

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR - V

ARTİKEL AKADEMİ: 191

Sürdürülebilirlik Alanında Akademik Çalışmalar - V
Editor: Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI & Dr. Mustafa GÜLER

HAKEM KURULU:

Prof. Dr. Giuseppe T. CIRELLA

Prof. Dr. Mohammed SHARAF

Prof. Dr. Selin Şahin Sevgili

Prof. Dr. Targan ÜNAL

Doç. Dr. Sibel ŞAHİN AYLAY

ISBN 978-625-8088-31-1

Birinci Basım: Eylül - 2022

Ofset Hazırlık: Artikel Akademi

Baskı ve Cilt: Net Kırtasiye Tanıtım ve Matbaa San. Tic. Ltd. Şti.
Gümüşsuyu, İnönü Caddesi & Beytül Malcı Sokak 23/A,
34427 Beyoğlu/İstanbul
Matbaa Sertifika No: 47334

Artikel Akademi bir Karadeniz Kitap Ltd. Şti. markasıdır.

©Karadeniz Kitap - 2022

Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında
yayımcının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

KARADENİZ KİTAP LTD. ŞTİ.
Koşuyolu Mah. Mehmet Akfan Sok. No:67/3 Kadıköy-İstanbul
Tel: 0 216 428 06 54 // 0530 076 94 90

Yayıncı Sertifika No: 19708
mail: info@artikellakademi.com
www.artikellakademi.com

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR - V

Editör: Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI & Dr. Mustafa GÜLER

YAZARLAR

- Alev ER
- Canpolat KAYA
- Cengiz POLAT UZUNOĞLU
- Elif ÇAKIR
- Fatih ÖZÖNDER
- Furkan ARSLAN
- Gamze DOĞDU
- Gökhan ÇAYLI
- Necla YÜCEL
- Neslihan KARACA
- Osman ÇAVUŞ
- Pınar ÇAKIR HATIR
- Sanaz LAKESTANİ
- Sefa ÇELİK
- Semiha Sultan TEKKANAT
- Şeyda KARABÖRK
- Turgay PEKDEMİR
- Veli Can BAŞKAR
- Yusuf BAHÇACI
- Zeynep FIRAT ALEMDAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....5

1. Bölüm

EPOKSİDE SOYA YAĞININ DOYMAMIŞ ESTERLERİNİN SENTEZİ VE
TRİKLOROTRİAZİN'İN FURFURİL ALKOL
TÜREVİ İLE POLİMERİZASYONU9
- Fatih ÖZÖNDER & Gökhan ÇAYLI

2. Bölüm

TÜNEL OTOMASYON SİSTEMLERİNDEKİ ELEKTRİK
EKİPMANLARI DEVREDEYKEN HARMONİK VE
KOMPANZASYON İNCELEMESİ23
Furkan ARSLAN & Cengiz Polat UZUNOĞLU

3. Bölüm

YENİLENEBİLİR KAYNAKLARDAN
POLİMER NANOPARTİKÜLLERİN ÜRETİMİ41
- Necla YÜCEL & Pınar ÇAKIR HATIR

4. Bölüm

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA KAYNAĞI OLARAK
BİTKİSEL PROTEİNLER VE TİTREŞİM SPEKTROSKOPİSİ
UYGULAMALARI57
- Sefa ÇELİK & Elif ÇAKIR & Alev ER

5. Bölüm

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLER ve
SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLULUKLAR73
- Semiha Sultan TEKKANAT & Neslihan KARACA

6. Bölüm
GİZLİ GERÇEKLER: HESAP DIŞI YİYECEK KAYBI,
İSRAFLARI VE EKOLOJİK ETKİLERİ.....103
*- Turgay PEKDEMİR & Gamze DOĞDU & Şeyda KARABÖRK
& Sanaz LAKESTANİ & Osman ÇAVUŞ*
7. Bölüm
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLEME
(TOPRAK DEĞİŞKENİ ÖRNEĞİ)..... 133
- Canpolat KAYA & Veli Can BAŞKAR
8. Bölüm
JAPON BILDİRCİNLERİNDE
CİVCİV ÇIKIŞ AĞIRLIĞININ MODELLENMESİ.....139
- Veli Can BAŞKAR & Canpolat KAYA
9. Bölüm
DARBE YÜKÜ ETKİSİNDEKİ FARKLI ENİNE DONATI
ARALIKLARINA SAHİP BETONARME KİRİŞLERİN
SONLU ELEMANLAR METODU İLE İNCELENMESİ
- Zeynep FIRAT ALEMDAR & Yusuf BAHÇACI.....145

ÖNSÖZ

Günümüzde insanoğlunun çevresiyle barışık bir şekilde gelişmesini sağlayabilecek tek kalkınma modelinin sürdürülebilir kalkınma modeli olduğu görülmektedir. Bu kalkınma modelinin en önemli ayaklarından biri üretimin ve üretilen maddelerin çevreyle olan etkileşmesidir. Yani yapılan faaliyetlerin çevreyle uyum içinde olması, çevreyi kötü yönde etkilememesi gereklidir. İşte bu sebeple petrol ve kömür gibi fosil kaynaklardan elde edilen malzemelerin yerine yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin ikamesi hayati önem taşımaktadır.

Bu kitapta da çeşitli disiplinlerden bir araya gelen akademisyenlerin çalışmaları derlenmiş olup sürdürülebilirlik konusunda çalışmalar yapanlar için oldukça faydalı olabilecek bir eser vücuda getirilmiştir. Başta kıymetli meslektaşlarım olma üzere bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen herkese teşekkür ederim.

- Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI

- Dr. Mustafa GÜLERS

1. Bölüm

EPOKSİDE SOYA YAĞININ DOYMAMIŞ ESTERLERİNİN SENTEZİ VE TRİKLOROTRİAZİN'İN FURFURİL ALKOL TÜREVİ İLE POLİMERİZASYONU

Fatih ÖZÖNDER

İstanbul Teknik Üniversitesi

Polimer Bilim ve Teknolojisi Programı

Doç. Dr. Gökhan ÇAYLI

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Mühendislik Bilimleri Bölümü

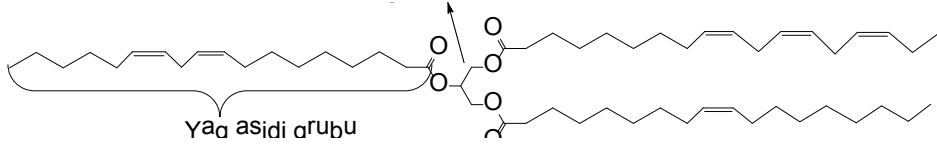
gokhan.cayli@iuc.edu.tr

GİRİŞ

Fen ve mühendislik bilimlerinin gelişimine bakıldığında tarih boyunca hep nasıl sorusunun cevabının arandığı görülür. Örneğin toz şeker nasıl üretilir, tereyağı gibi bozulmayan bir yağ nasıl üretilir gibi. Ancak günümüzde gerek azalan kaynaklar, gerekse çevresel faktörler göz önünde bulundurulduğunda nasıl sorusu yerini niçin ve neden sorularına bırakmıştır. Yani şeker üretelim de neden üretelim veya tereyağına alternatif yağ üretelim de niçin üretelim sorularının cevabını vermek gerekir. Bu soruların cevapları ise bizleri hem çevrenin hem ekonominin hem de toplumun ihtiyaçlarının gözetildiği yeni bir kalkınma modelini ortaya çıkarmaktadır [1]. Sürdürülebilir kalkınma modeli olarak adlandırılan bu modelde yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemeler önemli bir yer tutmaktadır.

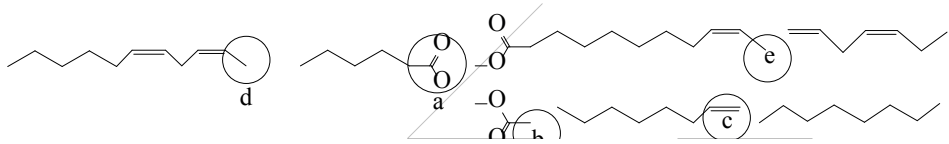
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemeler incelendiğinde genellikle yağ kökenli, karbonhidrat kökenli, protein kökenli maddeler ve bunların kombi-

nasyonları olduğu gözlenmektedir. Bun maddeler arasından özellikle yağ kökenliler ilginç maddelerdir. Yağ denilen maddeler, yağ çözücüsü olarak adlandırılan dietil eter, diklorometan ve kloroform gibi organik çözücülerde çözünen maddelerdir. Yağ kökenli maddeler arasında trigliseritler özel bir yer işgal etmektedir. Trigliseritler yağ asidi denilen yüksek karbon sayılı karboksilik asitlerin gliserin triesterleridir (Bakınız Şekil 1) [2,3].



Şekil 1. Tipik bir trigliseridin yapısı

Bitkisel trigliseritler özellikle yüksek miktarlarda (milyon ton/yıl) ve saf bir şekilde elde edildiklerinden hayvansal trigliseritlerden daha fazla kullanılmaktadır. Genellikle de bitkisel trigliseritler doymamış yağ asitlerince zengindirler.



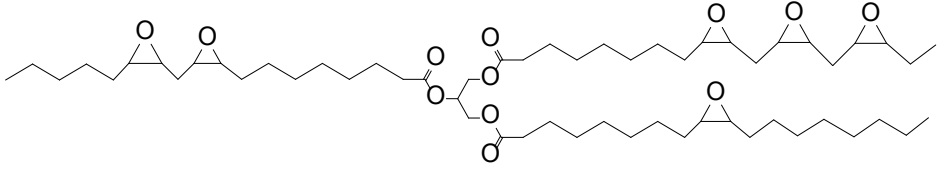
Şekil 2. Trigliseritlerdeki reaktif gruplar a-ester grupları, b- alfa metilen grubu, c-çift bağlar, d,e- alilik ve çift alilik gruplar

Tipik bir bitkisel trigliseridin yapısı incelendiğinde başlıca 4 farklı reaktif bölümden oluştuğu görülmektedir (Bakınız şekil 2) . Bunlar a- ester grupları, b- α -metilen grupları, c- çift bağlar ve d,e- alil ve çifte alil gruplarıdır. Bu grupların reaktiviteleri birbirinden farklı olduğundan dolayı trigliseritler bu gruplar üzerinden kolaylıkla fonksiyonlandırılabilir. Günümüzde en çok ester grupları ve çift bağlar üzerinden yapılan modifikasyonlarla trigliseritler çeşitli ürünlere dönüştürülmektedirler. Ester grubu üzerinden çeşitli alkid reçineleri ve bu reçinelerle

rin kullanıldığı yağlı boyalar üretilmektedir. Yine çift bağların epoksidasyonu ile bitkisel trigliseritlerin epoksi türevleri üretilmektedir. Epoksidede soya yağı (ESO veya EBSO) ticari olarak erişilebilen bir bitkisel esaslı epoksi bileşimidir [4].

1. EPOKSİDE BİTKİSEL YAĞLAR

Bitkisel trigliseridlerde çift bağları kullanarak halojenasyon, epoksidasyon, hidrojenasyon, metatez, ene reaksiyonu gibi reaksiyonları yapmak mümkündür [5]. Çift bağların hidrojenasyonu ile margarinler üretilmektedir. Yine çift bağların brominasyonu ile elde edilen bromlanmış yağlar gıdalarda kullanılmaktadır. Çift bağların epoksidasyonu yine en çok kullanılan modifikasyon reaksiyonudur. Bitkisel trigliseritlerdeki çift bağlar peroksi asitler ile epoksitlenebilirler, son ürün epoksidede bitkisel yağlardır (Bakınız şekil 3). Reaksiyon tandem reaksiyon olarak adlandırılır yani bağ oluşumu ve yıkımı aynı anda olur.



Şekil 3. Epoksidede bitkisel trigliseridin yapısı

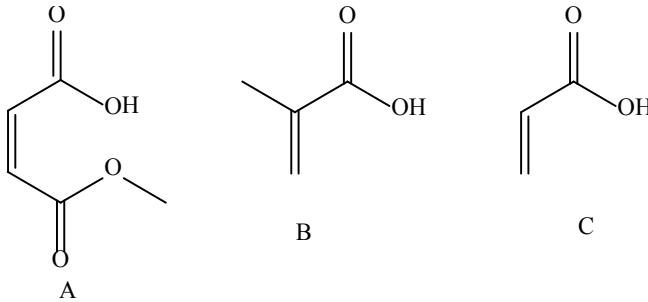
Epoksidasyon reaksiyonu için ya *m*.kloro perbenzoik asit veya hidrojen peroksit formik asit (ya da asetik asit) sistemi kullanılır. Hidrojen peroksit formik asit sistemi peroksi formik asit gibi davranır. Reaksiyon oda sıcaklığında 12 saatten daha uzun sürelerde veya 60-80 °C gibi sıcaklıklarda 6 saat gibi göreceli olarak daha kısa zaman içerisinde yapılır. Çıkış yağı soya trigliseridi ise reaksiyon sonunda epoksidede edilmiş soya yağı (ESO veya EBSO) elde edilir. Şu an için ticari olarak en kolay ulaşılabilen bitkisel epoksi ESO'dur. Ülkemizde de çeşitli firmalarca üretimi yapılmaktadır.

Epokside bitkisel yağlar adlarından da anlaşılacağı üzere epoksit (oksiran) grupları içerirler. Bu gruplar bir tane oksijen atomu içeren 3 üyeli halkalardır. Normal stabil halkalar 5 veya 6 üyeli halkalardır ve bu halkalarda bağ açıları tetraedral geometride olduğu gibi 109 dereceye yakındır ancak epoksit halkaları daha önce de söylendiği gibi 3 üyeli halkalar olup bu halkalarda bağ açıları 60 derecedir ve bu açılar halkada bir gerginliğe neden olurlar. Bu gerginlik nedeniyle de epoksitler oldukça reaktif moleküllerdir.

2. EPOKSİDE BİTKİSEL YAĞLARIN ESTERLERİ

Epoksi grupları daha öncede belirtildiği gibi reaktif gruplardır ve çeşitli nükleofillerle nükleofilik katılma reaksiyonu verirler [6]. Bu çalışmada epokside soya yağı akrilik, metakrilik ve monometil maleik asit gibi (Bakınız Şekil 4) reaktif çift bağlara sahip asitlerle ayrı ayrı reaksiyona sokulmuştur. Reaksiyon ürünleri bal kıvamında ve sarı-turuncu renkli sıvılardır. Bu maddeler ya kendi başlarına veya başka reaktif monomerlerle birlikte kullanılabilirler.

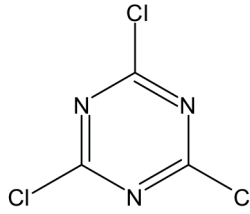
Epokside soya yağının (ESO) kabul edilen ortalama molekül ağırlığı 952 gramdır. ESO üretimi şartlarına bağlı olarak ortalama 4-6 civarı epoksi grubu içerir ancak yaptığımız çalışmalarda 952 g ESO için 3 mol asitle kondenzasyon reaksiyonu gerçekleştirildi. ESO + asit karışımı %0,5 hidrokinon varlığında tercihen de azot atmosferi varlığında 110 °C ta 8 saat boyunca ısıtıldı. Süre sonunda ESO nun denk gelen esterleri sentezlenmiş oldu.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan reaktif çift bağa sahip doymamış asitler, a- monometil maleat, b-metakrilik asit ve c- akrilik asit

3. TRİKLORO TRİAZİN

Trikloro triazin (2,4,6-trikloro-1,3,5- triazin) siyanürik asidin klorürünün trimeri-
dir. Son derece reaktif bir madde olup yapısı şekil 5 te gösterilmektedir [7-8].
Trikloro triazin alkollerle reaksiyona girerek siyanürik asit esterlerine dönüşür-
ler. Bu dönüşüm ise sıcaklığa bağlı olarak seçimli bir şekilde gerçekleşmektedir.
Örneğin 0-5 °C sıcaklığında trikloro triazin bir alkolle reaksiyona sokulursa hal-
kadan 1 adet klor atomu alkol molekülü ile yer değiştirir. Eğer reaksiyon ürünü
daha sonra 1 mol alkolle bu sefer 40-60 °C sıcaklıkta reaksiyona sokulursa ikinci
klor ile yer değiştirme reaksiyonu gerçekleşir ve yine reaksiyon ürünü 90 °C
civarında bir alkol molekülü ile reaksiyona sokulursa üçüncü klor ile yer de-
ğiştirme reaksiyonu verir. Halkadaki bu klor atomlarının sıcaklığa bağlı olarak
kademeli bir şekilde ayrılması sayesinde çok çeşitli maddelerin sentezi mümkün
olabilmiştir. Örneğin reaktif boyar maddeler denilen bir grup boyarmadde de
diklor triazin grubu vardır ve bu grup kenetleme bileşeni olarak adlandırılır.



Şekil 5. 2,4,6-trikloro-1,3,5-triazinin yapısı

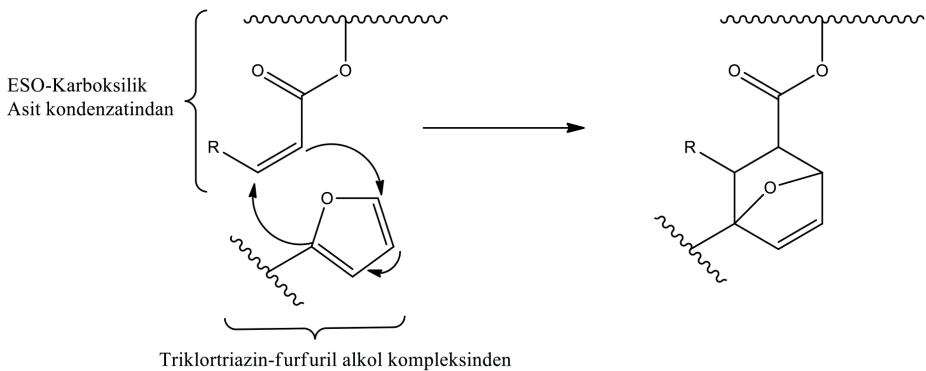
Yine yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bir malzeme olan furfural alkol
bu çalışmada kullanılmıştır. Furfural alkol, mısır koçanı veya şeker kamışı küs-
pesi gibi atık biyokütleden üretilen furfuralın hidrojenlenmesiyle endüstriyel
olarak üretilir. Reaktif furan halkasına sahiptir. Furfural alkolün birincil kulla-
nımı, furan reçinelerinin sentezi için bir monomerdur. Bu polimerler, termoset
polimer matrisli kompozitlerde, çimentolarda, kaplamalarda, yapıştırıcılarda vb.
kullanılır [9].

Yapılan çalışmada ise 1 mol trikloro triazin molekülü tetrahidrofuran çözücü-
sünde çözülüp üzerine 2 mol furfural alkol azot atmosferinde eklenmiştir. Reak-
siyon ortamına il olarak 0-5 °C sıcaklığında iken 1 mol trietilamin katalizörü
damla damla ilave edilmiştir. Yaklaşık 5 saat beklendikten sonra yine reaksiyon

ortamına 1 mol trietilamin eklenerek reaksiyon sıcaklığı 55 °C'a çıkarılmış ve bu şekilde sistem azot gazı altında gece boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra ise reaksiyon karışımı içerisinde tetrahidrofuran uçurulmuş ve elde edilen katı madde metilen klorür ile ekstrakte edilmiştir. Daha sonra elde edilen metilen klorür fazları distile su ile yıkanmış ve döner karıştırıcıda metilen klorür uçurulmuştur. Elde edilen maddenin yapısı Şekil 1 de gösterilmektedir. Elde edilen ürün siyanürik asidin furfürlü alkol diesteridir (2,4-difurfürlü-6-kloro-1,3,5-triazin). Bu madde daha sonra bitkisel yağlardan elde edilen esterlerle Diels-Alder reaksiyonu verecek ve çapraz bağlı kauçuğumsu maddelerin sentezinde kullanılacaktır.

4. DİELS-ALDER REAKSİYONU

Diels-Alder Reaksiyonu, Otto Diels ve Kurt Alder tarafından bulunan bir halkalı katılma reaksiyonudur. Diğer bir deyişle 4+2 perisiklik katılma reaksiyonudur. Bu reaksiyonlarda bir dien ve bir dienofil molekülü bulunur. Dien olarak adlandırılan molekülde 4 elektron, dienofil olarak adlandırılan molekülde ise 2 elektron bulunmaktadır [10-11]. Dien molekülü konjuge çift bağa sahip olmalıdır. Konjuge çift bağa sahip olmayan dienle bu reaksiyonu vermezler. Reaksiyonun itici gücü nedir diye sorulursa dien ve dienofil moleküllerinin HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital-En Yüksek Enerjili Dolu Moleküler Orbital) ve LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital-En Düşük Enerjili Boş Moleküler Orbital) moleküler orbitallerinin aynı işaretli olması sonucu bağ oluşumu olduğu söylenebilir. Reaksiyon sonunda süstitüe bir sikloheksen halkası elde edilmektedir.



Şekil 6. ESO kondenzatlarının triklor triazin kompleksi ile verdiği Diels-Alder reaksiyonu

Bu çalışmada dien olarak ESO-karboksilik asit kondenzatlarını oluşturan maleat, metakrilat ve akrilat kökleri kullanılmıştır. Reaksiyon için ekimolar oranda ESO kondenzatı, trikloro triazin-furfuril alkol kompleksi ile herhangi bir katalist ve solvent kullanılmadan karıştırılmaktadır. ESO kondenzatında trigliserit başına 3 karboksilik asit kökü bulunmaktadır. Trikloro triazin –furfuril alkol kompleksinde ise 2 furfuril alkol kökü bulunmaktadır bu veriler ışığında 3 birim ESO kondenzatının 3 birim Trikloro triazin kompleksi ile reaksiyona girmesi gerektiği açıkça görülebilir. Daha sonra elde edilen homojen karışım vakum fırınında azot gazı varlığında 120 °C sıcaklıkta 24 saat boyunca kürlendirilir. Reaksiyon sonunda koyu kırmızı renkli kauçuğumsu maddeler elde edilmiştir. Kauçuğumsu özellikten kasıt elde edilen malzemelerin düşük kuvvetlere maruz kaldığında %300 gibi yüksek oranlara varan uzama göstermesidir.

5. BULGULAR

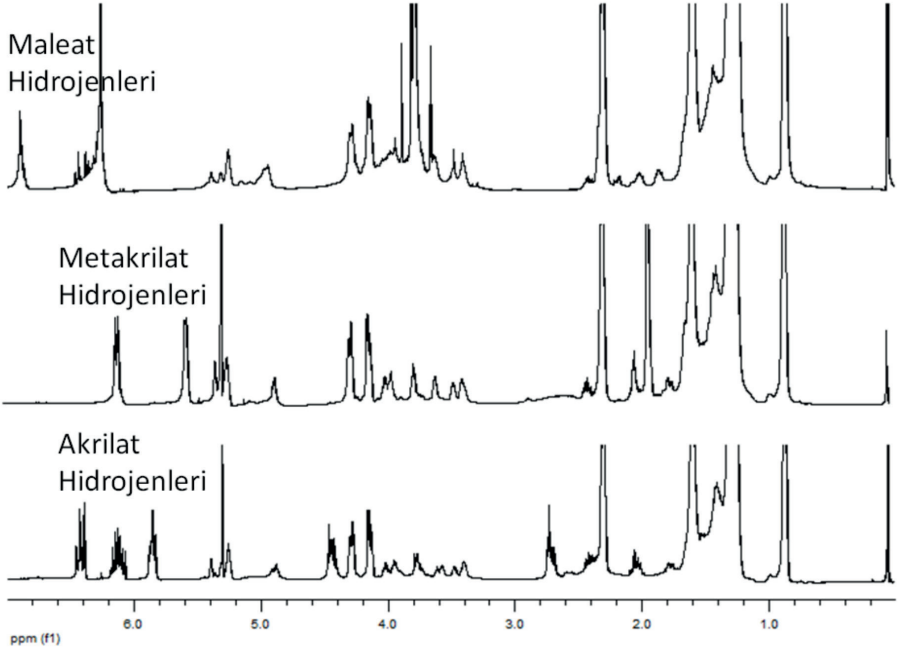
Yapılan çalışmada elde edilen ara ürünlerin ¹H NMR karakterizasyonlarından ve son polimerlerin FTIR analizlerinden bahsetmek faydalı olacaktır. NMR metodu atom çekirdeklerinin spinlerinin (dönme hareketi) uygulanan manyetik alanla etkileşmesine ve bu etkileşim sonucu belirli enerjilerde soğurma yapmasına dayanan bir tekniktir. Atom çekirdeklerinin soğurma yapması için NMR aktif olmaları gereklidir. Moleküllerin karakterizasyonunda da en çok kullanılan tekniklerden biridir. Şansımıza hidrojen atomunun (Döteryum izotopu hariç) çekirdeği de NMR aktif bir çekirdektir. Moleküldeki hidrojenlerin elektronik çevreleri yani uzaydaki yönelimleri, komşu oldukları atomlar farklı olduğu zaman hidrojen atomların değişik enerji seviyelerinde absorpsiyon yapacak ve bu sayede hidrojen atomunun bağlı olduğu o molekül veya grup kendisi için spesifik olan alanda bir pik verecektir.

Şekil 7 de ESO nun Monometil maleik asit, metakrilik asit ve akrilik asit kondenzatlarının ¹H NMR spektrumu verilmiştir. Genel olarak spektrum incelendiğinde elde edilen kondenzatlarda uygun reaktif kökün ESO ya bağlandığı görülmektedir. Akrilat grubu bağlandığında akrilatlar için spesifik olan 5,8, 6,2 ve 6,4 ppm değerlerinde 3 tane hidrojen atomunun piki görülmektedir. Yine metakrilik asit türevinde 5,6 ve 6,2 ppm de iki tane metakrilat çift bağ hidrojeninin piki görülmektedir. Metakrilat grubunda bulunan çift bağa komşu metil grubu-

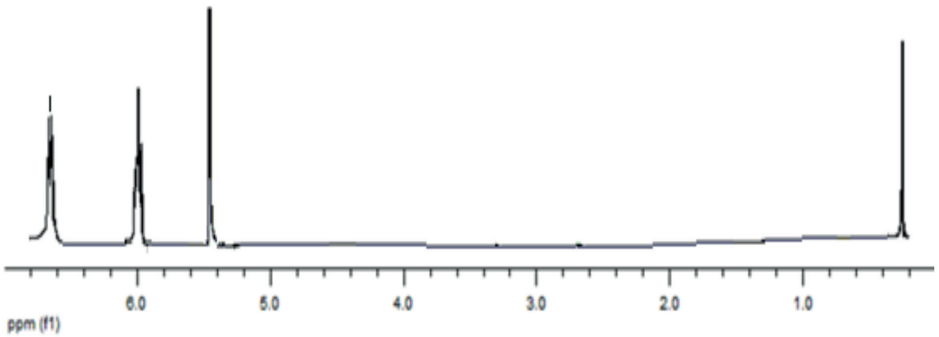
nun hidrojenleri ise 1,85 ppm de görülmektedir. Bu pik ne akrilatlanmış nede maleatlanmış ESO da görülmemektedir. Maleat çift bağları ise 6,4 ve 6,8 ppm de ortaya çıkmaktadır. Maleat grubu 100 °C in üstündeki sıcaklık ve uzun reaksiyon süresi sebebiyle izomeri olan fumarik aside dönüşmektedir. Maleik asit cis izomeriye sahip bir asit iken fumarik asit trans geometriye sahiptir. Bu sebeple de 6,4 ppm deki pikin oranı daha yüksek çıkmaktadır. Bu NMR verilerine göre ESO asit kondenzatları başarıyla sentezlenmiş olup. Akrilat, metakrilat ve maleat hidrojenleri referans hidrojeni olarak α -metilen hidrojenlerine oranlandığında trigliserid başına 3 adet asit kökünün bağlandığı bulunmuştur.

Triklor triazin-furfuril alkol kompleksinin ¹H NMR spektrumu irdelendiğinde (Bakınız Şekil 8) 3 tane pikin olduğu bu piklerinde furfuril alkolden geldiği gözlenmiştir. 5,5 ppm deki pik furan halkasına komşu -CH₂- hidrojenlerine aittir ve 6,0-6,6 ppm de gözlenen pikler ise furan halkasına ait piklerdir. Triazin halkasında herhangi bir hidrojen olmadığı için H NMR spektrumunda gözlenmemiştir. Yine hidrojen atomlarının integrasyonlarının birbirine olan oranına bakıldığında 1/2/2 şeklinde bir oranlama olduğu bulunmuştur. Bu oranda trikloro triazin kompleksinin yapısıyla uyumlu durmaktadır.

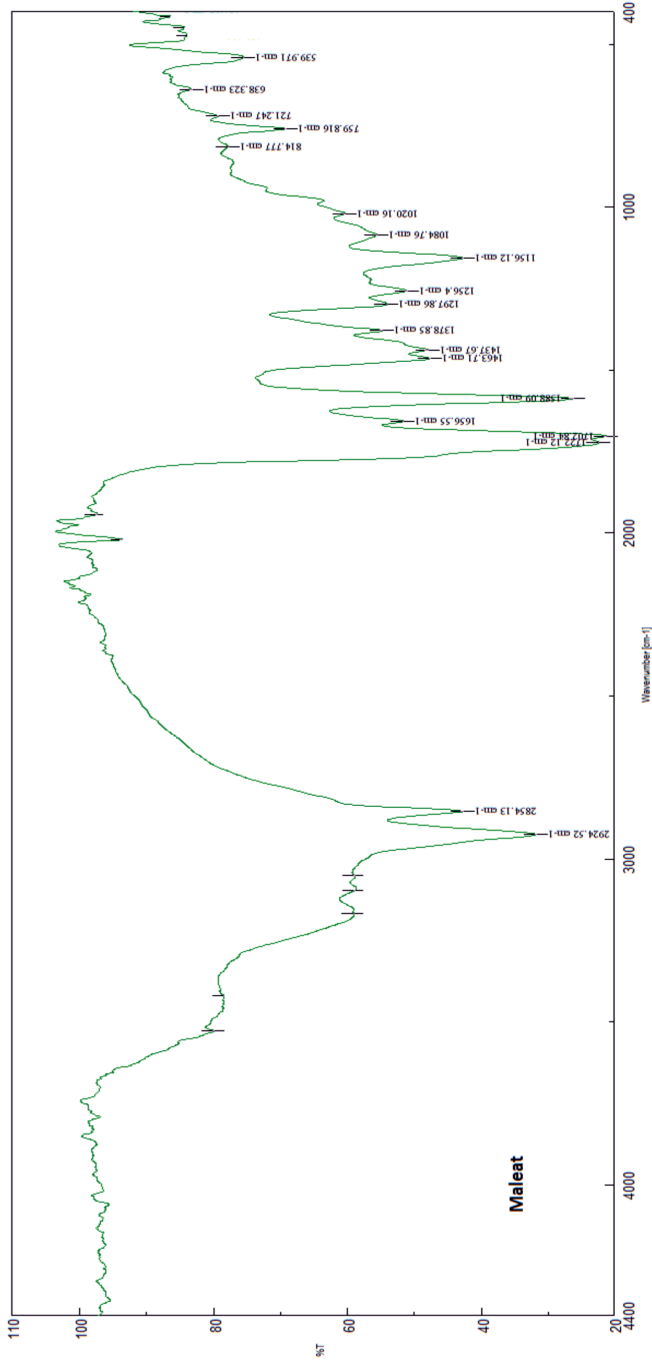
NMR tekniğinin dışında en çok kullanılan karakterizasyon tekniklerinden biri de infrared spektroskopisidir. Infrared spektroskopisiyle moleküllerin dönüşümünü ve hangi fonksiyonel grupların moleküle bağlanıp ayrıldığını rahatlıkla takip edebiliriz. Çeşitli infrared teknikleri mevcut olup bunlar arasında en yaygın olarak kullanılanı FTIR tekniğidir. Elde edilen polimerik malzemelerin FTIR spektrumları Şekil 9, 10 ve 11 de gösterilmektedir. Spektrumlar incelendiğinde Diels-Alder polimerizasyonu oranı arttıkça 1722 cm⁻¹ de görülen karbonil pikinin yanında yeni bir karbonil piki daha gözlenmektedir. Sadece metakrillenmiş olan ESO kondenzatının reaksiyon yüzdesinin daha düşük olduğu düşünülmektedir. Yine her 3 polimerde de 860 cm⁻¹ civarında C-Cl bağının varlığından kaynaklanan zayıf bir pikin olması beklenmesine rağmen muhtemelen diğer piklerle karıştığı için gözlenememiştir.



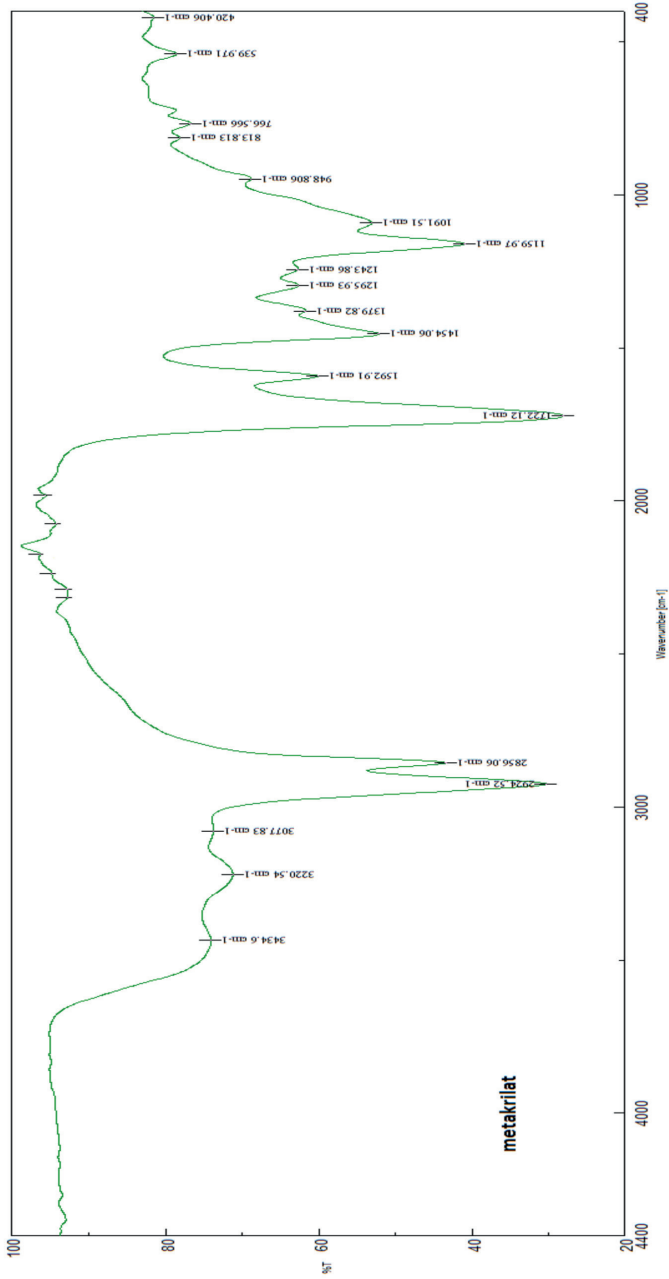
Şekil 7. ESO'nun Monometil maleik asit, metakrilik asit ve akrilik asit kondenzatlarının ^1H NMR spektrumu



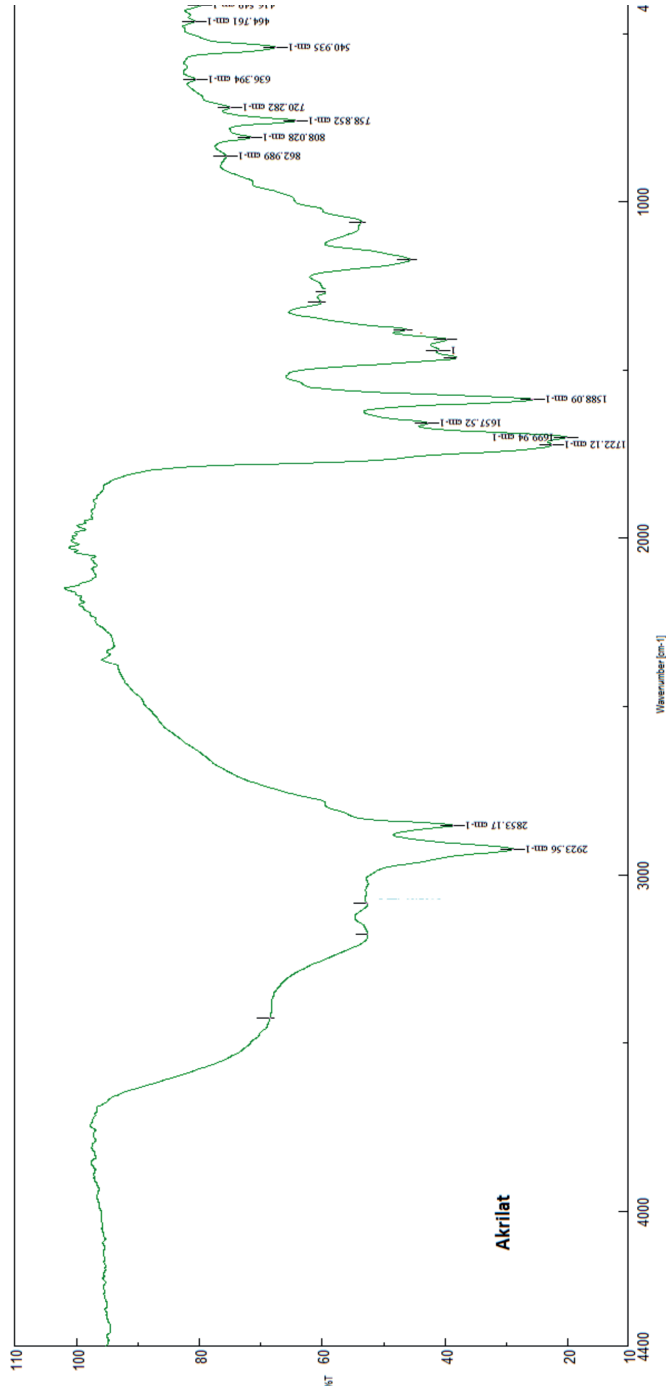
Şekil 8. Trikloro triazin-furfuril alkol kompleksinin ^1H NMR spektrumu



Şekil 9. ESO-Monometil maleat kondenzatı ve trikloro triazin-furfünil alkol kompleksinin verdiği Diels-Alder Polimerinin FTIR spektrumu



Şekil 10. ESO-Metakrilik asit kondenzatı ve trikloro triazin-furfuril alkol kompleksinin verdiği Diels-Alder Polimerinin FTIR spektrumu



Şekil 11. ESO-Akrilik asit kondenzatı ve trikloro triazin-furfürlü alkol kompleksinin verdiği Diels-Alder Polimerinin FTIR spektrumu

SONUÇ

Bu çalışma ile yenilenebilir kaynaklardan olan bitkisel trigliseritler ve mısır püskülünden yola çıkılarak çeşitli modifikasyonlarla elde edilen epokside soya yağı ve furfural alkol kullanılarak yaklaşık %70 civarında yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen komponentler içeren polimerler hazırlanmıştır. Bu polimerlerin sentezinde termal veya foto başlatıcılar kullanılmamıştır. Polimerlerin özellikleri kauçuk malzemelere benzemektedir bu sebeple yüksek mukavemet gerektirmeyen uygulamalarda kullanılacak maddeler bu çalışmayla sentezlenmiştir. Bu malzemeler en basitinden insulator olarak veya biyomedikal uygulamalarda kullanılacak malzemeler olarak ortaya çıkmaktadırlar.

KAYNAKÇA

- 1- Brundtland Report (The Global Challenge, 3) Sustainable Development, 30. pp: 17) (1987)
- 2- Thomas, A (2002), "Fats and Fatty Oils". Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH.
- 3- "Nomenclature of Lipids". IUPAC-IUB Commission on Biochemical Nomenclature (CBN). Retrieved 2007-03-08.
- 4- Mihail, I., Zoran, P. (2011), "Polymerization of Soybean Oil with Superacids". Soybean – Applications and Technology. Intech Open.
- 5- Omonov, T., Curtis, J. (2016), Plant Oil-Based Epoxy Intermediates for Polymers. Bio-Based Plant Oil Polymers and Composites. Elsevier.
- 6- Maisonneuve, L., Chollet, G., Grau, E., Cramail, H., (2016), Vegetable oils: a source of polyols for polyurethane materials. New perspectives of European oleochemistry , 23.
- 7- Huthmacher, K., Most, D., (2000), "Cyanuric Acid and Cyanuric Chloride". Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH.
- 8- K. Venkataraman & D. R. Wagle (1979). "Cyanuric chloride: a useful reagent for converting carboxylic acids into chlorides, esters, amides and peptides". Tetrahedron Letters, 20, 32: 3037-3040

- 9- Mariscal, R.; Maireles-Torres, P.; Ojeda, M.; Sádaba, I.; López Granados, M. (2016), Furfural: a renewable and versatile platform molecule for the synthesis of chemicals and fuels. *Energy Environ. Sci.*, 2016,9, 1144-1189.
- 10- Kloetzel, M. C. (1948). "The Diels–Alder Reaction with Maleic Anhydride". *Organic Reactions*. Vol. 4. pp. 1–59.
- 11- Holmes, H. L. (1948). "The Diels-Alder Reaction Ethylenic and Acetylenic Dienophiles". *Organic Reactions*. Vol. 4. pp. 60–173.

2. Bölüm

TÜNEL OTOMASYON SİSTEMLERİNDEKİ ELEKTRİK EKİPMANLARI DEVREDEYKEN HARMONİK VE KOMPANZASYON İNCELEMESİ

Furkan ARSLAN

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
Elektrik Elektronik Mühendisliği,
furkan_arslan102@hotmail.com,*

Doç. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU

*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
Elektrik Elektronik Mühendisliği,
polat@iuc.edu.tr*

GİRİŞ

Elektrik enerji gereksinimi dünyada elektronik cihazların sayısının artmasından dolayı her geçen gün artmaktadır. Elektrik şebekelerinde bulunan motorlar, jeneratörler, ısıtma, aydınlatma ve benzeri sistemler aktif güç ile birlikte reaktif ve kapasitif güç tüketirler. Bu durumun sonucunda güç tüketim dengesi bozulurak güç katsayısında dengesizlik oluşmaktadır (Alwan, 2017). Reaktif güç tüketimi dengesizleşirse, güç katsayısının kontrolsüz düşüşüyle birlikte elektrik şebekelerindeki dağıtım tesislerinin aktif güç açısından olması gereken kapasitenin çok altında çalışması gerekebilir. Bu sebeple şebekede enerji kaybı oluşacağı gibi tesisin ekonomik açıdan işletilmesi zora girebilir ve oluşabilecek enerji verimsizliği de diğer bir sorun olarak karşımıza çıkabilir (Olca, 2018).

Elektrik enerjisinde gerilim ve akım büyüklüklerinin dalga şekillerinin teorik

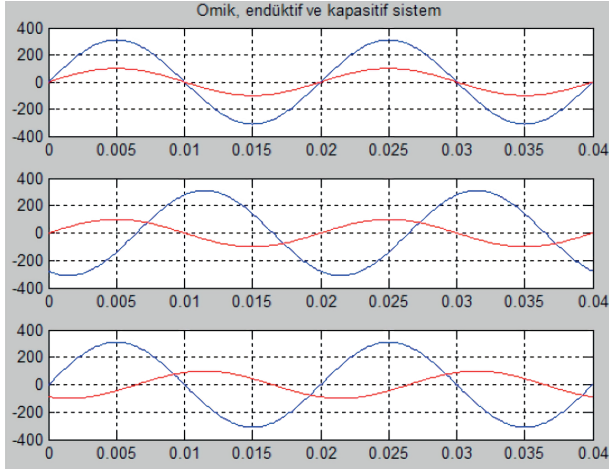
olarak saf sinüs biçiminde olması gerekmektedir. Dalga şeklinin sinüs olması için şebekede bulunan güç kaynağı ile sistemdeki yükün özellikleri önemli olup şebekenin sinüs dalga formu kaynakla beslenmesi ve doğrusal yüklerle yüklenmesi istenir (Özer, 2011). Elektrik şebekelerinde doğrusal olmayan yükler, gerilimi ve akımın sinüs dalga biçiminin bozulmasına ve sistemde harmonik bozulmanın oluşmasına sebep olmaktadır. Harmonik kirlenmeler şebekelerde rezonans problemlerine, elektrik ekipmanlarında zamansız arızalara, sigorta atmalarına, elektrik ekipmanlarının aşırı ısınmalarına ve ömürlerinin azalmasına sebep olur. Ayrıca harmonikler elektromanyetik cihazların çalışma esnasında gürültülü ses çıkarmasına sebebiyet vermektedir (Düzgün, 2012). Tüm bunların sonucunda harmonik kirlenme sistemde enerji kaybına sebebiyet vermekte, elektronik cihazların çalışma kapasitesini düşürmekte ve işletme maliyetinin yükselmesine sebep olmaktadır.

Elektrik yönetmelikleri ile güç faktörünün ne olması gerektiğini belirleyen EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), elektrik tarifelerine bir takım cezalar getirerek işletmelerin enerji kayıplarını engellemeyi amaçlamaktadır. Aktif ve reaktif güç dengesinin oluşması ile güç faktörünün bire yakınsaması için şebekelerde kompanzasyon sistemi kullanımı istenmektedir. Kompanzasyon sistemi kurulumu ile şebekenin her aşamasında gerilim ve frekansın sabit tutulması ideal bir elektrik şebekesinde olması gereken özelliklerden olup elektrik şebekesi sinyalinin harmoniksiz olması amaçlanmaktadır. Harmonik filtreler, kompanzasyon sistemlerinin verimli olarak çalışabilmesi ve şebekedeki harmoniklerin en aza indirilmesi amacıyla kullanılmalıdır.

Bu çalışma ile İstanbul'un Vecdi Diker isimli karayolu tüneline elektrik sistemleri değerlendirilmiştir. Tünelde bulunan ekipmanların işlevleri genel hatlarıyla ifade edilmiş olup elektriksel değerleri hesaplanmıştır. Tünel işletme merkezinde saha incelemesi yapılmıştır. Sistemde bulunan ekipmanların kurulu güçleri, sistem aşamalı olarak çalıştırıldığında güç, reaktif güç ile harmonik değerleri incelenmiştir. Sahadaki veriler ve enerji analizöründe okunan değerler k faktörü hesaplama tablosu yardımıyla çapraz kontrol ile karşılaştırılmıştır.

KOMPAZASYON

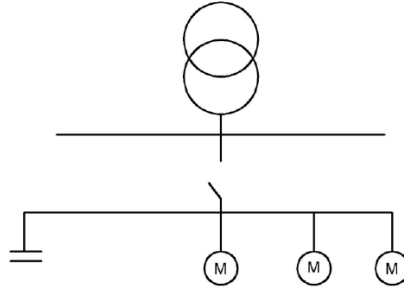
Son yıllarda aktarılan gücün kapasitesini ve kontrol edilebilirliğini artırmak ve sistemin reaktif güç talebini verimli bir şekilde karşılamak için kompanzasyon sistemlerinde statik kontrolörler ve güç elektroniği bileşenleri kullanılmaktadır. Şönt reaktörlü kondansatörler ve yarı iletken tabanlı invertörler kompanzasyon amacıyla kullanılmaktadır (Doğan, 2020). Şebekenin güç katsayısının düzeltilmesini yüke paralel olarak bağlanan kapasitörlerle sağlamaktadırlar. Elektrik şebekelerinde aktif güç yanında sistemin ihtiyacının karşılanması için reaktif güç arzı da olmalıdır. Elektrik santrallerinde üretilip tüketiciye iletilmesi zorunlu olan güç aktif olmalıdır ancak reaktif güç için böyle bir zorunluluk bulunmamaktadır. Güç faktörü, sinüsoidal gerilim ve akım arasındaki faz farkıyla oluşan açının kosinüs değerine denmektedir.



Şekil 1. Omik, Endüktif ve Kapasitif Sistemin Gösterimi (Baş, 2014).

Kompanzasyon sistemleri üç ana başlık altında incelenmekte olup birincisi bireysel kompanzasyondur. Bireysel kompanzasyon, elektrik şebekesindeki sabit yük çeken tüketicilerin elektronik cihazlarına paralel bağlanmak şartıyla reaktif güç gereksinimini karşılayan, kontaktör ya da devre kesici üzerinden tüketiciyle birlikte devreye girip çıkan kompanzasyon çeşidi olarak ifade edilmektedir. Aynı grupta olan cihazlar için sistemde bireysel yerine ortak kompanzasyon yapılması daha pratik ve ekonomik olacağından grup kompanzasyonu kullanılması tercih edilebilir. Bu tip tesislerde güç faktörü, doğrultma elemanları

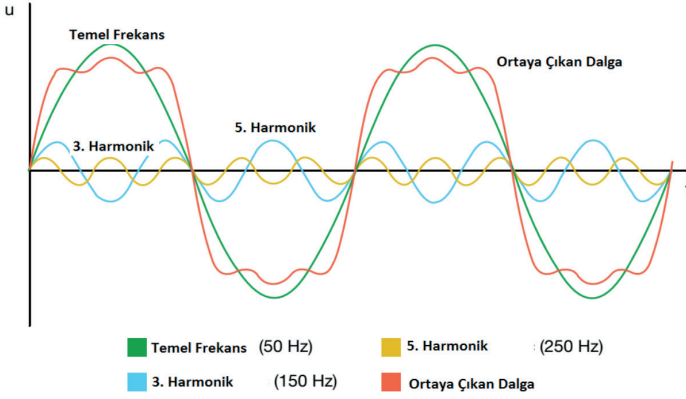
ile aynı anda ve aynı kontaktör üzerinden birlikte kademeli olarak kompanze edilmektedir. Grup kompanzasyonunun avantajı olduğu gibi dezavantajları da mevcut olup kondansatör güçlerinin dağıtımındaki zorluklar ile reaktif enerjinin akım kayıplarının yok edilememesi dezavantajları arasında sayılmaktadır. Grup kompanzasyonunun daha kapsamlı ve geniş hale getirilmiş hali ise merkezi kompanzasyondur. Merkezi kompanzasyonda otomatik ayar düzeneği bulunmasının sebebi sistemdeki tüm cihazların aynı anda devrede olmaması ve aynı yüklerde de çalışmamasıdır. Reaktif enerji akımının kullanılan tüm iletkenlerde iletmeye devam etmesi durumunda kayıplar tam olarak yok edilemediğinden merkezi kompanzasyonun da dezavantajı vardır.



Şekil 2: Grup Kompanzasyonu Örneği.

HARMONİK

Elektrik enerjisinin gerilim ve akım frekansının 50 Hz değerinde olması ve saf sinüsoidal dalga şeklinde elektriğin üretimi, iletimi ve dağıtımında rol alması gerekmektedir. Günümüzde harmoniğin baş sebepleri arasında güç elektroniği cihazlarının kullanılması gösterilebilir (Baş, 2014). Gelişen güç elektroniği endüstrisinde elektrik şebekelerindeki tristörlü yükler, çalışma şartlarından çeşitli frekans seviyelerinde akım ve gerilimlerin oluşmasına vesile olurlar. Oluşan harmonik seviyeleri 1., 3., 5., ve benzeri tek sayılarda karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 3: Harmonik Frekans Seviyelerinin Gösterimi (Kürker ve Taşaltın, 2016).

Harmoniklerin gösterimi Fourier serileri aracılığıyla yapılmakta olup Şekil 3'te görüldüğü üzere Fourier serisindeki ortaya çıkan frekansları farklı sinüsoidal dalgalar harmonik olarak tanımlanmıştır. Harmonikler yüksek frekanslara sahiptirler. Harmonik bozulmalar, bozulma (B), toplam harmonik bozulma (THB), tekil harmonik bozulma (HB) ve toplam talep bozulma (TTB) olarak dört ana başlık altında hesaplanmaktadır. Gerilimin toplam harmonik bozulması %3'den küçük veya akımın toplam harmonik bozulması %15'den düşükse sistemde harmoniklerden dolayı enerji kirliliğinin bulunmadığı söylenebilir. Gerilimin toplam harmonik bozulması %3'den büyük ama %5'den küçükse veya akımın toplam harmonik bozulması %15'den büyük ama %20'den küçükse sistemin harmonik filtreye ihtiyacı olduğunu ancak yatırım maliyetinden dolayı filtre kurulumunun tercihe bağlı olduğu değerlendirilmektedir. Gerilimin toplam harmonik bozulması %5'den yüksek veya akımın harmonik bozulması %20'den yüksekse sistemde rezonans riski olup harmonik filtrenin kesinlikle kullanılması gerekmektedir (Kürker ve Taşaltın, 2016).

Harmonik kirlenmeler genel olarak sistemde rezonans sonuçlarına, kompanzasyon ölçüm rölelerinde hatalı ölçümlere, motor ve kondansatörlerin aşırı ısınmasına, hatalı sigorta açmalarına, sistemde dalgalanmalara, aydınlatma ve elektronik sistemlerde gürültü seviyesinin artmasına sebebiyet vermektedir. Sistemdeki harmoniklerin filtrenmesi iki ayrı yöntem ile pasif ve aktif filtreler aracılığıyla yapılmaktadır. Pasif filtreler, üretici ile alıcı arasına koyulan ana frekans dışındaki bileşenleri yok etmek amacıyla tasarlanan, kondansatör, endüktans ve

direnç elemanlarından oluşan devrelere denilmektedir. Aktif filtreler, doğrusal olmayan yüklerin ürettiği akım harmoniklerini veya doğrusal yüklerin ürettiği gerilim harmoniklerini yok etmek amacıyla kullanılır. Ayrıca güç elektroniği elemanlarını harmonikli yük akımına veya kaynak gerilimine ters fazda ve eşit büyüklükte harmonik akım veya gerilim üreterek sisteme bağlayan elemanlar olarak tanımlanır.

YÖNTEM

Tünellerin içerisinde ve giriş bölgelerinde aydınlatma, tünel içerisinde trafik yönlendirme ve sinyalizasyon sistemleri, yangın algılama ve havalandırma kontrol sistemleri, kamera izleme sistemleri, kamu anons ve radyo telsiz sistemleri, tünel yönetim sistemleri bulunmaktadır. Bu çalışmaya konu olan tünel iki tüplü olup tünel içindeki sistemler alt başlıklarda verilmiştir.

Jeneratör

Tünellerde elektromekanik sistemlerin kesintisiz olarak çalışabilmesi için jeneratöre ihtiyaç bulunmaktadır. İncelemeye konu olan Vecdi Diker tünelinin elektrik ihtiyacı 800kVA güce sahip transformatör ile sağlanmakta olup ayrıca sisteme 1100kVA güce sahip jeneratör bağlanmıştır. Şekil 4'te ilgili jeneratör gösterilmiştir. Transformatör ile jeneratöre 1600A sigorta bağlanmış olup ayrıca birbirlerine kilitleme sistemiyle bağlanmışlardır. Kilitleme sistemi, biri devredeyken diğerini devre dışı bırakmayı sağlamaktadır. Jeneratör 880kW aktif güç, 400V gerilim, 1584A akım, 50Hz frekans, 0,8 güç faktörüne sahiptir.



Şekil 4: İncelemeye Konu Olan Vecdi Diker Tünelinde Kullanılan Jeneratör.

Kesintisiz Güç Kaynakları

UPS (Kesintisiz güç kaynağı), kendi üzerinden beslenen cihazları gerilim dalgalanmalarından, elektrik kesintilerinden ve harmoniklerden koruyup sistemdeki yüke temiz enerji veren cihazlara denilmektedir. Asıl amacı elektrik kesintilerinden korumak olan UPS'ler, aynı zamanda şebeke enerjisini de üzerinden geçirerek frekans ve gerilimi kararlı olan bir alternatif akımla beslemesi ile sistemin talebini sağlamaktadır. Tünelde yüksek güç çeken jet fanlar ile elektromekanik sistemler harmoniklerden etkilenebileceğinden UPS'lerin tüneldeki cihazlarda önce bağlanması gerekmektedir. Tünelde birinin gücü 160kVA diğer ikisinin gücü 80kVA olmak üzere 3 adet UPS bulunmaktadır. 160kVA'lık UPS tüneldeki tüm aydınlatma sistemlerinin bağlandığı aydınlatma panosunun giriş ucuna bağlı olup aydınlatma sistemlerini beslemektedir. 80kVA gücüne sahip olan UPS besleme noktaları, yangın algılama, kamera izleme ve değişken mesaj sistemleri gibi diğer elektronik cihazların da bağlı olduğu UPS panosunun giriş ucuna bağlı olup elektronik cihazları beslemektedir. 80kVA gücüne sahip olan diğer UPS ise yedek olarak hazır beklemektedir.

Aydınlatma Sistemleri

Tünellerin kapalı yapısından dolayı girişleri, çıkışları ve içerisinde trafik

güvenliğine uygun, sürücülerin gözlerini yormayan, sürüş kalitesini yükselten aydınlatma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tünel aydınlatma sistemlerinin amacı tünelin içinde akan trafikte gece ve gündüz, tünelin çıkışındaki parlaklığın içine oranla az olmayacak şekilde, emniyet ve sürüş güvenliğini destekler biçimde tüneldeki yolculuğun sağlıklı bir şekilde yapılmasını sağlamaktır. Tünelde verimleri %93, güç faktörü 0,97, akımın toplam harmonik bozunumu (THBi) %10-%20 arasında olan ve ışık akısı %0-%100 arası ayarlanabilen LED aydınlatmalar kullanılmaktadır.



Şekil 5: *Tünelin Giriş Bölgesi.*

Tünelin bir girişinde asimetrik tip güçleri sırasıyla 185W ve 300W olan 70 ve 85 adet LED aydınlatma sistemleri ve ayrıca simetrik tip 185W gücünde 65 adet LED aydınlatma sistemi bulunmaktadır. Tünelin diğer girişinde asimetrik tip güçleri sırasıyla 185W ve 300W olan 75 ve 95 adet LED aydınlatma sistemleri ve ayrıca simetrik tip 185W gücünde 70 adet LED aydınlatma sistemi kullanılmaktadır. Tünelde giriş bölgelerinde kullanılan asimetrik armatürler zıt yönlü aydınlatma amacıyla, tünel içlerinde kullanılan simetrik armatürler ise simetrik ışık dağılımı amacıyla kullanılmaktadır.

Yangın Algılama Sistemleri

Tüneller üstü kapalı tüp şeklinde olmalarından dolayı yangın anlarında tehlikeli sonuçlara sebebiyet verebilmektedirler. Tünellerde kamera ile duman algılama, hava örneklemeli duman dedektörleri, fiber optik sensörlü veya kullanımı yaygın olan doğrusal kablolu yangın algılama sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin amacı yangını söndürmek değil söndürme aşamasından önce yan-

gının erken tespitinin sağlanması ve tünelde bulunan insanları duman zehirlenmesinden koruyarak kaçabilmeleri için zaman tanımaktır. Bu sistemler yangın anında yangının konumuna göre sisteme sinyal göndererek en yakın havalandırma sisteminin devreye girmesini sağlamaktadır. İncelemesi yapılan Vecdi Diker tüneline 70VA gücüne sahip doğrusal kablolu tip yangın algılama sistemi bulunmaktadır.

Trafik İzleme, Kamera (CCTV) Sistemleri

Tünellerde trafik kontrolü ve yol güvenliği amacıyla kapalı devre televizyon sistemleri (CCTV) ve değişken mesaj işaretleri (DMİ) kullanılmaktadır. CCTV'nin kullanım amacı güvenlik ve trafik kontrolüdür. DMİ, sürücülere trafik, yol veya meteorolojik bilgileri vermek amacıyla kullanılan LED teknolojisine sahip ve işletme merkezinden yönetilebilen sistemlere denilmektedir. Tünelde 15W güce sahip 35 adet kamera, 120W güce sahip 6 adet DMİ kullanılmaktadır.

Kamu Anons ve Acil Durum (SOS) Sistemleri

Tünel içinde mahsur kalan sürücü veya yolculara gerekli uyarılarda bulunmak üzere kamu anons sistemi kullanılmaktadır. Her türlü ağır çalışma şartlarında kullanılmak üzere üretilmiş olan, 150 metrede bir şekilde konumlandırılan ve işletme merkeziyle analog iletişimi sağlayan acil yardım telefonları bulunmaktadır.

Enerji Analizörü

Elektrik enerjisinin anlık olarak takibini, ölçülen verilerin kayıt altına alınması, ihtiyaç halinde cihazlarla veya yazılımlarla iletişimi sağlayan cihaza enerji analizörü denir. Enerji analizörleri ile tek faz ve üç fazın akım, gerilim, nötr, toprak, aktif, reaktif, görünür güç, harmonik akım ile gerilim değerleri ölçülebilmektedir. Bu değerler anlık olarak SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi ve tünel işletme yazılımları aracılığıyla takip edilip bilgisayar ortamına aktarılabilir. Enerji analizörlerinin bir diğer görevi ise enerji değerlerini okuyarak ileride fatura ve ceza gibi karşılaşılabilecek verimsiz kullanımların önüne geçmektir. Tünelde kullanılan analizör, transformatör ve jene-

ratörden çıkıp ana dağıtım panosuna giren kablolara yani şebekenin giriş L1, L2 ve L3 fazlarına bağlıdır.

Havalandırma Sistemleri

Tünellerde egzoz gazları nedeniyle meydana gelen hava kirlenmesi olmaktadır. Özellikle sık sık yoğun trafiğin yaşandığı tünellerin içerisinde araçlardan çıkan egzoz dumanından dolayı oluşan hava kirlenmesini engellemek ve yangın gibi acil durumlarda oluşan duman ile sıcak havanın tahliye edilmesi için havalandırma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tünellerde havalandırma sistemleri tayin edilirken tünelin mesafesi, şerit adedi, yol eğimi, yüksekliği, trafik yoğunluğu ve çevre tesirlerine dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 6: Tünelde Kullanılan Jet Fan.

Jet fan motorları, havalandırma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Jet fanların uzunlamasına montajı yapılması gerekmekte olup hava kalite, hız ve yön sensörleriyle birlikte kullanılmalıdır. Tünellerde günlük havalandırma ihtiyacının yanı sıra yangın gibi acil durumlarda yangının konumuna göre oluşan dumanı tünelden dışarıya doğru itmeye ve bu sürede insanların tahliyesini sağlamaya yardımcı olan elemanlardır. Hava ölçüm sensörlerinin değerlerine veya yangın algılama sistemlerinden gelen bilgilere göre devreye giren jet fanlar, tek yönlü veya çift yönlü tipleri ile askı sistemi vasıtasıyla tünellerin tavanlarına asılmaktadırlar. Hava kalite sensörleri, tünelin içinde bulunan hava kalitesinin düştüğünü tespit edip jet fanlara sinyal göndererek jet fanları otomatik olarak devreye almayı sağlamaktadırlar. Çift yönlü olarak da çalışabilen jet fanlar, tü-

nelde çıkan yangın gibi acil durumlarda yangın algılama sensöründen aldıkları veriyle yangının başladığı lokasyona en yakın yerden başlayarak tünelin çıkış noktasına kadar olan jet fanların hepsi birlikte aynı yönde çalışarak duman ve isi dışarıya taşımaktadırlar. Vecdi Diker tünelinin bir girişinde 8 adet diğerinde ise 6 adet olmak üzere toplam 14 adet 45kW güce sahip olan asenkron motorlu jet fanlar kullanılmaktadır.

BULGULAR

Tünelde 800kVA transformatör ve 880kW jeneratör ana dağıtım panosuna (ADP) bağlanmıştır. ADP’de L1, L2 ve L3 ana fazları bulunmaktadır. 8 adet jet fanın bağlı olduğu MCC1 panosu ve 6 jet fanın bağlı olduğu MCC2 panoları ADP’ye bağlanmıştır. Her jet fan yaklaşık 70A akım çekeceğinden 100A’lik sigortalar ile panoya bağlanmıştır. MCC1 panosunda 800A sigorta, MCC2 panosunda 630A sigorta bulunmaktadır. Aydınlatma panosu ile 160kVA UPS birbirlerine bağlanmış olup 250A değerinde sigortalar ile korunmaktadırlar. 80kVA güce sahip olan elektronik cihazların beslendiği UPS’e 160A sigorta bağlanmıştır. Ana dağıtım panosunda ayrıca kompanzasyon panosu da bulunmakta olup 250A sigorta ile panoya bağlanmıştır.



Şekil 7: Tüneldeki Ana Dağıtım Pano Odası.

Tüneldeki tüm cihazlar tam kapasiteyle çalıştığında MCC1 panosunda 360kW, MCC2 270kW, aydınlatma panosunda 106kW, UPS panosundaki ci-

hazlar (güç faktörü 0,6 varsayılırsa) 48kW, olmak üzere toplamda 784kW güç çekeceklerdir. ADP’de bulunan kompanzasyon panosunda birer adet 5 kVAr, 10 kVAr, 15 kVAr ve 7 adet 25 kVAr kapasitör bulunmaktadır, ayrıca birer adet 15 kVAr, 25 kVAr ve 4 adet 10 kVAr şönt reaktör bulunmaktadır.

Sistemdeki jet fanlar ve elektronik cihazlar devrede değilken analizördeki değerler ve kompanzasyon panosunda incelemeler yapılmış olup akabinde jet fanları 2’şerli gruplar halinde devreye alarak aynı incelemeler yapılmıştır. Bu şekilde 6. jet fana devreye girene kadar sahadan gerekli veriler alınıp Tablo 1’de elektriksel değerler verilmiştir.

Tablo 1: 6 Adet Jet Fan Devreye Girene Kadar Güç Kademelerinin Analizleri.

	Jet Fanlar Devrede Değilken			2 Jet Fan Devredeyken			4 Jet Fan Devredeyken			6 Jet Fan Devredeyken		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Faz Akımı (A)	111	110	104,8	255,3	261,9	254,7	371,6	386,5	380,9	497,8	524	513,4
Nötr Akımı (A)	11,74			11,06			11,39			12,2		
Faz-Faz Gerilimi (V)	380,1	381,8	382,2	380,6	382,2	382,5	379	380,8	381,1	379	380,8	380,8
Faz-Nötr Gerilimi (V)	220	219,5	221	220,2	219,7	221,8	219,3	218,8	220,6	219,2	218,7	220,6
Aktif Güç (W)	24,2	23,95	22,9	55,48	56,76	55,75	81,35	84,4	83,78	108,8	114,4	112,7
Aktif Güç Toplamı (W)	71			168			250			336		
Reaktif Güç (kVAr)	3,3	3,01	3,41	-9,09	-9,52	-8,22	5,28	-4,99	6,53	7,82	6,99	10,83
Reaktif Güç Toplamı (kVAr)	9,72			-26,83			6,82			25,64		
Görünür Güç (VA)	24,42	24,14	23,15	56,22	57,56	56,35	81,52	84,54	84,04	109,1	114,6	113,2
Görünür Güç Toplamı (VA)	71,71			170,12			250,1			336,94		
Güç Faktörü	0,99	0,99	0,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Toplam Güç Faktörü	0,99		1				1				1		
Frekans (Hz)	50			50,01				50,01			49,95		
Faz Akım Harmoniği THB _v (A)	13,73	12,68	14,73	10,4	9,84	10,69	6,09	5,7	6,27	6,18	5,53	6,29	
Nötr Akım Harmoniği (A)	143			120,72				173,34			221,87		
Faz-Faz Gerilim Harmoniği THB _v (V)	1,48	1,5	1,52	1,85	1,9	1,96	1,76	1,81	1,84	1,97	2,08	2,15	
Faz-Faz Ortalama Gerilim Harmoniği (V)	381,34			381,75				380,32			380,16		
Faz-Nötr Gerilim Harmoniği THB _v (V)	1,56	1,51	1,61	1,91	1,9	2,04	1,79	1,79	1,93	2,05	2,01	2,22	
Faz-Nötr Ortalama Gerilim Harmoniği THB _v (V)	1,54			1,9				1,79			2,03		

Sistemde jet fanlar devrede değilken aktif güç toplamı 71kW, reaktif güç toplamı 9,72kVAr, güç faktörü ise 0,99 olarak hesaplanmıştır. Sistemin güç faktörü istenilen değere çıkarılmak istendiğinde k değeri hesaplama tablosundan faydalanılır ve Denklem 1 ile sistemin kondansatör değeri bulunur.

(1)

Tablo 2: k Faktörü Hesaplama Tablosu

	Kompanzasyon Sonrası Tesiste Ölçülen Güç Faktörü ve k Faktörü İlişkisi												
Güç Faktörü	0,8	0,82	0,85	0,88	0,9	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
K Faktörü		0,05	0,13	0,21	0,27	0,32	0,39	0,42	0,46	0,5	0,55	0,61	0,75

Tablo 2’de güç faktörlerine karşılık gelen k faktörleri verilmiştir. Tesisin normaldeki güç faktörü 0.8 olarak kabul edilmiş ve kompanzasyon ile bu değer

(İlgili k faktörü değerlerinde) yükseltilmesi hedeflenmiştir. Şebekelerde talep güç faktörü genelde 0,8 kabul edilir. Tablo 2'ye göre 0,8 olarak kabul edilen sistemin güç faktörünün şebekenin 0,99 olan güç faktörüne yükseltilmesi için k faktörünün 0,61 olarak alınması gerektiği görülmektedir. Aktif gücü 71kW olan sistemin ürettiği kapasitif güç miktarı için Denklem 1'de verilen eşitlik uygulandığında 43kVAr bulunmuştur. Sahada yapılan analizlerde birer adet 10 kVAr, 15 kVAr ve 25 kVAr şönt reaktör devreye girdiği gözlemlenmiş olup teorik hesaplamada 7 kVAr, Enerji analizöründe ise 9,72 kVAr reaktif güç gözlemlenmiştir. Sahadaki ve teorik veriler yakın çıkmıştır.

Sistemde 2 adet jet fan devreye girdiğinde 2 adet 25 kVAr kapasitör devreye girmiş, birer adet 10 kVAr, 15 kVAr, 25 kVAr şönt reaktör devreden çıkmış, yani 100kVAr kapasitif güçlük kompanzasyon elemanları devreye girip çıkmıştır. Teorik hesaplamada -27,5kVAr, enerji analizöründe -26,83kVAr güç tespit edilmiş olup değerler yaklaşık olarak birbirleriyle uyumaktadır.

Sistemde 4 adet jet fan devreye girdiğinde 2 adet daha 25 kVAr kapasitör devreye girmiştir. Teorik hesaplamada 11,5 kVAr, enerji analizöründe 6,82 kVAr güç değeri görülmüş olup değerler yaklaşık olarak hesap ve ölçüm değerleri uyumaktadır.

Sistemde 6 adet jet fan devreye girdiğinde birer adet 15 kVAr ve 25kVAr kapasitör devreye girmiştir. Teorik hesaplamada 24,5k Var ve analizörde 25,64 kVAr güç belirlenmiş olup iki değer eşit sayılabilecek düzeydedir.

Tablo 3'e istinaden sistemde 8 adet jet fan devreye girdiğinde 2 adet 25 kVAr, birer adet 5 kVAr ve 15 kVAr kapasitör devreye girmiştir. Teorik hesaplamada -8,88 kVAr, analizörde -8,99 kVAr güç belirlenmiş olup değerler birbirleriyle uyumludur.

Sistemde 10 adet jet fan devreye girdiğinde 2 adet 10kVAr şönt reaktör devreye girmiştir. Teorikte 78,56kVAr, analizörde 71,24kVAr hesaplanmış olup birbirine yakın değerler görülmüştür.

Sistemde 12 adet jet fan devreye girdiğinde kompanzasyon panosundaki tüm elemanlar devrededir. Teorikte 127,89kVAr, analizörde 128,77kVAr görülmüş olup birbirine eşit sayılabilecek düzeydedir.

Jet fanlardan birinde bakım yapıldığı için devreye alınmamıştır. Sistemde 13 adet jet fan devredeyken teorikte 151,27 kVAr, analizörde 153,75 kVAr görülmüştür.

Tablo 3: 6' dan 13'e Kadar Olan Jet Fanlar Devreye Girene Kadar Güç Kademelerinin Analizleri

	8 Jet Fan Devredeyken			10 Jet Fan Devredeyken			12 Jet Fan Devredeyken			13 Jet Fan Devredeyken		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Faz Akımı (A)	629,9	664,9	651,8	778,5	825,1	811,6	951,9	1011	990,6	1025	1084	1065
Nötr Akımı (A)	12,41			11,52			11,79			10,07		
Faz-Faz Gerilimi (V)	381,5	383,8	383,5	378,1	380,5	379,9	374,4	376,9	375,9	375	377,4	376,5
Faz-Nötr Gerilimi (V)	220,6	220,2	222,4	218,5	218,3	220,5	216,3	216,1	218,4	216,7	216,4	218,7
Aktif Güç (W)	138,2	145,9	143,9	168,7	179	176,5	202	215	210,5	216,7	229,6	225,4
Aktif Güç Toplamı (W)	428			524			627			672		
Reaktif Güç (kVAr)	-13,5	-12,9	17,41	21,8	19,84	29,61	3,84	39,02	49,91	48,02	47,25	58,48
Reaktif Güç Toplamı (kVAr)	-8,99			71,24			128,77			153,75		
Görünür Güç (VA)	138,9	146,4	145	170,1	180,1	178,9	205,9	218,5	216,3	222	234,4	232,9
Görünür Güç Toplamı (VA)	430,26			529,15			640,69			689,33		
Güç Faktörü	1	1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97
Toplam Güç Faktörü	0,99			0,99			0,98			0,97		
Frekans (Hz)	49,93			49,99			50			50		
Faz Akım Harmoniği THB _v (A)	9,59	8,46	11,49	6,53	5,64	7,3	4,39	3,84	4,84	3,92	3,45	4,2
Nötr Akım Harmoniği (A)	269,44			303,1			216,48			284,4		
Faz-Faz Gerilim Harmoniği THB _v (V)	2,45	3,04	3,15	2,33	2,68	2,81	2,16	2,41	2,52	2,13	2,34	2,44
Faz-Faz Ortalama Gerilim Harmoniği (V)	382,91			379,47			375,71			376,27		

Faz-Nötr Gerilim Harmoniği THB _v (V)	2,64	2,65	3,39	2,47	2,44	2,97	2,27	2,26	2,67	2,22	2,22	2,58
Faz-Nötr Ortalama Gerilim Harmoniği THB _v (V)	2,65		2,46			2,27			2,22			

TARTIŞMA VE SONUÇ

Elektrik enerjisine olan ihtiyaç teknolojinin gelişmesiyle birlikte git gide artmaktadır. Şebekelerde çekilen gücün miktarına paralel olarak sistemlerde kayıplar oluşmakta olup sistemin aktif güç dengesi bozulabilmektedir. Bu nedenle güç sistemini dengeleyen kompanzasyon ile harmonik filtrelerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu inceleme sonucunda tünel elektromekanik sistemlerinde kullanılan ekipmanların hangi amaçlar doğrultusunda kullanıldıkları tespit edilmiştir. Tünelde bulunan elemanların elektriksel güç değerlerinin hangi aralıklarda olabileceği gösterilmiştir. Bu inceleme sonucunda tünel sisteminin kurulum ve işletme maliyetinin düşürülmesi amacıyla 7 adet jet fana göre kompanze edildiği tespit edilmiştir. Her iki tünel girişinde acil durum oluşma ihtimalinin az olması ve aynı anda her iki tünelde acil durum oluşma durumunda kısa süreli olarak sistem endüktif yüklü de olsa çalışabilmektedir. K faktörünün yardımıyla yapılan teorik hesaplamalar ile analizördeki reaktif enerjinin birbirine oranlarının ortalaması yaklaşık %15 olarak hesaplanmıştır. Şebekede bulunan jet fanlar kademeli devreye alındığında harmonik gerilimleri %1,5-3,5 arasında kabul edilebilir düzeylerde, harmonik akımları ise %3-15 arasında düşük değerlerde olduğu görülmüştür. İncelemesi yapılan Vecdi Diker tünelinin harmonik filtreli kompanzasyon sistemine sahip olduğu görülmüş olup sistemin kapasitif ihtiyacına göre devreye girdiği gözlemlenmiştir. Tünel şebekesindeki elektrik ekipmanları devreye kademeli olarak girdiğinde ekipmanların elektriksel değerlerinin paralel olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. Kompanzasyonun sistemle uyumlu çalıştığı tespit edilmiştir. Sistemin harmonik akım ve gerilimlerinin düşük düzeylerde çıktığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Alwan, I. M., 2017, Investigation of Reactive Power Compensation in a Power Distribution Network, Thesis(Master Degree), University of Turkish Aeronautical Association Institute of Science and Technology.
- Baş, Z., 2014, Güç Sistemlerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu ve Harmonik Analizi, Tez(Yüksek Lisans), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğan, H. V., 2020, Dinamik Reaktif Kompanzasyon Sisteminin Dağıtım Transformatörlerine Uygulanması Üzerine Bir Analiz, Tez(Yüksek Lisans), Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Düzgün, A., 2012, Güç Sistemlerinde Harmoniklerin İncelenmesi Ve Akım Harmoniklerinin Azaltılması İçin Aktif Güç Filtre Tasarımları, Tez(Yüksek Lisans), Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kürker, F., & Taşaltın, R. (2016), Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elektrik Tesislerinde Harmoniklerin Meydana Getirdiği Kayıpların Analizi, pp. 21-38.
- Olçay, K., 2018, Reaktif Güç ve Harmoniklerin Enerji Verimliliği ve Kablo Ömrüne Etkileri, Tez(Yüksek Lisans), Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Özer, F. G., 2011, Nonlineer Yüklü Sistemde Filtreleme ve Güç Kompanzasyonu, Tez(-Yüksek Lisans), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

3. Bölüm

YENİLENEBİLİR KAYNAKLARDAN POLİMER NANOPARTİKÜLLERİN ÜRETİMİ

Necla YÜCEL

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi

necla.yucel@std.yildiz.edu.tr

Orcid No: 0000-0003-0093-2521

Dr. Pınar ÇAKIR HATIR

İstinye Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi

pinar.hatir@istinye.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-3806-7118

GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca doğal kaynaklardan elde edilen polimerleri kullanmıştır. Arkeolojik çalışmalar, 30.000 yıl öncesine kadar selüloz, polisakkarit ve ligninden oluşan keten lifleri içeren bitkisel polimer malzemelerin kullanıldığını saptamıştır (Kvavadze vd., 2009). Hayvansal materyallerin de daha önce kullanıldığına dair kanıtlar mevcuttur ve hayvansal protein (keratin, kollajen, ipek proteini) materyalleri olan yün, kürk, ipek veya deri kullanımının kanıtları yaklaşık 7.000 yıl öncesine dayanmaktadır (Good vd., 2009). Antik Mezoamerikan halkı, doğal kauçuğu sıvı veya koloidal formda ilaç olarak ve katı formda, ritüel top oyunlarında kullanılmak üzere dekoratif öğeler, kaplamalar ve katı toplar oluşturmak için kullanmışlardır (Hosler, 1999). Bununla birlikte, kauçuk için yaygın uygulama, 19. yüzyılda Goodyear tarafından doğal kauçuğun vulkanizasyonu yöntemiyle mümkün olmuştur. Bu yöntem Charles Goodyear tarafından 1839'da keşfedilen bir kimyasal-teknik yöntemi olarak bilinmektedir (Ikeda vd., 2009)

Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polimerler binlerce yıldır kullanılmasına rağmen, son yıllarda, özellikle fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin modifiye edilmesi, fonksiyonellik katılması gibi avantajlarından ötürü, fosil kaynak hammaddelere alternatif olarak görülmektedir. Bu çalışmada, yenilenebilir kaynaklar kullanılarak sentezlenen polimerler ve biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere üretilen polimer nanopartiküller incelenmiş ve sentez yöntemleri anlatılmıştır.

1. YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR

Yenilenebilir kaynaklar tekrar tekrar kullanılabilen, tükenmeyen, temiz ve çevre dostu bir kaynaktır. Bu kaynaklar kullanılarak üretilen polimerik malzemelerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Yenilenebilir hammadde kaynakları kullanılarak üretilen polimerik malzemelerin tekrar tekrar kullanılabilmesi, atık sorununun giderilmesi açısından fayda sağlamaktadır. Petrol esaslı polimerik malzemelerin üretimi, ki bu malzemelerin üretiminde kullanılan fosil hammaddelerin ve petrol fiyatlarının yüksek olması, bu malzemelerin imha edilmesinin maliyetinin oldukça yüksek olması ve çevre dostu olmaması gibi birçok sorunu içermesi, yenilenebilir kaynaklardan üretilen malzemelerin dünyamız için ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Poulopoulou vd., 2018). Fosil kaynaklarla üretilen polimerik malzemelerin üretimi ve kullanımının önüne geçmek için biyolojik olarak parçalanabilen, çevre dostu ve ekonomik polimer malzemelerin geliştirilmesi sürdürülebilirliği sağlamaktadır.

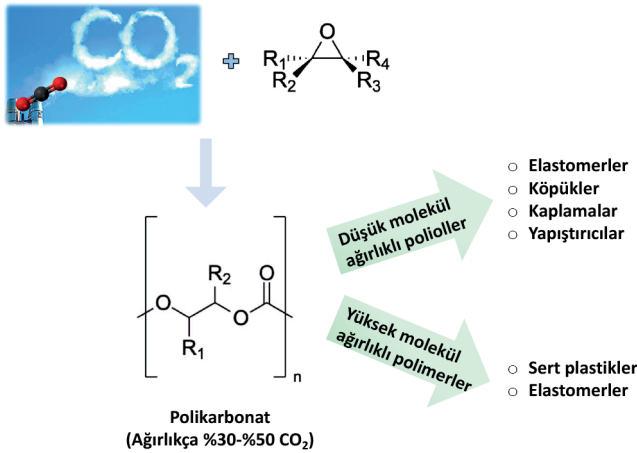
Yenilenebilir kaynaklardan polimerik malzemelerin üretilmesi doğal polimerlerin modifikasyonu, biyokütleden veya bitki ya da mikroorganizmalar kullanılarak monomerlerin elde edilmesi ve bu monomerler kullanılarak polimerlerin üretilmesi gerçekleştirilebilir (Sonkusare vd., 2022). Bu kapsamda sunulan çalışmada, yenilenebilir kaynaklar kullanılarak polimer esaslı sürdürülebilir nanopartiküllerin üretimi bu bölümde incelenmiştir.

1.1. Karbondioksit

Çevre kirliliğiyle mücadele kapsamında son yıllarda geliştirilen tekniklerle karbondioksit gibi çevresel atık gazların yararlı ve değerli polimerlerin hazırlanmasında kullanılması oldukça ilgi çekici olmuştur (von der Assen vd.,

2014). Şekil 1’de karbondioksitin polimer sentezinde kullanımına bir örnek gösterilmiştir. Karbondioksit kullanılarak polimer malzemesinin hazırlanması işleminde, elde edilen polimer kütesinin yaklaşık %30-50’sinin karbondioksitten, geri kalanının petrokimyasallardan elde edilmesiyle oluştuğu bilinmektedir. Bu da hem ekonomik olarak hem de çevresel açıdan oldukça avantajlıdır (Lee vd., 2012). Karbondioksit ile yapılan polimerlerin ticarileştirilerek ürüne dönüştürülmesi Şekil 1’de de ifade edildiği gibi molekül ağırlığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Düşük molekül ağırlıklı ve hidroksil uçlu polikarbonatlar ya da polieter karbonatlar, poliüretan üretiminde polioller olarak uygulanmaktadır. Darensbourg’un 2007 yılında yayımladığı makaleye göre köpükler, yapıştırıcılar, giysiler ve dayanıklı kaplamaların yapımında kullanılan bazı yaygın petrokimya bazlı poliollerin yerini, Şekil 1’de şematik gösterimde de ifade edilen karbondioksit ve epoksinin polimerizasyonu ile hazırlanan düşük viskoziteli ve düşük camsı geçiş sıcaklıklarına sahip polioller alabilir (Darensbourg, 2007).

Karbondioksitin yükseltilmesinin en önemli faydalarından biri, petrokimya bazlı polimer üretimi için mevcut altyapı kullanılarak polimerlerin kolaylıkla üretilmesidir. Özellikle, polimerizasyon reaksiyonları işleme ve saflaştırma için mevcut reaktörler ve yöntemler kullanılarak devam edilebilir. Ayrıca hammaddeler için tarıma veya monomerlerin karmaşık ön işlemlerine ve dönüşümlerine bağımlılık yoktur (Zhu vd., 2016).



Şekil 1. Karbondioksit ve epoksit kullanılarak polimer elde edilmesinin şematik gösterimi

1.2. Polisakkaritler

Polisakkaritler doğada bolca bulunan biyopolimerlerdendir. Biyouyumlu, ucuz ve ayrıca sahip olduğu nükleofilik gruplardan dolayı türevlendirilebilir olmaları polisakkaritleri, ilaç taşıyıcı nanopartikül olarak sentetik polimerlere göre avantajlı kılmıştır. Polisakkaritler, çok sayıda fonksiyonel gruba, çeşitli kimyasal ve yapısal bileşimlere ve çeşitli moleküler ağırlıklara sahiptirler. Dolayısıyla, yapı ve fiziksel özellik çeşitliliği zengindir. Polisakkaritlerde moleküler zincirler üzerindeki çeşitli türetilebilir grupların varlığı onların kimyasal ve biyokimyasal olarak kolayca modifiye edilebilir olduğunu göstermektedir. Bu şekilde modifiye edilerek elde edilen biyomalzemeler doğal olarak meydana geldikleri için biyolojik olarak parçalanabilirler. Non-toksik, çok kararlı ve aynı zamanda hidrofiliktirler. Doğal polisakkaritlerin çoğu, biyolojik dokularla (esas olarak epitel ve mukoza zarları) kovalent olmayan bağlar oluşturabilen karboksil ve amino grupları içerdikleri gibi, hidroksil gibi hidrofilik gruplara da sahiptirler.

1.3. Polipeptitler / Proteinler

Proteinler ve peptitler genellikle bozunabilir olmaları, toksik olmamaları ve kolay ulaşılabilir olmaları nedeniyle nanopartikül üretimi için zengin bir kaynaktır. Proteinler, canlı organizmalar tarafından üretilen amino asitlerden oluşmuş polimerlerdir. Dokuları oluştururlar, düzenleyici ve taşıma özelliklerine sahiptirler ve metabolik reaksiyonları katalize ederler. Jelatin (kollajenin bozunma ürünü) ve albümin, nanopartiküllerin üretiminde sıklıkla kullanılan protein rezervuarlarıdır. Ticari bir ürün olarak piyasalarda yerini alan protein bazlı nanopartiküller ilk kez albümine bağlı paklitaksellerden hazırlanmıştır (nabTM-paclitaxel; Abraxane®) ve boyutu yaklaşık 130 nm civarındadır (Wurm ve Weiss, 2014).

1.4. Lignin

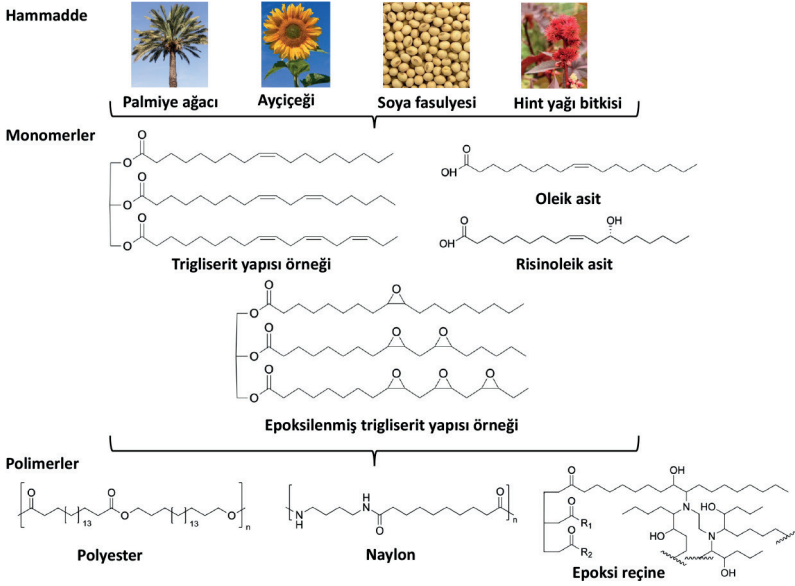
Bir biyopolimer rezervuarı olarak en çok bulunan polimerlerden birisi lignindir. Bitkilerden ekstrakte edilerek elde edilir ve ana bileşen olarak selülozun yanı sıra toplam bitki biyokütlesinin yaklaşık %15-40'ını oluşturur. Lignin çok yüksek moleküler ağırlığa sahip, sınırlı çözünürlüğü olan ve mikro yapısının karmaşık olmasından dolayı, biyokütlesinin yüksek oranda mevcut olmasına

rağmen, özellikle kâğıt endüstrisinde tercih edilmeyen yan ürün olarak kabul edilmektedir (Hatakeyama ve Hatakeyama, 2010).

Lignindallı bir polifenolik polieterdir ve ana yapısal elementleri üç “monomerik birim”, yani aromatik ve alifatik eter bağları yoluyla bağlanan, düzensiz bir şekilde hiperdallı oluşturan 4-hidroksifenil, guaiacil ve siringil türevlerinden meydana gelmiştir (Calvo-Flores ve Dobado, 2010). Oldukça fonksiyonel olan lignin, daha fazla modifikasyon veya polimerizasyon için kullanılabilen hem fenolik hem de alifatik hidroksil grupları taşır. Malzeme biliminde lignin kullanımına dair birkaç yayın mevcuttur, ancak lignini nanopartikül formülasyonlarında kullanan çok az örnek vardır. Örneğin yapılan bir çalışmada, lignin çok duvarlı karbon nanotüplere katkılanıp, kimyasal sensör uygulamaları için toluen-2,4-diizosiyanat (TDI) ile muamele edilmiş ve poli(propilen glikol) ile kademeli büyüme polimerizasyonunda bir makromonomer olarak kullanılmıştır (Faria vd., 2012).

1.5. Bitkisel Yağlar

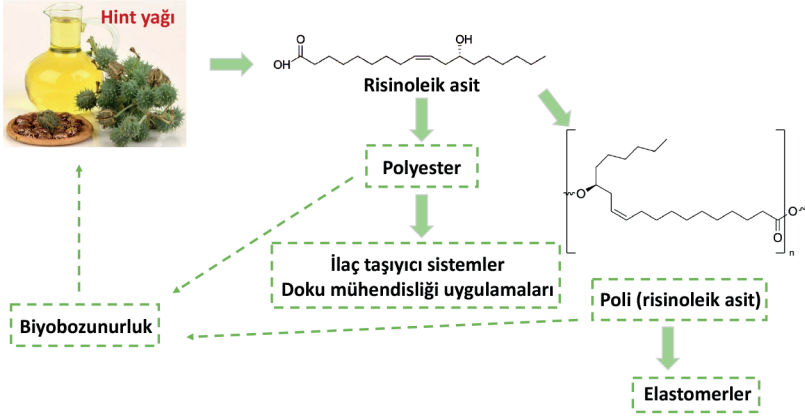
Bitkisel yağlar, kimyasal modifikasyon olasılıkları olan yenilenebilir kaynaklardır. Bu yağlar ucuzdur ve kimya endüstrisinde petrol kaynaklarına alternatif olarak kullanılabilir. Bitkisel yağlardan elde edilen yağ asitleri (doymuş ve doymamış), biyo-bazlı polimerlerin sentezi için başlangıç malzemeleri olarak kullanılabilir. Çoğu bitkisel yağ, zincir uzunlukları 12-22 karbon atomu ve üç adede kadar çift bağ içeren yağ asitleri içermektedir. Bu yağ asitleri, kimyasal modifikasyonlar yoluyla daha fazla polimerizasyon için monomer görevi görür. Yağ asitleri doğal olarak oluşurlar ve kimyasal olarak modifiye edilerek kolayca hidrolize edilebilir bağlara sahip olabilirler.



Şekil 2. Bitkisel yağlardan elde edilen monomer ve polimer örnekleri

Bitkisel yağların ana bileşeni trigliseritlerdir. Üç yağ asidi molekülüne bağlı bir gliserolden oluşan trigliseritler, tri-esterler olarak da anılmaktadır. İnsanlarda ve diğer hayvanlarda bitkisel yağın ve vücut yağının ana bileşenlerini oluşturur. Trigliseritler, kanda bulunurlar ve karaciğerden yağ ve kan şekerinin çift yönlü transferini sağlamakta görev alırlar. Ayrıca, insan derisinde bulunan yağların önemli bir bileşenidir (Lampe vd., 1983). Soya fasulyesi (*Glycine max*), palmiye yağı (*Elaeis*), kolza yağı (*Brassica napus*) ve ayçiçeği (*Helianthus*) gibi bitkiler önemli trigliserit kaynaklarını oluşturur (Şekil 2).

Trigliseritler kendi kendini iyileştiren ve ısıyla geri dönüşümü mümkün olan elastomerlerin de dahil olduğu termoplastik elastomerlerin hazırlamasında kullanılmaktadır (Cordier vd., 2008). Bu malzemelerin *young modülü*, petrokimyadan türetilen ticari polistiren-bütadien-stiren polimerlerinden karşılaştırılabilir oranda farklıdır ve maksimum gerilimi %500'den daha yüksektir (Zhu vd., 2016). Normalde elastomerler geri dönüştürülemeyen polimerler olarak bilinmektedir ancak trigliseritlerden üretilen elastomerler geri dönüştürülebilmektedir.



Şekil 3. Hint yağından elde edilen polimerler ve uygulama örneklerinin gösterimi

Bitkisel yağlar arasında, hint yağı, biyolojik olarak parçalanabilen farklı polimerlerin hazırlanması için kullanılmaktadır (Sathiskumar ve Madras, 2011). Hint yağı (Oleum Palmae Christi olarak da adlandırılır), *Ricinus communis* bitkisinin tohumlarından elde edilir ve tıbbi değeri eski çağlardan beri bilinmektedir. Tıbbi değeri olan bu yağ, önceleri kabızlığa karşı bir müshil olarak kullanılmıştır. Prostaglandin EP3 reseptörlerini aktive ederek uterus kasılmasını hızlandırır (Kunduru vd., 2015). Ancak mide bulandırıcı özelliği vardır ve bu nedenle yenmeyen yağ olarak sınıflandırılır. Hint yağının %90'ı, risinoleik asit (RA) adı verilen hidroksillenmiş doymamış bir yağ asidinden oluşur. Hint yağındaki önemli miktarda bulunan risinoleik asit, onu diğer bitkisel yağlar arasında benzersiz kılar (Şekil 3).

Biyoyumlu monomerler kullanılarak (mannitol, sebasik asit ve sitrik asit) basit, katalizörsüz eriyik yoğunlaştırma ile hint yağı bazlı polyesterler sentezlenebilmektedir. Bu polimerler istenilen mekanik, hidrasyon ve biyoyumlu özelliklere sahiptir. Polimerler yaklaşık olarak 21 gün içinde tamamen bozunur (Kunduru vd., 2015).

Hint yağı uygulamaları arasında, poliamidlerin ticari üretiminden elde edilen naylon 11, naylon 6,10 ve naylon 4,10 polimer malzemelerinin hazırlanabilmesi de vardır. Hint yağı esaslı üretilen naylonların bir kısmı, kimyasal direnci ve sıcaklık kararlılığı yüksek, kullanım ömrü uzun ve düşük su absorpsiyonu gibi

faydalı özelliklere sahiptir.

Hint yağı kullanılarak üretilen mikropartiküller, ilaç dağıtım sistemleri gibi farmasötik uygulamalar için yeşil kimya ilkeleri kullanılarak geliştirilmektedir. Örneğin Gallon ve ekibinin (2017) sunduğu çalışmada hint yağı esaslı mikropartiküller sentezlenip, ilaç yükleme ve salım davranışları incelenmiştir. Model ilaç olarak ibuprofen kullanılan çalışmada, %95'e varan ilaç yükleme ve 10 saate kadar da ilaç salımı gerçekleşmiştir.

2. POLİMER NANOPARTİKÜLLER

Polimer nanopartiküller (PNP), boyutları 1-1000 nm arasında değişen boyutlarda ve çeşitli formlarda üretilebilen, ilaç taşıyıcı sistemler olarak tasarlanabilen ve ilaç etken maddelerinin partikül içerisinde çözündüğü veya yüzeye adsorbe edildiği ya da bağlandığı matris sistemlerdir (Badwaik vd., 2019; Tüylek, 2017). Küçük boyutları sayesinde sahip oldukları yüksek yüzey alanı hacim oranı ve kuantum özellikleri gibi üstün özelliklerinden dolayı araştırmaların ilgi odağı olmuşlardır. Polimer bazlı nanopartiküller doğal, sentetik ya da yarı sentetik polimerler kullanılarak hazırlanabilen malzemelerdir. Polimer nanopartiküller, yüksek yüzey alanı/hacim oranı nedeniyle, yığın formda olan aynı malzemelerden belirgin şekilde farklı kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikler sergilerler.

Şekil ve boyutları kontrol edilebilen polimer nanopartiküller çok küçük oldukları için hücre duvarlarından hücre içerisine kolaylıkla nüfuz edebilirler. Bu malzemeler belirli bir organ, doku ya da hücreyi hedeflemek için ilaç molekülü, protein veya genetik materyali taşıyabilirler (Conde vd., 2014).

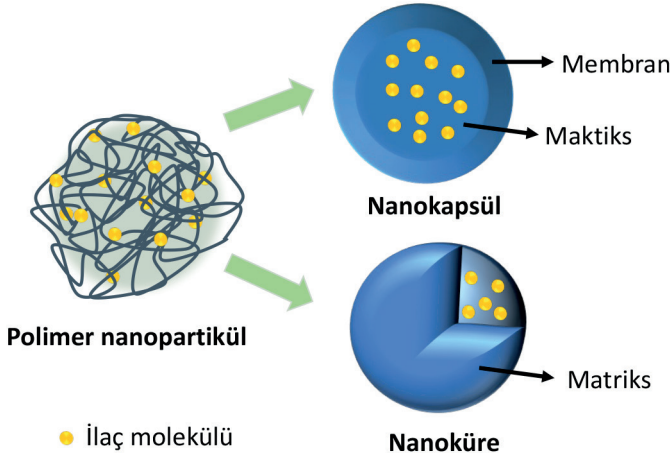
İlaç yüklenen polimer nanopartiküller, ilacın etkili bir şekilde sürekli salımını yaparak olası yan etkileri en aza indirebilir ve böylece terapötik faydayı arttırabilirler. Oldukça yüksek ilaç yükleme kapasitesine sahip olan polimer nanopartiküller ilacın salımında yarılanma ömrünü arttırarak fazla ilaç salımını engeller ve ilacın hastada kalış süresini arttırabilirler (Patra vd., 2018).

Polimer nanopartiküller morfolojilerine göre farklılık gösteren hem nanokapsülleri hem de nanoküreleri kapsamaktadır (Schaffazick vd., 2003). Nanokapsüller, ilacın çekirdekten salım profilini kontrol eden polimerik bir

kabuk ile çevrili, ilacın genellikle çözündüğü yağlı bir çekirdekten oluşur. Nanokürelerde ise ilaç polimer ağ yapısı içerisinde tutulabilir veya nanopartikülün yüzeyinde adsorbe edilebilir (Schaffazick vd., 2003; Guterres vd., 2007; Crucho ve Barros, 2017). Bir rezervuar sistemi (nanokapsül) ve matris sistemi (nanoküre) olarak tanınan bu iki tip polimer nanopartikülün (Christoforidis vd., 2012) şematik yapısı aşağıdaki gibidir (Şekil 4).

PNP'lere yüklenecek ilacın tipine ve belirli bir uygulama yolu için gereksinimlerine bağlı olarak, partiküllerin üretimi için farklı yöntemler kullanılabilir. Polimer nanopartiküller üretim yöntemine göre önceden oluşturulmuş polimerlerin dispersiyonu (ticari-sentetik polimerler veya doğal polimerler kullanılarak) veya monomerlerin polimerizasyonu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Teröpotik uygulama için geliştirilmiş ilk polimerik nanopartiküller, 1960 ile 1970 yılları arasında üretilen misel yapılardır (Kreuter, 1978; Birrenbach ve Speiser, 1976). Miseller, monomerlerin polimerizasyonu sırasında yaygın olarak polimer nanotaşıyıcıların oluşumu olan polimerizasyon yöntemleriyle oluşturulur (Fresta vd., 1996; Fallouh vd., 1986; Rollot vd., 1986). Polimerik bazlı nanopartiküllerin hazırlanması için çeşitli ileri polimerizasyon teknikleri geliştirilmiş ve nanopartiküller çeşitli sürfaktanlar kullanılarak stabilize edilmiştir (Kasagana vd., 2011; Allemann vd., 1993).



Şekil 4. İlaç yüklenmiş polimer bazlı nanokapsül ve nanokürenin şematik gösterimi

Polimer nanopartiküller ticari monomerler ile sentezlenebildiği gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiş ve fonksiyonelleştirilmiş monomerler kullanılarak da sentezlenebilirler. Yenilenebilir kaynaklardan sentezlenen polimer nanopartiküller biyoyumluluk ve biyobozunurluk açısından avantajlı olduğu için biyomedikal uygulamalarda tercih edilebilirler. Literatürdeki örnek bir çalışmada, yenilenebilir kaynak olarak itakonik asit bazlı bir monomer kullanılarak floresan polimer nanopartiküller sentezlenmiş ve bu nanopartiküller hücre görüntüleme için kullanılmıştır (Zhang vd., 2014). Sentezlenen nanopartiküllerin sulu çözeltide kararlı kaldıkları ve yüksek biyoyumluluğa sahip oldukları gözlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise hint yağından türetilmiş bir monomer kullanılarak mini emülsiyon yöntemi ile polimer nanopartiküller üretilmiştir (Cardoso vd., 2018). Çeşitli hücreler ile yapılan deneyler ile polimer nanopartiküllerin biyoyumlu oldukları ve hücrelerin morfolojilerini değiştirmedikleri saptanmıştır. Dolayısıyla, yenilenebilir monomer ile elde edilen bu polimer nanopartiküllerin kontrollü ilaç salım vektörü olarak damar içi uygulamalarda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Stabilize edilmiş ilaç yüklü nanopartiküller, ilaç ve stabilize edici ajanlar içeren toksik olmayan biyoyumlu polimerden oluşur, biyoyumlu polimer ya biyolojik olarak parçalanabilir ya da biyolojik olarak parçalanamaz. Polimerik nanopartiküllerin hazırlanmasında çok sayıda teknik esas alınarak yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya işlemler uygulanmaktadır. Polimer nanopartiküller ilaç taşıyıcıları, boyut ve yapıya bağlı olarak nano/mikro-kapsüller ve nano/mikro-küreler olarak daha fazla kategorize edilebilir.

2.1. Polimer Nanopartiküllerin Başlıca Üretim Yöntemleri

2.1.1. Ögütülmüş Yığın Polimerizasyonu

Basit bir yöntem olan yığın polimerizasyon tekniği ile oluşturulan malzemeler istenen boyut elde edilene kadar ögütülmektedir. Daha sonra eleme işlemi yapılarak istenen boyutta parçacıklar elde edilir, ancak bu işlem parçacık verimini düşürür (Ding ve Heiden, 2014). Ayrıca şekil ve boyut bakımından düzensiz yapılar oluştuğundan, bu yöntem ile üretilen parçacıkların tekrarlanabilirliği sorun teşkil eder (Ye vd., 2000).

2.1.2. Çökeltme (Presipitasyon) Polimerizasyonu

Bu yöntemde tüm bileşikler bir çözücü içerisinde başlangıçta çözünmüş

haldedir. Ancak oligomerler oluşur oluşmaz (oligomerler düşük çözünürlüğe sahiptir) çökeltme meydana gelir. Partikül eldesi için oligomer çözeltisi seyreltilerek jelleşme noktasına ulaşmadan reaksiyon durdurulur (Slomkowski vd., 2011; Subrahmanyam vd., 2013; Wulff vd., 2006). Presipitasyon polimerizasyonu ile yüksek verim ve saflıkta ve genellikle homojen dağılımlı partiküller üretilmektedir (Wackerlig ve Lieberzeit, 2015).

2.1.3. Emülsiyon Polimerizasyonu

Çökeltme polimerizasyonuna benzer ancak partikül oluşumunu kolaylaştırmak ve partikül boyutunu kontrol etmek için bir yüzey aktif madde kullanılır (Ambrosini vd., 2013; Marchyk vd., 2014). Genel olarak, su içinde yağ emülsiyonları, en yaygın olarak uygulanan yüzey aktif madde olan sodyum dodesil sülfat (SDS) varlığında hazırlanır (Wackerlig ve Lieberzeit, 2015). Kısaca emülsiyon polimerizasyonu, su, yağ ve yüzey aktif maddelerden oluşan bir dispersiyonda meydana gelir (Slomkowski vd., 2011).

2.2. Polimer Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

Dar boyut dağılımına sahip nanopartiküllerin üretilmesi, onların taşıma özellikleri, biyolojik aktiviteleri ve terapötik verimlilikleri açısından oldukça önemlidir (Adjei vd., 2014). Nanopartikül boyutu ve boyut dağılımı, genellikle transmisyon elektron mikroskobu, atomik kuvvet mikroskobu, floresan korelasyon spektroskopisi, analitik ultra santrifüj, dinamik ışık saçılımı ve partikül yayılımı gibi yöntemlerin bir kombinasyonu ile belirlenir (Wu vd., 2011; Shang vd., 2014).

3. SONUÇ

Son yıllarda çevre kirliliğinin artması ve petrol kaynaklarının hızla tükenmesi gibi sebeplerden ötürü polimer sentezinde yenilenebilir kaynaklar tercih edilmektedir. Yenilenebilir kaynak olmasının yanında kolay bulunabilme ve düşük maliyet gibi avantajlara sahip olan bitkisel yağ ve benzeri kaynaklar, polimerik malzemelerin üretiminde alternatif olarak kullanılmaktadırlar. Bitkisel bazlı polimerler, genellikle biyoyumlu oldukları ve biyobozunur olarak tasarlanabildikleri için medikal

alanlarda da ilgi görmektedir. Bitkisel yağ ve benzeri yenilenebilir kaynaklardan elde edilen moleküllerin birtakım modifikasyonlarından sonra üretilen monomerler ile polimer nanopartiküller sentezlenebilmektedir. Polimer nanopartiküller, ilaç taşıyıcı sistemlerin geliştirilmesinde, biyosensörlerin tasarlanmasında ve doku mühendisliği uygulamaların kullanılmaktadırlar.

KAYNAKÇA

- Adjei, I. M., Peetla, C., & Labhasetwar, V. (2014). Heterogeneity in nanoparticles influences biodistribution and targeting. *Nanomedicine*, 9(2), 267-278.
- Fallouh, N. A. K., Roblot-Treupel, L., Fessi, H., Devissaguet, J. P., & Puisieux, F. (1986). Development of a new process for the manufacture of polyisobutylcyanoacrylate nanocapsules. *International Journal of Pharmaceutics*, 28(2-3), 125-132.
- Allemann E, Gurny R, Doelker E. (1993). Drug-Loaded Nanoparticles: Preparation Methods and Drug Targeting Issues. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 39(5) 173-191.
- Ambrosini, S., Beyazit, S., Haupt, K., & Bui, B. T. S. (2013). Solid-phase synthesis of molecularly imprinted nanoparticles for protein recognition. *Chemical communications*, 49(60), 6746-6748.
- Badwaik, H. R., Kumari, L., Nakhate, K., Verma, V. S., & Sakure, K. (2019). Phytoconstituent plumbagin: Chemical, biotechnological and pharmaceutical aspects. *Studies in natural products chemistry*, 63, 415-460.
- Birrenbach, G., & Speiser, P. P. (1976). Polymerized micelles and their use as adjuvants in immunology. *Journal of pharmaceutical sciences*, 65(12), 1763-1766.
- Bush, K. (2010). Beta-lactam antibiotics: Penicillins. *Antibiotic and chemotherapy*, 200-225.
- Calvo-Flores, F. G., & Dobado, J. A. (2010). Lignin as renewable raw material. *ChemSusChem*, 3(11), 1227-1235.
- Cardoso, P. B., Machado, T. O., Feuser, P. E., Sayer, C., Meier, M. A., & Araujo, P. H. (2018). Biocompatible polymeric nanoparticles from castor oil derivatives via thiol-ene miniemulsion polymerization. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(1), 1700212.
- Cho, E. J., Holback, H., Liu, K. C., Abouelmagd, S. A., Park, J., & Yeo, Y. (2013). Nanoparticle characterization: state of the art, challenges, and emerging technologies. *Molecular pharmaceutics*, 10(6), 2093-2110.

- Christoforidis, J. B., Chang, S., Jiang, A., Wang, J., & Cebulla, C. M. (2012). Intravitreal devices for the treatment of vitreous inflammation. *Mediators of inflammation*, 2012.
- Conde, J., Larginho, M., Cordeiro, A., Raposo, L. R., Costa, P. M., Santos, S., Diniz, M. S., Fernandes A., R. Baptista, P. V. (2014). Gold-nanobeacons for gene therapy: evaluation of genotoxicity, cell toxicity and proteome profiling analysis. *Nanotoxicology*, 8(5), 521-532.
- Cordier, P., Tournilhac, F., Soulié-Ziakovic, C., & Leibler, L. (2008). Self-healing and thermoreversible rubber from supramolecular assembly. *Nature*, 451(7181), 977-980.
- Crucho, C. I., & Barros, M. T. (2017). Polymeric nanoparticles: A study on the preparation variables and characterization methods. *Materials Science and Engineering: C*, 80, 771-784.
- Darensbourg, D. J. (2007). Making plastics from carbon dioxide: salen metal complexes as catalysts for the production of polycarbonates from epoxides and CO₂. *Chemical reviews*, 107(6), 2388-2410.
- Ding, X., & Heiden, P. A. (2014). Recent developments in molecularly imprinted nanoparticles by surface imprinting techniques. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299(3), 268-282.
- Faria, F. A., Evtuguin, D. V., Rudnitskaya, A., Gomes, M. T., Oliveira, J. A., Graça, M. P. F., & Costa, L. C. (2012). Lignin-based polyurethane doped with carbon nanotubes for sensor applications. *Polymer international*, 61(5), 788-794.
- Fresta, M., Cavallaro, G., Giammona, G., Wehrli, E., & Puglisi, G. (1996). Preparation and characterization of polyethyl-2-cyanoacrylate nanocapsules containing antiepileptic drugs. *Biomaterials*, 17(8), 751-758.
- Gallon, G., Lapinte, V., Robin, J. J., Chopineau, J., Devoisselle, J. M., & Aubert-Pouëssel, A. (2017). Cross-linked castor oil-based hybrid microparticles as drug delivery Systems. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(5), 4311-4319.
- Good, I. L., Kenoyer, J. M., & Meadow, R. H. (2009). New evidence for early silk in the Indus civilization. *Archaeometry*, 51(3), 457-466.
- Guterres, S. S., Alves, M. P., & Pohlmann, A. R. (2007). Polymeric nanoparticles, nanospheres and nanocapsules, for cutaneous applications. *Drug target insights*, 2, 117739280700200002.
- Hatakeyama, H., & Hatakeyama, T. (2010). Biopolymers: Lignin. Proteins, Bioactive Nanocomposites, 232(1), 1-63.
- Haupt, K., & Mosbach, K. (2000). Molecularly imprinted polymers and their use in biomimetic sensors. *Chemical reviews*, 100(7), 2495-2504.

- Hosler, D., Burkett, S. L., & Tarkanian, M. J. (1999). Prehistoric polymers: rubber processing in ancient Mesoamerica. *Science*, 284(5422), 1988-1991.
- Ikeda, Y., Higashitani, N., Hijikata, K., Kokubo, Y., Morita, Y., Shibayama, M., Osaka, N., Suzuki, T., Endo, T. & Kohjiya, S. (2009). Vulcanization: new focus on a traditional technology by small-angle neutron scattering. *Macromolecules*, 42(7), 2741-2748.
- Kasagana VN, Karumuri SS, Thirumal. M. (2011). Recent Advances in Smart Drug Delivery Systems. *International Journal of Pharmacy and Biotechnology*, 1(3) 201-207.
- Kreuter, J. (1978). Nanoparticles and Nanocapsules-New Dosage Forms in the Nanometer Range. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 53(2) 33-39.
- Kunduru, K. R., Basu, A., Haim Zada, M., & Domb, A. J. (2015). Castor oil-based biodegradable polyesters. *Biomacromolecules*, 16(9), 2572-2587.
- Kvavadze, E., Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A., Boaretto, E., Jakeli, N., Matskevich, Z., & Meshveliani, T. (2009). 30,000-year-old wild flax fibers. *Science*, 325(5946), 1359-1359.
- Lampe, M. A., Burlingame, A. L., Whitney, J., Williams, M. L., Brown, B. E., Roitman, E., & Elias, P. M. (1983). Human stratum corneum lipids: characterization and regional variations. *Journal of lipid research*, 24(2), 120-130.
- Lee, S. H., Cyriac, A., Jeon, J. Y., & Lee, B. Y. (2012). Preparation of thermoplastic polyurethanes using in situ generated poly (propylene carbonate)-diols. *Polymer Chemistry*, 3(5), 1215-1220.
- Marchyk, N., Maximilien, J., Beyazit, S., Haupt, K., & Bui, B. T. S. (2014). One-pot synthesis of iniferter-bound polystyrene core nanoparticles for the controlled grafting of multilayer shells. *Nanoscale*, 6(5), 2872-2878.
- Panizza, M., Dirany, A., Sirés, I., Haidar, M., Oturan, N., & Oturan, M. A. (2014). Complete mineralization of the antibiotic amoxicillin by electro-Fenton with a BDD anode. *Journal of Applied Electrochemistry*, 44(12), 1327-1335.
- Patra, J. K., Das, G., Fraceto, L. F., Campos, E. V. R., Rodriguez-Torres, M. D. P., Acosta-Torres, L. S., & Shin, H. S. (2018). Nano based drug delivery systems: recent developments and future prospects. *Journal of nanobiotechnology*, 16(1), 1-33.
- Poshadri, A., & Aparna, K. (2010). Microencapsulation technology: a review. *Journal of Research ANGRAU*, 38(1), 86-102.
- Poulopoulou, N., Kasmi, N., Bikiaris, D. N., Papageorgiou, D. G., Floudas, G., & Papageorgiou, G. Z. (2018). Sustainable polymers from renewable resources: polymer blends of furan-based polyesters. *Macromolecular Materials and Engineering*, 303(8), 1800153.

- Rollot, J. M., Couvreur, P., Roblot-Treupel, L., & Puisieux, F. (1986). Physicochemical and morphological characterization of polyisobutyl cyanoacrylate nanocapsules. *Journal of pharmaceutical sciences*, 75(4), 361-364.
- Sathiskumar, P. S., & Madras, G. (2011). Synthesis, characterization, degradation of biodegradable castor oil based polyesters. *Polymer degradation and stability*, 96(9), 1695-1704.
- Schaffazick, S. R., Pohlmann, A. R., Dalla-Costa, T., & Guterres, S. S. (2003). Freeze-drying polymeric colloidal suspensions: nanocapsules, nanospheres and nanodispersion. A comparative study. *European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics*, 56(3), 501-505.
- Shang, L., Nienhaus, K., & Nienhaus, G. U. (2014). Engineered nanoparticles interacting with cells: size matters. *Journal of nanobiotechnology*, 12(1), 1-11.
- Slomkowski, S., Alemán, J. V., Gilbert, R. G., Hess, M., Horie, K., Jones, R. G., Kubisa, P., Meisel, I., Mormann, W., Penczek, S. Stepto, R. F. (2011). Terminology of polymers and polymerization processes in dispersed systems (IUPAC Recommendations 2011). *Pure and Applied Chemistry*, 83(12), 2229-2259.
- Sonkusare, P., Agarwal, P., Dhakad, S. K., & Rana, R. S. (2022). A Review Paper: Study of Various Renewable Resources Polymer and Different Types of Nanocomposite Materials. *Technology Innovation in Mechanical Engineering*, 63-73.
- Subrahmanyam, S., Guerreiro, A., Poma, A., Moczko, E., Piletska, E., & Piletsky, S. (2013). Optimisation of experimental conditions for synthesis of high affinity MIP nanoparticles. *European polymer journal*, 49(1), 100-105.
- Tüylek, Z. (2017). Biyosensörler ve nanoteknolojik etkileşim. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 71-80.
- Wackerlig, J., & Lieberzeit, P. A. (2015). Molecularly imprinted polymer nanoparticles in chemical sensing—Synthesis, characterisation and application. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 207, 144-157.
- Wu, L., Zhang, J., & Watanabe, W. (2011). Physical and chemical stability of drug nanoparticles. *Advanced drug delivery reviews*, 63(6), 456-469.
- Wulff, G., Chong, B. O., & Kolb, U. (2006). Soluble single-molecule nanogels of controlled structure as a matrix for efficient artificial enzymes. *Angewandte Chemie International Edition*, 45(18), 2955-2958.
- Wurm, F. R., & Weiss, C. K. (2014). Nanoparticles from renewable polymers. *Frontiers in chemistry*, 2, 49.
- Ye, L., Weiss, R., & Mosbach, K. (2000). Synthesis and characterization of molecularly imprinted microspheres. *Macromolecules*, 33(22), 8239-8245.

- Yücel, N. (2021). Antibiyotik baskılanmış polimer nanopartikül yüklenmiş yara örtüsü geliştirilmesi (Doctoral dissertation, İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı).
- Zhang, X., Zhang, X., Yang, B., Yang, Y., & Wei, Y. (2014). Renewable itaconic acid based cross-linked fluorescent polymeric nanoparticles for cell imaging. *Polymer Chemistry*, 5(20), 5885-5889.
- Zhu, Y., Romain, C., & Williams, C. K. (2016). Sustainable polymers from renewable resources. *Nature*, 540(7633), 354-362.
- Zielińska, A., Carreiró, F., Oliveira, A. M., Neves, A., Pires, B., Venkatesh, D. N., & Souto, E. B. (2020). Polymeric nanoparticles: production, characterization, toxicology and ecotoxicology. *Molecules*, 25(16), 3731.

4. Bölüm

SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA KAYNAĞI OLARAK BİTKİSEL PROTEİNLER VE TİTREŞİM SPEKTROSKOPİSİ UYGULAMALARI

Doç. Dr. Sefa ÇELİK

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

ORCID NO: 0000-0001-6216-1297

Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇAKIR

İstanbul Aydın Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,

Gıda Teknolojisi Bölümü

ORCID NO: 0000-0003-4343-3706

Doç. Dr. Alev ER

İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü

ORCID NO: 0000-0002-3190-5342

1. BİTKİSEL PROTEİNLER VE ÖNEMİ

Günümüzde artan küresel ısınma, kuraklaşma, biyolojik çeşitlilik kaybı, doğal çevre kaynaklarının kirlenmesi, su ve toprağın aşırı kullanımı (Springmann et al., 2018) ve artan dünya nüfusu gıda krizini tetiklemektedir. Yaklaşık 1 milyar insan sağlıklı gıdaya ulaşamamaktadır (O'Connor, Meaney, Williams, & Hayes, 2020; Salgado, Muñoz, Blanco, & Lienqueo, 2021). Yapılan araştırmalara göre gıda ürünlerine yönelik küresel talebin, 2050 yıllarına doğru %50 oranında artacağı tahmin edilmektedir (FAO, 2019). Temel besin eksikliklerinin önlenmesinde proteinler önemli bir yere sahiptir. Hayvansal proteinler içerdiği yüksek kaliteli proteinin yanı sıra önemli bir enerji kaynağı, mikro ve makro besin kaynağı (Marcus, 2013) olarak da gıda endüstrisinde

önemli bir üretim payına sahiptir (Hadidi, Ibarz, & Pouramin, 2021). Dünya nüfus artışı ve endüstriyel gelişme, tüketilen protein miktarı (Fasolin et al., 2019) başta olmak üzere besleyici gıdaların tüketimini hızlandırmakta ve bu da daha fazla üretim, daha fazla kaynak tüketimi demektir. Küresel protein talebindeki artışın 2050 yılına kadar iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir (Ismail, Senaratne-Lenagala, Stube, & Brackenridge, 2020). Hayvansal üretim artışı özellikle et ve sığır eti üretimi, beraberinde sera gazı artışı, yoğun gübre kullanımı ve buna bağlı su kaynaklarında kirlilik artışını getirerek çevre problemlerine yol açmaktadır. Aşırı et tüketimi sağlık problemlerine sebep olmaktadır. Tüm bu olumsuz koşullar tüketicileri kaliteli besin değerlerine sahip, daha çevreci bitki bazlı yeni protein (Mathijs, 2015; Springmann et al., 2018) kaynak arayışlarına yöneltmiştir. Sürdürülebilirlik gelecek nesillerden ödünç aldığımız bu kaynakları olabildiğince ekonomik kullanmanın en önemli çözüm yollarından biri olarak görülmektedir. Sürdürülebilir gıda üretimi de sürdürülebilir üretime bağlı olarak devam etmektedir (Fasolin et al., 2019; Pintado & Delgado-Pando, 2020). Araştırmalar ve çalışmalar, bitkisel proteinlerin doğal ve besinsel kalitelerinin yüksek oluşu, düşük alerjen etkiye sahip çeşitlerinin olması, çevre dostu ve düşük maliyetli oluşu, artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için umut verici fırsatlara ve aynı zamanda daha sürdürülebilir bir gıda üretimine geçişi gerçekleştirebilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Günümüzde gıda endüstrisinde çölyak gibi sağlık sorunları, glutensiz diyetler ve bilinçli tüketici tercihleri kaliteli bitkisel protein içeriğine sahip gıda talebini her geçen gün arttırmakta ve sektördeki pazar payını geliştirmektedir (Henchion, Hayes, Mullen, Fenelon, & Tiwari, 2017; Sá, Moreno, & Carciofi, 2020) Bitki proteinleri çok sayıda kaynakta bulunabilir, başlıcaları şunlardır (Hadidi et al., 2022): Tahıl proteinleri (mısır, buğday, pirinç, arpa ve yulaf), baklagil proteinleri (soya, mercimek, fasulye, bezelye ve acı bakla), yağlı tohumlar (ayçiçeği, pamuk, yer fıstığı, susam, keten, kenevir ve kanola), yeşil yaprak proteinleri (yonca, su mercimeği, pancar ve yosun), kuruyemişler (fıstık, ceviz, badem, antep fıstığı ve kaju), yalancı tahıllar (chia tohumu, amaranth ve kinoa) ve diğer bitki protein kaynakları (patates ve mantar) (Nasrabadi, Doost, & Mezzenga, 2021; Sá et al., 2020). Birçok çalışmada bunlara ek olarak kepek, yağı alınmış tahıl, baklagiller ve yağlı tohumlardan arta kalan posa (buğday, arpa, soya fasulyesi, yer fıstığı, kanola, yer fıstığı, keten tohumu, üzüm çekirdeği, susam tohumu, pamuk tohumu, kabak çekirdeği, kolza tohumu, ayçiçeği), kabuk ve çekirdek gibi yan ürün-

lerin insan beslenmesi ve tüketimi için bir protein kaynağı olarak (Kumar et al., 2021; Sá et al., 2020) kullanılabileceğini göstermiştir. Bitkisel bazlı proteinler geleneksel hayvan bazlı proteinler ile kıyaslandığında potansiyel bir alternatif besin kalitesine sahip olmaları, doğal biyoaktif peptit içermeleri, biyolojik/fonksiyonel özelliklere sahip olmaları, antimikrobiyal, antihipertansif, antioksidan, antikanser, anti-adipojenik, immünomodülatör ve anti-inflamatuar (Brion-Espinoza et al., 2021; Chen et al., 2019; Gomes & Sobral, 2021; Mani-López, Palou, & López-Malo, 2021; Ortiz-Martinez, Winkler, & García-Lara, 2014; Shi, Hao, Teng, Yao, & Ren, 2019; Sonklin, Alashi, Laohakunjit, Kerchoechuen, & Aluko, 2020; Wen et al., 2021; Xue et al., 2015) dahil olmak üzere sağlığı geliştirme ve hastalık önlemede biyolojik işlevleri nedeniyle yenilenebilir ve sürdürülebilir önemli bir kaynaktır (Gomes & Sobral, 2021; Sedlar, Čakarević, Tomić, & Popović, 2021).

2. BİTKİSEL PROTEİNLERİN GIDA UYGULAMALARI

Bitkisel proteinlerin kalitesi ve fonksiyonel özellikleri gıda endüstrisinde kullanılmasında önemli rol oynamaktadır (Kumar et al., 2022). Genellikle temel amino asit olan lizin açısından zengin olan baklagiller, %20-45 civarında protein içermektedir. Bezelye ve fasulye %17-20 oranında protein içerirken acı bakla ve soya fasulyesinin ise %38-45 protein oranıyla üst sıralarda yer aldığı belirlenmiştir (Maphosa & Jideani, 2017). Yapılan bir çalışmada bezelye çeşitlerinin protein içeriği %23.1 ile %30.9 arasında olduğu belirlenirken, başka bir çalışmada yine bir bakliyat çeşidi olan börülcenin, %22-%30 protein içeriği ile lizin açısından çok zengin olduğu olduğu açıklanmıştır (Augustin & Cole, 2022; Boye, Zare, & Pletch, 2010). Protein üzerine yapılan benzer çalışmalarda soyada %44.5, baklada %31.2, fasulyede %20.9, nohutta %24.7 oranında protein belirlemiştir (Sá et al., 2020). Yapılan çalışmalar baklada bulunan proteinin etteki protein değerine yakın olduğu tanımlanmıştır (Augustin & Cole, 2022; Multari, Stewart, & Russell, 2015). Baklagillerin çoğunun yüksek protein içeriğine sahip olduğu ve tahılların sahip olduğu proteinlerin yaklaşık iki katı kadar protein içerdikleri bildirilmiştir (Atalay & Gökbulut, 2021; Awika & Duodu, 2017; FAO, 2016). Yeni tahıl kaynaklarından görülen kinoanın ortalama %14-18 (Bhargava, Shukla, Rajan, & Ohri, 2007; Gorinstein et al., 2002; Wang & Zhu, 2016) amaranthın

ise %15-17 oranında protein, yüksek miktarlarda zorunlu aminoasitleri ve tahıllarında protein açısından önemli türleri içerdiği belirlenmiştir (Baş, Peksever, El, & Bornova; Delgado, Tironi, & Añón, 2011). Tahıllar üzerine yapılan bir çalışmada amarantda %14.5, kinoa da %13, pirinçte %11-15, darıda %11.7, sorgumda %10.5, mısırdada %10.6, arpada %10 ve karabuğdayda %14.8 oranlarında protein belirlenmiştir (Sá et al., 2020). Protein bakımından diğer önemli bir kaynak da deniz yosunlarıdır. Et olmamasına rağmen gerekli miktarda tüm temel amino asitlere sahiptir. Uzak doğu ülkelerinde tüketilen önemli gıdalardandır. Son yıllarda Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Avrupa'nın mutfaklarında görülme-ye başlanmıştır (Černá, 2011; Raja, Kadirvel, & Subramaniyan, 2022). Yosunlar da çeşitlerine bağlı olarak protein miktarları değişmektedir. Kırmızı yosunların protein içeriğinin yeşil ve kahverengi deniz yosunlarına göre %10 ile %40 arasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Barral-Martínez, Flórez-Fernández, Domínguez, & Torres, 2020; Raja et al., 2022). Gıda sanayisinde deniz yosunlarının sahip oldukları mükemmel çözünürlük, köpürme, jelleşme ve emülsifiye etme özellikleri, ve anti-inflamatuar, anti-alerjik aktiviteleri farklı gıda ürünlerinde rahatlıkla kullanılabilceğini göstermiştir (Raja et al., 2022; Thiruchelvi, Jayashree, & Mirunaalini, 2021). Bitkisel proteinlerin gıda sistemleri içindeki kullanım uygulamalarının belirlenmesi için proteinlerin karakterizasyonu, işlenmesi ve fonksiyonel özellikleri hakkında birçok inceleme yapılmıştır (Augustin & Cole, 2022; Boye et al., 2010; Day & Swanson, 2013; Gomes & Sobral, 2021; Hall, Hillen, & Garden Robinson, 2017; Shevkani, Singh, Chen, Kaur, & Yu, 2019). Farklı protein fraksiyonlarının kazandırdığı yapısal karakterizasyon, *gıdalarda* kilit rol üstlenmiştir. Biyokimyasal ve biyofiziksel özelliklerine göre proteinler çok yönlü, fonksiyonel özellik gösterirler. Bu fonksiyonel özellikler proteinlerin yapısal karakterizasyonu (amino asit bileşimi ve konformasyon) ve sahip oldukları emülsifiye etme ve köpürme özelliği (su/yağ-su/hava arayüzlerinde adsorbe edebilme yeteneği), film oluşturma kapasitesi (yapışkan ve sürekli bir matris oluşturma yeteneği), jelleşme kapasitesi (üç boyutlu bir ağ oluşturma yeteneği olan), kendi kendine birleşebilme yeteneği (tanecik yapısı özelliğine) ve antioksidan aktivite özellikleri (serbest radikalleri temizleyerek, prooksidatif geçiş metallerinin şelasyonu yoluyla oksidatif süreçleri inhibe edebilme yeteneği) gibi birçok işlevsel tekno-fonksiyonel özelliklerine göre değerlendirilmelidir (Al-Ali et al., 2021; Bertsch, Böcker, Mathys, & Fischer, 2021; Gomes & Sobral, 2021; Hadidi, Khaksar, Pagan, & Ibarz, 2020; Kumar et al., 2022; Lam & Nic-

kerson, 2013; Mezzenga & Fischer, 2013; Mohamed, El-Sakhawy, & El-Sakhawy, 2020; Tang, 2021). **Çoğu bitki proteininde** albüminler, globulinler, prolaminler, glutelinler gibi çeşitli protein fraksiyonları bulunur. Albümin ve globulinler ağırlıklı olarak tüm bakliyatlarda (%50 ve üzerinde) (Capouchová et al., 2004) ve bazı psödo-tahıllarda (kinoa ve amarant) baskın olarak bulunurken prolaminler (gliadinler) (buğday, mısır, arpa ve çavdar) ve gluteninler (buğday) tahıl ve yalancı tahıl ailesinin toplam proteinin %85'ini oluşturmaktadır (Chavan, McKenzie, & Shahidi, 2001; Johnson & Wallace, 2019; Okonogi, Duangrat, Anuchpreeda, Tachakittirungrod, & Chowwanapoonpohn, 2007; Tan, Nawaz, & Buckow, 2021). Ayrıca badem (amandin), brezilya fıstığı ve antep fıstığında globulinler fraksiyonların baskın (Kshirsagar, Fajer, Sharma, Roux, & Sathe, 2011) olduğu görülmüştür. Ayçiçeği gibi yağlı tohumlar için başlıca protein fraksiyonları ise globulinler ve albüminlerdir (González-Pérez et al., 2004; Tan et al., 2021). Bezelye ve nohuttan elde edilen albüminler, düşük moleküler esneklik ve hidrofobiklik özellik göstermeleri nedeniyle globulinlerden daha düşük genel emülsifiye edici özelliklere sahipken (Mao & Hua, 2012; Tan et al., 2021; Venkatachalam et al., 2008) barbunya fasulyesinden elde edilen albüminlerin ise iyi çözünürlük, daha küçük moleküler ağırlık ve daha iyi moleküler esneklik nedeniyle iyi köpüklenme ve emülsifikasyon özellik gösterdiği belirlenmiştir (Singla, Sharma, & Singh, 2017). Aynı zamanda proteinlerin fonksiyonel özelliklerine pH, iyonik güç, sıcaklık ve ekstraksiyon özellikleri gibi dış faktörlerin etkili olduğu görülmüştür (del Mar Contreras et al., 2019). Antimikrobiyal, antioksidan gibi biyolojik fonksiyonlara sahip yüksek kaliteli bitkisel proteinlere diyetlerinde yer veren tüketicilerin kolestrol, kardiyovasküler, kanser, diyabet ve kalp hastalıkları gibi birçok metabolik hastalığa yakalanma riskini de azalttığı tespit edilmiştir (Kumar et al., 2022). Son 10 yılda bitki proteinleri unlu mamuller, içecekler, çorbalar, atıştırmalıklar, tatlı ürünler, süt ürünleri, sürülebilir ürünler olmak üzere pek çok gıdanın üretiminde gıda bileşeni olarak, besleyici özelliklerini geliştirmek, fonksiyonel gıda üretmek, gıdanın kalitesini arttırmak, biyofilm yapımı gibi pek çok amaç için kullanılmaktadır. Bakliyat bileşenleri, gıda bileşenleri olarak kullanım için uygun olup arzu edilen doğal beslenme ve teknoloji-fonksiyonel özelliklere sahiptir. Piyasada bebek mamularından unlu mamullere, çorbalara, içecek ürünler de dahil olmak üzere birçok gıda ürününe eklendiği görülmektedir (Gilham, Hall, & Woods, 2018; Malcolmson & Han, 2019). Geçmişten günümüze en çok kullanılan baklagil proteinlerinden olan

özellikle Asya'da önemli bir protein kaynağı olarak görülen (Lv, Zhao, & Ning, 2017) soya proteini, içerdiği dokuz temel amino asit ile sağlıklı bir diyet sağlamak ve aynı zamanda lezzet arttırıcı, nem tutucu, emülsifikasyona yardımcı olma işlevselliği ile çeşitli et ve et ürünlerinden tahıl ürünlerine, fıstık ezmesi gibi sürdürülebilir ürünlerden donmuş tatlılara ve hatta peynir gibi süt ürünlerine kadar birçok gıdanın dokusunu geliştirmekte kullanılmaktadır. Soya fasulyesinin başlıca protein bileşenlerinden olan glisin ve β -konglisinin margarinlerde ve mayonezde yapısal proteinlerinin yüzey aktif özelliklerinden dolayı emülgatör olarak kullanılmaktadır (Lv et al., 2017; Rydhag & Wilton, 1981). Aynı zamanda süt, et ve yumurta proteininin kalitesine eşit kabul edilen soya proteinleri takviye endüstrisinde, kapsüllerde, tabletlerde, tahıl ürünlerinde ve süt ürünleri ile içecek üretimi için fonksiyonel gıda endüstrisi tarafından giderek daha fazla kullanılmaktadır (Lusas & Riaz, 1995; Neven, 1998). Tahıllar içerisinde yüksek protein oranına sahip kinoa'nın lizin, treonin ve metionin gibi esansiyel amino asit içeriği ile günümüzde popülerliği gittikçe artmaktadır. Sahip olduğu bu değerli proteinler sayesinde ekmek (ekşi mayalı ve ekşi mayasız), makarna (spagetti ve tagliatelle), atıştırmalıklar, kurabiyeler ve yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzde popülerliği artan diğer bir ürün de chia tohumudur. Öğütülmüş chia veya chia tohumu hidrokolloid ve kıvam arttırıcı özelliklere sahip proteini sayesinde unlu mamüllerde, süt ürünlerinde, et ve balık ürünlerinde, glutensiz ürünlerde ve fonksiyonel gıdaların yapısal karakterizasyonunu geliştirmede kullanılmaktadır. Dünya nüfusunda hızla artmakta olan **çölyak** hastalığı ve glutensiz diyetler için tüketilen ürünlerde protein oranını arttırmak için protein açısından yüksek tahıl unları ve baklagiller, glutensiz unlu mamüllerin fonksiyonel bileşenleri olarak katılmaktadır (Lucisano, Cappa, Fongaro, & Mariotti, 2012; Mariotti, Pagani, & Lucisano, 2013; Vickers, 2017). Sürdürülebilir gıda sistemleri içerisinde içeceklerin de önemli bir yeri olmaktadır. Bitkisel bazlı kaliteli kaynaklar ve iyileştirilmiş ikame alternatiflerle çözümün bir parçası olmalıdır (Augustin & Cole, 2022; Hall et al., 2017). Günümüzde tüketicilerin inek sütü yerine soya, fındık (özellikle badem), yulaf, nohut, kenevir, pirinç, bakla, bezelye, acı bakla, mercimek gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen süt ürünü olmayan süt ikamelerine yönelmesi (Chalupa-Krebdak, Long, & Bohrer, 2018) sonucu pazar payında farklı kaynakların çeşitliliği de artmaktadır (Augustin & Cole, 2022; Nawaz, Tan, Øiseth, & Buckow, 2020). Bununla beraber bitkisel proteinleri hayvansal proteinler gibi üzerinde fizikokimyasal ve fonksiyonel

özellikler veren yapısal düzenlemelere dönüştürmede çözüm bekleyen sorunlar hâlâ mevcuttur. Temiz aroma ihtiyacı, aşırı agregasyon sonucu istenmeyen protein çökeltisi ve denatürasyon problemleri gibi (Kim, Wang, & Selomulya, 2020; Nasrabadi et al., 2021; Sim, Srv, Chiang, & Henry, 2021) tekno-fonksiyonel sıkıntılar, gıda endüstrisinde kullanımda kısıtlamalara neden olmaktadır. Yapılan çalışmada bezelye protein izolatlarında bulunan proteinlerin %75'e kadarının çözünmediği ve bunların işlevsiz oldukları için kullanılmadığı belirlenmiştir (Hinderink, Schröder, Sagis, Schroën, & Berton-Carabin, 2021; Sim et al., 2021) Benzer bir çalışmada ise soya ve bezelye proteininin yumurta proteini ile kıyaslandığında daha yüksek sıcaklıkta denatüre olduğu ve daha uzun ısıtma süresine ihtiyaç duyduğu görülmüştür. Ayrıca günümüzde mevcut olan ticari bitki protein izolatlarının çoğu, işlevselliğini olumsuz etkileyen ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilmektedir. Bu nedenle bitki bazlı proteinlerin ekstraksiyon metoduna bağlı olarak işlevselliklerinde sıkıntıların giderilmesi için uygulanan kimyasal, fiziksel ve enzimatik yöntemler gibi farklı modifikasyon yöntemleri üzerine çalışmalardan olumlu dönüşler alınmıştır (McClements & Grossmann, 2021; Nadathur, Wanasundara, & Scanlin, 2017; Pintado & Delgado-Pando, 2020; Sim et al., 2021)

3. BİTKİSEL PROTEİNLERDE FTIR VE RAMAN KULLANIMI

Titreşim spektrumları numunelerin karakterizasyonu ve yapısının aydınlatılması için bir potansiyele sahiptir (Balan et al., 2019; Rohman et al., 2014; Yang et al., 2005). Günümüzde moleküllerin yapısal karakterizasyonunda, hammadde ve katkı maddelerinin kalitesinin belirlenmesinde hızlı ölçüm yeteneğine sahip FTIR ve Raman gibi spektroskopik cihazların kullanımı her geçen gün artmaktadır (Celik et al., 2022).

Bu alanda yapılan FTIR ve Raman uygulamaları aşağıdadır:

2013 yılında Akyüz ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada FTIR spektrometresi kullanılarak tuza dayanıklı soya fasulyesi tohumlarının protein, lipid ve karbonhidrat yapıları kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tuza dayanıklı soya fasulyesi mutantlarında proteinlerin ikincil yapısında bazı değişiklikler gözlenmiştir. β sheet α helix oranının kontrol tohumlarından mutantlara geçişte arttığı bulunmuştur. Ayrıca mutant tohumlarda lipid ve selüloz içeriğinin arttığı ancak protein miktarının azaldığı gözlenmiştir (Akyuz et al., 2013).

Saleem ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada soğuk sıkım ve kimyasal yöntemle tohumlarından ekstrakte edilen saf kanola yağı numuneleri ve altı ticari yağ markası Raman spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. 1156 ve 1525 cm^{-1} 'de gözlenen Raman bantlarının, saf kanola yağı örneklerinde bulunan beta-karoteni temsil ettiği gözlemlenmiştir. Ek olarak, sıcaklığın saf ve ticari yağ markalarının moleküler bileşimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Saf kanola yağının 150 °C'ye ısıtılana kadar beta-karoten ve diğer değerli yağ asitlerini muhafaza ettiği bulunmuştur (Saleem et al., 2020).

Ellerbrock ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada FTIR spektrumları incelendiğinde Polygalacturonic asit (PGA) Chia tohum musilajı ile karşılaştırıldığında PGA'nın daha düşük C-H/C=O ve daha yüksek C=O/C-O-C oranlarına sahip olduğu bulunmuştur (Ellerbrock et al., 2019).

Banaga ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Sudan mağazalarından satın alınan mısır, sızma zeytin, ayçiçeği, susam ve yer fıstığı yemeklik yağlarının analizi, kalitesi ve karakterizasyonu için Raman spektroskopisi kullanılmıştır. Raman spektrumları karşılaştırıldığında bu yemeklik yağların spektrumlarının benzer olduğu ancak birbirlerinden ayırt edilmelerine izin veren bazı farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca Raman spektrumları yağların doymuş ve doymamışlık derecesinin belirlenmesinde de kullanılabilir (Banaga et al., 2021).

Mirghani ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada susam tohumu yağında sesamol belirlemede FTIR spektroskopisi kullanılmış ve sesamol içeriğindeki değişikliklere spektral tepki incelenmiştir (Mirghani et al., 2003).

2016 yılında yapılan çalışmada, kinoa unu üzerindeki nem içeriği tayini zaman alan ve numuneyi tahrip eden gravimetrik analiz ile gerçekleştirildiğinden bunun yerine nemi ölçmek için FTIR spektroskopisi kullanılmıştır. Bu çalışma ile FTIR kullanılarak kinoa ununun nem içeriğini tahmin etmek için güvenilir ve doğrulanmış bir model elde edilmeye çalışılmış ve FTIR spektroskopisi çeşitli kinoa unlarının nem içeriğini ve endüstride yaygın olarak kullanılan kalite parametresini tahmin etmek için kolay, hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak gösterilmiştir (González-Muñoz et al., 2016).

2022 yılında yapılan çalışmada Raman spektroskopisi kullanılarak genç erkek ve dişi kenevir bitkileri arasında ayırım olup olmayacağı incelenmiştir. Raman spektroskopisinin genç ve olgun bitkilere bağlı olarak yüksek doğrulukla erkek ve dişi bitkiler arasında ayırım yapılmasını sağladığı bulunmuştur (Higgins et al., 2022).

Sanchez ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kenevirlerin Raman spektrumlarının sonuçlarına bağlı olarak çok değişkenli analiz yapılmış ve aralarındaki ayırım net olarak gözlenmiştir (Sanchez et al., 2020).

Mouftari ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada fındık yağında sağlık ve gıda açısından tehlike oluşturabilecek tağşişin tespitine ve değerlendirilmesine odaklanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ceviz yağının %5.80-31.95 oranında ayçiçeği yağı ile %4.33-29.37 oranında kanola yağı ile benzer özellik gösterdiği bulunmuştur. Bu tağşiş, yeni ve özel bir yaklaşım olan kemometriyle birleştirilmiş FTIR kullanılarak incelenmiştir. Sonuçlar, fındık yağının farklı fonksiyonel gruplarını göstermiştir. Bu çalışmaya göre, bu tağşişi tespit edip değerlendirebilen bir kemometrik model geliştirilerek fındık yağı tahrifatı çözülmüştür (El Mouftari et al., 2022).

SONUÇ

Sürdürülebilir gıda üretimi ve tüketiminin sağlanmasında bitkisel proteinler çözümün bir parçası olup aynı zamanda yenilikçi taşıyıcı bileşenler olarak fonksiyonel ürün çeşitliliği ile pazar payını güçlendirmektedir. Bitkisel proteinler, gıda sistemi içinde hızla genişleyen bir alan haline gelmiştir. Tüketicilerin gıda ürünleri hakkında bilinçlenmesi ve sürdürülebilirlik ilişkilerinin farkındalığı her geçen gün artmaktadır. Bitkisel proteinlerin tekno-işlevselliklerini geliştirmek, yeni bitkisel kaynaklar elde etmek ve bunların fonksiyonel özelliklerini ve biyo-aktivitelerini, beslenme profillerini geliştirmek için araştırmalara devam edilmelidir. Ek olarak bu proteinlerin moleküler düzeyde karakterizasyonunda FTIR ve Raman spektroskopisi kullanımı son derece önemlidir.

KAYNAKÇA

- Akyuz, S., Akyuz, T., Celik, O., & Atak, C. (2013). FTIR and EDXRF investigations of salt tolerant soybean mutants. *Journal of Molecular Structure*, 1044, 67-71.
- Al-Ali, H. A., Shah, U., Hackett, M. J., Gulzar, M., Karakyriakos, E., & Johnson, S. K. (2021). Technological strategies to improve gelation properties of legume proteins with the focus on lupin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102634.

- Atalay, E., & Gökbulut, İ. (2021). Baklagiller: Fonksiyonel Özellikleri, Sağlık Etkileri ve Potansiyel Kullanımı. *Akademik Gıda*, 19(4), 442-449.
- Augustin, M., & Cole, M. (2022). Towards a sustainable food system by design using faba bean protein as an example. *Trends in Food Science & Technology*.
- Awika, J. M., & Duodu, K. G. (2017). Bioactive polyphenols and peptides in cowpea (*Vigna unguiculata*) and their health promoting properties: A review. *Journal of Functional Foods*, 38, 686-697.
- Balan, V., Mihai, C. T., Cojocaru, F. D., Uritu, C. M., Dodi, G., Botezat, D., & Gardikiotis, I. (2019). Vibrational spectroscopy fingerprinting in medicine: from molecular to clinical practice. *Materials*, 12(18), 2884.
- Banaga, M. M. D. A., Awadelgied, A., Al Muslet, N. A., & Osman, N. S. E. (2021). Use of Raman Spectroscopy for Analysis and Detection of Some Sudanese Edible Oils. *Optics*, 10(2), 23.
- Barral-Martínez, M., Flórez-Fernández, N., Domínguez, H., & Torres, M. (2020). Tailoring hybrid carrageenans from *Mastocarpus stellatus* red seaweed using microwave hydrodiffusion and gravity. *Carbohydrate Polymers*, 248, 116830.
- Baş, A., Peksever, D., El, S., & Bornova, İ. Sürdürülebilir Protein Kaynakları: Bitki, Böcek, Yapay Et ve Tek Hücre Proteinleri.
- Bertsch, P., Böcker, L., Mathys, A., & Fischer, P. (2021). Proteins from microalgae for the stabilization of fluid interfaces, emulsions, and foams. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 326-342.
- Bhargava, A., Shukla, S., Rajan, S., & Ohri, D. (2007). Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54(1), 167-173.
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414-431.
- Brion-Espinoza, I. A., Iñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., Barros-Castillo, J. C., Calderón-Chiu, C., & Calderón-Santoyo, M. (2021). Edible pectin film added with peptides from jackfruit leaves obtained by high-hydrostatic pressure and pepsin hydrolysis. *Food Chemistry: X*, 12, 100170.
- Capouchová, I., Petr, J., Tlaskalová-Hogenová, H., Michalík, I., Faměra, O., Urminská, D., . . . Borovská, D. (2004). Protein fractions of oats and possibilities of oat utilisation for patients with coeliac disease. *Czech journal of food sciences*, 22(4), 151.
- Celik, S., Kinayturk, N. K., & Cakir, E. (2022). Spectroscopic Applications in Pharmaceuticals and Food. In *Quality Control Applications in the Pharmaceutical and*

- Medical Device Manufacturing Industry (pp. 122-137). IGI Global.
- Černá, M. (2011). Seaweed proteins and amino acids as nutraceuticals. *Advances in food and nutrition research*, 64, 297-312.
- Chalupa-Krebsdak, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International dairy journal*, 87, 84-92.
- Chavan, U., McKenzie, D., & Shahidi, F. (2001). Protein classification of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*, 75(2), 145-153.
- Chen, Y., Zhang, H., Liu, R., Mats, L., Zhu, H., Pauls, K. P., . . . Tsao, R. (2019). Antioxidant and anti-inflammatory polyphenols and peptides of common bean (*Phaseolus vulga* L.) milk and yogurt in Caco-2 and HT-29 cell models. *Journal of Functional Foods*, 53, 125-135.
- Day, L., & Swanson, B. G. (2013). Functionality of protein-fortified extrudates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 546-564.
- del Mar Contreras, M., Lama-Muñoz, A., Gutiérrez-Pérez, J. M., Espínola, F., Moya, M., & Castro, E. (2019). Protein extraction from agri-food residues for integration in biorefinery: Potential techniques and current status. *Bioresource Technology*, 280, 459-477.
- Delgado, M. C. O., Tironi, V. A., & Añón, M. C. (2011). Antioxidant activity of amaranth protein or their hydrolysates under simulated gastrointestinal digestion. *LWT-Food Science and Technology*, 44(8), 1752-1760.
- El Mouftari, M., Essafi, I., Khalidi, A., Kzaiber, F., Ali, G. A., Mahjoubi, F. Z., & Ousama, A. (2022). Applications of FTIR and chemometrics methods in authenticity analysis of walnut oil. *Emergent Materials*, 5(1), 167-174.
- Ellerbrock, R. H., Ahmed, M. A., & Gerke, H. H. (2019). Spectroscopic characterization of mucilage (Chia seed) and polygalacturonic acid. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 182(6), 888-895.
- FAO. (2016). *Legumes can help fight climate change, hunger and obesity in Latin America and the Caribbean*. Retrieved from
- Fasolin, L. H., Pereira, R. N., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Andrade, C., Ramos, O., & Vicente, A. (2019). Emergent food proteins—Towards sustainability, health and innovation. *Food Research International*, 125, 108586.
- Gilham, B., Hall, R., & Woods, J. L. (2018). Vegetables and legumes in new Australasian food launches: how are they being used and are they a healthy choice? *Nutrition journal*, 17(1), 1-9.

- Gomes, A., & Sobral, P. J. d. A. (2021). Plant Protein-Based Delivery Systems: An Emerging Approach for Increasing the Efficacy of Lipophilic Bioactive Compounds. *Molecules*, 27(1), 60.
- González-Muñoz, A., Montero, B., Enrione, J., & Matiacevich, S. (2016). Rapid prediction of moisture content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 71, 246-249.
- González-Pérez, S., Vereijken, J. M., Merck, K. B., van Koningsveld, G. A., Gruppen, H., & Voragen, A. G. (2004). Conformational states of sunflower (*Helianthus annuus*) helianthinin: effect of heat and pH. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(22), 6770-6778.
- Gorinstein, S., Pawelzik, E., Delgado-Licon, E., Haruenkit, R., Weisz, M., & Trakhtenberg, S. (2002). Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 886-891.
- Hadidi, M., Ibarz, A., & Pouramin, S. (2021). Optimization of extraction and deamidation of edible protein from evening primrose (*Oenothera biennis* L.) oil processing by-products and its effect on structural and techno-functional properties. *Food Chemistry*, 334, 127613.
- Hadidi, M., Jafarzadeh, S., Forough, M., Garavand, F., Alizadeh, S., Salehabadi, A., . . . Jafari, S. M. (2022). Plant protein-based food packaging films; recent advances in fabrication, characterization, and applications. *Trends in Food Science & Technology*.
- Hadidi, M., Khaksar, F. B., Pagan, J., & Ibarz, A. (2020). Application of Ultrasound-Ultrafiltration-Assisted alkaline isoelectric precipitation (UUAaip) technique for producing alfalfa protein isolate for human consumption: Optimization, comparison, physicochemical, and functional properties. *Food Research International*, 130, 108907.
- Hall, C., Hillen, C., & Garden Robinson, J. (2017). Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 11-31.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, 6(7), 53.
- Higgins, S., Jessup, R., & Kurouski, D. (2022). Raman spectroscopy enables highly accurate differentiation between young male and female hemp plants. *Planta*, 255(4), 1-7.
- Hinderink, E. B., Schröder, A., Sagis, L., Schroën, K., & Berton-Carabin, C. C. (2021). Physical and oxidative stability of food emulsions prepared with pea protein fractions. *LWT*, 146, 111424.
- Ismail, B. P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., & Brackenridge, A. (2020). Protein demand: Review of plant and animal proteins used in alternative protein product deve-

- lopment and production. *Animal Frontiers*, 10(4), 53-63.
- Johnson, J., & Wallace, T. C. (2019). *Whole grains and their bioactives: Composition and health*: John Wiley & Sons.
- Kim, W., Wang, Y., & Selomulya, C. (2020). Dairy and plant proteins as natural food emulsifiers. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 261-272.
- Kshirsagar, H. H., Fajer, P., Sharma, G. M., Roux, K. H., & Sathe, S. K. (2011). Biochemical and spectroscopic characterization of almond and cashew nut seed 11S legumins, amandin and anacardein. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(1), 386-393.
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Punia, S., Dhakane-Lad, J., Singh, S., . . . Anitha, T. (2022). Functional characterization of plant-based protein to determine its quality for food applications. *Food hydrocolloids*, 123, 106986.
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Verma, R., Punia, S., Mahapatra, A., . . . Berwal, M. K. (2021). Advances in the plant protein extraction: Mechanism and recommendations. *Food hydrocolloids*, 115, 106595.
- Lam, R. S., & Nickerson, M. T. (2013). Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure–function approach. *Food Chemistry*, 141(2), 975-984.
- Lucisano, M., Cappa, C., Fongaro, L., & Mariotti, M. (2012). Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the cooking behaviour. *Journal of Cereal science*, 56(3), 667-675.
- Lusas, E. W., & Riaz, M. N. (1995). Soy protein products: processing and use. *The Journal of nutrition*, 125(suppl_3), 573S-580S.
- Lv, C., Zhao, G., & Ning, Y. (2017). Interactions between plant proteins/enzymes and other food components, and their effects on food quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(8), 1718-1728.
- Malcolmson, L., & Han, J. J. (2019). Pulse processing and utilization of pulse ingredients in foods. In *Health benefits of pulses* (pp. 129-149): Springer.
- Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2021). Legume proteins, peptides, water extracts, and crude protein extracts as antifungals for food applications. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 16-24.
- Mao, X., & Hua, Y. (2012). Composition, structure and functional properties of protein concentrates and isolates produced from walnut (*Juglans regia* L.). *International journal of molecular sciences*, 13(2), 1561-1581.
- Maphosa, Y., & Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. *Functional food-improve health through adequate food*, 1, 13.

- Marcus, J. B. (2013). *Culinary nutrition: the science and practice of healthy cooking*: Academic Press.
- Mariotti, M., Pagani, M. A., & Lucisano, M. (2013). The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food hydrocolloids*, 30(1), 393-400.
- Mathijs, E. (2015). Exploring future patterns of meat consumption. *Meat Science*, 109, 112-116.
- McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). A brief review of the science behind the design of healthy and sustainable plant-based foods. *NPJ science of food*, 5(1), 1-10.
- Mezzenga, R., & Fischer, P. (2013). The self-assembly, aggregation and phase transitions of food protein systems in one, two and three dimensions. *Reports on Progress in Physics*, 76(4), 046601.
- Mirghani, M. E. S., Man, Y. C., Jinap, S., Baharin, B. S., & Bakar, J. (2003). Application of FTIR spectroscopy in determining sesamol in sesame seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(1), 1-4.
- Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A.-M. (2020). Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178.
- Multari, S., Stewart, D., & Russell, W. R. (2015). Potential of fava bean as future protein supply to partially replace meat intake in the human diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(5), 511-522.
- Nadathur, S., Wanasundara, J., & Scanlin, L. (2017). Proteins in the diet: Challenges in feeding the global population. In *Sustainable protein sources* (pp. 1-19): Elsevier.
- Nasrabadi, M. N., Doost, A. S., & Mezzenga, R. (2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food hydrocolloids*, 118, 106789.
- Nawaz, M. A., Tan, M., Øiseth, S., & Buckow, R. (2020). An emerging segment of functional legume-based beverages: A review. *Food Reviews International*, 1-39.
- Neven, L. (1998). Isoflavones-an overview of benefits for health and market. *Agro Food Industry Hi-Tech*, 9(6), 39-41.
- O'Connor, J., Meaney, S., Williams, G. A., & Hayes, M. (2020). Extraction of protein from four different seaweeds using three different physical pre-treatment strategies. *Molecules*, 25(8), 2005.
- Okonogi, S., Duangrat, C., Anuchpreeda, S., Tachakittirungrod, S., & Chowwanapopohn, S. (2007). Comparison of antioxidant capacities and cytotoxicities of certain

- fruit peels. *Food Chemistry*, 103(3), 839-846.
- Ortiz-Martinez, M., Winkler, R., & García-Lara, S. (2014). Preventive and therapeutic potential of peptides from cereals against cancer. *Journal of proteomics*, 111, 165-183.
- Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2020). Towards more sustainable meat products: Extenders as a way of reducing meat content. *Foods*, 9(8), 1044.
- Raja, K., Kadirvel, V., & Subramaniyan, T. (2022). Seaweeds, an aquatic plant-based protein for sustainable nutrition-a review. *Future Foods*, 100142.
- Rohman, A., Nugroho, A., Lukitaningsih, E., & Sudjadi. (2014). Application of vibrational spectroscopy in combination with chemometrics techniques for authentication of herbal medicine. *Applied spectroscopy reviews*, 49(8), 603-613.
- Rydhag, L., & Wilton, I. (1981). The function of phospholipids of soybean lecithin in emulsions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58(8), 830-837.
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-184. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011>
- Saleem, M., Ahmad, N., Ullah, R., Ali, Z., Mahmood, S., & Ali, H. (2020). Raman Spectroscopy-Based Characterization of Canola Oil. *Food Analytical Methods*, 13(6), 1292-1303.
- Salgado, C. L., Muñoz, R., Blanco, A., & Lienqueo, M. E. (2021). Valorization and upgrading of the nutritional value of seaweed and seaweed waste using the marine fungi *Paradendryphiella salina* to produce mycoprotein. *Algal Research*, 53, 102135.
- Sanchez, L., Baltensperger, D., & Kurouski, D. (2020). Raman-based differentiation of hemp, Cannabidiol-rich hemp, and Cannabis. *Analytical chemistry*, 92(11), 7733-7737.
- Sedlar, T., Čakarević, J., Tomić, J., & Popović, L. (2021). Vegetable by-products as new sources of functional proteins. *Plant foods for human nutrition*, 76(1), 31-36.
- Shevkani, K., Singh, N., Chen, Y., Kaur, A., & Yu, L. (2019). Pulse proteins: Secondary structure, functionality and applications. *Journal of food science and technology*, 56(6), 2787-2798.
- Shi, Z., Hao, Y., Teng, C., Yao, Y., & Ren, G. (2019). Functional properties and adipogenesis inhibitory activity of protein hydrolysates from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science & Nutrition*, 7(6), 2103-2112.
- Sim, S. Y. J., Srv, A., Chiang, J. H., & Henry, C. J. (2021). Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*, 10(8), 1967.
- Singla, P., Sharma, S., & Singh, S. (2017). Amino acid composition, protein fractions

- and electrophoretic analysis of seed storage proteins in Lupins. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 30(1), 33-40.
- Sonklin, C., Alashi, M. A., Laohakunjit, N., Kerdchoechuen, O., & Aluko, R. E. (2020). Identification of antihypertensive peptides from mung bean protein hydrolysate and their effects in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, 64, 103635.
- Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Sulser, T. B., Rayner, M., & Scarborough, P. (2018). Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health*, 2(10), e451-e461.
- Tan, M., Nawaz, M. A., & Buckow, R. (2021). Functional and food application of plant proteins—a review. *Food Reviews International*, 1-29.
- Tang, C.-H. (2021). Nano-architectural assembly of soy proteins: A promising strategy to fabricate nutraceutical nanovehicles. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291, 102402.
- Thiruchelvi, R., Jayashree, P., & Mirunaalini, K. (2021). Synthesis of silver nanoparticle using marine red seaweed *Gelidiella acerosa*—A complete study on its biological activity and its characterisation. *Materials Today: Proceedings*, 37, 1693-1698.
- Venkatachalam, M., Monaghan, E. K., Kshirsagar, H. H., Robotham, J. M., O'Donnell, S. E., Gerber, M. S., . . . Sathe, S. K. (2008). Effects of processing on immunoreactivity of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) seed flour proteins. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(19), 8998-9005.
- Vickers, N. J. (2017). Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Current biology*, 27(14), R713-R715.
- Wang, S., & Zhu, F. (2016). Formulation and quality attributes of quinoa food products. *Food and Bioprocess Technology*, 9(1), 49-68.
- Wen, L., Huang, L., Li, Y., Feng, Y., Zhang, Z., Xu, Z., . . . Cheng, Y. (2021). New peptides with immunomodulatory activity identified from rice proteins through peptidomic and in silico analysis. *Food Chemistry*, 364, 130357.
- Xue, Z., Wen, H., Zhai, L., Yu, Y., Li, Y., Yu, W., . . . Kou, X. (2015). Antioxidant activity and anti-proliferative effect of a bioactive peptide from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 77, 75-81.
- Yang, H., Irudayaraj, J., & Paradkar, M. M. (2005). Discriminant analysis of edible oils and fats by FTIR, FT-NIR and FT-Raman spectroscopy. *Food chemistry*, 93(1), 25-32.

5. Bölüm

SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLER ve SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLULUKLAR

Dr. Öğr. Üyesi Semiha Sultan TEKKANAT

Necmettin Erbakan Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi

Şehir ve Bölge Planlama Bölümü

semihaeryilmaz@gmail.com

Orcid No: 0000-0003-0223-8517

Neslihan KARACA

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kentsel Dönüşüm ve Planlama Programı

neslikaraca.23@gmail.com

Orcid No:0000-0002-2259-8352

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler (BM), 2019 yılında yayınladığı “Dünya Nüfusunun Beklentisi” verilerine göre; 2050 yılında dünya nüfusunun 9,7 milyara ulaşacağını ve bu nüfusun 2/3’sinin kentlerde yaşayacağını öngörmektedir (UN, 2022). Kentsel alanlarda yoğunlaşan nüfus ile birlikte; ekonomik, sosyal ve fiziksel çevrede yaşanan sorunlar da artmaktadır.

Kentlerde mevcut konut stoğuna ek olarak kent çevresinde yeni alanların konut alanları olarak yerleşmeye açılması; bu nedenle doğal alanların tahribinin artması; kentte ikamet eden kişiler arasında ekonomik gelir düzeyi farklılıklarına bağlı olarak sınıfsal-toplumsal tabakalaşmanın öne çıktığı konut gruplarının veya kentsel çöküntü alanlarının ortaya çıkması; kentsel mekânda eşitlikten yoksun konut alanlarının artması; istihdam olanaklarına kavuşamayan kentlilerin giderek artması; bu sorunun salt ekonomik eşitsizlik değil aynı zamanda kentsel güvenlik ve idari sorun olarak yansması; kentsel donatıların nüfusun talep

ve beklentilerini karşılayamayacak duruma gelmesi; kentsel yeşil alanların, ulaşım altyapısının ve toplu taşıma sunumunun yetersiz hale gelmesi; özel araç sahipliğinin artması ile birlikte trafik yoğunluğunun artması ve tüm bu sorunlara ek olarak kentteki enerji-su vb. alanlarda yetersizlik sorunlarının yaşanması vb. birçok problem, kentsel yaşam kalitesini olumsuz etkilemekte, kent halkının kente aidiyet sorununu artırarak kente uyum sağlayamamasına sebep olurken yerel yönetimlere de karşılanması daha zor sorumlulukları yüklemektedir.

Yenilenemeyen kaynakların gün geçtikçe azalarak tükenmeye yüz tutması, küresel ısınma vb. sorunlarla giderek daha çok yüzleşilmesi, insanlığı; yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bu bağlamda artan nüfus, artan tüketim ve üretim ile birlikte, doğal varlıklar, enerji ve sürdürülebilirlik kavramları daha çok tartışılır olmuş ve gerek küresel düzlemde ulus devletlere ve yerel ölçeklere gerekse toplumsal düzeyden bireylere ve gündelik hayata doğru daha çok yansır olmuştur.

Kentsel nüfusun artması ile birlikte beraberinde getirdiği sorunlara, yerel yönetimler ve ulus devletler de odaklanmakta ve bu sorunlara çözüm aramak sorumluluk alanlarına girmektedir. Bununla birlikte bu sorunlar; dünya barışını sağlamak ve güvenliğini korumak, uluslararası ekonomik, toplumsal ve kültürel iş birliklerini kurmak amacıyla 1945 yılında kurulan Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın da(UNDP) gündeminde yer almaktadır.

BM bu kapsamda; gelecek nesiller için sürdürülebilir bir çevre inşa etmek, iklim değişikliği- ekonomik eşitsizlik-yoksulluk vb. küresel sorunları azaltmak, dünyanın doğal varlıklarını korumak, tüm insanların barış ve refah içerisinde yaşamasını sağlamak amacıyla küresel düzlemde bir eylem çağrısı yapmıştır. Bu eylem çağrısı ile ulus devletlere, sürdürülebilir kalkınma amacı doğrultusunda yol gösterici ve destekleyici çözümler üreten BM; yoksulluğa son; açlığa son; sağlık ve kaliteli yaşam; nitelikli eğitim; toplumsal cinsiyet eşitliği; temiz su ve sanitasyon; erişilebilir ve temiz enerji; insana yakışır iş ve ekonomik büyüme; sanayi, yenilikçilik ve altyapı; eşitsizliklerin azaltılması; sürdürülebilir şehirler ve topluluklar; sorumlu üretim ve tüketim; iklim eylemi; sudaki yaşam; karasal yaşam; barış, adalet ve güçlü kurumlar; amaçlar için ortaklıklar olmak üzere 17 başlık altında “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları”nı(SKA) belirlemiştir (UNDP, 2022).

Bu bağlamda BM'nin, SKA'ların onbirinci başlığı altında yer alan

“Sürdürülebilir Kentler ve Topluluklar” hedefinin amacı, gerek sosyal bilimler gerekse fen bilimleri alanlarında gerçekleştirilen çalışmalarda; hem sorunsal olarak hem de çözüm üretimi yönünden dikkate alınması ve irdelenmesi gereken önemli bir bütünsel olgudur. Güncel gelişmeler ışığında mevcut kentlerde yaşanan sorunlardan yola çıkarak “Sürdürülebilir Kentler ve Sürdürülebilir Topluluklar” başlığı bağlamında hazırlanan bu çalışma üç ana başlık etrafında geliştirilmiş ve bu çerçevede sırasıyla;

- Sürdürülebilirlik olgusunun kökeni, gelişimi ve SKA'lara yönelme süreci,
- Sürdürülebilir kentler ve sürdürülebilir topluluklar yaklaşımı,
- Sürdürülebilir topluluklarda bulunması gereken özellikler;
- Güvenli ve erişilebilir konut,
- Erişilebilir ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri,
- Kültürel ve doğal dünya mirasının korunması,
- Doğal afetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması,
- Kentlerin çevresel etkilerinin azaltılması (iklime uyum, yenilenebilir enerji ve kaynaklar)
- Güvenli ve kapsayıcı açık kamusal alanlara erişimin sağlanması, konuları kapsamlı olarak irdelenmiştir.

Bu çalışma; sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kentler ve topluluklar ile ilgili; süreli bilimsel yayınlar, basılı ve elektronik bilimsel çalışma ve raporlardan oluşan birincil ve ikincil kaynaklara dayalı güncel literatür taramasına dayanmaktadır. Çalışma, küresel düzlemde yaşanan kent ve topluluk sorunlarını SKA'lar bağlamında detaylı irdelemesi; gezegensel ve sosyal dengesizlikler, eşitsizlikler arasındaki döngüsel ilişkiyi vurgulaması; sürdürülebilir kent ve sürdürülebilir topluluklara ulaşma amacı doğrultusunda küresel ölçekte dayanışma, işbirliği ve eyleme geçmenin önemini aktarması bakımından özgün bir nitelik taşımaktadır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK OLGUSUNUN KÖKENİ, GELİŞİMİ VE SKA'LARA YÖNELME SÜRECİ

Birçok disiplinde sıklıkla kullanılan sürdürülebilirlik, insan, çevre ve günümüzdeki kuşakların gelecektekiler için yükümlülükleri arasındaki bağlantıyı açıklamak amacıyla yeniden ortaya atılan bir kavramdır (Özmehmet, 2008). Sürdürülebilirlik kavramını Gilman(1992); “toplumun, canlıların veya sistemlerin temel kaynakları tüketmeden belirsiz bir geleceğe kadar işlevini devam ettirmesi olarak tanımlarken Ruckelshaus(1989); “ekolojinin en geniş sınırları içinde ekonomik büyümenin ve kalkınmanın karşılıklı etkileşim ile sağlanacağı ve zaman içinde korunacağı doktrin” şeklinde tanımlamaktadır (Özmehmet, 2008).

Son yıllarda ‘Sürdürülebilir Kalkınma’ kavramı, ekolojik ve sosyal krizle başa çıkmak için politik ve etik bir rehber olarak inanılmaz bir kariyer yapmıştır. Bu konsept Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (Brundtland Komisyonu) tarafından 1987’de küresel olarak başlatılmıştır. Kavramın aslında, ormancılığın profesyonel terminolojisi içerisinde tasarlandığı, “Sürekli verim” olgusunun iki yüzyıldır uluslararası ormancılığın ana doktrinini oluşturduğu görülmektedir. Bu doktrin ise Almanca ‘Nachhaltiger Ertrag’ teriminin çevirisi olan “sürdürülebilir verim”dir (Grober, 2007). Sürdürülebilirlik kelimesinin ilk kullanımı, Avrupa’da 1713’te Alman ormancı ve bilim adamı Hans Carl von Carlowitz’in Ekonomik Ormancılık (Sylvicultura Oeconomica) kitabında Almanca “Nachhaltigkeit” kavramı ile gerçekleşmiştir (Heinberg, 2010). Kavramın kökleri, İngiliz yazar John Evelyn ve Fransız devlet adamı Jean Baptist Colbert’ten esinlenen Alman Kameralistlerin, hanedanlarının ormanlık alanlarını gelecek nesillere eksilmeden teslim etmeleri için nachhaltig/sürdürülebilir şekilde planlamaya başladıkları erken “Avrupa Aydınlanması” dönemine uzanmaktadır. Sözcük daha sonra 1713’te Saksonya Krallığı Kraliyet Maden Dairesi Başkanı Hanns Carl von Carlowitz tarafından “zamanın en önemli kaynağı olan kerestenin öngörülen kıtlığı” sorununa karşılık icat edilmiştir (Grober, 2007). Sonrasında Fransız ve İngiliz ormancılar ağaç dikme uygulamasını “sürekli verimli ormancılık” için bir yol olarak benimsemişlerdir (Heinberg, 2010). Nachhaltigkeit, Almanca “sürdürülebilirlik” terimi ilk kez bu anlamda kullanılmıştır. Kuhlman ve Farrington’ın da, Wiersum (1995) ile Widerer (2007)’den aktardığına göre sürdürülebilirlik kavramının orijinali; ormancılık alanında, yeni büyümede ormanın ürettiğinden daha fazlasını asla hasat etmemek

anlamı ile ortaya çıkmıştır (Kuhlman & Farrington, 2010).

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak ormancılar tarafından kullanıldığında; bir ormanın sadece, büyümek için sağlanacak kereste miktarı kadar, hasat edilmesini önermiştir. Biyolojik ve çevresel kaynakların kullanımında “denge” anlamına gelen Nachhaltigkeit (sürdürülebilirlik), uzun bir süre önce 1713’te kullanılsa da yirminci yüzyılın sonlarında ivme kazanmış, böylece insan toplumu dâhil her türden kalıcı sistemlerin ve süreçlerin korunmasına, onarımına atıfta bulunulmuştur (Bhownik vd., 2019).

Sürdürülebilirlik kavramının ilk kez kullanımından bugüne kadargeçen üç yüz yıllık süreçte sürdürülebilir kalkınma olgusunun zaman içerisinde gelişmesine katkıda bulunan birçok küresel politika girişimi, evrensel eylem çağrısı, bilimsel araştırma ve rapor, metin bulunmaktadır. Günümüzde geçerli olan ve 2030 yılına kadar küresel ölçekte hayata geçirilmesi planlanan kalkınma amaçlarının arka planında geçmişte gerçekleştirilen bu bilimsel çalışma ve politika girişimlerinin izleri vardır.

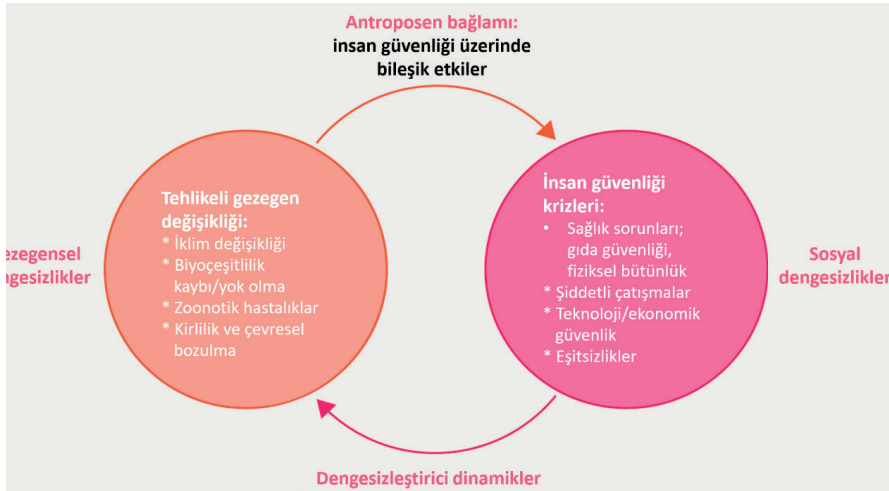
Stockholm BM İnsan Çevresi Konferansı(1972), BM İnsan Yerleşimleri Konferansı-Habitat I(1976), Sürdürülebilirlik ve Kalkınma Buluşması(1980), Brundtland Raporu-Ortak Geleceğimiz(1987), Rio Konferansı (1992), BM İnsan Yerleşimleri Konferansı-Habitat II(1996), Rio +5 Konferansı(1997), Kyoto Protokolü(1997), Binyıl Kalkınma Hedefleri(2000), Johannesburg BM Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi(2002), Rio +20 Konferansı(2012), Paris Anlaşması(2015) vb. birçok küresel çaba ve girişim; 2015 yılında BM Genel Kurulu’nda kabul edilen “2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi”nin altyapısını oluşturmaktadır. 193 ülke liderinin kabul ettiği gündem çerçevesinde 17 evrensel amaç ve 169 hedef belirlenmiştir.

1992 Rio Konferansı’ndan 2002 Johannesburg Çevre Zirvesi’ne kadar uluslararası alanda henüz net bir tanımı olmayan sürdürülebilirlik kavramı, kalkınma ile beraber incelenerek birçok farklı tartışmalara neden olmuştur. Ekonomik, sosyal, kültürel ve politik taraflardan toplumların günümüzde sahip oldukları varlıklarda gelecek toplumların da payının olduğunu unutmadan yararlanılması anlamına gelmektedir. Sürdürülebilirlik tanımlaması, devamlılığın ve aralıksız olmadan süreklilik olma durumuna karşılık gelmektedir (Kayır, 2007).

Sürdürülebilirlik üzerine yapılan tüm çalışmalarda üç ana bileşenin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlar; çevre, toplum ve ekonomidir. Ekonomik

yön; kıt olan kaynakların aşırı tüketimi ile alakalı olup ekonomik açıdan sürdürülebilir bir sistem, hizmetlerin ve malların devamlılığını sağlayacak şekilde elde edilen, tarım ve endüstri alanındaki üretimi olumsuz yönde etkileyen sektörel dengesizliklerden uzak duran, iç ve dış borçlar arasındaki dengenin sürdürülebilirliğini oluşturan sistem olarak tanımlanmaktadır. Sosyal yönüyle sürdürülebilirlik; insanı merkeze koyarak ele alan, kamusal hizmetlerin yeterli olmasını, eşit ve dengeli paylaşımını, cinsiyet ayrımı yapmadan eşitliği, politik yönden sorumluluğu benimsemiş ve katılımı gerçekleştirebilen bir sistemdir. Çevresel yönü ise; biyolojik ve fiziksel sistemlerin dengeli olmasını ifade etmektedir. Böylece ekosistemlerin farklı ve değişken çevre koşullarına uyumlu olması amaçlanmaktadır (Tıraş, 2012).

Sürdürülebilirlik bileşenlerini olumsuz etkileyen gezegensel ve sosyal dengesizlikler, tehditler bulunmaktadır ve bunlar birçok toplumun karşı karşıya olduğu baskıyı ifade etmektedir (Şekil 1). İnsan grupları arasındaki fırsat, zenginlik ve güç eşitsizliklerinin sosyal açıdan istikrarsızlaştırıcı etkileri olmakta bunlar da sosyal dengesizlik olarak tanımlanmaktadır (UNDP, 2022). Tüm yaşam biçimleri için tehlikeli boyuttaki değişimleri ifade eden gezegensel tehditlerin yanı sıra sosyal dengesizliklerin de artması ile kentler ve toplumlar üzerindeki tehlike daha da şiddetlenmektedir. (UNDP, 2020)

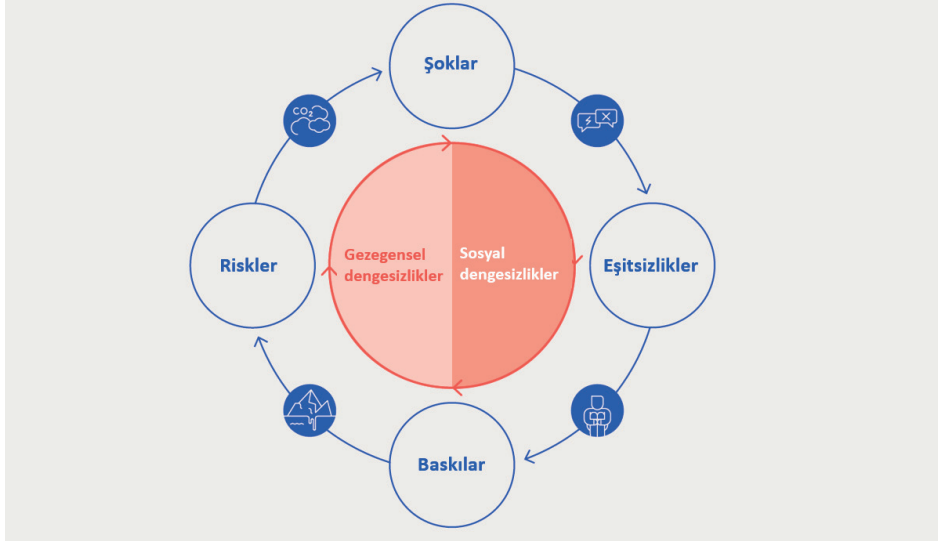


Şekil 1. Sürdürülebilirlik Bileşenlerini Olumsuz Etkileyen Gezegensel ve Sosyal Dengesizlikler

Kaynak: (UNDP, 2022)

Bu etkileşimde Antroposen kapsamında, gezegensel dengesizliklerden sosyal dengesizliklere doğru yönelen ok işareti; “insan güvenliğine yönelik tehditler”in nasıl bir araya geldiğini işaret etmektedir. Sosyal dengesizliklerin, gezegensel dengesizlikleri şiddetlendiren sosyal, ekonomik ve politik süreçlerden beslenmesi nedeniyle ise, ok işareti diğer yöne doğru tekrar hareket eder. Genele göre daha düşük insani gelişmeye sahip ülkeler, kısmen uyum sağlama yeteneklerinin sınırlı olması nedeniyle günümüzde olduğu gibi gelecekte de en kötü etkilerle karşı karşıya kalacak; olumsuz etkiler zaten savunmasız olanlar tarafından çok fazla hissedilecektir. En kötü etkileri yaşayanlar, aynı zamanda politika ve karar alma sürecini şekillendirmek için daha az güce ve fırsata sahip olanlardır. Ve müzakere ve toplu eylem araçlarını kullanacak olan kurum eksikliği nedeniyle, bu kısır döngüyü kırma ihtimalleri azalmaktadır (UNDP, 2022). Tehlikeli gezegensel değişimler, gezegensel ve sosyal dengesizliklerin etkileşiminden kaynaklanan, kendi kendini güçlendiren bir döngünün parçasıdır (UNDP, 2022). Gezegensel ve sosyal dengesizliklerin birbirini güçlendirdiği döngü Şekil 2.’de yer almaktadır.

2019 İnsani Gelişme Raporu’nda da açıkça ortaya belirtildiği üzere insani gelişmedeki birçok eşitsizlik artmaya devam etmektedir. İklim değişikliği vb. tüm tehlikeli gezegensel değişikliklerin yanı sıra sosyal istikrarsızlığın artması ve sosyal hareketliliğin azalması durumu daha da kötüleştirmektedir. Küresel ölçekte görülen demokratik gerileme ile birlikte artan otoriter yapı toplumlara büyük zarar vermektedir. Tüm bu süreç, toplumsal parçalanma zeminini oluştururken Covid-19 pandemisinden iklim değişikliğine kadar her konuda kolektif eylemi de zorlaştırmaktadır (UNDP, 2020). Dolayısıyla Antroposen’de insan güvenliğini tehdit eden tüm dengesizlikleri azaltabilmek için küresel ölçekte dayanışmaya, hareket etmeye ve işbirliğine ve SKA’lara büyük ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2. Gezegenel ve Sosyal Dengesizliklerin Birbirini Güçlendirmesi

Kaynak: İnsani Gelişme Rapor Ofisi'nden aktaran (UNDP, 2020).

SKA'lar, Binyıl Kalkınma Hedefleri (2000) temeline dayanmakla birlikte ondan daha geniş kapsamda olup daha yeni ve cesur bir gündemi temsil etmektedir. SKA'lar, vatandaşların gelecekteki yaşamlarını iyileştirmek için ulusal yönetimlere rehberlik etmeyi ve gerçek çevresel sürdürülebilirliğe yönelik ilerlemeyi sürdürmeyi amaçlamaktadır. SKA'ların en önemli yönü ise her bir amaç arasında karşılıklık olması; bir amaçtaki başarının, diğerler amaçlarda da başarı şansını artıracak olması veya tam tersine ve bir alandaki başarısızlığın diğer alanlarda da başarısızlığı teşvik edecek olmasıdır (Bhownik, Saha, & Roberts, 2019).

BM, SKA'yı; sürdürülebilir tarım ile gıda güvenliğini sağlayarak açlığa ve yoksulluğa son vermek; sürdürülebilir şehirler ve topluluklar oluşturmak; her yaşta sağlıklı ve kaliteli yaşam ile kapsayıcı ve hakkaniyete dayalı, nitelikli eğitim sunmak; ülkeler ile bölgeler içindeki ve aralarındaki eşitsizlikleri azaltmak; toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak; erişilebilir temiz su ve sanitasyon hizmetleri ile erişilebilir temiz enerji sunmak; üretim ve tüketimin, su ve karasal yaşamın sürdürülebilirliğini sağlamak; dayanıklı altyapılar tesis ederek sanayileşmeyi desteklemek ve yenilikçiliği güçlendirmek; istikrarlı,

kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümeyi, tam ve üretken istihdamı ve herkes için insana yakışır işleri desteklemek; İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele etmek; barışçıl ve kapsayıcı toplumlar tesis etmek, herkes için adalete erişimi sağlamak ve her düzeyde etkili, hesap verebilir ve kapsayıcı kurumlar oluşturmak; ve uygulama araçlarını güçlendirerek sürdürülebilir kalkınma için küresel ortaklığı canlandırmak şeklinde açıklamaktadır (UN, 2022).

BM'in "The Sustainable Development Goals: Our Framework for COVID-19 Recovery" başlığı ile yayımladığı metinde; COVID-19'un küresel ekonomiyi istikrarsızlaştırdığı, dünya çapında birçok insanın hayatını kaybettiği, geri kalanını ise riske attığı, pandeminin küresel ölçekte eşitsizlikleri derinleştirdiği üzerinde durulmuştur. 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ve İklim Değişikliğine ilişkin Paris Anlaşması'nda (2015) vurgulanan başarısızlıkların pandemi krizi ile ortaya çıktığı ve olağan politikalar ile sosyal normların bozulduğu bu süreçten kurtulmanın, daha sürdürülebilir bir ekonomiye köklü sistematik geçiş için adımlar atmanın ancak SKA'ya yönelmek ile sağlanacağı vurgulanmaktadır. Dolayısıyla daha yeşil ve kapsayıcı ekonomilere, daha güçlü ve dirençli toplumlara yönelmek için krizin fırsata çevrilmesi gerektiği ifade edilmektedir (UN, 2022).

BM Genel Sekreteri Antonio Guterres Nisan 2020'de yayımladığı Uluslararası Toprak Ana Günü mesajında; "Covid-19'u Toprak Ana'nın tüm sakinleri için benzeri görülmemiş bir uyandırma çağrısı" olarak tanımlamış ve "Sera gazlarının, tıpkı virüsler gibi, ulusal sınırlara saygı göstermeyeceğini; hem Covid-19'dan hem de varoluşsal iklim bozulması tehdidinden dünyayı korumak için uluslararası bir topluluk olarak birlikte çalışmak gerektiğini" ifade etmiştir (UN, 2020).

3. SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTLER VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPLULUKLAR YAKLAŞIMI

Kentsel alanlar şimdiki gibi tasarlanıp yönetildiği takdirde sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi mümkün değildir. Artan nüfus ve göç nedeniyle gerçekleşen hızlı kentleşmenin nüfus artışına neden olması ve insani olmayan barınma koşullarını beraberinde getirmesi, özellikle gelişmekte olan ülke

kentlerinin kritik bir sorunu haline gelmiştir. Kentsel sürdürülebilirliğe önemli ölçüde odaklanmadan bu sorunların çözülemeyeceği açıktır. Şehirleri sürdürülebilir kılmak, işlerin ve ekonomik fırsatların yanı sıra güvenli ve uygun fiyatlı konutların, dayanıklı toplulukların ve güçlü ekonomilerin kurulmasını beraberinde getirecektir (Küfeoğlu, 2020).

Kayır (2007), Eke'ye atıfta bulunarak sürdürülebilir kentleri; “süreklilik içinde değişimi algılayarak sosyo-eko-politik çıkarların ekolojik sistemler, yaşanabilirlik, erişilebilirlik ve enerji ile ilgili kaygılarla uyumlu hale getirildiği kentler şeklinde değerlendirebileceğini” ifade etmektedir. Sürdürülebilir bir kentte, alternatif enerji kaynaklarını kullanan binaların yapımı, araçların kullanımı, atıkların geri dönüşümü, suyun geri dönüştürülerek yeniden kullanımı teşvik edilmektedir. Bu özelliklerin tümü sürdürülebilir kentlerin aynı zamanda sağlıklı kentler olmasını da desteklemektedir. Bireylerin fiziksel, sosyal, çevresel ve psikolojik konularda eşit hak ve özgürlüklere sahip olmasını sağlayan kentler “sağlıklı kentler” olarak tanımlanmaktadır (Kayır, 2007). Dolayısıyla sağlıklı kentler kavramının tanımında kullanılan bileşenlerin aslında sürdürülebilir kentleri işaret ettiği görülmektedir.

BM, SKA'dan onbirincisi olan “Sürdürülebilir Kentler ve Topluluklar”; gecekondu mahallelerini ortadan kaldıran, ucuz ulaşım çözümleri sağlayan, kentsel yayılmayı azaltan, kentsel yönetişime katılımı artıran, kültürel varlıkların korunmasını iyileştiren, kentsel dayanıklılık ve iklim değişikliği konularını ele alan, kentsel yönetimi (kirlilik ve atık yönetimi) iyileştiren, herkesin güvenli kamusal alanlara erişimini sağlayan, kentsel kurallar ve düzenlemeler yoluyla kentsel yönetimi geliştiren “kapsayıcı, güvenli, dayanıklı, sürdürülebilir kentsel ve insan yerleşimleri sağlamayı” amaçlamaktadır. Bu kapsamda; şehir politikası tutarlılığını sağlamak, ileriye dönük yenilikler ve verimli çözümler üretmek için sektörler arasındaki bağlantıları ve kentsel sinerjiyi içermektedir (Küfeoğlu, 2020).

Sürdürülebilir kentler ve yerleşmeler tanımını içinde barındıran sürdürülebilir topluluklar, uzun sürede sağlıklı adımlar atılmasını göz önünde bulundurmaktadır. Sürdürülebilir topluluklar konumsal açıdan güçlü yönelimlere sahiptir. Özgün değerler üzerine inşa edilmiş, yenilikçi bir tavırları vardır. Bu topluluklar, kaynakları verimli kullanarak sağlıklı ekosistemlere değer vermekte, yerel ekonomileri desteklemektedirler. Ticari kurumlar ve yönetimlerle kar gözetmeden

yapılan ortaklıklar yaygındır. Sürdürülebilir topluluklarda kamusal tartışmalar, katılımcı, geniş açıdan ele alınan yapıcı bir unsurdur. Bu tür topluluklar, geleneksel toplulukların kalkınma yaklaşımlarından farklı sürdürülebilirlik strateji ve politikalarını benimsemekte; tüm topluluğa hitap etmekte, geniş ölçekli halk katılımını ve ekosistemin korunarak sürdürülebilirliğinin sağlanmasını hedeflemektedirler (ISC, 2022).

Çevrenin sürdürülerek devamının sağlanacağı, halkın talep ettiği ya da karşılayabileceği faaliyetler toplumdan topluma oldukça farklılık göstermektedir. Sürdürülebilir bir toplum, durağan olmamakla beraber çevrenin topluluğu desteklemesini sağlarken devamlı bir uyum halindedir. Sürdürülebilir bir toplulukta karar verme ve katılım oldukça önemlidir. İnsan, doğal ve ekonomik unsurların birbirlerine direkt olarak bağlı olduğu ve birbirlerinden güç alarak devam ettiği dinamik bir sisteme benzetilmektedir (Roseland , 2000).

Sürdürülebilir topluluklar, topluma katılabilen ve aynı zamanda mevcut ve gelecek nesillerin refahının bağlı olduğu dünyanın yaşam destek sistemlerinin kalitesini koruyan, günümüzün temel insan ihtiyaçlarını karşılayan yerler olarak tanımlanmaktadır. Kavram içeriğinde; güvenli ve kapsayıcı, iyi planlanmış ve inşa edilmiş, iyi yönetilen, herkes için kaliteli hizmetlere erişim eşitliği ile yüksek bir yaşam kalitesi sağlamayı barındırmaktadır. Bu bağlamda sosyal ve çevresel olarak sürdürülebilir kent ve toplulukların gelişimi için; yüksek kaliteli, karma kullanımlı mahalleler halinde inşa edilmesi ve yenilenmesi gerektiği ifade edilmektedir (Winston, 2022).

Winston'ın, Pareja-Eastaway ve Tosics (2021)'den aktardığına göre; Covid-19'un konut üzerindeki etkisine dair tespitler; pandemi sırasında balkonlarını bahçeye çeviren insanlar olduğunu, çoğu evin yaşama ve çalışma yeri olarak uyarlama kapasitesine sahip olmadığını göstermiştir. Covid-19 ile ortaya çıkan bu bulgu ve kanıtlar da; pandemi sonrası gelecekte karma kullanımlı "15 dakikalık şehirler" düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Karma kullanımlı mahalle ve kentler ile; arazi ve enerji verimliliği; okul-ticaret alanları- mağazalar-toplu taşıma vb. kentsel donatılar ile erişilebilirlik imkanlarının bir aradallığıyla daha sürdürülebilir yerel hizmetler amaçlanmaktadır. Kaliteli konutları ve beraberinde doğal ortamları içeren bu tür mahalleler ile hem insanların hem de dünya eko-sistemlerinin refahı üzerinde olumlu etkileri olacağı düşünülmektedir. Winston'ın (2017) aktardığına göre; kentsel konut sakinlerinin refahı üzerine yapılan araştırmalar,

konut kalitesinden ziyade mahalle kalitesinin insanların yaşam kalitesi ile daha güçlü pozitif korelasyona sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik için yüksek kaliteli bir topluluk sağlamak esastır (Winston, 2022).

Sürdürülebilir topluluk kavramı kapsamlı ve bütünleştirici bir biçimde düşünülmelidir. Farklı kentsel ölçekleri göz önünde bulundurarak; mezo (bölge), makro (şehir) ve mikro (mahalle) düzeylerde sürdürülebilir topluluk değerlendirmesi gerçekleştirilmelidir. Sürdürülebilir toplulukları değerlendirmek ve kurmak için bu seviyeler arasında en önemli paya sahip olan ölçek ‘mahalle’ ölçeğidir. Mahalle, planlama disiplini açısından, sürdürülebilir bir topluluğun mekânsal ölçekte detaylıca düşünüldüğü, bir şehrin en küçük ve temel planlama birimidir. Hallman’a göre (1984) mahalle; sakinlerinin arasındaki etkileşimin kuvvetli olduğu, büyük bir kentsel alan içinde sınırlı ve küçük yerleşim birimi olup farklı birimlerin bir araya gelmesiyle kenti oluşturmaktadır. Sürdürülebilir mahalle kavramı içinde yaşayan insanlar, sürdürülebilirliği içeren çevreyi görüp, dokunup, hissedebildiği için somut topluluklar olarak betimlenmektedir. Fiziksel açıdan kaliteli bir çevreye, sosyal ve kültürel hizmetlere sahip olan yaşanabilir mahalleler en çok tercih edilen yaşam alanları haline gelmektedir. Sürdürülebilir sosyo-kültürel ağlara sahip olan mahalle birimleri ile olumsuz çevresel etkiler en aza indirilirken sosyo-ekonomik avantajlar maksimize edilecektir (Akkar, 2010).

Sürdürülebilir toplum gelişiminde çevre, ekonomi ve eşitlik arasındaki ilişki de çok önemlidir. Sürdürülebilir bir topluluk; mevcut kaynakları verimli bir şekilde kullanarak gelecek nesillere yetecek kadar kaynak aktarımına, tüketimi sınırlandırmaya, kirliliği önlemeye, korumayı en üst seviyeye çıkarmaya, kaynakları geliştirme hedefleri ile verimliliği arttırmaya ve yerel ekonomiyi canlandırmaya katkıda bulunacaktır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik politikaları; bir topluluğu diğerinden ayrı tutmadan geliştirmeyi hedeflemekte, insan ile ekosistemi bir arada ele almaktadır (Ramatu, 2016).

3.1. Güvenli ve Erişilebilir Konut

2000 yılında kabul edilen Binyıl Kalkınma Hedefleri’nin altında yatan ilke; dünyanın yaşamını iyileştirmek amacıyla herkesin sürdürülebilir uygulamaları hayata geçirmek için yeterli bilgi ve kaynağa sahip olması olmuştur. Yıllık ilerleme raporları, bu ilkenin yalnızca bazı hedefler için gerçekçi olabileceğini

düşündürmüştür. Kentsel konutlar için çevresel sürdürülebilirlik hedefi, 2020 yılına kadar 100 milyon gecekondulu sakininin yaşamını önemli ölçüde iyileştirmeyi amaçlıyordu. Tüm dünya için mutlak bir değer olarak hedef belirleme çabası, tek tek ülkelerde gerçekleşen ilerlemeyi gizlemektedir. Bu nedenle SKA'ların belirlendiği 2015 yılından önce, bu hedefin tekrar gözden geçirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. 1990'dan 2010 yılına kadar gecekondulu sakinlerinin oranı %46'dan %33'e düşmüştür. Ancak aynı dönemde gecekondularda yaşayanların sayısı 657 milyondan 828 milyona yükselmiştir. 200 milyondan fazla gecekondulu sakini temiz suya ve iyileştirilmiş sanitasyon tesislerine erişim sağladığı için, belirlenen yıllar arasında bu yöndeki hedefe ulaşıldığı belirtilse de ulaşılan hedefin çok düşük olduğu gerçeği de yaygın olarak kabul edilmiştir (Ruez, 2018).

Winston konut yoksunluğunu sosyal sürdürülemezliğin bir boyutu olarak tanımlamakta; çok düşük gelirli sakinlerin sorunlu barınma koşullarını ise “ağır konut yoksunluğu” şeklinde ifade etmektedir. Düşük konut kalitesi, konutların karşılanamaması ve aşırı kalabalık olmaları konutların genel sorunları arasında sayılmaktadır. Coğrafi dağılım açısından irdelendiğinde; ekonomik gelişme düzeyi, barınma ve sosyal yardım sistemleri, finans, maliye ve konut politikalarına bağlı olarak konut kalitesinin ülkeden ülkeye değiştiği gözlemlenmiştir. Küresel Kuzey'deki yüksek gelirli ülkelerde ve Küresel Güney'in daha az gelişmiş ülkelerinde bu tür sorunların fazlaca yaşandığı görülmektedir. Norris ve Domański'ye göre (2009), hem barınma koşullarında hem de satın alma koşullarındaki uluslararası farklılıklar her ülkede hükümetin, piyasa koşullarının ve ailenin görece önemiyle ilişkilendirilmektedir. Yoksulluk içinde yaşayan haneler genellikle aşırı kalabalıktır. Fitzpatrick (2014)'in aktardığı ifadeyle; “kızgınlık, kaygı ve sosyal çatışma da insanların mecburen bir arada yaşamasından kaynaklanabilir”. Dolayısıyla tüm bu bulgular dikkate alındığında, yüksek yoğunluklu konut alanları yenilenirken; aşırı yoksul olan çoğu ailenin daha fazla alana ihtiyaç duyacağı gerçeği önemsenmelidir. Winston, konut yenileme programları aracılığıyla “çevresel ve sosyal sürdürülemezlik” ile aynı anda mücadele edilerek sürdürülebilir topluluklar geliştirme konusunda önemli ilerlemeler sağlanacağını belirtmektedir (Winston, 2022).

Ekoloji ve ekolojik kuramlar, ekonomi, nüfus, endüstri, yenilenebilir/yenilenemez doğal kaynaklar, çevre, enerji, iklim, geri dönüşüm, taşıma kapasitesi, kullanıcı, koruma vb. kavramlar, sürdürülebilir konut ve çevrelerinin tasarımını büyük oranda etkilemektedir. Bu nedenle sürdürülebilir konut ve

çevrelerinin tasarlanması ve uygulanması aşamasında bu kavramların dikkate alınması gerekmektedir (Gerede, 2003).

Sonuç olarak güvenli ve erişilebilir konut, insanların yaşam kalitesinin iyi bir seviyede olmasını sürece dâhil ederek yaşamlarını kontrol altına almalarıyla ilgilidir. Bu konuda hedeflenen nokta; herkesin erişebileceği ve güvenli konut fırsatları sunarak sosyal refaha, uyuma teşvik etmektir. Sürdürülebilir konut, sadece günümüz için değil gelecek nesiller için de daha iyi bir yaşam kalitesi sunmaktadır. Yenilenebilir doğal kaynakların makul bir şekilde kullanımı ekonomik büyüme ve sosyal gelişmeyi beraberinde getirmektedir. Sürdürülebilir konut sadece binaların fiziki durumunu içine alan bir kavram olmamalı, insan faktörünü de dâhil etmelidir. Bir konutun sürdürülebilir olması toplumsal uyumu, refahı ve kendine bağımlılığı teşvik etmesi, herkesin nezih bir konuta erişebilmesi durumudur. Bu kavram, sürdürülebilir topluluklar ve kentlerin oluşturulmasına yardımcı olacaktır (Armstrong, 2000).

3.2. Erişilebilir ve Sürdürülebilir Ulaşım Sistemleri

Kentsel ulaşım sisteminin sürdürülebilirliği, kentlinin kent içi ulaşımında hareketliliğinin yükselmesi ve ulaşım hizmetlerine erişimin güçlenmesi anlamına gelmektedir. Çevre dostu ulaşım araçlarının kullanılması ve güvenli bir şekilde ulaşım hizmetinden yararlanmak sürdürülebilirliğin artırılmasıyla gerçekleşmektedir. Sürdürülebilir ulaşım sistemi planlaması insan odaklı olmalıdır. Özel araç kullanımındaki artış, yenilenemez enerjilerin fazla kullanımına böylece kentin enerji bütçesinin aşırı tüketimine neden olmaktadır (Akbulut, 2016). Küresel karayolu trafik ölümlerinin yarısından fazlası yayalar, bisikletliler ve motosikletliler arasındadır (UN, 2021). Sürdürülebilir ulaştırma sisteminin en önemli hedeflerinden biri, trafikte bulunan motorlu araç sayısının ve seyahat süresinin azaltılmasıdır. Bu şekilde trafik yoğunluğunun önüne geçilerek araçlardan arındırılmış yaya alanları artırılabilir ve yaya hareketliliğine olanak sağlanacaktır. Yaya kaldırımalarının durumu, motorlu araçlardan arındırılmamış alanlar ve bisiklet yollarındaki yetersizlikler yaya hareketini azaltmaktadır. Dolayısıyla ulaşım sistemi oluştururken bireysel tercihler değil sistem davranışını ön plana çıkaran değerler sistemi göz önünde bulundurulmalıdır. Ulaşım planları ve trafik düzenlemeleri ile birlikte motorlu araçlardan ziyade yaya hareketliliği, servislere ve hizmetlere erişimin kolay bir

şekilde sağlanması için arazi kullanım planlarıyla birlikte ele alınıp hazırlanarak sürdürülebilir duruma getirilmektedir (Akbulut, 2016).

Yerel yönetimlerin çoğu sokakları yeniden tasarlamak, daha fazla yaya ve bisiklet dostu kamusal alanlar inşa etmek için adımlar atmaktadır. Gelişmiş bölgelerde 2020'den itibaren birçok şehirde daha fazla bisiklet yolu inşa edildiği, pandemiye yanıt olarak özellikle bisiklet olmak üzere aktif ulaşım modlarının benimsenmesinde küçük de olsa bir artış olduğu gözlenmiştir (UN, 2021).

Sürdürülebilir ulaşım sisteminde motorlu araçlarda kullanılan yakıtlar ve fosilin yanmasıyla beraber ortaya çıkan karbon salınımı atmosferi olumsuz yönde değişime uğratar. Bununla birlikte mali krizde olan ülkeler, trafiğin artmasına ayak uydurmak için ulaşım altyapısını yeterli derecede geliştirememektedir (Roseland, 1992). BM Raporuna göre artan emisyonlar, artan hava ve gürültü kirliliği, yol güvenliğindeki kötüleşmeler sürdürülebilir ulaşımına yönelik dönüştürücü bir değişikliğin olmadığını göstermektedir. Raporda, düşük emisyonlu teknolojinin aşamalı olarak devreye alınmasının hızlandırılması ile birlikte fosil yakıtla çalışan seçeneklerin kullanımının azaltılmasına ve aşamalı olarak kaldırılmasına dair hedeflere ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (UN, 2021).

Trafik yoğunluğu açısından günümüzdeki durum devam ettiği takdirde on yıl içinde; işe gidiş-geliş süreleri daha da artacak, trafikte kaybedilen zamanı geri kazanmak adına uzun seyahat sürelerinin telafisi için daha kısa mesai saatlerini talep ederek azalan işçi üretkenliği ise daha yüksek fiyatlandırmaya neden olacaktır. Sadece trafik yoğunluğunu azaltmak, tüketilen yakıt miktarını ve karbon salınımını minimum seviyede etkileyecektir. Kentlerdeki tüm bu olumsuz etkileri azaltacak tek çare ise tek kişilik araç kullanım oranını düşürmektir. Sürdürülebilir kentsel gelişmenin sağlanabilmesi için ulaşım planlaması ve trafik yönetimi çabaları önemlidir. Bu gelişmelerin yerel girişimler tarafından konulan bazı kurallar veya vergilendirme sistemiyle birlikte politik olarak çözümlenmesi hedeflenmektedir. Genel olarak yerel girişimler; kişisel otomobil kullanımını azaltma, toplu taşıma araçlarının sayısını artırarak destekleyici politikalar oluşturma, kentsel transit yerine kalkınma ve otomobil vergilendirme politikaları üretmeyi hedeflemelidir (Roseland, 1992). Uygun şekilde uygulandığında yenilikçi teknolojiler, sürdürülebilir ulaşımın sağlanmasına yönelik birçok zorluğu çözenin anahtarıdır (UN, 2021).

BM yollara ve ulaşım erişim eksikliğinin; zamanında sağlık hizmetlerine,

eğitime, çalışma alanlarına ve tarımsal ürün pazarlarına erişim açısından yoksunluğa katkıda bulunduğunu; ulaşım açısından kırsal izolasyonun yoksullara, yaşlılara, engellilere, çocuklara ve kadınlara orantısız şekilde zarar verdiğini belirtmektedir. Mevcuttaki ulaşım yaklaşımlarıyla devam edildiğinde, demografik yapıya yönelik değişikliklerin karşılanamayacağı öngörülmektedir (UN, 2021). Sürdürülebilir ulaşım sistemi benimsendiği takdirde ise;

- Kuşaklar arasındaki dengeyi koruyan, insan ve çevre sağlığını gözeten, bireylerin ve toplumların mal ve hizmetlere güvenli erişimine imkân tanıyan,
- Ekonomik olan ve dinamik bir ekonomiyi destekleyen, aktif çalışan, çeşitli alternatiflere olanak sağlayan,
- Arazi kullanımını sınırlayan,
- Yenilenebilir kaynakların aşırı tüketimini önleyerek sürdürülebilecek noktada kısıtlayan, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü benimseyen,
- Yenilenemez kaynakların ise tüketimini azaltan ve böylece olumsuz çevresel etkilerini düşüren bir ortam oluşacaktır (Roseland, 1992).

3.3. Kültürel Ve Doğal Dünya Mirasının Korunması

Kültürel miras, toplumlar için önem arz etmektedir. Toplumların sosyal, siyasal ve kültürel birikimini ifade ederek günümüze aktaran miras olgusu, önemsenmelidir. Somut ve somut olmayan kültürel miras bir defa yok edildiğinde telafisi mümkün değildir. Kültürel mirasın yenilenemez olma özelliği, sürdürülebilir kılınmasını ve korunmasını gerektirir. Şehirlerin sahip olduğu somut/somut olmayan tüm değerler, tarihlerinin sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır ve bu sebeple günümüzde sürdürülebilirlikleri önemsenmekte ve tartışılmaktadır. Somut kültürel miras zaman içerisinde değişime ayak direyebilmekteyken bu durum küreselleşmenin etkisiyle değişmiş ve somut olmayan kültürel mirası da değişime ve dönüşüme uğratmıştır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda somut olmayan kültürel mirasın yok olma tehlikesi somut mirasa göre daha olası bir durumdur. Bu nedenle ulusların kimliği olma özelliğine sahip ve evrensel kültürün bir parçasını yansıtan somut ve somut olmayan kültürel miras değerlerinin korunması önemli bir politika alanıdır (Negiz, 2017).

Geçmişte yapılan kent dokularında zaman-mekân ve değerlerin iç içe geçmiş olması önemliken modern kent dokusunda ise bu durum yitirilmiştir. Günümüz kent yaşamında insanların tarihsel mekânlara eğilimi ve rekreasyonel alan olarak benimsemeleri, tarihi bir kent kimliğinin yeniden canlandırılarak yaşamasına imkân vermektedir. Bu nedenle sürdürülebilir tarihî mekânlar için kent kimliği ile birlikte modern kent dokusunda yitirilmiş olan mekân-insan ilişkisinin yeniden anımsanması gerekmektedir. Kentsel mirasın korunması, kültürel kimliğinin tanınmasını da sağlayacaktır (Tweed & Shutherland, 2007).

Savaş ve silahlı çatışma ortamında bulunan kültürel varlıkların başına gelen zararların tespiti uluslararası alanda kültür varlıklarının korunmasına ilişkin ilk düzenlemelerde ortaya çıkmıştır. Savaş hukuku, örf ve adet kurallarına ilişkin 1907 tarihli 4no’lu Lahey Sözleşmesi’nin yönetmeliğine göre; din, eğitim, sanat, bilim alanında kullanılan binalar, tarihi eserler ve hastanelere yapılacak zararlı faaliyetler yasaklanmıştır. Bu düzenlemeyle birlikte eğitim verilen merkezler veya hastaneler gibi sivil karakterli binalar ile kültür varlıklarını koruma altına almaktaki amaçla benzer özellikler taşımaktadır. Kültürel mirasın barındırdığı bilimsel veya sanatsal önemden ziyade, “insanlığın ortak mirası” olması hasebiyle bunların korunması gerektiği 1950 sonrasında ortaya çıkan kültürel miras alanındaki gelişmeler doğrultusunda olmuştur (Ünal, 2014).

Dünyada ortaya çıkan gelişmeler bütünlük koruma anlayışına geçişte de etkisini göstermiştir. Türkiye de bu sürece 1964 yılında kabul edilen Venedik Tüzüğü, 1972’de BM Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu’nun (UNESCO) Dünya Doğal ve Kültürel Mirası’nın Korunmasına Dair Sözleşme, Dünya Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) ve Uluslararası Müzeler Konseyi (ICOM) gibi kurumların oluşturulmasıyla dahil olmuştur. 1970’li yıllardan itibaren Türkiye’de kent dokusunu koruma çalışmalarına önem verilmeye başlanmış son yıllarda bu çalışmalar hız kazanmıştır. Bütünlük koruma anlayışına geçiş fiziki korumanın yanı sıra sosyo-kültürel yapının da korunduğu anlayış ile ortaya çıkmıştır (Çelik & Yazgan, 2007).

Günümüzde kendine özgü olan alanların, tarihsel çevrelerin ön plana çıkmasının nedeni karmaşık bir yapıya sahip olan kentlerin içinde kendine özgün dokuya sahip olmalarıdır. Kentler yalnızca modern dünya için oluşturulmuş alanlar değildir. Kentlerin tarihsel bir özelliğe sahip olmasının nedenlerinden biri bir öncekini yıkıp yok etmeden aynı kentlerin bir önceki temel üzerine oturtulmuş olmasıdır (Kurtar & Somuncu , 2013).

3.4. Doğal Afetlerin Olumsuz Etkilerinin Azaltılması

Sürdürülebilir kalkınma; günümüz neslinin ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden bu amacı gerçekleştirmek için var olan kalkınma modelidir. Afetler açısından sürdürülebilirliğe bakıldığında; çevre sorunlarına neden olmadan günümüzün ve geleceğin ekonomisinin sürdürülebilmesini, hayat standartlarının geliştirilmesini ifade etmektedir (Koçkan, 2015).

Doğal zemin hareketlerinin ve insanoğlunun yarattığı üstyapı normlarının sebep olduğu ekonomik ve sosyal yıkım “afet” olarak tanımlanmaktadır. Doğal afetlerin olumsuz etkilerini yok etmek, en aza indirmek; bir yöntem içinde planlama, örgütlenme, eşgüdümlü denetim süreçleri ile koordine edilerek mümkündür (Şengün & Temiz, 2007).

Afet yönetimi kavramı ise afet öncesi ve afet sonrası tüm aşamaları kapsamaktadır. Afetten önce alınan önlemler; afetin yönetilme şeklini, konu ile ilgili tüm kurum ve kuruluşların imkânlarının dâhil edilmesini, dönüşüm sürecini ve sürdürülebilirlik ile alakalı disiplinli bir yönetimi içermektedir. Ana aşamaları; riskleri veya olası zararları azaltma, hazırlık, müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa olarak özetlenmektedir (Ergünay, 2009). Kentlerin nüfus potansiyeline göre altyapı planlarının yeniden ele alınıp değerlendirilmesi; afete yönelik imkânların en iyi ve en verimli şekilde dağıtılması, muadil değerlendirmeler yapılması gerekmektedir. Afet planları kentlerin nüfus ve ekonomik büyüklükleri göz önüne alarak kısa, orta ve uzun süreli planlar kapsamında yenilenmesini gerektirmektedir. Tasarım sürecinde kentlerin estetik faktörleri barındırması, bahse konu değerlerin artması için multidisipliner uzman ve paydaşlar ile planların revize edilmesi, küreselleşme çağındaki kentleri afete hazırlıklı duruma getirmektir. Gelişmekte olan devletlerin yoksulluk sorunu ile mücadele ettiği göz önüne alındığında bu planlamaya daha çok ihtiyaç duydukları görülmektedir. Planlama kapsamında; afet öncesi dönemde maddi imkânları kısıtlı ailelerin afetten kaynaklanan sorunlarının nasıl telafi edileceği, kamu kurum ve kuruluşları haricinde kendileri için yapılan yardımlara nasıl ulaşacağı da öngörülmektedir (Olcay, 2020).

Afetin oluşması ve engellenmesi yönündeki çalışmalar, risk ve tehlike faktörlerinin belirlenmesi; değerlendirme ve analiz ile başlayan mekânsal planlama; halkın eğitimi, bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi; kurumsal yapılarda yasa, yönetmelik gibi yasal düzenlemelerin geliştirilmesi, uygulama ve

denetimi; yapıların ve alt yapıların güçlendirilmesi; yoksulluk ve bölgelerarası kalkınmışlık düzeylerinin ortadan kaldırılması; afet poliçelerinin düzenlenmesi; toplumsal risk azaltma kültürünün geliştirilmesi; erken uyarı sisteminin kurulması; afet tıbbi gibi çok farklı disiplinlerin bir arada çalışması gereken faaliyetleri kapsamaktadır. Gerçekleşen her afet beraberinde başka tehlike ve riskleri getireceğinden geçici ve daimi iskân çalışmalarında dahi, olası afet ve tehlike risklerini en düşük seviyede tutmak ve daha güvenli yeni bir yaşam çevresi oluşturmak esastır. Dolayısıyla afetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması, yalnızca afet öncesi ve mekânsal planlama faaliyetleri ile sınırlı değildir (Olcay, 2020).

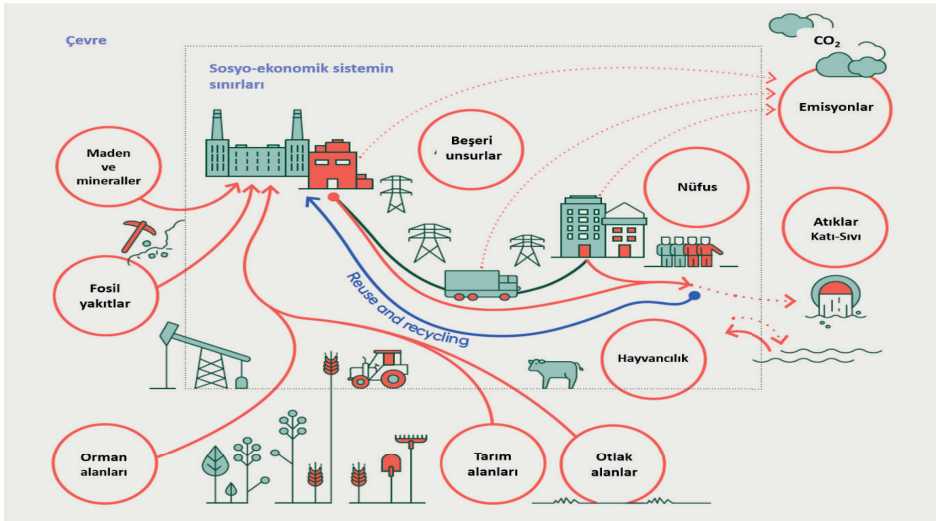
3.5. Kentlerin Çevresel Etkilerinin Azaltılması (İklim Uyum, Yenilenebilir Enerji ve Kaynaklar)

İnsan toplumlarının biyosfere gömülü ve ona bağlı olduğu halde üretim ve tüketim için biyosferden ayrıştıkları ve onu da tükettikleri bir gerçektir. Sosyal ve ekolojik sistemler arasındaki etkileşimi daha iyi vurgulayabilmek için gezegendeki döngüyü ve arka planda gerçekleşenleri bilmek gerekmektedir (Şekil 3.) BM Raporu'nda; “..yaşamın çoğunlukla, biyolojik varlığı için gerekli olanı tüketirken; insan toplumlarının -diğer türlerin çok ötesine geçen bir aşırılıkta- ihtiyaç duyduklarından daha fazla madde ve enerji tükettikleri; enerji ve biyofiziksel kaynakları stoklamanın yanı sıra atık ve emisyon üretirken faydalanmak için harcadıkları ifade edilmektedir (UNDP, 2020).

BM Genel Sekreteri Guterres(2020), iklim bozulmasının pandemiden de önce ortaya çıkan ve dünyayı “geri dönüşü olmayan bir noktaya” doğru sürükleyen çok önemli bir sorun olduğunu, “temiz, yeşil bir geçiş yoluyla” hareket etmek, toplumların daha dirençli hale gelmesi için “gri ekonomiden yeşil ekonomiye” geçmek, fosil yakıt sübvansiyolarını sona erdirmek, kirleticilere kirletme bedellerini ödetmek, kamu fonlarının çevre ve iklim yanlısı projeler ile birlikte sürdürülebilir sektörlere yatırılmasını sağlamak, iklim risk ve fırsatlarını finansal sistemlere ve kamusal politikalara dâhil etmek gerektiği yönünde çağrıda bulunmakta ve tüm ulusları sağlıklı bir gelecek için birlikte harekete etmeye davet etmektedir (UN, 2020).

Winston (2022), yoksul grupların tıpkı güvenli ve erişilebilir konut açısından yaşadıkları sorunlar gibi, birden fazla sosyal ve çevresel yoksunluk

yaşayabileceklerini bununla birlikte iklim değişikliği ile ilgili riskleri deneyimlemek durumunda kalacaklarını ve bu tür sorunlarla başa çıkabilmek için en az kaynağa sahip olan toplumsal grubu oluşturduklarını ifade etmektedir. Diwakar ve Lacroix (2021), iklim ve çevre felaketlerinin hanehalkı yoksulluğu ve refahı üzerindeki çoklu doğrudan ve dolaylı etkilerini incelemiş ve; kronik olarak yoksul olan hanehalklarının iklimsel risklerden etkilenmelerinin daha olası olduğunu belirtmişlerdir. İklim değişikliğinin olası risklerini azaltma ve uyum stratejilerini uygulama aşamalarında alınacak her bir kararda düşük gelir gruplarının önemle dikkate alınması gerekmektedir (Winston, 2022).



Şekil 3. Biyofiziksel ve Sosyal Akışlar

Kaynak: Haberl vd. (2019) aktaran (UNDP, 2020)

İklim Değişikliğine Uyum; doğal sistemlerde ya da beşeri sistemlerde mevcut ya da olası iklim değişikliğinden etkilenme seviyesinin azaltılmasını, imkânlardan yararlanılmasını amaçlamaktadır. İklim Değişikliğine Uyum bireylerin ekonomik yapıları ve geçim kaynakları ile doğal sistemlerin iklim sebebiyle değişikliklerden daha az olumsuz etkilenmesini ifade etmektedir. Aslında uyum sağlama, olası zararın şiddetinin azalmasını sağlayan önemli bir savunma önlemidir. Bir başka ifade ile olumsuz sonuçların azaltılması, olumsuz koşulların ortaya çıkma ihtimalinin azaltılması olarak görülebilirken;

uyum sağlama, olumsuz koşulların devam etmesi halinde birden fazla etkinin şiddetinin azaltılması olarak açıklanmaktadır. Dolayısıyla uyum sağlama, gerçekleşmesi mümkün olan olası zararların şiddetini azaltmaktadır. Uyum için alınması gereken tedbirler; tarım sektörünün kuraklıklara karşı dirençliliğinin artırılması, depolama ve altyapı faaliyetlerinin iyileştirilmesi ve yürütülmesi vasıtasıyla sel risklerinin azaltılması, su kaynaklarının planlanarak bütüncül yönetimi, ekosistemlerin korunması gibi önemli hususları içermektedir (Olcay, 2020).

Bununla birlikte enerji ise, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları ile yakından ilgili bir kavramdır (Seyidoğulları, 2013). Şehirler, dünya topraklarının sadece %3'ünü işgal ederken, küresel enerji tüketiminin %60-80'inden ve küresel karbon emisyonlarının %75'inden sorumludur (Küfeoğlu, 2020). BM (2021), iklim değişikliğini 1,5°C ile sınırlama çabasında başarılı olunamadığını, ulaşım enerjisinin % 95'inin hala fosil yakıt kaynaklı olduğunu, ulaşım sektörünün enerjiyle ilgili tüm emisyonların ¼'ini ürettiğini ve artmasının öngörüldüğünü ifade etmektedir. Emisyonların ve sıcaklıkların artması ile daha aşırı hava olayları gerçekleşmekte ve bu da ulaşım/ ulaşım altyapısına zarar verecek bir döngü oluşturmaktadır. Ulaşım altyapısının, iklime dayanıklı hale gelecek şekilde geliştirilmesi ise önemli yatırımlar gerektirmektedir. Dolayısıyla iklim değişikliği için ulaşım da dönüşüm, güvenli ve uygun maliyetli esnek mobilitiye evrensel erişim önem kazanmaktadır (UN, 2021).

Covid-19 pandemisi, enerji hizmetlerinin ne kadar önemli olduğunu tekrar ortaya çıkarmıştır. Bu süreçte; sağlık tesislerinin hastalık önleme ve salgın ile mücadele aşamasında ihtiyaç duyduğu güç, temel hijyen için temiz su ihtiyacı, sosyal mesafeyi korurken insanları birbirine yaklaştıran iletişim ve bilişim teknolojilerine duyulan ihtiyaç gibi birçok konuda, enerjiye mecburi bağlılık ve bağımlılık, önemini tekrar göstermiştir. Sadece pandemi açısından bakıldığında bile enerjinin, enerjiye erişimin her zamankinden daha kritik olduğu anlaşılmaktadır (UN, 2022).

Enerji hizmetleri bireylerin refahı ve bir ülkenin ekonomik kalkınması için önem taşımaktadır. Buna rağmen bazı bölgelerde altyapı eksikliği nedeniyle bazılarında ise ekonomik yapının maliyetleri karşılamakta yetersiz kalması nedeniyle dünya çapında 1,2 milyar insanın elektriğe erişimi olmadan yaşadığı

bilinmektedir. Enerjiye erişimi olmayan konutların olduğu bölgelerde mum veya gaz lambası gibi tehlikeli alternatiflerin kullanılması da başka sorunları beraberinde getirmektedir (UN, 2018).

Sürdürülebilir kalkınma için uygun fiyatlı, enerji arz güvenliğinin sağlanması, sürdürülebilir kalkınmanın en önemli şartlardan biridir ve zamanla uluslararası politika alanında üzerinde oldukça fazla durulan alanlardan birisi olmuştur. Bu nedenle çevre problemlerinin azaltılması, küresel şartları dikkate alarak mevcut enerji kaynaklarının yeniden incelenmesi ve alternatif çözümler üretilmesi gerekmektedir. Küresel ısınmanın önlenmesi, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması ve iklim değişikliği etkilerinin azaltılması için yenilenebilir enerji kaynakları bilinen tek alternatiftir (Seyidoğulları, 2013).

3.6. Güvenli ve Kapsayıcı Açık Kamusal Alanlara Erişimin Sağlanması

Kamusal alan, bu kavramın öncüsü olan J. Habermas tarafından; devlet alanları ile özel alanların arasında kalan ve vatandaşlar arasındaki tartışmaların gerçekleşmesine imkân veren, kamuoyunun olduğu alanlar olarak tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım ile, kamusal alanların tüm vatandaşlara açık ve erişilebilir olması gerektiği belirtilmektedir (Akyıldız, 2020). Alman felsefeci, sosyolog ve siyaset bilimcisi olan Habermas, “insanın doğası gereği toplumsal bir varlık olduğu”nu ve “toplumsal bütünleşmeye imkân veren yegane mekanın kamusal alanlar olduğu”nu vurgulamaktadır (Torun, 2020).

1986 yılından itibaren BM Genel Kurulu kararıyla her yıl Ekim ayının ilk Pazartesi günü, yaşam alanlarının durumunu yansıtmak ve herkesin yeterli barınma hakkına sahip olmasını vurgulamak amacıyla “Dünya Habitat Günü” kutlanmaktadır. 2022 yılı Habitat Günü’nün teması; “Boşluğa Dikkat Edin. Kimseyi Geride Bırakmayın” şeklinde belirlenmiştir. Bu tema kapsamında; şehirlerin ve yerel yönetimlerin, krizlere ve acil durumlara yanıt verebilmelerine ek olarak kapsayıcı, dayanıklı ve yeşil bir geleceğin planlanmasında önemli bir role sahip olduğu, SKA’ların yerel eylem ve uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi ve olası afetlere hazırlanabilmek için kentlerden işe başlanması gerektiği vurgulanmıştır (UN, 2022).

2015 Dünya Habitat Günü ise “Herkes için Kamusal Alanlar” teması ile gerçekleştirilmiş ve “Herkes için kamusal alanlar yaratılması” çağrısında

bulunulmuştur. Dönemin BM Genel Sekreteri Ban Ki-moon (2015); “...Kamusal alanlar yoksul ve savunmasız vatandaşlar için çok önemlidir.... Onlara erişimin iyileştirilmesi ve kadınlar ile kız çocukları için güvenli hale getirilmesi eşitliği artırır; kapsayıcılığı teşvik eder ve ayrımcılıkla mücadele eder.... Yüksek kaliteli kamusal alanlar; insanları birbirleriyle iletişim kurmaya ve işbirliği yapmaya ve kamusal yaşama katılmaya teşvik eder.... Kamusal alanlar aynı zamanda temel hizmetler sağlayabilir, bağlanabilirliği geliştirebilir, ekonomik faaliyeti doğurabilir ve belediye geliri üretilirken mülk değerlerini yükseltebilir....” açıklamalarında bulunmuştur (UN, 2015).

Yine dönemin BM İnsan Yerleşimleri Programı (BM-Habitat) İcra Direktörü Joan Clos (2015) ise;

“...Bir şehrin karakteri, sokakları ve kamusal alanlarıyla belirlenir.... Kamusal alan, müreffeh bir şehrin bileşenidir.... İyi tasarlanmış ve yönetilen kamusal alan, bir şehrin işleyişi için önemli bir varlıktır ve ekonomisi, çevre, güvenlik, sağlık, entegrasyon ve bağlanabilirlik üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.... Kentlerdeki insanların yaşam kalitesi, kamusal alanların durumuyla doğrudan ilişkilidir.... Kamusal alan, sosyal ve kültürel etkileşim için ortam sağlar, bir alana ait olma ve gurur duygusunu besleyebilir. Etnik köken, yaş veya cinsiyetten bağımsız olarak herkese açık bir kamusal alan, vatandaşlar ve toplum için demokratik bir forum oluşturur.... Yeterli kamusal alan olmayan şehirler zamanla daha fazla ayrışabilir. Sonuç, sosyal gerilimlerin artmasının muhtemel olduğu ve suç ile şiddetin arttığı kutuplaşmış bir şehir olabilir....” ifadelerini kullanmıştır (UN, 2015).

BM Genel Sekreteri Guterres (UN, 2018), gençlerin katılımını ve güçlendirilmesini amaçlayan Uluslararası Gençlik Günü’nde; “bireylerin yönetişime dahil olmalarını sağlayan sivil alanları, sınırlar ötesi sanal olarak etkileşim kurma fırsatı sunan dijital spor alanlarını, toplumsal faaliyetlere katılmak için kamusal alanları, marjinalleşme veya şiddete karşı savunmasız olan çeşitli gençler için planlanmış fiziksel alanları” güvenli alanlar olarak tanımlamış ve; “.... Dünya gençlerinin, “görüşlerini özgürce ifade edebilecekleri” ve “hayallerinin peşinden gidebilecekleri” hem fiziksel hem de dijital olarak güvenli alanlara ihtiyacı vardır.... Siyasi istikrarsızlık, işgücü piyasası zorlukları, siyasi ve sivil katılıma yönelik sınırlı alan, gençlerin giderek daha fazla izole olmalarına yol açmakta; buluşabilecekleri, etkileşim kurabilecekleri

ve kendilerini ifade edebilecekleri daha güvenli alanlara olan ihtiyaçlarını arttırmaktadır... Dünyayı gençler için güvenli hale getirirken, dünyayı herkes için daha iyi hale getiriyoruz....” ifadelerini kullanmıştır;

Ki-moon, Clos ve Guterres’in, “kamusal alan” ve “güvenli alan” kavramlarına yönelik ifadelerinde; “bireylerin özel alanlarından uzaklaşıp eşit yurttaşlar olarak tartışmaya katıldıkları alan”, “toplumsal, kültürel ve politik her türlü mesele üzerine söz söyleyebildikleri alan”, “özgür tartışma alanı” . (Torun, 2020) şeklindeki tümceler ile kamusal alanı tanımlayan Habermas’ın izleri görülmektedir. Bu kavramların ve onları tanımlamak için kullanılan ifadelerin; sürdürülebilir kentler ve topluluklar amacından bağımsız düşünülemeyeceği, kamusal alanın salt bir fiziksel mekân olmadığı, içerdiği kapsam ile birlikte imkân verdiği eylem ve faaliyetler doğrultusunda toplumu oluşturan her türden sosyo-demografik yapıya ait birey, kitle ve grup açısından büyük önem arz ettiği açıktır.

Sürdürülebilir kentsel politikaların temel amaçlarından biri; toplumun çevresel, ekonomik, sosyal ve kültürel olarak farklı kesimlerinden bireylerin katılım sağladığı ortak alanlar olan kamusal alanlarla kentin bazı bölümlerini bütünleştirerek insanların bir araya gelmesini sağlamaktır. Sokak, mahalle, meydan, park, pazaryeri, çarşı vb. kentlilerin bireysel ve toplumsal olarak birçok faaliyet için bir araya geldiği kamusal alanlar; bireylerin toplumsal ve sosyal yaşamlarında önemli etkiye sahiptir. Sürdürülebilir kentsel gelişme için önem arz eden kamusal alanlar çevresel, ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan kentsel yaşamın sürdürülebilirliğini desteklemektedir (Akyıldız, 2020).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sürdürülebilir kentler ve sürdürülebilir topluluklar başlıklı BM Kalkınma Amacı; bireylerin ve toplumların her yönüyle bütüncül-sağlıklı kentsel alanlarda yaşamasını içerdiği gibi gelecek nesillere de yaşanabilir ve sağlıklı çevre bırakmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda bireyin barınma, eğitim, sağlık, istihdam, kent içi konut işyeri yolculuğu, donatılara erişimi vb. koşullarının iyileştirilmesi; kentsel toplumun yaşam kalitesinin artmasına ve bireyin, toplumun, yerel yönetim ve ulus devletlerin bu hedefe ulaşma doğrultusunda bilinçlendirilmesi ise iyileştirilen

yaşam koşullarının sürdürülebilirliğinin sağlanarak zaman içerisinde mekânda sağlanan başarının sürekliliğinin sağlanmasına yol açacaktır.

BM'nin 2050 yılına ait dünya nüfusunun 9,7 milyara ulaşacağı öngörüsü ve bu nüfusun 2/3'nin kentlerde yaşayacağı öngörüsü ile birlikte kentlerin ve toplulukların sürdürülebilirliğine yönelik tartışmalar; küresel düzlemde ulus devletler tarafından belirlenen strateji ve politikalar ile bu amaç doğrultusunda küresel işbirliklerine, yerel düzeyde ise üst ölçekte belirlenen bu hedef ve stratejilere uygun karar alan ve uygulamaya geçiren yerel yönetimlere, kentli düzeyinde ise bireyin, sivil toplum örgütlerinin, kurum ve kuruluşların ve toplumun üretim ve tüketimi ilgilendiren her alanda bilinçlendirilmesine dayanmaktadır.

Ekonomik, sosyal ve kültürel gelişme yerine üç bağlamda da kalkınmanın gözetilmesi ile; yoksulluk ve açlık sorunları, sağlıksız yaşam alanları, nitelikli eğitime ulaşamama sorunu, cinsiyet eşitsizliği vb. sorunlar minimize edilebilecek; toplumun her üyesinin erişilebilir ve temiz olan su-enerji-doğa-iklime sahip olması daha da kolaylaşacaktır. Kentin en küçük birimi olan komşuluk ünitesinden mahalleye, semte ve kent ölçeğine doğru tüm özellikleri ile idealize olan sürdürülebilir kent ve topluluk arayışı; insan, doğa ve ekonomik unsurların birbirleri ile doğrudan bağlantılı olduğu ve birbirlerinden güç alarak devam ettiği dinamik bir sistemin gerekliliğidir.

Bu kapsamda; güvenli ve erişilebilir konut, erişilebilir ve sürdürülebilir ulaşım sistemleri, kültürel ve doğal dünya mirasının korunması, doğal afetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması, iklime uygunluk, yenilenebilir enerji ve kaynaklar bağlamında şehirlerin çevresel etkilerinin azaltılması, güvenli ve kapsayıcı açık kamusal alanlara erişimin sağlanması, sürdürülebilir kent ve sürdürülebilir topluluklar için sağlanması gereken temel bileşenlerdir.

Sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda birey ve toplumun yaşayışının mekânda kendine yer bulduğu kentlerde; sosyal refahı sağlayacak olan sürdürülebilir konut ve çevre tasarımı; konut-işyeri-donatılar arasında temiz enerjinin ve toplu taşımın yaygın olarak kullanıldığı, yaya ve bisiklet ulaşımının yaygınlaştırıldığı sürdürülebilir ulaşım sistemleri; geçmişten günümüze bir toplumun sosyal ve kültürel bilgi birikimini aktaran kültürel ve doğal miras ürünlerinin korunması; soyut ve somut olarak nitelendirilen bu miras öğelerinin yok olma tehlikesinden kurtarılarak zaman-mekân sürekliliğinin sağlanması; doğal afetlere karşı

proaktif yaklaşımlar ile proaktif mekânsal planlamanın benimsenmesi ve kurgulanması; kentlerde yaşayan nüfusun ve bu nüfusun ihtiyaç duyduğu kentsel mekânların giderek artması sonucunda kent ve çevresine yaygınlaşan, artan üretim tüketim sürecinin getirdiği olumsuz etkilerin azaltılması; iklime uyumlu alternatif enerji kaynaklarının kullanılması; kentte yaşayan bireylerin sosyal anlamda bütünleşmelerine imkân veren kapsayıcı kamusal alanlar yaratılması ve bu kamusal alanlara güvenli erişimin sağlanması sürdürülebilir kentler ve sürdürülebilir topluluklar için temel felsefe olarak benimsenmelidir.

Bu kapsamda gerek strateji gerekse planlama bağlamında mekânsal coğrafyayı şekillendiren şehir ve bölge plancıları ile birlikte kente/kentliye hizmet veren her tür mesleki disiplin üyesinin, yerel yönetim kuruluşlarının, sivil toplum örgütlerinin; “sürdürülebilir birey” den yola çıkarak sürdürülebilir kentler ve topluluklar oluşturmaları gerekmektedir. Covid-19 pandemisi, öncesine göre; sadece sosyal, ekonomik, çevresel vb. birçok konuda dünyayı değiştirmekle kalmamış aynı zamanda kentlerin ve toplulukların kırılganlık seviyesini sert bir şekilde göstermiştir. Adeta sürdürülemezlik boyutuna gelen küresel sorunlar, farklı ölçeklerde ve düzeylerde görülse de; birbirinden farklı coğrafyalarda yer alan kent, bölge ve ülkelerin, çözüme yönelik yaklaşımlar ve atılacak adımlar konusunda birlik olmaları büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Akbulut, F. (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 336-355. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iibfdkastamonu>
- Akkar, E. (2010). Challenges And Conflicts In Achieving Sustainable Communities In Historic Neighbourhoods Of Istanbul. *Habitat International*, 35(2), 295-306.
- Akyıldız, N. A. (2020). Kentleşme ve Kentsel Gelişim Bağlamında Açık Kamusal Alanların Sürdürülebilir Kentler Açısından Değeri. *Milli Folklor*, 16(125), 188-201.
- Armstrong, H. (2000). Sustainability and Housing: the Government View. In B. Edwards, & D. Turrent, *Sustainable Housing: Principles & Practice* (pp. 1-7). Taylor & Francis.
- Bhowmik, J., Saha, S. K., & Roberts, C. (2019). Introduction. In S. A. Selim, S. K. Saha, R. Sultana, & C. Roberts, *The Environmental Sustainable Development Goals in Bangladesh* (pp. 1-14). New York: Routledge.
- Çelik, D., & Yazgan, M. (2007). Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa Ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 9(11), 1-10.
- Ergünay, O. (2009). Doğal Afetler ve Sürdürülebilir Kalkınma. In 1.-1. K.-1. Deprem Sempozyumu (Ed.). Bolu.
- Gerede, G. S. (2003). Sürdürülebilir Konut ve Yakın Çevresi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Grober, U. (2007). *Deep Roots: A Conceptual History Of Sustainable Development* (Nachhaltigkeit). Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB).
- Heinberg, R. (2010). *The Post Carbon Reader Series: Foundation Concepts What is Sustainability?* California: Post Carbon Institute. Retrieved from <https://cdn.auckland.ac.nz/assets/arts/documents>
- ISC. (2022). ISC. Retrieved from What is a Sustainable Community?: <https://sustain.org/>
- Kayır, G. Ö. (2007). Coğrafi Bilgi Sistemi'nden Yararlanarak Antalya Kenti İçin Sürdürülebilirlik Projesi Geliştirilebilir. In T. H. Odası (Ed.), *Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*. Trabzon: KTÜ.
- Koçkan, Ç. (2015). Doğal Afet Risk Yönetimi. In D. E. Üniversitesi (Ed.), 3. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim*. İzmir.
- Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is Sustainability? *Sustainability*, 2(11), 3436-3448. doi:10.3390/su2113436
- Kurtar, C., & Somuncu, M. (2013). Kentsel Kültürel Mirasın Korunması ve Sürdürüle-

- bilirliği. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 35-47.
- Küfeoğlu, S. (2020). *Emerging Technologies: Value Creation for Sustainable Development*. Springer.
- Negiz, N. (2017). Kentlerin Tarihsel Sürdürülebilirliđinde Kültürel Miras: Önemi ve Değeri Üzerine Düşünmek. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 159-172.
- Olcay, C. (2020). Küreselleşme Çađında Kentsel Afetler. *Dirençlilik Dergisi*, 4(2), 187-204.
- Özmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye Sürdürülebilir Yaklaşımları. *Yařar Üniversitesi E-Dergisi*, 3(12), 1853-1876.
- Ramatu, A. (2016). Designing for Sustainable Communities: The Abuja Federal Capital Territory of Nigeria. Electronic Thesis or Diss., De Montfort University. Retrieved from <https://dora.dmu.ac.uk/>
- Roseland, M. (1992). *Toward Sustainable Communities: A Resource Book for Municipal and Local Governments*. Ottawa - Ontario : National Round Table on the Environment and the Economy.
- Roseland, M. (2000). Sustainable community development: integrating environmental, economic, and social objectives. *Progress in Planning*, 54(2), 73-132.
- Ruez, D. (2018). Case Study: UN Millennium Development Goals Indicator. In T. Theis, & J. Tomkin, *Sustainability: A Comprehensive Foundation* (pp. 469-470). Open Source Textbook Initiative.
- Seyidoğulları, H. C. (2013). Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji. *Planlama*, 23(1), 19-25.
- Şengün, H., & Temiz, A. (2007). Afet yönetimi ve Karabük. In T. A. Sempozyumu (Ed.), (pp. 261-278). Ankara.
- Tıraş, H. H. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre: Teorik Bir İnceleme. *Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2), 57-73. Retrieved from <http://iibfdergisi.ksu.edu.tr/tr/>
- Torun, T. (2020). Jürgen Habermas'ın Kamusal Alan Kavrayışı: Rasyonel Politik İrade Oluşumu. *Kaygı*, 19(1), 220-238.
- Tweed, C., & Shutherland, M. (2007). Built Cultural Heritage And Sustainable Urban Development. *Landscape And Urban Planning*, 83(1), 62-69.
- UN. (2015). *United Nations*. Retrieved from On World Habitat Day, UN highlights importance of public spaces for all: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2015/10/>

- UN. (2018). *United Nations*. Retrieved from From Fiction to Reality—Affordable and Clean Energy in the Hands of Youth: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2018/07/>
- UN. (2018). *United Nations*. Retrieved from Safe spaces offer security and dignity for youth, and help make the world ‘better for all’: Guterres: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2018/08/>
- UN. (2020). *United Nations*. Retrieved from COVID-19 pandemic, an ‘unprecedented wake-up call’ for all inhabitants of Mother Earth: <https://news.un.org/en/story/2020/04/1062322>
- UN. (2021). *United Nations*. Retrieved from Transport transformation critical to address climate change and universal access to safe, affordable, resilient mobility: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2021/10/>
- UN. (2022). *United Nations*. Retrieved from Department of Economic and Social Affairs Population Division: <https://population.un.org/wpp/>
- UN. (2022). *United Nations*. Retrieved from 17 Goals to Transform Our World: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- UN. (2022). *United Nations*. Retrieved from The Sustainable Development Goals: Our Framework for COVID-19 Recovery: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sdgs-framework-for-covid-19-recovery/#>
- UN. (2022). *United Nations*. Retrieved from Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>
- UN. (2022). *United Nations*. Retrieved from Mind the Gap. Leave No One and Place Behind: <https://www.un.org/en/observances/habitat-day>
- UNDP. (2020). *Human Development Report 2020; The Next Frontier. Human Development and the Anthropocene*. Retrieved from 978-92-1-005516-1
- UNDP. (2022). *UNDP*. Retrieved from What are the Sustainable Development Goals?: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
- UNDP. (2022). *UNDP 2022 Special Report; New Threats to Human Security in the Anthropocene: Demanding Greater Solidarity*.
- Ünal, Z. (2014). *İSMEP Rehber Kitaplar: Kültürel Mirasın Korunması*. İstanbul: Beyaz Gemi Sosyal Proje Ajansı.
- Winston, N. (2022). Sustainable community development: Integrating social and environmental sustainability for sustainable housing and communities. *Sustainable Development*, 30(1), 191-202.

YAZARLAR HAKKINDA

Yazar 1

Dr. Öğretim Üyesi Semiha Sultan TEKKANAT, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Programı'nda "Mega Etkinliklerin Kent Mekânına Yansımaları Formula 1 Türkiye Grand Prix'i İstanbul Park Örneği" başlıklı tezi ile Doktora (2012); Gebze Teknik Üniversitesi'nde ise "Küresel Kent ve Mekânsal Dönüşüm: İstanbul Örneği" başlıklı tezi ile Yüksek Lisans (2000) Tez çalışmalarını tamamlamıştır. Ek olarak NEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Yerel Yönetim ve Siyaset Bilim Dalı'nda "Vatandaşlık ve Sosyal Tabakalaşma Olguları Bağlamında Kentsel Mekânın İrdelenmesi" başlıklı Tezsiz Yüksek Lisans Projesi (2019) sunmuştur.

1999-2006 arasında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü; 2006-2013 arasında Yıldız Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışan **TEKKANAT**; halen NEÜ GSMF'de Öğretim Üyesidir. Lisans düzeyinde; Bölge Planlama, Küresellesmenin Mekansal Boyutları, Modernite ve Kültür Bağlamında Kent Okumaları, Şehir Sosyolojisi, Şehir Ekonomisi teorik dersleri ile; Planlama Stüdyosu 5 ve Planlama Stüdyosu 6 Uygulamalı derslerine, Yüksek Lisans düzeyinde; Ekonomik Coğrafya, Politika ve Planlama Bağlamında Türkiye, AB'nin Kurumsal Yapısı ve Mekansal Politikaları derslerine ve Doktora düzeyinde Kültür Endüstrisi ve Toplum derslerine girmektedir. İlgi alanlarından bazıları; bölge planlama, ekonomik coğrafya, kent sosyolojisi ve ekonomisi, sürdürülebilir kalkınma şeklindedir.

Yazar 2

Şehir Plancısı **Neslihan KARACA**, 2020 yılında Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama bölümünden mezun olmuştur. 2021 yılı bahar döneminde Yıldız Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Kentsel Dönüşüm ve Planlama programında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Şu anda "Ankara Kent Merkezinin Mekansal Değişimi ve Dönüşümü" başlıklı tez çalışmasını yürütmektedir. İlgi alanları kentsel dönüşüm, kent planlaması ve gelişimi, Sosyo-demografik ve mekansal dönüşümler, sürdürülebilir kalkınma konularıdır.

6. Bölüm

GİZLİ GERÇEKLER: HESAP DIŞI YİYECEK KAYBI, İSRAFLARI VE EKOLOJİK ETKİLERİ

Doç. Dr. Turgay PEKDEMİR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Kimya Mühendisliği Bölümü

Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi

turgay.pekdemir@ibu.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-7658-5194

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞDU

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Çevre Mühendisliği Bölümü

gamzedogdu@ibu.edu.tr

Orcid No:0000-0002-0278-8503

Dr. Öğr. Gör. Şeyda KARABÖRK

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi

seyda.karabork@ibu.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-9026-4485

Dr. Öğr. Gör. Sanaz LAKESTANI

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi

sanazlakestani@ibu.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-1661-7166

Dr.Öğr. Üyesi Osman ÇAVUŞ

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Turizm Fakültesi

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

osmancavus@ibu.edu.tr

Orcid No: 0000-0002-9815-4424

GİRİŞ

“Yiyecek kaybı ve israfı” (YKİ), üretimde (hasat öncesi, hasat, yetiştirme, vb.), üretim sonrasında (ambalajlama, depolama, nakliye, vb.), işlemede (konserve, paketlenme, dönüştürme, vb.), dağıtımda (perakende, nakliye, vb.) ve tüketim esnasında (hazırlama ve/veya sunum) olmak üzere tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında meydana gelebilmektedir (Footprint, 2013; Schuster & Torero, 2016). Ayrıca, Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın “United Nations Environment Programme” (UNEP) yakın tarihli bir raporunda (Zhongming, Linong, Xiaona, Wangqiang, & Wei, 2021b) yiyecek; mamul, yarı mamul veya ham halde bulunabilen, insan tüketimine yönelik herhangi bir madde olarak tanımlanmaktadır. Bir başka ifade ile yiyecek, içeceklerde dahil olmak üzere insan tüketimi için yiyecek imalatında, hazırlanmasında veya işlenmesinde kullanılan tüm maddeleri kapsar. Yiyecek Atık İndeksi Raporu’nda “Food Waste Index Report” yiyecek israfı ise, perakende satış noktalarında, yiyecek içecek hizmeti sunan işletmelerde ve ev mutfaklarında insan besin zincirinden yiyeceklerin tüketilmeye uygun olan veya olmayan (kemik, kabuk, sap vb.) kısımlarının çıkarılması olarak tanımlanmaktadır. Aynı raporda yiyeceklerin insan besin zincirinden çıkarılması; çöp sahasında toplanması, gömülmesi, kontrollü yakım ile imhası, kanalizasyon giderlerine karışması, anaerobik çürümesi, aerobik çürümesi (compost) veya tarım uygulamalarında (gübre) kullanılması olarak ifade edilmektedir. Bu ifadeler doğrultusunda kitap bölümümüzde yiyeceklerin israfına dair gözden kaçırılan ancak buz dağının görünmeyen yüzlerinin ele alınması amaçlanmıştır.

1. YİYECEK KAYBI VE İSRAFI

“Yiyecek kaybı” (YK) ve “yiyecek israfı” (Yİ) kavramları “sürdürülebilir kalkınma” (SK) yolundaki ciddi engeller arasında yer almasına rağmen ilgili

literatürde bu iki kavram için evrensel olarak kabul edilmiş tanımlar henüz mevcut değildir. YK ve Yİ kavramlarına ait ortak bir tanımın olmayışı; yapılan çalışmalarda kavramlara ilişkin farklı araştırma yöntemlerinin kullanılması, kavramların farklı disiplinler tarafından ele alınması, verilerin farklı kaynaklardan toplanması ve yorumlanmasına bağlanabilir (Busetti, 2019; Gjerris & Gaiani, 2013; Surucu-Balci & Tuna, 2021; Teuber, Jensen, & Resource Economics, 2016). Bu iki kavram için 2019 yılına kadar yaygın olarak kullanılan tanımlar ait bir derleme Surucu-Balci ve Tuna (2019) tarafından hazırlanmıştır ve detaylı bilgi elde etmek isteyen araştırmacılarımız için önerilebilir (Surucu-Balci & Tuna, 2021).

AB Direktifi 2018/851/EU, Yİ'yi; hasat, nakliye, işleme ve üretim sonrasında insan tüketimine sunulmadan atılan yiyecek olarak tanımlamaktadır (Bélanger & Pilling, 2019). İlgili literatürde araştırmacıların YK'yi Yİ'den ayırdıkları görülmektedir. (Footprint, 2013; Schmidt, Schneider, Leverenz, 2019, vd.).

Söz gelimi Noleppa ve von Witzke (2012), YK'yi tarımsal üretimden toptan pazarlamaya kadar olan aşamada meydana gelen israf olarak tanımlamaktadır (Noleppa & von Witzke, 2012). Ancak Gustavsson vd. (2011)'a göre Yİ, perakende, yiyecek-içecek hizmeti (catering) ve tüketici davranışları ile doğru orantılı israflardır (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, 2011, vd.). Yukarıda ele alınan tanımlar yiyecek israfının önlenebilirliğini de kapsayacak şekilde genişletilerek; atıldığı sırada tüketilebilecek durumda olan yiyecekler yanında zamanında tüketilmeye uygun olan yiyecekler de israf kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda yiyecek israfı yalnızca tüketilmeye uygun yiyeceklerin atılması değil, tüketilmeye uygun olmasına rağmen zamanında tüketilmeyerek tüketilemez hale gelmesine neden olunarak atılan yiyecekler anlamına gelmektedir (Hafner vd., 2016).

Mevcut çalışma bağlamında, bu “yiyecek” tanımı kabul edilmekte olup, YK ve Yİ ile ilgili olarak şu tanımlar benimsenmektedir:

Yiyecek Kaybı: İnsan tüketimi için üretilmiş, ancak tüketime uygun olmayan bir duruma dönüşmüş olup olmamasına bakılmaksızın, ilk kaynağından tüketiciye sunulduktan sonraya kadarki uzanan yolculuğunda yolunu terk edip geride kalan içeceklerde dahil yiyeceklerdir.

Yiyecek İsrafı: Nedeni ne olursa olsun, yiyecek zincirinin son halkası olarak insan tüketiminden kaynaklanan yiyecek kaybıdır. Yani yiyecek israfı yiyeceklerin tüketiciye/tüketicilere sunulduktan sonra zincirdeki yiyecek

kaybının bir alt kümesidir.

Bu bölümde, konunun bütünlüğü amacıyla, hem yiyecek kaybını (YK) hem de onun ana bileşeni olan yiyecek israfını (atığını) (Yİ), içeren bir birleşik (toplu) tanımlama olarak, “yiyecek kaybı ve israfı” (YKİ) terimini kullanacağız. YKİ iyi bir dereceye kadar önlenabilir olup iki ana nedenden dolayı sürdürülebilir bir dünya güvencesi için ele alınması gereken kilit unsurlar arasındadır:

1. Kaynakların kullanım için mevcudiyet devamlılığına ve etkin şekilde faydalanılmasına önemli ölçüde katkıda bulunur.
2. Enerji ve malzeme tüketimine, örneğin ambalajlama gibi, doğrudan ve dolaylı katkılar nedeniyle yiyecek sektörünün ekolojik ayak izinin önemli ölçüde azaltılmasına yardımcı olur.

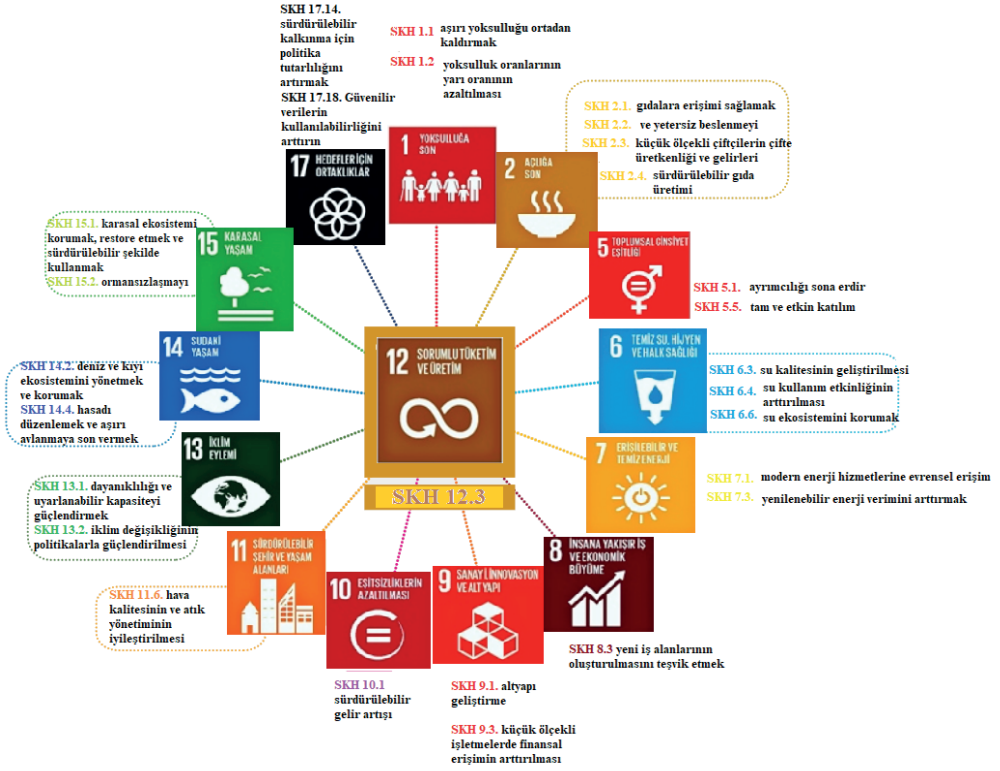
Dolayısıyla YKİ, atık oluşumunda ve ilgili kirlilikte önemli bir rol oynamanın yanı sıra, atık yönetim sistemlerinin zorlanmasına, yiyecek güvensizliğinin artmasına ve iklim değişikliği, doğanın bozulması ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi büyük küresel krizlerin oluşmasında önemli ölçüde payı bulunmaktadır. Örneğin, Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) yakın tarihli bir raporuna göre (Zhongming vd., 2021b), küresel YK ve Yİ ile ilişkili sera gazı emisyonları, ABD ve Çin'in ardından dünyanın en büyük üçüncü kaynak ülkesi olarak kabul edilebilecek duruma gelmiştir. YKİ'nin kritik önemini bilincinde olarak, Birleşmiş Milletler'in 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündeminin “The 2030 Agenda for Sustainable Development, adopted by all United Nations” 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) arasında, SKH 12, 2030'a kadar, aşağıdaki hedeflerin yer aldığı “sürdürülebilir tüketim ve üretim kalıplarını sağlamak” için belirlenmiştir:

1. 12.2: “doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimini ve verimli kullanımını sağlamak”
2. 12.3: “perakende ve tüketici seviyelerinde kişi başına düşen küresel yiyecek israfını yarıya indirmek ve yiyecek kayıplarını azaltmak”
3. 12.5: “atık oluşumunu önleme yoluyla önemli ölçüde azaltmak”

Tüm bu hedefler YKİ ile yakından bağlantılıdır. Yiyecek, SKH 12.2 tarafından temsil edilen sürdürülebilir yaşam için en büyük öneme sahip önemli doğal kaynaklar arasındadır. YKİ'nin ölçümü için, Yiyecek İsfraf İndeksi (Yİİ) ve Yiyecek Kaybı İndeksi (YKİ) olmak üzere iki indeks önerilmiştir. Hâlihazırda BM Çevre Programı (UNEP) tarafından geliştirilmekte olan Yİ ile perakende ve tüketici zincirlerinden kaynaklanan talep tarafına, diğer bir deyişle Yİ'ye

odaklanılarak kişi başına düşen Yİ miktarının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Oysa Birleşmiş Milletler Yiyecek ve Tarım Örgütü “United Nations Food and Agriculture Organization” (FAO) tarafından oluşturulan YKİ, üretim ve tüm tedarik zincirleri boyunca yiyecek kaybını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu endeksler birleşik olarak gerçek manada SKH 12.3’ü tam olarak temsil etmektedir.

YKİ’nin önlenmesi, SKH 12.5 tarafından temsil edildiği gibi, atık oluşumunun azaltılmasında geniş kapsamlı roller oynayabilir. UNEP (2021) (Zhongming vd., 2021b) tarafından hazırlanan Yiyecek Atık İndeksi Raporu, yiyecek tüketimini azaltmak için, tüketici davranışının tüm kültürel bağlamlardaki rolünün ele alınması gerektiğine ve YKİ’yi her yerde sosyal olarak kabul edilemez bir durum olmasını kabul edilmiş bir hale getirmenin gerekli olduğuna haklı olarak işaret etmektedir. YKİ’nin azaltılması, ayrıca, Şekil 1’de Yiyecek ve Tarımın Durumu “State of Food and Agriculture” (SOFA) raporu, 2019 (Bélanger & Pilling, 2019) gösterildiği gibi diğer SKH’lerle de bağlantılara sahiptir. Şekil 1’de noktalı çizgili kutucuklardaki notlar ilgili SKH’lerin ekolojik sürdürülebilirlik üzerine öngörülen etkilerini ifade etmektedirler. BM Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi “United Nations Sustainability Development Agenda” (2019), daha sürdürülebilir bir yiyecek sistemine geçişten büyük fayda sağlayabilir (Wikström vd., 2019). YKİ’nin azaltılmasının, SKH’ların ilerlemesi üzerinde daha geniş bir etkiye sahip olması beklenmekte olup, bu nedenle sürdürülebilir kalkınma için büyük önem taşımaktadır.



Şekil 1. Sürdürülebilir Kalkınma için GKİ ve Birleşmiş Milletler 2030 Gündemi'nin SKH'ları arasında öngörülen bağlantıları (Hambrey, 2017; Nakai, 2018).

2. YIYECEK KAYBINA GENEL BAKIŞ

Veri farklılıkları ve belirsizliklerine rağmen, Birleşmiş Milletler Çevre Programı-Yiyecek Atığı İndeksi 2021 Raporu'nun (UNEP, 2021) en son tahminine göre yaklaşık 1 giga ton (Gt) yiyeceğin israf edildiği belirtilirken bunun %61'i evlerden, %26'sı yemek servisinden ve %13'ü perakendeden kaynaklanmaktadır. Küresel olarak üretilen yiyeceğin neredeyse üçte biri tedarik zincirinde kaybolduğu veya israf edildiği için tüketilmemektedir (Anstalt, 2013; Flanagan, Robertson, & Hanson, 2019; Gustavsson vd., 2011; Kafa & Jaegler, 2021; Singh, Science & Culture: A Global Vision; Tilman & Clark,

2015). Milyonlarca üyeye sahip ABD merkezli kar amacı gütmeyen uluslararası bir kuruluş olan Doğal Kaynaklar Savunma Konseyi “The Natural Resources Defence Council” (NRDC), sürdürülebilir tarımla ilgili çalışmasında (Gunders & Bloom, 2017) 2012 gibi geçmiş dönemlerde, yiyecek atığının ABD genelinde şok edici derecede olduğunu bildirmiştir (en fazla %40). NRDC 2012 raporu, ABD Tarım Bakanlığı’nın “Department of Agriculture” (US-DA) ve ABD Çevre Koruma Ajansı’nın “Environmental Protection Agency” (US-EPA) 2015 sonbaharında ülke çapında yiyecek israfını 2030 yılına kadar %50 oranında azaltmayı hedeflediğini açıklaması için oldukça etkili olmuştur. Yaklaşık olarak aynı zamanlarda, Avrupa Birliği, “European Union” (EU) ve Afrika Birliği, “African Union” (AU) tam da bu aynı hedefe yönelik çalışmak için harekete geçmiştir (Xue & Liu, 2019). Bu hareketlenmeler, yiyecek israfı ve yiyecek bilincinin, yetkililerin harekete geçmesine ve geniş kapsamlı atık azaltma hedefleri dayatmasına neden olmada ne kadar etkili olabileceğini göstermektedir.

Xue ve Liu (2019), 200’den fazla yayından elde edilen YKİ verilerini eleştirel bir şekilde gözden geçirerek, YKİ’nin sürdürülebilir kalkınmanın önündeki önemli bir engel olduğunu ve çiftçilikten hasat sonrasına ve tüketime kadar tüm tedarik zincirinde, yalnızca ülkelerin gelişmişlik düzeyi değil, aynı zamanda ürünlerin türünün de etkili olduğunu ortaya koymuştur (Xue & Liu, 2019). Örneğin, tarımsal aşamadaki YKİ, tüm yiyecek tedarik zinciri boyunca toplam YKİ’nin Güney Afrika’da %26’sını oluştururken, Kanada’da yalnızca %13’ünü oluşturmaktadır. Farklı yiyecek kategorileri için, Çin ve Gana’da tahılların yaklaşık %5-9’u tarım aşamasında kaybedilirken, meyve ve sebzeler Çin’deki toplam üretimin yaklaşık %20-30’unu oluşturan ikinci en büyük israf kategorisini oluştururken İtalya’da ise yalnızca %6-15’ini oluşturmaktaydı. Bölgeye bağlı olarak birçok faktör YKİ’ye katkıda bulunabilmektedir. Örneğin, Sahra altı Afrika’da, üretim aşamasında önemli miktarda YKİ meydana gelirken, genellikle evde hazırlık aşamasında bu miktar daha düşüktür. Öte yandan, gelişmiş ülkelerde, üretim aşamasındaki YKİ, gelişmiş işleme ve nakliye sektörü nedeniyle düşük olup, ev ve ev dışı tüketim aşaması nedeniyle hala önemli miktarlardadır. Bu durum, YKİ’yi azaltma yollarını ararken, daha etkili sürdürülebilir yiyecek sistemi çözümleri için bölgesel özelliklerin dikkate alınması gerektiği anlamına gelmektedir (Singh, Science & Culture: A Global Vision).

Hasat sonrası aşamayı tedarik zincirinde üretim, dağıtım ve perakende satış adımları olarak ayrı ayrı tanımlayan Xue ve Liu (2019), meyve ve sebzelerin

küresel olarak en büyük YKİ payına sahip olduğunu, ancak Güney ve Güneydoğu Asya'da en büyük payı tahılların kapsadığını ifade etmektedir. Diğer taraftan et ve balık ürünleri en az paya sahip olurken, süt ürünleri ve yumurtada ise bölgelere göre %30'dan fazla paya sahip olmaktadır. Yazarlar ayrıca evsel YKİ'sinin ülkelerin gelir durumuna bağlı olduğunu ve yüksek gelirli ülkeler için en yüksek olacağını belirtmektedir (Xue & Liu, 2019). Örneğin, evlerde Avrupa Birliği'nde toplam yiyeceğin yaklaşık %42'si, Kanada'da ise %51'i israf edilmiştir. ABD'de YKİ'nin yılda yaklaşık 278 milyar dolar olduğu, bunun da yaklaşık 260 milyon insanı beslemeye tekabül ettiği bildirilmektedir (National Academies of Sciences & Medicine, 2020). Bununla birlikte Xue ve Liu (2019), bunun nedeninin yüksek gelirli ülkelerde sıfırdan pişirmek yerine daha fazla hazır yiyecek tüketilmesi durumundan kaynaklanabileceğine, dolayısıyla evdeki yiyecek atıklarının bir dereceye kadar yemek hizmeti endüstrisine aktarıldığına dikkat çekmektedir (Xue & Liu, 2019). Ayrıca, Avustralya'da (Thi, Kumar, & Lin, 2015) ve Birleşik Krallık'ta (Quested, Parry, Easteal, & Swannell, 2011) uygulananlar gibi ülke bazlı YKİ bilinçlendirme kampanyalarının ve Çin ile Japonya'daki gibi (Parry, Bleazard, & Okawa, 2015; Xue & Liu, 2019) hanelerden gelen YKİ'yi %20'den fazla azaltma düzenlemelerinin yürürlüğe konduğu görülmektedir (Wang vd., 2018).

Yemek servisi (ev dışında yemek yeme) endüstrisi nedeniyle YKİ üzerine araştırmalar (Koivupuro vd., 2012; Kranert vd., 2012; Liu, 2014; Parry vd., 2015; Wang vd., 2018), örneğin restoranlar (Papargyropoulou, Lozano, Steinberger, Wright, & bin Ujang, 2014), kantinler (Halloran, Clement, Kornum, Bucatariu, & Magid, 2014), okullar (Okazaki, Turn, & Flachsbert, 2008), hastaneler (Dias-Ferreira, Santos, & Oliveira, 2015), bakım merkezleri (Silvennoinen, Katajajuuri, Hartikainen, Heikkilä, & Reinikainen, 2014), askeri kurumlar (Davies & Konisky, 2000) ve uçak içi servisler (Li vd., 2003) gibi sektörlerdeki YKİ'nin genel olarak daha düşük olduğunu bildirmektedir. Bu evsel (evde yemek yeme) dışı yemek servisleri kökenli YKİ yine de yaklaşık %30 kadar yüksek olabilmektedir. Dreyer ve Lichtenstein (Dreyer, Lichtenstein, & Heil, 2022) Almanya için YKİ'nin en büyük bölümünün yiyecek perakende sektörünün (GPS) tüketici düzeyinde payının en düşük olduğunu bildirmiştir (Alexander vd., 2017; Noleppa & Carlsburg, 2015; Schmidt vd., 2019). Ancak anket, GPS'nin satın alma ile ilgili tüketici davranışlarını değiştirmede satış noktasında yiyecek kararları ve işlenmesinin (Alexander vd., 2017; Brunner &

Schönberger, 2005; Schmidt vd., 2019) büyük potansiyele sahip olabileceğine işaret etmektedir. Dünya çapında 1 milyar tondan fazla YKİ, neredeyse bir trilyon dolar değerindedir (Singh, Science & Culture: A Global Vision).

Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Raporu (2022)'na göre (Albu, 2021);

- Dünya yiyeceklerinin yaklaşık %14'ü perakende pazarlarına ulaşmadan önce zincirde kaybolurken %17'si evdeki (toplamın %10'undan fazlası), yemek servisi ve perakende seviyelerindeki tüketiciler tarafından kaybolmaktadır.
- YKİ küresel bir sorun durumundadır. Bununla birlikte, YK baskın olarak gelişmekte olan ülkelerde görülürken, Yİ esas olarak gelişmiş ülkelerde görülür. İlginç bir şekilde, Sahra altı Afrika bölgesi en yüksek yiyecek güvensizliğine sahip olmasına rağmen en yüksek YK oranını kaydetmiştir.
- YKİ, çok sayıda çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik sorununu ortaya koymaktadır. Örneğin, çöplüklere gönderilecek yiyecek, küresel sera gazı "Greenhouse gas" (GHS) ayak izinin yaklaşık %10'una sahip olurken ülkeler tarafından YKİ'lerini azaltarak GHS emisyon azaltma hedeflerini karşılamada bir fırsat olarak değerlendirilebilir.
- YKİ'nin azaltılması, yiyecek üretimi ve tüketiminin çevresel ayak izinin azaltılmasında rol oynamanın yanı sıra, yiyecek güvenliğinin iyileştirilmesi için de yüksek etkilere sahip olabilmektedir. Dünya çapında, yaklaşık 10 kişiden 1'i şu anda açlık çekmekte olup yalnızca 2020'de 160 milyondan fazla insan kronik açlık sorunuyla karşı karşıya kalmıştır. Ayrıca, 2021'de yaklaşık her 3 kişiden 1'i (2,3 milyar kişi) yiyeceğe düzenli erişimden yoksun olup bu durumun orta veya şiddetli yiyecek güvensizliğine neden olduğu ortaya koyulmuştur.

3. YKİ, EKOLOJİK AYAK İZİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ARASINDAKİ BAĞLANTILAR

Yiyecek sektörü, kaynakların önemli ölçüde tüketilmesinden sorumludur. Şu anda, toplam küresel arazinin yaklaşık %30'u ve çıkarılıp tüketime sunulan tüm tatlı suyun %70'i tarım için kullanılmaktadır (Wohner, Pauer, Heinrich, & Tacker, 2019). Ayrıca, gübrelere ve herbisit ve pestisitler gibi diğer kimyasalların uygulanması hava, su ve toprak kirliliği açısından önemli risk oluşturduğundan,

yiyecek sektörü bir bütün olarak yaşam ve ekosistemler için önemli riskler oluşturmaktadır (Yearbook & Agriculture Organization of the United Nations, 2013). Dünyada, 795 milyon insan veya dünyadaki insanların yaklaşık %11'i açlık çekmektedir (Arslan vd., 2020; Canton, 2021). Bu nedenle, YKİ de giderek artan bir şekilde sosyal veya etik bir problem haline gelmektedir.

Bu nedenle YKİ, yalnızca yiyecek israfına neden olmakla kalmayıp, aynı zamanda diğer kaynaklar üzerinde de büyük bir yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla YKİ, sürdürülebilirlik sorunları (Porter, Reay, Higgins, & Bomberg, 2016) meydana getirirken, ekonomik istikrar (Parry vd., 2015) ile sosyal refahı tehlikeye atarak küresel yiyecek güvenliğine yönelik ciddi riskler oluşturmaktadır (Foley vd., 2011; Gatto, Kuiper, & Meijl, 2022). NRDC 2017 raporuna göre yiyecek ve tarım sektörü, ABD ulusal enerjisinin %16'sını, tüm ulusal arazinin yaklaşık yarısını ve ülkenin tatlı suyunun %67'sini tüketiyor olup, bu da YKİ'nin yaklaşık ABD ekili arazilerinin, gübrelerinin ve tarımsal suyunun beşte birinden, çöplüklere bir numaralı katkıda bulunan ve tüm ABD, GHS'lerin yaklaşık %3'ünden temel sorumlu olduğu anlamına gelmektedir (Gunders & Bloom, 2017). İklim değişikliğine ilişkin Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli "Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC) 2018 Özel Raporu, yiyecek tedarik zincirinin sera gazı emisyonları üzerindeki önemini belirtmektedir (Guilyardi vd., 2018). Küresel yiyecek üretiminin yaklaşık üçte birinin tüketilmediği düşünüldüğünde (Footprint, 2013), YKİ, yıllık GHS'lerde %8'e varan tahmini bir paya yol açabilmektedir (Guilyardi vd., 2018; Hiç, Pradhan, Rybski, Kropp, & technology, 2016; Pörtner vd., 2022; Singh, Science & Culture: A Global Vision). Bu nedenle, YKİ'nin ve GHS'lerin azaltılması ve bunların sonucunda da küresel ısınmanın önlenmesi için 1,5°C hedefine doğru önemli bir rol oynayabileceğini düşünülmektedir. İlave, yiyecek güvenliği bağlamında su ve enerji kullanımı ile YKİ arasındaki ilişkileri dikkate almak önemlidir. Küresel tarım sistemi, tüketime sunulmak üzere tabiatın alınan tüm suyun yaklaşık %72'si payına (Canton, 2021; Zhongming, Linong, Xiaona, Wangqiang, & Wei, 2021a) sahiptir. Toplam küresel enerji tüketiminin yaklaşık %30'u yiyecek üretimi ve tedarik zincirlerinden kaynaklanmaktadır vd., 2020; Canton, 2021; Havnevik, 2021; Organization, 2020; Unicef, 2022). Bu nedenle, özellikle kaynağı kısıtlı bölgeler için, YKİ'nin azaltılmasının, GHS'lerini, su tüketimini, enerji kullanımını, arazi talebini azaltmak ve nihayetinde sürdürülebilir kalkınma ve ilerlemelerine büyük katkı sağlamak için önemli

ölçüde faydalı olabileceği açıktır. Küresel nüfusun 2050 yılına kadar 10 milyara ulaşmasının beklendiği gerçeği (Janoušková, Hák, & Moldan, 2018; Nations, 2017), hâlihazırda yiyecek sürdürülebilirliği konusunda büyük bir risk oluşturmakta olup dolayısıyla YKİ'yi azaltmanın aciliyeti kaçınılmazdır.

4. PAKETLEME GİBİ YKİ İLE İLGİLİ MADDE KAYIPLARI VE BUNLAR ODAKLI ÇEVRESEL SORUNLAR

Ambalaj (paketleme), ürünün tüketilmesinden sonra kalan ve bu nedenle atılması gereken muhafaza malzemesi olarak tanımlanabilir. Ambalaj, sürdürülebilir yiyecek tedarik zinciri için gerekli olmasına rağmen (Coussy, Guillard, Guillaume, & Gontard, 2013; Licciardello & Technology, 2017), çevre üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Ottensmeyer, Dierich, Getts, Benson, & Development, 2018). Yiyecek tedarik zinciri normalde koruma, muhafaza etme, hijyen, raf ömrünü koruma ve uzatma, taşıma gibi işlem kolaylığı ve bilgi sağlama gibi amaçlarla büyük miktarlarda ambalaj malzemesinin kullanılmasını içerir (Lindh, Olsson, Williams, & Science, 2016; P. Singh, Wani, & Langowski, 2017; Wohner vd., 2019). Hem Wohner vd. (2019) hem de Silvenius vd. (2011) tarafından yiyecek sektörü için, YKİ'nin ambalajdan kaynaklanan karbon ayak izindeki payının, ambalajlamanın üretimi ve atık yönetiminden elde edilen toplam miktardan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Silvenius vd., 2011; Wohner vd., 2019).

Ambalaj malzemeleri genellikle plastik, kâğıt, cam, alüminyum ve kompozitlerden (örneğin; plastikler ve alüminyum) oluşmaktadır (Reijonen, Bellman, Murphy, & Kokkonen, 2021; Yin vd., 2019; Yousef, Eimontas, Striugas, & Abdelnaby, 2022). Bu malzemelerin, özellikle plastiklerin, çeşitli yiyecek tedarik zinciri aşamalarında aşırı üretimi (Biel, 2016; Kershaw, 2016; UNEP, 2016) son zamanlarda kara, deniz ve diğer su kütlelerinde hatta havada da mikro ve nano-plastik adı verilen parçalar şeklinde oluşan büyük miktarlardaki atıkların payı ile son derece kritik hale gelmiştir (Faraca & Astrup, 2019; Jambeck vd., 2015; Kakadellis, Woods, Harris, & Recycling, 2021; Mumladze vd., 2018). Sadece Avrupa'da plastik talebi bu amaçlar için 51 milyon tonun üzerine çıkmıştır (Scharpenberg, Schmehl, Glimbovski, & Geldermann, 2021). Yapılan araştırmalara göre (Guillard vd., 2018) son zamanlarda dünya genelinde

her yıl kullanımda olan tüm plastiğin yaklaşık %32'si toplama sistemlerinden çevreye saçılmakta olup 8 milyon ton plastik denizlere karışmaktadır. Herhangi bir önlem alınmazsa, bu, 2050 yılına kadar dakikada tır olarak da bilinen yüksek kapasiteli dört kamyon içeriğinde tahmini bir artışla, her dakika yaklaşık bir çöp konteynırının denizlere boşaltılmasına eşittir. Bununda dünya su kütlelerinde balıklardan katlarca daha fazla plastik parçacıklarının oluşmasına neden olacağı beklenmektedir (Foundation, McKinsey, & Co, 2016).

Hijyen hakkındaki endişeler ve halen devam etmekte olan Covid-19 pandemisi döneminde olduğu gibi, özellikle tek kullanımlık yiyecek dozaj ambalajları ve kapları şeklinde paketleme malzemelerinin kullanımını şiddetle arttırmıştır. Literatürdeki araştırmalar, bu tür malzemelerin çevresel ayak izinin paketleme stratejileri arasında değişiklik gösterdiğini ve doğru ve güvenilir değerlendirme için tüm tedarik zincirinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Albrecht vd., 2013; Schmitz, Oelsen, & Tiedemann, 1995). Dilkes-Hoffman vd. (2018) ve Scharpenberg vd. (2021) (Dilkes-Hoffman vd., 2018; Scharpenberg vd., 2021), geleneksel ve bozunabilir çok katmanlı yiyecek paketlerinin karşılaştırmalı bir yaşam döngüsü değerlendirmesi ile yiyecek atığı dâhil olmak üzere, bu ambalaj çözümlerinin her ikisinin de zincirdeki toplam GHS'lerin %50'sinden fazlasından sorumlu olabileceğini göstermiştir. Bugüne kadar, bu tür ambalaj malzemelerinin eko-ayak izine ilişkin nicel çevresel verilere dayalı kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Artan eko-bilinç ile tüketiciler, daha fazla çevre dostu ambalaj çözümleri arzulamakta olup, çoğu zaman alternatif çözümlerin seçimi için nicel karşılaştırmalı rehberlikten yoksun kalmaktadır (Nguyen, Parker, Brennan, & Lockrey, 2020). Bu nedenle, bu malzeme atığı üretimi ve ilgili çevresel ve sürdürülebilirlik sorunlarının üstesinden gelmek için stratejiler ve çözümler geliştirilmelidir.

5. PAKETLEMEDEN KAYNAKLI YİYECEK İSRAFI

Paketlemeyle ilgili yiyecek kaybı veya israfı (PYKİ), ya işlevsiz paketlemeden (hasar, paketleme kalitesi, yanlış kullanım, vb.) ya da paketleme özelliklerinden (malzeme, boyut, şekil, vb.) kaynaklanabilir. Yukarıda bahsedildiği gibi, diğer işlevlerin yanı sıra paketleme, yiyeceklerin korunmasına ve dolayısıyla YKİ'nin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Galanakis, 2019; Otoni, Espitia, Avena-

Bustillos, & McHugh, 2016; Robertson, 2005; Wohner vd., 2019). Bununla birlikte, tasarımı (boyut, şekil ve malzeme cinsi) nedeniyle, insanların paket içeriğini tamamen tüketme konusundaki tüm iyi niyetine rağmen, ambalaj da YKİ'ye neden olabilmektedir (Wohner vd., 2019). Bugüne kadar, farklı ambalaj türleri ile YKİ arasındaki ilişki üzerine literatürdeki araştırma oldukça sınırlıdır. Yiyeceğin paketlemeye tabi tutulduğu üretim sonrası yiyecek zincirinde PYKİ'yi güvenilir bir şekilde ortaya koymak için, Wohner vd. (2019) (Wohner vd., 2019) ilgili literatürü gözden geçirerek, PYKİ'yi Tablo 1'de gösterildiği gibi genel olarak iki aşamada, toplamda ise dört aşama olacak şekilde değerlendirmiştir. Bu sınıflandırmanın anlamı, yiyeceklerin tüketime sunuldukları zamana kadar birden fazla ambalajdan çıkarma ve yeniden ambalajlamaya tabi tutulabileceğidir. Bunların her biri, Tablo 1'deki ambalajlama türleri ile birlikte potansiyel olarak PYKİ'ye de neden olabilmektedir.

Tablo 1. Yiyecek tedarik zinciri boyunca ambalajla ilgili yiyecek kaybı ve atıkları, Wohner vd., 2019 kaynağından modifiye edilerek genişletilmiştir (Wohner vd., 2019).

Aşama		Ambalaj Türüne İlişkin Yiyecek Kayıpları ve Atığı
Tedarik zincirindeki yiyecekler	Hasat sonrası işleme ve depolama	<ul style="list-style-type: none"> • Ürünlerin kirleticiler, arazi küçük kaplarının keskin kenarları veya kıymıkları, arazi kasalarının (büyük kaplarının) aşırı paketlenmesi nedeniyle hasar görmesi
	İşleme ve paketleme	<ul style="list-style-type: none"> • Doldurma sürecindeki sorunlar • Kapaklama ve kapatma sırasında paketleme hasarları • Pazarlama nedenlerinden dolayı tekrar ambalajlama ve ilgili değişiklikleri
	Dağıtım ve perakende	<ul style="list-style-type: none"> • Paketleme yeterli mekanik koruma sağlamıyor (uygun olmayan paketleme malzemesi, zayıf istiflenebilirlik, hiç paketlemenin olmaması). • Ambalaj üzerindeki barkodlardaki hasarlar
Ticari ve kurumsal ikram hizmetlerinde ve evlerde yiyecekler		<ul style="list-style-type: none"> • Açılması zor ambalajlar • Boşaltılması zor ambalajlar • Uygun olmayan ambalaj hacim ve ölçükleri • Tüketici davranışları

Hem Açılması ve boşaltılması zor ambalajlar ve hem de yiyecek tüketiminin çeşitli noktalarında (örneğin ticari ve kurumsal yemek mekânları ve haneler) yiyecek tüketici davranışı nedeniyle PYKİ'yi ayrı ayrı belirleme odaklı çalışmalar oldukça nadirdir ve buna ihtiyaç olduğu açık olarak belirgin bir durumdadır (Wikström vd., 2019). Bir örnek, İsveç hane halkı davranışını araştıran ve PYKİ'nin bir hanenin toplam yiyecek atığı miktarının %25'ine kadar katkıda bulunabileceğini gösteren Williams vd. (2012) çalışmasıdır (Williams, Wikström, Otterbring, Löfgren, & Gustafsson, 2012).

Ambalajın yiyecek servis işlemleri temini için arzu edilen işlevi yanısıra boşaltılabilirlik (yani, yiyeceğin paketten çıkarılması, ambalajın açılması ve boşaltılması) kolaylığı da sağlayan ambalaj tasarımları YKİ'sini azaltmak açısından faydalı olacaktır (Lindh, Williams, Olsson, Wikström, & Science, 2016). Yüzey kıvrımları ve iç duvarlardaki oluklar gibi uygun olmayan tasarım öğelerinin de PYKİ'yi etkileyen önemli faktörler olabileceği görülmektedir. Özellikle yaşlı, çocuk ve engelli tüketicilerle ilgili olarak uygun olmayan tasarımlar, boşaltılabilirlik sorunu yoluyla paketlerdeki dökülmeler ve artıklar (örneğin kalıntılar) yoluyla PYKİ'ye neden olabilmektedir (Duizer, Robertson, Han, & Journal, 2009; Lindh, Olsson, vd., 2016; Rowson & Yoxall, 2011; Williams vd., 2012). Bu nedenle, paketlerin boşaltılabilirliği, hem paket tasarımından hem de onu kullanan kişinin yeteneklerinden etkilenir. Bununla ilgili bir diğer sorun da Avrupa Plastik Geri Dönüşümcüler “Plastics Recyclers Europe” (PRE) tarafından belirtildiği gibi ambalaja yapışan yiyecek artıklarının ambalaj malzemelerinin geri dönüştürülebilirliğini engelleyebilmesidir (de Mello Soares vd., 2022; Maris vd., 2018; Packaging, 2017).

Ambalajların boşaltılabilirliği, PRE tarafından önerildiği gibi “easy-to-empty index” boşaltılma kolaylığı indeksi (Etei) ve “easy-to-access index” erişilme kolaylığı indeksi (Etaı) olarak iki kategoride ölçülebilir (de Mello Soares et al., 2022). Bu kurumun plastik ambalajların geri dönüştürülebilirliğini ölçmek için önerdiği çevrimiçi RecyClass aracı, Etei'yi “boşaltılmak üzere içeriğin erişilebilir olmadığı ambalajlar (şişeler, tüpler, vb.) için”, Etaı'yi ise “boşaltılmak üzere içeriğin erişilebilir olduğu ambalajlar (kaplar) için” kullanılmasını önermektedir. Paketleme türünden bağımsız olarak, aşağıda tanımlandığı gibi her bir indeks, normal boşaltma sonrasında pakette kalan ürün yüzdesini hesaplamak üzere formüle edilmiştir:

$$Ete_i = \left(\frac{P_e - W}{P_f} \right) \times 100$$

W=paketin net ağırlığı (boş), P_f =içeriğın beyan edilen net ağırlığı (hacim olması durumunda ağırlığa dönüştürülmesi gerekir), P_e =boş paketin ortalama ağırlığı. Bu nicelendirme işlemi minimum 10 boşaltma testinden sonrası veriler üzerinden yapılmalıdır.

Yukarıda belirtilen, Williams vd. (2012) tarafından İsveçli hanelerle yapılan araştırma, boşaltılmasının zor olması nedeniyle oluşan atıkların payının mayonez, sıvı margarin, çorba, yulaf lapası ve reçel gibi ürünlerin ambalaj türlerinde (metal, cam, plastik vb.) %25'e kadar çıkabilirken, karton tipi ambalajlı süt ürünlerinde (yoğurt ve ekşi süt) bu oran %75'e kadar yüksek olabileceğini göstermiştir. Araştırmacılar, viskozite ne kadar yüksek olursa, yiyeceklerin ambalajın duvarına yapışmaya daha meyilli olduğunu ve dolayısıyla boşaltılmasının zor olması nedeniyle daha fazla atık oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Bu çalışma ayrıca, ambalajların boşaltılmasına daha fazla özen göstererek tüketici gruplarının çevre bilincinin de PYKİ için etkili olduğunu göstermiştir. Genel olarak, paketlerin zayıf boşaltılabilirliğinden kaynaklanan atıkların toplam PYKİ'nin yaklaşık %4'ünden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Williams vd., 2012).

PYKİ'nin bir diğer önemli nedeni de ambalaj boyutudur (Wohner vd., 2019). Ancak deneysel çalışmaların yokluğunda PYKİ'nin ambalaj boyutu ile ilişkisinin kapsamını ve miktarını anlamak kolay bir durum değildir (Chayer & Kicak, 2015; Wilson, Rickard, Saputo, Ho, & Preference, 2017). PYKİ'yi azaltmak için boyut, fiyat, kolaylık ve ambalaj malzemesi atığı arasında optimize edilmiş bir denge sağlanması gerekir (Hellström & Olsson, 2017). Daha büyük yiyecek paketlerini tercih eden insanlar daha fazla israf ediyor gibi görünse de çalışmalar dört kişilik hanelerdeki insanların tek kişilik hanelerdekinin yarısından daha azını israf ettiğini göstermektedir yiyecek (Gustavo Jr, Pereira, Bond, Viegas, & Borchardt, 2018; Jörissen, Priefer, & Bräutigam, 2015; Koivupuro vd., 2012; Lanfranchi, Calabrò, De Pascale, Fazio, & Giannetto, 2016; Lindh, Williams, vd et., 2016). Bu, pratik çalışmaların, tüketim aşamasında PYKİ'yi güvenilir bir şekilde tahmin etmek için hane büyüklüğüne göre ambalaj boyutunun etkisini araştırması gerektiğini göstermektedir.

Yukarıdaki tartışmadan, ambalaj boyutundan bağımsız olarak, günlük hayatımızdan da anlaşılacağı gibi, yiyeceğin ambalajdan boşaltılması veya boşaltılmasındaki zorluklar, ambalajın içerdiği yiyeceğin özellikleriyle uyumsuzluğu, şekil ve malzemeye bağlı olarak değişen büyüklükte önemli derecede yiyecek israfına neden olabilmektedir. Bu, hem yenilmeye oldukça uygun yiyeceklerin hem de yüksek kaynak içerikli ambalajların büyük miktarlarda atık yönetim sistemleri üzerinde muazzam bir yük ile israf edilmesine yol açmaktadır. Wikström vd. (2019), diğer çözümlerin yanı sıra kapsamlı deneyimleri ve bir anket aracılığıyla, PYKİ'nin en aza indirilmesi için dikkate alınması gereken iki konu belirlemiştir (Wikström vd., 2019):

Bunlar: (1) paketleme işlevleri ve YKİ arasındaki ilişki hakkında özel verilerin oluşturulması; (2) YKİ'yi azaltacak paket tasarımları geliştirmek. Yiyecek içeriğinin özellikleriyle uyumlu daha iyi tasarım ve yüzey özellikleri ambalaj malzemesi yoluyla yiyecek ve malzeme israfını en aza indirmek için şimdiden bazı çabalar ortaya koyulmaya başlanmıştır (Kowalska, 2017; S. J. D. P. Law & Amazon, 2017; Manalili, Dorado, Van Otterdijk, & Agricultural Organization: Rome, 2014; Oki, Sasaki, & Journal, 2000; Wikström vd., 2019). Örneğin, Virginia Tech tarafından geliştirilmiş kaygan yüzeye sahip ambalaj malzemesi ve tasarımı (Mukherjee vd., 2018) özellikle mayonez ve ketçap gibi çeşniler, içecekler ve bazı et ve süt ürünleri gibi yapışkan yapıya sahip günümüzde "sachets" denilen küçük paketler halinde yaygın olarak satılan yiyecekler için uygundur. Bu paketlerin her bir birimi oldukça küçük, tipik olarak 10 g civarında olmasına rağmen, yaygın kullanımları nedeniyle, üretilen atık, tek bir yiyecek satış yeri veya hane için bile zamanla küresel olarak binlerce tona ulaşabilir. Bu tür paketleme ve servis uygulaması, fast food satış noktalarında (mekân içi yemek yeme veya paket servis) ve az miktarda da diğer hazır yemek yeme mekânlarında yaygındır. Bu sektördeki daha iyi tasarımların ve malzemelerin tek başına kullanılmasıyla potansiyel olarak her yıl binlerce ton yiyeceğin atılmasını ve milyonlarca dolarların boşa harcanmasının önlenebileceği düşünülmektedir (Mukherjee vd., 2018).

Ambalaj atığı örnekleri, plastik şişeler, camlar ve kâğıt, metal vb. gibi daha az kullanılan diğer uygun malzemeler, mikroten torbaları veya çeşitli tek kullanımlık ambalaj, taşıma ve paketleme malzemelerini içerecek şekilde genişletilebilir (Packaging, 2017). Zamanla atıklar, yukarıda bahsedilen mikro-ve nano-plastikler gibi çevreye ve yaşam için ciddi şekilde zararlı olan daha küçük

parçalara bölünür. Ambalaj ve atık malzeme sorununun önemli sürdürülebilirlik etkileri vardır. Dolayısıyla ambalaj üretimi ve tüketiminin sınırlandırılması arzu edilen bir durumdur. Ambalaj atıkları, yiyeceğin ambalajdan kısmen veya tamamen boşaltılmış olmasına bakılmaksızın aynı olacaktır. Ancak yiyeceğin kısmen tüketilmesi durumunda tüketilen yiyecek miktarı başına ambalajla ilişkili atık miktarı daha yüksek olacaktır. Bu nedenle tüketilmeyen yiyecekler, yalnızca yiyecek kaybına değil, aynı zamanda maddi kayıplara, dolayısıyla tüketilen yiyecek miktarı başına sürdürülebilirlik kaybına ve eko-sorunların oluşmasına neden olacaktır. Bu nedenle, daha anlamlı olması için, yiyecek israfından kaynaklanan yiyecek dışı atıkların tüketilen yiyecek miktarına göre raporlanmasını öneriyoruz.

Ambalajla ilgili atık yönetiminin ciddiye alınması büyük önem taşımaktadır (Rigamonti, Falbo, Grosso, & Research, 2013; Salkova & Regnerova, 2020). Bu tür yiyecek israfı, fiili olarak tamamen tüketilmiş kabul edildiğinden, genel yiyecek kaybını belirlerken hesaba katılmamasından dolayı gizli bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır. Tüketici/müşteri alışkanlıklarından kaynaklanan YKİ mekanizması henüz tam olarak anlaşılammış olan tüketici alışkanlıklarına bağlı olarak YKİ'nin nicelleştirilmesi de bu bölümün kapsamına alınmıştır. Daha çok gelişmiş ülkelerde olmak üzere, tüketici YKİ'sinin nedenleri üzerine araştırmalar son zamanlarda artış göstermektedir (Parizeau, Von Massow, & Martin, 2015; Stefan, van Herpen, Tudoran, Lähtenmäki, & preference, 2013; Thyberg, Tonjes, & Recycling, 2016; Yahia & Mourad, 2020). Bu çalışmalarda tüketici YKİ'sinin nedenleri şu şekilde özetlenmektedir: hane büyüklüğü ve çocukların varlığı, cinsiyet, yaş, gelir düzeyi, alışveriş alışkanlıkları, yaşam tarzı, yemek planlaması, porsiyon kontrolü, artıkların kullanımı ve paylaşımı, evde soğutmalı veya soğutmasız depolama olanakları, etiketleme, ambalaj özellikleri, ürün tasarım, ekolojik ayak izi ve sürdürülebilirlik bilinci (Aschemann-Witzel, De Hooge, Amani, Bech-Larsen, & Oostindjer, 2015; Footprint & Change, 2015;. Footprint, 2013; Kafa & Jaegler, 2021; Law, 2013; Lyndhurst, 2011; Moreno, Lazell, Mavrakis, & Li, 2020; National Academies of Sciences & Medicine, 2020; Parfitt, Barthel, & Macnaughton, 2010; Polley, 2015; Qi & Roe, 2016; Schanes, Dobernic, & Gözet, 2018; Thyberg vd., 2016; Timmermans, Ambuko, Belik, & Huang, 2014; Yahia & Mourad, 2020).

Küresel olarak yaklaşık %61'i evlerden ve %26'sı yiyecek hizmetlerinden kaynaklanan yaklaşık 1 Gt yiyeceğin israf edildiğine ilişkin en son tahminler

dikkate alındığında, tüketici düzeyinde (ev ve yemek servisi) YKİ yaklaşık 870 Mt, 1,6 T€ ve 1,9 Gt CO₂'ye eşittir (Jeswani, Figueroa-Torres, Azapagic, & Consumption, 2021; Stenmarck vd., 2016). Fakat bu rakamlar sadece ekonomik olarak önem arz etmeyip, aynı zamanda atık yönetim sistemleri, yiyecek güvensizliği, doğa ve biyolojik çeşitlilik kaybı, kirlilik ve atık üretimi ve nihayetinde mevcut doğal afetlerin anası olarak iklim değişikliği için büyük etkiler anlamına gelmektedir. McKinsey Consulting tarafından hazırlanan bir rapor, hane halkı YKİ'sinin hasat sonrası kayıpların ortalama sekiz katı enerji israfından sorumlu olduğunu kaydetmektedir (Dobbs, Oppenheim, Thompson, Brinkman, & Zornes, 2011). Bazı çalışmalar beslenme (SKH 2) ve çevresel (SKH 13) sorunlar arasındaki faydalı ilişkilere odaklanmıştır (Davis vd., 2016; Springmann vd., 2018; Springmann, Godfray, Rayner, & Scarborough, 2016), ancak YKİ hedefleriyle (SKH 12.3) sinerjiyi göz ardı etmektedir.

YKİ'nin artık yalnızca tüketiciler tarafından değil, benzer şekilde yiyecek üreticileri, işleyiciler, perakendeciler ve politika yapımcılar tarafından da acilen kabul edilmesi gereken önemli bir küresel sürdürülebilirlik (ekonomik, çevresel, sosyal) sorunu olduğu oldukça açıktır. Tüketici düzeyinde YKİ'nin azaltılması, sürdürülebilir büyüme ve gelişmeyi sağlamanın ve dolayısıyla iklim değişikliğinin nedenlerini dolaylı olarak ele almanın yolları arasında açıkça düşünülmelidir. Tüketici düzeyinde YKİ, açıkça, mevcut verilerin doğruluğu, güvenilirliği ve hacminin sorgulanabilir görüldüğü hassas bir konudur. Ayrıca, bugüne kadar sürdürülebilir tüketici hizmet tarzı ile YKİ üretimi arasındaki etkileşime hiç dikkat çekilmemiştir. Tüketici düzeyinde meydana gelen tüm YKİ'lerin tahminlerde sayılıp sayılmadığı belirsizdir. Örneğin, özellikle son zamanlarda Covid-19 pandemisi döneminde hijyene dair endişeler ve porsiyon boyutları için, haneler ve yemek hizmetleri artık özellikle mayonez, ketçap, meşrubat, et ve süt ürünleri, bal, reçel, marmelat, fındık ve çikolata kremaları, kahve kremaları vb. için küçük yiyecek paketlerini giderek daha fazla tercih etmektedir. Ancak bu tür yiyecek türlerinin yapışkan yapısı, paketleme özellikleri ve tüketici davranışları nedeniyle çok sayıda yiyecek atık olarak sayılmadan çöpe atılabilmektedir. Normalde bu yiyeceklerin servis edildiği gibi tamamen tüketildiği varsayılmaktadır. Bu ambalajların her bir birimi oldukça küçük olmasına rağmen (yaklaşık 10 g), yaygın kullanımları nedeniyle bu uygulamadan kaynaklanan toplam atık zamanla küresel olarak milyonlarca ton olabileceğini düşünmekteyiz.

SONUÇ

Gelecek yıllarda daha da katlanarak artış gösterecek olan yiyecek israfı (Yİ) ve buna bağlı olarak ortaya çıkan yiyecek kaybı (YK) nüfusun da artması ile birlikte gündeme gelmektedir. Bu yiyecek kaybı ve israfı (YKİ) küresel, ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik konularında bir bütün olarak önemli bir risk oluşturmaktadır. Gıda güvenliği, sürdürülebilir kalkınma ve çağdaşlaşma yolunda önemli bir engel olan YKİ'nin azaltılması için daha etkili sürdürülebilir yiyecek sistemi çözümlerinin bölgesel özellikler de dikkate alınarak acilen oluşturulması gerekmektedir. Diğer yandan özellikle doğal kaynakları kısıtlı bölgeler için, YKİ'nin azaltılmasının, aşırı sera gazı konsantrasyonlarına bağlı iklim değişikliğini, su tüketimini, enerji kullanımını, arazi talebini azaltmak ve sonuçta sürdürülebilir kalkınmaya büyük katkı sağlamak için önemli ölçüde faydalı olabileceği açıktır. Bu kitap bölümündeki esas amacımız, paketlemeye bağlı ve tüketici davranışları nedeniyle oluşan YKİ miktarının göz ardı edilmemesi hususunda farkındalık uyandırmaktır. Kitap bölümümüze de öncülük eden bu araştırmamız sayesinde hane büyüklüğüne göre ambalaj boyutunun etkisinin tüketim aşamasında paketlemeye bağlı oluşan YKİ'nin güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi için yapılabilir temel çalışmaların gerekliliğini vurgulamaktayız. Multidisipliner olarak da yapılabilecek çalışmalar ile yiyecek israfından kaynaklanan paketleme gibi yiyecek dışı atıkların tüketilen yiyecek miktarına göre de ortaya konulmasını ve bu hususta yapılacak sürdürülebilirlik kapsamındaki araştırmaları desteklemek gerektiği kanaatindeyiz.

KAYNAKÇA

- Albrecht, S., Brandstetter, P., Beck, T., Fullana-i-Palmer, P., Grönman, K., Baitz, M., Fischer, M. (2013). An extended life cycle analysis of packaging systems for fruit and vegetable transport in Europe. *18*(8), 1549-1567.
- Albu, D. J. (2021). The Sustainable Development Goals Report 2021. 115.
- Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *153*, 190-200.
- Anstalt, S. V. (2013). Food and agriculture organization of the United Nations.
- Arslan, A., Berkum, S., Cavatassi, R. E., Nucci, C., Ruben, R., Smaling, E., Winters,

- P. J. (2020). IFAD RDR 2021—Framework for the analysis and assessment of food systems transformations. 2, 2021.
- Aschemann-Witzel, J., De Hooge, I., Amani, P., Bech-Larsen, T., & Oostindjer, M. J. S. (2015). Consumer-related food waste: Causes and potential for action. 7(6), 6457-6477.
- Bélanger, J., & Pilling, D. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Biel, R. (2016). *Sustainable food systems*: UCL press.
- Brunner, K.-M., & Schönberger, G. U. (2005). Nachhaltigkeit und Ernährung.
- Busetti, S. J. (2019). A theory-based evaluation of food waste policy: Evidence from Italy. 88, 101749.
- Canton, H. (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations—FAO. In *The Europa Directory of International Organizations 2021* (pp. 297-305): Routledge.
- Chayer, J., & Kicak, K. J. Q. C. M., QC, Canada. (2015). Life cycle assessment of coffee consumption: Comparison of single-serve coffee and bulk coffee brewing: Final report.
- Coussy, H., Guillard, V., Guillaume, C., & Gontard, N. J. (2013). Role of packaging in the smorgasbord of action for sustainable food consumption. 24(3), 15-19.
- Davies, T., & Konisky, D. M. (2000). *Environmental implications of the foodservice and food retail industries*. Retrieved from
- Davis, K. F., Gephart, J. A., Emery, K. A., Leach, A. M., Galloway, J. N., & D'Odorico, P. J. (2016). Meeting future food demand with current agricultural resources. 39, 125-132.
- de Mello Soares, C. T., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., Karlsson, S. J. R., Conservation, & Recycling. (2022). Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. 176, 105905.
- Dias-Ferreira, C., Santos, T., & Oliveira, V. J. (2015). Hospital food waste and environmental and economic indicators—A Portuguese case study. 46, 146-154.
- Dilkes-Hoffman, L. S., Lane, J. L., Grant, T., Pratt, S., Lant, P. A., & Laycock, B. J. (2018). Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. 180, 325-334.
- Dobbs, R., Oppenheim, J., Thompson, F., Brinkman, M., & Zornes, M. (2011). Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs.
- Dreyer, J. O., Lichtenstein, S., & Heil, E. A. (2022). Consumer awareness of food waste,

- best before dates and food appreciation—a model project in the food retailing sector.
- Duizer, L. M., Robertson, T., Han, J., & Journal, S. (2009). Requirements for packaging from an ageing consumer's perspective. *22*(4), 187-197.
- Faraca, G., & Astrup, T. J. (2019). Plastic waste from recycling centres: Characterisation and evaluation of plastic recyclability. *95*, 388-398.
- Flanagan, K., Robertson, K., & Hanson, C. (2019). Reducing food loss and waste: Setting a Global Action Agenda.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., West, P. C. J. N. (2011). Solutions for a cultivated planet. *478*(7369), 337-342.
- Footprint, F. F. W., & Change, C. (2015). FAO: Rome. In: Italy.
- Footprint, F. W. (2013). *Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report*. Food & Agriculture Org.
- Foundation, W. E. McKinsey, & Co. (2016). The new plastics economy: Rethinking the future of plastics.
- Galanakis, C. M. (2019). *Saving food: Production, supply chain, food waste and food consumption*: Academic Press.
- Gatto, A., Kuiper, M., & Meijl, H. (2022). Healthier but Wasteful? Changing food loss and waste along global food supply chains with healthier diets.
- Gjerris, M., & Gaiani, S. J. (2013). Household food waste in Nordic countries: Estimations and ethical implications. (1), 6-23.
- Guillard, V., Gaucel, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., & Gontard, N. J. (2018). The next generation of sustainable food packaging to preserve our environment in a circular economy context. *5*, 121.
- Guilyardi, E., Lescarmonier, L., Matthews, R., Point, S. P., Rumjaun, A. B., Schlüpmann, J., & Wilgenbus, D. (2018). IPCC Special Report "Global Warming of 1.5° C": Summary for Teachers.
- Gunders, D., & Bloom, J. (2017). Wasted: How America is losing up to 40 percent of its food from farm to fork to landfill.
- Gustavo Jr, J. U., Pereira, G. M., Bond, A. J., Viegas, C. V., & Borchardt, M. J. (2018). Drivers, opportunities and barriers for a retailer in the pursuit of more sustainable packaging redesign. *187*, 18-28.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste. In: FAO Rome.
- Hafner, G., Barabosz, J., Leverenz, D., Maurer, C., Kranert, M., Göbel, C., Wetter,

- C. J. M. u. A. (2016). Analyse, Bewertung und Optimierung von Systemen zur Lebensmittelbewirtschaftung. *48*(8), 392-401.
- Halloran, A., Clement, J., Kornum, N., Bucatariu, C., & Magid, J. J. F. p. (2014). Addressing food waste reduction in Denmark. *49*, 294-301.
- Hambrey, J. J. (2017). The 2030 agenda and the sustainable development goals: the challenge for aquaculture development and management. (C1141).
- Havnevik, K. (2021). *The World Food Programme and the Nobel Peace Prize 2020*. Paper presented at the Forum for Development Studies.
- Hellström, D., & Olsson, A. (2017). *Managing packaging design for sustainable development: a compass for strategic directions*: John Wiley & Sons.
- Hiç, C., Pradhan, P., Rybski, D., Kropp, J. (2016). Food surplus and its climate burdens. *50*(8), 4269-4277.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *347*(6223), 768-771.
- Janoušková, S., Hák, T., & Moldan, B. J. S. (2018). Global SDGs assessments: Helping or confusing indicators? , *10*(5), 1540.
- Jeswani, H. K., Figueroa-Torres, G., Azapagic, A. J. (2021). The extent of food waste generation in the UK and its environmental impacts. *26*, 532-547.
- Jörissen, J., Priefer, C., & Bräutigam, K. (2015). Food waste generation at household level: Results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *7*(3), 2695-2715.
- Kafa, N., & Jaegler, A. J. (2021). Food losses and waste quantification in supply chains: a systematic literature review.
- Kakadellis, S., Woods, J., Harris, Z. M. (2021). Friend or foe: Stakeholder attitudes towards biodegradable plastic packaging in food waste anaerobic digestion. *169*, 105529.
- Kershaw, P. (2016). *Marine plastic debris and microplastics—Global lessons and research to inspire action and guide policy change*: United Nations Environment Programme.
- Koivupuro, H. K., Hartikainen, H., Silvennoinen, K., Katajajuuri, J. M., Heikintalo, N., Reinikainen, A., & Jalkanen, L. J. (2012). Influence of socio-demographical, behavioural and attitudinal factors on the amount of avoidable food waste generated in Finnish households. *36*(2), 183-191.
- Kowalska, A. J. L. (2017). The issue of food losses and waste and its determinants. *13*(1).
- Kranert, M., Hafner, G., Barabosz, J., Schneider, F., Lebersorger, S., Scherhauser, S.,

- Leverenz, D. J., Wassergüte-und Abfallwirtschaft. (2012). Determination of discarded food and proposals for a minimization of food wastage in Germany.
- Lanfranchi, M., Calabrò, G., De Pascale, A., Fazio, A., & Giannetto, C. J. (2016). Household food waste and eating behavior: empirical survey.
- Law, H. F. (2013). Policy Clinic and Natural Resources Defense Council. 19-21.
- Law, S. J. (2017). At the Crossroads of Consumer Law, Data Protection and Private International Law: A Comment on VKI v Amazon. 42.
- Li, X., Poon, C. S., Lee, S., Chung, S., Luk, F. J. R., conservation, & recycling. (2003). Waste reduction and recycling strategies for the in-flight services in the airline industry. 37(2), 87-99.
- Licciardello, F. J. (2017). Packaging, blessing in disguise. Review on its diverse contribution to food sustainability. 65, 32-39.
- Lindh, H., Olsson, A., Williams, H. J. (2016). Consumer perceptions of food packaging: contributing to or counteracting environmentally sustainable development? , 29(1), 3-23.
- Lindh, H., Williams, H., Olsson, A., Wikström, F. J. (2016). Elucidating the indirect contributions of packaging to sustainable development: A terminology of packaging functions and features. 29(4-5), 225-246.
- Liu, G. (2014). Food losses and food waste in China: a first estimate.
- Lyndhurst, B. J. (2011). Consumer insight: date labels and storage guidance. 194.
- Manalili, N., Dorado, M., Van Otterdijk, R. J. (2014). Appropriate Food Packaging in Developing Countries.
- Maris, J., Bourdon, S., Brossard, J.-M., Cauret, L., Fontaine, L., Montembault, V. J. (2018). Mechanical recycling: Compatibilization of mixed thermoplastic wastes. 147, 245-266.
- Moreno, L. C., Lazell, J., Mavrakakis, V., & Li, B. (2020). Moving Beyond the ‘What’ and ‘How Much’ to the ‘Why’: Researching food waste at the consumer level. In *Routledge handbook of food waste* (pp. 269-292): Routledge.
- Mukherjee, R., Habibi, M., Rashed, Z. T., Berbert, O., Shi, X., & Boreyko, J. B. (2018). Oil-impregnated hydrocarbon-based polymer films. 8(1), 1-13.
- Mumladze, T., Yousef, S., Tatariants, M., Kriūkienė, R., Makarevicius, V., Lukošiušė, S.-I., Denafas, G. J. (2018). Sustainable approach to recycling of multilayer flexible packaging using switchable hydrophilicity solvents. 20(15), 3604-3618.
- Nakai, J. J. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations and the

sustainable development goals. 22.

National Academies of Sciences, E., (2020). *A national strategy to reduce food waste at the consumer level*: National Academies Press.

Nations, U. (2017). *Department of economic and social affairs. population division. world population prospects: the 2017 revision: key findings and advance tables*. Retrieved from

Nguyen, A. T., Parker, L., Brennan, L., & Lockrey, S. J. (2020). A consumer definition of eco-friendly packaging. 252, 119792.

Noleppa, S., & Carlsburg, M. J. A. (2015). Nahrungsmittelverbrauch und Fußabdrücke des Konsums in Deutschland. 1, 0,434.

Noleppa, S., & von Witzke, H. J.. (2012). Tonnen für die Tonne.

Okazaki, W., Turn, S., & Flachsart, P. J. (2008). Characterization of food waste generators: A Hawaii case study. 28(12), 2483-2494.

Oki, Y., Sasaki, H. J. (2000). Social and environmental impacts of packaging (LCA and assessment of packaging functions). 13(2), 45-53.

Organization, W. H. (2020). *The state of food security and nutrition in the world 2020: transforming food systems for affordable healthy diets* (Vol. 2020): Food & Agriculture Org.

Otoni, C. G., Espitia, P. J., Avena-Bustillos, R. J., & McHugh, T. H. (2016). Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads. 83, 60-73.

Otten, J. J., Diedrich, S., Getts, K., Benson, C. J., Food Systems, & Development, C. (2018). Commercial and anti-hunger sector views on local government strategies for helping to manage food waste. 8(B), 55-72.

Packaging, S. (2017). *Design for recycling for packaging and paper in South Africa*. Paper presented at the National Recycling Forum: Bryanston, South Africa.

Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J. K., Wright, N., & bin Ujang, Z. J. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. 76, 106-115.

Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. J.. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. 365(1554), 3065-3081.

Parizeau, K., Von Massow, M., & Martin, R. J. (2015). Household-level dynamics of food waste production and related beliefs, attitudes, and behaviours in Guelph, Ontario. 35, 207-217.

- Parry, A., Bleazard, P., & Okawa, K. (2015). Preventing food waste: case studies of Japan and the United Kingdom.
- Polley, C. J. (2015). Food Marketing Institute (FMI): Cathy Polley, Vice President of Health and Wellness. *37*(1), 98-99.
- Porter, S. D., Reay, D. S., Higgins, P., & Bomberg, E. J. (2016). A half-century of production-phase greenhouse gas emissions from food loss & waste in the global food supply chain. *571*, 721-729.
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Biesbroek, R. J. I. S. A. R. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability.
- Qi, D., & Roe, B. E. J. P. o. (2016). Household food waste: Multivariate regression and principal components analyses of awareness and attitudes among US consumers. *11*(7), e0159250.
- Quested, T. E., Parry, A., Eastal, S., & Swannell, R. (2011). Food and drink waste from households in the UK. In: Wiley Online Library.
- Reijonen, H., Bellman, S., Murphy, J., & Kokkonen, H. J. W. M. (2021). Factors related to recycling plastic packaging in Finland's new waste management scheme. *131*, 88-97.
- Rigamonti, L., Falbo, A., Grosso, M. J. W. M., & Research. (2013). Improving integrated waste management at the regional level: the case of Lombardia. *31*(9), 946-953.
- Robertson, G. L. (2005). *Food packaging: principles and practice*: CRC press.
- Rowson, J., & Yoxall, A. J. A. E. (2011). Hold, grasp, clutch or grab: Consumer grip choices during food container opening. *42*(5), 627-633.
- Salkova, D., & Regnerova, O. (2020). *Methods of eliminating waste from food packaging as a globalization tool*. Paper presented at the SHS Web of Conferences.
- Schanes, K., Dobernig, K., & Gözet, B. J. J. o. c. p. (2018). Food waste matters-A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *182*, 978-991.
- Scharpenberg, C., Schmehl, M., Glimbovski, M., & Geldermann, J. J. (2021). Analyzing the packaging strategy of packaging-free supermarkets. *292*, 126048.
- Schmidt, T., Schneider, F., Leverenz, D., & Hafner, G. J. J. H. v. T.-I. B., Germany. (2019). Food Waste in Germany—Baseline 2015—Summary Thünen Report 71.
- Schmitz, S., Oelsen, H., & Tiedemann, A. J. B. U. (1995). Ökobilanz für Getränkeverpackungen, Teil A: Methode der Berechnung und Bewertung von Ökobilanzen für Verpackungen.

- Schuster, M., & Torero, M. J. IFPRI book chapters. (2016). Reducing food loss and waste.
- Silvenius, F., Katajajuuri, J.-M., Grönman, K., Soukka, R., Koivupuro, H.-K., & Virtanen, Y. (2011). Role of packaging in LCA of food products. In *Towards Life Cycle Sustainability Management* (pp. 359-370): Springer.
- Silvennoinen, K., Katajajuuri, J.-M., Hartikainen, H., Heikkilä, L., & Reinikainen, A. J. (2014). Food waste volume and composition in Finnish households.
- Singh, P., Wani, A. A., & Langowski, H.-C. (2017). *Food Packaging Materials: Testing & Quality Assurance*: CRC Press.
- Singh, R. P. J. T., Science, & Culture: A Global Vision, V. I. A Quest for Sustainability in the Food Enterprise. 45.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., Carlson, K. M. J. N. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *562(7728)*, 519-525.
- Springmann, M., Godfray, H. C. J., Rayner, M., & Scarborough, P. J. (2016). Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *113(15)*, 4146-4151.
- Stefan, V., van Herpen, E., Tudoran, A. A., Lähteenmäki, L. J. (2013). Avoiding food waste by Romanian consumers: The importance of planning and shopping routines. *28(1)*, 375-381.
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quested, T., Moates, G., Buksti, M., Cseh, B., Redlingshofer, B. (2016). *Estimates of European food waste levels*: IVL Swedish Environmental Research Institute.
- Surucu-Balci, E., & Tuna, O. J. (2021). Investigating logistics-related food loss drivers: A study on fresh fruit and vegetable supply chain. *318*, 128561.
- Teuber, R., Jensen, J. D. (2016). Food losses and food waste-extent, underlying drivers and impact assessment of prevention approaches. (254).
- Thi, N. B. D., Kumar, G., & Lin, C.-Y. (2015). An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *157*, 220-229.
- Thyberg, K. L., Tonjes, D. J. J. R., Conservation, & Recycling. (2016). Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *106*, 110-123.
- Tilman, D., & Clark, M. J. D. (2015). Food, agriculture & the environment: Can we feed the world & save the earth? , *144(4)*, 8-23.
- Timmermans, A., Ambuko, J., Belik, W., & Huang, J. (2014). Food losses and waste in the context of sustainable food systems.

- UNEP. (2021). Food waste index report 2021. In: United Nations Environment Programme Nairobi, Kenya.
- UNEP, G. (2016). Marine Litter Vital Graphics: United Nations Environment Programme and GRI-DARENDAL. In.
- Unicef. (2022). *IN BRIEF TO THE STATE OF FOOD SECURITY AND NUTRITION IN THE WORLD 2022*: FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO.
- Wang, L., Xue, L., Li, Y., Liu, X., Cheng, S., Liu, G. J. R., Conservation, & Recycling. (2018). Horeca food waste and its ecological footprint in Lhasa, Tibet, China. *136*, 1-8.
- Wikström, F., Verghese, K., Auras, R., Olsson, A., Williams, H., Wever, R., Soukka, R. J. J. o. I. E. (2019). Packaging strategies that save food: A research agenda for 2030. *23*(3), 532-540.
- Williams, H., Wikström, F., Otterbring, T., Löfgren, M., & Gustafsson, A. J. (2012). Reasons for household food waste with special attention to packaging. *24*, 141-148.
- Wilson, N. L., Rickard, B. J., Saputo, R., Ho, S.-T. J. F. Q., & Preference. (2017). Food waste: The role of date labels, package size, and product category. *55*, 35-44.
- Wohner, B., Pauer, E., Heinrich, V., & Tacker, M. J. S. (2019). Packaging-related food losses and waste: an overview of drivers and issues. *11*(1), 264.
- Xue, L., & Liu, G. (2019). Introduction to global food losses and food waste. In *Saving Food* (pp. 1-31): Elsevier.
- Yahia, E., & Mourad, M. (2020). Food waste at the consumer level. In: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Yearbook, F. S. J. F., & Agriculture Organization of the United Nations, R. (2013). World food and agriculture. *15*.
- Yin, S., Rajarao, R., Gong, B., Wang, Y., Kong, C., & Sahajwalla, V. J. (2019). Thermo-delamination of metallised composite plastic: An innovative approach to generate Aluminium from packaging plastic waste. *211*, 321-329.
- Yousef, S., Eimontas, J., Striūgas, N., & Abdelnaby, M. A. J. S. o. T. T. E. (2022). Effect of aluminum leaching pretreatment on catalytic pyrolysis of metallised food packaging plastics and its linear and nonlinear kinetic behaviour. *844*, 157150.
- Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2021a). UN World Water Development Report 2021 'Valuing Water'.
- Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. (2021b). UNEP Food Waste Index Report 2021.

Doç. Dr. Turgay PEKDEMİR

1986 yılında Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliğinden mezun olduktan sonra, Atatürk Üniversitesi, Kimya Mühendisliğine Arş. Gör. olarak atandı. 1988'de Exeter Üniversitesi'ne (İngiltere) burs kazandı ve Harwell'deki AEA Teknolojisinin HTFS Laboratuvarlarında kabuk ve borulu ısı eşanjörleri konusunda M.Phil derecesi aldı. Yeni bir ısı/kütle transferi ölçüm yönteminin geliştirilmesi üzerine Doktora araştırmalarına devam etti ve bu tekniği, hareketli yüzeylere çarpan jet akışlarının taşıma fenomenlerini incelemek için kullandı. 1995 yılında doktorasını tamamlayarak Atatürk Üniversitesi Kimya Mühendisliğinde Yrd. Doç. olarak atandı. 1997 yılında Japonya hükümetinden burs kazanarak National Laboratory of Materials and Chemicals kurumunda biyo yüzey aktif maddelerin karakterizasyonu, petrol kirlenmesi işlemlerinde ve ağır metal gideriminde uygulamalarını inceledi. 1998 yılında, çözücü ekstraksiyonunda ve ham petrol üretim süreçlerinde meydana gelen oldukça kararlı emülsiyonların giderilmesi konusunda University of Newcastle upon Tyne da Misafir Akademisyen olarak çalışmaya başladı. Mart 2000'de Heriot-Watt University Chemical Engineering Bölümünde Petrol ve Gaz İşleme Öğretim Üyesi olarak atandı. Sürfaktant ilgili araştırmalarla çalışırken, ısı transferi ile ilgili araştırmalara olan ilgisini sürdürdü. Nisan 2009'da İsviçre'de Dünyanın en büyük konglomer şirketlerinden Alstom Power sonra Ocak 2017'de General Electric Power da Açık Yenilikçilik Bölümünde Gelecek Teknolojiler AR-GE mühendisliği ve yöneticiliği görevlerini üstlendi. Amerika'daki CO2 yakalama pilot tesislerin işletimi yanında küresel çapta birçok Üniversiteler ile iş birliği içerisinde büyük ve küçük ölçekli 50 ye yakın güç üretim işlemlerinin çevresel sorunlarına çözüm geliştirme projelerinde yöneticilik yaptı. Ekim 2020'de BAİBÜ Mühendislik Fakültesi'nde Kimya Mühendisliği Doçenti olarak Türkiye'ye geri döndü. Turgay Pekdemir'in uluslararası ve ulusal düzeyde çok sayıda makale, kitap bölümü, tebliği (66'sı uluslararası olmak üzere toplam 72 adet) ve patent başvuruları (4 adet) bulunmaktadır. Yayınlarına yapılan toplam atıf sayıları Web of Science'da 1,131 olup h-endeksi ise 16'dır.

Dr. Öğr. Üyesi Gamze DOĞDU

1989 yılında İstanbul'da doğmuştur. Bahçeşehir Üniversitesi'nde Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda lisans, yine Bahçeşehir Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda çift anadal,

Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimini tamamlamıştır. 2019 yılında TÜBİTAK 2219 programı kapsamında aldığı bursla Arizona State

Universitesi Biodesign Enstitüsü Swette Center for Environmental Biotechnology’de post-doktorasını yapmıştır. Dr. Doğdu 2018 Kasım’dan itibaren Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde Dr.Öğr.Üyesi olarak görev yapmaktadır. Dr. Doğdu’nun Çevre Mühendisliği ve Çevre Biyoteknolojisi, doğal arıtım metotları, endüstriyel atıksu arıtımı, hibrit ileri oksidasyon prosesleri, mikroalg biyoteknolojisi ve iklim değişikliği üzerine yayımlanmış çalışmaları bulunmaktadır.

Dr. Öğr. Gör. Şeyda KARABÖRK

1986 yılında Gaziantep’de doğdu. “Lyme olgularının Borrelia burgdorferi antijeni ile uyarılmış periferik kan mononükleer hücrelerinde IFN- γ , IP-10, I-TAC ve MIG aktivitesinin araştırılması” başlıklı teziyle Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi’nden doktora derecesini almıştır. Akademik eğitimi süresince TÜBİTAK, BAP destekli birçok projede yer alan Dr. Karabörk’ün yurtdışı ve yurtiçi hakemli dergilerde yaklaşık 40’a yakın yayını, uluslararası 6 adet kitap bölümü, yurtdışı ve yurtiçi kongrelerde sunulmuş 40’dan fazla sözlü ve poster bildirisi bulunmaktadır. Uzmanlık-araştırma alanı Tıbbi Mikrobiyoloji, Moleküler Mikrobiyoloji, Temel İmmünoloji, İmmünolojik Teknikler, Nöroimmünoloji olan Karabörk, Lisansüstü eğitimi süresince uzmanlık alanları ile ilgili birçok eğitime katılmış alanı ile ilgili birçok sertifikaya sahiptir.

Dr. Öğr. Gör. Sanaz LAKESTANI

Dr. LAKESTANI 1975 yılında İran’da doğmuştur. Shahid Beheshti üniversitede (Tahran-İran) lisan, İslamik Azad Üniversitesi Tahran North (Tahran-İran) Deniz bilimleri fakültesi Deniz kimyasında Yüksek lisans ve Hacettepe Üniversitesi Mühendislik fakültesi, çevre Mühendislik bölümünden öğrenimini tamamlamıştır. T.C. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel, Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezinde Öğr. Gör. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Dr. LAKESTANI’nın iç ortam ve dış ortam hava kalitesi (UOB, Bioaroller, PM, PAH) ve sağlık üzerinde, risk değerlendirme ve sensorlarla online olarak iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi projeleri ve yayınları bulunmaktadır.

Dr. Öğr. Üyesi Osman ÇAVUŞ

Dr. ÇAVUŞ, ilk ve orta öğrenimini Adıyaman’da tamamlamış; 2012 yılında Lefke Avrupa Üniversitesi Gastronomi bölümünde mezun oldu. 2014 yılında İngiltere Greenwich Üniversitesi Food Safety and Quality Management bölümünde yüksek lisans derecesini aldı. Greenwich Üniversitesi NRI’de Araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2020 yılında Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı’nda doktora eğitimini tamamlamıştır.

2000'den 2014 yılına kadar Kıbrıs, İngiltere, İspanya'da çeşitli restoranlarda şef olarak çalışmıştır. 2015 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümünde öğreti görevlisi olarak çalıştı. Osman ÇAVUŞ halen Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümünde Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmakta, aynı zamanda Mengen Meslek Yüksekokulu Müdürlük görevini yürütmektedir.

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLEME (TOPRAK DEĞİŞKENİ ÖRNEĞİ)

Dr. Öğr. Üyesi Canpolat KAYA

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Yenişarbademli MYO, Ormancılık Bölümü.*

Dr. Öğr. Üyesi Veli Can BAŞKAR

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Yenişarbademli MYO, Ormancılık Bölümü.*

velicanbaskar@isparta.edu.tr

1.GİRİŞ

Toprak organik karbonu (TOK) ekosistemlerin sürdürülebilir olması ve kalitesi açısından büyük önem arz etmektedir. Toprak organik karbonu, toprak organik maddesi içerisinde meydana gelen karbona (C) işaret eder. Bitki ve hayvan kalıntıları ile bu kalıntıların ayrışma ürünleri topraktaki organik bileşenlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Topraklar organik ve inorganik formda karbon içerebilmektedir. Çoğu toprak çeşidinde, karbonun ekserisi toprak organik karbonu olarak tutulmaktadır. Bitkilerin ve mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini sağlayabilmesi ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik gelişimi açısından organik karbon oldukça önemlidir (Benayas vd., 2004)

Yapay zekâ uygulamalarından biri olan ve kompleks ilişkilerin modellenebilmesinde oldukça başarılı sonuçlar ortaya çıkaran YSA, çeşitli alanlarda (iktisat, mühendislik, sağlık vd.) birçok araştırmacı tarafından tercih edilmektedir (Ashraf vd., 2013). Bu çalışmada bazı toprak değişkenleriyle toplam organik karbonun Yapay Sinir Ağları (YSA) tekniği kullanılarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışma alanı Artvin yöresi $40^{\circ}36' - 41^{\circ}06'$ kuzey enlemleri ile $41^{\circ}12' - 41^{\circ}38'$ doğu boylamları arasında kalmaktadır. Çalışma alanının; batısında Rize, Doğusunda Ardahan ve güneyinde Erzurum ili bulunmaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı Doğu Karadeniz bölgesinde kalmakta olup, nemli ve yarı nemli iklim tipine hakimdir (Yüksek ve Ölmez., 2011).



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Yöntem

Yöre içerisinde farklı toprak özelliklerine sahip 125 örnek alan belirlenmiştir. Toprak örneklerinde varyasyonu sağlayabilmek için farklı ekolojik özelliklere (vejetasyon tipi, yükselti, bakı, eğim derecesi, yamaç konumu gibi) sahip alanlar seçilmiştir. Örnek alanlar 20m x 20m büyüklüğünde olup toprak örnekleri örnek alanın merkezinden alınmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvar analizlerine tabii tutulmuş olup bu analizlerde toprakların Organik karbon (Walkley, 1947) Tekstür (Bouyoucos, 1962), pH (Peech, 1965), EC, Katyon Değişim Kapasitesi, Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası (Klute, 1986) özellikleri belirlenmiştir.

YSA modellemesi beynin işleyiş mekanizmasından esinlenerek ortaya çıkan bir cebirsel yöntemdir. Nöronların birbirleriyle olan etkileşimini taklit eden bu yöntem çeşitli bilgisayar yazılımları kullanılmak suretiyle oluşturulmaktadır (Elmas, 2003). Modelde birbirleriyle etkileşim içerisinde bulunan nöronlara ait katmanlar (girdi, çıktı ve gizli) bulunmaktadır (Chandwani et al., 2015).

Birçok ağ çeşidi geliştirilmiş olup tahmin süreci ve sınıflandırma sürecinde

ki verimliliğinden dolayı geri beslemeli ağlar bilim insanları tarafından daha çok tercih edilmektedir (Elmas, 2003).

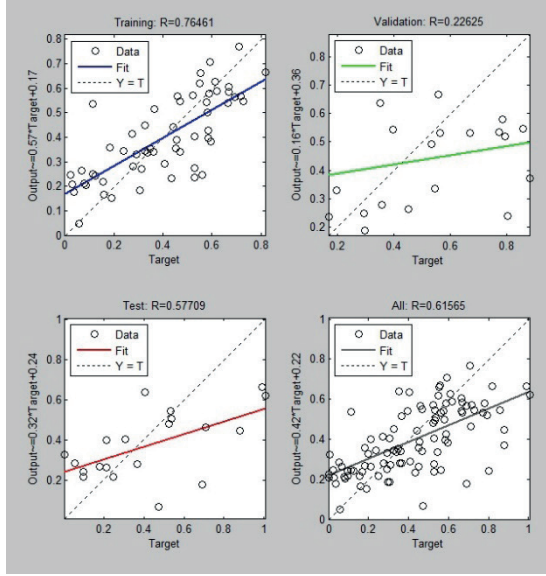
YSA'nın performansını ve doğruluğunu artırmak amacıyla verilere bazı işlemler uygulanarak normalleşmeleri sağlanır. Bu işleme normalizasyon denmektedir (Masters, 1993). Birçok normalizasyon yöntemi bulunmakta olup bunlardan en popüler olanı Min-Max metodudur. Bu metot ile veriler 0-1 aralığına indirgenerek aşırı olan verilerin modelde meydana getirecekleri olumsuzlukların azaltılması hedeflenmektedir (Öztemel, 2003).

3.BULGULAR

Toplam organik karbon değerini tahmin etmek amacıyla bazı toprak özellikleri belirlenmiştir. Bu toprak özellikleriyle toplam organik karbon arasındaki karşılıklı ilişkileri saptamak amacıyla veri setini oluşturan Kum, Toz, Kil, pH, EC, Katyon Değişim Kapasitesi, Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası değişkenleriyle Spearman Korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonucunda TOK ile pH ve EC arasında istatistiksel açıdan anlamlı ($p < 0,05$) ilişkiler belirlenmiştir. Diğer değişkenlerle istatistiksel açıdan anlamlı sonuçlar tespit edilmemiştir.

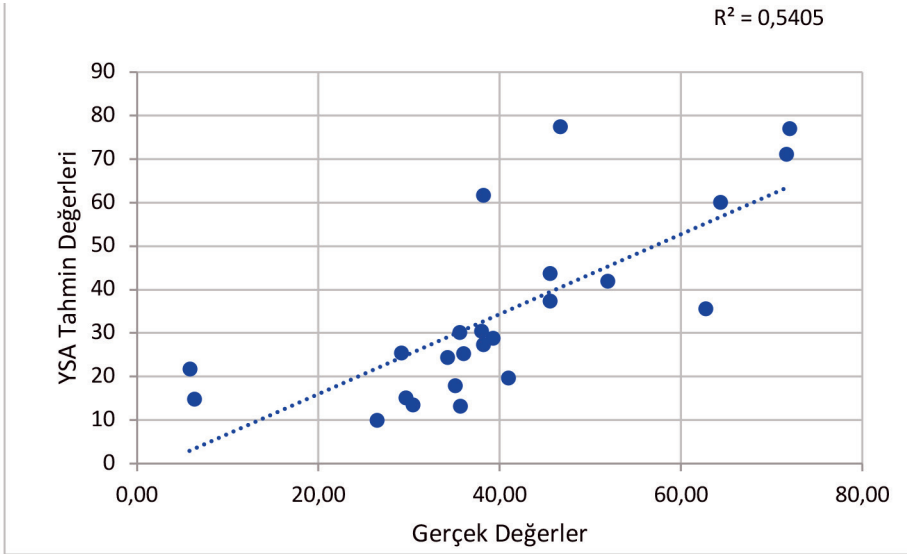
Korelasyon analizin gerçekleştirildikten sonra YSA ile model oluşturma safhasına geçilmiştir. Girdi değişkeni olarak korelasyon analizi sonucu anlamlı ilişkiye sahip pH ve EC değişkenleri çıktı değişkeni olarak da Toplam Organik Karbon değişkeni seçilmiştir. Toplam 125 örnek alandan elde edilen değişken veri setinden 100 tanesi eğitim, 25 tanesi ise test veri seti olarak belirlenmiştir. Tahmin gücünü ve doğruluğunu artırmak amacıyla bütün veriler Min-Max normalizasyonu ile 0 ile 1 arasında yer alan değerlere uyarlanmıştır.

İlk olarak YSA modeli 2 girdi 2 katman 10 nöron kullanılarak bir ağ oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ağ eğitim veri setiyle eğitilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 2 katmanlı 10 nöronlu sinir ağı yapısı ve eğitim grafiği

Sonrasında eğitilen ağı test veri seti girdi olarak tanıtılarak TOK değerleri tahmin ettirilmiştir. YSA'nın tahmin ettiği TOK değerleri ile gerçek TOK değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde YSA modelinin tahmin gücünün yani R² değerinin 0,54 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. YSA Modeli için gerçek ve tahmin edilen TOK'a ait ilişki

4.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma bazı toprak değişkenleriyle toplam organik karbonunun YSA tekniği kullanılarak tahmin edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. YSA ile ziraat ve ormancılık alanında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Kuzugüdenli vd., 2013; Kuzugüdenli, 2018; Kuzugüdenli ve Kaya, 2020; Kuzugüdenli, 2021; Kuzugüdenli, 2022). Gerçekleştirilen bu çalışmada da oldukça yüksek tahmin gücü elde edilen ve bu alanda kullanımı yaygınlaşan YSA tekniği tercih edilmiştir.

İstatistiki analizler de öncelikle değişkenler arasındaki ikili ilişkiler belirlenmiştir. Bu amaçla korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizi sonucunda değişkenlerin birbirleriyle olan ikili ilişkilerine bakıldığında pH ve EC ile TOK arasında istatistiksel açıdan anlamlı ($p<0,05$) ilişki bulunmuştur.

Korelasyon analizinden sonra YSA ile tahmin aşamasına geçilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla girdi değişkeni olarak pH ve EC çıktı değişkeni olarak TOK seçilmiştir. YSA ile 2 katman 10 nörondan oluşan bir model oluşturulmuştur. Bu modele ait tahmin gücüne bakıldığında R^2 değeri 0,54 olarak belirlenmiştir.

YSA modelinin tahmin başarısının orta seviyede olduğu görülmektedir. Ancak yalnızca 2 girdi değişkeni ve az sayıda örnek ile bu başarının elde edilmesi YSA modelinin performansının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. TOK değişkeninin etkilendiği düşünülen başka değişkenlerinde (İklim, Toprak, Topografik) girdi değişkenlerine dahil edilmesi ve örnek sayısının artırılması ile modelin tahmin başarısının daha yüksek olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ashraf, M. I., Zhao, Z., Bourque, A., MacLean, D.A., Meng, F. (2013). Integrating biophysical controls in forest growth and yield predictions generated with artificial intelligence technology, *Canadian Journal of Forest Research*, 43, 1162–1171.
- Benayas, J. M. R., Sánchez-Colomer, M. G., & Escudero, A. (2004). Landscape-and field-scale control of spatial variation of soil properties in Mediterranean montane meadows. *Biogeochemistry*, 69(2), 207-225.
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils, *Argon. J.* 54, 464-465.

- Chandwani, V., Agrawal, V., Nagar, R. (2015). Modeling Slump of Ready Mix Concrete Using Genetic Algorithms Assisted Training of Artificial Neural Networks. *Expert Systems with Applications*, 42, 885–893.
- Elmas, Ç. (2003). Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama), Seçkin Yayıncılık, Ankara, 22-37.
- Klute, A. (1986). Water retention laboratory methods in a klute (ed.) methods of soil analysis. Part I, Physical and mineralogical properties, Argon, No 9, Amer. Soc. Of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Kuzugudenli, E. (2018). Relative humidity modeling with artificial neural networks. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4), 5227-5235.
- Kuzugüdenli, E. (2021). Yapay Zekâ ile Kızılcâm (Pinus brutia Ten.) ve Karaçam (Pinus nigra Arnold.) Ağaçlarında Üst Boy Tahmini. *International Journal of Engineering Research and Development*, 13(2), 563-572.
- Kuzugüdenli, E. (2022). Relationship between the productivity of Pinus brutia Ten. and site characters, the Taurus Mountains, Turkey. *Journal of Mountain Science*, 19(3), 662-672.
- Kuzugudenli, E., & Kaya, C. (2020). Relations between the productivity of Turkish red pine in Mersin region and some topographic factors. *JMEST*, 7(11), 13011-13014.
- Kuzugudenli, E., Saplioglu, K., Kaya, C., Kaya, G. A., Kaya, E., Senturk, O., & Arslan, S. (2013). The Forecasting of Cedar Trees Diameter with Artificial Neural Networks. *Global Journal on Technology*, 3.
- Masters, T. (1993). *Practical Neural Network Recipes in C++*, London: Academic Press, Inc
- Öztemel, E. (2003), Yapay Sinir Ağları, Birinci Baskı, İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Peech, M. (1965). Hydrogen-Ion activity. In C.A.Black (ed.) methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy* 9, pp. 927-932. ASA. Madison, Wisconsin. U.S.A.
- Walkey, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and norganic soil constituents. *Soil Sci.* (63), pp. 251-263.
- Yüksek, T., & Ölmez, Z. (2011). Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormancılık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 3(1), 50-62.

8. Bölüm

JAPON BILDİRCİNLARINDA CİVCİV ÇIKIŞ AĞIRLIĞININ MODELLENMESİ

Öğr. Gör. Veli Can BAŞKAR

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Yenişarbademli MYO, Ormancılık Bölümü.
velicanbaskar@isparta.edu.tr*

Dr. Öğr. Üyesi Canpolat KAYA

*Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Yenişarbademli MYO, Ormancılık Bölümü.
canpolatkaya@isparta.edu.tr*

1. GİRİŞ

Bıldırcın türlerinde yumurta üretimi süreci genetik, türlerin bakımı ve beslenmesi gibi birçok unsurun etkili olduğu kompleks bir süreçtir. Bunun sürecin sonucunda meydana gelen yumurta özellikleri irksal özellikler, yaş faktörü, kuluçka özellikleri ve beslenme ile diğer çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Benzer şekilde yumurta ve kuluçka ortamına ait bazı özelliklerde civciv kalitesini etkilemektedir.

Yumurta ve civciv özellikleri arasındaki ilişkileri belirleyebilmek için lineer, non lineer, quadratic ve cubic modeller gibi çok çeşitli modeller kullanılmaktadır (Cason vd., 1990; Miyoshi vd., 1996; Savegnago vd., 2011). Oluşturulan bu modeller sürüye ait yumurta veriminin erken dönemde tahmin edilmesine ve damızlık sürülerin oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Japon bıldırcını (*Coturnix coturnix japonica*) yetiştiriciliği Türkiye’de giderek artmaktadır. Popüler hale gelen bu türün yetiştiriciliği konusunda yapılan araştırmaların artması Japon bıldırcınından daha fazla faydalanma sağlayacak ve türe ait teknik bilginin artması ile literatüre katkı sağlayacaktır. Bu araştırma,

Japon bildircını kuluçkalık yumurta ağırlığının ve bu yumurtaların kabuk sıcaklığının civciv çıkış ağırlığı üzerine etkilerini araştırmak amacıyla planlanmıştır. Araştırma ile bildircın yetiştiriciliği bakımından yerli literatüre katkı sağlayacak bilimsel sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür.

Ön gelişim dönemi kabuk sıcaklığı ortalaması ve kuluçka öncesi yumurta ağırlığı ile civciv çıkış ağırlığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Zootečni Bölümü Japon bildircını yetiştirme ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma için üniteye yetiştirilen 32 haftalık Japon bildircını sürüsünden elde edilen 210 adet kuluçkalık yumurta kullanılmıştır. Yumurtaları elde etmek amacıyla yetiştirilen damızlıklar eşit cinsiyet oranında bireysel kafes gözlerinde tutulmuştur. Çalışma boyunca bildircınlara kafes yumurta yemi verilmiştir.

2.2. Yöntem

Denemelerin kurulması ve grupların oluşturulması üniteye bulunan bildircın sürüsü fiziki olarak elden geçirilerek 1 anaç bir kafes gözüne yerleştirilmiştir. Her kafes gözüne 1 erkek bildircın konmuştur. Elde edilen yumurtalar teker teker tartılarak ($\pm 0.1g$ hassasiyetle) $37.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve %55 oransal nem koşulları bulunan kuluçka makinesine konmuştur. 15 gün süreyle kuluçka makinesinin ön gelişim bölümünde tutulan yumurtalar daha sonra çıkış bölmesine aktarılmış, bireysel çıkış gözlerine yerleştirilmiş ve pedigri çıkış yaptırılmıştır. Yumurtadan çıkan civcivler 0.1 g hassasiyetli terazide tartılmıştır.

Araştırmada kuluçka makinesinde yer alan bildircın yumurtalarının kabuk sıcaklıklarının belirlenmesi için Braun Thermoscan 7 IRT6520 model dijital termometre kullanılmıştır. Elde edilen kabuk sıcaklıklarının istatistiksel değerlendirilmesinde döllenenmemiş olan ve embriyonik ölümleri gerçekleşmiş olan yumurtalar kullanılmamışlardır. Yumurta kabuk sıcaklık ölçümleri yalnızca ön gelişim döneminde gerçekleştirilmiştir. Civciv çıkış ağırlığının modellenmesi amacıyla regresyon analizinden faydalanılmış olup, verilerin analizinde IBM

SPSS Statistics 24.0 paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Civciv çıkış ağırlığının modellenmesi amacıyla regresyon analizi kullanılmıştır. Bağımsız değişken olarak ön gelişim dönemi kabuk sıcaklığı ortalaması ve kuluçka öncesi yumurta ağırlığı bağımlı değişken olarak civciv çıkış ağırlığı değerleri kullanılmıştır.

Oluşturulan modelin tahmin gücüne bakıldığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir ($R^2=0,98$). Tahmin gücünün anlamlı olup olmadığına bakmak için F değeri ve F faktörüne ait Significant değerine bakılmıştır. F Significant değerinin 0,000'ın altında çıkmış olması oluşturulan modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

Model	R	R ²	F	Sig.	Durbin-Watson
1	0,99	0,98	5228,55	0,000	1,667

Tablo 1. Regresyon modeline ait istatistikler

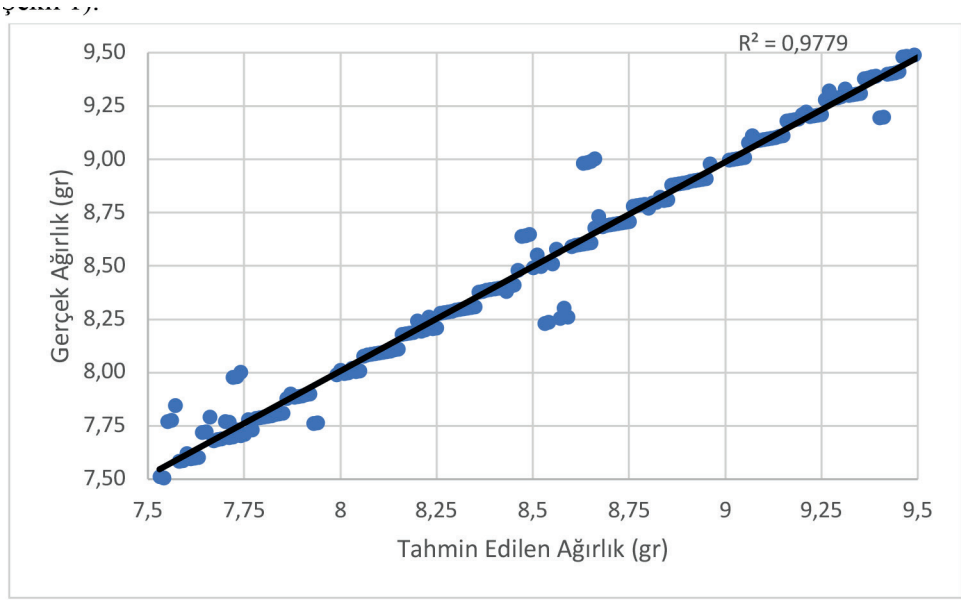
Modelleme çalışmalarında bazı yanıtıcı faktörlerle karşılaşılabilmektedir. Bu faktörlerden biriside hata terimleri arasında ki sürekli ilişkiyi ifade eden otokorelasyon problemidir. Bu problemi tespit edebilmek için bazı yöntemler bulunmakla birlikte en çok kullanılan yöntemlerden Durbin Watson yöntemidir. Oluşturulan modelden elde edilen Durbin Watson katsayısı 1,667 çıkmıştır. Bu sonuç literatürdeki değerlerle (1,5-2,5 değerleri arası) kıyaslandığında otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir (Kalaycı,2009).

Modeli oluşturulan değişkenlerin (Kabuk sıcaklığı ve Yumurta Ağırlığı) model içindeki anlamlılığına bakıldığında her ikisinin de istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Model	B	Std. Error	t	Sig.
Sabit	250,568	16,942	14,79	0,000
Kabuk Sıcaklığı	-6,574	0,439	-14,974	0,000
Yumurta Ağırlığı	0,343	0,043	8,04	0,000

Tablo 2. Regresyon modelini oluşturan değişkenlere ait istatistikler

Cıvciv çıkış ağırlığının gerçek ve tahmin değerlerine ait grafik incelendiğinde noktasal dağılımın pozitif yönlü, çok kuvvetli ve doğrusal olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Cıvciv çıkış ağırlığına ait tahmin ve gerçek değerlere ilişkin grafik

4.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırma, kuluçkalık olarak elde edilen yumurtaların ağırlıkları ve kabuk sıcaklıkları vasıtasıyla bu yumurtalardan elde edilen cıvcivlerin çıkış ağırlıklarını tahmin eden bir model oluşturulması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar yumurtaların ağırlığının artışına bağlı olarak cıvciv çıkış ağırlığında artış meydana geldiğini göstermektedir. Bu durumun temel sebebinin kuluçkalık yumurtaların sahip oldukları besin miktarından olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar konuyla ilgili bazı araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Karaman, 1994; Testik ve Köfteci, 1989; Tserveni-Gousi, 1987)

Elde edilen bir diğer bulgu cıvciv çıkış ağırlığının yumurta kabuk sıcaklığından etkilenmesidir. Şöyle ki sıcaklık embriyonik gelişimi etkileyen en önemli

çevre faktörlerinden birisi olup (Stock ve Metcalfe, 1984; Lourens, 2004; Meijerhof, 2009) kuluçka boyunca bütün yumurtaların iyi bir embriyonik gelişim gösterebilmesi için kabuk sıcaklıklarının optimal seviyede tutulması gerekir. Cıvciv çıkış ağırlığı fazla olan bıldırcınların yumurta kabuk sıcaklıklarının 37 ° civarında olduğu belirlenmiştir. Literatürde kuluçka süresince sürekli 37°'lik kabuk sıcaklığının bıldırcınlar için en yüksek embriyonik gelişim sağladığı bilinmektedir (Lourens vd., 2005; Lourens vd., 2007). Kabuk sıcaklığı ve cıvciv çıkış ağırlığı ile ilgili el edilen bulgular literatürle örtüşmektedir.

Japon bıldırcınlarında yumurta ağırlığının cıvciv çıkış ağırlıklarına ait etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada önemli bir kuluçka sonucu göstergesi olan cıvciv çıkış ağırlıklarının kuluçkalık yumurta ağırlıklarından ve kabuk sıcaklığından önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir.

İşletmelerde sürü bazında yumurta verim eğrilerinin modellenmesinin, sürü yönetimi, bakım ve besleme koşulları gibi konulara yön vereceği düşünüldüğünde, modellemenin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen modelin (Denklem 1) bıldırcın işletmelerinde kullanılmasının işletmelere kolaylık sağlayacağı ve benzer çalışmalara altlık oluşturacağı düşünülmektedir.

$$\text{Cıvciv Çıkış Ağırlığı (gr)} = 250,568 - \text{Sıcaklık} \times (6,574) + \text{Yumurta Ağırlığı (gr)} \times (0,343) \quad (\text{Denklem 1})$$

KAYNAKÇA

- Cason, J. A., & Ware, A. G. (1990). Analysis of Rock Egg Production Curves Using Generalized Growth Functions. *Poultry Science*, 69(7), 1064-1069.
- Kalaycı, Ş. (2009). SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik uygulamaları. Ankara: Asil Yayınevi, 39-50.
- Karaman, M. (1994). Farklı ağırlıktaki pekin ördek yumurtalarının kuluçka sonuçlarına ve ördeklerin gelişme performanslarına olan etkileri üzerine bir araştırma (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Lourens, A. (2004). Embryo development and chick temperature. *Avian and Poultry Biology Reviews*, 15(3-4), 226-227.
- Lourens, A., Van den Brand, H., Meijerhof, R., & Kemp, B. (2005). Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability, and posthatch development. *Poultry science*, 84(6), 914-920.
- Lourens, A., Van den Brand, H., Heetkamp, M. J. W., Meijerhof, R., & Kemp, B. (2007). Effects of eggshell temperature and oxygen concentration on embryo growth and metabolism during incubation. *Poultry science*, 86(10), 2194-2199.
- Meijerhof, R. (2009, February). Incubation principles: What does the embryo expect from us. In *Proceedings of the 20th Australian Poultry Science Symposium* (pp. 106-110).
- Miyoshi, S., Luc, K. M., Kuchida, K., & Mitsumoto, T. (1996). Application of non-linear models to egg production curves in chickens. *Japanese poultry science*, 33(3), 178-184.
- Savegnago, R. P., Cruz, V. A. R., Ramos, S. B., Caetano, S. L., Schmidt, G. S., Ledur, M. C., ... & Munari, A. D. (2012). Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens. *Poultry science*, 91(11), 2977-2987.
- Stock, M. K., & Metcalfe, J. (1984). Stimulation of growth of the chick embryo by acute hyperoxia. *Respiration physiology*, 58(3), 351-358.
- Testik, A., & Kofteci, S. (1989). Etlik piliçlerde yumurta ağırlığının kuluçka sonuçları ve piliçlerin gelişmesine olan etkileri üzerine bir araştırma. *ÇU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2), 57-64.
- Tserveni-Gousi, A. S. (1987). Relationship between parental age, egg weight and hatching weight of Japanese quail. *British Poultry Science*, 28(4), 749-752.

9. Bölüm

DARBE YÜKÜ ETKİSİNDEKİ FARKLI ENİNE DONATI ARALIKLARINA SAHİP BETONARME KİRİŞLERİN SONLU ELEMENLAR METODU İLE İNCELENMESİ

Dr. Zeynep FIRAT ALEMDAR

Yıldız Teknik University

zalemdar@yildiz.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-0793-8582

Yusuf BAHÇACI

Yıldız Teknik University

yusufbahcaci@karabuk.edu.tr

ORCID NO: 0000-0002-6459-427X

GİRİŞ

İnsanoğlunun var oluşundan bu yana barınması ve korunması her daim doğal bir ihtiyacı olmuştur. İnsanlığın bu temel ihtiyaçlarını giderebilmek için mühendisler inovatif bir yaklaşımla insan hayatına değer katarak insanlığa kolaylık ve fayda sağlamaktadır.

Günümüzde insanlığın hizmetine sunulan; stratejik öneme sahip okul, hastane gibi binalardan devlet binalarına, konutlardan iş merkezlerine, stadyumlardan çok katlı binalara kadar birçok yapı betonarme olarak inşa edilmektedir. Betonarme yapılar ise hizmet ömürleri boyunca; rüzgar, kar yükü, ölü ve hareketli yük gibi statik yüklerin yanı sıra; deprem yükü ve darbe yükü etkisi oluşturan mermi, araç, roket, füze, kaya vb. cisimlerin yapılara çarpması gibi dinamik yüklerle de maruz kalmaktadırlar. Zaman sürecine yayılı sabit yükler olarak tanımlanabilen statik yüklerin aksine; dinamik yükler, anlık bir zamana toparlanmış ani yükler olarak tanımlanabilir. Betonun kompozit bir malzeme olmasından dolayı betonarme yapı elemanları, farklı yükler altında farklı dayanımlar gösterip farklı

davranışlar sergileyebilmektedir. Yapı elemanları, statik yükler altında yüksek mukavemet gösterirken, dinamik yükler altında gevrek bir davranış sergileyip aniden kırılabilir. Ani bir dinamik yükleme olarak kabul edilen darbe yükleri altındaki betonarme yapı elemanlarının tasarımı, son yıllarda artış gösteren yıkıcı depremler, terör saldırıları ve patlamalar gibi yapıların üzerinde darbe yükü etkisi oluşturan olaylar nedeniyle de günümüzde gittikçe daha çok önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Özellikle günümüzde terör saldırılarının her geçen gün artması karşısında, yapılara füze ve roket gibi cisimlerin etki etmesiyle yapı elemanlarının darbe yüklerine karşı dayanımının, hastane ve devlet binaları gibi stratejik öneme sahip yapılarda bir hayli önem arz ettiği gözlemlenmiştir. Buna rağmen problemin kompleks yapısından ötürü betonarme yapı elemanlarının bu tür yüklerle karşı tasarımı için genel kabul görmüş herhangi bir yönetmelik ya da yönerge bulunmamaktadır. Bundan dolayı, darbe yüklerine maruz kalan betonarme yapı elemanlarının tasarım ve analizi için genel olarak sonlu elemanlar yöntemi gibi sayısal yöntemlere başvurulmaktadır. Bu çalışmada, inşaat sektöründe yaygın bir yapı elemanı olarak kullanılan basit mesnetli kiriş elemanının farklı enine donatı aralıkları dikkate alınarak ve farklı doğrultularda darbe yüklerine maruz bırakılarak doğrusal olmayan sonlu elemanlar programı ile analizi yapılmıştır. Yükleme sonucunda deplasman-zaman ilişkileri elde edilmiş ve hasar davranışları açısından karşılaştırılmıştır.

2. YÖNTEM

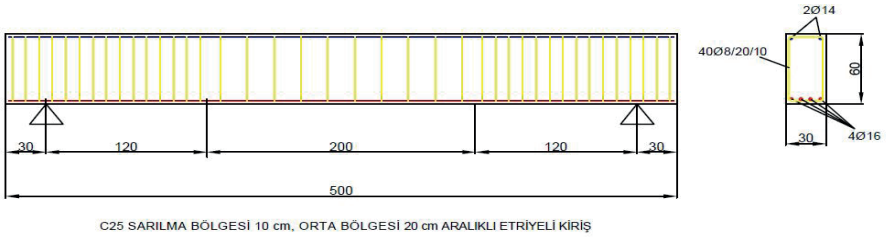
Betonarme yapılar kiriş, kolon, döşeme, perde, temel gibi yapı elemanlarından oluşmaktadır. Bu çalışma, betonarme yapı projelerinde yaygın bir şekilde çerçeve sistemlerinde kullanılmakta olan basit mesnetli betonarme kirişler esas alınarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında 3 farklı enine donatı aralıklarına sahip 3 kiriş, Abaqus sonlu elemanlar programında modellenerek doğrusal olmayan dinamik analize tabi tutulmuştur. Kirişler, uygulamaya geçmiş olan hastane ve okul projeleri incelenerek tasarlanmıştır. Kirişlerin basınç bölgesinde 2Ø14 donatı kullanılırken çekme bölgesinde minimum donatı şartını sağlayabilmek için 4Ø16 donatı kullanılmıştır. Mesnetler, kiriş uç bölgelerinden h/2 mesafe kadar içeriye yerleştirilmiştir. Enine donatılar yerleştirilirken TS-500 ve TBDY2018 yönetmeliklerine uygun olarak seçilmiştir. Analize tabi tutulan kirişlerin tasarım şemaları Şekil 1’de gösterildiği gibidir.



a) Etriyesiz Kiriş



b) Kiriş Boyunca Etiye Aralıkları 10 cm Olan Kiriş



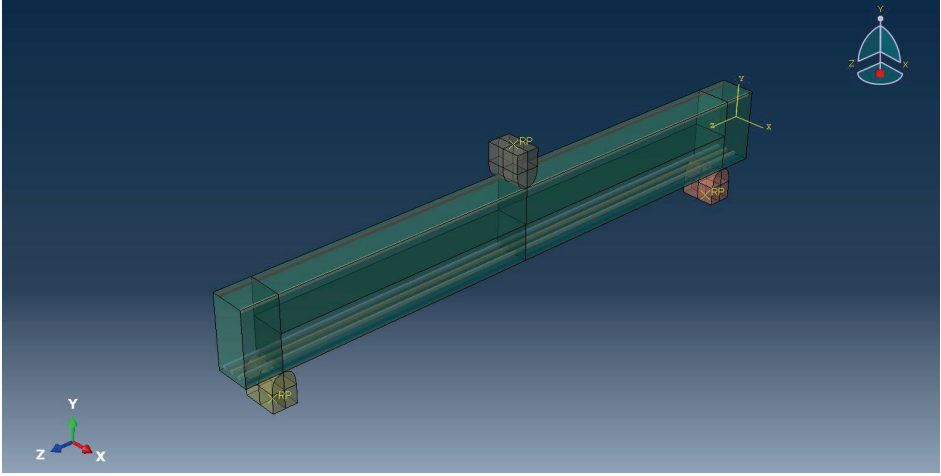
c) Etriye Aralıkları Sarılma Bölgesinde 10 cm, Orta Bölgede 20 cm Olan Kiriş

Şekil 1. Analizlerde Kullanılan Kirişlerin Tasarımları

Kirişlerin analizi, Abaqus sonlu elemanlar programı aracılığıyla yapılmıştır. Abaqus programında kirişler modellenirken uygulamada en sık kullanılan C25 beton sınıfı ve S420 çelik sınıfı kullanılmıştır. Betonun malzeme modeli oluşturulurken, “Elasticity” değerlerinin yanında “Concrete Damage Plasticity (CDP)” değerleri de [1][2] dikkate alınarak betonun sadece elastik davranışı değil, aynı zamanda akma dayanımından sonraki plastik davranışı da hesaba katılarak modellenmeler yapılmıştır. Aynı zamanda, S420 çeliğinin plastik davranışının program aracılığıyla daha iyi gözlemlenebilmesi için malzeme modelinde “Shear Damage” (Kesme Hasarı) ve “Ductile Damage” (Sünek Hasar) değerlerine de yer verilmiştir. Bunun yanında, donatılar ve betonun birlikte kompozit bir malzeme olarak çalışabilmesi için program içerisinde “Embedded” özelliğinden yararlanılmıştır. Ayrıca programın “General Contact” özelliği kullanılarak tüm sistemin birlikte çalışabilmesi sağlanmıştır.

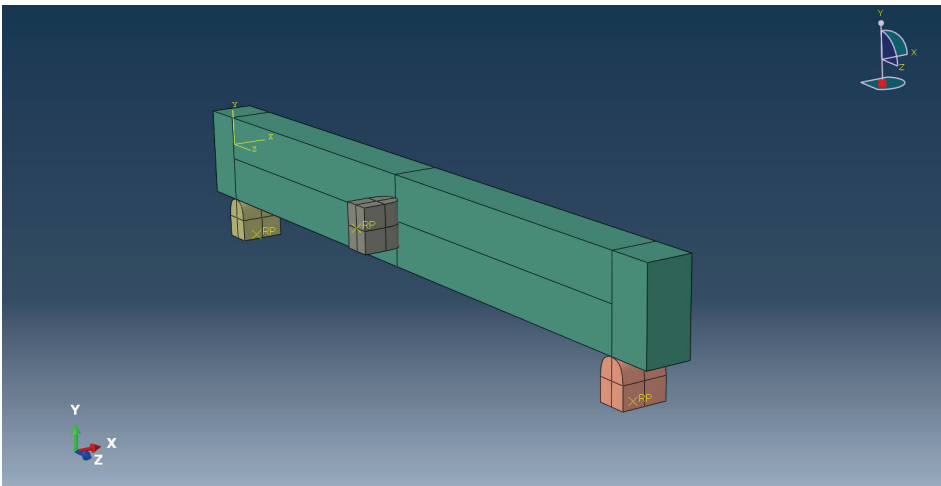
Kirişlerin analizinde en önemli noktalardan birisi de darbe yüküdür. Darbe yükü olarak, kiriş genişliği boyunca etkiyecek olan bir cisim modellenmiştir. (Şekil 2). Cismin malzeme modeli olarak darbe yükü etkisi oluşturabilecek mermi, roket, füze gibi cisimlerden esinlenerek çelik kullanılmıştır. Abaqus sonlu elemanlar programında darbe yükü oluşturacak cisim farklı yöntemler ile modellemek mümkündür. Bunlardan birisi darbe yükü oluşturacak olan cismin kiriş yüzeyine çok yakın bir şekilde yerleştirilerek çarpma anındaki hızı cisme tanımlanabilir. Bu çalışma kapsamında da tek seferlik ani yükleme ile darbe yükü etkisi oluşturacak cisim kiriş yüzeyine çok yakın bir şekilde konumlandırılarak 500 m yükseklikten serbest bırakıldığı düşünülmüş ve cismin kirişe çarptığı andaki hızı denklem (1)’e göre hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda cismin hızı 100 m/s olarak programa işlenmiş ve darbe etkisi oluşturan cismin hareketi, sadece kirişin genişliğine ve yüksekliğine dik doğrultuda hareket edebilecek şekilde sınırlandırılmıştır. Darbe etkisi oluşturacak cisim ile kiriş arasındaki temas ise “General Contact” özelliğinden faydalanarak sağlanmıştır.

$$m.g.h = \frac{1}{2}. m. V^2 \quad (1)$$



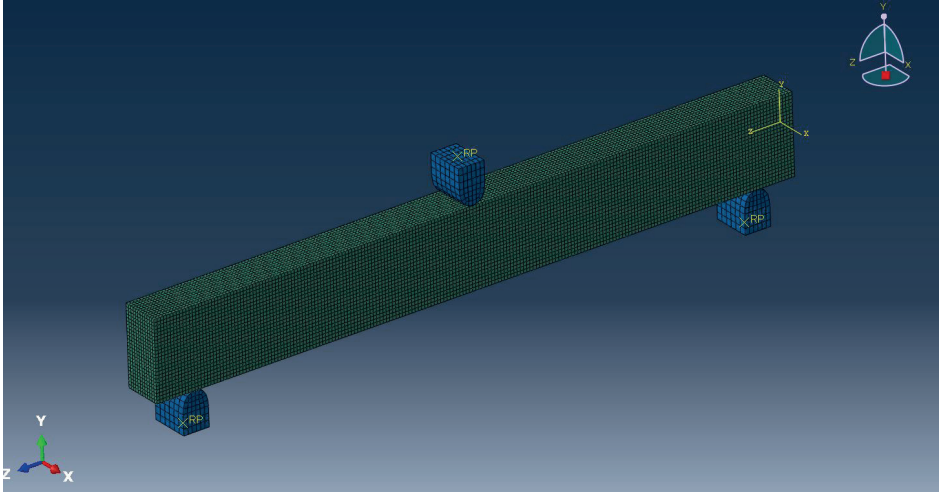
Şekil 2. Analizlerde Kullanılan Kirişlerin Genel Görünümü

Kirişler, öncelikle kiriş genişliğine dik olacak şekilde; yani Y doğrultusunda darbe yüküne maruz bırakılmıştır. Yüklemler, kirişin yüksekliği boyunca devam edebilmesi için; basitçe $yol=hız*zaman$ bağıntısından yola çıkılarak 0,006 sn boyunca ani bir dinamik darbe yükü etkisi oluşturacak şekilde yapılmıştır. Sonrasında, aynı şekilde kiriş yüksekliğine dik olacak şekilde; yani X doğrultusunda yüklemeler yapılarak sonuçlar elde edilmiş ve çıkarımlarda bulunulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. X Doğrultusunda Yüke Maruz Bırakılan Kirişlerin Genel Görünümü

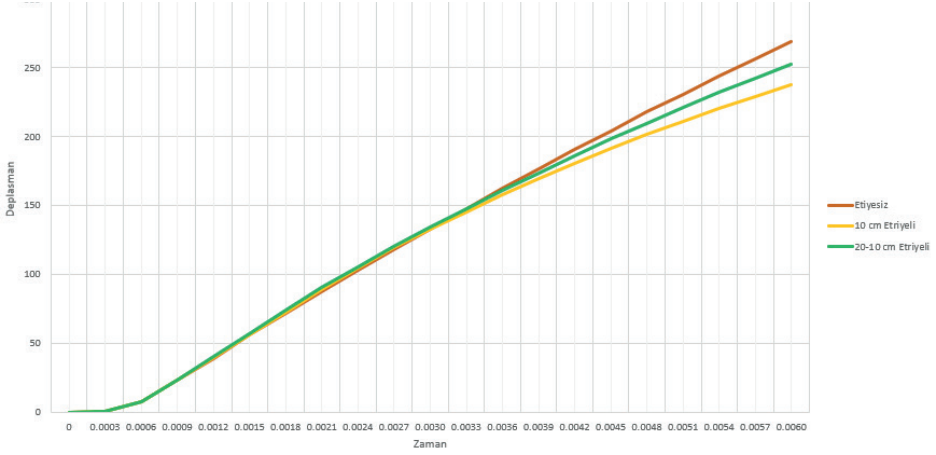
Sonlu elemanlar programının çalışma mantığının temelini oluşturan elemanların parçalara ayrılma kısmı; kiriş elemanı ve donatılar 25 mm, darbe etkisi oluşturan cisim ise 100 mm olacak şekilde mesh edilerek sonlu eleman ağı oluşturulmuştur. (Şekil 4). Bu mesh aralıkları esas alınarak dynamic-explicit analiz yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. Analizlerde Kullanılan Kirişlerde Oluşturulan Sonlu Elemanlar Ağı

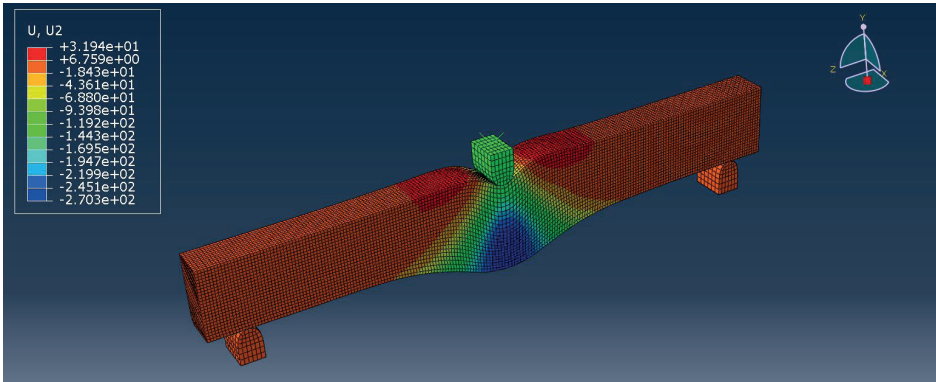
3. BEKLENEN/GEÇİCİ SONUÇLAR

300*600 mm kesit boyutlarında ve 5000 mm açıklığında, farklı etriye aralıklarına sahip kirişler farklı doğrultularda darbe yüküne maruz bırakılarak ABAQUS sonlu elemanlar programı ile analiz edilmiştir. Analizler sonucunda kirişte oluşan gerilme ve şekil değiştirmelerin yanı sıra, basınç ve çekme hasarları da incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. İlk olarak enine donatı aralıklarının darbe yüküne etkisini incelemek adına kirişler, Y doğrultusunda darbe yüküne maruz bırakılmışlardır. Darbe yüküne maruz bırakılan 3 farklı enine donatı aralığına sahip kirişlerin deplasman-zaman grafikleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

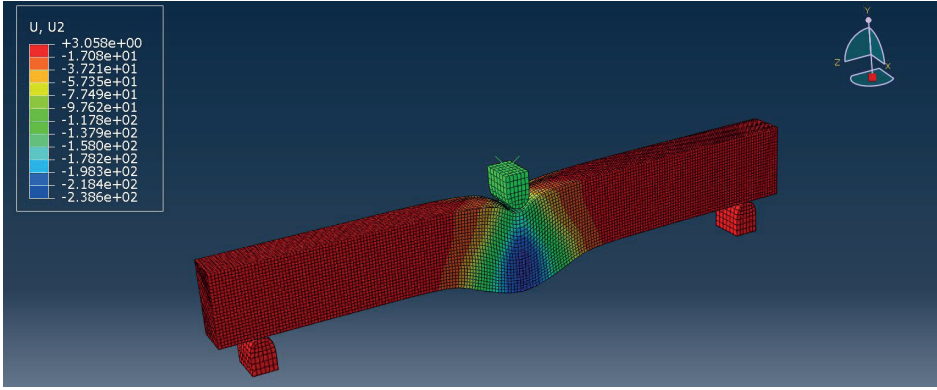


Şekil 5. Farklı Etriye Aralıklarına Sahip Betonarme Kirişin Y Doğrultusundaki Yükleme Sonucu Deplasman - Zaman Grafiği

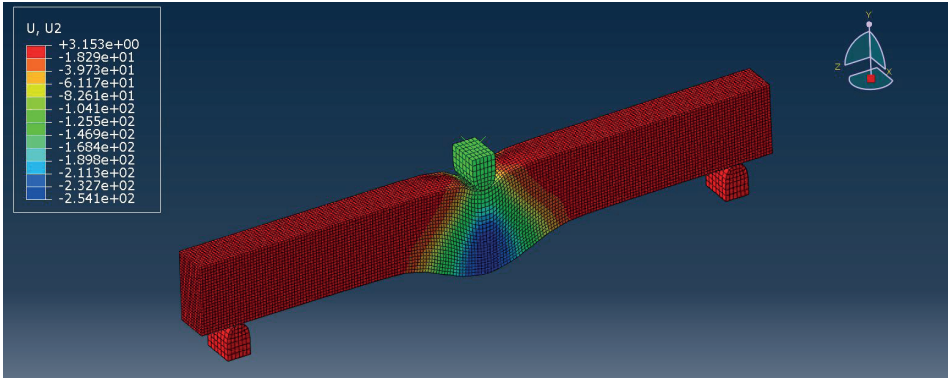
Gerçekleştirilen sonlu eleman analizleri sonucunda, Şekil 5'teki grafikten de anlaşılacağı üzere basit mesnetli betonarme kirişte enine donatı aralıklarının, literatürde daha önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi [3] kirişin Y doğrultusunda etki eden darbe yüküne karşı davranışında büyük bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Bir başka deyişle, farklı enine donatı aralıklarına sahip kirişler aynı darbe yükü altında benzer davranışlar sergilemişlerdir. Tamamı etriyesiz olan kiriş numunesinde 268,3 mm değerinde max. deplasman, tamamı 10 cm etriye aralığına sahip kirişte ise 237,2 mm değerinde max. deplasman olduğu gözlemlenmiştir. Kirişlerde oluşan min. ve max. deplasman değerleri de Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Tamamı Etriyesiz Kirişte Oluşan Max. Düşey Deplasman

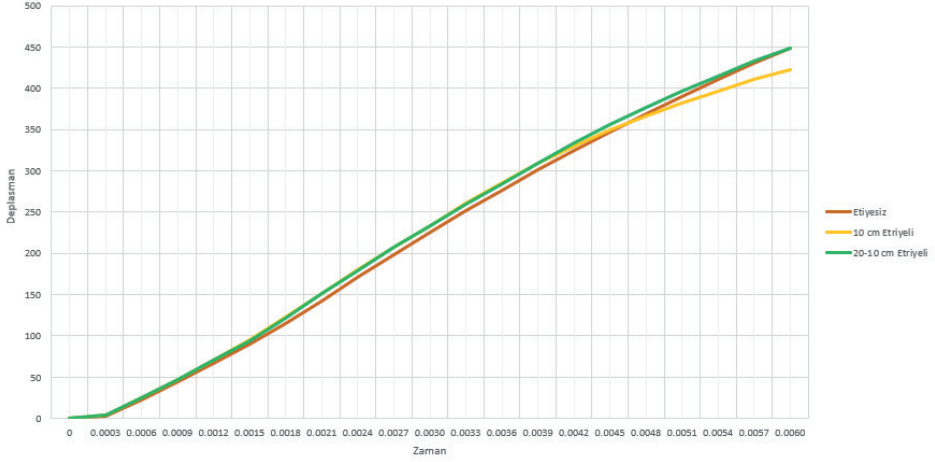


Şekil 7. Tamamı 10 cm Etriye Aralığına Sahip Kirişte Oluşan Max. Düşey Deplasman



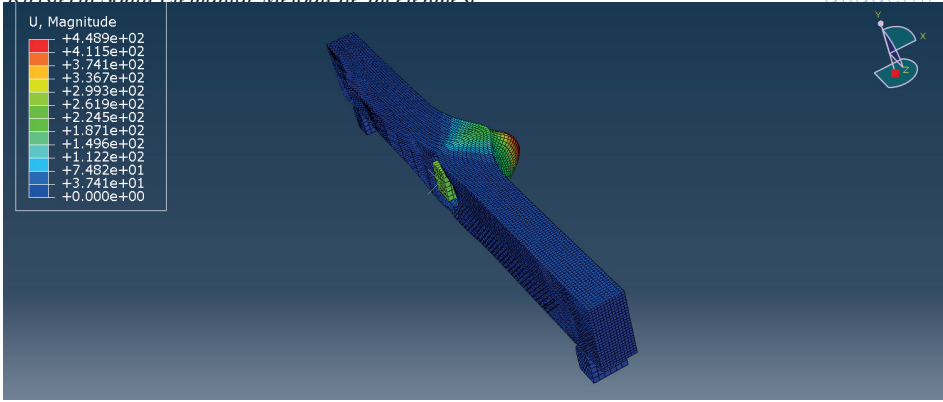
Şekil 8. Orta Bölgesi 20 cm, Uç Bölgeleri 10 cm Etriye Aralığına Sahip Kirişte Oluşan Max. Düşey Deplasman

Darbe yüklerinin her zaman kirişin genişliğine dik gelmeyerek farklı doğrultularda da etki edebileceği düşünüldüğünden, aynı 3 farklı enine donatı aralığına sahip basit mesnetli betonarme kirişler, aynı parametreler altında bu sefer X doğrultusunda darbe yüküne maruz bırakılarak analizleri yapılmıştır. Darbe yüküne maruz bırakılan 3 farklı enine donatı aralığına sahip kirişlerin deplasman-zaman grafikleri Şekil 9’da gösterilmiştir.

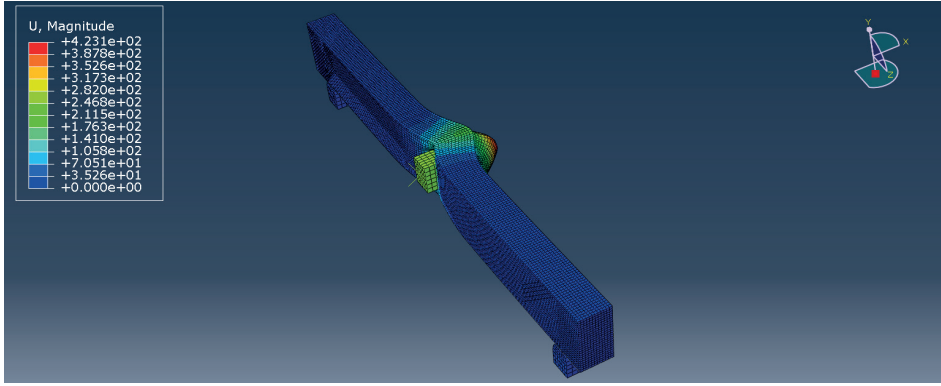


Şekil 9. Farklı Etriye Aralıklarına Sahip Betonarme Kirişin X Doğrultusundaki Yükleme Sonucu Deplasman - Zaman Grafiği

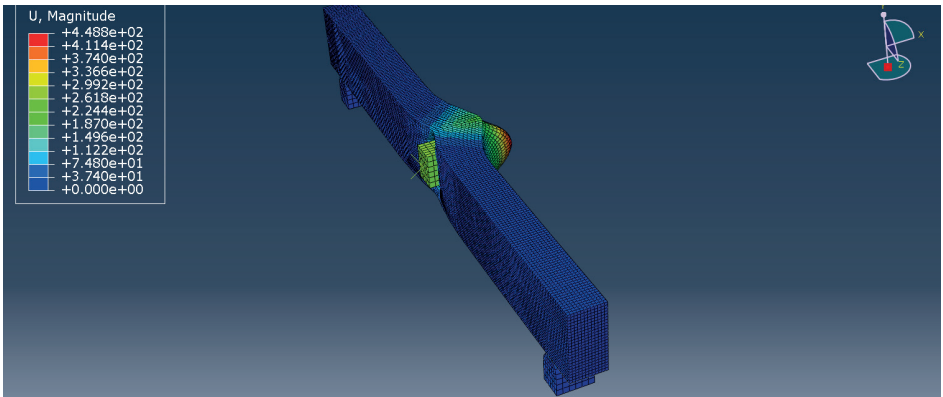
Gerçekleştirilen sonlu eleman analizleri sonucunda, Y doğrultusundaki yüklemelerde olduğu gibi X doğrultusundaki yüklemelerde de farklı enine donatı aralıklarının, betonarme kirişin darbe yükü altındaki davranışında belirgin bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında, X doğrultusunda yükleme sonucu oluşan max. deplasmanların, Y doğrultusunda yükleme sonucu oluşan max. deplasmanların yaklaşık olarak 1,5 katı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, tamamı etriyesiz olan kiriş ile orta bölgesinde 20 cm aralıklı etriye bulunan kirişin, aynı değerlerde max. deplasman yaptıkları tespit edilmiştir. Buradan, basit mesnetli betonarme kirişin darbe yüküne maruz bırakıldığında orta açıklığında etriye aralıklarının daha sık olması, max. deplasman miktarını azaltabileceği sonucuna varılmıştır. Kirişlerde oluşan min. ve max. deplasman değerleri Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmiştir.



Şekil 10. Tamamı Etriyesiz Kirişte Oluşan Max. Yatay Deplasman



Şekil 11. Tamamı 10 cm Etriye Aralığına Sahip Kirişte Oluşan Max. Yatay Deplasman



Şekil 12. Orta Bölgesi 20 cm, Uç Bölgeleri 10 cm Etriye Aralığına Sahip Kirişte Oluşan Max. Yatay Deplasman

KAYNAKÇA

- [1] M. Hafezolghorani, F. Hejazi, R. Vaghei, M. S. Bin Jaafar, and K. Karimzade, “Simplified damage plasticity model for concrete,” *Struct. Eng. Int.*, vol. 27, no. 1, pp. 68–78, 2017, doi: 10.2749/101686616X1081.
- [2] T. JANKOWIAK and T. LODIYGOWSKI, “Identification of Parameters of an Induction.pdf,” *Found. Civ. Environ. Eng.*, no. 6, 2005.
- [3] G. Demirtaş, “Çarpma Etkisindeki Ultra Yüksek Performanslı Lifli Betonarme Kirişlerin Sonlu Elemanlar Analizi,” Sakarya University, 2019.