serisi_artik_turkce_-36314.html adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.
- Elektrikport Akademisi, (2016). *Gemi ve Yat Kabloları: Kullanım Alanları, Özellikleri ve Standartları*. <https://www.elektrikport.com/universite/gemi-ve-yat-kabloları-kullanım-alanları-ozellikleri-ve-standartları/17326> adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.
- Üntel Kablo. (2025). *MGCG Gemi Güç Kabloları*. Üntel Kablo. <https://www.untel.com.tr/gemi-kabloları/mgcg-6> adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.
- Teknokablo. (2025). *MYJ-J Marin ve Yat Kabloları*. <https://www.teknokablo.com.tr/urunlerimiz/marin-ve-yat-kabloları/myj-j> adresinden 14 Ekim 2025 tarihinde alınmıştır.

Ağır Metal Kirliliğinde Biyolojik Temelli Giderim Teknikleri

Fatma Nur KILIÇ¹

Osman SÖNMEZ²

- 1- Arş. Gör.; Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
fatmanur@erciyes.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3498-2455
- 2- Prof. Dr.; Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
osmansonmez@erciyes.edu.tr ORCID No: 0000-0002-9134-6466

ÖZET

Ağır metal kirliliği, insan kaynaklı faaliyetlerin yoğunlaşmasıyla ekosistem sağlığını risk altına alan önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Ağır metallerin biriktiği ortamda kalıcı ve toksik özellikleri nedeniyle giderimine yönelik çalışmaların araştırılmasını desteklemiştir. Fiziksel ve kimyasal giderim teknikleri yüksek maliyet, toksik madde oluşumu, kirlenmiş alandan giderim sağlanamaması gibi problemler daha çevre dostu sürdürülebilir uygulama tekniklerini zorunlu hale getirmiştir. Biyoremediasyon teknikleri çevre dostu, ekonomik ve sürdürülebilir bir alternatif olarak kirleticinin gideriminde kullanılabilecek alternatif yöntemler arasındadır. Bu teknikler canlıların kirleticiyi detoksifiye etme süreçlerini kapsamaktadır. Mikroorganizmalar, hücre içi metabolik süreçler aracılığıyla metal iyonlarını daha az toksik formlara dönüştürebilmekte, hücre duvarlarında yer alan fonksiyonel gruplar sayesinde bu iyonları bağlayarak ortamdan uzaklaştırabilmekte ve böylece toksisitelerini azaltabilmektedir. Buna ek olarak, bitkiler ağır metalleri kök bölgelerinde depolayabilme, hücre içi dönüşüm mekanizmalarıyla detoksifiye edebilme ve metal iyonlarını toprak üstü aksamla taşıyarak birikimlerini kontrol altına alabilme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla, biyoremediasyon, mikroorganizma ve bitki temelli giderime dayanan, ağır metal kirliliğinin minimize edilmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler – Ağır metal, mantar, bakteri, alg, biyoremediasyon, çevre sürdürülebilirliği

GİRİŞ

Toprak, su veya havadaki kirleticiler maddelerin yasal/bilimsel sınır değerlerin üzerine çıkması ve canlılar için potansiyel risk oluşturmaları, ekosistem kirliliği ile ilişkilendirilmektedir (Yan ve ark., 2022). Temel çevresel kirleticilerden biri olan ağır metaller, metalik özellik gösteren, yoğunluğu genellikle 5 g cm^{-3} 'in ve atom numarası 20'nin üzerinde olan elementler olarak tanımlanmaktadır (Sönmez ve Kılıç, 2021). Canlıların kullanımı açısından ağır metaller biyolojik işlevler için gerekli olan esansiyel elementler (demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), nikel (Ni), kobalt (Co), bakır (Cu) gibi), metabolik işlevi bulunmayan elementler (kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), cıva (Hg), arsenik (As) gibi) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Khalid ve ark., 2017). Bu metallerin, biyolojik taşınabilirliğinin yüksek olması ve biriktiği ortamlarda uzun süre kalabilmesi nedeniyle, zamanla çevresel dengeyi bozarak ekosistem üzerinde kalıcı olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Yu ve ark., 2025).

Ağır metallerin ekosistemdeki dağılımı, doğal ve insan kaynaklı süreçlerin etkileşimiyle belirlenmektedir. Doğal kaynaklar arasında kayaçların ayrışması, volkanik ve hidrotermal faaliyetler bulunurken; madencilik ve metalürji endüstrileri, fosil yakıtların yanması, ulaşım, endüstriyel atık deşarjları ve tarımsal girdiler gibi insan faaliyetleri olan kaynaklar arasında yer almaktadır (Wuana ve Okieimen, 2011). Ağır metaller tarım topraklarında düşük konsantrasyonlarda bile insan sağlığı ve gıda güvenliğini risk altına almaktadır (Zhang ve ark., 2024; Hou ve ark., 2025).

Dünyada 10 milyondan fazla bölgede toprak kirliliğinin olduğu belirlenmiş ve bu bölgelerin yarısından fazlasında ağır metaller kirlilik kaynağı olmuştur (Sánchez-Castro ve ark., 2023). Kirliliğin ekosistem ve canlılar üzerindeki olumsuz etkisi farklı ağır metal giderim tekniklerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Bu teknikler fiziksel, kimyasal ve biyolojik teknikler olarak sınıflandırılmaktadır (Deng ve ark., 2024). Giderim maliyetinin yüksekliği, toksik atık üretimi ve metal bağlama özellikleri gibi çeşitli sınırlamalar, biyolojik giderim diğer bir adıyla biyoremediasyon yöntemlerinin araştırılmasını gerekli hale getirmiştir (Ayangbenro ve Babalola). Biyoremediasyon tekniği, organizmaların kirleticileri detoksifiye etme süreçlerini kapsamaktadır.

Bu çalışmada, ağır metal kirliliğinin çevresel etkilerini azaltmada biyolojik temelli yöntemlerin önemini ortaya koymak ve bu teknikleri sürdürülebilir çevre yönetimi bakış açısıyla değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1. Ağır Metal Kirliliği

Ağır metaller çevredeki en tehlikeli kirleticiler arasında bulunmaktadır. İyi iletkenlik, yansıtıcılık ve bağ yapabilme kabiliyetlerinin yüksek olduğu bilinen kimyasal maddelerdir. Buna paralel olarak, birçok çalışma, ağır metallerin kovalent bağlar oluşturma eğiliminin yüksek olduğunu ve bu özelliğinde onlara toksik özellikler kazandırdığını vurgulamıştır (Briffa ve ark., 2020). Ağır metaller doğal olarak oluşan bileşikler olmasına rağmen, antropojenik faaliyetler ile farklı çevresel bileşenlere aşırı miktarlarda girmesi ekosistem ve canlıların sağlığını risk altına almaktadır (RoyChowdhury ve ark., 2018). İnsan ve hayvanlarda karaciğer hasarı, anormal gen oluşumu ve kanser hücrelerinin artışı gibi oksidatif hasarlara neden olabilmektedir (Bornhorst ve ark., 2017; Wang ve ark., 2017). Toprak karbonu, sıcaklığı, tekstürü, su içeriği, fosfor düzeyi, karbonat ve bikarbonat miktarı gibi farklı faktörlerde ağır metallerin toprak içerisindeki mobilitesini etkilemektedir (Yerli ve ark., 2020; Sönmez ve Kılıç, 2021). Ekosistemde yaygın birikiminin olduğu bilinen bazı ağır metallerin konsantrasyon aralıkları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Ekosistemde yaygın olarak bulunan bazı ağır metallerin sınır değerleri

Elementler	Topraklardaki normal aralık ($\mu\text{g g}^{-1}$ kuru ağırlık)	Topraklardaki toksik konsantrasyon ($\mu\text{g g}^{-1}$ kuru ağırlık)	Bitkilerde normal aralık ($\mu\text{g g}^{-1}$ yaş ağırlık)	Kirlenmiş bitkilerdeki konsantrasyon ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Zn	10-300	70-400	8-400	100-400
Ni	10-1000	100	0.02-5	10-100
Cr	5-1000	75-1000	0.03-15	5-30
Co	1-70	25-50	0.05-0.5	15-50
Cd	0.01-7	3-8	0.2-0.8	5-30
Cu	2-100	60-125	4-15	20-100
Pb	2-200	100-400	0.1-10	30-300
Mn	200-2000	1500-3000	15-1000	300-500
Hg	0.02-0.3	0.3-5	0.005-0.5	1-3

Kaynak: (Alloway, 2012; Asad ve ark., 2019).

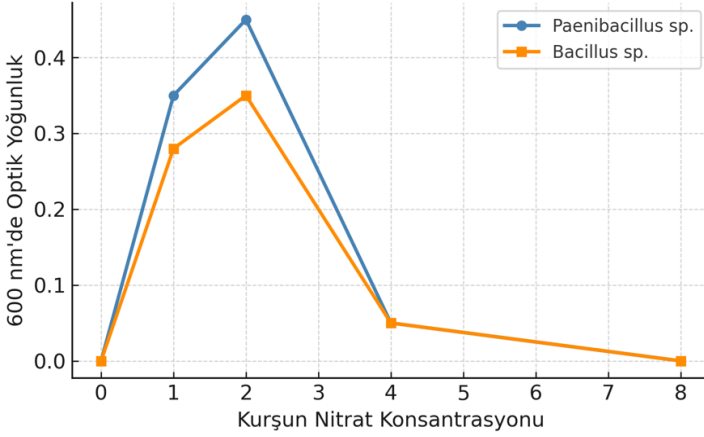
2. Ağır Metallerin Gideriminde Kullanılan Mikroorganizmalar

Ağır metallerle kirlenmiş alanlarda mikroorganizmalar, metal kaynaklı toksisiteye maruz kalmalarına rağmen kirleticiye gösterdikleri direnç, detoksifikasyon ve adaptasyon mekanizmaları ile olumsuz koşullarda ortamdaki kirleticinin giderilmesine yardımcı olabilmektedirler (Spain ve Alm, 2003). Aynı zamanda sürdürülebilir ve çevre dostu uygulama yöntemleri olarak bilinmektedirler (Spain ve ark., 2021).

2.1. Bakteriler

Bakteriler yer yüzünde en çok bulunan ve farklı ortamlara adaptasyonu yüksek olan mikroorganizmalardır. Hızlı büyüme oranları, küçük boyutları ve kolay çoğaltılabilmeleri gibi özellikleri ağır metal gideriminde avantaj sağlamaktadır (Yin ve ark., 2019). Bakterilerin hücre duvarlarındaki karboksil, amino, fosfat ve sülfat grupları gibi fonksiyonel gruplar aracılığıyla metal iyonlarını bağlayabilmektedirler (Anirudhan ve ark., 2012). Ek olarak metalleri çözünmeyen bileşikler hâline dönüştürmeleri veya daha az toksik olan oksidasyon basamaklarına indirgeme özellikleri sayesinde, ağır metallerin yararlılığını azaltabilmektedirler (Hussein ve ark., 2005). Bakterilerin ağır metalleri gideriminde moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar etkilidir. Moleküler mekanizmalar ağır metallere dirençli genlerdeki değişimleri kapsarken, biyokimyasal mekanizmalar, metal mobilizasyonu, immobilizasyonu, detoksifikasyonu, taşınması ve dağıtımı mekanizmalarını içermektedir (White ve ark., 2016; Yin ve ark., 2019). Ağır metallerin giderimine yönelik çalışmalarda özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Azotobacter* ve PGPR'lerin bazı türlerinin etkin olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Ren ve ark., 2015; Li ve ark., 2017; El-Meihy ve ark., 2019). Örneğin, kurşuna dirençli olan *Bacillus sp.* ve *Paenibacillus sp.* izolatlarının biyoremediasyon potansiyellerinin değerlendirildiği bir çalışmada bu izolatların bazılarının 500-1500 mg l⁻¹,

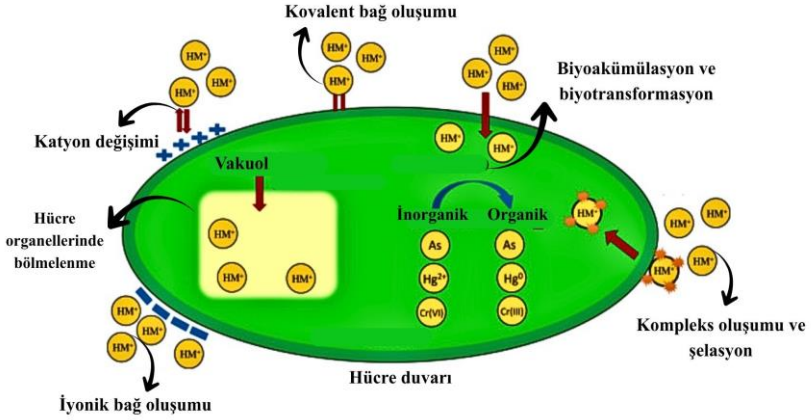
bazı izolatlarının 3000 mg l⁻¹'ye kadar kurşun nitrata tolerans gösterdiği bildirilmiştir (Şekil 1) (Harun ve ark., 2024).



Şekil 1: *Bacillus sp.* ve *Paenibacillus sp.* izolatlarının kurşun nitrata gösterdiği direnç

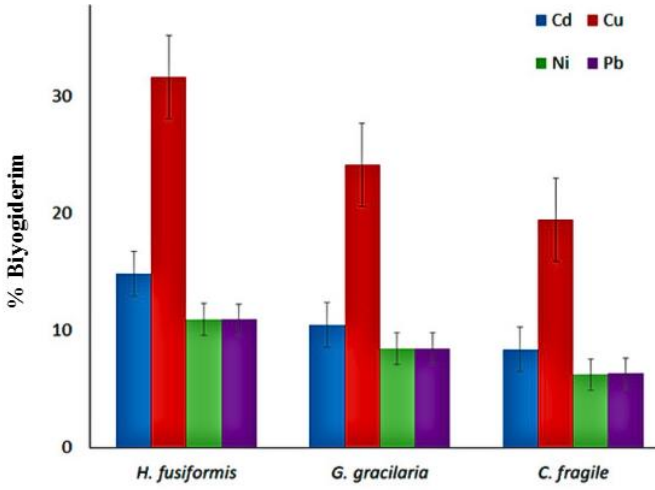
2.2. Algler

Algler farklı ekosistemlerde yaşam döngülerini sürdürebilen fotosentetik organizmalardır (Kılıç ve ark., 2025). Algler, kirleticileri enzimatik ve metabolik süreçlerde kullanarak biriktiği ortamdaki etkisini azaltma kabiliyetleri bulunmaktadır. Alglerin kirleticiyi biyoremediasyonla gidermesi fikoremediasyon olarak da bilinmektedir. Ağır metaller alglerin, ksenobiyotik bileşikleri ve metabolik salgıları ile detoksifiye edilebilmekte veya dönüştürülebilmektedir (Kumar ve ark., 2021). Algler tarafından ağır metallerin giderimi temelde iki ana mekanizma ile gerçekleşmektedir ilki, düşük konsantrasyonlarda hücrelerde ağır metallerin alımına bağlı olan metabolizma iken, ikincisi pasif adsorpsiyon süreci olan biyosorpsiyondur (Matagi ve ark., 1998). Buna ilaveten alglerin; heterotrofik ve ototrofik olarak büyüme yeteneği, yüksek yüzey alanı, ağır metallerle tolerans, fototaksi, genetik değişim potansiyeli ve fitokelatin ekspresyonu gibi özellikleri ağır metal gideriminin etkinliklerini artırır (Saini ve Dhania, 2019). Atık sularda alglerin ağır metal giderimine dair mekanizma Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Alglerin atık sulara ağır metal giderim mekanizmasının şematize gösterimi (Koul ve ark., 2022)

Kahverengi alglerin hücre duvarı aljinattan oluşur bu durumda iki değerlikli metallere yüksek afinite göstermesini sağlamaktadır. Örneğin; *Ascophyllum* sp. ve *Sargassum* sp. gibi kahverengi alg çeşitlerinin (Pb^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} ve Cd^{+2}) iki değerlikli metalleri diğer değerlikli metallere kıyasla yüksek emilim gösterdiği bildirilmiştir (Mehta ve Gaur, 2005; Zeraatkar ve ark., 2016). Arseniğin (As) üç ve beş değerlikli formlarının oksidasyon durumları tehlikelidir. Mikroalgler, As'ın üç değerlikli formunu glutatyon ve fitokelatinler ile oksidasyonu ve kompleks oluşturmaları ile, beş değerlikli formunu indirgeme, hücre dışı adsorpsiyon, metillenmiş arsenik çeşitlerine veya lipidlere bağlamalarıyla biyotransformasyon yoluyla hücrelerinden atarlar. Örneğin, *Chlorella vulgaris* türünün As'ı %70'lik, Hg'i ise yaklaşık %73 civarında kirletici ortamından uzaklaştırma etkinliği olduğu bildirilmiştir (Jiang ve ark., 2011; Leong ve Chang, 2020). Pham ve ark. (2021), sulu çözeltide *Hizikia fusiformis*, *Green gracilaria* ve *Codium fragile* alglerinin ağır metalleri biyoadsorban olarak uzaklaştırmasında adsorban kapasitesini HCl ve NaOH kullanarak modifiye etmişlerdir. Çalışma sonucunda bu alglerin NaOH ile modifiye edilmesinin HCl ile muamelesine göre biyoadsorpsiyon kapasitesini arttırdığını ve ağır metal biyogideriminde potansiyel olarak kullanılabileceği bildirmişlerdir (Şekil 3).

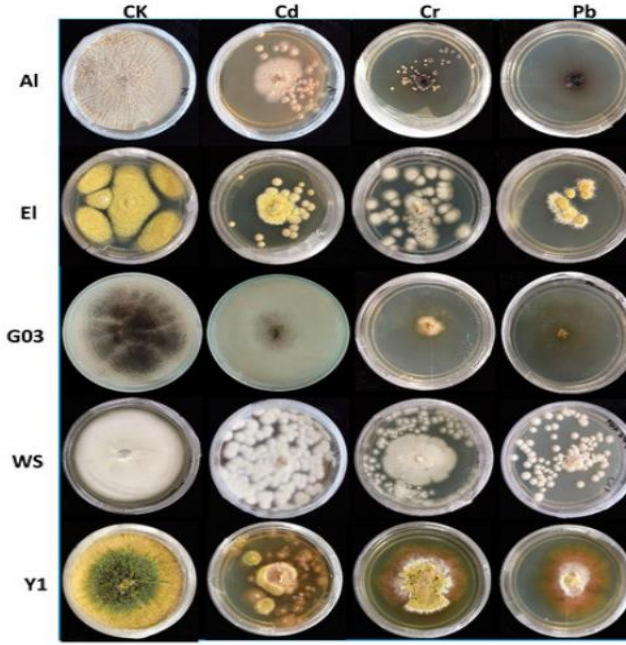


Şekil 3: *Hizikia fusiformis*, *Green gracilaria* ve *Codium fragile* alglerinin ağır metalleri giderim etkinliği

2.3. Mantarlar

Mantarlar, morfolojileri ve metabolik kapasiteleri nedeniyle tüm ekosistemlerde simbiyontlar ve ayrıştırıcılar olarak rol oynamaktadırlar (Oladipo ve ark., 2016). Mantarların ağır metallerle karşı giderim potansiyelinin yüksek olduğu birçok çalışma tarafından değerlendirilmiştir (Awasthi ve ark., 2017; Talukdar ve ark., 2020; Imron ve ark., 2021). Ağır metal giderimindeki potansiyellerinin yüksekliği geniş yüzey alanlarına, hücre duvarlarındaki fonksiyonel gruplarına ve biyokütle üretim hızlarına atfedilmektedir (Fomina ve Gadd, 2014; Tomer ve ark., 2021). Hücrelerindeki kitin, sülfat, amino grupları, glukan ve karboksil kompleksleri ağır metalleri giderme mekanizmasında etkilidir (Doan ve ark., 2019). Biyoakümülyasyon, biyovolatilizasyon ve biyosorpsiyon mantarların ağır metallerin gideriminde genelde kullandıkları temel mekanizmalar içerisinde yer almaktadır (Boriova ve ark., 2014; Igiri ve ark., 2018). *Penicillium chrysogenum*, *Trichoderma harzianum*, *Fusarium oxysporum*, *Funneliformis geosporum*, *Aspergillus niger*, *Pleurotus ostreatus* ve *Rhizopus arrhizus* ağır metal gideriminde yaygın olarak kullanılan mantar çeşitleridir (Wu ve ark., 2016; Bazrafshan ve ark., 2016; Abu-Elsaoud ve ark., 2017). *Aspergillus* türlerinin Pb ve Hg'yi gideriminin yüksel olduğu ve *Penicillium rubens*'in Cd ve Cr'yi giderimini sağladığı bildirilmiştir (Kahn ve ark., 2019). Buna ilaveten, *Penicillium simplicissimum*'un Cu'yu %0.4, *Rhizomucor pusillus* türünün Cd'yi %77, *Aspergillus ustus* türünün Pb %42, Cu %52, Cd'yi yaklaşık %84 civarında giderdiği belirlenmiştir (Qayyum ve ark., 2016; Mohammadian ve ark., 2017;

Alothman ve ark., 2020). Başka bir çalışmada maden topraklarından izole edilmiş Cd, Cr ve Pb'ye dirençli mantarların (*Aspergillus sclerotiorum*, *Aspergillus aculeatus*, *Komagataella phaffii*, *Trichoderma harzianum* ve *Aspergillus niger*) aynı metallere karşı tolerans indekslerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda bazı izolatların metallere karşı direnç gösterdiği ve bazı türlerin ise direnç gösteremeyip büyümelerini gerilettiği belirlenmiştir (Şekil 4) (Liaquat ve ark., 2020).

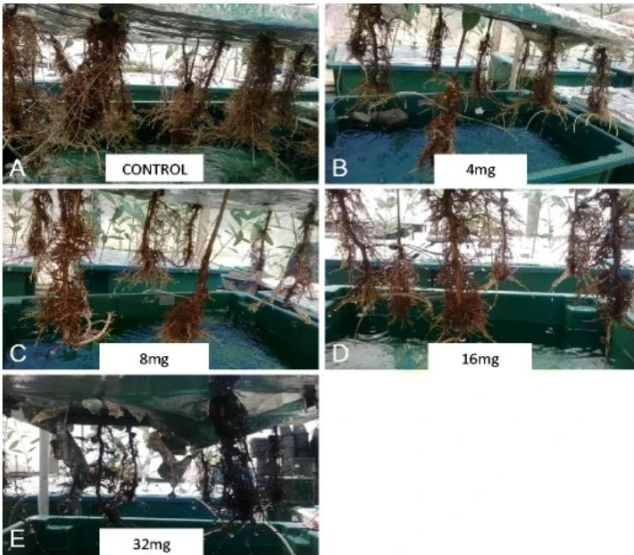


Şekil 4: Cd, Cr ve Pb ile kirlenmiş ortamlarda (500 ppm) *Aspergillus sclerotiorum* (A1), *Aspergillus aculeatus* (E1), *Aspergillus niger* (G03), *Komagataella phaffii* (WS) ve *Trichoderma harzianum* (Y1) mantarlarının gelişimi

3. Ağır Metallerin Bitkisel Giderimi

Bitkisel giderim, düşük maliyetli ve çevre dostu olarak öne çıkan diğer bir ismiyle fitoremediasyon olarak da bilinmektedir. Bu teknik bitkilerin fiziksel, kimyasal veya biyolojik faaliyetler aracılığıyla kirleticileri biriktirerek, buharlaştırarak veya stabilize ederek kirlettiği ortamdan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Yang ve ark., 2022). Bitkilerdeki metal bağlayıcı proteinler ağır metallerin birikiminde, emiliminde, detoksifikasyonunda ve taşınmasında rol oynamaktadır (Feki ve ark., 2021; Sharma ve ark., 2021). Bitkilerin ağır metal gideriminde kullanılabilmesi için, yüksek metal konsantrasyonuna karşı toleranslı olmaları, kısa yaşam döngüsüne, büyük biyokütleyle sahip olmalıdırlar (Mazumdar ve Das, 2015). Bitkiler tarafından metallerin giderim

fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon ve rizofiltrasyon olarak kategorize edilmektedir (da Conceição Gomes ve ark., 2016). Fitoekstraksiyon, bitkinin hasat edilebilir üst organlarına kirleticiyi alarak biriktirmesidir. Ağır metalle kirli bölgelerde fitoekstraksiyon için kullanılan bitkiler hasat edilerek kompostlama, sıkıştırma, kurutma ve termal ayrıştırma gibi yöntemlerle eser elementlere yeniden ekstrakte edilir (Suman ve ark., 2018; Yanitch ve ark., 2020). Fitostabilizasyon, bitkilerin ağır metalleri toksik formlarından toksik olmayan veya düşük toksik formlara dönüştürmesidir (Li ve ark., 2019). Fitovolatilizasyon, bitkilerin ağır metalleri bünyelerine alarak terleme yoluyla uçucu ve daha az toksik formlara çevirmesidir. Bu teknik temelde Hg, As ve Se (selenyum) gibi düşük toksisiteye ve yüksek uçuculuğa sahip metalleri gideriminde kullanılmaktadır (Sharma ve ark., 2015; Guarino ve ark., 2020). Rizofiltrasyon, toprak çözeltisindeki metal iyonlarının veya kirleticilerin kökte biriktirilmesi sürecidir (Singh ve Sharma, 2016). Bitkisel giderimde toprak pH'ı, nemi, organik maddesi ve oksijeni ağır metallerin biyolojik yarıyışlılığını etkileyebilmektedir (Wei ve ark., 2008). Ağır metallerin gideriminde yaygın olarak hardal, eğrelti otu, ayçiçeği, çim, kavak ve söğüt kullanılmaktadır (Lone ve ark., 2008; Zhao ve ark., 2023; Wang ve ark., 2024). Buna ilaveten başka bitki çeşitlerinin ele alındığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. *Calophyllum brasiliense* bitkisinin Cd maruziyetine karşı tolerans durumu değerlendirilmiş ve çalışma sonucunda kök sisteminde yüksek Cd konsantrasyonlarını biyolojik olarak alabilme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Pereira ve ark., 2017)



Şekil 5: Farklı Cd konsantrasyonlarında *Calophyllum brasiliense* bitkilerinin köklerinin görünümü

SONUÇ

Bu çalışmada, mikroorganizmalar ve bitkilerin ağır metal kirliliğinin giderimindeki rolleri bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Elde edilen bilgiler, biyolojik temelli arıtım yöntemlerinin geleneksel fiziksel ve kimyasal yöntemlere kıyasla çevre dostu, ekonomik ve sürdürülebilir yollar sunduğunu göstermektedir. Biyolojik giderimde bakteriler, mantarlar, algler ve bitkiler kullanılmaktadır. Mikroorganizmalar, hücre duvarlarında bulunan fonksiyonel gruplar aracılığıyla ağır metal iyonlarını bağlayabilmekte, metabolik faaliyetleri sayesinde bu metalleri daha az toksik formlara dönüştürebilmektedir. Benzer şekilde, bitkiler kök sistemleri yoluyla metalleri alıp kök veya vejetatif dokularda depolayarak çevresel toksisiteyi azaltmaktadırlar. Sonuç olarak, mikroorganizma ve bitki temelli biyoremediasyon teknikleri, farklı ekosistemlerde ağır metal kirliliğinin azaltılmasında kalıcı, ekolojik ve sürdürülebilir çözümler sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmaların bitki-mikroorganizma entegre kullanımına, genetik olarak dirençli organizmaların kullanımına ve saha uygulamalarının yaygınlaştırılmasına odaklanması, biyoremediasyon tekniklerinin çevresel sürdürülebilirlik ve kirlletici risklerinin en aza indirgenmesinde geniş bir çalışma alanı bulmasını sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- Abu-Elsaoud, A. M., Nafady, N. A., ve Abdel-Azeem, A. M. (2017). Arbuscular mycorrhizal strategy for zinc mycoremediation and diminished translocation to shoots and grains in wheat. *PLoS One*, 12(11), e0188220.
- Alloway, B. J. (Ed.). (2012). Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability (Vol. 22). Springer Science & Business Media.
- Alothman, Z. A., Bahkali, A. H., Khiyami, M. A., Alfadul, S. M., Wabaidur, S. M., Alam, M., ve Alfarhan, B. Z. (2020). Low cost biosorbents from fungi for heavy metals removal from wastewater. *Separation Science and Technology*, 55(10), 1766-1775.
- Anirudhan, T. S., Jalajamony, S., ve Sreekumari, S. S. (2012). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by amine and carboxylate functionalised bentonites. *Applied Clay Science*, 65, 67-71.
- Asad, S. A., Farooq, M., Afzal, A., ve West, H. (2019). Integrated phytobial heavy metal remediation strategies for a sustainable clean environment-a review. *Chemosphere*, 217, 925-941.
- Awasthi, A. K., Pandey, A. K., ve Khan, J. (2017). Biosorption an innovative tool for bioremediation of metal-contaminated municipal solid waste leachate: optimization and mechanisms exploration. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(4), 729-742.

- Ayangbenro, A. S., ve Babalola, O. O. (2017). A new strategy for heavy metal polluted environments: a review of microbial biosorbents. *International journal of environmental research and public health*, 14(1), 94.
- Bazrafshan, E., Zarei, A. A., ve Mostafapour, F. K. (2016). Biosorption of cadmium from aqueous solutions by *Trichoderma* fungus: kinetic, thermodynamic, and equilibrium study. *Desalination and Water Treatment*, 57(31), 14598-14608.
- Boriová, K., Čerňanský, S., Matúš, P., Bujdoš, M., ve Šimonovičová, A. (2014). Bioaccumulation and biovolatilization of various elements using filamentous fungus *Scopulariopsis brevicaulis*. *Letters in applied microbiology*, 59(2), 217-223.
- Bornhorst, J., Kipp, A. P., Haase, H., Meyer, S., ve Schwerdtle, T. (2018). The crux of inept biomarkers for risks and benefits of trace elements. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 104, 183-190.
- Briffa, J., Sinagra, E., ve Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9).
- da Conceição Gomes, M. A., Hauser-Davis, R. A., de Souza, A. N., ve Vitória, A. P. (2016). Metal phytoremediation: General strategies, genetically modified plants and applications in metal nanoparticle contamination. *Ecotoxicology and environmental safety*, 134, 133-147.
- Deng, S., Zhang, X., Zhu, Y., ve Zhuo, R. (2024). Recent advances in phyto-combined remediation of heavy metal pollution in soil. *Biotechnology Advances*, 72, 108337.
- Doan, L., Lu, Y., Karatela, M., Phan, V., Jeffryes, C., Benson, T., ve Wujcik, E. K. (2019). Surface modifications of superparamagnetic iron oxide nanoparticles with polylactic acid-polyethylene glycol diblock copolymer and graphene oxide for a protein delivery vehicle. *Engineered Science*, 7(12), 10-16.
- El-Meihy, R. M., Abou-Aly, H. E., Youssef, A. M., Tewfike, T. A., ve El-Alkshar, E. A. (2019). Efficiency of heavy metals-tolerant plant growth promoting bacteria for alleviating heavy metals toxicity on sorghum. *Environmental and Experimental Botany*, 162, 295-301.
- Feki, K., Tounsi, S., Mrabet, M., Mhadhbi, H., ve Brini, F. (2021). Recent advances in physiological and molecular mechanisms of heavy metal accumulation in plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(46), 64967-64986.
- Fomina, M., ve Gadd, G. M. (2014). Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource technology*, 160, 3-14.
- Guarino, F., Miranda, A., Castiglione, S., ve Cicatelli, A. (2020). Arsenic phytovolatilization and epigenetic modifications in *Arundo donax* L. assisted by a PGPR consortium. *Chemosphere*, 251, 126310.
- Harun, F. A., Yakasai, H. M., Jagaba, A. H., Usman, S., Umar, H. A., ve Shukor, M. Y. (2024). Bioremediation potential of *Bacillus* sp. and *Paenibacillus* sp. novel lead-resistant isolates: Identification, characterization, and optimization studies. *The Microbe*, 3, 100087.
- Hou, D., Jia, X., Wang, L., McGrath, S. P., Zhu, Y. G., Hu, Q., ve Nriagu, J. (2025). Global soil pollution by toxic metals threatens agriculture and human health. *Science*, 388(6744), 316-321.

- Hussein, H., Farag, S., Kandil, K., ve Moawad, H. (2005). Tolerance and uptake of heavy metals by *Pseudomonads*. *Process biochemistry*, 40(2), 955-961.
- Igiri, B. E., Okoduwa, S. I., Idoko, G. O., Akabuogu, E. P., Adeyi, A. O., ve Ejiogu, I. K. (2018). Toxicity and bioremediation of heavy metals contaminated ecosystem from tannery wastewater: a review. *Journal of toxicology*, 2018(1), 2568038.
- Imron, M. F., Kurniawan, S. B., ve Abdullah, S. R. S. (2021). Resistance of bacteria isolated from leachate to heavy metals and the removal of Hg by *Pseudomonas aeruginosa* strain FZ-2 at different salinity levels in a batch biosorption system. *Sustainable Environment Research*, 31(1), 14.
- Jiang, L., Luo, S., Fan, X., Yang, Z., ve Guo, R. (2011). Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO₂. *Applied energy*, 88(10), 3336-3341.
- Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N.K., Murtaza, B., Bibi, I. ve Dumat, C. (2017). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 182: 247-268.
- Khan, I., Aftab, M., Shakir, S., Ali, M., Qayyum, S., Rehman, M. U., ... ve Touseef, I. (2019). Mycoremediation of heavy metal (Cd and Cr)–polluted soil through indigenous metallotolerant fungal isolates. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 585.
- Kılıç, F. N., Razzaghi, S., ve Durmaz, T. (2025). *Chlorella Vulgaris* Uygulamasinin Farklı Tahıl Türlerinde Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *Wheat Studies*, 14(1), 11-21.
- Kumar, A., Yadav, A. N., Mondal, R., Kour, D., Subrahmanyam, G., Shabnam, A. A., ... ve Malyan, S. K. (2021). Myco-remediation: A mechanistic understanding of contaminants alleviation from natural environment and future prospect. *Chemosphere*, 284, 131325.
- Leong, Y. K., ve Chang, J. S. (2020). Bioremediation of heavy metals using microalgae: Recent advances and mechanisms. *Bioresource technology*, 303, 122886.
- Li, D., Xu, X., Yu, H., ve Han, X. (2017). Characterization of Pb²⁺ biosorption by psychrotrophic strain *Pseudomonas* sp. I3 isolated from permafrost soil of Mohe wetland in Northeast China. *Journal of environmental management*, 196, 8-15.
- Li, X., Wang, X., Chen, Y., Yang, X., ve Cui, Z. (2019). Optimization of combined phytoremediation for heavy metal contaminated mine tailings by a field-scale orthogonal experiment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 168, 1-8.
- Liaquat, F., Munis, M. F. H., Haroon, U., Arif, S., Saqib, S., Zaman, W., ... ve Liu, Q. (2020). Evaluation of metal tolerance of fungal strains isolated from contaminated mining soil of Nanjing, China. *Biology*, 9(12), 469.
- Lone, M. I., He, Z. L., Stoffella, P. J., ve Yang, X. E. (2008). Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: progresses and perspectives. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(3), 210-220.
- Matagi, S. V., D. Swai, ve R. Mugabe. "A review of heavy metal removal mechanisms in wetlands." *Afr. J. Trop. Hydrobiol. Fish.* 8.1 (1998): 13-25.
- Mazumdar, K., ve Das, S. (2015). Phytoremediation of Pb, Zn, Fe, and Mg with 25 wetland plant species from a paper mill contaminated site in North

- East India. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 701-710.
- Mehta, S. K., ve Gaur, J. P. (2005). Use of algae for removing heavy metal ions from wastewater: progress and prospects. *Critical reviews in biotechnology*, 25(3), 113-152.
- Mohammadian, E., Ahari, A. B., Arzanlou, M., Oustan, S., ve Khazaei, S. H. (2017). Tolerance to heavy metals in filamentous fungi isolated from contaminated mining soils in the Zanjan Province, Iran. *Chemosphere*, 185, 290-296.
- Oladipo, O. G., Awotoye, O. O., Olayinka, A., Ezeokoli, O. T., Maboeta, M. S., ve Bezuidenhout, C. C. (2016). Heavy metal tolerance potential of *Aspergillus* strains isolated from mining sites. *Bioremediation Journal*, 20(4), 287-297.
- Pham, B. N., Kang, J. K., Lee, C. G., ve Park, S. J. (2021). Removal of heavy metals (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+}) from aqueous solution using *Hizikia fusiformis* as an algae-based bioadsorbent. *Applied Sciences*, 11(18), 8604.
- Pereira, A. S., Cortez, P. A., de Almeida, A. A. F., Prasad, M. N. V., França, M. G. C., da Cunha, M., ve Mangabeira, P. A. O. (2017). Morphology, ultrastructure, and element uptake in *Calophyllum brasiliense* Cambess.(*Calophyllaceae* J. Agardh) seedlings under cadmium exposure. *Environmental science and pollution research*, 24(18), 15576-15588.
- Qayyum, S., Khan, I., Meng, K., Zang, X., Zhao, Y., Gu, Q., ve Peng, C. (2016). Bioaccumulation of heavy metals from aqueous solution using indigenous fungal isolates. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(4), 499-507.
- Ren, G., Jin, Y., Zhang, C., Gu, H., ve Qu, J. (2015). Characteristics of *Bacillus* sp. PZ-1 and its biosorption to Pb (II). *Ecotoxicology and environmental safety*, 117, 141-148.
- RoyChowdhury, A., Datta, R., ve Sarkar, D. (2018). Heavy metal pollution and remediation. In *Green chemistry* (pp. 359-373). Elsevier.
- Saini, S., ve Dhanial, G. (2019). Cadmium as an environmental pollutant: ecotoxicological effects, health hazards, and bioremediation approaches for its detoxification from contaminated sites. In *Bioremediation of industrial waste for environmental safety: volume II: biological agents and methods for industrial waste management* (pp. 357-387). Singapore: Springer Singapore.
- Sánchez-Castro, I., Molina, L., Prieto-Fernández, M. Á., ve Segura, A. (2023). Past, present and future trends in the remediation of heavy-metal contaminated soil-Remediation techniques applied in real soil-contamination events. *Heliyon*, 9(6).
- Sharma, S., Singh, B., ve Manchanda, V. K. (2015). Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(2), 946-962.
- Sharma, S., Singh, B., ve Manchanda, V. K. (2015). Phytoremediation: role of terrestrial plants and aquatic macrophytes in the remediation of radionuclides and heavy metal contaminated soil and water. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(2), 946-962.

- Singh, N. P., Sharma, J. K., ve Santal, A. R. (2016). Biotechnological approaches to remediate soil and water using plant–microbe interactions. In *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*, Volume 4 (pp. 131-152). Cham: Springer International Publishing.
- Sönmez, O., ve Kılıç, F. N. (2021). Toprakta ağır metal kirliliği ve giderim yöntemleri. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 2(2), 493-507.
- Spain, A., ve Alm, E. (2003). Implications of microbial heavy metal tolerance in the environment
- Spain, O., Plöhn, M., ve Funk, C. (2021). The cell wall of green microalgae and its role in heavy metal removal. *Physiologia Plantarum*, 173(2), 526-535.
- Suman, J., Uhlik, O., Viktorova, J., ve Macek, T. (2018). Phytoextraction of heavy metals: a promising tool for clean-up of polluted environment?. *Frontiers in plant science*, 9, 1476.
- Talukdar, D., Jasrotia, T., Sharma, R., Jaglan, S., Kumar, R., Vats, R., ... ve Umar, A. (2020). Evaluation of novel indigenous fungal consortium for enhanced bioremediation of heavy metals from contaminated sites. *Environmental Technology & Innovation*, 20, 101050.
- Tomer, A., Singh, R., Singh, S. K., Dwivedi, S. A., Reddy, C. U., Keloth, M. R. A., ve Rachel, R. (2021). Role of fungi in bioremediation and environmental sustainability. In *Mycoremediation and environmental sustainability: Volume 3* (pp. 187-200). Cham: Springer International Publishing.
- Wang, W., Xue, J., Zhang, L., He, M., ve You, J. (2024). Extraction of heavy metals from copper tailings by ryegrass (*Lolium perenne* L.) with the assistance of degradable chelating agents. *Scientific Reports*, 14(1), 7663.
- Wang, X., Zhang, C., Qiu, B., Ashraf, U., Azad, R., Wu, J., ve Ali, S. (2017). Biotransfer of Cd along a soil-plant-mealybug-ladybird food chain: A comparison with host plants. *Chemosphere*, 168, 699-706.
- Wei, S., da Silva, J. A. T., ve Zhou, Q. (2008). Agro-improving method of phytoextracting heavy metal contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 150(3), 662-668.
- White, G. F., Edwards, M. J., Gomez-Perez, L., Richardson, D. J., Butt, J. N., ve Clarke, T. A. (2016). Mechanisms of bacterial extracellular electron exchange. *Advances in microbial physiology*, 68, 87-138.

Pandemi Sonrası Tüketicilerin Takviye Edici Gıdalara İlişkin Tutum ve Davranışları: Bursa İli Örneği

Neslihan TUNALI¹

İsmail YILMAZ²

1: Yüksek Gıda Mühendisi; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Tekirdağ neslihantunali2015@gmail.com, ORCID: 0009-0003-6240-8474

2;Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Tekirdağ iyilmaz@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0003-1116-0934

ÖZET

Bu çalışmada Bursa ili kentsel alanda COVID-19 pandemisi sonrası dönemde bölge halkının takviye edici gıda ürünlerini kullanım durumu, bu ürünler hakkındaki düşünceleri ve bu düşüncelerini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Çalışma; 2024 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarında Bursa ilinin merkez üç ilçesi olan Nilüfer, Gemlik ve Osmangazi'de 18 yaş üstü 792 katılımcıyla yüz yüze anket yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan ankette katılımcıların bazı demografik ve sosyoekonomik özelliklerinin takviye edici gıda tüketimine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada takviye edici gıda kullanım oranı tüm katılımcılar arasında % 75.7 olarak tespit edilmiştir. Bu kişiler içinde daha önce takviye edici gıda kullandığı halde, tükettiği ürünün bu kategoriye girdiğini bilmeyenlerin oranları tüm katılımcılar arasında % 11.5'dir. Katılımcıların gelir ve eğitim durumu arttıkça takviye edici gıda kullanım oranlarının da arttığı tespit edilmiştir. En çok tüketilen takviye edici gıdanın %29 oranla vitamin/multivitamin grubu olduğu belirlenmiştir. Kullanıcıların % 17.6'si halsizlik gidermek, % 22'si herhangi bir hastalığın tedavisine yardımcı olmak amacıyla takviye edici gıda kullandıklarını belirtmişlerdir. Çalışmada tüketicilerin % 60.3'ünün takviye edici gıdaları eczanelerden satın almayı tercih ettikleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Takviye edici gıda, Tüketim, Bilinç düzeyi, Alışkanlık, Anket, Pandemi sonrası dönem

1. GİRİŞ

Bireylerin bilinçli bir şekilde bütün mikro ve makro besin bileşenlerini cinsiyet, yaş ve beden aktivite durumlarına göre dengeli ve yeterli seviyede tüketmesi beslenme davranışını meydana getirir (Sürücüoğlu ve Kocadereli, 1994). Günlük hayatın koşullarının değişmesi toplumun beslenme düzeninde de bazı önemli değişiklikler oluşturmuştur. Gıdaların yeterli ve doğru bir şekilde kullanılmaması, tüketilen gıdalardan beklenen yararın sağlanamaması gibi problemleri ortaya çıkartmaktadır (Anonim, 2013). Çin'in Wuhan Eyaleti'nde ortaya çıkan Yeni Koronavirüs Hastalığı (COVID-19), ilk olarak 13 Ocak 2020'de tanımlanan bir virüsten köken almaktadır. Salgının başlangıç yerinin Çin'de deniz ürünleri ve hayvan pazarı olduğu tespit edilmiştir. İnsandan insana bulaşarak yayılan bu virüs Wuhan Eyaleti başta olmak üzere Çin Halk Cumhuriyeti'nin diğer eyaletlerine ve hızla dünya ülkelerine yayılım göstermiştir ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 11 Mart 2020 tarihinde dünya genelinde pandemi ilan edilmiştir (Gürer ve Acık, 2022).

Virüs insandan insana damlacık yoluyla bulaştığından dolayı (Rothe ve ark., 2020) bütün ülkeler virüsün yayılmasını en aza indirebilmek adına hastalar için karantina şartı uygulatırken sağlıklı bireyler için ise sosyal

izolasyon önermektedir (Parmet ve Sinha, 2020). Bu karantina sürecinde sosyal alanlar kapatılmış, bireyler ise sosyal medya aracılığı ile görüşmeye başlamıştır. Bu olağandışı süreç insanların psikolojilerini bozarak stres ve kaygıya sebep olurken, aynı zamanda fiziksel aktivitelerinin de azalmasına neden olmuştur (Di Renzo ve ark., 2020). COVID-19 salgınının sosyal açıdan insanları etkilemesi ve ekonomik zedelenmeler içermesi insan davranışlarında tüketici boyutunda da değişikliklere sebebiyet vermiştir. Özellikle bu salgın sürecinde ticari hayatın olmazsa olmazı insan mobilizasyonunun sekteye uğraması ekonomik faaliyetleri oldukça etkilemiştir. Uzaktan eğitim modüllerine geçilmesiyle öğretim hayatı farklı bir boyut kazanırken, seyahat kısıtlamaları yolcu mobilizasyonunu engellemiş, sanatsal ve spor faaliyetleri de sekteye uğramıştır. İnsan gücüyle çalışma sistemi fiziki ve sosyal kurallar çerçevesinde uzaktan çalışma modülleri oluşturularak dönüştürülmüştür. Bu durum iş gücü piyasasında bazı üretim noktalarında üretime ara verilmesine sebep olmuştur. İvmelenen belirsizlik durumunda devlet tarafından gerçekleştirilen mali yardımlar ve acil finansman desteği, istikrarsızlığın büyümesine engel olmuştur. COVID-19 hastalığı bütün dünyayı etkisi altına alarak, Türkiye dahil birçok ülke ekonomisinde işgücü ile sanayi üretim indeksi doğrudan etkilenmiştir. Salgın döneminde bireylerin toplumdan uzak bir şekilde sosyal izolasyonda yaşamaları, anksiyeteye ve depresyonun başlıca sebeplerinden stres seviyesini artırmaktadır (Brooks ve ark., 2020; Tang ve ark., 2020). Araştırmalara göre bireyler stres altındayken duygusal yeme davranışına daha yatkın olduğunu göstermektedir (Jayne ve ark., 2020). İçerikleri sağlıksız olan gıdaların kullanımı bağışıklık sisteminde hasara yol açarken obeziteye de sebep olmaktadır (Christ ve ark., 2019). İnsanların takviye edici gıda (TEG) benzeri kolay beslenme çözümlerine yönelmesinin başlıca sebepleri arasında dünya genelinde ağır bir etkiye sahip pandemi dönemi ile iş yaşamındaki yeni düzenlemeler, artan iş yoğunluğu ve buna bağlı olarak da sağlık açısından doğru ve yeterli beslenmek için zaman ve olanakların kısıtlanması yer almaktadır (Tolun ve Bulut, 2021).

Tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgını, dünya genelinde yaşamın birçok alanında değişikliklere neden olmuştur. Bu değişiklikler tüketici davranışlarını da etkilemiş ve etkilemeye devam etmektedir. Kısıtlamalar sırasında insanların evde kalması ve yalnızca market alışverişi gibi temel ihtiyaçlar için dışarı çıkması, alışveriş ve tüketim alışkanlıklarında değişikliklere neden olmuştur. Sürece ilişkin değişen tüketici davranışları birçok çalışmayı da beraberinde getirmiştir. Covid-19 salgınının ortaya çıkmasından bu yana dünyada ve Türkiye'de bireylerin tutum ve davranışlarında önemli değişikliklere neden olmuştur. Bu değişiklikleri anlamak için çok sayıda çalışma yapılmıştır (Yılmaz ve Çolakoğlu, 2024). Gıdaların tüketiminde insan sağlığına herhangi bir olumsuz durumla karşılaşmasını engellemek ve tüketici tercihlerinin gıda güvenliği açısından daha sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi özellikle pandemi dönemlerinde çok

daha önem kazanmıştır. Gıda güvenliği tüketici tercihlerini etkileyen en önemli etkenlerin başında gelmektedir (Yılmaz, 2008; Yılmaz ve ark., 2009).

Diyet Takviyesi Sağlık ve Eğitim Yasası (The Dietary Supplement Health and Education Act) 1994 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) senatosunda onaylanmıştır. Senato kararı ile takviye gıdalar “Beslenme desteği olarak oral tablet, kapsül veya sıvı formlarında tüketilen; mineral, vitamin, aminoasit ve bitkisel droglar gibi bir veya daha fazla gıda bileşeni içeren hazır ürünler” olarak tanımlanmıştır. Takviye edici gıdalar içerisinde konsantre formda besin öğeleri ihtiva eden ürünlerle birlikte, mineraller, aminoasitler, proteinler, enzimler, vitaminler, yağ asidi, lif ve bitki gibi içeriklerle oluşturulabilmektedir. Takviye edici gıdaların herhangi bir hastalığın önlenmesinde ya da tedavi edilmesinde yeri yoktur (Anonim, 2013; McWhorter, 2009). Takviye gıdalar, eksik beslenmeyi tamamlama, dengeli beslenme ve kozmetik ürün içeriği iyileştirici gibi amaçlarla da tüketilebilmektedir (Petrozci ve ark., 2011). Sağlıklı bir bireyin günlük besin ihtiyacının karşılanmasının desteklenmesi maksadıyla Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı’na tanımlanmış işletmelerde üretimi yapılan ve ithal edilmesine onay verilen “TEG” özelliğindeki ürünlerin; kilo aldırıcı, kilo verdirici, cinsel performans arttırıcı, boy uzatıcı, hastalıkları önleyici, sigara bıraktıracı, iyileştirici ve tedavi edici maddelermiş gibi gösterilerek satışta yer alması mevzuata uygun değildir. Bu tür iddialarla reklamı yapılarak satılan maddeler, bahsi geçen beklentilerin gerçekleşmesi ümidiyle kullanılmamalıdır (Naureen ve ark., 2021). Birçok devletin halk sağlığı kurumları takviye edici gıdaları mikrobeyinler olarak doğumda meydana gelebilecek kusurların önlenmesinde stratejik öneme sahip ürünler olarak değerlendirmektedir (Boutayeb ve Boutayeb, 2005; Rock, 2007).

Takviye edici gıdalar arasında vitamin/multivitaminlerin gelişmiş ülkelerde ve ABD’de bu sınıf içerisinde, özellikle yaşlı bireyler arasında en çok tercih edilen ürünler olduğu bildirilmektedir (Nahin ve ark., 2006; Bailey ve ark., 2010). İspanya’da yürütülen benzer bir çalışma 35-80 yaş aralığında 6348 kişiyi kapsamaktadır. Söz konusu çalışmaya katılanlar arasında takviye edici gıda kullanma oranının %9.3 olduğu ve bu kişilerce ağırlıklı olarak multimineral ve multivitamin tercih edildiği bildirilmiştir (Rovira ve ark., 2013). Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte en çok tercih edilen TEG’in vitaminler ve vitamin mineral karışımları olduğu bilinmektedir. Sağlıklı bireyler günlük aldığı besinlerle metabolizmaları için gerekli olan mineral ve vitaminleri edinebilirler. Fakat bazı özel durumlar farklı beslenme protokollerinin uygulanmasını zorunlu kılabilir. Bu sebeple bazı yaş grupları mineral ve vitamin takviyesini mutlaka almak zorunda olabilir. Yaşlı bireyler, beslenme aksaklığı bulunan çocuk ve gençler, yeme bozukluğuna bağlı sağlık sorunu yaşayan bireyler, sindirim problemlerine sahip kişiler ve hazır gıda tüketen gruplar bu kapsama girmektedir (Nahin ve

ark., 2006; Bailey ve ark., 2010). Özellikle doğurganlık çağında olan kadınlarda ekstra demir ve kalsiyum eksikliğini gidermek için takviye edici gıda kullanılması tavsiye edilmektedir.

Yapılan çalışmalar gıda takviyelerinin fiziksel görünümün geliştirilmesi, kilo vermeye yardımcı olmak, yeterli ve dengeli beslenmenin sağlanması gibi sebeplerle kullanıldığını göstermektedir (Alowais ve Selim, 2019). Bu veriler TEG kullanımının spor yapmak gibi sağlıklı yaşam tarzıyla ve görece yüksek sosyoekonomik statü ile paralel ilişkili olduğunu göstermektedir. TEG kullanımı sağlıklı gıda seçimini de beraberinde getiren bir parametredir. Araştırmalar sağlığına dikkat eden bireylerin TEG kullanımına önem verdiğini göstermektedir. TEG kullanımı bilgi temelli, psikolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerin harmanlanmasıyla belirlenmektedir (Rovira ve ark., 2013). Beslenme düzeni ve tarzı doğrudan insan sağlığıyla ilişkili olduğundan bu konuda hassas bireyler diyetlerinde TEG kullanımına yönelmektedir. Takviye edici gıdalar doğru bir gün içerisinde doğru bir şekilde kullanıldığında uzun vadede sağlık açısından yararlı olabilir bu durum onların ilaç olarak yorumlanmasına sebep olabilir (Atalay ve Erge, 2018).

Dünya genelinde hastaların semptomları ağır geçirme riskini yükselten, bireylerin COVID-19 salgın dönemini sağlıklı besinlerle devam ettirmesi durumu obezite riskinde yükselişe neden olmuştur. Yapılan birçok çalışmada obezitenin COVID-19 için ciddi bir risk faktörü olduğu görülmektedir. Obezitenin, ABD’de Çin’den 10 kat daha yüksek olan invaziv mekanik ventilasyona yol açan solunum yetmezliği için ana risk faktörü olduğu belirtilmiştir (Iannelli ve ark., 2020; Luzi ve Radaelli, 2020). Meksika’da 23593 kişi ile yapılan bir çalışmada obez olan hastaların obez olmayan hastalara kıyasla enfeksiyon şiddetinin 1,43 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Denova-Gutiérrez ve ark., 2020).

Ülkemizde ve dünyada en sık rastlanılan besin ögesi yetersizlikleri; D vitamini, kalsiyum, demir, B12 vitamini, folat ve iyottur. Bu eksikliklerden sorumlu olarak günlük diyetten bazı besin gruplarının bertarafı, yetersiz beslenme, obezite ameliyatları, besin ögesince zengin besinlerden fakirleştirilmiş diyet, vejetaryen diyet, hamilelik, emzirme, yaşlılık, alkol bağımlılığı, besin emilimini ve taşınmasını azaltan ilaç kullanımı durumları gösterilebilir (Temova ve ark., 2022).

ABD’de yapılan bir çalışmada rastgele seçilen 18 yaşından büyük 376 katılımcıdan 230’unun (%61.2) tamamlayıcı ek gıda kullandığı belirlenmiştir. Katılımcılar TEG’leri reklamlardan gördüklerini ya da çevresinden öğrendiklerini ifade etmişlerdir (Harnack ve ark., 2001). Günlük yaşamlarında TEG kullanan tüketiciler, ürünlerin güvenilirlik araştırmasını yapmadan medya kaynakları, aile, arkadaş, diyetisyen gibi birçok yerden temin

edebilirler (Alhammad, 2012; Herbold ve ark., 2004; Steele ve Senekal, 2005). Suudi Arabistan'da yapılan bir çalışmada toplam 351 katılımcıyla gerçekleştirilen bir ankette %55.2 oranında TEG kullanımı olduğu belirlenmiştir. Katılımcı dağılımı incelendiğinde % 59.2 oranında 18-25 yaş aralığında ve % 84.5 oranında yüksek öğrenime sahip bireylerin katılım sağladığı görülmüştür. Ayrıca katılımcılar arasında sağlıklı beslenenlerin oranının % 33.5, düzenli uykuya sahip olanların % 41.2, tütün ve tütün mamulü kullanmayanların % 94.3 ve düzenli spor yapanların % 30 oranında olduğu bildirilmiştir (Aloweis ve Selim., 2019). Yapılan araştırmalar tamamlayıcı ek gıda kullanımıyla yaşam tarzının ilişkisinde TEG kullanıcılarının düzenli egzersiz, sağlıklı vücut ağırlığını koruma, iyi beslenme alışkanlıkları gibi sağlıkla ilgili daha pek çok pozitif yönde davranış sergilediğini göstermiştir (Foote ve ark., 2003; Bailey ve ark., 2010). 65 yaş ve üstü 914 katılımcı içeren ve Tayvan'da gerçekleştirilen başka bir çalışmada erkeklerin % 45.7'sinin ve kadınların % 52.2'sinin gıda takviyesi kullandığı belirlenmiştir (Chen ve ark., 2011). Ülkemizde 18 yaş üzeri 673 kişiyi kapsayacak şekilde gerçekleştirilen bir çalışmada ise en çok tüketilen ürünün % 63.5 ile C vitamini, en çok tanınan ürünün ise % 65.3 ile balık yağı olduğu görülmüştür (Ergen ve Bekoğlu, 2016).

Dünya genelinde yapılan çalışmalar gıda takviyesi alım oranının giderek arttığını göstermektedir. Fakat birçok takviye edici gıda maddesi vücutta güçlü biyolojik etkilere yol açan ve insan sağlığına zarar verici durumlar ortaya çıkartabilen aktif maddeler ihtiva eder (Aloweis ve Selim, 2019). Yapılan bir çalışmada bu yan etkilerin bir kısmının besin takviyelerinin yüksek dozda, yersiz ve diğer gıda takviyeleriyle birlikte kullanımından ya da ilaç maddeleri içeren yasadışı düşük kaliteli ürünlerin kullanımından kaynaklandığı bildirilmiştir (Chiba ve ark., 2015). Medyanın bu gıda ürünleri ve gıda takviyelerinin tüketiminde önemli olduğu ve tüketici tercihlerini etkilediği bildirilmektedir (Yılmaz ve ark. 2007).

Konu ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada son yıllarda dengeli ve yeterli beslenme konusunda farkındalık artmış ve bu durum besin takviyelerine olan talebi arttığı belirtilmiştir. Çalışma tüketicilerin gıda takviyesi tüketimlerini, tüketicilerin demografik özellikleri, bu ürünlerin bilinirlik düzeyi, kullanım nedenleri ve nereden temin edildikleri gibi konuları belirlemiştir. Çalışma, Tekirdağ, Süleymanpaşa'da yaşayan 270 kişiyle yüz yüze anket yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, gıda takviyesi tüketicileri bu ürünleri tehlikeli bulmadıklarını, doktor tavsiyesi üzerine kullandıklarını, kullanmadan önce prospektüslerini okuduklarını ve kendilerini daha sağlıklı hissettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca, düzenli olarak demir kullandıkları (%8), zaman zaman C vitamini ve multivitamin kullandıkları ve glukozaminin bilinirliğinin ve kullanımının son derece düşük olduğu görülmüştür. Demir eksikliği, dünyada en yaygın kansızlık nedenidir

ve kadınlarda erkeklere göre daha yaygındır. Sonuçlar, kadınların demiri erkeklerden daha düzenli tükettiğini göstermiştir (Yılmaz, 2019).

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Gerçekleştirilen bu çalışmada, günümüzde oldukça talep gören ve üretim aşamasından kullanımına kadar oldukça fazla yanlış bilgi dağılımı olan gıda takviyelerinin Bursa ilinde ikamet eden ve farklı yaş, cinsiyet, gelir durumu, eğitim düzeyinde olan bireylerde kullanım oranı ve bilinirlik düzeyinin belirlenmesi, bu takviyeleri kullanan bireylerin hangi sebeple bu ürünleri tercih ettiği ve bu ürünlere bakış açısını belirleyerek gıda takviyesi sektörüne bakış açısı kazandırılması amaç edinilmiştir. Takviye edici gıda mecrasında var olan işletmeler gelişmeleri takip ederek uyum sağlayabilmelidir. Ayrıca bu işletmeler kendini geliştirerek ve yenileyerek kullanıcı güvenini kazanmalıdır. Çalışmamız pandemi sonrası ülkemizin büyük şehirlerinden birisi olan Bursa ilinde gıda takviyesi kullanım amacı, kullanım oranı ve temin edilme şekillerini belirleyerek gerçekleştirilecek diğer çalışmalara katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. PANDEMİ SONRASI TÜKETİCİ DAVRANIŞI

Sürekli gelişim ve değişim içinde olarak zamanla istekleri değişkenlik gösterebilen insanoğlunun niyetleri ve davranışları pazarlama için oldukça önem taşımaktadır. Tüketicilerin motivasyonunu sağlayan parametreleri tespit etmek ile ihtiyaçlarını ve isteklerini belirlemek tüketici davranışlarının anlaşılması için oldukça önemlidir (Ünal ve Erciş, 2016). Tüketicilerin satın alma davranışları; tüketicinin yaşı, bulunduğu çevre, öğrenim durumu, mesleği, gelir düzeyi ve yaşam tarzı gibi birçok kavram altında incelenebilir. Sağlıkla ilgili yaşanan kaygılar, artan iş stresi, faydalı beslenme için imkân ve zaman sınırlamalarına takılmak tüketicilerin takviye edici gıdaya (TEG) yönelmesine sebep olmaktadır (Ünal ve Erciş, 2016). Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği 2013 yılında ülkemizde yürürlüğe girmiştir. Bu tebliğ ile TEG, “Normal beslenmeyi takviye etmek amacıyla, vitamin, mineral, protein, karbonhidrat, lif, yağ asidi, amino asit gibi besin öğelerinin veya bunların dışında besleyici veya fizyolojik etkileri bulunan bitki, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler, biyoaktif maddeler ve benzeri maddelerin konsantre veya ekstraktlarının tek başına veya karışımlarının kapsül, tablet, pastil, tek kullanımlık toz paket, sıvı ampul, damlalıklı şişe ve diğer benzeri sıvı veya toz formlarda hazırlanarak günlük alım dozu belirlenmiş ürünler” şeklinde tanımlanmıştır (Anonim, 2013).

Güçlü bir immün sistem pandemi esnasında Sars-CoV-2 enfeksiyonundan korunmak için oldukça önemlidir. Dengeli ve sağlıklı beslenme alışkanlığı güçlü bir immün sistemin vazgeçilmez bileşenidir. İmmün sistemi zayıf bireyler enfeksiyonlara karşı daha açık olduklarından

dolayı sosyal izolasyon esnasında bireylerin dengeli ve yeterli beslenmesi daha oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar kalp, tansiyon ve diyabet gibi kronik hastalığı olan bireylerin Sars-CoV-2 virüs enfeksiyonundan daha fazla etkilendiğini göstermektedir (Junaid ve ark, 2020).

Optimal beslenme immün sistem hücrelerinin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için önemli bir faktördür. “Aktif” bir immün sistem, enfeksiyonlarla mücadele sırasında enerji ihtiyacını daha da arttırır. İyi çalışan immün sistem hücreleri, patojenlere karşı tepki oluşturup yanıtı hızla çözer ve vücudu kronik inflamasyona karşı korur. Bağışıklık sisteminin enerji ve besin ihtiyaçları diyet gibi eksojen kaynaklardan veya diyet kaynakları yetersizse vücut depoları gibi endojen kaynaklardan karşılanabilir (Childs ve ark., 2019).

İnternetin her yaş kesiminde kolaylıkla kullanılmasıyla birlikte alışlagelmiş satın alma yöntemlerinden farklı sistemler pandemiyle birlikte daha sık olarak günlük hayatta yer almaya devam etmektedir. Dünyada meydana gelen bu sağlık ve sosyal durum değişiklikleri ticaret mantığının evrilmesine yol açmıştır (Çatlı, 2021). Hızla ilerleyen teknoloji ve yaşam koşullarının değişmesi insanların gıdaya bakış açısını değiştirmektedir. İnternet kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte gıda ve gıda bileşenlerinin tüketimine de bakış açısı değişmekte, insanlar TEG kullanımında daha bilinçli hale gelmektedir. Artan teknolojik çalışmalar ile gıda ve gıda bileşenlerinin işlevsel özelliklerinin hızlı bir şekilde geliştirilmesi sonucu elde edilen TEG’lerin yaşanan pandemi süreciyle birlikte sağlığın korunması, uykusuzluğun giderilmesi, spor aktivitelerinin desteklenmesi gibi özel sebeplerle tercih oranı artmıştır (Ersoy, 2010). 1995 yılında herkesin kullanımına açılan E-ticaret, ticaretin elektronik ortamda gerçekleştirilmesi anlamına gelir. Pandemi döneminde hayatın hemen her kesiminde kullanılabildiği için E-ticaret giderek popülerleşmiştir. 2020 yılından itibaren pandemi sürecinde neredeyse bütün dünyanın eve kapanmasıyla teknoloji sanal organizasyon kavramının gelişmesine alan sağlamış ve böylece E-ticaretin daha yaygın hale gelmesine yol açmıştır (Demirel ve Eriş, 2019). E-ticaretin 2019 yılında genel ticarete oranı %10,1 iken 2023 yılında pandemi dönemiyle birlikte oranın %20,3’e yükseldiği görülmektedir.

Pandemi dönemiyle birlikte insanlar TEG ürünlerini kullanmaya basın ve yayım ortamlarında bu ürünlere yönelik çok daha fazla içerik sunulmasına bağlı olarak ilgi göstermektedir. Diğer bir taraftan sağlıklı hayat yaşamak konusunda bilincin giderek yükselmesi iletişim organlarının da güçlü ivmeyle konudan bahsetmesi sebebiyle, bilimsel araştırmalara dayanmayan sahte bilgilerin türetilmesine ve kötü niyetli insanlar tarafından tedavi edici hastalığı önleyici özelliği varmış şeklinde sahte ürünlerin piyasaya sürülmesine sebep olmuştur. Araştırmacılar bu yan etkilerin bir kısmının besin takviyelerinin yüksek dozda, yersiz ve diğer gıda

takviyeleriyle birlikte kullanımından ya da ilaç maddeleri içeren yasadışı düşük kaliteli ürünlerin kullanımından kaynaklandığı bildirilmiştir (Chiba ve ark., 2015).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma Bursa'nın 3 merkez ilçesi olan Nilüfer, Gemlik ve Osmangazi'de en az bir yıl süre ile ikamet eden yaş, cinsiyet, eğitim seviyesi ve gelir durumu farklı 18 yaş ve üzeri toplam 792 kişi ile yüz yüze anket yöntemi ile toplanan veriler ile gerçekleştirilmiştir. Bursa ilinin toplam nüfusu TÜİK'ten alınan 2023 yılı verilerine göre 3.214.571 kişidir. Bu üç ilçenin nüfusu ise sırasıyla; 518.382, 122.171, 885.273 kişidir. Çalışmada oransal örnekleme yöntemi ile %95 güven aralığı ve %5 hata payı kabul edilerek hesaplamalar yapılmıştır (Miran, 2002). Örnek hacmi olarak Nilüfer'de 400, Gemlik'te 178 ve Osmangazi'de ise 214 kişi katılım sağlamıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Anket formu oluşturulması

2024 yılının ilk üç ayında gerçekleştirilen çalışmaya temel teşkil eden ankette; sağlıklı yaşam bilinci, demografik özellikler, TEG satın alma tercihleri, TEG hakkında bilgi sahibi olunması ve kullanım durumu, bu ürünlere duyulan güven ve ülkemizdeki yasal düzenlemeler hakkındaki fikirlerin konu alındığı toplam 47 soru yer almaktadır. Anket formu daha önce gerçekleştirilen benzer anket sorularından öykünerek ve daha kapsamlı hale getirilerek kapsamı genişletilmiş sorular içermektedir. Çalışma öncesinde 30 kişi ile pilot anket gerçekleştirilmiştir. Pilot anket üzerinden eksiklikler belirlendikten sonra uygulanabilirlik test edilmiş ve uzman önerileri doğrultusunda ankete son hali verilmiştir. Anket formu çalışması, anılan ilçelerde belirtilen süre ile şehrin farklı noktalarında (restoran, cadde, alışveriş merkezi, kafe vb.) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler bilgisayar ortamında depolanıp işlenmiştir.

3.2.2. İstatistiksel analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistic 20 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Anket üzerinden sorulan sorular için frekans tablosu düzenlenerek, bazı sorular arasında ilişkilendirme yapabilmek için ise Ki-kare testinden faydalanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Anket Katılımcılarının Genel Özellikleri

Bursa’da kentsel alanda pandemi sonrası dönemde bireylerin TEG kullanım durumu ile tüketicilerin bilinç düzeyini ölçmeyi planlayan bu çalışma 2024 yılının ilk üç ayında Bursa’da bir yıldan daha uzun süredir yaşayan 18 yaş ve üstü 792 kişinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmaya katılan bireylerin %48.6 (385)’si kadın %51.4 (407)’ü erkektir. Katılımcıların %56.7 (449) bekar, %43.3 (343) ise evli olduklarını bildirmiştir. Ankete katılanların yaş aralığı incelendiğinde, %36.2 (287) oranında 18-25 yaş aralığı, %35.3 (279) oranında 26-35 yaş aralığı, %14.1 (112) oranında 36-45 yaş aralığı, %10.2 (81) oranında 46-60 yaş aralığı ve %4.2 (33) oranında ise 60 yaş üzeri bireylerim katılım sağladığı görülmektedir. Çalışmaya katılanların eğitim düzeylerine bakıldığında ise %3.3 (27) ’ünün ilkokul, %6.8 (54) ’inin ortaokul, % 31.1 (246) ’inin lise, % 17.4 (138)’ünün ön lisans, % 28.2 (223)’sinin lisans ve % 13.2 (104)’sinin lisans üstü (yüksek lisans/doktora) mezunu olduğu görülmüştür. Katılımcıların meslek dağılımı % 13.1 (104) oranında öğrenci, % 26.6 (211) oranında kamu çalışanı, % 20.4 (162) oranında serbest meslek sahibi, % 23.3 (184) oranında özel sektör çalışanı, % 2.2 (17) oranında emekli ve % 14.4 (114) oranında ise çalışmadığını beyan eden kişilerden oluştuğu tespit edilmiştir. Çalışmaya katılanların bireysel aylık gelir durumlarına bakıldığında % 27.5 (218) ’inin 0-17000 TL aralığında, % 11.1(88)’inin 17001-30000 TL aralığında, % 19.2 (152)’inin 30001-50000 TL aralığında, % 28.7 (227) ’sinin 50001-75000 TL aralığında, % 12.2 (97)’sinin 75001-100000 TL aralığında, % 1.3 (10) ’ünün gelirinin ise 100001 TL’den fazla olduğu görülmüştür.

Katılımcılar hanede yaşayan birey sayısı sorusuna %30.4 (241)’ü beş veya daha fazla kişiyle yaşadıklarını, %25.3 (201) ’ü dört kişi yaşadıklarını, % 24.8 (196) ’i üç kişi yaşadıklarını, % 15.3 (121) ’ü iki kişi yaşadıklarını ve % 4.2 (33)’si ise yalnız yaşadıkları şeklinde cevap vermişlerdir. Hanede birden fazla kişiyle yaşayan katılımcıların % 78.4 (621)’ü hanede kendileri dışında bir gelir kaynağının bulunduğunu beyan etmiş olup bu hanelerden toplam aylık gelirlerine 30001-50000 TL arası olanlar % 31.1 (193), 50001-75000 TL arası olanlar % 34.1 (212), 75001-100000 TL arası olanlar % 23.6 (147) ile 100000 TL ve üzeri olanlar ise % 11.2 (69) oranında olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada " Herhangi bir COVID aşısı yaptırdınız mı?" sorusuna katılımcıların %87.8 (695)’i EVET, %12.2 (97)’si ise ‘HAYIR’ yanıtını vermişlerdir. ‘EVET’ cevabını verenlerin %69.7 (484)’si gıda takviyelerine pandemi sonrası başladığını belirtmiştir.

4.2. Anket Katılımcılarının Sağlıklı Yaşam Bilinci

Yapılan çalışmada katılımcıların katılımcılara sağlıklı yaşam bilincine bakış açılarını değerlendirmek amacıyla sorulan sigara kullanımı,

alkol tüketimi, dengeli beslenme, fiziksel aktivite vb. sorulara verilen cevaplar Çizelge 1’de yer almaktadır.

Çizelge 1. Anket katılımcılarının sağlıklı yaşam özellikleri

Sorular	Yanıtlar	Toplam	Yüzde Oran (%)
Alkol tüketim durumu	Evet	461	58.2
	Hayır	331	41.8
	Her gün	11	2.4
	Haftada birkaç kez	32	6.9
	Ayda birkaç kez	100	21.7
	Yılda bir-iki kez	318	69
Sigara kullanımı	Evet	424	53.5
	Hayır	368	46.5
Düzenli egzersiz yapma	Evet	280	35.3
	Hayır	512	64.7
Düzenli egzersiz Sıklığı	Her gün	56	20
	Haftada üç dört kez	61	21.8
	Haftada bir iki kez	98	35
	Ayda birkaç kez	65	23.2
Dengeli beslenme durumu	Evet	427	54
	Hayır	365	46

Çalışmaya katılanların %53.5’i sigara kullandığını beyan etmiştir. Çalışmamıza katılan araştırmacıların alkol kullanım oranı %58.2 olarak belirlenmiştir. Katılımcılardan alkol kullanımına EVET olarak cevap verenlerin %2.4’ü her gün, %6.9’u haftada birkaç kez, %21.7’si ayda birkaç kez, % 69’u ise yılda birkaç kez alkol tükettiğine yönelik tüketim sıklığı süresi beyan etmiştir. Düzenli egzersiz içerikli soruya %35.3 katılımcı EVET cevabını verirken, %20’si her gün, %21.8’i haftada üç veya dört kez, %35’i haftada bir veya iki kez ve %23.2’si ayda birkaç kez egzersiz yaptıklarını belirtmiştir. Ankete katılanların %54’i dengeli beslenme durumuna dikkat ettiklerine dair EVET cevabını vermişlerdir.

4.3. Anket Katılımcılarının TEG'leri Tanıma Durumu

Çalışmaya dahil olan kişilere TEG kelimesini daha önce duyup duymadıkları, duydular ise anlamını bilip bilmedikleri ve biliyorlarsa TEG ürünlerinin içerik bilgisine sahip olup olmadıklarını sorulmuştur. Anket içeriğinde bu sorulardan önce gelen sorularla TEG'lerle aynı kategoride değerlendirilmeyen maddeleri (antrenman öncesi ve sonrası tüketilen yenilebilir/içilebilir maddeler, hayvansal ürünler vb.) içeren dokuz farklı maddeden daha önce kullanmış olduklarının bilgisi sorulmuştur (16.soru). Bu sorunun sorgulamaya çalıştığı içerik pandemi öncesinde veya sonrasına TEG

kullandığı halde o ürünün/maddenin TEG olduğunu ya da TEG'in ne olduğunu bilmeyen kullanıcıları tespit etmektir. Çalışmaya katılanların %24.6 (195 katılımcı)'i TEG içeriği bilgisinden bağımsız olarak hiçbir ürün kullanmadıklarını beyan etmişlerdir. Katılımcıların %75.4 'ü (597) arasında vitamin/multivitamin kullanım oranının %29 (173) iken % 12 (72)'sinin hem vitamin/multivitamin hem de mineral kullandığı, balık yağı için kullanım oranının % 12.9 (77), % 8.4'ünün (50) ise hem balık yağı hem de vitamin/multivitamin kullandığı ve % 5'inin (30) de mineral, balık yağı, vitamin/multivitamin ürünlerinin hepsini kullandıkları yönünde beyanlar tespit edilmiştir. Katılımcıların % 3 (18)'ü zindelik sağlayan ürünleri kullandığını beyan ederken, % 4.1 (25)'i yağ yakıcı/ protein tozu kullandığını bildirmiştir. Katılımcıların %25.1 (112)'i mineralleri (kalsiyum, magnezyum, demir vb.) kullandığını beyan etmektedir. Arıcılık ürünleri (polen, propolis, arı ekmeği, arı sütü) TEG olarak değerlendirilmeyen ürünlerdendir. Çalışmaya katılanların %6.8 (40)'i arıcılık ürünlerini kullandığını beyan etmiştir. Bitki özlü ürünler/ekstraktlar, cinsel güç arttırıcılar, fiziksel güç performans arttırıcılar kullanım soruları bütün anketlerde katılımcılar tarafından ya boş bırakılmış ya da hayır cevabı verilerek cevaplandırılmıştır.

Çizelge 2. Anket katılımcıların bazı ürünleri kullanma durumu

Ürünler	Kullanan kişi sayısı	Yüzde Oran (%)
Balık Yağı (omega 3)	77	%12.9
Vitamin/multivitamin	173	%29
Protein tozu/yağ yakıcı	25	%4.1
Mineraller (kalsiyum, magnezyum, demir vb.)	112	%18.8
Arıcılık ürünleri	40	%6.8
Enerji veren/zindelik sağlayan ürünler	18	%3
Vitamin ve mineral (her ikisini de kullananlar)	72	%12
Vitamin ve balık yağı (her ikisini de kullananlar)	50	%8.4
Vitamin, balık yağı, mineral (her üçünü de kullanan)	30	%5

Çalışmada cinsiyete bağlı ürün kullanımı istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu ürünleri kadınların kullanım oranı % 32.4 (193) iken bu oran erkeklerde % 67.6 (404) olarak belirlenmiştir. Ürünler arasında en çok tercih edilenlerin vitamin/multivitamin içerikler olduğu görülmüştür. Çalışmaya katılanların % 78.5'i (622), "Takviye edici gıda, besin takviyesi veya gıda takviyelerini daha önce duydunuz mu?" sorusuna olumlu cevap verirken, % 21.5 (170)'i ise duymadıklarını belirtmiştir. Bu veriler anketin 16.

sorusu ile birlikte analiz edildiğinde katılımcılardan TEG ürünlerini tükettiği halde ne olduğunu bilmediğini beyan edenlerin oranı % 15.2 (91) olarak bulunmuştur.

Bu bireylerin % 81 (74)'inin eğitim seviyesinin lise ve altı olduğu, % 53.8 (49) 'sinin evlerinde 5 veya daha fazla kişiyle birlikte yaşadığı ve %68.1(62)'inin bireysel aylık gelirlerinin 0-17000 TL aralığında olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya katılan bireylerin cinsiyet, yaş, eğitim düzeyleri, dengeli beslenip beslenmedikleri, TEG'leri daha önce bilip bilmedikleri, bireysel aylık gelirleri, meslekleri, hanelerindeki birey sayısı ve hanelerinin aylık toplam geliri ile bunların birbiriyle ilişkisi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Yaş aralığı 26-35 olan katılımcıların % 67.7 (189) 'si TEG'leri daha önce bildiklerini belirtmişlerdir. Yaş aralığı 26-35'ten itibaren çalışmaya katılanların yaşı ilerledikçe TEG'leri bilen ve duyanların oranı bilmeyen ve duymayanlara göre azaldığı görülmüştür.

Cinsiyete göre değerlendirildiğinde kadınların %18.4 (71) 'ü daha önce TEG'leri bilmediğini ve duymadığını ifade ederken, bu oran erkeklerde % 38 (155) olarak tespit edilmiştir. TEG'leri bilme ve duyma oranının katılımcıların eğitim düzeyiyle doğru orantılı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Katılımcılardan ilköğretim seviyesinde olanların TEG'leri bilme ve duyma oranı %48.1 (13) iken yüksek lisans/doktora eğitimine sahip katılımcılarda bu oran % 98 (102) olarak tespit edilmiştir. Katılımcılar arasında takviye edici gıdaları duyma ve bilmede en yüksek oran %92.8 (196) ile kamu personellerindedir. Bu oranın emeklilerde %41.1 (7) ile en düşük seviyede olduğu bulunmuştur. TEG'lerin ne olduğunu bilerek dengeli beslenmeye özen gösteren katılımcı oranı %59 (367) iken TEG'leri bilmesine rağmen dengeli beslenmeyen katılımcı oranı % 41 (255) olarak tespit edilmiştir.

Katılımcıların bireysel aylık kazançlarına göre TEG'leri duyma oranları incelendiğinde 0-17000 TL ile 17001- 30000 TL arasında gelire sahip olan katılımcı sayısının birbirine yakın olduğu görülmektedir. Aylık geliri 30001-50000 TL aralığında olan katılımcılar % 98.8 (150) ile TEG'ler hakkında bilgi sahibi olma oranı en yüksek seviyededir. 50000 TL ve daha üzerinde aylık geliri olan katılımcıların ise bu gruptaki ürünlerden haberdar olma oranı %84.4 (282)'tür. Katılımcıların aylık toplam hane gelirlerine göre bakıldığında TEG'leri duyma oranındaki yükseliş hane gelir düzeyiyle doğru orantılıdır.

Yalnız yaşayan katılımcıların TEG'leri daha önceden duyma oranı % 91.5 (30) iken hanesinde 5 veya daha fazla birey yaşayan katılımcılarda bu oran % 59 (142)'dur (Çizelge 2). Çalışmaya katılanlardan TEG'leri daha önce duyduğunu ifade edenlerin bu bilgiyi nereden edindikleri incelendiğinde; % 35.6 (221)'sinin televizyon yayınları, % 36.4(227)'ünün internet üzerinden ve

% 28 (174)'sinin ise hem televizyon hem de internet vasıtasıyla bu bilgiye ulaştıkları tespit edilmiştir.

Çalışmaya katılanların yaşlarının, aylık bireysel gelirlerinin, eğitim düzeylerinin, egzersiz yapma düzenlerinin, hanedeki birey sayılarının, aylık toplam hane gelirlerinin tamamlayıcı gıda takviyesi içeriklerini duydukları kaynaklara olan etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Katılımcıların yaş oranlarına bakıldığında 18-25 yaş aralığındaki katılımcıların % 37'si (106) ve 26-35 yaş aralığındaki katılımcıların % 28.2'si (79) internetten, 46-60 yaş aralığındaki katılımcıların ise % 49.5'i (40) televizyon aracılığı ile duyduklarını belirtmişlerdir.

Çalışmaya katılan bireyler eğitim düzeyleri açısından incelendiğinde ilkokul mezunu olanların %59.4'ü (16) TEG'leri televizyon yayınlarından öğrendiklerini ifade ederken lisans üstü eğitime sahip katılımcıların televizyondan duyma oranı % 2.7'dir (3). Yine ilkokul mezunlarının internet duyma oranları %15.8 (4) iken, lisans üstü eğitime sahip bireylerin internet duyma oranı % 36.4 (38) olarak belirlenmiştir.

Çalışmaya katılanların aylık bireysel kazançlarına bakıldığında 0-17000 TL aralığında geliri olanların %26.4'ü (58) bu ürünleri televizyondan duyduğunu belirtmişlerdir. Aylık kazancı 17000 TL ve üzerinde olan katılımcıların %35.3'ünün (203) de internet aracılığıyla takviye edici gıda maddelerini duydukları saptanmıştır. Katılımcıların hanelerindeki birey sayılarına bakıldığında tek başına ikamet edenlerin %19.6'sı (6), iki kişi yaşayanların % 15.3'ü (19), hanesinde 5 veya daha fazla kişiyle yaşayanların % 29.6'sı (71) televizyondan duyduklarını belirtmişlerdir.

Katılımcılar arasında internet aracılığıyla bilgi sahibi olanlarda % 21.9 (53) ile 5 veya daha fazla kişiyle yaşayanlar en düşük oranda olduğu bulunmuştur. Hanede iki kişi yaşayanlar % 33 (40) ile en yüksek orandadır. Toplam aylık hane geliri 30000 TL ve üzeri olanların % 42'si (205) TEG ürünleri hakkında internet üzerinden bilgi sahibi olmuş iken % 18'si (87) televizyondan duyduğunu ifade etmiştir. Bu grup içinden %36 (175) ise TEG ürünlerini hem internet hem de televizyondan öğrendiğini beyan etmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Anket katılımcıların bazı özelliklerine göre TEG' leri duyma oranları (%)

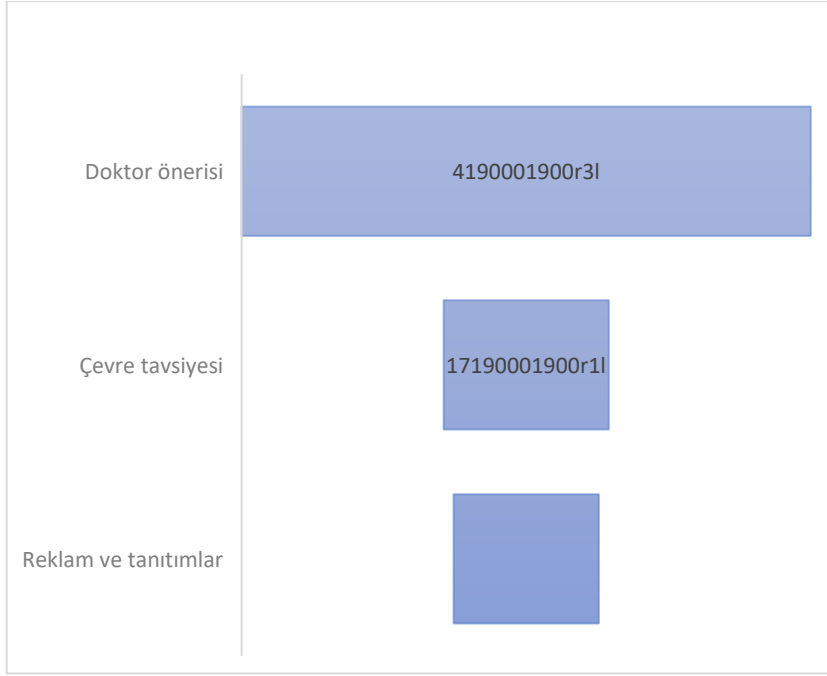
Katılımcı özellikleri		TEG/besin takviyesi/gıda takviyesini daha önce duyanlar
Yaş	18-25	%84.6 (243)
	26-35	%78.1 (218)
	36-45	%79.4 (89)
	46-60	%76.25 (60)
	60 ve üzeri	%36.36(12)
Cinsiyet	Kadın	82.5 (317)
	Erkek	%74.9 (305)
Eğitim düzeyi	İlkokul	%61.5 (16)
	Ortaokul	%75.9 (41)
	Lise	%64.2(158)
	Ön Lisans	%79.7 (110)
	Lisans	%88.7 (198)
	Yüksek lisans/doktora	94.2 (99)
Meslek	Çalışmıyor	%57 (65)
	Öğrenci	%72.1 (75)
	Serbest meslek	%80 (129)
	Özel sektör	%84.3(156)
	Kamu çalışanı	%89.5(189)
	Emekli	%47(8)
Aylık bireysel kazanç	0-17000	%39.9 (87)
	17001-30000	%77(67)
	30001-50000	98.7 (150)
	50001-75000	96.47(219)
	75001-100000	%91.75(89)
	100000 ve üzeri	100 (10)
Aylık hane geliri	0-17000	32.3
	17001-30000	61.6
	30001-50000	88.4
	50001-75000	86.7
	75001-100000	86.3
	100000 ve üzeri	91
Dengeli beslenmeye özen gösterme	Yalnız yaşayanlar	%91.5 (30)
	2	%90 (110)
	3	%83 (165)
	4	%84.5(169)
	5 veya daha fazla	%61.4(148)
Dengeli beslenmeye özen gösterme	Evet	59 (367)
	Hayır	41 (255)

Katılımcılara yöneltilen ‘TEG, besin takviyesi veya gıda takviyesi nedir biliyor musunuz?’ sorusuna % 78.5'i olumlu, % 21.5'i ise olumsuz yanıt vermiştir. % 18.4'ü ise TEG kavramını duyduklarını ancak ne olduğunu tam olarak bilmediklerini beyan etmişlerdir. Bu kişilerin toplam katılımcılar arasındaki oranı %14.5 olduğu görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda anketteki 16. soruya verilen cevaplar incelendiğinde daha önce TEG ürünleri kullandığı halde bu soruyu HAYIR olarak cevaplayanların oranının %30.2 olduğu görülmüştür.

4.4. Anket Katılımcılarının TEG'leri Kullanım Durumu

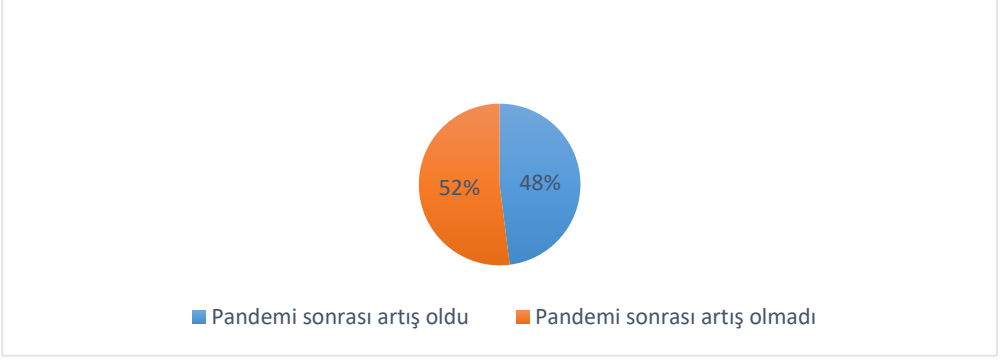
Yapılan çalışmada katılımcılara pandemi öncesi dönemde TEG ürünleri kullanıp kullanmadıkları, kullandırsa ise kullanmalarını sağlayan yöntemi, bu ürünleri hangi sebeple kullandıkları, bu maddelerin herhangi bir hastalık durumunda kullanılıp kullanılmayacağı konusundaki fikirleri, bu ürünleri hangi aralıklarla kullandıkları soruları sorulmuştur. Çalışmaya katılım sağlayan bireylere TEG kullanımı sorulduğunda % 38.8 oranında evet yanıtı alınmıştır. Ankette yer alan 16.soruya daha önce kullandığı ürünler içinde TEG’i işaretlediği halde bu soruya hayır olarak cevaplandıranlar tüm katılımcılar arasında %14.2 oranıyla, katılımcılardan soruyu cevaplayanlar arasındakilere oranı ise % 25.7 olarak bulunmuştur. Tespit edilen bu veriler takviye edici gıdaların aslında ne olduğunu bilmeyen katılımcıların oranını göstermektedir. Çalışmada beklenmeyen sonuç ise bu oranı sağlayan bireylerin % 35.8’inin lisans ve lisans üstü eğitim seviyesinde olmasıdır.

Çalışmaya katılan bireylerin cinsiyet, aylık bireysel kazancı, eğitim düzeyi ve aylık toplam hane gelir oranının TEG kullanım oranına yansması istatistik olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Ankete katılanlar arasında kadınların % 32.4’ü, erkeklerin ise % 24.8'i TEG kullandıklarını belirtmişlerdir. Bu katılımcıların eğitim seviyelerine bakıldığında lisans eğitimini tamamlamış olanların % 46’sı, lisans üstü seviyesinde olanların ise % 60.5'i bu içerikleri kullandıklarını ifade etmişlerdir. Katılımcıların aylık bireysel gelir durumuna bakıldığında 30000 TL üzeri geliri olan bireylerin %56.2'si, aylık toplam hane gelirine bakıldığında ise yine 75000 TL üzeri geliri olanların % 59.4’ü bu ürünleri kullandıklarını belirtmişlerdir. Katılımcılardan TEG kullanımı olanlarda bu ürünün hangi yolla kullanıldığına karar verildiği sorusuna gelen cevapların %64.7'si doktor tavsiyesiyle kullandığı ifade edilmiştir.



Şekil 1. TEG kullanımına hangi yolla karar verildiği.

Yapılan çalışmada TEG kullanıcılarının hangi yolla karar verdiğinin karar mekanizmasında cinsiyet farkı anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Kadınların %76.4'ü, erkeklerin ise %44.8'i TEG'leri doktor tavsiyesi ile kullandıklarını ifade etmiştir (Şekil 1). TEG'leri reklam ve tanıtımlar sayesinde kullanmaya verme oranı kadınlarda % 8.5 iken erkeklerde ise % 30.2'dir. Katılımcılara neden TEG kullanımına başvurdıkları sorulduğunda, % 18.4 oranında halsizliği giderme, % 12.6 oranında bağışıklığı güçlendirme, % 22 oranında "herhangi bir hastalığın önlenmesine ve/veya tedavisine yardımcı olmak" yanıtı alınmıştır. Katılımcılara "Pandemi sonrası gıda takviyesi /vitamin desteği alımınızda artış oldu mu?" sorusu sorulduğunda %48 oranında evet cevabı verilirken %52 oranında hayır cevabı verilmiştir (Şekil 2). Katılımcıların meslek, medeni durum, aylık bireysel ve toplam hane gelirleri, ne amaçla TEG kullandıkları ve TEG kullanım durumları istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Katılımcılardan medeni hali evli olanların %44.2'si bu ürünleri kullandıklarında çok fayda gördüklerini, % 25.5'i orta düzeyde fayda gördüklerini, %30.3'ünün ise az fayda gördüğünü ifade etmiştir. Medeni hali bekar olanlar bu ürünleri kullandıklarında % 40.4'ü çok fayda gördüklerini, % 28.5'i orta düzeyde fayda gördüklerini, %31.1'i ise az fayda gördüğünü ifade etmiştir.



Şekil 2. Pandemi sonrası TEG kullanımının artış durumu.

Katılımcıların çalışma durumları incelendiğinde; TEG'lerin çok fayda gördüğünü düşünenlerin % 38.2'si kamu çalışanı, orta düzeyde fayda gördüğünü düşünenlerin % 36.7'si özel sektör çalışanı, hiç fayda görmediğini düşünenlerin oranı % 44.6 ile yine özel sektör çalışanı olduğu bulunmuştur. Katılımcıların gelirleri incelendiğinde, aylık bireysel kazancı 0 ile 17000 TL arasında olanların % 48.4'ü bu ürünlerin az faydalı olduğunu ifade ederken çok iyi geldiğini düşünenlerin oranı % 26.4'dir. 30000-50000 TL arasında aylık bireysel geliri olan katılımcıların % 44.3'ü ve 50000 TL üzeri aylık gelire sahip olanların % 64.7'si TEG'lerin kullanımında çok fayda gördüklerini ifade etmektedirler.

Katılımcıların aylık toplam hane gelirlerinde 0-17000 TL arası geliri olanların % 64.7'si bu konuda az faydalı olduğunu ifade etmişken % 31.3'ü bu konuda fayda görmedim cevabını vermektedir. Hane gelirleri 50000-75000 TL gelir düzeyinde olanların % 40.5'i ve 75000 TL üzeri gelir düzeyinde olanların % 54.3'ü bu ürünlerin faydalı olduğunu düşünmektedir.

Çalışmaya katılanlar % 8.9'u "Düzenli TEG kullanıyor musunuz?" sorusuna EVET, % 39.4 oranında HAYIR yanıtı verirken, % 51.7 ile ihtiyaç duydukça kullananlar cevabı en yüksek oranda verilen cevap olmuştur. Çalışmaya katılanların TEG'lerin düzenli kullanım durumu ile dengeli beslenme tutumlarının, takviye edici gıdaların hangi hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde etkili olduğu sorusuna verdikleri cevapların ilişkisi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4).

Katılımcılardan dengeli beslenmeye çalışan bireylerin % 64.5'i ihtiyaç hissettikçe bu ürünleri kullandıklarını ifade ederlerken, dengeli beslenmeye dikkat etmeyen katılımcıların % 54.7'si düzenli olarak TEG'leri kullanmadıklarını ifade etmişlerdir. Katılımcılara ne sıklık ile TEG kullandıkları sorulduğunda % 59.8 oranında "yılda birkaç kez" yanıtı alınmıştır. Her gün kullanmadığını söyleyenlerin oranı % 9.1 olarak

belirlenmiştir. Bu kullanım frekansı kullanım sıklığı ile ters orantılıdır. TEG'lerin kalp damar hastalıkları ve psikolojik rahatsızlıkların tedavisinde veya önlenmesinde etkili olduğunu düşünenlerin % 80'i bu ürünleri ihtiyaç duydukça kullandıklarını ifade etmişlerdir. Yapılan bu çalışma TEG'lerin en çok immünolojik rahatsızlıklara (astım, alerji vb.) iyi geldiğinin düşünüldüğünü göstermektedir. Psikolojik kökenli hastalıklar, obezite ve kalp damar hastalığına faydalı geldiğini düşünenlerin oranı birbirine yakındır.

Çizelge 4. TEG kullanım amaçları

Amaçlar	Yüzde oran (%)
Fiziksel güç ve performans artırımı	-
Yeterli beslenememe	2.4
Halsizliği giderme	17.6
Kilo kontrolü	11.7
Büyüme gelişme ve boy uzatma	7.1
Herhangi bir hastalığın önlenmesine ve/veya tedavisine yardımcı olmak	22
Stresle mücadele	6.9
Kas kütlesi oluşturma	3.5
Uykusuzluk problemleri	2.4
Yeterli beslenememe	5.9
Cinsel gücü artırma	-
Kilo kontrolü ve yeterli beslenememe	10.6
Halsizlik giderme ve bağışıklık güçlendirme	9.9

4.5. TEG'leri Satın Alma Tercihleri

Yapılan ankette TEG tüketicilerine bu ürünler için yıllık ayırdıkları bütçe, TEG'leri nereden satın aldıkları ve nereden satın almayı tercih ettikleri, neden buralardan satın almayı tercih ettikleri sorulmuştur. Tüketicilerin % 69.4'ü bu ürünlere yıllık 0 TL ile 250 TL arası, % 20'si 250 TL ile 500 TL arası, % 4.9'i 500 TL ile 1000 TL arası ve yine % 3.2'si 1000 TL ile 2000 TL arası, % 2.5'si ise 2000 TL üzeri yıllık bütçe ayırdıklarını belirtmişlerdir.

Katılımcıların TEG'lerin bir hastalığı önleme, tedavi etme ve/veya iyileştirmede etkili olduğu sorusuna verilen cevapların bu ürünlere ayrılan yıllık bütçe üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$). 0-250 TL arası yıllık bütçe ayıranların % 49.2'si TEG'lerin hastalıkların önlenmesi veya tedavisinde etkili olduklarını düşünürken, bu konuda kararsızların oranı %33.9, düşünmeyenlerin oranı ise % 16.9 olarak tespit edilmiştir.

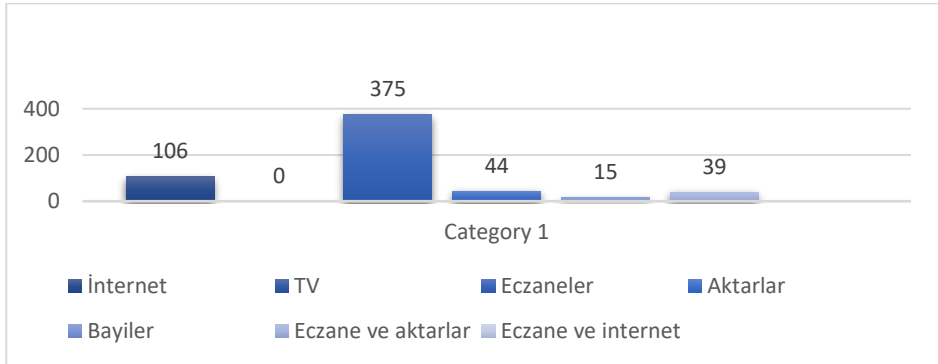
Tüketicilerin TEG'lerin kullanımına hangi yolla karar verdiklerinin bu ürünleri satın aldıkları yerler üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$). Eczaneden satın alanların % 82.7'si doktor tavsiyesi üzerine kullandıklarını belirtirken, internetten satın alanların % 57.1'i çevre tavsiyesi üzerine, % 42.9'u reklam ve tanıtımlardan görüp kendileri karar verdiğini belirtmiştir.

Düzenli egzersiz yapmadıklarını belirtenlerin % 73.1'i bu ürünleri eczanelerden satın aldığını ifade etmiştir.

Aktarlardan satın alanların % 100'ü düzenli egzersiz yapmamaktadır. Sadece internetten satın alanların % 57.1'i ve hem eczane hem internetten satın alanların % 60.3'ü düzenli egzersiz yapmaktadır. Bursa iline yaşayanların % 60.3'ü eczanelerden, % 17.1'i internetten almayı tercih etmektedir (Çizelge 5). Kullanıcıların % 85.9'u TEG satın alırken, satın aldıkları bu yerleri tercih etme nedeni olarak "daha güvenilir" seçeneğini işaretlemişlerdir. % 9.4'ü daha kolay, % 4.7'si ise daha ucuz olduğu için buraları tercih ettiklerini belirtmişlerdir (Şekil 3).

Çizelge 5. Tüketiciler tarafından TEG'leri satın alma yolları

Satıcı türleri	Satın alınan yerler (%)
İnternet	17.1
TV yoluyla	-
Eczaneler	60.3
Aktarlar	7.1
Sadece bu ürünlerin satışının yapıldığı bayiler	2.4
Eczane ve aktarlar	6.2
Eczane ve internet	6.9



Şekil 3. Katılımcıların TEG'ler/besin takviyesi/gıda takviyesi satın aldıkları kaynaklar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada Bursa ili kentsel alanda TEG kullanımı ve tüketicilerin kullanım üzerine bilinç düzeylerinin belirlenmesi amaç edinilmiştir. Çalışmaya katılanların yaş aralığına bakıldığında 18-25 yaş aralığı, en düşük ise 60 yaş ve üzeri katılımcılardan oluştuğu görülmüştür. Çalışmaya katılanlarda erkek bireylerin oranı kadınlara göre daha fazladır. Ayrıca medeni durumu bekar olanlar evlilere göre daha fazla katılım

sağlamışlardır. Katılımcıların eğitim düzeyine bakıldığında en yüksek oran lise mezuniyeti en düşük oran ise ilkokul mezuniyeti olduğu görülmüştür. Çalışmaya katılanların büyük çoğunluğu kamu sektöründe çalışmaktadır. Literatürde üniversite öğrencilerinin besin desteklerini kullanma durumlarına yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin %32.4'ü hastalıklara karşı dirençli olmak amacıyla besin desteklerini kullandığını belirtmiştir (Alhomoud ve ark., 2016; Steele ve Senekal, 2005). Çin'de tıp ve tıp dışında öğrenim gören öğrencilere yapılan araştırmada öğrencilerin besin desteklerinin; diyet eksikliğini gidermek, sağlığı arttırmak ve hastalıkları önlemek için gerekli olduğunu düşündükleri bulgulanmıştır (Liu ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada üniversiteli sporcu öğrencilerin besin desteğini sağlığı iyileştirmek, sonrasında performans geliştirmek ve her ikisinin de gerçekleşmesi amacıyla kullandığı sonucuna ulaşmışlardır (Vento ve Wardenaar, 2020). Öğrencilerin besin destek ürünlerini kullanma nedenleri çeşitlilik göstermekle beraber her üç çalışmada da besin desteği kullanımında ortak noktanın sağlığı korumaya yönelik olduğu görülmektedir. Çalışmaya katılan öğrencilerin %31,5 oranla en fazla vitamin ve mineral desteklerini kullandığı saptanmıştır. Bireylerin kişisel aylık gelirleri en yoğun olarak 50001-75000 aralığında toplanmıştır. Katılımcıların çoğunluğu hanelerinde 5 veya daha fazla kişiyle yaşamakta, düzenli egzersiz yapmayan bireylerden oluşmakta ve sigara içen ve alkol tüketen kişiler çoğunluğu oluşturmaktadır.

Çalışmaya katılanların %78.5'i daha önce TEG'in ne olduğunu bilmektedir. Katılımcılar TEG'i en çok duyduğu mecranın %36.4 oranıyla internet olduğunu ifade etmektedir. Bunun sebebi çalışmaya katılmayı kabul eden bireyler içerisinde genç nüfusun daha fazla olduğu ve genç yaş grubunda internetin bilgi alma alanı olarak daha çok başvurulan mecra olması gösterilebilir. Çalışmanın bulguları incelendiğinde yaş arttıkça televizyondan TEG'ler hakkında bilgi alanların sayısının arttığı görülmektedir. Yapılan bir çalışmada TEG'ler hakkında en yaygın bilgi edinme alanının doktorlar olduğu; bunu gazete, internet, dergi, aile ve arkadaşların takip ettiği ifade edilirken (Rozga ve ark., 2013) bizim çalışmamızda öğrenim ve gelir seviyeleri (aylık bireysel ve toplam hane) yükseldikçe internetten duyma oranının artarken televizyondan duyma oranının düştüğü görülmüştür.

Çalışmamızda TEG'lerin duyulma oranı kadınlarda erkeklere göre daha fazladır. Aylık gelir seviyesi açısından en yüksek duyma oranı 30001-50000 TL gelire sahip katılımcılar arasında olup 50000 TL üzeri gelire sahip olan bireylerde bu oran biraz düşmektedir. Çalışmamızda katılımcıların evlerinde birlikte yaşadıkları birey sayısı fazlalığıyla TEG'leri duyma oranı ters orantılıdır. Bunun sebebi hanedeki kişi sayısı ile katılımcıların öğrenim düzeyleri ters orantılıdır. Çalışmaya katılanların %18.4'ü TEG'leri günlük hayatta kullanmalarına rağmen bu kavramın ne anlama geldiğini bilmediğini belirtmiştir. Bu beyanı verenler arasında lise ve altı eğitim seviyesi oranını %

78 olarak tespit edilmiştir. Buna sebep olarak TEG'lerin tavsiye üzerine uygunsuz bir biçimde kullanılması ve hangi sınıflandırmada tüketim ürün olduğunun farkında olunmaması düşünülebilir.

Yapılan bir çalışmada katılımcıların ABD'de %61.2'sinin TEG kullandığı ifade edilmiştir (Harnack ve ark., 2001). Tayvan'da yapılan bir başka çalışmada Chen ve ark. (2011), tarafından TEG kullanım oranının katılımcıların % 49'unu oluşturduğu ifade edilmiştir. ABD'de yapılan bir diğer çalışmada ise popülasyonun yetişkin kesiminin yarısından fazlasının TEG tüketicisi olduğu bildirilmiştir (Bailey ve ark., 2013). Suudi Arabistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada TEG kullanım oranı % 55.2 olarak bulunmuştur (Aloweis ve Selim, 2019). Başta ABD olmak üzere TEG kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmektedir. Buna sebep olarak çalışma şartları, yoğun temposu ve doğal beslenme konusunda yerleşik kültürün olmayışı düşünülebilir. Gelişmiş ülkelerde TEG kullanımı fazladır yanılgısı İspanya'da yapılan çalışmada TEG kullanımının katılımcıların sadece % 9.3'ünde mevcut olmasının bulunmasıyla yıkılmıştır (Rovira ve ark., 2013). Buna sebep olarak sağlıklı beslenme kültürü Akdeniz ülkesi olan İspanya'daki evde yemek, pazarlardan taze besin almak gibi günlük yaşam alışkanlıkları olması gösterilebilir. Bursa ilinde TEG tüketim oranının düşük olması ülkemizde özellikle pandemi sonrası evde beslenme alışkanlığının artması ile de açıklanabilir.

Yapılan bir çalışmada ABD'de TEG kullanım oranının erkeklerin % 53.3 iken kadınların % 67.5 olduğu bulunmuştur (Harnack ve ark., 2001). Yapılan başka bir çalışmada ise Tayvan'da erkeklerin % 45.7'sinin, kadınların ise % 52.2'sinin TEG kullandığı bildirilmiştir (Chen ve ark., 2011). Diğer çalışmalara benzer şekilde Suudi Arabistan'da yapılan çalışmada da kadınların % 56.6'sının, erkeklerin % 48.2'sinin TEG kullandığı bildirilmiştir (Aloweis ve Selim, 2019). Ülkeler farklı olmasına rağmen gerçekleştirilen bütün çalışmalarda TEG kullanım oranının kadınlarda erkeklerden daha fazla olduğu görülmektedir. Kadınlar gerek sağlıkla ilgili konulara kişisel olarak meraklı olduğu gerek kendi kişisel gereksinimleri daha fazla olması durumu bu konuya açıklık getirebilir. Dünya'ya bakış açıları TEG' leri duyma ve bilme oranlarının kadınlarda erkeklerden daha çok olması bir gösterge olabilir.

ABD'de yapılan bir çalışmada lisans veya lisans üstü eğitim seviyesindekilerin %65.7'sinin TEG tüketicisi olduğu belirtilmiştir (Harnack ve ark., 2001). Yine yapılan başka bir çalışmada Suudi Arabistan'da üniversite mezunlarının % 58.2'sinin TEG kullandığı bildirilmiştir (Aloweis ve Selim, 2019). Bizim yaptığımız çalışmada da paralel olarak eğitim düzeyi yükseldikçe Bursa ilinde TEG kullanımının bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada TEG kullanıcıların % 47.4' ünün düzenli olarak tüketici olduğu bildirilmiştir (Aloweis ve Selim, 2019). Gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada

paralel şekilde düzenli TEG kullanım oranı %51.7'dir. Bu paralelliğin pandemi dönemi sağlıklı olma ve hastalıklardan korunma bilincinin farklılaşması sebebiyle olduğu düşünülebilir.

Aylık toplam hane geliri ve aylık bireysel gelir yükseldikçe TEG kullanımında yükseliş görülür. Kişisel gelir durumunun artmasıyla TEG' lere ayrılan bütçenin de arttığı görülmektedir. Eğitim seviyesi yükseldikçe gelir seviyesinin de yükselmesi ve doğal olarak aylık harcama olanaklarının artması buna sebep olarak gösterilebilir. Tüketicilerin çoğunluğu bu Yapılan çalışmalarda TEG' leri ihtiyaç duydukça kullanıldığı belirtilirken Bursa ilinde ise bu oran düşük olması pandemi sonrası bölge halkının sürekli ihtiyaç duymaması, yeterli ve dengeli beslenmeye çalıştığı düşünülebilir. Çalışmamızda TEG' lere yıllık 750 TL bütçe harcandığı bulunmuştur. Katılımcıların gelir seviyesi yükseldikçe TEG' lerin hastalıklara etkisinin pozitif yönde yararlı düşünülmesine karşın, bu oran ürünlere yıllık ayrılan bütçe arttıkça düşmüştür. TEG' lere ayrılan bütçe yükseldikçe bu ürünlerin kullanım alanlarından fazla beklentilere girilmesi, beklentinin artması ve kullanım amaçlarının yanlış bilinmesi olarak düşünülebilir. TEG' leri internetten temin eden bireylerde düzenli egzersiz yapma oranı yüksektir. Bunun sebebi olarak genç yaş gruplarında düzenli egzersiz yapanların yaşlı bireylere göre daha fazla olması ve genç bireylerde internet kullanımının daha yaygın olması düşünülebilir. Bunun yanı sıra sporcuların özellikle tükettiği gıdaların TEG grubunda olduğu algılanması da düşünülebilir. Yapılan bir çalışmada TEG kullanım sebebi olarak tüketicilerin verdiği cevaplar %22'sinin halsizliği önlemek, % 30' unun bağışıklık güçlendirmek ve % 15'inin fiziksel performans artırıcı olarak kullandıklarına yöneliktir (Ergen ve Bekoğlu, 2016). Öyleyse tüketiciler çoğunlukla bağışıklık güçlendirme ve halsizlik giderme amacıyla TEG kullanımına başvurdıklarıdır. Gerçekleştirilen bu çalışmada, benzer çalışmalarla paralellik göstermektedir. Katılımcılar fiziksel performans ve güç artırıcı, cinsel güç artırıcı ürünlerini kullanmadıklarını belirtmelerine rağmen TEG'leri kullanım amaçlarında halsizlik giderme amacıyla bu ürünleri tükettiklerini belirtmişlerdir. Bu sonuca göre tüketicilerin piyasada satılan fiziksel performans artırıcı gibi ürünleri güvenilir bulmadıkları ve farklı TEG'leri bu amaçlar için kullanmaları ile açıklanabilir.

Çalışmamızda katılımcıların büyük çoğunluğunun TEG' leri eczanelerden satın aldıkları beyan etmişlerdir. Bu seçimin sebebi olarak da eczanelerin daha güvenli olduğunu ve denetlendiğini düşündüklerini beyan etmeleri ön plana çıkmıştır. Ülkemizde önceleri gıda denetimleri farklı kurumların sorumluluğundaydı. Bir süre ağırlıklı olarak Sağlık Bakanlığı'nın inisiyatifine geçmiş devredilmiş olsa da son olarak Tarım ve Orman Bakanlığı'na devredilmiştir. Katılımcılar bu bakanlığın adında "gıda" kelimesinin olmaması gıda ile ilgili ürünlerde denetimin Sağlık Bakanlığı

tarafından yapıldığını düşünüyor ve böyle olması gerektiğini sanıyor olabilir. Yapılan çalışmada katılımcıların % 51.6'sı TEG'lerin gıda statüsünde, % 48.4'ü ilaç statüsünde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. TEG'lerin gıda işletmelerinde satışını doğru bulmayanların oranı % 77.8 olarak tespit edilmiştir. Kararsızların oranı ise % 15.6 olarak bulunmuştur. Bu bulgular katılımcıların eczanelere olan güveninden kaynaklı olabilir. Ancak daha önce TEG kullananların çoğunluğu TEG'lerin gıda işletmelerinde satışını doğru bulmakta iken kullanmayanların da çoğunluğu TEG'lerin gıda işletmelerinde satışı konusunda olumsuzdur. TEG'lerin gıda işletmelerinde satışını doğru bulanların % 73.3'ü bu ürünlerin gıda olarak değerlendirilmesi gerektiğini de belirtmişlerdir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen bu anket çalışmasında pandemi sonrası dönemde Bursa ilinde yaşayan bireylerin TEG' lere bakış açısı, TEG'ler üzerine bilgi düzeyi, bu ürünlerin günlük hayatta kullanım yelpazesi araştırılmıştır. Takviye edici gıdayı hem kullanan hem de kullanmayan bütün anket katılımcılarında takviye gıda üzerine görüşlerini etkileyen parametreler tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmalar kapsamında katılımcıların TEG kullanım durumunun pandemi sonrası ticari olarak gelişmiş bölgelere göre daha az olduğu görülmüştür. Takviye edici gıda kullanmasına rağmen o ürünün TEG olduğunu bilmeyen katılımcı oranının yüksek olduğu dikkat çekmiştir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi yapılan bu çalışmada da eğitim ve gelir seviyesine doğru orantılı olarak TEG kullanım oranının da arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmayla birlikte değişen dünya düzeni ve internet erişimine kolaylığın en üst düzeyde olduğu günümüzde, gelir düzeyi, yaş ve öğrenim seviyesinden bağımsız olarak Bursa bölgesindeki katılımcı bireylerde TEG' lerin yanlış kullanıldığı, takviye gıdalar üzerine bilgi eksikliği ve kirliliği olduğu gözler önüne serilmiştir. Katılımcıların çoğu TEG'lerin etiketlerinde, reklamlarında vb. bu ürünlerin herhangi bir hastalığı önleme veya tedavi etme özelliğine sahip ifadelerin yer alması gerektiğini düşünmektedir. Bunun nedeni olarak insanların bu ürünlere umutla yaklaşması ve etiketlerden bu bilgiyi kolayca öğrenmek istemesi düşünülebilir. Bu konuda kararsızlar ile bu ifadelerin yer almaması gerektiğini savunanların oranı yakındır. Kadınlar bu ifadeye erkeklerden daha olumlu bakmaktadırlar. Çalışmamızdaki en dikkat çekici doğru bilinen yanlışlardan birisinin takviye edici gıdaların hastalıkların tedavisi ve önlenmesi amacıyla üretildiklerinin düşünülmesidir. Bu sonucu doğuran en temel sebebin özellikle pandemi döneminde her çeşit verinin hiç bir kontrole tabi olmadan dolaştığı internet ortamı ve özellikle reklam amacıyla yayınlanan içeriklerde kullanım amacı yanlış aktarılan (COVID hastalığının bulaşının engellenmesi, cinsel performans artırıcı, çeşitli hastalıkların tedavisi vb.) Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan izni olmayan ürünlerin TEG adı altında piyasada yer

almasıdır. Bu durumda en çok tercih edilen takviye gıdalardan mineral ve vitamin/multivitamin grubunun geçtiğimiz yıllarda ilaç statüsünden TEG statüsüne geçirilmesi bu ürün gruplarını kullanan bireylerde yanlış algıya sebep olduğu düşünülebilir.

Bursa ili ölçeğinde büyütülerek bakıldığında ülkemizde TEG ile ilgili toplum bilgilendirmelerine önem verilmesi ve konuyla ilgili gerçek dışı bilgiler veren iletişim platformlarının engellenerek gerekirse yaptırım uygulanmasına yönelik çalışmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir. Böylece toplum hedefe yönelik ve doğru bir şekilde takviye edici gıda kullanacak ve kontrolsüz kullanımın zamanla azalmasıyla takviye gıdalara duyulan olan güvenin artacağı ön görülmektedir. Bilinçle artan takviye edici gıda kullanımı sektörün de iyi yönde gelişmesinde pozitif etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alhammad, A. M. 2012. *Factors Influencing Pharmacists' decision to Report Adverse Events Related to Dietary Supplements* (Doktora Tezi). Virginia Commonwealth University, Virginia.
- Alhomoud, F. K., Basil, M., & Bondarev, A. (2016). Knowledge, attitudes and practices (KAP) relating to dietary supplements among health sciences and non-health sciences students in one of the universities of United Arab Emirates (UAE). *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(9), JC05.
- Alowais, M. A., Selim, M. A. E. H. (2019). Knowledge, attitude, and practices regarding dietary supplements in Saudi Arabia. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8 (2), 365.
- Anonim, (2013). Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliği (Tebliğ no: 2013/49). 16.08.2013 tarih ve 28737 sayılı Resmi Gazete: 63-74.
- Atalay, D., Erge, H. S. (2018). Gıda takviyeleri ve sağlık üzerine etkileri. *Food and Health*, 4 (2), 98-111.
- Bailey, R. L., Gahche, J. J., Lentino, C. V., Dwyer, J. T., Engel, J. S., Thomas, P. R., Picciano, M. F. (2010). Dietary supplement use in the United States, 2003– 2006. *The Journal of Nutrition*, 141 (2), 261-266.
- Bailey, R.L., Gahche, J.J., Miller, P.E., Thomas, P.R., Dwyer, J.T. (2013). Why US adults use dietary supplements. *JAMA Internal Medicine*, 173(5), 355-361.
- Boutayeb, A., Boutayeb, S. (2005). The burden of non-communicable diseases in developing countries. *International Journal for Equity in Health*, 4 (1), 2.
- Brooks, SK., Webster, RK., Smith, LE., Woodlve, L., Wessely, S., Greenberg, N., Rubin, GJ. (2020). The psychological impact of quarantine ve how to reduce it: rapid review of the evidence. *The Lancet*, 395(10227), 912- 920
- Chen, S. Y., Lin, J. R., Chen, T. H., Guo, S. G., Kao, M. D., Pan, W. H. (2011). Dietary supplements usage among elderly Taiwanese during 2005-2008. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 20 (2), 327.

- Chiba, T., Sato, Y., Suzuki, S., Umegaki, K. (2015). Concomitant use of dietary supplements and medicines in patients due to miscommunication with physicians in Japan. *Nutrients*,
- Childs, C. E., Calder, P. C., & Miles, E. A. (2019). Diet and immune function. *Nutrients*, 11(8), 1933.7(4), 2947-2960.
- Christ, A., Lauterbach, M., Latz, E. (2019). Western Diet ve the Immune System: An Inflammatory Connection. *Immunity*, 51(5), 794-811.
- Çatlı, Ö. B. (2021). Tüketicilerin covid 19 öncesi ve covid 19 sonrası online alışveriş davranışlarının karşılaştırılmasına yönelik bir araştırma. Ö. E. Tekin (Ed.), *Sosyal bilimlerde COVID-19 salgını içinde* (ss. 84-99). Astana Yayınları.
- Demirel, D., Eris, V., (2019). Innovation trends in e-commerce applications: gittigidiyor.com case. *PressAcademia Procedia (PAP)*, V.9, p.192- 196
- Denova-Gutiérrez, E., Lopez-Gatell, H., AlomiaZegarra, JL., López-Ridaura, R., ZaragozaJimenez, CA., Dyer-Leal, DD., et al. (2020). The Association of Obesity, Type 2 Diabetes, and Hypertension with Severe Coronavirus Disease 2019 on Admission Among Mexican Patients. *Obesity*, 28(10), 1826-32.
- Di Renzo, L., Gualtieri, P., Pivari, F., Soldati, L., Attinà, A., Cinelli, G., ... & De Lorenzo, A. (2020). Eating habits and lifestyle changes during COVID-19 lockdown: an Italian survey. *Journal of translational medicine*, 18, 1-15.
- Ergen, A., Bekoğlu, B.F. (2016). Türkiye’de besin destek ürünlerine yönelik görüşler ve tüketici profilini tanımlamaya yönelik bir araştırma. *Journal of Business Research Turk*, 8 (1), 323-341.
- Ersoy, G. (2010). Egzersiz ve spor performansı için beslenme. Betik Kitap Yayın Dağıtım, Ankara
- Foot, J. A., Murphy, S. P., Wilkens, L. R., Hankin, J. H., Henderson, B. E., Kolonel, L. N. (2003). Factors associated with dietary supplement use among healthy adults of five ethnicities: the Multiethnic Cohort Study. *American Journal of Epidemiology*, 157 (10), 888-897.
- Gürer Giray, B., Güven Acik, G. (2022). SARS-CoV-2 and mutation RT-qPCR test positivity correlation with ABO and Rh blood types. *J Med Virol*. 94(10), 4776-4779.
- Harnack, L.J., Rydell, S.A., Stang, J. (2001). Prevalence of use of herbal products by adults in the Minneapolis/St Paul, Minn, Metropolitan Area. *Mayo Clinic Proceedings*, 76, 688-694.
- Herbold, N. H., Visconti, B. K., Frates, S., Bandini, L. (2004). Traditional and nontraditional supplement use by collegiate female varsity athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 14(5), 586-593.
- Iannelli, A., Favre, G., Frey, S., Esnault, V., Gugenheim, J., Bouam, S., ... & Alifano, M. (2020). Obesity and COVID-19: ACE 2, the missing tile. *Obesity surgery*, 30, 4615-4617.

- Jayne, JM., Ayaa, R., Karl, JP., Deschamps, BA., McGraw, SM., O'Connor, K., . . . Cole, RE. (2020). Body weight status, perceived stress, an emotional eating among US Army Soldiers: A mediator model. *Eat Behav*, 36, 101367.
- Junaid, K., Ejaz, H., Abdalla, A.E., Abosalif, K.O.A., Ullah, M.I., Yasmeen, H., Younas, S., Hamam, S.S.M., Rehman, R. (2020). Effective Immune Functions of Micronutrients against SARS-CoV-2. *Nutrients*, 12(10), 2992
- Liu HeChun, L. H., Yang YueXin, Y. Y., Xu DengFeng, X. D., Xia Hui, X. H., Pan Da, P. D., Wang ShaoKang, W. S., & Sun GuiJu, S. G. (2018). Investigation and comparison of nutritional supplement use, knowledge, and attitudes in medical and non-medical students in China.
- Luzi, L., Radaelli, M.G. (2020). Influenza and obesity: It odd relationship and the lessons for COVID-1 pandemic. *Acta Diabeto*. 57, 759-764.
- McWhorter, L.S. (2009). Dietary supplements for diabetes: an evaluation of commonly used products. *Diabetes Spectrum*, 22 (4), 206- 213.
- Miran, B. (2002). Temel istatistik. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 288.
- Nahin, R. L., Fitzpatrick, A. L., Williamson, J. D., Burke, G. L., DeKosky, S. T., Furberg, C, (2006). Use of herbal medicine and other dietary supplements in community-dwelling older people: baseline data from the ginkgo evaluation of memory study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 54 (11), 1725-1735.
- Naureen Z, Dautaj A, Nodari S, Fioretti F, Dhuli K, Anpilogov K, Lorusso L, Paolacci S, Micheline S, Guda T, Kallazi M, Bertelli M.(2021). Proposal of a food supplement for the management of post-COVID syndrome. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 25(1 Suppl):67-73.
- Parmet, WE., Sinha, MS. (2020). Covid-19 - The Law ve Limits of Quarantine. *N Engl J Med*, 382(15): e28
- Petrozci, A., Taylor, G., Naughton, D.P. (2011). Mission impossible? Regulatory and enforcement issues to ensure safety of dietary supplements. *Food and Chemical Toxicology* 49, 393–402.
- Rock, C. L., (2007). Multivitamin multimineral supplements: who uses them?. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85 (1), 277-279.
- Rovira, M. A., Grau, M., Castañer, O., Covas, M. I., Schröder, H. (2013). Dietary supplement use and health-related behaviors in a Mediterranean population. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 45 (5), 386-391.
- Rozga, M. R., Stern, J. S., Stanhope, K., Havel, P. J., Kazaks, A. G. (2013). Dietary supplement users vary in attitudes and sources of dietary supplement information in East and West geographic regions: a cross-sectional study. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 200.
- Rothe, C., Schunk, M., Sothmann, P., Bretzel, G., Froeschl, G., Wallrauch, C., . . . Guggemos, W. (2020). Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *New Englve Journal of Medicine*, 382(10), 970-971.

- Steele, M., & Senekal, M. (2005). Dietary supplement use and associated factors among university students. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 18(1), 17-30.
- Sürücüoğlu, M S., Kocadereli İ. (1994). Beslenme Alışkanlıklarının Diş Sağlığı Üzerine Etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 23.1, 37-50.
- Tang, W., Hu, T., Hu, B., Jin, C., Wang, G., Xie, C., ... & Xu, J. (2020). Prevalence and correlates of PTSD and depressive symptoms one month after the outbreak of the COVID-19 epidemic in a sample of home-quarantined Chinese university students. *Journal of affective disorders*, 274, 1-7.
- Temova Rakuša Ž, Roškar R, Hickey N, Geremia S. (2022). Vitamin B12 in Foods, Food Supplements, and Medicines-A Review of Its Role and Properties with a Focus on Its Stability. *Molecules*. 28;28(1), 240.
- Tolun, B. G., & Bulut, N. (2021). Covid-19 Pandemi Sürecinde Tüketicilerin Gıda Ürünleri Satın Alma Davranışları Üzerine Bir Araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (45), 15-31.
- Ünal S, Erciş A. Tüketicilerin Kişisel Değerlerinin Satın Alma Tarzları Üzerindeki Etkisi. *Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*. Mart 2006;(1):23-48.
- Vento, K. A., & Wardenaar, F. C. (2020). Third-party testing nutritional supplement knowledge, attitudes, and use among an NCAA I collegiate student-athlete population. *Frontiers in sports and active living*, 2
- Yılmaz E., Oraman Y., İnan İ.H., (2009). Gıda Ürünlerine İlişkin Tüketici Davranışı Dinamiklerinin Belirlenmesi: Trakya Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (1): 1-10.
- Yılmaz, E., Yılmaz, İ., & Uran, H. (2007). Gıda maddeleri tüketiminde medyanın rolü:Tekirdağ ili örneği. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(14), 9-14.
- Yılmaz, E. (2008). Trakya Bölgesinde Kırsal ve Kentsel Tüketicilerin Gıda Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları ve Gıda Güvenliğine İlişkin Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.
- Yılmaz, E. Consumers' attitudes and behaviors regarding dietary supplements. *Fresenius Environ. Bull.* 2020, 28, 7388–7393.
- Yılmaz, E. Çolakoğlu, B. (2024). Food demand and nutritional habits of consumers during the Covid-19 outbreak: A case study in Türkiye. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(2): 335-347

Taşınmaz Değerleme Sisteminin Kullanımı, Avantajları ve Dezavantajları

Gönül AVCI¹

Emine YILMAZ²

Gülen ÖZDEMİR³

1: Ziraat Mühendisi; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme Anabilim Dalı. Tekirdağ gonul.avci@msb.gov.tr, ORCID No:0009-0004-3310-2641

2;Doç.Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü. Tekirdağ. emineyilmaz@nku.edu.tr, ORCID No:0000-0002-3434-8932

2;Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü. Tekirdağ. gozdemir@nku.edu.tr, ORCID No:0000-0003-3107-972X

ÖZET

Taşınmazların güncel ve gerçek piyasa değerlerinin doğru şekilde tahmin edilmesini sağlamak amacıyla geliştirilen taşınmaz değerlendirme sistemleri, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de sürekli olarak gelişmektedir. Bu sistemler, değerlendirme süreçlerinin daha sağlıklı ve güvenilir biçimde yürütülmesine olanak tanırken; değerlendirme uzmanlarından taşınmaz alım-satımı yapanlara, ipotek kredisi veren banka ve kurumlara kadar sektörde yer alan tüm paydaşların ihtiyaç duyduğu verilere hızlı ve kolay bir şekilde ulaşmasını mümkün kılmaktadır. Böylece taşınmaz değerlerinin daha bilinçli ve nesnel biçimde belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu bağlamda, taşınmaz değerlendirme sistemlerinin etkin ve doğru bir şekilde kurulması, kamu yararı açısından büyük önem taşımakta olup devletin asli sorumlulukları arasında yer almaktadır. Böyle bir sistemin işlerlik kazanabilmesi için ise sağlam bir mevzuat altyapısı, ortak standartlar, güçlü bir kurumsal yapı ile etkili yöntem ve araçların bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Türkiye’de mevcut taşınmaz değerlendirme sisteminin genel yapısı, işleyişi ve yasal çerçevesi ele alınmış; sistemin zayıf yönlerine dikkat çekilerek iyileştirme önerileri sunulmuştur. Ayrıca, değerlendirme sistemlerinin kullanımının sağladığı avantajlar ile karşılaşılabilecek olası dezavantajlar irdelenmiş ve sistemin taşınmaz sektörü üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Taşınmaz Değerleme Sistemi, Taşınmaz Değerleme, Toplu Değerleme, Tarım arazileri

1. GİRİŞ

Kırsal ve kentsel bağlamlarda taşınmaz değerlendirme süreçleri farklılaşmakla birlikte, kentsel alanda toprağın ekonomik değeri, öncelikle imar mevzuatı çerçevesinde tanımlanan fonksiyonel potansiyeli ve bu potansiyelin taşınmaz piyasasındaki karşılığı üzerinden şekillenmektedir. Söz konusu ekonomik değer, çeşitli kullanım senaryolarında farklı işlevsellikler kazanarak özgün değerlendirme dinamiklerine tabi olmaktadır (Nişancı, 2005).

Taşınmaz değerlendirme hem kamu hem de özel sektör için olmazsa olmaz bir süreçtir. Doğru değer tespiti, kamu tarafında adil vergilendirme, hakkaniyetli kamulaştırma ve düzenli mülkiyet kayıtları için kritik öneme sahiptir. Özel sektörde ise bankaların teminat analizi, sigorta süreçleri, gayrimenkul yatırım araçları ve kredi değerlendirmelerinde değerlendirme kilit bir rol oynar. Kısacası, doğru değerlendirme her iki taraf için de güvenilir ve etkin bir işleyişin temelini oluşturur (Önal ve Tezcan, 2008).

Taşınmaz Değerleme Kavramı

Mülkiyet hakkı, bireylerin sahip oldukları taşınmazlar üzerinde hukuki güvenliğini sağlarken, aynı zamanda ekonomik bir değer ve gelir

kaynağı da yaratmaktadır. Nitekim arazi, arsa ve yapılar gibi taşınmazlar hem fiziksel varlıkları hem de sundukları faydalar itibarıyla belirli bir ekonomik değeri temsil etmektedir. Bu değerin belirlenmesine yönelik süreç, "taşınmaz değerlendirme" olarak adlandırılmaktadır. Bu kavram, bir taşınmazın fiziksel, hukuki ve çevresel özelliklerinin yanı sıra sahip olduğu hak ve getirilerin analiz edilerek, belirli bir tarihteki olası piyasa değerinin tarafsız ve bağımsız uzmanlar tarafından belirlenmesini ifade eder. Taşınmaz değerlendirme uygulamaları, sadece kamu hizmetleriyle sınırlı kalmayıp; emlak vergilendirmesi, kamulaştırma, imar düzenlemeleri, tescil işlemleri ve irtifak hakkı tesisinden, bankacılık, sigortacılık, sermaye piyasası faaliyetleri ve ipotekli kredilendirme süreçlerine kadar çok çeşitli alanlarda stratejik bir rol üstlenmektedir (Yomralıoğlu, 2019).

Taşınmaz Değerleme Yöntemleri

Taşınmaz değerlendirme yapılırken genellikle üç ana yöntem kullanılır: benzerlerinin fiyatına bakmak (emsal karşılaştırma/pazar değeri yöntemi), yeniden yapma maliyetini hesaplamak (maliyet yöntemi) ve gelecekteki gelirini tahmin etmek (gelirlerin kapitalizasyonu). Taşınmazın niteliği, değerlendirme metodolojisini doğrudan etkiler. Arsa değerlemesinde emsal karşılaştırması baskınken, binalarda maliyet esaslı ön plana çıkar. Yapılı taşınmazlarda ise arazi değeri emsal, yapı değeri maliyet metoduyla belirlenip entegre edilir. Gelir potansiyeli olan ticari ve konut gayrimenkullerinde ise gelir kapitalizasyonu metodu temel alınır. Bu yöntemlerden en popülerleri ise emsal karşılaştırmadır. Bu yöntemde, değerini öğrenmek istediğimiz taşınmaz, konumu, büyüklüğü ve özellikleri açısından benzeyen ve yakın zamanda satılmış olan diğer taşınmazlarla kıyaslanır. Böylece yaklaşık bir değer belirlenir (Yalın, 2005; Tanrıvermiş, 2012).

Bildiğimiz klasik taşınmaz değerlendirme yöntemlerinin yanı sıra, günümüzün hızlı teknolojik gelişmeleri ve değişen piyasa koşulları, artık daha akılcı, verilere sırtını dayayan ve çoğu zaman teknolojiyle güçlendirilmiş modern değerlendirme yöntemlerinin önem kazanmasını sağlamıştır. Bu yeni yaklaşımlar sayesinde, taşınmazların değerini daha detaylı analizlerle ve güvenilir verilerle belirlemek mümkün hale gelmektedir. Bu modern yöntemlerden bazıları; yapay sinir ağları, geçmiş satış verileriyle eğitilerek benzer taşınmazların fiyatlarını tahmin eden yapay zekâ modelleridir. İnsan beynini taklit ederek öğrenir ve tahmin yapar (Pagourtzi ve ark., 2003).

Hedonik fiyat fonksiyonları teorisi, heterojen malların analizine yönelik bir analitik çerçeve sunar. Farklı özelliklere sahip malların değerini bu özellikler üzerinden analiz eder. Ürünün piyasa fiyatı, sahip olduğu niteliklerin bir bileşimi olarak görülür. Konutlarda; ulaşım, çevre ve hava kalitesi gibi unsurların fiyata etkisi bu yöntemle ölçülür.

Bulanık mantık (Fuzzy Logic) teorisi, taşınmaz değerlemede kesin veriler yerine belirsiz ve yorumlara açık ifadelerle çalışmayı sağlar. “Konumu iyi” ya da “bina yaşı düşük” gibi net ölçülemeyen kavramlar, bulanık tanımlarla değerlendirilir. Böylece, gerçek hayattaki belirsizlikler modele daha doğru yansıtılır.

Otoregresif entegre hareketli ortalama modeli teorisi (ARIMA), geçmiş fiyatlara bakarak gelecekteki değerleri tahmin eden bir zaman serisi yöntemidir. Yalnızca veriler durağan olduğunda doğru sonuç verir ve zamana bağlı tek değerlendirme tekniğidir.

Mekansal analiz ile değerlendirme yöntemi; taşınmazların konum ve çevre verilerini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile değerlendirir. CBS, taşınmazların lokasyon, altyapı ve çevresel koşullarını dijital haritalarda görselleştirir. Bu sayede, bölgesel farklılıklar detaylı ve hassas şekilde analiz edilerek, daha doğru değerlendirme yapılır (Yalpir, 2007).

Yukarıda kısaca bahsedilen yeni nesil makine öğrenmesi algoritmaları, toplu taşınmaz değerlemesinde doğruluğu artırır ve karmaşık değer ilişkilerini büyük veriyle analiz eder. Değerleme süreçleri nesnel, hızlı ve veriye dayalı hale gelir. Makine öğrenmesi, veri analizini ve değerlemeyi otomatikleştirerek gerçek zamanlı tahminler sunar, bu da piyasa hareketlerine hızlı tepki verme ve rekabet avantajı sağlar. Zamansal verilerle piyasa dinamikleri doğru okunur, mevsimsel değişimler ve trendler öngörülür. Bu sistemler şeffaflığı ve güveni artırarak değerlendirme süreçlerini daha adil ve rasyonel hale getirir (Şişman ve Aydınöğlu, 2024).

Uluslararası Değerleme Örgütleri

Uluslararası düzeyde taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinin güvenilirliğini, şeffaflığını ve karşılaştırılabilirliğini artırmak amacıyla, global ölçekte faaliyet gösteren çeşitli mesleki kuruluşlar oluşturulmuştur. Bu kuruluşların temel hedefleri arasında; evrensel olarak kabul gören değerlendirme standartlarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, sınır ötesi taşınmaz yatırımları için ortak bir terminoloji ve uygulama çerçevesinin temin edilmesi, mesleki bilgi ve deneyim paylaşımının teşvik edilmesi ile farklı ülkelerdeki değerlendirme örgütlerinin tek bir platformda entegrasyonu yer almaktadır. Bu yapılar, uluslararası sermaye akışlarının artmasıyla birlikte, yatırım kararlarının daha rasyonel verilmesine katkıda bulunarak küresel değerlendirme pratiğinin kurumsallaşmasına öncülük etmektedir (Güngör, 1999).

Uluslararası alanda kabul gören başlıca değerlendirme kuruluşları arasında, Avrupa Değerleme Uzmanları Birliği Grubu (The European Group of Valuers' Associations – TEGoVA) ile Uluslararası Değerleme Standartları Komitesi (International Valuation Standards Committee – IVSC) öne çıkmaktadır (Çete, 2008). Bu iki yapı gerek Avrupa ölçeğinde gerekse küresel

düzeyde standartların oluşturulması ve uygulanması konusunda belirleyici rol üstlenmektedir. Bununla birlikte, dünya genelinde etkinlik gösteren ve mesleki uygulamalarda referans kabul edilen başka uluslararası örgütler de bulunmaktadır. Aşağıda, bu kuruluşlara ilişkin örnekler sıralanmıştır:

1. Uluslararası Değerleme Standartları Konseyi (IVSC)

Dünya genelinde değerlendirme mesleğine yön veren bağımsız ve kâr amacı gütmeyen bir kuruluştur. Ana hedefi, uluslararası geçerliliği olan standartlar oluşturarak varlık değerlemelerinde şeffaflığı artırmak ve kamuoyunun bu süreçlere duyduğu güveni sağlamaktır. IVSC, finansal raporlama, yasal düzenlemelere uyum, kredi teminatlarının belirlenmesi ve ticari karar alma gibi birçok kritik alanda süreçlerin belirli bir kalite standardına uygun, tutarlı ve şeffaf biçimde yürütülmesini sağlayan bir çerçeve sunar. IVSC, yalnızca teknik kuralları belirlemekle kalmaz; aynı zamanda değerlendirme uzmanlarının mesleki yeterliliği ve etik davranış standartlarını da şekillendirir (UDS, 2025). Böylece hem meslek mensuplarının donanımı artar hem de kullanıcıların hizmete olan güveni pekiştirilir.

2. Avrupa Değerleme Uzmanları Birliği (TEGoVA)

Belçika yasalarına göre 1997 yılında Brüksel’de kurulmuş, kâr amacı gütmeyen uluslararası bir kuruluştur. Avrupa’daki ulusal değerlendirme kuruluşlarını bir çatı altında toplayan bu organizasyonun temel amacı; değerlendirme mesleğinde kullanılan yöntemler, eğitim programları, mesleki yeterlilikler, kurumsal yönetim anlayışı ve etik ilkeler konusunda ortak standartlar geliştirmek ve bu standartların yaygınlaşmasını sağlamaktır. TEGoVA’nın bu hedeflere ulaşmak için yayımladığı Avrupa Değerleme Standartları (European Valuation Standards-EVS), "Mavi Kitap" olarak da bilinir. Bu standartlar, piyasa koşulları ve düzenleyici çerçevedeki değişikliklerle uyumlu olarak hazırlanır. Özellikle Avrupa Birliği mevzuatlarının değerlendirme süreçlerine etkisinin arttığı günümüzde, EVS bu değişimlere paralel olarak güncellenmektedir. Bugün 42 ülkeden 77 kurum ve kuruluş TEGoVA çatısı altında yer almakta ve bu yapı, yaklaşık 70.000 değerlendirme uzmanını temsil etmektedir (TEGoVA, 2025).

3. ABD Değerleme Kurumu (TAF)

Amerika Birleşik Devletleri’nde değerlendirme mesleğinin düzenlenmesinde yetkili ve bağımsız bir yapıya sahiptir. Merkezi Washington D.C.’de yer alan TAF (The Appraisal Foundation), gayrimenkul, kişisel mülk, işletme ve toplu değerlendirme gibi çeşitli alanlarda etik ve uygulama standartlarını belirleme misyonuyla faaliyet göstermektedir. Kuruluş, Değerleyici Nitelikleri Kurulu (AQB) ve Değerleme Standartları Kurulu

(ASB) aracılığıyla mesleki yeterlilikleri ve uygulama ilkelerini sürekli olarak geliştirmektedir. Ayrıca, Uluslararası Değerleme Standartları Konseyi'nin (IVSC) kurumsal üyesi ve aktif bir katılımcısı olarak, uluslararası standartlarla uyum çalışmalarına önemli katkılarda bulunmaktadır (Kocabıyık ve Öktem, 2021).

4. Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Kurumu (RICS)

RICS, kökleri 1792 yılına uzanan ve 1868'de Londra'da resmen kurulan, değerlendirme ve ilgili mesleklerde küresel ölçekte etkili bir otoritedir. Kurum, mesleki etik, standartlar ve profesyonel yeterlilik konularında uluslararası düzeyde belirleyici rol üstlenmektedir. RICS tarafından yayımlanan ve sektörde "Red Book" (Kırmızı Kitap) olarak bilinen *Değerleme El Kitabı*, değerlendirme uygulamalarında tutarlılığı ve güvenilirliği sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (Köktürk, 2009).

Merkezi İngiltere'de konumlanmış olmasına rağmen, faaliyet alanı uluslararası düzeydedir. Kuruluş, özellikle İngiltere'de taşınmaz değerlendirme süreçleri ve bu alana ilişkin tüm faaliyetlerden sorumlu otorite konumundadır. Uzmanlık alanları arasında değerlendirme, varlık ve tesis yönetimi, yapı denetimi, ticari gayrimenkuller, inşaat ekonomisi, proje yönetimi, arazi etütleri, çevre, finans ve genel değerlendirme uygulamaları bulunmaktadır. RICS'e kabul edilen meslek mensuplarına "Chartered Surveyor" (Lisanslı Eksper) unvanı verilmekte olup, bu unvan, imza yetkisiyle birlikte mesleki yeterliliğin uluslararası düzeyde bir göstergesi olarak kabul görmektedir (RICS, 2025).

Seçili Ülkelerde Kullanılan Toplu Taşınmaz Değerleme Sistemleri

1. Hollanda

Ülkede yer alan 458 belediyenin kamu faaliyetlerinin icrasında Otomatik Değerleme Modelleri (Automated Valuation Models-AVM) entegrasyonu zorunlu kılınmıştır. Uluslararası Değerleme Standartları referans alınarak Taşınmaz Değerlendirme Konseyi'nin 2006 tarihli değerlendirme modelleri kalite standartları, değerlendirme sonuçlarının doğruluğu ve süreçlerin etkinliğinin optimizasyonunu hedeflemektedir. Konsey, belediyelerin değerlendirme prosedürlerini denetleyerek belirlenen kalite standartlarına riayetini güvence altına almaktadır. Belediyeler yıllık periyotlarla taşınmazların tahmini piyasa değeri olan, kriter seti ve otomatik skorlamaya dayalı puanlama yöntemiyle hesaplanan WOZ (Wet Waardering Onroerende Zaken) değerini belirlemektedir. Değerleme metodolojisinde konutlar için emsal karşılaştırma, ticari taşınmazlar için ise gelir kapitalizasyonu veya yeniden inşa maliyeti gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır. Elde edilen değerlendirme sonuçları, belediyeler, su yönetim otoriteleri ve

merkezi hükümet tarafından vergi tahsilatında kullanılmaktadır (Kathmann ve Kuijper, 2006).

2. İngiltere

Ülkedeki taşınmaz değerlemesi faaliyetleri, bina ve taşınmazlarla ilgili tüm faaliyetler 1868 yılında Birleşik Krallık'ta kurulmuş ve dünya genelinde gayrimenkul, inşaat, altyapı ve çevre konularında standartlar belirleyen bağımsız, profesyonel bir kurum olan Kraliyet Yetkili Değerleme Uzmanları Kurumu (Royal Institution of Chartered Surveyors; RICS) tarafından yürütülmektedir. RICS, tüketicileri ve işletmeleri korumak, en yüksek düzeyde profesyonelliği sağlamak için önde gelen uluslararası standartlar geliştirir ve uygular. RICS'in yayımladığı Kırmızı Kitap, değerlendirme faaliyetlerindeki zorunlu kuralları, Değerleme Standartlarını ve de değerlemecilerin meslek ilkelerini içermektedir (RICS,2025). RICS, uluslararası alanda tanınan bir meslek kuruluşudur ve Türkiye'de, SPK ve BDDK lisanslarına sahip birçok değerlendirme uzmanı aynı zamanda RICS üyesi (MRICS) unvanını da taşımaktadır. RICS üyeliği, uluslararası işlerde çalışmak isteyen profesyoneller için önemli bir prestij ve tanınırlık sağlar (Erdoğan, 2017). İngiltere'deki toplu değerlendirme uygulamaları genellikle hükümete vergi ve yardımları desteklemek için gereken değerlemeleri ve mülk tavsiyelerini sağlayan Değerleme Ofisi Ajansı (Valuation Office Agency-VOA) ile yerel yönetimler tarafından yürütülmektedir. VOA tarafından verilen değerlendirme hizmeti özellikle doğru vergilendirme ve mükellefin ihtiyaç duyduğu bilgiyi aktarabilmek için şeffaflık ilkesi ile hizmet vermektedir. Hem konut hem ticari emlak için beyana dayalı değerlendirme verilerini bir araya getirir. GIS destekli kitlesel analizler ve bölge bazlı emsal fiyat modelleri uygular. (VOA 2025). Gelir ve Gümrük İdaresi'nin yürütme kuruluşu olan VOA, mülk vergilerinin belirlenmesi ile İngiltere'deki yerel yönetimlere kira değerlendirme hizmetleri sunmakta; ayrıca özel kiralık konutlarda yaşayan hak sahiplerinin konut yardımı başvurularının değerlendirilmesinde çeşitli değerlendirme hizmetleriyle destek sağlamaktadır. Nisan 2017'de, VOA tarafından Council Tax (Belediye Vergisi) vergi bandını belirlemek için yapılan değerlemelerin yer aldığı "Check Challenge Appeal" (Kontrol Et, İtiraz Et, Temyiz Et-CCA) süreci çevrimiçi hizmet olarak yürütülmeye başlanmıştır (VOA, 2025).

3. Almanya

Almanya'da kadastro faaliyetleri 19. yüzyılın başlarına dayanır. Başlangıçta vergi amaçlıyken, 1900'lerde arazi kayıt sistemiyle mülkiyet güvencesi ön plana çıkmış, grafik bilgiler kayıtların parçası olmuştur. Kadastro, vergi aracı olmaktan çıkıp mülkiyet haklarını koruyan modern bir sistem haline gelmiştir. Almanya'da bir taşınmazın kimliği, iki temel kayıt sistemiyle tanımlanır: Grundbuch ve kadastro haritaları. Grundbuch,

taşınmaza ait mülkiyet bilgilerini ve hukuki geçmişini kayıt altına alırken; kadastro haritaları, onun fiziksel konumunu ve sınırlarını detaylı biçimde gösterir. Bu iki sistem birlikte çalışarak taşınmazın hem yasal hem de mekânsal kimliğini oluşturur. Tıpkı bir bireyin kimlik bilgilerinin güncelliğinin önemli olması gibi, bu kayıtların da sürekli olarak güncellenmesi ve tutarlılığının sağlanması gerekir. Böylece taşınmazla ilgili işlemler güvenli, şeffaf ve doğru bir zeminde yürütülebilir (Hawerk, 2001a).

Almanya'da mülkiyetle ilgili kayıtların tesisi ve muhafazası, tapu ve kadastro dairelerinin yetki alanıdır. Tapu daireleri, eyalet adalet sistemine entegre bir şekilde, çoğunlukla yerel mahkemeler bünyesinde faaliyet göstermektedir. Taşınmaz işlemlerinde süreç, noterler tarafından hazırlanan sözleşmelerle başlar ve bu belgeler, tapu sicil memurları tarafından incelenerek resmi kayıtlara işlenir. Noter tasdikli bu sözleşmeler, hukuki işlemlerin yanı sıra taşınmaz değerlerinin belirlenmesinde de merkezi bir rol üstlenir. Söz konusu belgelerin bir nüshası, taşınmaz değer tespiti ve yıllık raporlamadan sorumlu Değerleme Uzmanları Komitesi'ne iletilir. Komite bünyesinde, kadastro dairelerinden seçilen temsilciler de yer almaktadır. Baviera eyaleti ile birlikte toplam 16 eyaletten oluşan ülkede yapısal farklılıklar gözlemlenebilmekle birlikte, ofislerin üstlendiği fonksiyonlara (örneğin, arazi değerlemesi, imar planlaması) göre de eyaletler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Değerleme Uzmanları Komitesinin operasyonları büyük ölçüde kadastro daireleri içerisinde gerçekleştirilmektedir. Vergilendirme (Grundsteuer-eylak vergisi) ile ilgili hesaplamasının temelini eyaletlerin Değerleme Uzmanları Komitesinin çalışmaları oluşturur (Hawerk, 2001b).

Baviera'da bulunan Gayrimenkul Değerleri Üst Değerleme Komitesi, gayrimenkul değerlerini inceleyen bağımsız bir üst komitedir. Bir başkan ve 25 uzmandan oluşur. Bütün yerel komitelerin verilerini toplar, iki yıllık süreçlerle Baviera ve Almanya Gayrimenkul Piyasası Raporu hazırlar ve değerlendirme standartları önerirler. Bu komitenin işlerini Aşağı Baviera Hükümeti yürütür. Gerekirse, Landshut şehri üzerinden yerel komitelerden destek alabilirler. Almanya Federal Cumhuriyeti'ndeki Üst Uzman Takviyeleri, Merkezi Ticaret ve Uzman Komiteleri Çalışma Grubu tarafından yayımlanan Almanya Gayrimenkul Piyasası Raporunda yer alan taşınmaz piyasası analizleri, emsal karşılaştırma, gelir ve maliyet yöntemleri ile hesaplanan yaklaşık pazar bilgisine dayanmaktadır. Raporda, emlak piyasasındaki satış rakamları hakkında bilgi yer alıyor (Arazi ve para satışları, fiyat seviyeleri ve kısmi konut gayrimenkulleri, birikmiş ticari gayrimenkul, bina mülkü ve tarım ve ormancılık mülkleri üzerindeki fiyat gelişmeleri gibi) (Grundstücksmarkt, 2025).

4. İsviçre

26 kantondan (idari bölüm) oluşan İsviçre'deki toplu değerlendirme sistemi, genellikle emlak vergisi (Vermögenssteuer ve Grundstücksteuer) gibi vergilerin hesaplanmasında kullanılan, kantonların kendi yetki alanlarında uyguladığı bir yöntemler bütünüdür. Bu sistemde genellikle emsal karşılaştırması, endeksleme ve model temelli yaklaşımlar tercih edilir. Ancak uygulamanın detayları ve değerlendirme sıklığı, kantondan kantona farklılık gösterebilir. Kanton vergi idareleri bünyesindeki müstakil birimler tarafından icra edilen taşınmaz değerlendirme faaliyetleri, bu birimlerde, tam ve yarı zamanlı görevlendirilmiş uzman değerlemeciler tarafından icra edilmektedir. Ek olarak, 26 kantonun temsil edildiği ve periyodik olarak toplanarak bilgi alışverişinde bulunulan federal düzeyde bir komite, ülke genelinde uygulama birliğinin tesisine katkı sağlamaktadır. İsviçre'deki değerlendirme süreçleri, emsal satış fiyatları ile taşınmazların fiziksel ve konumsal niteliklerinin entegre edildiği sistemler üzerine inşa edilmektedir. Satış fiyatları, noter tasdikli akitlerden elde edilmekte olup, bu verilerin elektronik kanallar vasıtasıyla değerlendirme ofislerinden tapu sicil müdürlüklerine iletimi mümkündür. Kantonlardaki değerlendirme ve tapu birimlerinin aynı bakanlık çatısı altında bulunması da bu veri akışını ve erişilebilirliğini optimize etmektedir. Taşınmazlara ait niteliksel veriler (örneğin, yüzölçümü, yapı tipi, kullanım amacı), genellikle mükelleflerin beyanları esas alınarak değerlendirme ofisi personeli tarafından derlenmektedir. Taşınmazlarda meydana gelen fiziksel veya fonksiyonel değişiklikler ise ilgili belediyeler tarafından bildirilmekte, bu sayede sistemin dinamik güncelliği sağlanmaktadır (Yomralıoğlu ve ark., 2011; Çete, 2008).

5. Danimarka

Danimarka, taşınmaz değerlendirme sistemini yüksek düzeyde merkezileştirilmiş, dijitalleşmiş ve şeffaflık odaklı bir yapıyla sürdürmektedir. Bu sistem, vergilendirme amacıyla gerçekleştirilen kitlesel değerlendirme uygulamaları çerçevesinde yapılandırılmıştır. Değerleme faaliyetleri, yalnızca yasal bir temele değil, aynı zamanda sağlam bir kurumsal altyapıya ve güncel teknoloji destekli veri yönetim sistemlerine dayanmaktadır. Danimarka'da taşınmaz değerlendirme süreçleri, başta Değerleme Kanunu (Vurderingsloven) olmak üzere, değerlendirme sonuçlarına yönelik itiraz prosedürlerini düzenleyen Vergi Yönetimi Kanunu (Skatteforvaltningsloven) ile hukuki zemin bulmaktadır. Bu iki temel yasa, değerlemenin kapsamı, sorumluluk alanları ve mükellef hakları gibi konuları belirlemektedir. Ayrıca, uygulamaya ilişkin teknik detaylar ve metodolojik ilkeler, Değerleme Rehberi (Vurderingsvejledning) kapsamında açıklanmaktadır. Vergilendirme amaçlı taşınmaz değerlemeleri, merkezi idareye bağlı olarak faaliyet gösteren Gümrükler ve Vergi İdaresi (SKAT) bünyesinde yürütülmektedir. 1 Kasım

2005 tarihinde gerçekleştirilen yapısal reform ile daha önce belediyeler düzeyinde sürdürülen değerleme faaliyetleri, SKAT'a devredilmiş; böylece ülke genelinde sekiz bölgesel alt birim aracılığıyla koordineli bir değerleme modeli benimsenmiştir. Bu dönüşüm, standartlaşma, veri bütünlüğü ve verimlilik açısından önemli kazanımlar sağlamıştır. 1960–1980 yılları arasında gerçekleştirilen dijital dönüşüm sürecinde; taşınmazlara ilişkin arazi ve yapı tanımlayıcıları, işlem fiyatları, değerleme sonuçları ile vergi mükelleflerine dair demografik bilgiler sistematik biçimde sayısal ortama aktarılmıştır. Bu dijital veri tabanları, kitlesel değerleme modellerinin temelini oluşturmaktadır. Danimarka'da noterlik sistemi bulunmamaktadır. Değerleme sürecinde satış beyannameleri ile bina ve konut veri tabanında yer alan veri setlerinden faydalanılmaktadır. Danimarka'da taşınmazların vergisel değerleri, kitlesel değerleme (massevurdering) yaklaşımıyla belirlenmektedir. Bu yöntemde; satış fiyatlarının istatistiksel analizine dayalı modeller uygulanmakta, taşınmaz özellikleri ile pazar verileri eşleştirilerek otomatik değer hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Modellemelerde hem konumsal hem de yapısal nitelikler dikkate alınmaktadır. Vergi mükelleflerinin belirlenen değerlere yönelik itirazlarını azaltmak amacıyla, değerlemeye esas alınan tüm veriler ile hesaplama yöntemleri tebligatlarda açık biçimde belirtilmektedir. Bu uygulama, şeffaflığı artırmakta ve kamuoyunun sisteme duyduğu güveni güçlendirmektedir. Danimarka'da doğrudan değer haritaları üretilmemekle birlikte, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yoğun biçimde kullanılmaktadır. Danimarka'nın taşınmaz değerleme sistemi, güçlü yasal temelleri, merkezileşmiş ve dijitalleşmiş kurumsal yapısı, şeffaf bilgi sunumu ve gelişmiş teknik altyapısıyla hem vergi adaletini sağlama hem de mükellef güvenliğini tesis etme açısından oldukça başarılı bir model teşkil etmektedir (Yomralıoğlu ve ark., 2011; Müller, 2002).

6. ABD

Amerika Birleşik Devletleri'nde taşınmazların vergilendirilmesi amacıyla yürütülen toplu değerleme faaliyetleri, çok sayıda mülkün standardize edilmiş yöntemlerle eşzamanlı olarak değerlendirilmesini hedefleyen sistematik bir süreçtir. Bu süreçler, başta Gelir İdaresi Bakanlığına bağlı çeşitli Değerleme Komiteleri olmak üzere, ilgili yerel idarelerce yürütülmektedir. Federal bir yönetime sahip olan ABD'de, taşınmaz değerleme uygulamaları esasen eyalet ve yerel yönetim düzeyinde organize edilmekte olup, ülke genelinde tekdüze bir modelden söz etmek mümkün değildir. Bu bağlamda, değerleme sistemleri uygulama biçimi, sıklığı ve yasal çerçevesi açısından eyaletler arasında, hatta yerel yönetimler düzeyinde kayda değer farklılıklar sergilemektedir. Değerleme faaliyetlerinin kurumsal ve etik standartlara uygunluğunu sağlamak amacıyla, ülke genelindeki değerleme uygulamaları Appraisal Institute (Değerleme Enstitüsü) tarafından sürekli olarak izlenmekte ve denetlenmektedir. Uygulamada en sık başvuru alan veri

kaynaklarından biri, taşınmaz alım-satım işlemlerine ilişkin taraf beyanlarıdır. Bu beyanlar, işlem bedelleri başta olmak üzere satışa dair çeşitli bilgileri içermekte olup; işlem vergilerinin görece düşük olması ve yanıltıcı beyanlara karşı uygulanan caydırıcı mali yaptırımlar, verilerin güvenilirliğini artıran başlıca unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, beyan edilen fiyatların piyasa gerçekliğine yakın olmasını sağlayarak, değerlendirme modelleri için istatistiksel anlamda yüksek kaliteli girdi verisi üretmektedir (Erdem, 2017).

Vergiye esas taşınmaz değerlerinin belirlenmesinden sorumlu temel aktörler, ilçe (county), şehir (city) veya kasaba (township) düzeyindeki yerel yönetimlerdir. Her bir yönetim birimi, kendi sınırları içerisindeki taşınmazların piyasa değerini belirlemekle görevli olan bir değerlendirme ofisi (Assessor's Office veya Appraisal District) yapılandırmıştır. Taşınmaz değerlemesinde kullanılmak üzere verilen yazılımların kullanım izinleri eyaletlerdeki otoriteler tarafından yenilenir. ABD'de Montana ve Maryland eyaletleri hariç merkezi hükümet yararına yapılan değerlemeler sınırlandırılmıştır ve yalnızca yollar ve kamu malları için izin verilmiştir. Amerika'nın 50 eyaletinden 37 tanesindeki değerlendirme işlemlerinde şeffaf fiyat politikası izlenir. Modern değerlendirme uygulamaları büyük ölçüde CAMA (Computer-Assisted Mass Appraisal) sistemlerine dayanmaktadır. Bu sistemler, taşınmazlara ait fiziksel özellikler (alan, yapı türü, yaşı, konumu vb.), geçmiş satış fiyatları, pazar eğilimleri gibi çok boyutlu verileri işleyerek otomatik istatistiksel modelleme yoluyla değer tahmininde bulunur. Toplu değerlendirme sürecinde klasik bireysel değerlendirme tekniklerinin (Emsal Karşılaştırma, Maliyet ve gelir kapitalizasyonu yöntemi) adaptasyonuna kullanılan yöntemlere dayanmaktadır. Değerleme sonuçlarının kontrolü amacıyla başka bir yöntem veya kişilere yaptırılan sonuçlar karşılaştırılır ve yerel denetleme kurullarının onayı gereklidir (Barańska, 2013). Araştırma kapsamına alınan ülkelerdeki kurumsal yapılanmaya ilişkin veriler Çizelge 1.'de sunulmuştur.

Çizelge.1. Araştırma Kapsamındaki Ülkelerin Değerleme Sistemlerinin Kurumsal Yapıları (Erdem, 2017).

Ülke	Ülkelerin Kurumsal Yapılanma Şekli		
	Sorumlu/Yapan	Denetim ve/veya Danışmanlık	Yardımcı
Hollanda	Belediyeler Polderboard	Taşınmaz Değerleme Konseyi	Özel Değerleme Şirketleri
İngiltere	Kamu Değerleme Kurumu	Değerleme Ofisi Ajansı	Değerleme Standartları Konseyi (IVSC) Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Kurumu (RICS)

Almanya	Değerleme Uzmanları Komitesi	Değerleme Uzmanları Yüksek Komitesi	Değerleme Uzmanları Komitesi Lisanslı Özel Değerlemeciler
İsviçre	Vergi İdareleri	Taşınmaz Değerleme Uzmanları Komitesi	Özel Değerleme Şirketleri
Danimarka	Gümrükler ve Vergi İdaresi	Taşınmaz Değerleme Konseyi	Özel Değerleme Şirketleri
ABD	Değerleme Kurumu Belediyeler	Değerleme Enstitüsü	Değerleme Komitesi Özel Değerleme Şirketleri

Araştırma kapsamına alınan ülkelerin taşınmaz değerleme sistemleri, teknik yapı açısından büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Bu ortak yapının temelini, alım-satım fiyatlarını içeren kapsamlı veri kayıtları ile taşınmazların fiziksel ve hukuki özelliklerini barındıran dijital veri tabanlarının varlığı oluşturmaktadır. Ayrıca, bu ülkelerde toplu değerlendirme yöntemleri, değerlendirme sürecinin merkezine yerleştirilmiş durumdadır. İncelenen ülkelerde taşınmaz değerlemelerinde kullanılan işlem fiyatları genellikle noter onaylı satış sözleşmelerinden elde edilmektedir. Ancak bazı yargı bölgelerinde kadastro belgeleri gibi farklı resmî kayıtlar da kaynak olarak değerlendirilmektedir (Bkz. Çizelge 2.) (Erdem, 2017).

Çizelge.2. Değerleme Sistemleri Kullanan Ülkelerde Taşınmaz Alım-Satım Fiyatları Verilerinin Kaynağı (Erdem, 2017).

Ülke	Taşınmaz Alım/Satım Fiyatları Kaynağı
Hollanda	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler
İngiltere	Lisanslı Değerleme Uzmanları Kraliyet Enstitüsü (RICS) ve Uluslararası Değerleme Standartları Komitesi (IVSC)'nin ürettiği norm veriler
Almanya	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler
İsviçre	Noterler tarafından hazırlanmakta olan sözleşmeler
Danimarka	Belediyelerin değerlendirme idaresine gönderdiği beyannameler
ABD	Alıcı ve satıcıların beyanları (alım-satım vergileri düşüktür ve yanlış değer beyanında bulunanlara ağır para cezası öngörülmektedir).

Türkiye’de Taşınmaz Değerleme Sistemleri

Türkiye’de taşınmaz değerlendirme politikası, henüz kurumsal bütünlüğe kavuşmuş, sürdürülebilir ve uluslararası normlarla tam uyumlu bir sistematik yapı arz etmemektedir. Bu alan; genellikle kentsel rantın adil olmayan biçimde dağılımı, özelleştirme uygulamalarında ortaya çıkan fiyatlandırma sorunları, emlak vergilendirmesindeki yapısal adaletsizlikler ve makroekonomik düzeyde dönemsel mali kaynak arayışlarının bir uzantısı olarak ele alınmaktadır. Değerleme süreçlerinin dağınık bir mevzuat yapısına dayanması, güncel ve entegre veri tabanlarının eksikliği ve profesyonel standartların yetersiz uygulanması gibi temel yapısal sorunlar, sistemin işleyişinde önemli aksaklıklara neden olmaktadır. Bu bağlamda, taşınmaz değerlendirme süreçlerinin kurumsal ve teknik açıdan yeniden yapılandırılması hem mülkiyet hakkının korunması hem de ekonomik karar alma süreçlerinde rasyonel ve objektif temellere dayanan bir altyapının oluşturulması bakımından artık kaçınılmaz bir gereklilik hâline gelmiştir (Yomralıoğlu, 1997).

Türkiye’de Taşınmaz Değerlemeye İlişkin Mevzuat

Türkiye’de taşınmaz değerlendirme alanında yürürlükte olan mevzuatın içerdiği terminoloji ve tanımlar arasında dikkate değer düzeyde uyumsuzluklar bulunmaktadır. Taşınmaz değerlendirme kavramının bütüncül ve sistematik bir yaklaşımla ele alınamaması, farklı kurum ve uygulamalarda birbirinden ayrılan değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasına neden olmaktadır. Bu parçalı yapı, aynı taşınmaza ilişkin farklı değerlendirme sonuçlarının ortaya çıkmasına yol açmakta ve değerler arasındaki bu belirgin sapmalar hem ekonomik istikrarı hem de toplumsal adalet algısını olumsuz etkilemektedir (Yomralıoğlu, 2000). Uygulamada yaşanan bu dağınıklık, hem özel sektör yatırımlarında güven sorunlarına, hem de kamu politikalarında kaynak tahsisi ve vergi adaleti gibi temel ilkelerin zedelenmesine neden olabilmektedir. Bu durum, taşınmaz değerlendirme sisteminin daha tutarlı, şeffaf ve normlara dayalı bir yapıya kavuşturulması gerektiğine işaret etmektedir.

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası’nın ilgili hükümleri, kamulaştırma, devletleştirme ve özelleştirme işlemlerinde taşınmazların reel piyasa değerlerinin temel alınmasını ve bu değer tespit metodolojilerini içeren bir kanun yapılmasını gerektirmektedir. Ülkede taşınmaz değerlendirme alanındaki en kapsamlı normatif düzenleme, 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu’dur. Bu kanun, kamulaştırma süreçlerinde değer tespitiyle yetkilendirilen değerlendirme komisyonlarının teşkilat yapısını, tatbik edilecek değerlendirme tekniklerini ve nazara alınması gereken temel kriterleri detaylı bir şekilde tanımlamaktadır.

Taşınmazların vergilendirilmesine yönelik değerlendirme esasları ise 1319 sayılı Emlak Vergisi Kanunu, 213 sayılı Vergi Usul Kanunu, 193 sayılı

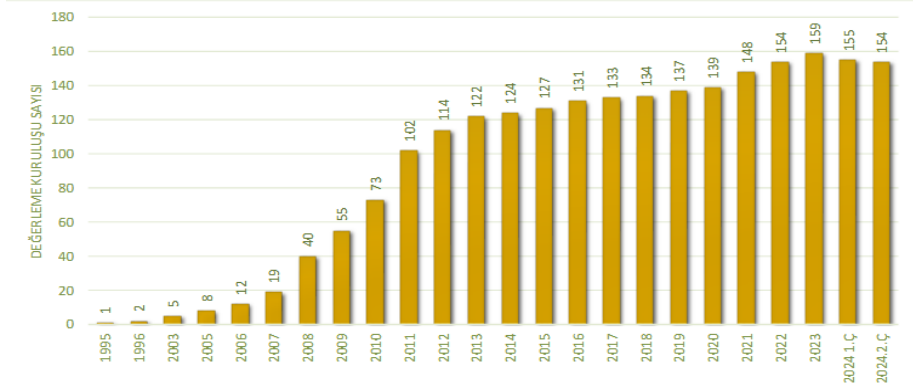
Gelir Vergisi Kanunu ve ilgili Vergi Değer Takdir Yönetmeliği çerçevesinde düzenlenmektedir. 6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu, Sermaye Piyasası Kurulu'nun (SPK) taşınmaz değerlendirme alanındaki yetki ve sorumluluklarını ve Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği (TDUB)'nin hukuki statüsünü ve görevlerini belirlemektedir. 2000/1384 sayılı Tapu Sicil Tüzüğü, irat ve ipotek senetlerine ilişkin değerlemelerde görevlendirilecek komisyon üyelerini ve uygulanacak değerlendirme metodlarını spesifik olarak açıklamaktadır. Vergi Değeri Olmayan Taşınmazların Değerlemesi Hakkında Yönetmelik, taşınmazların kadastro ve yargı harçlarının hesaplanmasına yönelik değerlendirme usullerini tarif etmektedir. 5411 sayılı Bankacılık Kanunu kapsamında bankalara değerlendirme hizmeti sunan kuruluşların yetkilendirilme süreçleri ve faaliyet kapsamı ise ilgili yönetmelik ile düzenlenmektedir. Son olarak, SPK'nın ilgili tebliği, SPK mevzuatı dahilinde değerlendirme hizmeti sunan şirketlerin kayıt altına alınma prensiplerini tesis etmekte olup, aynı zamanda değerlendirme mesleğinin kurumsallaşması, değerlendirme uzmanlarının eğitimi ve mesleki disiplinin sağlanması amacını gütmektedir (Açlar ve ark., 2003).

Türkiye'de taşınmaz değerlendirme faaliyetleri, çeşitli aktörler tarafından icra edilmektedir. Bunlar arasında yargı mercileri bünyesindeki bilirkişi heyetleri, 20'den fazla kamu kurumunun kendi iç mevzuatları doğrultusunda oluşturduğu değerlendirme komisyonları ile lisanslı ve lisanssız özel sektör değerlendirme uzmanları bulunmaktadır (Çete, 2008; Nişancı, 2005).

Kurum komisyonları, kendi özel ihtiyaçlarına yönelik değer tespitleri gerçekleştirmektedir. Komisyonların bünyesinde, değer konusu taşınmazın niteliğine göre harita mühendisliği, inşaat mühendisliği, ziraat mühendisliği ve iktisat gibi farklı disiplinlerden uzmanlar yer alabilmektedir. Ancak, bu komisyon üyelerinin gayrimenkul değerlendirme alanında spesifik bir lisans veya sertifikaya sahip olma zorunluluğu bulunmamaktadır. Yalnızca kamulaştırma davalarında görevlendirilen teknik bilirkişiler, ilgili meslek odalarınca düzenlenen eğitim programlarına katılım sağlamakla yükümlüdür. Özel sektörde ise hem SPK tarafından lisanslandırılmış hem de lisanssız değerlendirme uzmanları faaliyet göstermektedir. 2002 yılında lisanslı gayrimenkul ve konut değerlendirme uzmanlarının Türkiye'deki değerlendirme sistemine dâhil edilmesi, bu meslek grubunu temsil edecek kurumsal bir yapıya olan ihtiyacı gündeme getirmiştir. Bu ihtiyaç doğrultusunda, Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği (TDUB), 2007 yılında kamu tüzel kişiliğine sahip bir meslek kuruluşu olarak kurulmuş; 2010 yılı itibarıyla da aktif olarak faaliyetlerine başlamıştır. Mevzuat uyarınca, değerlendirme uzmanlarının bu birliğe üye olmaları yasal bir zorunluluktur. Ne var ki, SPK'nın yetkilendirme görevi, sadece Sermaye Piyasası Mevzuatı'na dahil olan lisanslı gayrimenkul değerlendirme şirketleriyle sınırlı kalmaktadır. Değerleme uzmanlarının lisans sınavlarını düzenleyen merci de SPK olmasına rağmen, bu otorite sadece lisanslı şirketler üzerinde hüküm sürmektedir. Bu durum, diğer gayrimenkul

şirketlerinin SPK'nın denetimi ve standartları dışında kalmasına yol açarak, sektörde bir boşluk ve potansiyel bir düzenleme eksikliği yaratmaktadır. Öte yandan, Sermaye Piyasası Kurulu, yalnızca Sermaye Piyasası Mevzuatı çerçevesinde değerlendirilecek lisanslı gayrimenkul değerlendirme şirketlerini listeye almakla yetkilidir. Değerleme uzmanlarının lisanslama sınavlarını da organize eden SPK'nın yetkisi sadece bu lisanslı şirketlerle sınırlıdır. Başka bir deyişle, diğer gayrimenkul şirketleri SPK'nın belirlediği kurallara uymak zorunda değildir (Çete, 2012).

2499 sayılı (yeni 6362 sayılı) Sermaye Piyasası Kanunu'nun 22. maddesi, 4487 sayılı Kanunla yapılan değişiklik sonrası, değerlendirme hizmeti verecek kuruluşlara dair yasal zemini oluşturmuştur. Bu kapsamda, sermaye piyasasında faaliyet gösterecek değerlendirme şirketlerinin hangi niteliklere sahip olması gerektiği ve bu şirketlerin SPK tarafından listeye alınma süreçleri, Seri: VIII, No:35 sayılı Tebliğ ile ayrıntılı şekilde belirlenmiştir. Tebliğin temel amacı, sermaye piyasası mevzuatına tabi ortaklıkların, düzenlemeler gereği zorunlu olarak yaptıracakları taşınmaz değerlemelerinde hizmet verecek olan gayrimenkul değerlendirme şirketlerinin sahip olması gereken kriterleri tanımlamak ve bu şirketlerin listeye alınmasına ilişkin esasları açıklamaktır. Bu düzenlemelere göre, taşınmaz değerlendirme işlemleri yalnızca SPK tarafından yetkilendirilmiş Gayrimenkul Değerleme Şirketleri (GDŞ) aracılığıyla yapılabilecektir. GDŞ'ler, bir taşınmazın ya da ona bağlı hak ve projelerin belirli bir tarihteki muhtemel piyasa değerini — bağımsızlık ve tarafsızlık ilkelerine bağlı kalarak — uluslararası standartlara uygun şekilde raporlayan, konusunda uzman değerlendirme profesyonelleriyle faaliyet gösteren kurumlardır. Bu şirketler, aynı zamanda SPK mevzuatında "ekspertiz şirketi" olarak tanımlanmaktadır (Yomralıoğlu ve ark., 2011). 30 Haziran 2024 tarihi itibarıyla SPK tarafından yetkilendirilen gayrimenkul değerlendirme kuruluşlarının toplam sayısı 154'dür. Yıllara göre gayrimenkul değerlendirme kuruluşu sayıları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şeki.1. Yıllara Göre Değerleme Kuruluşu Sayıları (MKK Gayrimenkul Bilgi Merkezi A.Ş. 2024 Yılı 2. Çeyrek Değerleme Sektörü Analiz Raporu)

Sektörde Görev Yapan Gayrimenkul Değerleme Uzmanlarının İstihdam Durumları

2024 yılının ikinci çeyreği itibarıyla, gayrimenkul değerleme sektöründe denetmenler de dâhil olmak üzere toplam 6.011 değerleme uzmanı görev yapmıştır. Bu uzmanlardan 5.287'si aktif olarak rapor hazırlama süreçlerinde yer almış olup istihdam şekilleri Çizelge 3.'te sunulmaktadır.

Çizelge 0. Sektörde Çalışan Sayısı (MKK Gayrimenkul Bilgi Merkezi A.Ş. 2024 Yılı 2. Çeyrek Değerleme Sektörü Analiz Raporu)

	GAYRİMENKUL DEĞERLEME UZMANI	DEĞERLEME UZMANI ORTAK (*)	TOPLAM
Sektördeki Gayrimenkul Değerleme Uzmanları (Denetmenler dahil)	5.546	465	6.011
Kadrolu Gayrimenkul Değerleme Uzmanları	3.326	465	5.287
Sözleşmeli Gayrimenkul Değerleme Uzmanları	1.496		
Toplam Gayrimenkul Değerleme Uzmanları (Denetmenler hariç)	4.822	465	5.287

(*) Ortak : 2024 yılı 2. çeyrek döneminde bir süre kadrolu, bir süre sözleşmeli olarak görev almış çalışanlardır.

Türkiye'de Taşınmaz Değerleme Süreçleri

Türkiye'de taşınmaz değerleme uygulamaları, uluslararası alanda kabul görmüş üç temel yönteme (maliyet yaklaşımı, gelir yaklaşımı ve emsal

karşılaştırma yöntemi) dayanmaktadır (Yomralıoğlu, 1997). Ancak bu yöntemlerin etkin şekilde kullanılabilmesi, sağlıklı ve erişilebilir veri altyapısına bağlıdır. Ne yazık ki Türkiye'de, taşınmazlara ait fiziksel özellikler ile işlem fiyatlarını içeren merkezi ve dijital bir veri havuzu bulunmamaktadır. Bu durum, değerlendirme uzmanlarını farklı kurumlardan manuel veri toplamaya zorlamaktadır.

Uzmanlar, bir gayrimenkulün mülkiyet durumu, ipotek ve benzeri kısıtlamaları ile satış bedellerini öğrenmek için tapu müdürlüklerine; fiziksel özellikleri ve vergi değerlerine ulaşmak için belediyelere; emsal satış verileri için ise farklı kamu ve özel kuruluşlara başvurmak zorunda kalmaktadır. Bu da sürecin hem zaman alıcı hem de kurumsal açıdan parçalı yürütülmesine yol açmaktadır. Bu alandaki önemli bir gelişme ise Türkiye Değerleme Uzmanları Birliği (TDUB) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında imzalanan ve değerlendirme uzmanlarının çevrim içi tapu kayıtlarına erişimini öngören protokollerdir. Ancak bu sistemin tam anlamıyla işler hale gelebilmesi için veri erişim yöntemleri, yetkilendirme süreçleri ve olası kısıtlamalar gibi konularda kapsamlı teknik düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Öte yandan, Türkiye'de taşınmaz değerlendirme süreçleri çeşitli kanun, yönetmelik ve tebliğlerle düzenlenmiş olsa da uygulayıcılar için kapsamlı ve tekil bir yasal çerçevenin eksikliği dikkat çekmektedir. Bu noktada başvurulabilecek temel kaynak, yalnızca Uluslararası Değerleme Standartları'nın (IVS) Türkçe çevirisidir. TDUB ise, IVS'yi Türkiye'nin koşullarına uyarlayarak özgün Türk Değerleme Standartları'nı oluşturmak üzere çalışmalarını sürdürmektedir (Çete, 2012).

Çeşitli Uygulamalarda Taşınmaz Değerlemesinde Karşılaşılan Sorunlar

1. Kamulaştırma

Taşınmaz işlemlerinde süreç, özellikle 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nda belirtilen usul ve esaslara göre yürütülmektedir. Söz konusu kanun, kamulaştırmaya konu olan taşınmazın hangi ölçütlere göre ve hangi kurumlarca değerlendirileceğini açık biçimde tanımlar. Kamulaştırma, doğrudan mülkiyet hakkına müdahale anlamına geldiğinden, taşınmazın değerinin adil, şeffaf ve nesnel biçimde belirlenmesi hem hukuki güvence hem de sosyal adalet açısından kritik öneme sahiptir. Ancak uygulamada, idareler tarafından belirlenen kamulaştırma bedelleri çoğu zaman malikler tarafından yeterli bulunmamakta ve bu durum yargıya taşınmaktadır. Yapılan itirazların önemli bir kısmı mahkemelerce haklı bulunmakta, bu da davaların büyük ölçüde malikler lehine sonuçlanmasına neden olmaktadır (Yomralıoğlu, 1995). Bu tablo, kamulaştırma sürecinde kullanılan değerlendirme yöntemlerinin daha sağlam ve güvenilir bir yapıya kavuşturulması gereğini açıkça ortaya koymaktadır.

Kamulaştırma süreçlerinde, uluslararası kabul görmüş değerlendirme metodolojilerinin uygulanması ve bu alanda yetkin, piyasa dinamiklerine hakim deneyimli değerlendirme uzmanlarının entegrasyonu, kaynak tahsisinin optimizasyonunu temin edecek, uzun süreli hukuki ihtilafların önlenmesine katkı sağlayacak ve adaletin daha hızlı ve hakkaniyetli bir şekilde tecelli etmesine olanak tanıyacaktır. Bu yaklaşım hem kamu idaresi hem de mülkiyet sahipleri açısından daha şeffaf, dengeli ve sürdürülebilir bir kamulaştırma döngüsünün tesisini mümkün kılacaktır (Değirmenciler, 2008).

2. Vergi Mevzuatı ve Vergilendirme

Vergi Usul Kanunu kapsamında arsa ve arazilerin asgari birim değerlerinin belirlenmesi, takdir komisyonlarının görev alanına girmektedir. Bu komisyonlar, Emlak Vergisi Kanunu'nda tanımlanan esaslar ile bu kanun doğrultusunda hazırlanan tüzük çerçevesinde çalışmalarını yürütmekte; gerekli hallerde bilirkişilere başvurma yetkisine de sahiptir. Ancak pratikte, bu sürece dair profesyonel desteğin yeterince etkin kullanılmadığı dikkat çekmektedir. 1972 yılında 15 Mart tarihli ve 14129 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren ve hâlen geçerliliğini koruyan *Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük*, bina, arsa ve arazilerin vergi değerlerinin nasıl belirleneceğini ayrıntılı bir biçimde açıklamaktadır. Tüzükte; şehir, kasaba ve köylerin doğal, ekonomik ve bölgesel koşullarının dikkate alınacağı; hangi kriterlerin temel alınacağı, mükelleflerden hangi bilgilerin talep edileceği ve tarım arazilerinin verimlilik düzeyine göre nasıl değerlendirileceği açıkça belirtilmiştir. Tüzük ayrıca, vergi dairelerinin sorumluluk alanındaki gayrimenkullerin değerlemesinde kullanılmak üzere, yerel bayındırlık, tarım, imar-iskân, orman, tapu-kadastro, belediye ve özel idare birimlerinden sağlanacak bilgiler doğrultusunda *vergi haritalarının* hazırlanabileceğini de öngörmektedir. Ancak günümüzde bu haritaların uygulanabilir bir biçimde hayata geçirilmediği ve kullanılmadığı görülmektedir. Bina ve arsa haritalarına ilişkin olarak, beldeler ve yerleşim alanlarının bina ve arsa değerleri temelinde bölgelere ayrılması, bu bölgelerin ise meydan, sahil, ana cadde, cadde ve sokaklar gibi alt birimlere ayrılması gerektiği ifade edilmektedir. Arazi haritalarında ise şehir, kasaba ve köy bazında; arazilerin türü, sınıfı ve kullanım şekillerine göre sınıflandırma yapılması öngörülmektedir (Değirmenciler, 2008).

3. Yerel Yönetim Uygulamaları

23.07.2004 tarihli ve 25531 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ve 13.07.2005 tarihli ve 25874 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 5393 sayılı Belediye Kanunu, yerel yönetimlere coğrafi bilgi sistemleri tesis etme ve imar planlarını belirli periyotlar dahilinde tamamlamaları yönünde hukuki bir yükümlülük getirmektedir. Söz konusu sistemlerin operasyonel hale getirilmesi, belediyelerin idari sınırları

içerisindeki mekansal yapıya bütüncül bir perspektifle yaklaşımlarına olanak sağlayacak ve bu entegrasyon çerçevesinde daha rasyonel ve kapsamlı kentsel politikaların formülasyonu mümkün hale gelecektir.

İmar Kanunu'nun 18'inci maddesi kapsamında gerçekleştirilen arazi ve arsa düzenlemeleri neticesinde, bireylerin mülkiyetindeki taşınmazlar kentsel arsa vasfı kazanmakta olup, bu aşamada uygulanan düzenlemelerin adalet prensiplerine uygunluğunun değerlendirilmesi, taşınmaz değerlendirme uzmanlığı gerektiren teknik bir süreci ifade etmektedir. Ne var ki, uygulamada yerel yönetimlerin bu türden projelerde sıklıkla profesyonel değerlendirme hizmetlerinden istifade etmedikleri gözlemlenmektedir.

İmar uygulamalarının daha adil ve etkili biçimde hayata geçirilebilmesi için, eşdeğerlik ilkesine dayanan bir yönetsel yaklaşıma duyulan ihtiyaç oldukça nettir. Mevcut uygulama pratiğinde, imar düzenlemesinin bölgede yarattığı değer artışı (pozitif dışsallık) parselasyon sürecine yansıtılmamakta; mal sahiplerine, yalnızca önceki parsellerinin yüzölçümüne denk gelen yeni arsalar verilmektedir. Bu yöntem ise, kimi malikleri daha değerli, kimilerini ise daha düşük değere sahip taşınmazlara yönlendirerek önemli ölçüde adaletsizlik yaratabilmektedir. Bu dengesizliğin ortadan kaldırılabilmesi için, imar uygulaması öncesi ve sonrası taşınmazların değerleri dikkate alınmalı; yeniden parsel dağılımı da bu değer farkları göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Böylece sadece alan değil, aynı zamanda ekonomik eşdeğerlik de sağlanmış olur. Bu tür bir yaklaşım, uygulama sahasında mülkiyet hakkı ve kamu yararı arasında daha dengeli bir ilişki kurulmasına olanak tanır (Yomralıoğlu ve ark. 2011).

Öte yandan, kentsel dönüşüm olgusu yalnızca fiziksel yapı stokunun yenilenmesiyle sınırlı olmayıp; planlama süreçleri, değerlendirme analizleri, imar uygulamaları, altyapı iyileştirmeleri ve kent yönetimi paradigmalarına ilişkin yeni yaklaşımları da ihtiva etmektedir. Bu süreç, eş zamanlı olarak kamu kurumları, özel sektör aktörleri, sivil toplum kuruluşları ve yerel toplulukların iştirakiyle şekillenen, kentsel alanların bütünlük bir yapıya kavuşturulmasını hedefleyen çok paydaşlı bir stratejiyi temsil etmektedir. Bu model dahilinde; arazi kullanımının ve yapılaşma koşullarının belirlenmesi, projede yer alacak ilgili tarafların tanımlanması, mülkiyet haklarının ve imar haklarının tespiti ile taşınmazların değerlendirilmesi, dönüşüm neticesinde oluşacak değer artışlarının hesaplanması ve bu değerlerin paylaşım mekanizmalarının belirlenmesi, yatırım kaynaklarının planlanması gibi temel aşamaların sistematik bir şekilde izlenmesi gerekmektedir.

4. Hazineye Ait Taşınmazlar

Türkiye'de kamu taşınmazlarına yönelik strateji ve uygulamaların belirlenmesinde merkezi bir rol oynayan kurum, Maliye Bakanlığı'na bağlı Milli Emlak Genel Müdürlüğü'dür. Bu müdürlük, yalnızca Hazine'ye ait taşınmazların idaresini sağlamakla kalmaz; aynı zamanda devletin tasarrufunda bulunan alanların değerlendirilmesi, ekonomiye kazandırılması ve gerektiğinde diğer kamu kurumlarıyla eşgüdüm içinde süreçlerin yürütülmesi gibi geniş bir yetki alanına sahiptir. Söz konusu yetki ve görevler arasında; taşınmazların satışa çıkarılması, kiraya verilmesi, trampa (takas) edilmesi ya da üzerlerinde sınırlı ayni hakların kurulması gibi işlemler yer alır. Aynı şekilde, devlet tasarrufundaki taşınmazlar için kira sözleşmeleri yapmak ya da kullanma izinleri vermek de Genel Müdürlüğün sorumluluk alanına girer. Bu çerçevede dikkat çekici bir unsur ise, tüm bu işlemlerin temelinde yer alan taşınmaz değerlendirme faaliyetleridir. Taşınmazların gerçek ve güncel piyasa değerinin tespiti, hem kamu kaynaklarının etkin kullanımı hem de şeffaflık açısından büyük önem taşır. Zira doğru yapılmayan bir değerlendirme, kamu zararına ve kamuoyu nezdinde güven kaybına yol açabilir (Değirmenciler, 2008).

5. Arazi Topplulaştırma Uygulaması

Arazi toplulaştırma projelerinde temel hedef, katılımcıların toplulaştırma öncesindeki arazi değerine denk bir araziyle süreci tamamlamalarını sağlamak ve bu süreçte tüm paydaşlar arasında adil bir denge kurmaktır. Türkiye'de bu ilkenin uygulanabilirliğini teminat altına almak amacıyla, 5.11.1979 tarihli ve 16820 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Arazi Topplulaştırma Tüzüğü'nün 2'nci maddesi doğrultusunda hazırlanan Arazi Topplulaştırma Yönetmeliği kapsamında derecelendirme çalışmaları yürütülmektedir. Bu derecelendirme süreci sonunda elde edilen parsel endeks değerleri, her bir parsel için ayrı ayrı kullanılarak farklı değerlerdeki arazilerin ortak bir ölçekte ifade edilmesi mümkün hale gelmektedir. Böylece, arazi özellikleri arasındaki nitelik farkları da nesnel ve hesaplanabilir bir zemine oturtulmuş olur. Yönetmelik gereği, bu işlem Parsel Değer Sayılarının (PDS) belirlenmesiyle gerçekleştirilmekte, hesaplamalar 100 puanlık bir sistemde yapılmakta ve arazi dereceleri 10 sınıfa ayrılmaktadır. Ancak, günümüzün gelişmiş teknolojik olanakları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri desteği sayesinde bu hesaplamaların çok daha hızlı ve hassas biçimde yapılması mümkün hale gelmiştir. Bu da, derece sayısının 100'e çıkarılması yönünde bir potansiyel doğurmakta ve daha ayrıntılı bir sınıflandırmanın kapılarını aralamaktadır (Gündoğdu ve ark., 2003)

Kentsel Saçaklanma Bölgeleri

2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu, tarım arazilerinin değerlemesinde gelir esasına dayalı yöntemlerin kullanılmasını öngörmektedir. Ancak, kentsel saçaklanma alanları olarak tanımlanan, şehirleşmenin etkisi altındaki kırsal bölgelerde uygulanacak değerlendirme metodolojisine ilişkin yasal bir boşluk bulunmaktadır. Bu durum, uygulamada yöntemsel belirsizliklere ve değer tespitinde potansiyel çelişiklere zemin hazırlamaktadır. Özellikle bu geçiş zonlarında, piyasa koşullarına bağlı olarak şekillenen arz-talep dinamikleri, arazilerin pazar değerini, gelir yöntemiyle belirlenen değer üzerine taşıyabilmektedir. Bu değer farklılığı, kamulaştırma süreçlerinde hem idare hem de hak sahipleri açısından hukuki uyumsuzluklar doğurabilecek ciddi bir sorunsalı işaret etmektedir (Karakayacı ve Karakayacı, 2012). Bu nedenle, kentsel saçaklanma alanları gibi kendine özgü alanlarda taşınmaz değerinin belirlenmesine yönelik yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Yasal düzenlemelerde bölgenin 1/100.000 ölçekli çevre düzeni plan kararları ile uyumlu 1/25.000 ölçekli haritalar referans alınarak değerlendirme haritalarının oluşturulması gerekmektedir. Söz konusu rantı açık bölgeler konumundaki kentsel saçaklanma alanlarındaki tapu işlemlerinin devlet eliyle takibi ve değerlendirme haritalarına isteyen herkes tarafından ulaşılabilmesi önemlidir.

Türkiye’de Toplu Taşınmaz Değerlemelerine İlişkin Mevzuat

Cumhurbaşkanlığı tarafından hayata geçirilen 100 Günlük İcraat Programları (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı, ÇŞB, 2018) doğrultusunda, kamu hizmetlerinden duyulan memnuniyeti artırmak amacıyla Bakanlıklar bazında özel eylem planları hazırlanmıştır. Bu kapsamda, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB) için belirlenen 39 maddelik eylem planı içinde önemli başlıklardan biri de “Taşınmaz Değerleme Sisteminin Kurulması” olmuştur. ÇŞB’ye bu program çerçevesinde verilen görevler arasında; taşınmaz değerlendirme altyapısının oluşturulması, ülke genelinde kapsamlı bir gayrimenkul envanterinin tamamlanması, tapu harçları ve emlak vergilerinin taşınmazların gerçek piyasa değeri üzerinden tahsil edilmesini sağlayacak düzenlemelerin yapılması yer almaktadır. Ayrıca, imar planı değişikliklerinden kaynaklanan değer artışlarının vergilendirilmesine ilişkin hem mevzuat hem de uygulama yönünden daha etkin bir yapı kurulması da öngörülmektedir.

Taşınmaz Değerleme Dairesi Başkanlığı

2019 Yeni Ekonomik Programı çerçevesinde, taşınmaz değerlendirme sistemine yönelik atılan önemli adımlardan biri, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde "Taşınmaz Değerleme Dairesi Başkanlığı"nın tesis edilmesi olmuştur. Söz konusu idari yapılanma, 30 no'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi'nin 5 Şubat 2019 tarihli 30677 sayılı Resmî Gazete'de

yayımlanmasıyla hukuki nitelik kazanmıştır. Kurulan bu başkanlık, taşınmaz değerlendirme süreçlerinin daha sistematik ve merkezi bir çerçeveye kavuşturulması hedefiyle önemli görevler üstlenmiştir. Görev tanımı dahilinde; toplu değerlendirme metodolojileriyle taşınmaz değerlerinin tespiti, ulusal düzeyde bir değer bilgi merkezinin oluşturulması ve idamesi, ayrıca değer haritalarının hazırlanması ve sürekli güncellenmesi gibi işlevler yer almaktadır (Tapu ve kadastro genel Müdürlüğü, 2025). Türkiye'de mevcut taşınmaz değerlendirme yapısı incelendiğinde, sistemin parçalı ve standart dışı bir karakter arz ettiği gözlemlenmektedir. Değerleme uygulamaları; Kamulaştırma Kanunu, Emlak Vergisi Kanunu, Sermaye Piyasası Kurulu tebliğleri gibi muhtelif yasal düzenlemelere istinaden farklı kurum ve kişiler tarafından farklı yöntemlerle icra edilmektedir. Bu çeşitlilik, uygulamada subjektif yaklaşımlara ve tutarsızlıklara yol açmaktadır. Söz konusu problemin giderilmesi ve daha objektif, karşılaştırılabilir bir değerlendirme altyapısının inşası için, ülke genelinde taşınmaz değer haritalarının ivedilikle üretilmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (Ülger ve ark., 2019).

BULGULAR VE ÖNERİLER

Taşınmaz değerlendirme sistemi, taşınmazların ekonomik değerini sistematik, şeffaf ve standartlara uygun bir şekilde belirlemeyi amaçlayan önemli bir araçtır. Hem kamu hem de özel sektördeki karar alma süreçlerinde etkin bir rol oynamaktadır. Kullanılan taşınmaz değerlendirme sistemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır:

- **Standartlaşma ve Şeffaflık:** Değerleme sürecinde kullanılan kriterlerin nesnellığe dayanması ve uluslararası düzeyde kabul görmüş standartlarla uyumlu olması hem değerlendirme raporlarının yorumlanabilirliğini artırır hem de tüm paydaşlar nezdinde ortak bir anlayış zemini oluşturur. Bu durum, sürecin daha şeffaf işlenmesine katkı sağlarken, değerlendirme sonuçlarına duyulan güvenin pekişmesine de olanak tanır.

- **Hakkaniyetli Vergilendirme:** Taşınmazlardan alınan vergiler, özellikle emlak vergisi gibi uygulamalar, kamu bütçesi içerisinde önemli bir yer tutar. Taşınmazların piyasa koşullarını yansıtan gerçekçi ve güncel değerler üzerinden vergilendirilmesi, yalnızca gelirlerin artırılmasına değil, aynı zamanda vergide adalet ilkesinin sağlanmasına da katkı sunar.

- **Kamusal Planlamalar:** Ülkeler, sınırlı bütçe kaynaklarıyla kamu yararını gözeten projeleri hayata geçirmek durumundadır. Arazi toplulaştırması, kamulaştırma, kentsel planlama ve altyapı yatırımları gibi uzun vadeli ve yüksek maliyetli projelerde, karar alma ve uygulama süreçlerinin etkinliği büyük önem taşımaktadır. Bu tür projelerde güvenilir ve hızlı çalışan taşınmaz değerlendirme sistemlerinin kullanılması, daha düşük maliyetle, amaca uygun ve sürdürülebilir projelerin hayata geçirilmesini mümkün kılacaktır.

- **Finansal Kurumlar İçin Teminat Değeri:** Bankalar ve diğer finansal kuruluşlar nezdinde, taşınmazların kredi teminatı olarak değerlendirilmesi, kredi riski yönetimi ve sağlam teminat yapılarının tesisi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, güvenilir, şeffaf ve standartlara uygun bir değerlendirme sistemi, hem finansal kuruluşların karar alma süreçleri için sağlam bir temel oluşturmakta hem de kredi tahsis ve teminat kabul süreçlerinin daha objektif bir zeminde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, finansal istikrar desteklenmekte ve krediye erişimin güvenli bir biçimde sürdürülebilirliği temin edilmektedir.

- **Yatırım Güvenliği:** Yatırımcılar açısından, özellikle gayrimenkul yatırımlarında, doğru, zamanında ve güvenilir bilgiye erişim, rasyonel karar alma süreçlerinin temelini teşkil etmektedir. Bu bağlamda, etkin işleyen bir taşınmaz değerlendirme sistemi, yatırımcıların değerlendirme yaparken sezgisel yaklaşımlar veya sınırlı piyasa enformasyonu yerine, analitik, veriye dayalı ve karşılaştırılabilir bir temelden hareket etmelerini sağlar.

- Güncel piyasa verilerini, taşınmazın fiziksel ve hukuki niteliklerini, bölgesel gelişim trendlerini ve makroekonomik göstergeleri sistematik olarak analiz eden değerlendirme sistemleri; yatırımcıların risk profillerini doğru bir şekilde belirlemelerine, piyasadaki fırsatları zamanında tespit etmelerine ve sermaye tahsislerini daha optimal alanlara yönlendirmelerine katkı sunar. Tüm bu avantajların yanında, taşınmaz değerlendirme sistemlerinin kullanımında istenmeyen durumlar yaşanabilmektedir. Bu durumlardan birkaçı şu şekilde ifade edilebilir:

- **Sistemin Kurulum ve İşletme Maliyeti:** Bir taşınmaz değerlendirme sistemi kurmak, teknolojik altyapıdan yazılım geliştirmeye, veri tabanları oluşturmaktan uzman personel eğitimine kadar ciddi bir yatırım gerektirir. Sistemin çalışır durumda kalması içinse düzenli güncellemeler, bakım ve sürekli teknik destek şarttır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için bu maliyetler, sistemin yaygınlaşmasının önünde büyük bir engel olabilir.

- **Verinin Yetersizliği ve Güncelliği Sorunu:** Sistemin en kritik unsurlarından biri, güvenilir ve güncel taşınmaz verilerini içeren merkezi bir veri tabanıdır. Bu veri tabanının sıfırdan oluşturulması, mevcut kayıtların dijitalleştirilmesi, eksik bilgilerin toplanması ve verilerin standart bir formatta birleştirilmesi hem zaman hem de yüksek bir finansal kaynak gerektirir. Örneğin, Türkiye'deki tüm tapu kayıtlarının, imar bilgilerinin ve geçmiş satış verilerinin dijitalleştirilip entegre edilmesi devasa bir projedir.

- **Yeterli İnsan Kaynağı Sorunu:** Taşınmaz değerlendirme sistemlerinin sağlıklı ve doğru şekilde çalışabilmesi, nitelikli insan kaynağına olan ihtiyacı beraberinde getirir. Bu kapsamda yalnızca değerlendirme uzmanlarının değil, sürece dahil olan tüm teknik personelin ve yöneticilerin de sistemin işleyişine hâkim olması gerekir. Ancak birçok ülkede, özellikle gelişmekte olanlarda, yeterli sayıda eğitilmiş ve belgeli değerlendirme uzmanı bulunmamaktadır.

- Yeni bir sistemin etkin ve verimli kullanılabilmesi, ilgili tüm paydaşların belirli bir uzmanlık düzeyine ulaşmalarını şart koşar. Bu nedenle, yazılımın işleyişi, veri giriş süreçleri, analiz yöntemleri ve raporlama standartları gibi alanları kapsayan bu eğitimler hem zaman hem de bütçe açısından ciddi bir yük oluşturabilir. Bu durum, sistemin yaygınlaşma sürecini yavaşlatan unsurlardan biri olarak değerlendirilebilir.

- **Standartlaşma Sorunu:** Taşınmaz değerlendirme uygulamalarında, ulusal ve yerel ölçekte kullanılan yöntemler arasında zaman zaman önemli farklılıklar gözlemlenebilir. Her bölgenin ekonomik yapısı, hukuki düzenlemeleri ve piyasa dinamikleri farklı olduğu için, standart bir değerlendirme yaklaşımının tüm coğrafi alanlara uyarlanması oldukça güçtür. Bu durum, ülke genelinde tek tip ve uyumlu bir değerlendirme sisteminin kurulmasını zorlaştırır. Standartlardaki bu çeşitlilik, sistemi kullanan değerlendirme uzmanları, kamu otoriteleri ve yatırımcılar için belirsizlik yaratabilir. Farklı bölgelerde uygulanan yöntemlerin sonuçları birbiriyle doğrudan karşılaştırılamayabilir ve bu da değerlendirme sürecinde tutarlılık sorunlarına yol açabilir. Özellikle büyük ölçekli yatırımlarda ya da kamusal karar alma süreçlerinde bu tür uyumsuzluklar ciddi bilgi eksikliklerine veya yanlış yönlendirmelere neden olabilir. Bu nedenle, değerlendirme sisteminin başarısı, yalnızca teknik altyapıya değil, aynı zamanda standartların ülke genelinde ne ölçüde bütünlük taşıdığına da bağlıdır.

- **Hukuki ve Kurumsal Uyum Sorunları:** Taşınmaz değerlendirme sistemlerinin etkin biçimde çalışabilmesi için, mevcut mevzuat ve kurumsal yapılarla tam bir uyum içinde olması gerekir. Ancak birçok ülkede yürürlükte olan yasalar, sistemin ihtiyaç duyduğu güncel ve piyasa odaklı veri altyapısını destekleyecek biçimde düzenlenmemiştir. Örneğin, bazı vergi düzenlemeleri veya tapu sistemleri, taşınmazların gerçek piyasa değerlerini dikkate almadan işlem görmekte; bu da değerlendirme sistemiyle entegre çalışmayı zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte, kamu kurumları arasındaki koordinasyon eksikliği ve sınırlı veri paylaşımı, sistemin bütüncül ve verimli işlemesini engelleyen başka bir önemli faktördür. Kurumlar arası iş birliğinin yeterli düzeyde olmaması, değerlendirme süreçlerinde bilgiye erişimi zorlaştırmakta ve karar alma mekanizmalarının yavaşlamasına yol açmaktadır. Tüm bu hukuki ve kurumsal engeller, değerlendirme sisteminin sağlıklı işlemesini riske atmakta ve uygulamada ciddi aksaklıklara neden olabilmektedir.

- **Teknolojiye Bağımlılık:** Günümüzde modern taşınmaz değerlendirme sistemleri, büyük ölçüde dijital altyapılar üzerinden işletilmektedir. Bu durum, sistemlerin verimliliğini ve hızını artırsa da beraberinde bazı önemli risk ve zorlukları da getirmektedir. En başta gelen sorunlardan biri, teknolojik altyapıya olan yüksek bağımlılıktır. Siber güvenlik tehditleri, veri sızıntıları, yazılım arızaları, sistem çökmeleri veya donanım yetersizlikleri gibi teknolojiye özgü problemler, değerlendirme süreçlerini ciddi biçimde aksatabilir. Ayrıca sistemin verimli kullanılabilmesi için kullanıcıların belirli

bir dijital okuryazarlık seviyesine sahip olması gerekir.

- **Yerel Dinamiklerin Göz Ardı Edilme Riski:** Taşınmaz değerlendirme sistemleri çoğunlukla standartlaştırılmış, nicel verilere dayanan modeller aracılığıyla çalışır. Bu durum, işlem süreçlerini hızlandırırsa ve verilerin karşılaştırılabilirliğini kolaylaştırırsa da taşınmazların gerçek değerini etkileyen yerel ve bağlamsal unsurların sistem dışında kalmasına neden olabilir. Örneğin; bir mahallenin sosyal itibarı, bölge halkının mekâna dair algısı, tarihi ya da kültürel önemi, geleceğe dönük gelişim beklentileri gibi niteliksel faktörler, taşınmazın piyasa değerini önemli ölçüde etkileyebilir. Ancak bu tür subjektif ve bağlama özgü değerler, veri tabanlı sistemlerde her zaman doğrudan ölçülemez ya da modele entegre edilemez. Bu da özellikle kentsel dönüşüm bölgeleri, turistik alanlar veya hızla gelişen yerleşim yerlerinde değerlendirme sonuçlarının gerçek durumdan sapmasına yol açabilir. Dolayısıyla sistemin yalnızca rakamlara dayanması, değerlemenin yerel gerçekliği tam anlamıyla yansıtmamasını engelleyebilir. Etkili bir değerlendirme süreci için hem nicel verilerin hem de yerel bağlamı yansıtan niteliksel gözlemlerin birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşır.

- **Manipülasyona ve Usulsüzlüklere Açıklık Riski:** Taşınmaz değerlendirme sistemlerinin adil ve güvenilir şekilde işlemesi, büyük ölçüde sistemin denetlenebilirliğine ve şeffaf yapısına bağlıdır. Ancak bu mekanizmalar yeterince güçlü değilse, değerlendirme süreçleri kötü niyetli kişiler tarafından manipüle edilebilir hâle gelir. Özellikle yüksek ekonomik çıktılarla ilişkili alanlarda (kredi teminatı, kamulaştırma bedeli belirleme, emlak vergisi hesaplama) sistemin kötüye kullanımı hem kamu kaynaklarının zarara uğramasına hem de piyasa güvenliğinin sarsılmasına yol açabilir. Eğer sistemin işleyişi yeterince izlenemez, kayıtlar denetlenemez ve değerlendirme raporları bağımsız bir yapıya dayanmazsa, bu tür suiistimallerin tespit edilmesi de zorlaşır. Sonuç olarak, şeffaflık ve etkin denetim mekanizmalarıyla desteklenmeyen bir değerlendirme sistemi hem hukuki güvenliği zedeler hem de yatırımcı ve kamuoyu nezdinde sistemin güvenilirliğini azaltır. Bu nedenle güçlü etik standartlar, bağımsız denetim süreçleri ve veri şeffaflığı, sistemin başarısı açısından vazgeçilmez unsurlardır.

SONUÇ

Türkiye’de taşınmaz değerlendirme sistemi hem mevzuatın parçalı yapısı hem de kurumsal organizasyondaki eksiklikler nedeniyle işlevsellikten uzaktır. Mevcut yapı hem uygulamada karışıklıklara yol açmakta hem de değerlendirme süreçlerinin etkinliğini zayıflatmaktadır. Bu nedenle sistemin yeniden ele alınması ve kapsamlı bir reform sürecine gidilmesi zorunludur. Öncelikle, değerlendirme faaliyetlerini yönlendirecek açık, net ve bütüncül bir yasal çerçevenin oluşturulması gerekmektedir. Yeni düzenlemelerin etkin biçimde uygulanabilmesi için, bu yapıyı taşıyabilecek güçlü ve koordineli bir

idari altyapının da oluşturulması şarttır. Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapısıyla oluşturulan taşınmaz değer haritalarını içeren, kendini güncelleyebilen, anlık veri depolama kapasitesine sahip ve geniş işlevleri barındıran modern bir taşınmaz değerlendirme sisteminin ülkemizde hayata geçirilmesi büyük bir gereklilik halini almıştır. Böyle bir sistem sayesinde, yalnızca kamu kurumları değil, özel sektör ve bireysel kullanıcılar da taşınmazlara ilişkin güncel ve güvenilir verilere kolaylıkla erişebilecektir. Bu da hem değerlendirme süreçlerinin şeffaflığını artıracak hem de yatırım, planlama ve finansal kararların daha isabetli bir şekilde alınmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca ülke olarak uluslararası bir standarda kavuşmak ve uluslararası yapıya uyum sağlamak da gerçekleştirilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Açlar, A., Demir, H., Çağdaş, V. (2003). Expertise of Real Estate Valuation and Geomatics Engineering, Journal of hkm Geodesy, Geoinformation and Land Management, No: 88,
- Barańska A. (2013), Real estate mass appraisal in selected countries–functioning systems and proposed solutions, Real Estate Management and Valuation, vol. 21, no. 3, 35-42 s. DOI: 10.2478/remav-2013-0024.2
- Çete, M. (2008). Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon
- Çete, M. (2012). “*The Need for Re-Engineering in the Turkish Real Estate Valuation System.*” Paper presented at the FIG Working Week 2012: Knowing to Manage the Territory, Protect the Environment, Evaluate the Cultural Heritage, Rome, Italy, May 6–10, 2012. International Federation of Surveyors (FIG).
- ÇŞB. (2018), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Plan, https://webdosya.csb.gov.tr/db/strateji/icerikler/csb_2019-2023-strateji-kplan-11-20191108155418.pdf (18.05.2025)
- Değirmenciler, E. (2008). Kentsel Gelişim Sürecinde Türkiye’de Gayrimenkul Değerleme Sorunları ve Çözüm Önerileri, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli
- Erdem, N. (2017). Türkiye İçin Bir Taşınmaz Değerleme Sistemi Yaklaşımı, Geomatik Dergisi, 2(1), 18-36 s.
- Erdoğan, C. (2017). Gayrimenkul Değerleme Firmaları, <https://igd.com.tr> (14.05.2025)
- Grundstücksmarkt. (2025). Erstellung überregionaler Auswertungen und Analysen sowie Hinwirkung auf einheitliche Standards, <https://www.bayernportal.de/dokumente/leistung/361849839842?plz=91052&behoerde=06998201388&gemeinde=851412001699> (16.05.2025)
- Gündoğdu, K.S., Aslan, Ş.T., Arıcı, İ. (2003). Arazi Toplulaştırmasında Parsel Değer Sayılarının Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (1), 137-148 s.

- Güngör, E. (1999). Gayrimenkul Değerlemesi ve Türkiye’de Sermaye Piyasalarında Gayrimenkul Ekspertiz Şirketlerine Yönelik Düzenlemeler Yapılmasına İlişkin Öneriler, Yeterlik Etüdü, T.C. Başbakanlık Sermaye Piyasası Kurulu Kurumsal Yatırımcılar Dairesi, Ankara
- Hawerk, W. (2001a). ALKIS ® - Germany’s Way into a Cadastre for the 21st Century, International Conference - New Technology for a New Century, FIG Working Week 2001 in Seoul, Republic of Korea
- Hawerk, W. (2001b). Winfried Hawerk, Standards in Cadastre - Sense or Nonsense?, Commission 7 Annual Meeting, Gävle, Sweden
- Karakayacı, Ö., Karakayacı, Z. (2012). Kentsel Saçaklanma Alanlarında Arsa/Arazi Değerini Belirlemeye Yönelik Yöntem Önerisi, The Journal of Academic Social Science Studies, International Journal of Science, 5(4), 107-120.
- Kathmann, R. M., Kuijper, M. (2006). How to evaluate valuation models? Shaping the Change XXIII FIG Congress, Munich, Germany
- Kocabıyık, İ., Öktem, R. (2021). Gayrimenkul Değerlemede Çok Boyutlu Yaklaşımlar, Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(1), 160-177 s.
- Köktürk, Erol. (2009). Taşınmaz Değerleme: Durum Saptaması ve Yönelimler, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Müller, A. (2002). Property Taxes and Valuation in Denmark, Workshop Papers, Committee on Human Settlements Working Party on Land Administration, UNECE, 61-82 s., Moscow, Russia.
- Nışancı, R. (2005). Coğrafi Bilgi Sistemi İle Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Önal, Y. B., Tezcan, K. (2008). Gayrimenkul Değerleme ve Önemi: Vergisel Açıdan Bir Değerlendirme, *Muhasebe Ve Denetime Bakış*, (24), 15-36 s.
- Pagourtzi, E., Assimakopoulos, V. (2003). Real Estate Appraisal: A Review of Valuation Methods, Journal of Property Investment and Finance, 21(4), 383-401 s.
- RICS, Royal Institution of Chartered Surveyors, <https://www.rics.org> (14.05.2025)
- Şişman, S., Aydınoglu, A.Ç. (2024). TMMOB 8. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, 159-160 s.
- Tanrıvermiş, H. (2012). Kamulaştırma, Değerleme ve Bilirkişilik Temel Eğitim Programı Ders Notları, Ankara Üniversitesi, Ankara, 72 s.
- Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü. (2025), Taşınmaz Değerleme Dairesi Başkanlığı, <https://www.tkgm.gov.tr/tasinmaz-degerleme-dairesi-baskanligi> (19.05.2025)
- TEGoVA. (2025). The European Group of Valuers' Associations, <https://tegova.org> (21.05.2025)
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018), 100
Günlük İcraat Programı (03.08.2018).

https://www.tccb.gov.tr/assets/dosya/100_GUNLUK_ICRAAT_PROGRAMI.pdf
(18.05.2025)

Ülger, B. C., Ülger, N. E., Yıldız, Ş. N., 2019. Taşınmaz Mal Değerlemesi. İstanbul: Yem Yayın, 103-167 s.

VOA. (2025). Valuation Office Agency,
<https://www.gov.uk/government/organisations/valuation-office-agency>
(14.05.2025)

Yalın, S.D. (2006). Kentsel ve Kırsal Alanda Taşınmazların Değerlemesi Dersi Notları, İstanbul, Türkiye.

Yalpir, Ş. (2007). Bulanık Mantık Metodolojisi ile Taşınmaz Değerleme Modelinin Geliştirilmesi ve Uygulaması: Konya Örneği, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, 248 s.

Yomralıoğlu, T. (2019). Taşınmaz Mal Değerleme Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Yomralıoğlu, T. (1995). Taşınmazların Değerlendirilmesi, Ders notları, KTÜ, Trabzon

Yomralıoğlu, T. (1997). Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri, Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı, Jeodezi ve Fotogrametri Derneği, Yayın No:1, 153-169 s., Trabzon

Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 1. Baskı, Seçil Ofset, İstanbul

Yomralıoğlu, T., Nişancı, R., Çete, M., Candaş, E., (2012). “Dünya’da ve Türkiye’de Taşınmaz Değerlemesi”, Türkiye’de Taşınmaz Değerlemesi: II. Arazi Yönetimi Çalıştayı, 21-22 Mayıs 2012, İTÜ, İstanbul

