MÜHENDİSLİK ALANINDA ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER - III

ARALIK 2021

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. SELAHATTİN BARDAK
DR. ÖĞRETİM ÜYESİ NESLİ AYDIN
DR. ÖĞRETİM ÜYESİ YALÇIN BOZTOPRAK

gece kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Editörler / Editors • Doç. Dr. Selahattin Bardak

Dr. Öğretim Üyesi Nesli Aydın

Dr. Öğretim Üyesi Yalçın Boztoprak

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2021

ISBN • 9978-625-8075-38-0

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1.
Sokak Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR
Telefon / Phone: +90 312 384 80 40
web: www.gecekitapligi.com
e-mail: gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume
Sertifika / Certificate No: 47083

Mühendislik Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler - III

Aralık 2021

Editörler

Doç. Dr. Selahattin Bardak
Dr. Öğretim Üyesi Nesli Aydın
Dr. Öğretim Üyesi Yalçın Boztoprak

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

EKSRAKTE EDİLEN MEŞE PELİTİ YAĞININ DİZEL BİR MOTORDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYON SALINIMLARI AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Ziya YUNUSLU & Süleyman ÜSTÜN 1

Bölüm 2

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KENTSEL ULAŞIM VE KONYA

Hatice Canan GÜNGÖR & Alihan İNAM 25

Bölüm 3

İMAR BARIŞININ ŞEHİRLEŞMEYE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ YÜREĞİR ÖRNEĞİ

Fazıl NACAR 35

Bölüm 4

TAHIL TEKNOLOJİSİNDE ULTRASES UYGULAMALARI

Ali GÖNCÜ & Sami Gökhan ÖZKAL 49

Bölüm 5

DİYET LİFİNİN ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Kübra ÜNAL & Nuran ERDEM & Halime ALP & Nazik Meziyet DİLEK 67

Bölüm 6

KÖMÜRÜN DEVREDEN KOLON FLOTASYONU - ŞLAM KÖMÜRLERİNİN YIKANMASI/ATIK YAĞLI ÇAMURLARIN ARITILMASI

Yıldırım İsmail TOSUN & Fethullah CHICHEK 101

Bölüm 7

TÜKETİCİLERE YÖNELİK DERİ İLE İLGİLİ BİLİNMESİ GEREKENLER

Nuray Olcay IŞIK 121

Bölüm 8
KÜR EDİLMİŞ ET ÜRÜNLERİNDE UÇUCU NİTROZAMİNLER
Selen SALLAN & Zeynep Feyza YILMAZ ORAL 135

Bölüm 9
BAZALT ÇAMURU İLE TUĞLA ÜRETİMİ
Hakan ELÇİ & İlker ÖZKAN & Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU & Zülfü DEMİRKIRAN 151

Bölüm 10
ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA HESAPLAMALI MALZEME MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMLARI VE DÖKÜM SİMÜLASYONU UYGULAMALARI
Tuğçe YAĞCI & Ümit CÖCEN & Osman ÇULHA & Adem KORKMAZ & Fatma Nur GÜLALAN 165

Bölüm 11
ÜNİVERSİTE KAMPÜS BİNALARI İÇİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE TASARRUFU ÖNERİLERİ
Derya Betül ÜNSAL & Koray KARABULUT 187

Bölüm 12
ERİŞİMLİ SİNİR AĞLARI KULLANARAK YAPRAKLI AĞAÇLARDAKİ ÖZIŞIN HÜCRELERİNİN TESPİTİ
Halime ERGUN 199

Bölüm 13
DİELEKTRİK MALZEMELERDE OLUŞABİLECEK ELEKTRİKSEL AĞAÇLANMANIN İNCELENMESİNE YÖNELİK AKILLI SİSTEM TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ
Musa Faruk ÇAKIR & Mustafa KARHAN 213

Bölüm 14
KIMIZ VE KEFİRİN PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ÖNEMLİ ETKİLERİ
Mevhibe TERKURAN 229

Bölüm 15
TUĞLA KIRIĞI TOZU VE POLİPROPİLEN LİF KATKILI HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ
Aylin AKYILDIZ 249
Bölüm 16
ATIK LİF KATKILI HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ
Aylin AKYILDIZ 261
Bölüm 17
KENTSEL ALANLARDA YAĞMURSUYU HASADININ ÖNEMİ
Meral KORKMAZ 271
Bölüm 18
AKILLI TURİZM KAVRAMI İÇERİSİNDE AKILLI OTEL UYGULAMALARI
Sezin GÜLERYÜZ & Cenk BORA 285
Bölüm 19
NODE-RED İLE NESNELERİN İNTERNETİ ÖRNEK DURUM ÇALIŞMASI
Ali Sinan ÇABUK 315

Bölüm 1

EKSRAKTE EDİLEN MEŞE PELİTİ YAĞININ DİZEL BİR MOTORDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANS VE EGZOZ EMİSYON SALINIMLARI AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Ziya YUNUSLU[1]

Süleyman ÜSTÜN[2]

1 Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Mühendisliği, Yüksek Lisans Mezun Öğrenci, 45000 MANİSA
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Akhisar Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölüm Başkanı, 45200 Akhisar/ Manisa

2 Sorumlu yazar. ORCID: 0000-0001-8349-1236, Tel: +90 236 4359531; Fax: +90 236 413 70 58, E-mail: suleyman.ustun@cbu.edu.tr, (Danışman: Dr.Öğretim Üyesi Süleyman ÜSTÜN, Yazar: Ziya YUNUSLU, Tez no: 685308, https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp)

1.GİRİŞ

Günümüzde, dünyada kullanımı gerçekleştirilen enerjinin çok büyük bir kısmı fosil yakıtların kullanımıyla elde edilmektedir. Petrol bağımlılığının azaltılması ve fosil yakıtlara göre daha çevreci olan alternatif yakıtlar araştırmacıların ilgisini çekmektedir. İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların, maliyetlerinin düşük olması, termal verimliliklerinin yüksek olması, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışabilmesi, düşük egzoz emisyonu ve düşük yakıt ekonomisi oluşturması istenir. [1,2]. Biyodizelin yenilenebilir olmaları ve zararlı emisyon değerlerinin fosil yakıtlara göre düşük oluşu araştırmacıların ilgisini çekmektedir. [3]. Meşe palamutu dünya deri endüstrisinde derilerin doğallığını koruması için kullanılmaktadır. Hayvan yemi olarak da kullanılan meşe palamudu az miktarda protein, orta derecede ham sellüloz ve fazla miktarda karbonhidrat içermektedir [4,5]. Orman genel müdürlüğü açıklamasına göre ülkemizde toplam 5.152.561,8 Ha meşe palamudu ormanları vardır. Ülkemizin yıllık palamut rekoltesi ortalama olarak 80-90 bin ton civarındadır. [6,7]. Farklı karışım oranlarında ayçiçeği, soya ve kanola yağı biyodizellerinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkilerini araştırmıştır. Yapılan araştırma sonucunda motor moment ve güçte düşüş olduğu, BSFC' de artış olduğu, egzoz emisyonlarında ise dizele oranla azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kanola yağı metil esterinde en az duman ve CO değeri elde edilmiştir. NO_x egzoz emisyon değeri soya ve kanola metil esterleri kullanımı ile artmıştır. Soya yağı metil ester kullanımında duman emisyonları %19,5 azalmıştır [8,-10]. Atık kızartma yağı ve bitkisel yağlardan elde edilen metil esterler motor performansını düşürürken CO ve HC yi azaltmaktadır [11,12]. İçingür ve Koçak [13], fındık yağı metil esterinin tork, güç ve fren özgül yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtına yakın özelliklerde olduğu, elde ettikleri biyodizelin, dizel yakıtı için alternatif bir yakıt olabileceği ifade edilmiştir. Hossain ve arkadaşları [14], piroliz yağı ile biyodizelin %20' ye kadar karışımının, herhangi bir katkı maddesine ihtiyaç duymadan direk enjeksiyonlu bir CI motorunda kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Rakopoulos ve arkadaşları [15], ham bitkisel yağlar (pamuk, ayçiçek, mısır, zeytinyağı) %10 ve %20 dizel yakıtı içerisinde kullanılması tüm yüklerde ve devirlerde fren özgül yakıt tüketimlerinde ve ısıl verimlerinde dizel yakıtının verilerine yakın değerler çıktığı görülmüştür. Alptekin [16], atık tavuk ve deri yağından hayvansal yağ kökenli biyodizel üretmiştir. Yapılan deneylerde düşük hidrokarbon ve karbonmonoksit egzoz emisyon değerleri tespit edilmiştir. Altun ve Oner [17], transesterifikasyon yöntemi ile elde ettikleri aspir yağı metil esterini hacimsel olarak %5,%20 ve %50 oranlarında dizel yakıtına karıştırarak yaptıkları çalışmada, partikül madde, is ve CO gaz salınımlarında kabul edilebilir değerlerde azalma elde etmişlerdir. Dizel yakıtına biyodizel ilavesi yakıtın daha erken tutuşarak yanma-

nın erken başlamasına sebebiyet vermektedir [18]. Kannan ve Marappan, [19], ortaya koydukları çalışmada, kanola yağı biyodizeli ve dietileter/su karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri gözlemlenmiştir. %20 dietileter biyodizel karışımının motor performasını arttırdığını ve emisyonlar bakımında da en iyi sonuçların elde edildiği ifade edilmiştir. Chauhan ve arkadaşları [20], kaju bitkisi yağından elde ettikleri biyodizelin tutuşma sıcaklığının düştüğü, silindir içi maksimum basıncın azaldığı belirtilmiştir. Benzer çalışmada kaju bitkisi biyodizelinin %20' ye kadar dizel motorda kullanılabileceği belirtilmiştir. Biyodizel ilavesinin maksimum yanma basıncı ve ısı yayılımını azaltırken yanma periyodunu arttırdığını gözlemlenmiştir. %20 biyodizel karışımlarında duman ve CO emisyonu verilerinde dizel yakıtına oranla önemli miktarlarda düşüş gözlemlenmiştir. [21-23]. Atık balık yağı biyodizeli Balık yağını biyodizeli CO, HC, FÖYT ' yi CO_2 eisyonunu artırmıştır [24-26]. Mahalingam ve arkadaşları Biyodizel (POBD) içerisine (5 ve 10 ppm) gümüş oksit (Ag_2O) nanoparçacık ilavesi fren özgül yakıt tüketiminde azaltmıştır. Transesterleştirilmiş bitkisel yağ türevlerinin, dizel motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabileceği öngörülmektedir [27,28]. Üstün [29], hacimsel olarak %90 dizel yakıtı (motorin) ve %10 atık fuzel yağından oluşan karışımın içerisine 12ppm mangan ilavesinin CO_2 verilerinde %13,17, NO_x verilerinde ise %17,02 bir azalma sağladığını tespit edilmiştir. Karabaş [30], meşe palamudu çeşidinin yağ oranı %10±0,4 olduğu tespit etmiştir. Meşe palamudu yağından üretmiş olduğu biyodizel için parlama noktası 145 ºC, akma noktası 6 ºC tespit edilmiştir. Laboratuvar ölçeğinde biyodizel üretimi %90 oranında bir verimlilik sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmanın amacı ilk olarak atık meşe palamut çekirdeğinin (meşe peliti) içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği ve yakıt potansiyelinin araştırılmasıdır. İkinci olarak herhangi bir metil ester üretim süreçleri uygulamadan ekonomik olduğu öngörüldüğünden sadece ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen meşe peliti yağı ekstraksiyonu yakıt numunelerinin, doğrudan motorin içerisinde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Yapılan çalışmada ilk defa ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen meşe peliti yağı ekstraksiyonu, hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında motorin içerisine ilave edilip, elde edilen test yakıtları tek silindirli atmosferik dizel bir motorda denenerek, motor performans ve egzoz emisyonları açısından araştırma sonuçları ortaya konulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada pelit yağı ekstraksiyonu (PYE) hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarda motorine ilave edilip tek silindirli 4 zamanlı dizel bir motorda motor performans ve emisyon değerleri açısından test edilmiş ve sonuçlar motorinle kıyaslanmıştır. Şekil 2.1' de, çalışmanın yapıldığı test düzeneğinin şematik resmi görülmektedir.

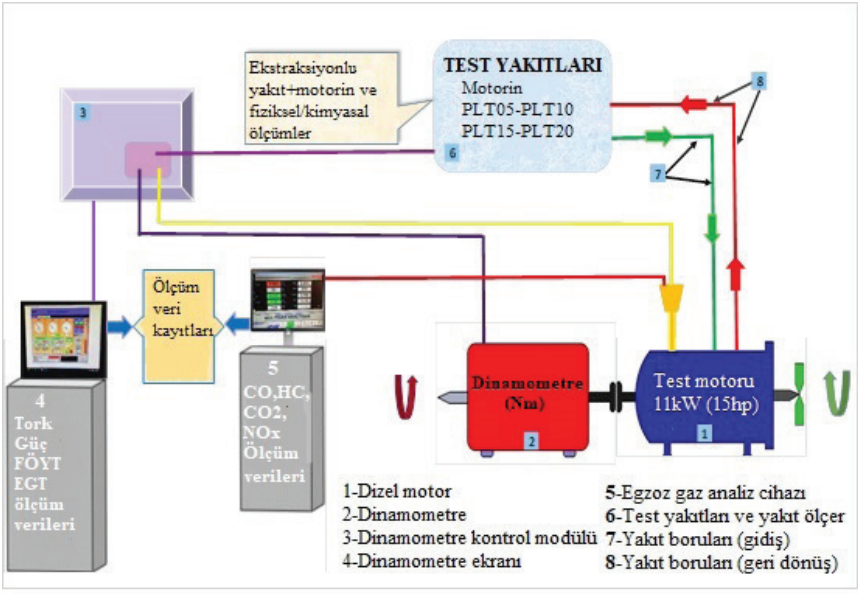
2.1 Materyal

2.1.1 Test Motoru

Yapılan çalışmada sıkıştırma ile ateşlemeli, tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyon sistemi olan hava soğutmalı, turbosuz, atmosferik şartlarda çalışan Thorq marka TH600 model bir dizel motor kullanılmıştır. Bu motorunun teknik parametreleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Dizel TH600 motorunun teknik parametreleri

Model	Dizel TH600
Silindir Sayı	1
Silindir Hacmi	603
Piston Çapı x Strok	95 mm x 85 mm
Sıkıştırma Oranı	17:1
Maksimum Tork – Nm&d/dk	35 Nm & 2000 d/dk
Maksimum Güç – BG (kW) & d/dk	15(11)&3000 d/dk



Şekil 2.1 Test düzeneğinin şematik resmi

2.1.2 Motor Dinamometresi ve Kontrol Ünitesi

Motor performans kriterlerinin ölçümlerinde yapılan çalışmada, 80 Nm fren torkuna sahip dinamometre kullanılmıştır. Kullanılan dinamometrenin motor test donanımında bulunan rotary encoder vasıtası ile; motor devri, motor torku ve motor gücü hassas ölçülerek veriler gerçek zamanlı

olarak bilgisayara kayıt edilebilecek yapıdadır. Diğer yandan motor test donanımı ile; içten yanmalı motorların yakıt sarfiyatı, egzoz gazı sıcaklığı, ölçülerek veriler gerçek zamanlı olarak bilgisayara kaydedilebilmektedir. Aynı zamanda dinamometre kontrol ünitesi çalışma sırasında test motorunun hem hızını hemde yükünü ayarlamak gibi fonksiyonlara sahiptir. Dinamometreye ait teknik parametreler Tablo 2.2' de verilmiştir.

Tablo 2.2 Dinamometreye ait teknik parametreler

Maksimum fren torku	83 Nm
Maksimum fren gücü	26 kW
Egzoz sıcaklık ölçüm aralığı	0- 1000°C (Thermocouple)
Çalışma devri	0 – 8000 d/dk
Çalışma voltajı	380V, AC,
Ortam sıcaklığı	40°C
Soğutma	IC06 (Radyal fan üniteleri ile ayrı havalandırma)
Kontrol ünitesi	Motor devri ve yük kontrolü, anlık hız, tork, güç, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı

2.1.3 Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Egzoz emisyon karakteristikleri Bilsa Marka MOD 2210 model egzoz emisyon cihazı ile tespit edilmiştir. Tablo 2.3' de egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.3 Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	ÖLÇÜM ARALIĞI	HASSASİYET
CO	0-%10	%0,001
CO_2	0-%20	%0,001
HC	0-10000	1 PPM
O_2	0-%25	%0,01
CO Corr	0-%10	%0,001
NO_x (OPS.)	0-5000	1 PPM
Lambda	0,5-2.00	0.001
AFR	5-30	--
Motor Yağ Isısı (OPS.)	0-150 °C	1 °C
Devir (RPM) (OPS.)	0-9990 d/dak.	10 d/dak.
Opasite (Pusluluk Derecesi)	%0-100	%0,1

2.2. Meşe Peliti Yağ Oranının Belirlenmesi

Bu çalışmada atık meşe palamudunun çekirdeği olan pelit öğütüldükten sonra 55-60 ˚C de yarım saat fırınlanıp sokhlet ekstraksiyonu yöntemi ile yağı alınarak pelit içerisindeki mevcut yağ oranı belirlendi. Pelit yağ oranı belirleme aşamaları Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 *Meşe pelidi yağ alma prosesi*

Valeks-Artu Kimya San. Ve Tic.Ltd. Şti. Fabrikadan temin edilen ham pelit, önce kaba olarak doğranıp öğütme makinasında ince toz haline getirilmiştir. Daha sonra Soxhlet cihazında yağ numunesi 100 g numune pelitte 10.2g olarak tespit edilmiştir. Testlerde EN590 ticari motorin kullanılmıştır. Meşe peliti yağı bu motorin içerisine belirli oranlarda karıştırılmıştır. Tablo 2.4' de dizel yakıtı motorinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.4 Avrupa motorin standartları (EN 590) [31]

Özellikler	Birim	EN 590 Haziran 2010	Standart
Setan Sayısı	-	51 min.	EN ISO 5165 EN 15195
Setan İndisi	-	46 min.	EN ISO 4264
Yoğunluk (15°C)	$Kg.m^{-3}$	820-845	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Kükürt	$Kg.m^{-1}$	10 mak.	EN ISO 20846 EN ISO20884
Parlama Noktası	°C	55min.	EN ISO 22719
Karbon Kalıntısı	% kütlesel	0,30 mak.	EN ISO 10370
Kül	% kütlesel	0,01 mak.	EN ISO 6245
Su	mg.kg	200 mak.	EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg.kg	24 mak.	EN 12662
Oksidasyon Kararlılığı	$g.m^3$	25mak.20min.	EN ISO 12205 EN 15751
Viskozite (40°C)	$mm^2.s^{-1}$	2,0-4,5	EN ISO 3104
Yağ Asidi Metil Esteri	% (hacimsel)	7 mak.	EN 14078
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası Yaz/Kış	°C	15 / +5	EN 116

2.3. Meşe Peliti Ekstraksiyon Numunesi Hazırlığı

Yapılan bu çalışmada öncelikle öğütülüp, fırınlanmış 1kg meşe peliti 1kg kerozen ile iyice karıştırıp 24 saat bekletildikten sonra press makinasıyla preslendi. Preslenen malzeme süzüldükten sonra karışımın toplam ağırlığı 1102g tespit edildi. Sonuç olarak 1kg meşe pelitinden 102g (%10,2) ham yağ eldesi sağlandı. Daha önce yapılan çalışmada %10±04 yağ oranı belirlenmiştir [29]. Pelit yağı kerozen eksraksiyon süreçleri Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Meşe pelitinin %10,2 oranında olan yağını ekstraksiyon yöntemile elde edilmesinin tercih nedeni, bu yöntemin transesterifikasyon yöntemine göre daha ekonomik olduğu ön görüldüğündendir. Bu yöntem herhangi bir kimyasal proses içermediğinden üretilen yakıtın yağ asit oranına dikkat ederek direk motorinle karıştırılabilir. Çözeltici olarak kerozeni kullanma nedenimiz ise daha ekonomik olması ve kimyasal yapısının motorine daha yakın olmasından dolayıdır.



Şekil 2.3 Meşe peliti extraksiyon aşamaları

2.4 Test Yakıtlarının Hazırlanması

Yapılan testlerde motorine meşe peliti yağı ekstraksiyonunu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilerek sırasıyla PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları Tablo 2.5'de verilmiştir.

Tablo 2.5 Test yakıtları ve karışım oranları

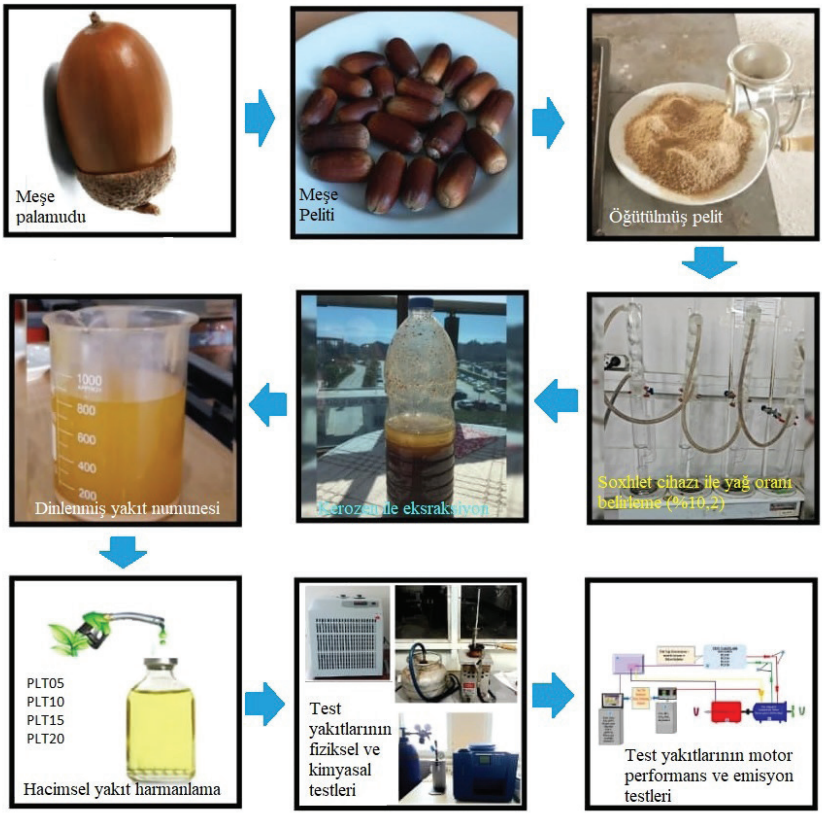
Motorin + Pelit Yağı Eksrtaksiyonu	
SEMBOL	KARIŞIM İÇERİĞİ
Motorin	%100 motorin + %0 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT05	%95 Motorin + %5 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT10	%90 Motorin + %10 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT15	%85Motorin + %15 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı
PLT20	%80 Motorin + %20 Pelit Yağı Eksraksiyonu Karışımı

2.5 Meşe Peliti Ekstraksiyonunun Çevrimi

Meşe peliti ekstraksiyonunun hazırlanması, test yakıtlarının özellikleri motor performans ve emisyon verileri ölçümlerini kapsayan grafiksel çevrim Şekil 2.4 'te verilmektedir.

2.6 Yöntemler

Testler Manisa Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü Otomotiv Teknolojisi Programı laboratuvarlarında (Test yakıtları fiziksel ve kimyasal özellikleri "biyodizel laboratuvarında", motor performans ve emisyon testleri "Motor ayarları ve test laboratuvarında") gerçekleştirilmiştir. Motorin içerisine meşe peliti yağı eksraksiyonu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave edilip motor performansları ve egzoz emisyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada testlere başlamadan önce dizel motorun pompa, enjektör, tüm bağlantı elemanları kontrolleri yapılarak hava filitresi, yakıt filitresi, ve motor yağı değiştirilmiş, yakıt ölçerin tank ve boru temizliği, motor yakıt sistemi havasının alımı, motor yer sabitleme ve dinamometre bağlantı kaplin kontrolleri, egzoz sıcaklık sensörü bağlantı kontrolü, yakıt giriş ve geri dönüş boruları sızdırmazlık kontrolleri, egzoz emisyon cihazı egzoz probu temizliği yapılarak motor test öncesi kontrol ve hazırlıkları yapılmıştır. Her teste başlamadan önce test motoru sıcaklığı 300 °C ye getirildikten sonra testlere başlanmıştır (Test bitimide aynı sıcaklık değerlerine gelinceye kadar motor rölantide çalıştırılmıştır). Tam yük şartlarında, motor önce tam gaz yapılarak maksimum çıkabileceği devre getirildi. Dinamometre ile ters (karşı yük) yük uygulandı (Dinamometre her yüklemede motor devrinde 25 devir düşme sağlayacak şekilde ters yükleme yapmaktadır).



Şekil 2.4 Meşe peliti ekstraksiyonunun grafiksel çevrimi

3500 d/dk test başlangıç devridir. Bu devirde motor performans değerleri (Tork-Nm,Güç-kW, Fren özgül yakıt tüketimi-g/kwh, Egzoz gaz sıcaklık ºC) ile egzoz emisyon değerleri (CO-%, HC-%, CO_2-% ve NO_x-ppm) anlık olarak bilgisayara data veri olarak kaydedilmiştir. Tüm testler 3000, 2500, 2000 ve 1500 d/dk için tekrarlanmıştır. 1500 d/dk dan sonra titreşim ve güvenlik sebebi ile bu devirde test sonlandırılmıştır. Çalışmada tüm test yakıtları için egzoz emisyon ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılmadan önce Bilsa marka emisyon ölçüm cihazı uzaktan internet bağlantısı sağlanarak firma tarafından cihaza yazılım ve kalibrasyon güncellemesi yapılmıştır. Cihaz filitreleri değiştirilmiştir. Her ölçümde değerler belli bir kararlılığa ulaşması beklenip ardından ölçüm değerleri alınarak sonuçlar kaydedilmiştir.

3. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR

3.1 TEST YAKITLARI

Elde edilen PYE' nu hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında dizel yakıtı motorinle karıştırılıp, sırasıyla PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları elde edilmiştir. Test yakıtları tek silindirli atmosferik dizel bir motorda denenerek motor performans ve egzoz emisyon değerleri motorin yakıtı ile kıyaslanmıştır. Tablo 3.1'de elde edilen ham pelit yağının asidik değerleri verilmiştir. Test yakıtlarının ASTM standartlarına uygun olarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ölçüm sonuçları Tablo 3.2' de verilmektedir.

Tablo 3.1 Pelit yağı asidik değerleri

ASİT TÜRLERİ	ORANLARI%
Miristik Asit	0,14
Palmitik Asit	15,63
Palmitoleik Asit	0,13
Morgarik Asit	0,14
Heptodesenoik Asit	0,07
Stearik Asit	1,79
Oleik Asit	58,16
Linoleik Asit	22,4
Araşidik Asit	0,2
Linolenik Asit	0,88
Gadoleik Asit	0,31
Benerik Asit	0,13
Lignoserik Asit	0,04

Özellikler	Dizel ASTM D975		Kerozen	Motorin	PLT05	PLT10	PLT15	PLT20	Saf Pelit Yağı	Pelit Ekstraksiyon
	Test Metot	Sınır Değerleri								
Viskozite 40°C (mm/s)	ASTM D445	1,9-4,1	1-1,9*	2 - 4,5*	2,612	2,656	2,783	3,080	33,181	5,26
			1,2	3,096						
Yoğunluk 15°C (kg/m³)	ASTM D1298	-	770-810*	820-845*	838	824	813	808	1006	806
			778	841						
Donma Noktası (°C)	ASTM D97	Bölgesel	-48 -52	-47	-47,4	-47,8	-48,4	-48,8	-35,5	-49

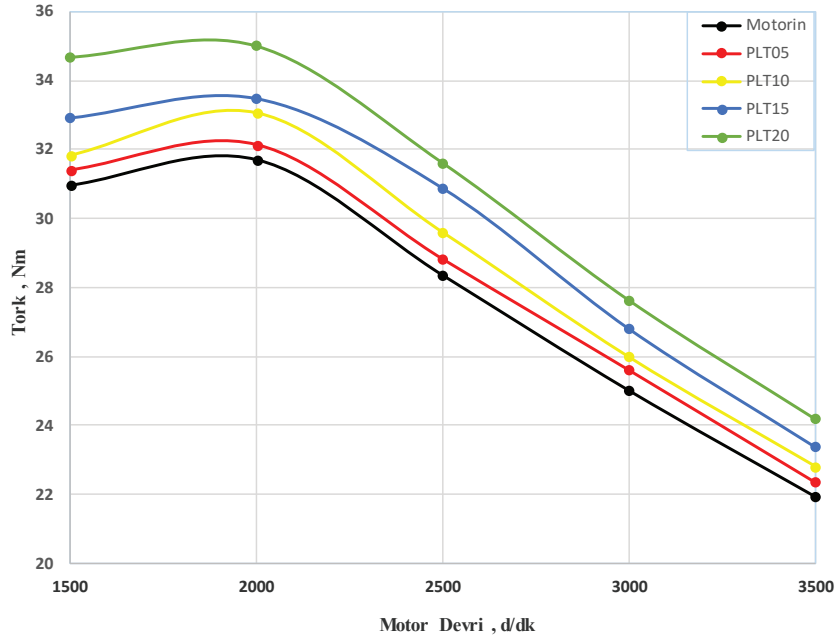
Parlama Noktası (°C)	ASTM D975	52 min	38	78	75	71	64	62	216	58,5
Alevlenme Noktası (°C)	ASTM D975	58 min	44	85	82	78	72	68	221	64,6
Isıl Değeri (kJ/kg)	ASTM D240-19	-	42678	43253	43038	42973	42593	42138	37924	41226

Tablo 3.2 Test Yakıtlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri *Tüpraş verileri [32]

Tablo 3.2 incelendiğinde motorin içerisinde ekstraksiyon oranı arttıkça test yakıtlarının yoğunlukları azalmıştır. Normalde pelit ham yağının yoğunluğu yüksek olmasına karşın kerozenin yoğunluğu motorine göre daha düşüktür. Pelit yağının kerozen ile ekstraktesi yakıt yoğunluklarını düşürmüştür.

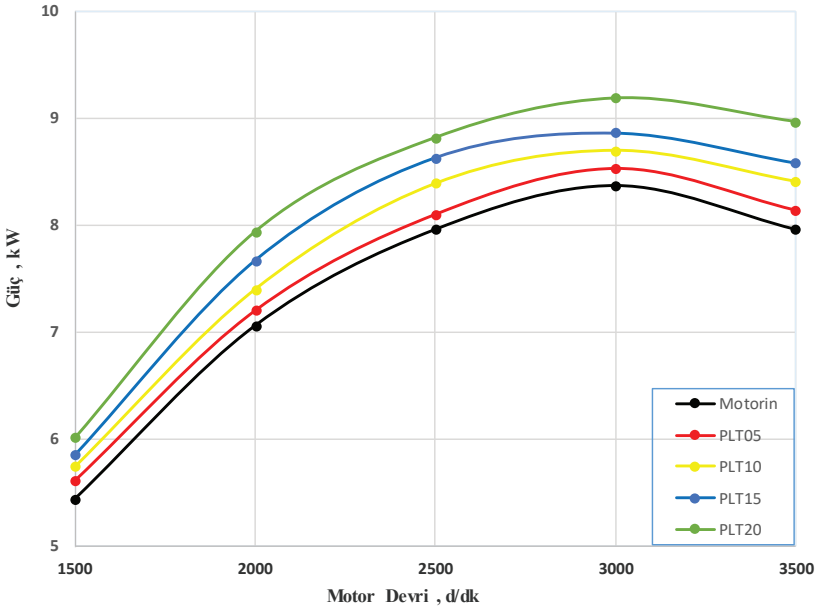
3.2 MOTOR PERFORMANSLARI

Şekil 3.1. ve 3.2.'de motorine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak motor tork ve güçteki değişimleri görülmektedir. Motorin ve test yakıtları incelendiğinde; başlangıç motor hızında (1500d/dk) momentin düşük çıktığı, motor hızının artmasıyla motor momentinin de arttığı fakat maksimum tork devrine ulaştıktan sonra tekrar düştüğü görülmektedir. Deneysel verilere göre maksimum tork devri olan 2000 d/dk'da tork değerleri motorin için 31,71 Nm, PLT05 yakıtı için 32,15 Nm, PLT10 yakıtı için 33,07 Nm, PLT15 yakıtı için 33,48 Nm, PLT20 yakıtı için 35,01 Nm olarak tespit edilmiştir. Buna göre maksimum tork devrinde motorine göre PLT05, PLT10, PLT15 ve PLT20 test yakıtları sırasıyla %1,36, %4,11 %5,28 ve %9,4 oranında bir tork artışı sağlanmıştır. En çok tork artışı PLT20 yakıtında elde edilmiştir. Yakıtların, ısıl değeri motorine göre düşük olmasına rağmen, içerdiği oksijen miktarı nedeni ile silindir içinde bir miktar daha iyi yanma sağlayarak, moment değerleri bakımından motorine göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Diğer yandan test yakıtlarının yoğunluklarının motorine göre düşük olması silindir içi daha düşük yakıt moleküllerinin oluşmasına sebebiyet vererek daha iyi bir yanma sağlanması sonucu tork artışını tetiklemiş olduğu düşünülmektedir [20,33-35].



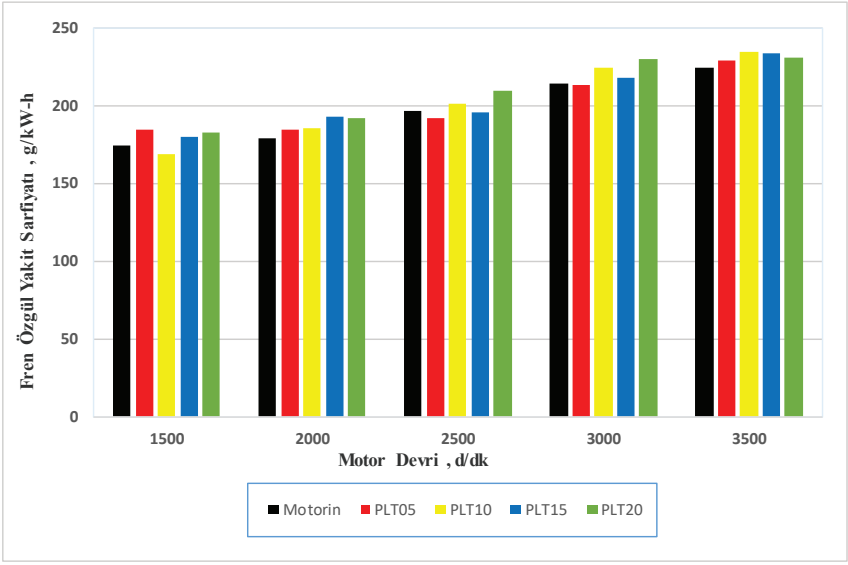
Şekil 3.1. Test yakıtlarının devir-tork değişimleri

Deneysel verilere göre, maksimum güç devri olan 3000 d/dk'da, motorin için 8,37 kW, PLT05 yakıtı için 8,53 kW, PLT10 yakıtı için 8,7 kW, PLT15 yakıtı için 8,86 kW ve PLT20 yakıtı için 9,19 kW ölçülmüştür. Maksimum güç devirinde ise motorine göre PLT05' de %1,87, PLT10' da %3,79 , PLT15' de %5,53 ve PLT20' de %8,92 oranında güç verilerinde artış sağlanmıştır. Güç verileri motorine göre yüksek olmasının nedeni olarak, test yakıtları yoğunluklarının motorin yakıtına göre daha düşük ve pelit eksraksiyonunun oksijen içeriğinin motorine göre daha yüksek olması , bu durumun yanma sonu basıncını yükselterek yanma verimini iyileştirmesi sonucu güç değerlerinde artış olmuştur [24,33,34].



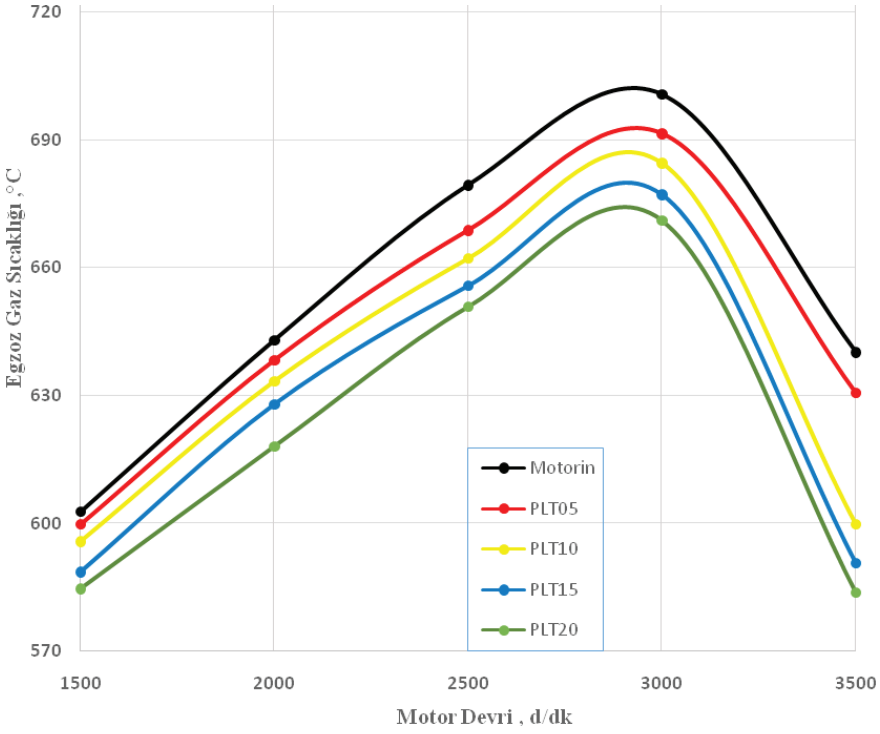
Şekil 3.2. Test yakıtlarının devir- güç değişimleri

Şekil 3.3' de test yakıtlarının motor devrine bağlı olarak fren özgül yakıt tüketimine olan etkileri görülmektedir. Fren özgül yakıt tüketimleri (FÖYT); genel olarak karışım oran artışlarına bağlı olarak artmıştır. Maksimum tork devrinde (2000 d/dk) FÖYT sırasıyla, motorinde 179,025 g/kWh, PLT05' de 184,493 g/kWh, PLT10'da 185,098 g/kwh, PLT15' de 193,119 g/kWh, PLT20'de 192,210 g/kWh ölçülmüştür. Tüm motor devirlerinde FÖYT ortalama olarak PLT05' de %1,59, PLT10'da %2,23, PLT15' de %3,17 ve PLT20' de %5,48 artmıştır. Yakıt ısıl değeri FÖYT'nin artması veya azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Pelit yağının düşük ısıl değeri fren özgül yakıt tüketimini artırmaktadır [19,26].



Şekil 3.3 Test yakıtlarının devir–fren özgül yakıt sarfiyatı değişimleri

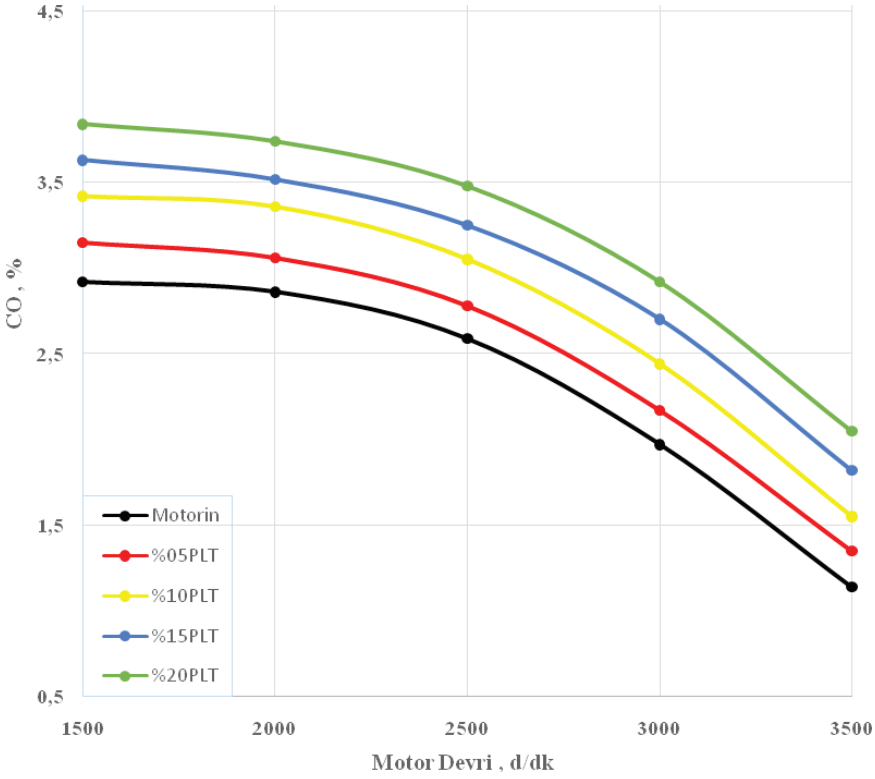
Şekil 3.4'de test yakıtlarının motor devrine bağlı olarak egzoz gaz sıcaklığına olan etkileri görülmektedir. Maksimum tork devrinde (2000d/dk) egzoz gaz sıcaklığı motorinde 643,053 °C, PLT05'te 638,336 °C, PLT10'da 633,379 °C, PLT15'de 628,051 °C, PLT20'de 618,051 °C olduğu tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde egzoz sıcaklığı ortalama olarak PLT05'te %1,13, PLT10'da %2,87, PLT15' de %4,04 ve PLT20' de %5,11 oranında düşüş gerçekleşmiştir. Motorlarda meydana gelen yanma neticesinde gazların, egzozdan çevreye çok yüksek sıcaklıklarda atılması olumsuz bir durum olarak değerlendirilir. Test yakıtları içerisinde PYE oranı artışına bağlı olarak motorine göre alt ısıl değerlerinde düşüş meydana gelmektedir. Isıl değerin düşmesiyle silindir içerisine sürülen enerji miktarı da azalmaktadır ve buna bağlı olarak yanma sonu sıcaklıkları, içerisinde PYE bulunan yakıtlarda motorine göre daha düşük olmaktadır. Test yakıtlarının hesaplanan adyabatik alev sıcaklığı ve ölçülen alev sıcaklığı motorin yakıtından daha düşüktür [26,29,36].



Şekil 3.4. Test yakıtlarının devir-egzoz gaz sıcaklık değişimleri

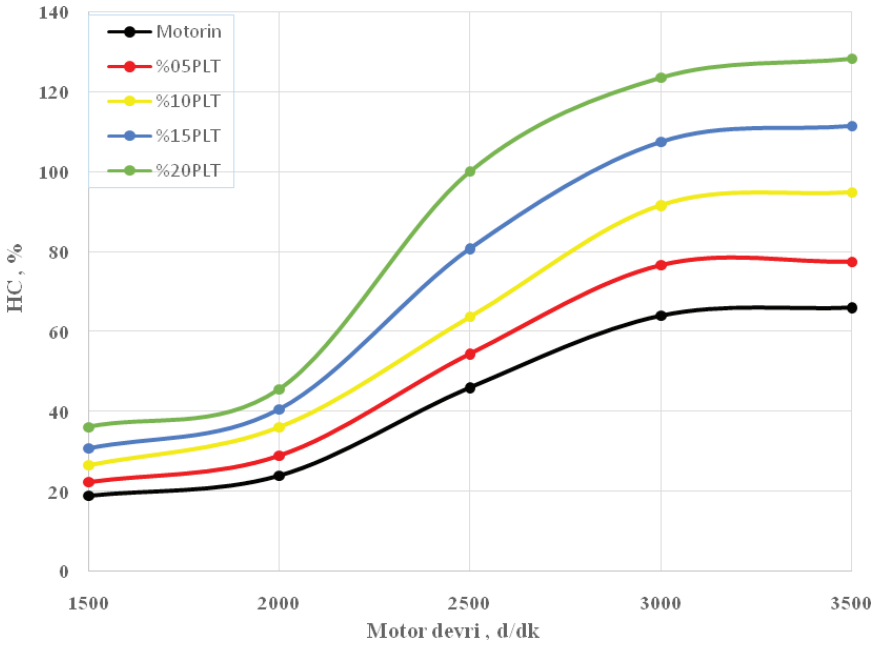
3.3 MOTOR EMİSYONLARI

Şekil 3.5'te motorine %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin, motor devrine bağlı olarak CO emisyonlarına olan etkileri görülmektedir. Motorine PYE ilave edilmesiyle CO emisyonlarının arttığı görülmüştür. Testlerde maksimum tork devrinde (MTD) yakıtların CO değerleri sırasıyla PLT05'te %3,06, PLT10'da %3,36, PLT15'te %3,52 ve PLT20'de %3,74 olarak ölçülmüştür. Tüm motor devirlerinde ortalama CO değerleri PLT05'te %9,08, PLT10'da %18,05, PLT15'te %24,60 ve PLT20'de %29,99 oranlarında artış gerçekleşmiştir. CO emisyonlarını oluşturan en büyük parametrelerden biri hava/yakıt oranıdır. Motor yükünün daha fazla arttırılması ve karışımın zenginleşmesi ile birlikte CO emisyonlarında artış meydana gelmiştir [9,12,14].



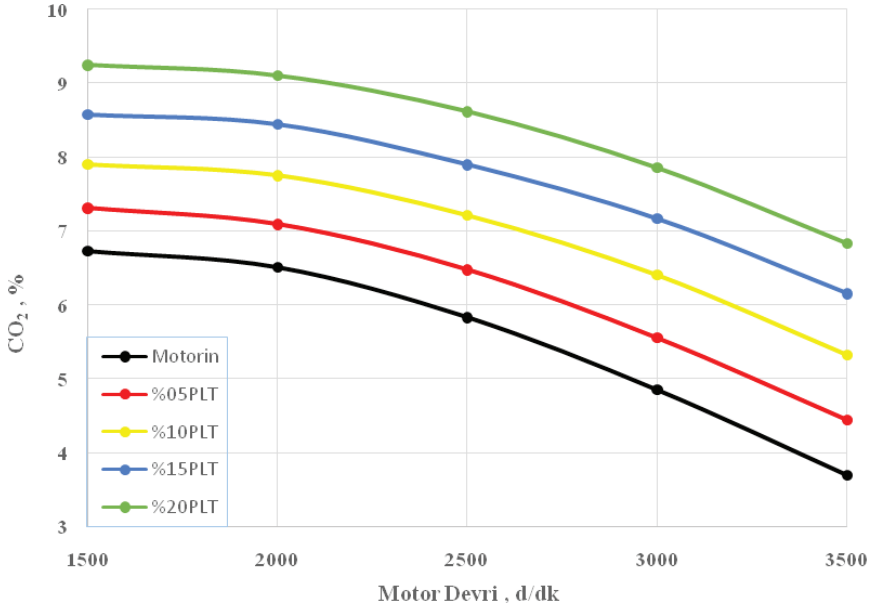
Şekil 3.5 Test yakıtlarının devir- CO değişimleri

Şekil 3.6'da motorine belirli oranlarda (%5, %10, %15 ve %20) PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak HC emisyonlarına olan etkileri görülmektedir. Yapılan test sonuçlarına göre HC değerlerinin motorin değerlerine göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. MTD'de HC değerleri PLT05'te %28,9, PLT10'da %36,1, PLT15'te %40,5 ve PLT20'de %45,56 tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama HC değerleri PLT05' de %15,82, PLT10'da %30,1, PLT15'te %40,71 ve PLT20'de %49,15 oranlarında artış gerçekleşmiştir. Hidrokarbon (HC) emisyonları, silindir içerisinde yanma sonunda oluşan eksik yanmadan kaynaklanmaktadır. Egzozda biriken bu yanmamış yakıtlar yanma esnasında tutuşma gecikmesinin artması ile birlikte artış göstermektedir [9,12,14].



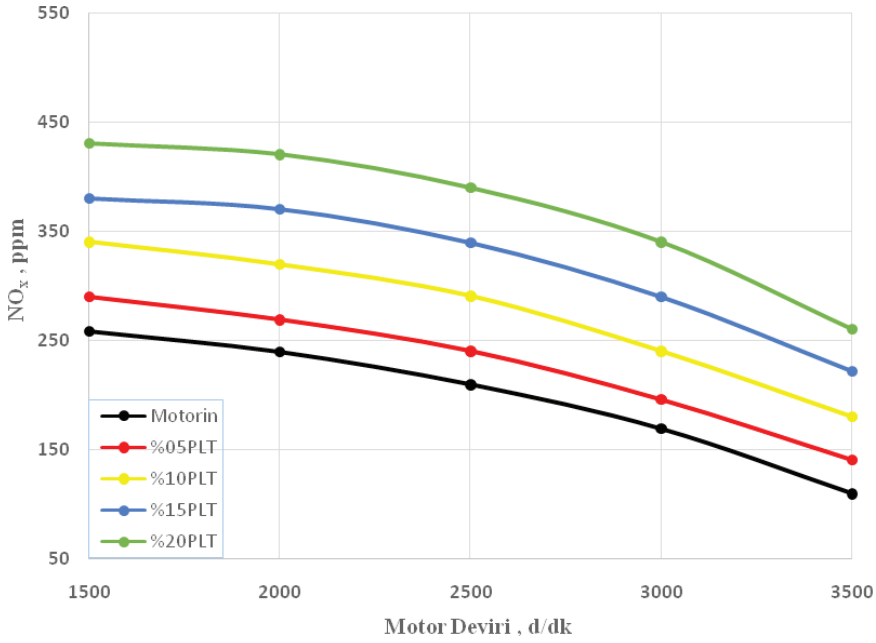
Şekil 3.6.Test yakıtlarının devir- HC değişimleri

Şekil 3.7'de test yakıtlarının CO_2 emisyon grafikleri görülmektedir. CO_2 emisyonu tam yanma gerçekleşmenin bir göstergesidir. Grafik incelendiğinde test yakıtlarının CO_2 emisyonu değerleri devir arttıkça azalmakta olduğu görülmektedir. MTD'de CO_2 emisyon değerleri PLT05'te %7,09, PLT10'da %7,76, PLT15'te %8,45 ve PLT20'de %9,11 tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama CO_2 emisyon değerleri PLT05'te %11,11, PLT10'da %20,96, PLT15'te %28,55 ve PLT20' de %34,42 oranlarında artış gerçekleşmiştir. Hidrokarbonların yanması sonucu ortaya çıkan egzoz emisyonlarının esas bileşenlerinden birisi de CO_2 emisyonudur. Motor yükünün artması ile artan silindir iç basıncı ile birlikte meydana gelen daha iyi bir yanmanın ürünü olan CO_2 emisyon değerlerini arttırmıştır [13,14,23].



Şekil 3.7 Test yakıtlarının devir- CO_2 değişimleri

Şekil 3.8.'de motorine %5, %10, %15 ve %20 oranlarda PYE ilavesinin motor hızına bağlı olarak NO_x emisyonlarına olan değişimleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde test yakıtlarının NO_x emisyon değerleri devir arttıkça azalmakta olduğu görülür. MTD'de NO_x emisyonu değerleri PLT05' de 268,97 ppm, PLT10' da 320,43 ppm, PLT15' de 370,92 ppm ve PLT20' de 420,51 ppm tespit edilmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak NO_x emisyon değerleri PLT05' de %13,98, PLT10' da %29,10, PLT15' de %39,52 ve PLT20' de %47,43 oranlarında artış gerçekleşmiştir. Test sonuçlarına göre NO_x emisyon değerinin en düşük olduğu yakıt motorin yakıtıdır. PYE ilaveli test yakıtları motorine göre fazla oksijen içerdiği ve bu durumun yanmayı iyileştirmesi, silindir içi basıncın artmasıyla ile NO_x emisyon verilerinde artış görülmüştür [8,10,12,14].



Şekil 3.8 Test yakıtlarının devir- NO_x değişimleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada yaşanan iklim değişikliği, araç sayılarının artması, kullanılan petrol türevli rezervlerin de zamanla hızla azalmayı tetiklemektedir. Bu durum petrol fiyatlarının yükselmesi ve sürekli artan dünya nüfusuyla birlikte enerji ihtiyacının artması, mevcut enerji rezerv kaynaklarının hızla tükenmesi araştırmacıları alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalara yöneltmiştir. Son yıllarda hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağlardan alınan, yenilebilir ve doğa dostu kaynaklardan üretilen biyodizel, dizel yakıtlara en büyük alternatif enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Yapılan çalışmada, PYE motorine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarda karıştırılarak tek silindirli, atmosferik bir dizel motorda test edilerek motor performans ve egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. Alınan test yakıtları dört zamanlı, hava soğutmalı, tek silindirli, elektrik dinamometresi ile yüklenebilen dizel bir motorda test edilmiş ve sonuçlar motorinle kıyaslanmıştır.

- Pelit yağı ekstraksiyonu alternatif bir yakıt potansiyeli teşkil ettiği görülmektedir.

- Motorin içerisine PYE eklenmesi tork ve güçte artışa sebep olmuştur. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak en çok tork artışı PLT20 test yakıtında (%9,4) ve güç artışı da PLT20 test yakıtında (%8,92) elde edilmiştir.

• Test yakıtlarında motorine göre fren özgül yakıt tüketimleri artmıştır. FÖYT en az artış PLT05 test yakıtında (%1,59) elde edilmiştir.

• Test yakıtlarının egzoz gaz sıcaklıklarında düşüş gerçekleşmiştir. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak egzoz gaz sıcaklığındaki azalma en çok PLT20 test yakıtında (%5.11) gerçekleşmiştir.

• Karbonmonoksit (CO) ve hidrokarbon (HC) emisyon değerlerinde artış olmuştur. Tüm motor devirlerinde ortalama olarak en az CO emisyon artışı PLT05 test yakıtında (%9,08) ve en az HC emisyonu artışı da PLT05 test yakıtında (%15,82) elde edilmiştir. Her iki emisyon değerlerinde en az artış PLT05 yakıtında tespit edilmiştir.

• Tüm motor yük ve devirlerinde test yakıtlarının NO_x miktarları motorine göre yüksek çıkmıştır. Ortalama olarak en az NO_x artışı PLT05' de (%13,98) elde edilmiştir.

• Tüm motor devirlerinde CO_2 değerleri motorine göre artış eğilimindedir. Ortalama olarak en az CO_2 artışı PLT05' de (%11,11) tespit edilmiştir.

Yapılan bu deneysel çalışma göz önüne alarak öneri olarak;

• Farklı oranlarda PYE ve farklı yakıtlar ile araştırma çerçevesi genişletilebilir.

• Ekstraksiyon yönteminin ekonomik analizi yapılabilir.

• Farklı enjeksiyon parametrelerinde motor performans ve emisyonları araştırılabilir.

• Emisyon ve egzoz sıcaklık değerlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için püskürtme ve yanma karakteristikleri incelenebilir.

• Ham pelit yağı yoğunluğu motorine göre yüksektir. Kerozen ekstraksiyonu yöntemi geliştirilerek elde edilecek biyoyakıt özellikleri motorin özelliklerine yaklaştırılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Natıonal Geographıc Dergisi (Türkiye). Biyoyakıt, Ekim 2007.

[2] Utlu, Z. "Türkiye'nin 2023 Yılı Enerji ve Ekserji Kulanım Verimliliğinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2003).

[3] Behçet R., Aydın S., Çakmak A., Bitkisel ve Hayvansal Atık Yağlardan Üretilen Biyodizellerin Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanılması, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(4), 55-62, 2012.

[4] Hasan Özgünay. Meşe palamutu ekstraktı valeks'in deri sanayisinde kullanılabilirliğının artırılması üzerine araştırmalar.Yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi. İzmir 2000

[5] Sarıçiçek, B. Z., & Kılıç, Ü. (2002). Meşe palamutunun yem değerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. Hayvansal Üretim, *43*(1), 32-44.

[6] Orman Genel Müdürlüğü, Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, Çankaya / Ankara-2013

[7] Şen, S., & Yalçın, M. (2013). Meşe palamudu (Quercus ithaburensis Decne subsp macrolepis) atıklarının Pleurotus ostreatus üretiminde kullanımı. Ekoloji, 20(78), 60-65.

[8] Nişancı. S Biyodizel yakıt karışımlarının performans ve emisyon üzerine etkilerinin incelmesi, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul 2007

[9] Çelikten, İ. ve Arslan, M.A., Dizel yakıtı, kanola yağı ve soya yağı metil esterlerinin direkt püskürtmeli bir dizel motorunda performans ve emisyonlarına etkilerinin incelenmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. 2008

[10] Bayrakçeken H, Yavuz H, Aksoy F, ve Ayhan Ş B. Soya yağının metil esterinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisi. 5. Uluslararası ileri teknolojiler simpozyumu. Karabürk 2009.

[11] Behçet, R., Çakmak, A. V., Aydın, S., İlkılıç, C., ve Aydın, H., "Atık kızartma yağı metil esterinin bir dizel motorunda motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin araştırılması", 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Elâzığ, 72-76 (2011).

[12] Wail M. A. and Khaled S. A., "Performance of diesel engine fuelled by a biodiesel extracted from a waste cocking oil", Energy Procedia, 18: 1317–1334 (2012).

[13] İçingür Y., Koçak M. S. 2006. Fındık Yağı Metil Esterinin Dizel Yakıtı Alternatifi Olarak Performans ve Emisyon Parametrelerinin İncelenmesi, Politeknik Dergisi 9(2):119-124.

[14] Hossain, A. K., Ouadi, M., Siddiqui, S.U., Yang, Y., Brammer, J., Hornung, A., Kay, M. and Davies P. A., "Experimental investigation of performance, emission and combustion characteristics of an indirect injection multi-cylinder CI engine fuelled by blends of de-inking sludge pyrolysis oil with biodiesel", Fuel, 105: 135–142 (2013).

[15] Rakopoulos, C.D., Giakoumis, E.G., Dimaratos, A.M., Founti, M.A., 2011, Comparative environmental behavior of bus engine operating on blends of diesel fuel with four straight vegetable oils of Greek origin, Sunflower, cottonseed, corn and olive, Fuel, 90, 3439-3446.

[16] Alptekin, E., Hayvansal atık yağlardan biyodizel üretimi ve bir dizel motorda kullanımının incelenmesi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2013, Sayfa:182.

[17] Altun Ş, Oner C, Ilkılıç Aspir yağının alternatif yakıt olarak dizel motor performansı ve motor elemanları üzerinde etkileri, Teknoloji, Cilt 8, Say 3,229-235 (2009)

[18] Özener, O., Yüksek, L., Ergenç, A. T., and Özkan, M., "Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics", Fuel, 115: 875–883 (2016).

[19] Kannan, K. T. and Marappan, R., "Comparative study of performance and emission characteristics of a diesel engine fueled by emulsified biodiesel/diethyl ether blended biodiesel", Journal of Applied Sciences, 11 (6): 2961-2967 (2011).

[20] Chauhan, B. S., Kumar, N., Cho, H. M. and Lim, H. C., "A study on the performance and emission of a diesel engine fueled with Karanja biodiesel and its blends", Energy, 56: 1-7 (2013).

[21] Dhar, A. and Agarwal, A. K., "Performance, emissions and combustion characteristics of Karanja biodiesel in a transportation engine", Fuel, 119: 70-80 (2016).

[22] Can, Ö., "Combustion characteristics, performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with a waste cooking oil biodiesel mixture", Energy Conversion and Management, 87: 676-686 (2016).

[23] İsmail Tiller Dizel motorlar için alternativ yakıt olarak biyodizel üretimi ve kullanımı, Yüksek lisans tezi, Pamukkale üniversitesi. Denizli 2005

[24] Ayatallah G., Mostafa M., and Reza H., Effects of waste fish oil biodiesel on diesel engine combustion characteristics and emission. Renewable Energy (2017), Pages 930-936

[25] Kusmiyati, T., & Wulandari, T. (2016). Waste fish oil biodiesel production and its performance in diesel engine. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(2).

[26] Özgür Düzgün, Balık yağından biyodizel üretimi ve motorlarda test edilmesi, Yüksek lisans tezi, Karabük Universitesi, Karabük 2015

[27] Devarajan, Y., Mahalingam, A., Munuswamy, D. B., & Arunkumar, T. (2018). Combustion, performance, and emission study of a research diesel engine fueled with palm oil biodiesel and its additive. Energy & Fuels, 32(8), 8447-8452

[28] Raman, L. A., Deepanraj, B., Rajakumar, S., & Sivasubramanian, V. (2019). Experimental investigation on performance, combustion and emission analysis of a direct injection diesel engine fuelled with rapeseed oil biodiesel. Fuel, 246, 69-74.

[29] Üstün, S., Atık fuzel yağı-motorin karışımı içerisine organik esaslı mangan ilavesinin motor performansı ve emisyon karakteristiklerinin araştırılması, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, (2021),36:3,1515-1529

[30] Karabaş, H., 2013. Acorn (Quercus frainetto L.) Kernel Oil as an Alternative Feedstock for Biodiesel Production in Turkey. Journal of Energy Resources Technology

[31] Kaplan, C. (2001). Ayçiçek Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli,26-42.

[32] https://www.tupras.com.tr/urunler/30.08.2021

[33] Efe, Ş., Ceviz, M. A., & Temur, H. (2018). Comparative engine characteristics of biodiesels from hazelnut, corn, soybean, canola and sunflower oils on DI diesel engine. Renewable Energy, 119, 142-151.

[34] Bayraktar, H. ve Durgun, O., "Buji ateşlemeli motorlar için alternatif yakıtların teorik değerlendirilmesi ve pratik kullanılabilirliği", Mühendis ve Makine, 48 (533): 48-56 (2004).

[35] Şenveli, E. (2008). Etanol Katkılı Yakıt Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlara Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 15-25.

[36] Sayın, C. (2012). Diesel engine emissionsimprovementsbytheuse of Sunflowermethyl ester /dieselblends. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 33(2), 83-88

Bölüm 2

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA KENTSEL ULAŞIM VE KONYA

Hatice Canan GÜNGÖR[1]
Alihan İNAM[2]

1 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Türkiye, Konya. cgungor@erbakan.edu.tr ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5563-9552
2 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Türkiye, Konya, alihan.inam@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1132-3353

1.GİRİŞ

Son günlerde hızla ilerleyen sanayi ve artan nüfus kent merkezlerinin daralmasına, buna bağlı olarak kent sınırlarının genişlemesine yol açmıştır. Kent sınırlarının genişleme tarımsal alanların tahribine ve doğal yaşam habitatlarının zarar görmesine sebebiyet vermiştir. Artan kent nüfusu beraberinde aşırı tüketimi getirmiş fakat bunun karşılığında tarım alanlarının kaybolması nedeniyle ülke üretimine ciddi zararlar vermiştir. Ortaya çıkan bu durum yetkilileri ivedilikle konu üzerinde çalışmaya ve farklı politikalar geliştirmeye sevk etmiştir. Sağlıklı bir kent planlamasının bel kemiği olan kent ulaşımı ise bu bağlamda ön plana çıkmış ve farklı disiplinler tarafından çeşitli yaklaşımlar gerçekleştirilmiştir. Son dönemde ortaya çıkan ve etkisini hala devam ettiren pandemi süreci ülkelerin planlarını altüst etmiştir. Bu kapsamda ülke ve şehir yönetimleri hızlıca plan değişikliği yapmış ve salgının önüne geçilmesi yönünde adımlar atmıştır. Ülkelerin büyük maddi yıkımlara uğramaması için zorunlu ticari işlemlerini devam ettirmesi gerekmektedir. Bunun gerçekleşmesi için ulaşım öncelikli çözülmesi gereken bir konu başlığıdır.

Bu araştırmada Konya ilindeki, akıllı şehir ve akıllı ulaşım konusunda şehrin topoğrafik avantajını çok iyi kullanmayı başaran büyükşehir belediyesinin konuyla ilgili yatırımlarına ve altyapı çalışmalarının örneklerine mercek tutulmuştur. Sürdürülebilir ulaşım kavramının gelecek nesillere aktarılması için atılan adımlardan örnekler sunulmuştur.

Kentlerde artan popülasyon beraberinde nüfus bazında yığılma ve yoğunlaşan yapılaşmayı getirir. Genişleyen kent sınırları şehir merkezlerinin uzaklaşmasına sebebiyet verir. Şehir merkezlerinin uzaklaşmasıyla ortaya çıkan artan ulaşım mesafeleri kentsel ulaşımın pahalılaşmasına ve toplu taşıma etkinliğinin azalmasına neden olur. Kent merkezlerinin yoğunlaşması trafik problemlerini arttırır [1]. Bu bağlamda artan maliyet ve çevre kirliliğini engellemek için bölge yönetimleri tarafından trafiği rahatlatmaya ve belirtilen sorunları çözme adına ulaşım politikaları geliştirilmesi çok önemlidir. Sürdürülebilirlik bağlamında en az ilgilenilen olgulardan birisi de olayın ekolojik boyutudur. Yoğun araç kullanımının etkisiyle atmosfere salınan karbondioksit ve karbonmonoksit gazı doğal yaşama büyük zararlar vermektedir [2]. Son yıllarda artan ve üzerinde oldukça fazla çalışılan elektrikli araçlarla bu sorun kısmen engellenmeye çalışılmaktadır. Günümüz karbondioksit salınımının büyük çoğunluğu kent merkezlerinde gerçekleşmektedir. Yaşanabilir yarınlar için bu çevre dostu politikaların geliştirilmesi ve çoğaltılması gerekmektedir. Kentsel ulaşım iş yerlerini, kişilerin yaşam alanlarını ve sosyo-kültürel alanları birbirine bağlayan kent yaşamının en önemli unsurlarından birisidir. Bu yüzden ulaşım planlamaları merkezi yerleşim planlamalarından ayrı dü-

şünülmemelidir. Planlama yapılırken bölgenin alan kullanımı ve ulaşım hizmetleri beraber değerlendirilmelidir.

Sürdürülebilirlik kavramının temeli kentler değil teknolojinin ve ekonominin yansıması olan sorunları azaltabilme ve çevreye en az zarar verecek seviyeye indirmektir. Bu iki kavramın beraber değerlendirilmesi son dönemlerde ortaya çıkmıştır. Ulaşım politikalarının amacı kent içerisinde ulaşımı rahatlatmak, trafiği azaltmak ve iki nokta arasında geçen süreyi en aza indirmektir. Bunu sağlamanın en kolay yolu insanları toplu taşımaya teşvik etmektir. İnsanları toplu taşımaya çekmenin yolu kişisel araç kullanımına kıyasla daha cazip hale getirmektir. Bunu sağlamanın başlıca iki yolu maliyet ve süredir. Bu iki konuda avantajlı hale getirilirse insanlar toplu taşımayı tercih edecek ve bunun sonucunda trafik azalacak, ekolojik kirlilik azalacaktır.

Sürdürülebilir ulaşımda son yıllarda üzerinde durulan başlık akıllı ulaşım sistemleridir. Akıllı kavşaklar, kameralar ve sinyallerle kontrol edilen otoyol sistemleri, akıllı trafik lambaları gibi sistemlerle ulaşımda rahatlama ve hızlanma amaçlanır. Şehir merkezlerindeki nüfus yoğunluğuna bağlı olarak ulaşım problemlerinde aynı oranda artış olduğu gözlenmiştir. Yoğun nüfusun getirisi olarak trafik sıkışıklıkları, gecikmeler, kazalar ve güvenli sürüş problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin çözümü olarak kullanılan akıllı ulaşım sistemleri giderek yaygınlaşmakta ve gelişmektedir.

Dünyada akıllı ulaşım sistemlerinde öncü olan ülkelerin arasında Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye'de AUS'nin ilk adımları 1992'de elektronik otoyol ücret toplama sistemiyle atıldı. Bu sistem sayesinde araçların kullandıkları yol miktarı ve araç sınıfına göre ücretlendirilmesi otomatik olarak yapıldı. Bununla beraber otoyol üzerinde konulan acil durum telefonları sayesinde kaza, arıza gibi sorunların hızla giderilmesinde büyük rol oynadı. 1999 yılında Fatih Sultan Mehmet köprüsüne yerleştirilen OGS sistemi zaman kaybını azaltmak ve hızlı geçişi sağlamak amacıyla yerleştirildi ve beklenen performans alındı. Bu denemenin ardından ülke çapında 49 noktada 129 şeritte sistem uygulanmaya başlandı [3]. OGS'ye ek olarak KGS sistemi de uygulanmaya başlandı. Sürücülerin cüzdanlarında taşıyabileceği ve istedikleri miktarlarda yükleme yapabilecekleri özel kartlar tasarlandı. Kart okuma hızı maksimum 0,5 sn olan bu kartlar sayesinde memurlara ihtiyaç olmadan geçiş işlemleri gerçekleştirildi [3].

2.KONYA'NIN SÜRDÜRÜLEBİLİR KENTSEL ULAŞIM POLİTİKALARI

Konya ili ulaşım konusunda topografik olarak bir çok avantaja sahiptir. Bu bağlamda, ulaşım alanında belediyecilik çalışmaları pek çok ile örnek oluşturmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemleri kapsamında Türkiye'ye öncülük eden Konya dünyada da bu yenilikçi tavrıyla öne çıkmaktadır. Teknolojik belediyecilik sloganıyla yoluna devam eden büyükşehir belediyesi diğer dünya şehirlerine kılavuzluk etmektedir. Akıllı şehir ve akıllı ulaşım konusunda şehrin topoğrafik avantajını çok iyi kullanmayı başaran büyükşehir belediyesi konuyla ilgili yatırımlarına ve altyapı çalışmalarına önem vermektedir. Şehrin farklı noktalarında bulunan kameralar ile şehrin ana arterlerindeki yoğunluk sistem tarafından otomatik olarak belirlenmekte ve ışık süreleri ayarlanmaktadır [4]. Bu sistem sayesinde yolcuların bekleme sürelerinde azalma ve buna bağlı olarak ekonomik olarak ülkeye katkı sağlanmış ve çevre temizliğine destek olunmuştur. Konya'da çok sık kullanılan ulaşım araçlarından biri olan bisiklet tercih edilmesinde şehrin yapısının etkisi büyüktür. En temiz ulaşım yolu olarak gösterilen bisiklet ulaşımının bu denli yaygın olması kentin temizliği ve dünyaya zararının az olması önemlidir [4]. Çevre bilincine sahip olan büyükşehir belediyesi kullanımın daha da yaygınlaşması için çalışmaktadır. Şehri tamamen saran bisiklet yolları kullanımın daha rahat ve güvenli gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bisiklet yollarına ve çevresine yapılan yatırımlar sayesinde her geçen gün kullanım oranını arttırmaktadır. Halkın ailecek yapabileceği sevilen sağlıklı bir aktivite olmuştur. Şehrin çoğu noktasında bulunan bisiklet noktaları sayesinde halk bisiklet sahibi olmasa bile düşük fiyatlardan kiralayabilme imkanı bulmaktadır [5].



Şekil 1 *Bisiklet Durağı*

Konya büyükşehir belediyesi tarafından bisiklet kullanımını arttırmak ve yaygınlaştırmak için birçok politika geliştirilmektedir. Akıllı duraklar ve şehri çevreleyen bisiklet yollarına ek son dönemde belediyenin bir diğer çalışması da bisiklet tramvaylarıdır [5]. Şehir merkezlerinde günlük ulaşımlarını bisiklet ile sağlayan vatandaşların kullanabildiği tramvay,

sürücülerin bisiklet ile kat edilmesi zor olan mesafeleri gitmelerinde yardımcı olmak amacıyla ortaya çıkmıştır.



Şekil 2 *Bisiklet Tramvayı*

Trafik lambalarında ve yaya geçişlerinde bulunan sinyalizasyon sistemleri sayesinde yaya ve taşıt güvenliğinin artırılması planlanmıştır. Trafik ışık sürelerinin yaya ve sürücüye aktarılmasının olumsuz psikolojik etkileri minimuma indirdiği görülmüştür. Ayrıca görme engelli vatandaşlar için sesli ikazların yer aldığı trafik ışıkları engelli vatandaşlarımızın günlük yaşantısını kolaylaştırmaktadır. Bu uygulamada kullanılmayan eski tramvaylar revize edilip nostaljik bir görünüm elde edilmiştir. Şehirde dolanımda olan tramvaylardan renk ve görünüm olarak da farklı olan tramvaylar halkın da sempatisini toplamıştır. 21 bisikletin el değmeden güvenli bir şekilde taşındığı tramvaylar, kullanıcılarına el değmeden kullanım kolaylığı sağlamıştır. Revizeyle eklenen katlanabilir hidrolik rampalar sensörlü otomatik rampalarla senkronize çalışmaktadır. Şimdilik sadece tek hat üzerinde çalışan bisiklet tramvayının ilerleyen süreçlerde yaygınlaşması beklenmektedir. Yine son dönemde ülke genelinde ve Konya'da etkinliği artan ulaşım türlerinden birisi de kiralık elektrikli scooterlardır. Kısa mesafelerde kullanımı zevkli ve maddi olarak uygun olan bu ulaşım türü şehirde özellikle gençler tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Henüz test aşamaları yeni biten ve yakın zamanda kullanımına başlanılan kiralık scooter hizmetinin ilerleyen süreçlerde yaygınlaştırılması hedefleniyor. Şehrin bir kısmında kullanıma açık olan scooterların ilerleyen dönemlerde hem menzilinin artması hem de dolaşımda bulunan scooter sayısının artması bekleniyor.



Şekil 3 *Elektrikli Scooter*

3. KENTSEL ULAŞIMDA COVİD ETKİSİ

COVID-19 virüsü Çin'in Vuhan kentinde 31 Aralık 2019 tarihinde ortaya çıkmıştır. Hızla artan vaka sayılarının DSÖ'ne bildirilmesiyle dünya gündemine girmiştir. Türkiye'de 11 mart 2020 de ilk vaka bildirilmiştir. Kısa süre içerisinde DSÖ tarafından pandemi adıyla ilan edilmiştir. Global krize neden olan COVID-19 dünya genelinde bütün ülkelerin uzun ve kısa vadeli politikalarında değişikliğe sebep olmuştur [6]. Bütün ülkeler bütçelerinin büyük kısmını tedavi sürecine ve dönem şartları yüzünden maddi sıkıntı çeken halka yardım için kullanmışlardır. Salgını önlemek adına eğitim dahil birçok alanda kısıtlamalar getirilmiştir [6]. Virüsün yayılmasını engellemek için uyulması gereken kurallar ve sosyal mesafe, yönetimlerin bu alanda yeni kararlar almasını gerektirdi. Özellikle kapalı alanlarda kişi sınırlaması getirilmesi bunlardan biridir. Kapalı alanlarda getirilen sosyal mesafe bağlamında kişi sınırlaması insanların günlük rutini haline gelmiş olan toplu taşımada büyük sorunlara yol açtı. Kişi sınırlaması sebebiyle tam kapasite çalışamayan araçlar kent içi ulaşımda yetersiz pozisyona düştü. Bu süreçte insanlar imkanları doğrultusunda şahsi araçlarıyla seyahat etmeyi tercih ettiler ve bunun sonucunda şehir içi ulaşımda ciddi problemler ortaya çıktı. Ekolojik olarak fazla araç kullanımıyla birlikte daha fazla karbondioksit salınımı ortaya çıktı. Ulaşım içerisinde kullanılan araç sayısının artması beraberinde trafiğe yol açtı. Bunların sonucunda günlük zorunlu ihtiyaç olarak adlandırabileceğimiz ulaşımı kullanan insanlar hem zaman kaybı hem de maddi kayıp yaşadılar. Şehir yönetimleri toplu taşımada sosyal mesafe şartlarını uygulayabilmek için farklı politikalar denediler. Bunlar araç başına yolcu sınırlaması, yan yana koltuklara oturulmasının yasaklanması gibi birçok önlem alarak salgının önüne kısmen de olsa geçilmeye çalışıldı [7]. Şahsi araç içerisinde bile yan yana oturma yasağı getirildi. Taksi, dolmuş, otobüs gibi toplu

taşıma araçları günlük olarak dezenfekte edilerek toplum sağlığı korunmaya çalışıldı.



Şekil 4 *Toplu Taşımada Boş Koltuk Uygulaması*

Bu süreçte ülke ekonomisine katkıda bulunan üretim sektöründe çalışan personeller dışındaki halkın sokağa çıkma yasaklarıyla dışarıya çıkmaları engellenerek az da olsa kent içi trafiğini rahatlatıldı.

4. SONUÇ

Artık sonlara geldiğimiz pandemi sürecinde tüm dünyada hem ülkeler hem de insanlar hem maddi hem manevi anlamda yıpranmıştır. Covid'le beraber değiştirilmesi ve ertelenmesi gereken uzun süreçli ülke politikaları tüm ülkelerin planlarını altüst etmiştir. Toparlanma sürecinin ardından izlenecek ülke politikalarının dünya düzenini ve ülkelerin geleceğini etkileyeceği yadsınamaz bir gerçektir. Bu süreçte azalan trafik yoğunluğunun kalabalık yerleşim yerlerinde büyük ekolojik rahatlama sağladığı net bir şekilde görülmüştür. Dünya çapında sürdürülebilir ve temiz ulaşımın önemi net bir şekilde görülmüştür. Plansız ve kontrolsüz kullanım yüzünden dünya kaynaklarının azalması ve kirlenmesi tüm insanlığın sonunu getirmektedir. Bu farkındalıkla birlikte dünya genelinde ulaşım politikaları değiştirilmeye ve yenilenmeye hızlı bir şekilde devam etmektedir. Ekolojik sorunun başlıca sebeplerinden olan petrol cinsi yakıtların kullanılmasının önüne geçme amacıyla geliştirilen ve yaygınlaştırılan elektrikli araç kullanımının kısa sürede dünya nüfusunun büyük çoğunluğu tarafından kullanılması beklenmektedir. Bu kapsamda bazı ülkeler ileriye dönük benzinli ve dizel araç satışının, daha sonra da kullanımının yasaklanması yönünde adımlar atmaktadırlar. İngiltere hükü-

metinin aldığı kararla 2030 yılından sonra benzinli ve dizel araç satışının yasaklanacağı duyurulmuştur.

Dünya pandemiden kurtulurken, hükümetlerin güvenli, sürdürülebilir, esnek ve kapsayıcı bir şekilde bağlantı sağlamak için ulaşım sektörünü nasıl yeniden şekillendireceklerine odaklanmaları gerekecektir

Yapılan politikalarla doğayı koruyan, şehir sakinlerinin günlük yaşantısında ulaşımla ilgili problemlerini azaltan ve pandemi sürecinde bu pandemiyi iyi yönetmesiyle kendisini ön plana çıkaran Konya kentinin, yatırımlarını ve planlamalarını hız kesmeden devam ettirmesiyle Türkiye'nin öncü kentlerinden biri olması beklenmektedir.

Kaynakça

[1] A. Karadağ, «Kentsel Ekoloji: Kentsel Çevre Analizleri,» 2009.

[2] D. v. H. B. S. G. B. Ulaştırma, «Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi 2013-20123 ve Eylem Plan,» 2013-2015.

[3] https://kgm.gov.tr.

[4] R. Keleş, «Kentleşme Politikası,» 2015.

[5] https://atus.konya.bel.tr.

[6] P. C. v. M. B. Annez, «"Urbanization and Growth: Setting the Context", in Michael Spence Patricia Clarke Annez and Robert M. Buckley,» 2009.

[7] «hurriyet.com,» Hürriyet, 2021. [Çevrimiçi].

[8] https://ulasim.gov.tr. [9] R. Aslanoğlu, «Kent Kimlik Küreselleşme,» 1998.

Bölüm 3

İMAR BARIŞININ ŞEHİRLEŞMEYE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ YÜREĞİR ÖRNEĞİ

Fazıl NACAR[1]

1 Dr. Öğrt. Üyesi

1. GİRİŞ

Ülkemizde özellikle köyden şehre göç sürecinde ,şehirlerin büyüme hızı ile şehirleşme süreci aynı oranda büyümediğinden karşımıza çarpık kentleşme , gece kondulaşma, plansızlık, tarım alanlarının betonlaşaması gibi bir çok sorunu beraberinde getirmiştir.Yerel yönetimlerdeki teknik personel eksiklikleri hem denetim hemde planlama ve plan uygulaması konusunda büyük aksaklıklara sebep olmuştur.Dolayısıyla kaçak yapılaşmaya zamanında müdahale edilememiş ve yıllar boyu ruhsatsız yapı sayısı artmıştır.

1950-2018 yılları arasında, nüfusun belirli bölgelere yığılması sonucu yasalara uygun olmayan düzensiz yapılaşmalar yoğun olarak oluşmuştur. Günümüzde imara aykırı yapılaşmanın rakamsal olarak 13 milyona tekabül ettiği ve mevcut yapı stokunun yaklaşık olarak %50'si olduğu ifade edilmektedir.(T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018;Kasparoğlu ,M. ve Suri , L.,2019).Kaçak yapılaşma sorununu çözmek için 1948 den buyana imar affı niteliğinde yasalar çıkarılmış(Keleş 2016) ve en son 2018 yılında"imar barışı"ismiyle 7143 sayılı yasa çıkarılmıştır. Bu yasa ile 3194 sayılı imar yasasında değişiklik yapılmış ve geçici 16. Madde eklenmiş ve buna göre; afet risklerine hazırlık kapsamında ruhsatsız, ruhsat ve eklerine aykırı yapıların kayıt altına alınması amacıyla imar barışının sağlanması için 31.12.2017 tarihinden önce yapılmış yapılar için yapı kayıt belgesi verilebileceği belirtilmiştir (Yapı Kayıt Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslar, 2018).

Bütün imar afları son olmak üzere çıkarılmıştır. Çıkarılan her imar affının kapsamı bir öncekinden daha fazla olmuştur. Son çıkarılan7143 sayılı İmar Affı ise şimdiye kadar çıkarılan yasaların en geniş kapsamlı olanıdır.URL.1

İmar barışı ile hedeflenen amaç afet riskine hazırlık ve ruhsatsız ve ruhsat ve eklerine aykırı yapıları kayıt altına alınması ilgili yasada belirtilmiştir. Kayıt altına alma işlemi müracaat yapanlar için sağlansada afet riskine hazırlık amacı konusunda tartışmalar bulunmaktadır. İmar barışında yapının depreme dayanıklılığının malikin sorumluluğunda bırakılması sürecin kontrol edilemez bir şekilde kentsel dönüşümü geciktirmeye ya da ihtiyaç duyulmamasına neden olacaktır. En riskli grup olan, çok katlı fakat az imarı olan yapılarda önemli bir riski oluşturmaya devam edecektir.(Özelmacıklı ve Baz, 2018). İmar barışı/affı; Devlet ile yapı sahipleri arasında bir uzlaşma sağlarken, diğer yandan kırsal/ kentsel alanların planlanması, yapıların ruhsatlandırılması ve tescili gibi konularda ülke genelinde bütüncül bir imar disiplininin sağlanması hususunda sorunlar oluşturmuştur.(Kanal ,G. 2020)

Bozdağ ve Ertunç (2020) Kayseri ili ve ilçelerinde yapılan İmar Barışı başvurularını incelemişler ve CBS yardımıyla yapılan tematik haritalar üzerinden İmar Barışı Yasasına Başvuru nedenleri analiz etmişlerdir.
Uşak ve Yalçın (2019) çalışmalarında İmar Barışı düzenlemesinin içeriğini incelemişler ve düzenlemenin mevcut kent düzenlerine, vatandaşa ve devlete olan fayda-zararları ile ortaya çıkaracağı olumsuzlukları değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada ülkemizde son çıkan imar barışının, parsel içi kullanım ve dolayısıyla şehirleşmeye etkilerini değerlendirmek üzere Adana ili Yüreğir ilçesi sınırlarda bulunan 30 adet YKB incelenmiştir. Buna göre imar barışı için müracaat sebepleri araştırılmıştır. Yapılan araştırmada YKB , imar planı, zemin tespit tutanakları incelenerek aykırılık sebepleri belirlenmiştir.. Bu çerçevede çekme masafesine uyulmaması, Taks ve Kaks a uyulmaması ve imar yoluna taşma gerekçeleri tespit edilmiştir. Tespit edilen bu gerekçeler oranlanmış ve şehirciliğe olumsuz etkileri değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

2.Türkiye de İmar Barışı

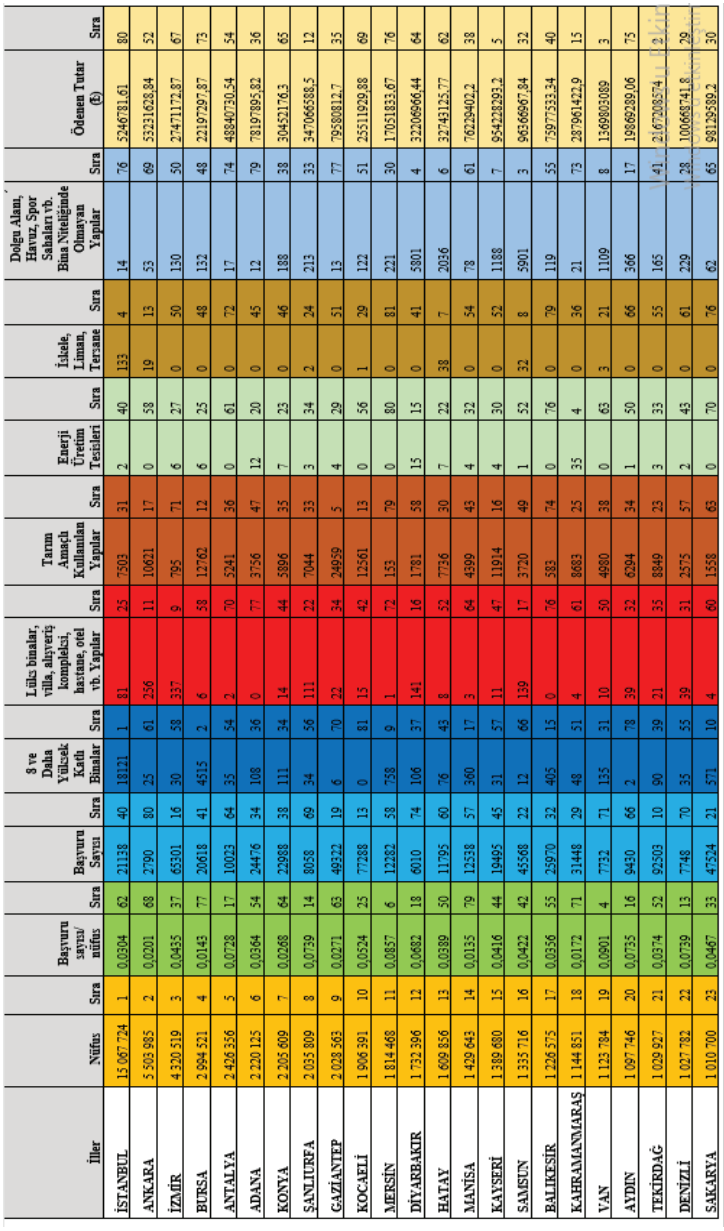
1950 li yılardan bu yana türkiyede imar barışı konusnda 22 aadet yasal düzenleme yapılmıştır. Daha önceki imar barışı düzenlemelerin sorunu çözmek yerine artmasına ve dahada derinleşmesine neden olmuştur.Enson 2018 yılında çıkarılan imar barışı (7143 sayılı kanun) en kapsam düzenlemedir.Gerek kapsamı ve gerekse yararlanacak yapı adedi (13 milyon) düzenlemenin önemini artırmaktadır.Ancak ülkemizin son yirmi yılda yaşadığı depremler ve gayrımenkul değerlerinin ekonomiye etkisinin artması konunun depremsellik ve adalet açısından teşkil edeceği endişesine neden olmuştur.(Url.6.2021)

2.1 Adana da imar barışı

Adana, Türkiye'nin bir ili ve en kalabalık altıncı şehridir. 2020 yılı verilerine göre 2.258.718 nüfusa sahiptir. İlin yüz ölçümü 13.844 km2dir. İlde km2ye 160 kişi düşmektedir (en yüksek Seyhan ilçesinde (1787 kişi)).01.02.2018 TÜİK verilerine göre 5'i merkez ilçe (Seyhan, Yüreğir, Çukurova, Sarıçam, Karaisalı) olmak üzere toplam 15 ilçesi ve belediyesi vardır. Bu ilçelerde 831 mahalle bulunmaktadır.Türkiye'deki altıncı büyük metropolitan alan olup ülkenin önde gelen tarım, ticaret ve kültür merkezlerinden biridir. (Url.2,2021)

Adana merkezde yaklaşık 800 bin konut bulmakta ve 300 bin civarında ruhsatsız yapı olduğu belirtilmektedir. (Url7.2021)Çevre ve Şehircilik Bakanlığınınverilerine göre, Adana'da bu yasadan dan faydalanmak için 67544 kişi başvuruda bulunmuştur.Bağımsız bölüm sayısı olarak bakıldığında 193454 adetdir.Bağımsız bölümlerin konut/ iş yeri oranı

ise 0.19490 olmuştur. Adana ilinde imar barışı başvurularının 9458 adeti tarımsal yapılar 81 adetide lüx yapılar için yapılmıştır.Yine Adana ilinde imar başvurularından 78.197.895,92 TL harç tahsil edilmiştir. (Kanal ,G. 2020)



İller	Nüfus	Sıra	Başvuru sayısı/ nüfus	Sıra	Başvuru Sayısı	Sıra	8 ve Daha Yüksek Katlı Binalar	Sıra	Lüks binalar, villa, alışveriş kompleksi, hastane, otel vb. Yapılar	Sıra	Tarım Amaçlı Kullanılan Yapılar	Sıra	Enerji Üretim Tesisleri	Sıra	İskele, Liman, Tersane	Sıra	Doğu Alanı, Havuz, Spor Sahaları vb. Bina Niteliğinde Olmayan Yapılar	Sıra	Ödenen Tutar (₺)	Sıra
İSTANBUL	15 067 724	1	0,0304	62	21138	40	18121	1	81	25	7503	31	2	40	133	4	14	76	5246781,61	80
ANKARA	5 503 985	2	0,0201	68	2790	80	25	61	256	11	10621	17	0	58	19	13	53	69	5321628,84	52
İZMİR	4 320 519	3	0,0435	37	65301	16	30	58	337	9	795	71	6	27	0	50	130	50	2747172,87	67
BURSA	2 994 521	4	0,0143	77	20618	41	4515	2	6	58	12762	12	6	25	0	48	132	48	2219729,87	73
ANTALYA	2 426 356	5	0,0728	17	10023	64	35	54	2	70	5241	36	0	61	0	72	17	74	4884730,54	54
ADANA	2 220 125	6	0,0364	54	2476	34	108	36	0	77	3756	47	12	20	0	45	12	79	7819789,82	36
KONYA	2 205 609	7	0,0268	64	22988	38	111	34	14	44	5896	35	7	23	0	46	188	38	3045176,3	65
ŞANLIURFA	2 035 809	8	0,0739	14	8058	69	34	56	111	22	7044	33	3	34	2	24	213	33	3470665,5	12
GAZİANTEP	2 028 563	9	0,0271	63	49322	19	6	70	22	34	24959	5	4	29	0	51	13	77	7958081,7	35
KOCAELİ	1 906 391	10	0,0524	25	7288	13	0	81	15	42	12561	13	0	56	1	29	122	51	2551192,88	69
MERSİN	1 814 468	11	0,0857	6	12282	58	758	9	1	72	153	79	0	80	0	81	221	30	1705183,67	76
DİYARBAKIR	1 732 396	12	0,0682	18	6010	74	106	37	141	16	1781	58	15	15	0	41	5801	4	3220966,44	64
HATAY	1 609 856	13	0,0389	50	11795	60	76	43	8	52	7736	30	7	22	38	7	2036	6	3274325,77	62
MANİSA	1 429 643	14	0,0135	79	12538	57	360	17	3	64	4399	43	4	32	0	54	78	61	762940,2	38
KAYSERİ	1 389 680	15	0,0416	44	19495	45	31	57	11	47	11914	16	4	30	0	52	1188	7	954228293,2	5
SAMSUN	1 335 716	16	0,0422	42	45568	22	12	66	139	17	3720	49	1	52	32	8	5901	3	9656696,84	32
BALIKESİR	1 226 575	17	0,0356	55	25970	32	405	15	0	76	583	74	0	76	0	79	119	55	7597533,34	40
KAHRAMANMARAŞ	1 144 851	18	0,0172	71	31448	29	48	51	4	61	8683	25	35	4	0	36	21	73	2879614229	15
VAN	1 123 784	19	0,0901	4	7732	71	135	31	10	50	4980	38	0	65	3	21	1109	8	1369803089	3
AYDIN	1 097 746	20	0,0735	16	9430	66	2	78	39	32	6294	34	1	50	0	66	366	17	1986928906	75
TEKİRDAĞ	1 029 927	21	0,0374	52	92503	10	90	39	21	35	8949	23	3	33	0	55	165	41	2167208574	9
DENİZLİ	1 027 782	22	0,0739	13	7748	70	35	55	39	31	2575	57	2	43	0	61	229	28	1006681741,8	29
SAKARYA	1 010 700	23	0,0467	33	47524	21	571	10	4	60	1558	63	0	70	0	76	62	65	981295892	30

Şekil 1. İmar Barışı/Affı başvuruların ülke ortalamasına göre karşılaştırılması (ÇŞB 2019; Kanal ,G. 2020)

Yüreğir, Adana ilinin merkez ilçelerindendir. Coğrafi olarak Yüreğir İlçesi yerleşim alanı Çukurova Üniversitesi'nin güneyinde başlayarak, , batıda Seyhan Nehri , güneyde Karataş Ovası ve doğuda Misis havzası ile çevrelenmiş bölgede oluşan alandır.İlçesinin kuzeyinde sarıçam, batısında Seyhan, kuzeybatısında Karaisalı, doğusunda Ceyhan, güneyinde Yumurtalık ve Karataş ilçeleri bulunmaktadır. (URL3.2021)

Yüreğir ilçesi 39'u merkezde bulunan 106 mahalleye sahiptir . 2020 yılı itibarıyla ilçe nüfusu 412.092 olmuştur.(URL3.2021)

2.3 İmar Barışını Doğuran Sebebler

2.3.1 Mülkiyet Sorunları

Yapının bulunduğu parselin mülkiyeti Yapı kayıt Belgesi alma konusunda önemli bir etkendir. Yapının bulunduğu parselin mülkiyeti hazineye, belediye ye , yada özel kişilere ait olabilir.

İmar barışından yararlanacak yapı maliye hazinesine ait bir tescilli bir yerde ise YKB düzenlenmekte ve şahsa satışı ile birlikte işlem yapılmaktadır.Yapının bulunduğu yer tescil harici ve tapusuz ise bu durumda öncelikle tescil edilmesi sonra satışı yapılmaktadır.

İmar barışından yararlanacak yapı belediye mülkiyetindeki bir parsel de ise YKB düzenlenmektdir.Ancak ilgili belediye yapının bulunduğu yeri şahsa satabilmektedir.

YKB düzenlenemeyecek yapılar ise ,başka şahsın arazisine yapılan yapılar , onaylı imar planında sosyal donatı alanı olarak gözüken yerdeki yapılar, maliye hazinesinin başka kamu kurumlarına tahsis ettiği taşınmazlar üzerindeki yapılardır.

2.3.1 Ruhsat Ve Planla İlgili Sorunlar

İmar barışının ruhsat ve planla ilgili sorunlarında ise konumuzda esas olarak vurgulayacağımız gerekçeler mevcuttur.Ruhsat alınmış ancak ruhsata aykırı olarak yapıda tadilat yapılmış olan durumlarda YKB düzenlemektedir.Buradaki ana sorunlar ve aykırılıklar plana uymamak yada ruhsata aykırılıkdan kaynaklanmaktadır. Örneğin planda 2 kat ken 3. Katın çıkılması gibi .Yada ruhsata aykırı olarak bağımsız bölümlerin birleştirilmesi , bölünmesi gibi durumlarda diğer örneklerdir.

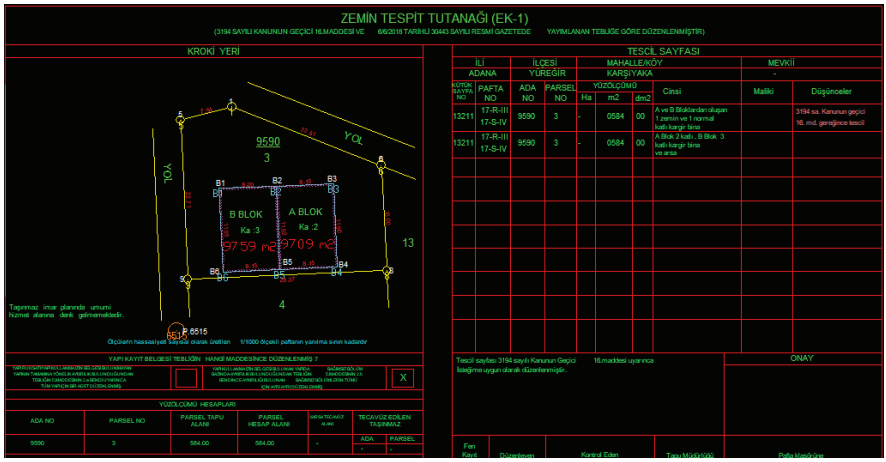
3.Uygulama

Uygulama bölgesi olarak Adana ili Yüreğir ilçesi seçilmiştir. Bu ilçedeki imar barışı evrakları (YKB, İmar planı , kadastro durumuları ve zemin tespit tutanağı) incelenmiştir.Otuz adet YKB ve diğer evrakları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda imar barışının sebebleri ve şehirleşmeye etkisi konusunda değerlendirme yapılmıştır.

3.1 Çekme Mesafesine Uymayan Yapılar

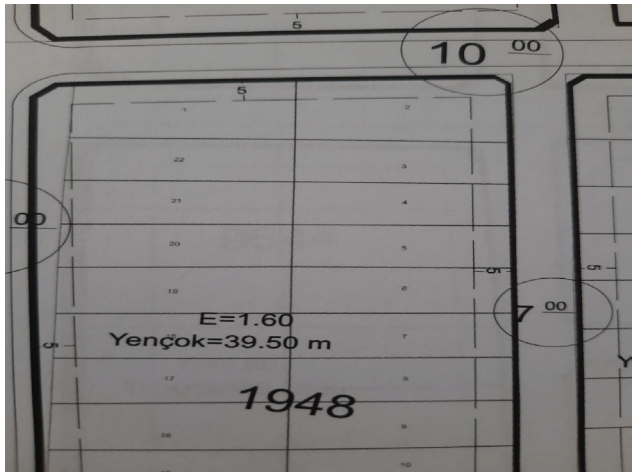
İmar mevzuatında yapı düzeni olarak ayrık düzen ve bitişik düzen olarak tanımlar ve buna görede yapıların birbirine , ön bahçe ve arka bahçede bırakması gereken alanlar mevcuttur.

Buna göre ayrık yapı düzeninde ön bahçe, yan ve komşu bahçe ve arka bahçe mesafeleri bulunmaktadır. Yüreğir de tarafımızdan incelenen imar barışı evraklarına göre en fazla bu gerekçe ile YKB düzenlenmiştir.

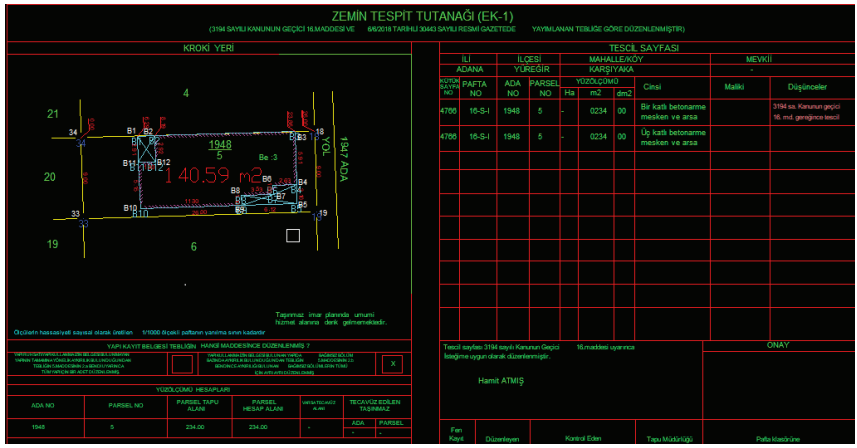


Şekil 2. Adana –Yüreğir – Karşıyaka mahallesi 9590 ada 3 nolu parseldeki yapının zemin tespit tutanağı

Şekil 2 deki örnekde adana ili yüreğir ilçesi Karşıyaka mahallesi 9590 ada 3 nolu parselin zemin tespit tutanağı gözükmektedir.Bu zemin tespit tutanağına göre parsel içindeki yapı güneydeki 4 nolu parsel sınırına olması gerekenden daha fazla yaklaşmıştır. Yani çekme mesafesine uymamıştır.



Şekil 3. 1948 ada 5 Parsel İmar Durumu

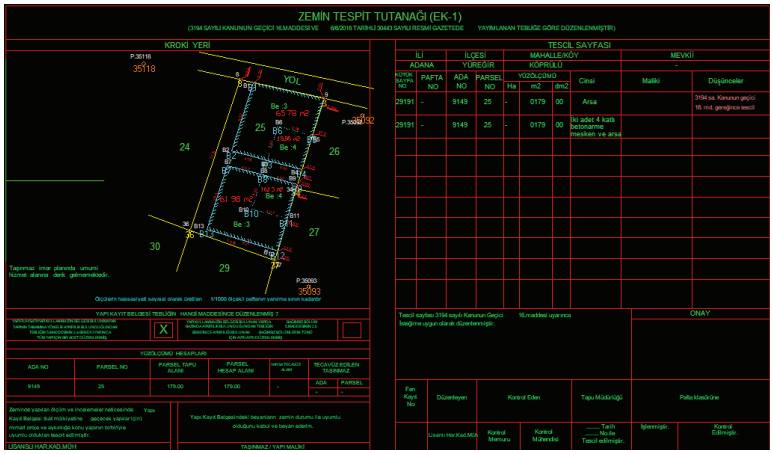


Şekil 4. 1948 ada 5 parsel Zemin Tespit Tutanağı

Şekil 3 ve 4 de Adana ili Yüreğir ilçesi Karşıyaka mahallesi 1948 ada 5 nolu parsele ait imar durumu ve zemin tespit tutanağına göre yapı 4 nolu parsele bitişik yapılmıştır.Ayrıca yolda 5 m çekmesi gerekirken 3 m çekmiştir.

3.2 KAKS a Uymayan Yapılar

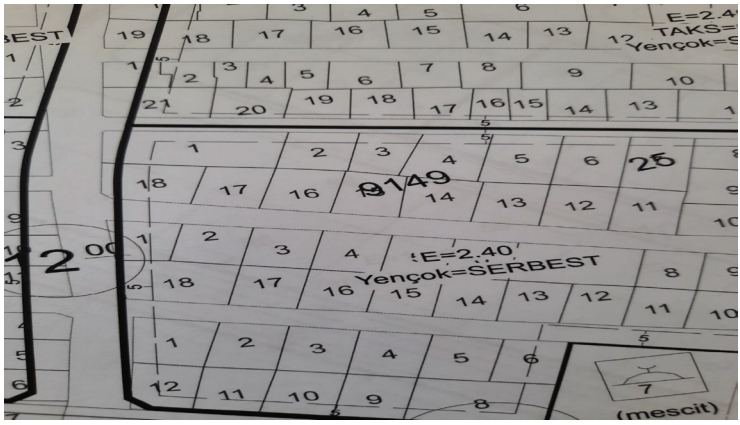
KAKS (Kat Alan Kat Sayısı) diğer bir ifadeyle "emsal değer"dir. Bu oran, bir arsanın içerisineyapılacak binanın toplam inşaat alanını hesaplamada kullanılır. Daha farklı bir ifadeyle bu oran binanın katlar alanının toplamının parsel alanına oranıdır. Parselin alanı ile planındaki KAKS değeri çarpıldığında parsele yapılabilecek inşaat alanını, yani dairelerin toplam alanını bulma imaknını verir.(urL4.2021)



Şekil 5. 9149 ada 25 parsel Zemin Tespit Tutanağı

İmar barışı ile ilgili YKB incelendiğinde Kaks değerine uymayan yapılar da oldukça fazladır.

Şekil. 5 daki örnekde Adana ili yüreğir ilçesi Köprülü mahallesi 9149 ada 25 nolu parselin zemin tespit tutanağı gözükmektedir

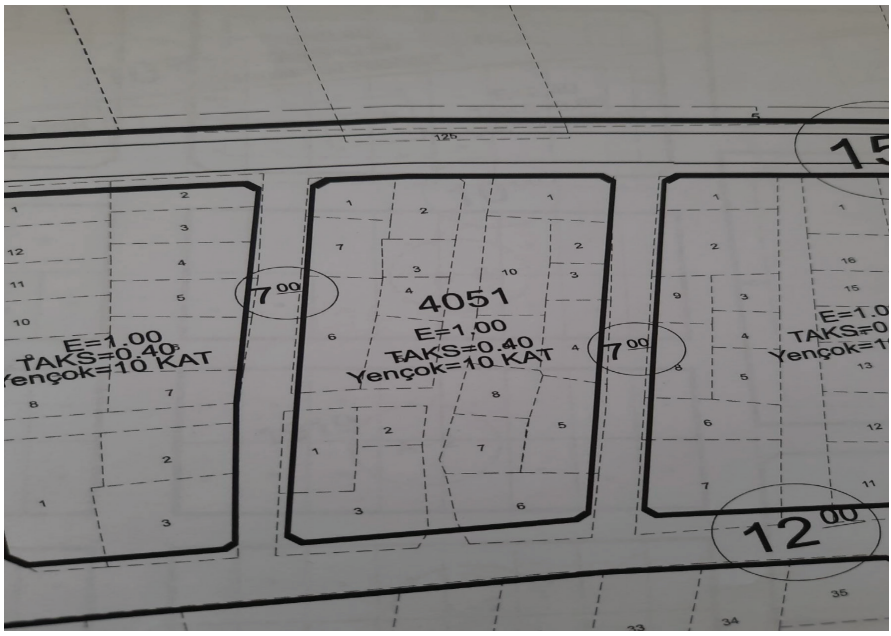


Şekil 6. 9149 ada 25 parsel imar durumu

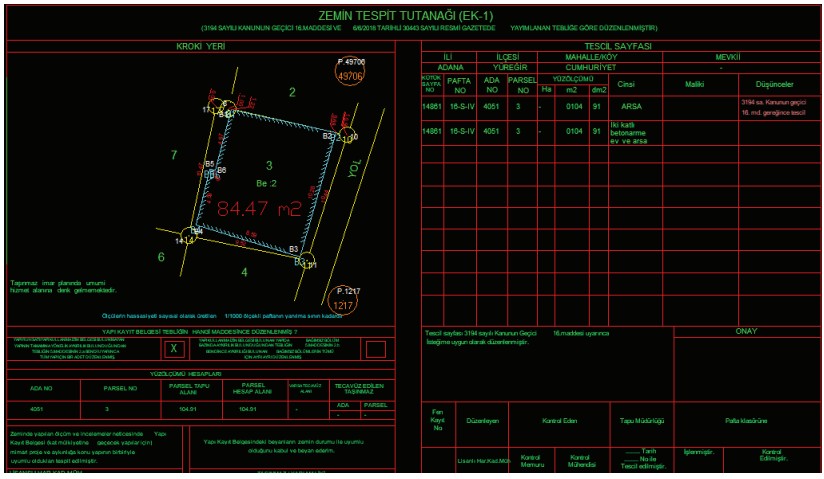
Şekil 6 de 9149 ada 25 nolu parselin imar durumu gözükmektedir. İmar durumuna göre emsal 2.40 gösterilmiştir.Parselin alanı 179 m2 dir .Emsal değerlendirildiğinde 429.6m2 yapı yapabilecektir.Ancak 9149 ada 25 nolu parsel üzerine iki adet 4 katlı yapı yapılmış olup toplam inşaat alanı 551.04 m2 dir.Emsal değere yani Kaks'a(Katlar alanıkatsayısı) uymayan yapı olarak gözükmektedir.Ykb düzenlenmiş ve imar barışından faydalanmıştır.

3. 3 TAKS a Uymayan Yapılar

Taban alanı kat sayısı (Taks), arsası içinde binanın tabanının en çok ne kadar yer kaplayabileceğini gösterir. Planda yazan Taks değeri ile arsa metrekaresinin çarpımı binanın maksimum taban alanını verir. (URL5,2021)



Şekil 7. 4051 ada 3 parsel imar durumu



Şekil 8. 4051 ada 3 parseldeki yapının zemin tespit tutanağı

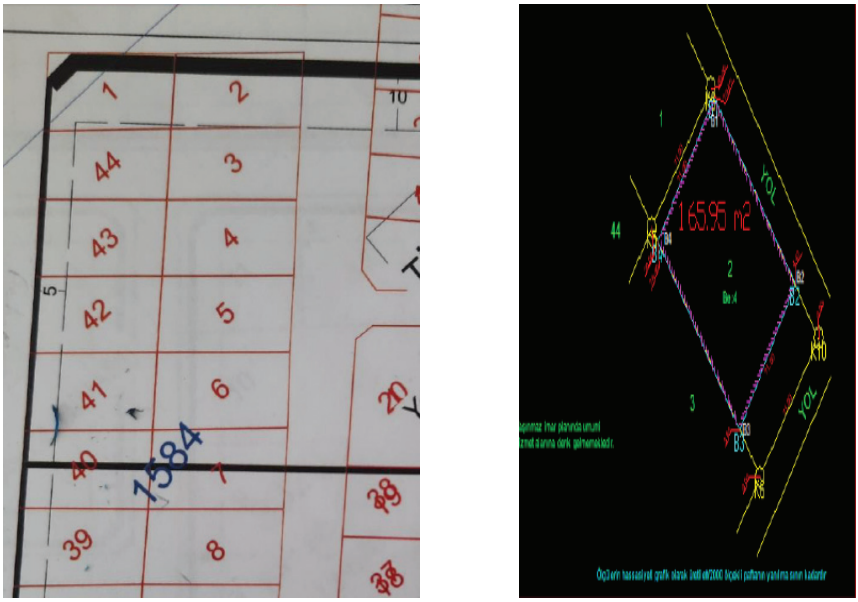
Şekil 7 . de 4051 ada 3 nolu parselin imar durumu gözükmektedir. İmar durmunda emsal 1 ve taks da 0.4 olarak belirtilmiştir.Şekil 8. daki

zemin tespit tutanağına göre parsel içindeki yapının taban alanı 84.47 m2 gelmektedir.Parselin tapu alanı 104.91 m2 gelmektedir.TAKS oranı 0,80 gelmekte ve imar durmunda belitirlen 0,4 TAKS oranını aşmaktadır. TAKS oranına uygun olmayan yapı durumundadır. Ykb düzenlenmiş ve imar barışından faydalanmıştır.

3. 4 İmar yoluna taşan Yapılar (yola terk)

Yola terk işlemi ,ruhsat almadan önce belediye tarafından tazşınmaz sahibinden 3194 sayılı imar kanun 15. Maddesine göre bedelsiz olarak yaptırılmaktadır.Buna göre planda yol,park meydan, yeşil saha ve otopark gibi kamu hizmetlere ayrılan yerlere rastlayan taşınmazların bu kısımlarının bölünmesine veya birleştirilmesine izin verilmez.

İmar barışı müracaatlarının bir kısmıda imar planında yol terk edilmesi gereken alanlara yapılan yapılardır.



A) **B)**

Şekil 9.A) 1584 ada 2 parsel İmar Durumu B)1584 ada 2 parsel Zemin Tespit Tutanağı

Şekil 9 dan anlaşılağı üzere a) daki imar durumunda 1584 ada 2 nolu parselin kuzey kısmından imar planında yola terk edilmesi gereken alan mevcuttur.Yine b) deki zemin tespit tutanağına görede yapı parselin kuzey cephesinin sıfırına yapılmış ve yola terk edilmesi gereken alana taşmıştır. Bu yapıda imar barışından faydalanmış ve YKB düzenlenmiştir.

4.BULGULAR VE ARAŞTIRMALAR

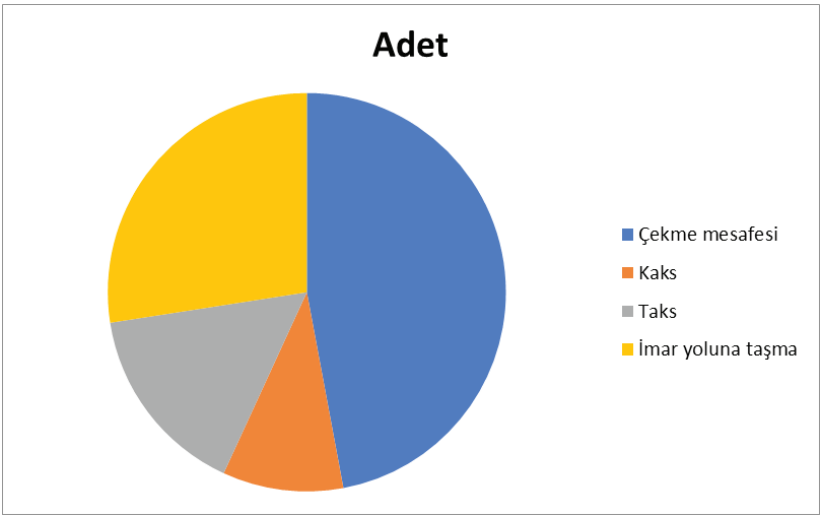
Yapılan araştırmada Adana İli Yüreğir İlçesi Cumhuriyet, Köprülü, Karşıyaka, Misis, Solaklı, Çamlıbel ve Doğankent Mahallerindeki imar barışı işlemleri incelenmiştir. Köprülü Mahallesi 1584 ada 2 parsel, Cumhuriyet Mahallesi 4051 ada 3 parsel, 2199 ada 6 parsel, Karşıyaka Mahallesi 1948 ada 5 parsel, 9644 ada 5 parsel çekme mesafesinde, yola terkte ve KAKS'ında imar planına uygun yapılaşmanın olmadığı tespit edilmiştir. Köprülü Mahallesi 3020 ada 8 parsel, 3012 ada 17 parsel, 3158 ada 20 parsel, 3205 ada 35 parsel, 3269 ada 79 parsel, Cumhuriyet Mahallesi 1774 ada 12 parsel, Karşıyaka Mahallesi 2427 ada 10 parsel, 9590 ada 3 parsellerinde çekme mesafesinin olması gereken çekme mesafesine uymadığı ve parsellerin yola terkinin bulunduğu tespit edilmiştir. Köprülü Mahallesi 4748 ada 21 parsel, 9149 ada 25 parsel, 1532 ada 8 parsel, 1588 ada 16 parsel, 3209 ada 29 parsel, 1581 ada 42 parsel, Cumhuriyet Mahallesi 4037 ada 10 parsel, 9869 ada 18 parsel, 3617 ada 27 parsel, Karşıyaka Mahallesi 4402 ada 16 parsel, Misis mahallesi 139 ada 8 parsel, Çamlıbel Mahallesi 11104 ada 13 parsel, Solaklı Mahallesi 167 ada 13 parsel, Doğankent Mahallesi 148 ada 14 parsellerde çekme mesafesinin plana uymadığı tespit edilmiştir. Cumhuriyet Mahallesi 1919 mesafesine uyulmadığı tespit edilmiştir. Köprülü Mahallesi 9149 ada 25 parsel, Cumhuriyet Mahallesi 1919 ada 6 parsel, 1774 ada 12 parsel, 2582 ada 27 parsellerde TAKS 'a uyulmadığı tespit edilmiştir. Köprülü Mahallesi 1584 ada 2 parsel, 3020 ada 8 parsel, 1532 ada 8 parsel, 4037 ada 10 parsel, 10982 ada 16 parsellerin TAKS 'a uyulmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 1. *Yüreğir ilçesindeki Ykb müracaat gerekçeleri*

İL	İLÇE	MAHALLE	ADA	PARSEL	ÇEKME MESAFESİ	İmar yoluna taşma	KAKS	TAKS
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	1584	2	X	X	X	X
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3020	8	X	X		X
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	4748	17	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	9149	18	X			X
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	1532	8	X			X
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	4051	3		X	X	
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	1919	6		X		X
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	2199	6		X	X	
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	4037	10				
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	1774	12	X	X		X
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	10982	16		X		X
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	2582	27		X		X
ADANA	YÜREĞİR	KARŞIYAKA	9590	3	X	X		
ADANA	YÜREĞİR	KARŞIYAKA	1948	5	X		X	

ADANA	YÜREĞİR	KARŞIYAKA	9644	5	X		X	
ADANA	YÜREĞİR	KARŞIYAKA	2427	10	X	X		
ADANA	YÜREĞİR	MİSİS	139	8	X			
ADANA	YÜREĞİR	ÇAMLIBEL	11104	13	X			
ADANA	YÜREĞİR	SOLAKLI	167	13	X			
ADANA	YÜREĞİR	DOĞANKENT	148	14	X			
ADANA	YÜREĞİR	KARŞIYAKA	4402	16	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	1588	16	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3012	17	X	X		
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	9869	18	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3158	20	X	X		
ADANA	YÜREĞİR	CUMHURİYET	3617	27	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3209	29	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3205	35	X	X		
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	1581	42	X			
ADANA	YÜREĞİR	KÖPRÜLÜ	3269	79	X	X		

Yapılan çalışma ile imar barışına müracaat konusunda Yüreğir ilçesinde 30 adet YKB incelenmiştir. Tablo 1 dende analaşılacağı üzere imar barışı gerekçeleri incelerken özel şahıslara ait ve parsel içi arazi kullanımı göz önünde tutulmuştur.Maliye hazinesi ve belediye arazilerine yapılan yapılar ve bina için bağımsız bölümlerle ilgili sorunlardan kaynaklı YKB leri değerlendirilmemiştir.Parsel içi değerlendirmede TAKS, KAKS, Çekme mesafesi, imar yoluna taşma olarak sınıflandırılmıştır



Tablo 2. İmar barışı müracaat sebebleri

Tablodan da anlaşılacağı üzere incelediğimiz Yüreğir ilçesine ait mahallelerde imar barışına müracaat sebebi olarak yüzde 80 ile çekme mesafesine uymama (24 adet), daha sonra sırayla yüzde 47 ile imar yoluna taşma ,yüzde 27 ile Taksa(taban alanı katsayısına) uymama ve yüzde 17 ile Kaksa (katlar alanı katsayısı) uymama gerekçeleri gelmektedir.

Çekme mesafesine uyumamasının olumsuz etkilerine bakacak olursak; yeterli otopark alanı kalmaması, komşu parselle olan yakınlaşma nedeniyle pencere açma ile ilgili anlaşmazlıklar, parsel içerisindeki rekroaktif çalışma alanının azalması ve binaların yola ve komşuya olan şekilsiz düzensiz görüntüsüdür.

İmar yoluna taşma konusundaki olumsuzluk; imar yolunun açılmamasına, çıkmaz sokakların oluşmasına ve imar planının uygulanamasına neden olmaktadır.

Taban alanı katsayına uyulmamasının olumsuzlukları; çekme mesafesindeki gibi parsel içinde çözülen otopark, rekroaktif çalışmalarda eksiklik, betonlaşma v.b sorunlar doğurmakta ve yapı sahibine haksız kazanç sağlamaktadır.

Katlar alanı katsayına uyulmamasının olumsuzluklarına baktığımızda ise adaların kat yükseklikleri konusunda uyumsuzluğu,haksız kazanç,betonlaşama v.b sonuçları sayabiliriz.

5.SONUÇ ve ÖNERİLER

İmar barışı ülkemizde aralıklarla çıkarılan , şehircilik ve imar planı uygulanması konusunda sakıncalı bir süreçtir. Ayrıca deprem konusunda riskli olan bir çok yerleşim alanı için imar barışı hayati manada sorunlu bir uygulamadır. Birikmiş ekonomi ve siyaset gibi çeşitli nedenlerle göz ardı edilmiş ruhsatsız ve imar planına aykırı oluşmuş yapılar yaklaşık 13 milyon gibi sayıya ulaşmıştır. Bu yapıların yapıldığı anda müdahale edilmemesi daha sonra işi zorlaştırmıştır. Çözüm olarak ortaya konulan imar barışıyla bu yapılar tamamen legal hale gelmektedir.

Bu çalışmada Adana ili Yüreğir ilçesinin çeşitli mahallerindeki imar barışı müracaatları incelenmiştir. Genel hakkında fikir sahibi olmak için 30 adet imar barışı müracaatı incelenmiş ve imar barışı müracaat gerekçeleri yüzdelik olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca aykırılıların şehirciliğe olumsuz etkileri tartışılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak imar barışı gerekçelerinin şehirleşmeye daha az otopark alanı , daha az yeşil alan , kat yükseklikleri arasındaki uyumsuzluk, binaların ada içerindeki düzensiz yerleşmesi,betonlaşma ve haksız kazanç gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Bozdağ, A. , Ertunç, E. (2020). İmar Barışı Sürecinde İmar ve Şehircilik Gelişiminin CBS ile Analizi, Kayseri Büyükşehir Belediyesi Örneği, *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(2), 67-74.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018). İmar Barışı Bilgilendirme Broşürü. Erişim Adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/imarbarisi/icerikler/brosur-20180603111057.pdf Erişim Tarihi: 07.12.2020

İmar Kanunu (3194 S.K.), Resmi Gazete, 18749, 03/05/1985

Kanal, G. (2020). İmar Barışı Uygulamasının Değerlendirilmesi Ve Tapu Sicili Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunların Analizi.*Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , Dönem Projesi,2020

Kasparoğlu, M. , Suri, L. (2019). İmar Barışı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 02(01), 47-60.

Keleş, R. (2016). Kentleşme Politikası (16. Baskı). Ankara: İmge Kitabevi.

Özelmacıklı, M., H., Baz, İ., (2018). İmar Barışı'nın Getirdikleri ve Yaşanabilecek Aksaklıklar. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 1(1)*, 65-72

URL.1http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=417&RecID=4520 Erişim Tarihi:23.11.2021

URL.2 https://tr.wikipedia.org/wiki/Adana. Erişim Tarihi:23.11.2021

URL3. https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%BCre%C4%9Fir Erişim Tarihi:23.11.2021

URL4 https://blog.suryapi.com.tr/kaks-nedir/. Erişim Tarihi:23.11.2021

URL5.https://anahtaremlak.net/blog/yazi/taks-kaks-nedir-emsal-ne-demek/240 .Erişim Tarihi:23.11.2021

URL6. https://emlakkulisi.com/guncel/imar-barisi-basvuru-sayisi/1696943.Erişim Tarihi:02.12.2021

URL7. https://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/adana/adanadaki-binalarin-yarisi-kacak-cikti-12806160 /1696943.Erişim Tarihi:03.12.2021

Uşak ,B ve Yalçın ,G. 2019. İmar Barışı Düzenlemesi Üzerine Bir İçerik Analizi *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi–2019; 1(1); 01-10*

Yapı Kayıt Belgesi Verilmesine İlişkin Usul ve Esaslarda Değişiklik Yapılmasına Dair Usul ve Esaslar, Yayımlandığı Resmi Gazete Tarihi: 06.06.2018 ve Sayısı: 30443.

Bölüm 4

TAHIL TEKNOLOJİSİNDE ULTRASES UYGULAMALARI

Ali GÖNCÜ[1]

Sami Gökhan ÖZKAL[2]

1 Öğr. Gör. Dr., Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Çine Meslek Yüksekokulu, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın. Tel:02567117051. ORCID: 0000-0002-9676-1503

2 Prof. Dr., Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli. Tel:02582963101. ORCID: 0000-0001-5040-9814

1. GİRİŞ

Tüketicilerin yüksek kaliteli ürünlere talebinin artmasıyla birlikte, gıdalarda bulunan istenmeyen mikroorganizma ve enzimlerin inaktif edilmesini sağlarken son ürün kalitesinin de yüksek düzeyde korunduğu, geleneksel yöntemlere göre daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen ısıl olmayan ürün işleme metotlarına olan ilgi son zamanlarda giderek artmıştır (Açu ve ark., 2014; Dolatowski ve ark., 2007; Ertugay ve ark., 2002). Bu yöntemlerden biri de utrases uygulaması olup günümüzde yaygın olarak çalışılmaktadır (Milićević ve ark., 2021; Yüksel ve Elgün, 2020; Silventoinen ve Sozer, 2020; Zohdijamil ve ark., 2021; Yadav ve ark., 2021).

Ultrases gıda kalitesinin iyileştirilmesinde hızlı, verimli ve güvenilir bir metot olmakla birlikte, aynı zamanda fonksiyonel yeni ürünler geliştirmeye de olanak sağlamktadır. Ultrases uygulaması düşük bakım ve maliyeti ile ekonomiktir (Soria ve Villamiel, 2010). Materyaller ultrases teknolojisinin kullanımı ile birlikte ultrasonik hız (ultrasonic velocity), zayıflama katsayısı (attenuation coefficient) ve akustik iç direnç (acoustic impedance) gibi ultrasonik özellikleri ile de tanımlanmaya başlanmıştır (Tüfekçi ve Özkal, 2014). Bu çalışmada ultrasesin tahıl teknolojisinde kullanımına yönelik çalışmalar derlenmiştir.

2. ULTRASES

Ultrases; katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz'den fazla olan, insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları olarak tanımlanabilir (Söbeli ve Kayaardı, 2014; Yüksel, 2013a). Bir başka tanımda ultrases; saniyede en az 20000 ses dalgasının titreşimi ile oluşan enerji türü olarak ifade edilmektedir (Karadağ, 2008). Ultrases, gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, modifiye edilmesi, proses sırasında parametrelerin takip edilmesi gibi amaçlarla kullanılabilecek bir teknoloji olup kalitenin sağlanması ve kontrol edilmesi işlemlerinde de destekleyici olarak kullanılabilmektedir (Yerlikaya ve Gökoğlu, 2016).

Gıda ürünlerinin işlenmesinde ultrases kullanımı ses dalgasının şiddetine göre; "Yüksek Frekans Düşük Güç" ve "Düşük Frekans Yüksek Güç" olarak iki farklı şekilde yapılmaktadır. 0,1 – 10 MHz frekans ve 1 W/cm^2 den küçük şiddete sahip ses dalgalarının kullanıldığı yöntem olan "Yüksek Frekans Düşük Güç" bir ürün veya prosesin izlenmesi, kontrol edilmesi ya da fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. 20 – 100 kHz frekans ve 10 – 100 W/cm^2 arasında ki şiddete sahip ses dalgalarının kullanıldığı "Düşük Frekans Yüksek Güç" yönteminde ise bir ürün ya da prosese doğrudan etki etmek amacıyla uygulanmaktadır (Tüfekçi ve Özkal, 2015).

Ultrases uygulamasının etkinliğini, ultrasesin dalga boyu ve uygulama süresi, materyalin hacmi, bileşimi ve sıcaklık etkilemektedir (Vercet ve ark., 1997). Ultrases uygulandığı sisteme bağlı olarak tek başına yeterli olabilmekle birlikte, yeterli düzeyde inaktivasyonun sağlanabilmesi için antimikrobiyal madde, ısı ve/veya basınç gibi farklı işlemlerle kombine edilerek de kullanılabilmektedir. Bu kombinasyonlar; ısıl işlem ve ultrases (termosonikasyon, TS), basınç ve ultrases (manosonikasyon, MS) ve basınç, ısıl işlem ve ultrases (manotermosonikasyon, MTS) şeklinde olabilmektedir (Açu ve ark., 2014; Sayın ve Tamer, 2014; Piyasena ve ark., 2003).

Ultrasonik ses dalgaları gıda sanayinde; enzimatik ve mikrobiyal inaktivasyonda, emülsiyon teknolojisinde, ekstraksiyon, kristalizasyon, dondurma, kurutma, homejenizasyon/emülsifikasyon, gevrekleştirme, filtrasyon ve gaz giderme proseslerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır. Tüm bu uygulamaların yanı sıra ultrasesin tahıllarda tohumların çimlenmesini hızlandırdığı ve sıvı dezenfektanlar ile birlikte yüzey dekontominasyonu için de kullanılabildiği belirtilmiştir (Karadağ ve ark., 2008; Ulusoy ve Karakaya, 2011; Yüksel, 2013a; Kentish ve Feng, 2014; Chemat ve ark., 2010; Vilkhu ve ark., 2007).

Gıdalarda mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla 20-100 kHz aralığında frekansa sahip kavitasyon yapan "Güçlü Ultrases" kullanılmaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Kavitasyon, sürekli ses dalgalarına maruz kalan materyalde basıncının düştüğü bölgelerde moleküller arasındaki uzaklığın normalden daha büyük hale gelmesi ile kabarcık (balon) oluşumu, bu kabarcıkların giderek büyümesi, salınması ve daha fazla enerji absorblayamayacakları kritik hacme ulaştıklarında içeri doğru patlaması (sönümlenmesi) olarak tanımlanabilmektedir (Tüfekçi ve Özkal, 2015). Ultrases uygulamasıyla mikroorganizmaların inaktivasyonun mekanizmasının teorisi de kavitasyona dayanmaktadır. Ortamda oluşan kabarcıkların sönümlenmesi sırasında oluşan mekanik şok dalgaları mikroorganizmaların yapısal ve fonksiyonel bileşiklerine zarar vermektedir. Bu sok dalgaları materyalin içerinde yüksek sıcaklık ve basınç bölgeleri oluşturmaktadır. Bu oluşan basınç değişimleri ultrasesin bakterisidal etkisinin temelini oluşturmaktadır. Ayrıca ultrases uygulaması sırasında OH^{-}radikalleri ve hidrojen peroksit meydana gelmekte olup bu bileşiklerin de bakterisidal etkileri vardır (Açu ve ark., 2014; Ertugay ve ark., 2002; Karadağ, 2008; Sağdıç ve ark., 2008).

3. ULTRASESİN TAHIL TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

Ultrasesin tahıl teknolojisinde kullanımı bu çalışmada üç ana grupta toplamış olup bunlar; tahıl ürünlerinin kalite niteliklerinin ölçümü amacıyla kullanımı, tahıl ürünlerini işlemede kullanımı ve tahıl ürünlerinde ekstraksiyon amaçlı kullanımıdır.

3.1. Ultrasesin Tahıl Ürünlerinin Kalite Niteliklerinin Ölçümünde Kullanımı

Ultrases ölçümlerinin çoğunda vurgulu eko, sürekli dalga, gönderme – algılama ve sürekli izleme olmak üzere dört temel teknik kullanılmaktadır. Tahıl ürünlerinde bu teknikler kullanılarak ürün reolojisi, ekmek hamur fermentasyonunun kinetiği, bisküvilerin gevrekliği ve keklerin hacim-simetri özellikleri ölçülebilmektedir (Tüfekçi ve Özkal, 2014). Fiziksel gıda karakteristiklerinin ölçümünde ultrases kullanımı gıdaya zarar vermeyen, gıdanın besinsel değerinde kalite kayıplarına neden olmayan, zamandan kazanmamızı sağlayan, hızlı ve aşırı pahalı olmayan bir tekniktir (Garcia-Alvarez ve ark., 2006).

Nişasta ve su solüsyonu içerisinde alfa amilaz tarafından meydana getirilen nişasta degredasyonunun belirlenmesinin yüksek frekanslı ultrases dalgalarının kullanıldığı vurgulu eko tekniği ile mümkün olduğu belirtilmiştir (Povey ve Rosenthal, 2007). Nişasta üzerine yapılan başka bir çalışmada, ultrases; oda sıcaklığında depolanan buğday nişastasının retrogradasyonu üzerine depolama süresinin etkisinin incelemesinde kullanılmıştır. Özel olarak dizayn edilen deney düzeneği ile 25 °C depo sıcaklığı ve yaklaşık %34 nem içeren nişasta ultrases dalgalarına maruz bırakılmıştır. Nişasta retrogradasyonunun ultrasesle görüntüleme sonuçlarının X-ray ışınımı ve diferansiyel taramalı kolorimetre ile elde edilen sonuçlarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, konsantre nişasta sistemlerinin fiziksel özelliklerindeki değişimlerin tespitinde ultrases tekniğinin önemli bir potansiyel oluşturduğunu ortaya koymuştur (Lionetto ve ark., 2006). Başka bir çalışmada da Ultrases ölçüm tekniği ile nişasta jelatinizasyonu ve proteinler tarafından oluşan buğday unu hamurunun yapısındaki değişimlerin bir şekilde belirlenebileceği bildirilmiştir (Garcia-Alvarez ve ark., 2011).

Ekmek gibi gözenekli gıdaların yapısal özelliklerinin değerlendirilmesi için düşük frekanslı doğrudan ultrases ölçüm metodunun kullanımı uygun, hızlı ve zararsız bir metot olduğu belirtilmiştir (Petrauskas, 2007). Bir araştırmada, düşük şiddetli ultrases ekmek içi hücrelerinin büyüklüğü, şekli ve konsantrasyonunun değişimi ile mekanik özelliklerin nasıl etkilendiğini incelemek için kullanılmıştır. Kırmızı yazlık buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin kırıntılarından dondurularak kurutma işlemiyle farklı yoğunluklarda örnekler hazırlanmıştır. Ultrasonik hızın ve genliğin yoğunluktaki artışla yükseldiği görülmüştür. Ekmek içinin hücre yapısındaki anizotropinin etkilerini araştırmak için, taze pişirilmiş örnekler tek sıkıştırılmış ve sonuçlar sıkıştırılan ve sıkıştırılmayan örneklerin mekanik özelliklerinin farklı olduğunu göstermiştir. Çalişmada, ekmek içi hücrelerinin yapısal ve mekanik özelliklerinin ölçümü ve ekmek kalitesini belirleyen faktörlerin bazılarının ölçümünde, ultrasesin bir yöntem

olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Elmehdi ve ark., 2003). Bir başka çalışmada fırınlanmış ürünlerin kalitesiyle doğrudan ilişkili olan gözenekliliğin önemli bir fiziksel ve mekanik özellik olduğu ve gözenekliliğin dalga frekansına bağlı olarak ses hızında ve sönümlenmesinde büyük etkiye sahip olduğu, ayrıca düşük frekanslı doğrudan ultrases ölçüm metodunun ekmeklerde tekstür ölçümü için hızlı ve yapıyı bozmadan kullanımı için uygun olduğu bildirilmiştir (Awad ve ark., 2012). Bisküvilerin kırılganlığı ile ultrases hızı arasında bir korelasyon olduğu (Povey ve Harden, 2007) ve düşük frekanslı akustik spektrometrik bir metot ile temassız olarak krakerlerin ve ekmeklerin yapısal ve mekanik özelliklerinin tahmin edilebileceği belirtilmiştir (Juodeikiene ve Basisnskiene, 2004).

54 kHz ferekansta ultrases kullanılarak yapılan bir çalışmanın sonucunda buğday proteinlerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin ölçümlerinde ultrasesin kullanılabileceği bildirilmiştir (Elmehdi ve Kovacs, 2003). Buna ilaveten Elmehdi ve ark. (2013); ultrasesin özellikle ekmek, erişte ve makarna gibi son ürünlerdeki buğday proteinlerinin yapısal ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Hamurların reolojik özelliklerinin değerlendirilmesi için ultrases kullanımının araştırıldığı bir çalışmada ultrases ile belirlenen ve reometre ile belirlenen parametreler arasında yüksek oranda korelasyon olduğu saptanmıştır (Elfawakhry ve ark., 2013). Genel amaçlı buğday unu hamuru, kek için buğday unu hamuru ve ekmek için buğday unu hamurları olmak üzere 3 farklı hamur sistemi üzerine yoğurmanın etkisinin araştırıldığı çalışmada; reolojik analizler hem ultrases (3.5 MHz) ile hem de geleneksel metotlarla yapılmış ve sonuçta elde edilen verilerin birbiriyle benzer olduğu belirtilmiştir. Ultrases frekansının artış ve azalışının hamur reolojisiyle çok güçlü bir korelasyon gösterdiği, bunun sonucunda ultrases kullanılarak hamur kalitesinin anlık izlenebilmesinin mümkün olduğu ve ultrasesin hamur temelli ürünlerin online izlenmesinde kalite kontrol tekniği olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Ross ve ark., 2004).

Un kalitesinin tespiti için ultrasesin kullanımının araştırıldığı bir çalışmada 30'dan daha fazla hamurun reolojik özellikleri Cophin Alveograf, Brabender ekstensograf ve ultrases ile ölçülmüştür. Ölçümler arasında benzer sonuçlar bulunmuş ve farklı amaçlar için kullanılacak un tipi seçiminde ultrasesin alternatif bir metot olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, fırıncılık endüstrisinde en önemli konulardan biri olan son ürün kalite ve yapısının başarılı olabilmesi için hamur özelliklerinin kontrol edilebilmesi gerektiğini ve bu nenle de hızlı ve pişirme sırasında anlık olarak takip edebilme imkanı sağlayan ölçüm sistemlerinin kullanılması gerektiği vurgulamışlardır (Alava ve ark., 2007). Ultrases kullanılarak hamurun karakterizasyonunun araştırıldığı bir çalışmada hamurların

akustik özelliklerinin frekansa bağlı olduğu, bunun yanında su içeriği ve karıştırma (yoğurma) süresinden etkilendiği bildirilmiştir (Letang ve ark., 2001).

Sulu hamurların özgül ağırlıklarının belirlenmesi için tasarlanan 2.25 MHz frekansta çalışan bir probun endüstriyel sulu çözeltiler için kullanılabileceği belirtilmiştir (Fox ve ark., 2004). Düşük yoğunluklu ultrases sensörünün kek üretim sürecinin kontrolünde kullanılmasının incelendiği bir araştırmada farklı yağ, yumurta ve şeker oranlarıyla farklı fiziksel karakterde 27 sulu hamur seti üretilmiştir. Hamurların ve keklerin fiziksel özelliklerinin Ultrases ölçümleriyle korelasyonu araştırılmış ve akustik etkisi ile hamur yapısı arasında önemli korelasyon elde edildiği belirtilmiştir. Kullanılan sistemin endüstride hatalı hamur tespitinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Gomez ve ark., 2008).

Unlu mamullerde en önemli mikrobiyal hastalık olan rope hastalığına sebep olan *Bacillus subtilis*'in inaktivasyonu için ultrases kullanımın araştırıldığı çalışmaların birinde ultrases uygulamasının sulu süspansiyondaki *Bacillus subtilis*'i yok edebildiği saptanmıştır (Bayraktaroğlu ve Obuz, 2006). Bir başka çalışmada ise sütteki *Bacillus subtilis* sporları üzerinde 70-95°C sıcaklık aralıklarında ultrases uygulamasının bakterilerin ısıl direncini önemli derecede düşürdüğü bildirilmiştir (Garcia ve ark., 1989).

Ultrases uygulamaları ayrıca gofretler, çörekler, krepler ve kekler gibi ürünlerde kullanılabilen viskozite, reoloji ve yoğunluk gibi hamur özellikleri ile simetri, yükseklik, yoğunluk, hacim indeksi gibi kek özelliklerini değerlendirmek için de kullanılabilen bir yöntemdir (Bhargavave ark., 2021).

3.2. Ultrasesin Tahıl Ürünlerini İşlemede Kullanımı

Tahıl ürünlerinin işlenmesinde ultrases kullanımın uygulama alanlarından bazıları; kurutma ve eleme işlemlerinin etkinliğin artırılması (Yüksel, 2013b) ve malt üretiminde ıslatma ve çimlendirme işleminin hızlandırılması amacıyla kullanılmasıdır (Yaldagard ve ark., 2007). Buna ilaveten, son yıllarda ultrases destekli nemlendirme sistemleri fırınlarda kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle fırın buhar odalarında sıcaklığın minimum 25˚C ve bağıl neminin ise %75-80 civarında olması gerekmektedir. Yüksek nemli ortamda hamurlar, mayaların fazla çalışması sonucu aşırı derecede yayılmaktadır. Bunun tam tersi durumda yani nem azlığında ise; hamur yüzeyi kurur ve hamur gelişimi güçleşmektedir. Bu tür hamurların ekmeğinin kabuk kısmı kalın ve mat renkli; ekmek şekilleri de bozuk olmaktadır. Bu yüzden ekmeğin mayalanmasında nem önemli bir faktördür. Bu tip sorunları en aza indirmek için, ultrases uygulamalı nemlendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem ile daha az maya kullanımı ile ekmek üretimi gerçekleştirilmektedir ve yaklaşık %93 oranında elektrik ta-

sarrufu sağlanmaktadır (Yüksel, 2013b).

Endüstriyel öneme sahip gıda enzimleri üzerine ultrases işlemlerinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; ultrases uygulamasının tek başına gıdalardaki bozucu ve zararlı çeşitli enzimlerin inaktivasyonu için yetersiz olduğu ancak orta sıcaklık ve/veya basınç uygulamaları ile kombinasyonunun patojenleri ve enzimleri inaktif ettiği bildirilmiştir. Ultrasesin düşük güç seviyelerinde kullanımının nişastada α-amilaz, sükrozda invertaz ve glikojende amiloglukosidaz enzimlerinin reaksiyonlarını artırdığı, yüksek güç seviyelerinde kullanımının ise pektinmetilestesaz ve polifenoloksidaz gibi bozucu enzimleri inaktif ettiği belirtilmiştir (O'Donnell ve ark., 2010; Barton ve ark., 1996). Farklı kalitedeki sorgum tanelerinden enzimatik glukoz üretimi ve verim artışı için ultrases uygulamasının araştırıldığı çalışmada; üç farklı kalitede (normal sağlıklı, çimlenmiş ve kararmış) sorgum kullanılmıştır. Kısa süreli (1 dakika) ultrases uygulamasının verimi %74 ten %90'a çıkardığı saptanmıştır (Shewale ve Pandit, 2009).

Gluten esaslı filmlerin özellikleri üzerine ultrases işleminin etkisinin araştırıldığı çalışmada; farklı ultrases işlemleri önceden hazırlanmış protein çözeltisine uygulanmıştır. Ultrases uygulaması protein dağılımını ve son film görünüşünü olumlu etkilemiştir. Sonikasyon çeşitli gluten fraksiyonlarında büyük değişikliklere yol açmamıştır. Glutenin ultrases uygulamalarına yüksek tolerans gösterdiği tespit edilmiştir. Sonikasyon uygulaması sodyum sülfit gibi kimyasal katkıları kullanmadan gluten temelli filmlerin elde edilmesine olanak tanımıştır (Marcuzzo ve ark., 2010).

Su içerisindeki pirinç (beyaz ve kahverengi pirinç) tanelerine uygulanan sonikasyon sonucunda kabukta parçalanmalar meydana gelmiştir. Bunun sonucunda pişirme sırasında jel oluşumu daha kısa sürede gerçekleşmiş ve nişastanın pişirme süresi kısalmıştır (Mason ve ark., 1996).

Mısır nişastasının fiziksel özellikleri üzerine ultrasesin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 24 kHz frekansta (yüksek güçte) ve 34, 55, 73 Wcm^{-2} yoğunluklarda 15 ve 30 dakika süreyle ultrases uygulanarak mısır nişastasının reolojik ve bazı fiziksel özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ultrases uygulamasıyla nişasta granüllerindeki kristal bölgelerde bozulmalar meydana geldiği, jelatinizasyon entalpisinde düşüş olduğu, kıvam katsayısında önemli bir azalmanın olduğu ve bunun ultrasesin gücündeki artışla ters orantılı olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan nişastanın şişme değerindeki artışın sırasıyla su absorpsiyonu ve mısır nişastası granüllerinin çözünürlüğü ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Jambrak ve ark., 2010). Diğer bir çalışmada nötral proteaz ve yüksek yoğunlukta ultrasesin kombinasyonu kullanılarak pirinç nişastası izole edilmeye çalışılmış ve yöntemin yüksek tuz kullanmadan pirinç nişastası izolasyonu için verimli olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Wang ve Wang, 2003).

Sulu nişasta sistemlerinde ultrasesin bölgesel olarak kuvvetli kayma kuvveti, yüksek sıcaklık ve serbest radikaller oluşturmasından dolayı nişastanın ultrasese maruz bırakılmasıyla yapısında ve özelliklerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliklerin büyüklüğünün nişasta tipi, sistemin nem içeriği ve sıcaklığı, ultrasesin yoğunluğu ve frekansına bağlı olduğu ifade edilmiştir (Zhu, 2015). Sujka ve Jamroz (2013)'un yaptıkları çalışmada buğday, mısır ve pirinç nişastalarını belli şartlarda (20 KHz, 170 W ve 30 dakika) ultrasese tabi tutmuşlar ve ultrases uygulamalarının granül yüzeyi üzerinde gerilimi artırdığı ve çatlak yapıların oluşmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Buğday nişastasındaki değişimlerin mısır ve pirinç nişastasına göre daha fazla olduğu ifade edilmiştir.

Ultrases uygulamasının, nişasta çeşitlerinde (buğday, pirinç, mısır, patates, tapyoka ve tatlı patates) jelatinizasyondan sonra viskozitenin düşürülmesinde basit ve hızlı bir şekilde kullanılabileceği belirtilmiştir (Iida ve ark., 2008).

Kesikli ve sürekli akışlı sistemlerde 20 kHz'lik frekansta ultrases kullanılarak yapılan çalışmaların sonucunda ultrases uygulamasının mısır nişastasın şekerleşme oranını arttırdığı ve mısır peltesi içindeki parçacık boyutunu küçülttüğü saptanmıştır (Montalbo-Lomboy ve ark., 2010).

Prob tipi ultrases cihazı kullanılarak yüksek ve düşük enerjili sonikasyon işleminin buğdayın protein yapısına etkisi incelenmiştir. Düşük enerjili sonikasyon uygulaması solüsyon içerisindeki glutenin sülfidril içeriğini artırmıştır. Yüksek enerjili sonikasyon uygulamasında ise gluten solüsyonundaki sülfidril gruplarında azalma meydana gelmiştir. Yüksek enerjili sonikasyon, gluten proteinlerindeki serbest sistin moleküllerinin bir araya gelmesine ve yeni disülfit bağları oluşturmasına sebep olmuştur (Singh ve MacRitchie, 2001). Düşük frekansta (54 kHz) Ultrasesin buğday gluteninin yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ultrasesten ısıtılmış gluten proteinlerinin denatürasyon sıcaklığının soğutulmuş gluten proteinlerininkine göre daha fazla etkilendiği saptanmıştır (Elmehdi ve Kovacs, 2003).

Buğday gluteninin fonksiyonel özellikleri üzerine ultrasesin etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada; ultrases uygulamasının gluten örneklerinin köpük oluşturması, emülsiyon ve reolojik özelliklerini önemli drecede etkilediği belirlenmiştir. Utrases uygulaması ile emülsiyon kapasitesi artmış ve en yüksek değerler 900 W güç seviyesinde uygulana örneklerden elde edilmiştir. Köpük kapasitesi ve köpük stabilite değerleri ultrases gücünün artmasıyla doğru orantılı olarak kademeli olarak artmıştır. Gluten örneklerinin elektroforetik özellikleri üzerine ultrasesin önemli bir etkisi tespit edilmemiştir (Zhang ve ark., 2011).

Buğdayların tavlanmasında ultrases uygulamasının öğütme ve un kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada; 600 W gücünde, 20 kHz frekansta ultrases uygulamasının tanenin su alma ve yayılma hızını artırdığı, tavlama etkinliğini artırarak düşük yoğunlukta fakat daha kaliteli glutene sahip merkezi endosperm kaynaklı materyali una kazandırarak un kalitesini yükselttiği saptanmıştır. Ayrıca daha ince un granülasyonu, düşük kül miktarı, yüksek gluten indeksi, daha iyi performansa sahip farinograf ve ekstensograf sonuçlarına sahip ekmek denemelerinin bu durumu desteklediği bildirilmiştir. Düşük un külü, ince materyal artışı gibi kalite özellikleri dikkate alındığında, laboratuvar şartlarında elde edilen bu sonuçların, pratik açıdan endüstriyel şartlarda daha kısa sürede daha yüksek tavlama performansı ve aynı kül düzeyinde daha yüksek randıman ve öğütme kalitesinin elde edilebileceğine işaret sayılabileceği ifade edilmiştir. Ultrases uygulaması tavlama işlemi sırasında buğdayda dıştan içe doğru kütle (su) transferinin hızını yükseltmiş, dinlendirme aşamasında unsu endospermin mozaikleşme sürecine katkıda bulunarak un granül inceliğini artmıştır (Yüksel, 2013b). Başka bir araştırmada da buğdayın (Bezostaya-1) ıslatılması sırasında 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan prob tipi ultrases cihazı kullanılarak gerçekleştirilen ultrases işleminin geleneksel metotla ısıtma ile karşılaştırıldığında, tane sertliğine bağlı olarak kuru tanenin % 7-8 daha fazla su absorbe etmesine neden olduğu ve su alma ve yayılma hızını artırdığı saptanmıştır (Yüksel ve Ergün, 2013).

Ultrases destekli dondurma işleminin yaş glutenin yapısal ve fiziksel özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada donmuş yaş glutendeki buz kristallerinin mikrotopografisi taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Ultrases uygulamasının üründeki buz kristallerinin daha küçük ve daha homojen bir yapıda olmasını sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca donmuş yaş glutenin donabilir su içeriği diferansiyel taramalı kalorimetre ile belirlenmiştir. Geleneksel dondurma işlemi ile kıyaslandığında ultrases destekli dondurma ile daha fazla su dondurulabilmiştir. Sonuç olarak ultrases destekli dondurma işleminin dondurulmuş gıdanın kalitesinde olumlu etkileri olan yeni bir dondurma tekniği olduğu belirtilmiştir (Song ve ark., 2009).

Dondurulmuş hamurun kalitesi ve yapısı üzerine ultrases destekli dondurma prosesinin etkisinin araştırıldığı çalışmada, hamurlar ultrases banyosunda 25 kHz frekansta ve 5 farklı güç seviyesinde dondurulmuştur. Sonuçlara göre ultrases uygulaması ile toplam hamur donma süresi %11'den fazla kısalmıştır. Buna ilaveten donmuş hamurda küçük buz kristallerinde artış meydana gelmiştir (Hu ve ark., 2013).

Haşerelerin farklı ses frekanslarına tepki verdiği belirtilmiştir (27-65 kHz arasında). Ultrasesin etkisi ışık şeklinde yayılarak bulunduğu alanlarda (ev, işyeri, otel, restoran, fabrika, depo, kiler, pastane, fırın, gıda imalat

ve satış yerleri); hamam böcekleri, kalorifer böceği, örümcek, güve, bit ve pire, yarasa, cırcır böceği, su böcekleri gibi pek çok zararlı canlıya etki etmektedir (Yüksel, 2013b; Anonim, 2016). Bu bilgiden yola çıkarak ultrasesin un, makarna, bulgur vb. tahıl işleyen işletmelerde haşere kontrolü amacıyla kullanılabileceği sonucuna varılabilmektedir.

3.3. Ultrasesin Tahıl Teknolojisinde Ekstraksiyon İşlemlerinde Kullanımı

Yüksek güçlü ultrases uygulaması, organik bileşiklerin bitki ve tohumdan ekstraksiyonunu olumlu yönde etkilemektedir (Şahin Ercan ve Soysal, 2011). Yüksek güçlü ultrases; gıda biyoaktiflerinin ekstraksiyonlarında ucuz, basit ve verimli bir alternatif metottur (Shewale ve Pandit, 2009). Hızlandırılmış solvent, mikrodalga destekli, süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi çeşitli ekstraksiyon tekniklerinin içerisinde ultrases destekli ekstraksiyon hem daha ucuz hem de basit ve verimlidir (Wang ve ark, 2008). Ultrases kullanımı ısıl olmayan alternatif bir metottur. Ultrases kavitasyon etkisiyle hücre duvarlarını mekanik olarak parçalayarak hücre içindeki sıvı ekstraktın hücre dışına kolayca çıkmasını sağlar. Ultrases uygulaması parçacık boyutunu azalttığından katı ve sıvı fazlar arasındaki yüzey alanı artar. Ultrasesin mekanik aktivitesi, solventin dokulara doğru olan yayılımının hızını artırır. Bu nedenlerle ultrases uygulanarak yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha hızlı gerçekleşir (Kim ve Zayas, 1989).

Kadmiyum (Cd), esansiyel olmayan bir ağır metaldir ve Dünya Sağlık Örgütü'nün zehirli maddeler listesinde yedinci sırada yer almaktadır. Bu çalışmada, pirinç taneleri ve pirinç ununun Cd dekontaminasyonu için ultrases destekli ekstraksiyon (BAE) uygulanmıştır. Uygulamadan sonra pirincin toplam protein, toplam nişasta, termal stabilitesi, morfolojik yapısı ve dokusal özellikleri değerlendirilmiştir. Uygulama sırasında önemli miktarda nişasta kaybedilmesine rağmen, yapısal ve dokusal kalite korunmuştur. Kontamine pirincin Cd'den uzaklaştırılması için çok faydalı bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Luo ve ark., 2021). Bir başka çalışmada ise, ultrases; buğday ve buğday ürünlerindeki arseniğin tür tespiti için protein ekstraksiyonuna yardımcı işlem olarak kullanılmıştır (D'Amato ve ark., 2011).

Tahıl kepeklerinden çözülebilen diyet lifin ekstraksiyonunda ultrasesin kullanıldığı bir çalışmada arpa kepeğinden β-glukan ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla 2 farklı teknik kullanılmıştır; mekanik su ekstraksiyonu ve ultrases (37 kHz) destekli ekstraksiyon. Mekanik su ekstraksiyonu sonucunda 0,4200g/100g β-glukan ekstrakte edilmiştir ve ekstraksiyon verimi %27,11 olarak bulunmuştur. Buna karşın ultrases destekli ekstraksiyon sonucunda β-glukan ekstraksiyon miktarı 0.7546g/100g ve verim %48,70

olarak belirtilmiştir (Spoljaric ve ark., 2013).

Buğday kepeğindeki fenolik maddelerin ektraksiyonu için kullanılan ultrases uygulamaları soxhlet ekstraksiyonu kadar verimlidir. Ayrıca ekstraksiyon süresini oldukça kısaltmaktadır (Toma ve ark., 2001). Fenolik maddelerce zengin heteroksilanların buğday kepeğinden geleneksel ve ultrases destekli ekstraksiyonunun karşılaştırıldığı çalışmada; kısa zamanlı (10 dakikaya kadar) ultrases uygulamasının başarılı olduğu ve toplam extraksiyon süresinin ultrases destekli extraksiyonla 60 dakikadan 10 dakikaya düşürülebileceği belirtilmiştir (Hromadkova ve ark., 2008). Buğday kepeğinden fenolik maddelerin ultrases destekli ekstraksiyonun çalışıldığı araştırmada sabit frekans (40 kHz) ve güçte (250 W) ultrases altında optimum ekstraksiyon şartları araştırılmış ve optimum koşullar; etanol konsantrasyonu: %64, ekstraksiyon sıcaklığı: 60˚C ve ekstraksiyon süresi: 25 dakika olarak saptanmıştır (Wang ve ark., 2008).

Mısır kepeği hemiselülozlarının ekstrakt edilebilirliği üzerine kısa süreli ultrasesin (100 W) etkisi incelenmiştir. Ekstraklardan elde edilen polisakkaritler verim ve bileşim bakımından karakterize edilmiştir. Çözücü olarak suyun kullanıldığı kısa süreli ultrases uygulaması ile polisakkaritlerin ekstraksiyonu klasik ekstraksiyon metoduyla (hidrojen peroksit içeren alkali ortam kullanılması) kıyaslandığında benzer sonuçlar elde ediliş, fakat %1 ve 5 NaOH çözeltisi içerisinde ultrases uygulaması toplam ekstrakt veriminde klasik metoda göre %40'lara kadar artışa neden olmuştur. Polisakkaritlerin ekstraksiyon verimi su içerisindeki sonikasyon uygulaması ile artmıştır (Ebringerova ve Hromadkova, 2002).

Arpa, sorgum ve mısır tanelerinde bulunan yağ asitlerinin tespiti için kullanılacak gaz kromatografisi kütle spektrometrisi (GC-MS) analizinin bir basamağı olan ekstraksiyon işleminin ultrases destekli yapılasının etkisinin araştırıldığı çalışmada sorgum hariç, ultrases destekli ekstraksiyon kullanıldığında toplam yağ verimi daha yüksek tespit edilmiştir (Gordon ve ark., 2018).

Başka bir çalışmada ise mısırın ultrases destekli yaş öğütme sırasında nişasta-protein ayrımını kolaylaştırmak için ultrason uygulanmıştır. Nişasta protein ayrımında (15 dakika, 200 W) sonikasyon işlemiyle daha yüksek bir nişasta verimi elde edilmiş ve sonuçlar, ultrasesin nişastaya zarar vermediğini göstermiştir. Ayrılan proteinlerin serbest sülfhidril içeriği %37,21 artmıştır ve disülfit bağ içeriği ise %43,66 azalmıştır. Ayrıca ultrasesin disülfit bağlarını etkili bir şekilde yok ettiği anlaşılmıştır. Ultrasesin, protein moleküllerinin disülfit bağlarını ve hidrojen bağlarını parçalayabileceği ve parçalanmış protein aglomeratlarından nişastayı etkin bir şekilde serbest bırakabileceği tespit edilmiştir (Liu ve ark., 2021).

4. SONUÇ

Bu çalışma ile birçok alanda uygulaması yaygınlaşan ultrases teknolojisin tahıl ve tahıl ürünlerinde kullanımlarına yönelik çalışmalar derlenmiştir. Ultrasesin tahıl ürünlerinin duyusal ve tekstürel özelliklerini iyileştirmek ya da kalite niteliklerini tespit etmek amacıyla kullanılabileceği birçok çalışmada bildirilmiştir. Ultrases ürün işlemede bir yardımcı işlem olarak kullanıldığı gibi aynı zamanda başlıca işlem basamağı olarak da kullanılabilmektedir. Ultrasesin belli bir prosesin parametrelerini canlı olarak izlemek ve kontrol etmek amacıyla kullanılabileceği de belirtilmiştir. Tüm bu çalışmaların sonucunda ultrasesin ilerleyen zamanda tahıl teknolojisinde hem kalite kontrol amacıyla hem de ürün işlemeye yönelik alanlarda yer alacağı açıktır.

5. KAYNAKLAR

Açu, M., Yerlikaya, O., Kınık, Ö., 2014. Gıdalarda ısıl olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi – Teknolojisi Dergisi*. 14:23-35.

Alava, J. M., Sahi, S. S., Garcia-Alvarez, J., Turo, A., Chavez, J. A., Garcia, M. J., Salazar, J., 2007. Use of ultrasound fort he determination of flour quality. *Ultrasonics*. 46. 270-276.

Anonim, 2016. Ultrasonik ses teknolojisi hakkında. http://www.ticaretgroup.com/asp/menu_items.asp?ID=66, (Erişim Tarihi:06.04.2016)

Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Resarch International*. 48. 410-427.

Barton, S., Bullock, C., Weir, D., 1996. The effects of ultrasound on the activities of some glycosidase enzymes of industrial importance. *Enzyme and Microbial Technology*. 18:190-194.

Bayraktaroğlu, G., Obuz, E., 2006. Ultrasound yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*. 57-60. 24-26 Mayıs. Bolu.

Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., & Sharanagat, V. S. 2021. Advances in application of ultrasound in food processing: A review. *Ultrasonics sonochemistry*, *70*, 105293.

Chemat, F., Huma, Z., Khan, M. K., 2010. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 18. 813-835.

D'Amato, M., Aureli, F., Ciardullo, S., Raggi, A., Cubadda, F., 2011. Arsenic speciation in wheat and wheat products using ultrasound- and microwave-assisted extraction and anion exchange chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom*. 26. 207.

Dolatowski, Z. J., Stadnik, J., Stasiak, D., 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*. 6(3), 89-99.

Ebringerova, A., Hromadkova, Z., 2002. Effect of ultrasound on the extractibility of corn bran hemicelluloses. *Ultrasonics Sonocemistry*. 9. 225- 229.

Elfawakhry, H., Hussein, M. A., Becker, T., 2013. Investigation on the evaluation of rheological properties of cereal based viscoelastic fluids using ultrasound. *Journal of Food Engineering*. 116. 404-412.

Elmehdi, H. M., Kovacs, M. I. P., 2003. Using ultrasound to investigate the structural and functional properties of wheat gluten. *3rd International Symposium on Food Rheology and Structure*. 547- 548.

Elmehdi, H. M., Scanlon, M. G., Page, J. H., Kovacs, M. I. P., 2013. Probing thermal transitions and structural properties of gluten proteins using ultrasound. *J Ultrasound*. 16:101-110.

Ertugay, M. F., Şengül, M., Şengül, M., 2002. Effect of ultrasound treatment on milk homogenisation and particle size distribution of fat. *Turk J Vet Anim Sci.* 28. 303-308.

Fox, P., Smith, P. P., Sahi, S. S., 2004. Ultrasound measurements to monitör the specific gravity of food batters. *Journal of Food Engineering*. 65. 317-324.

Garcia, M. L., Burgos, J., Sanz, B., Ordonez, J. A., 1989. Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of *Bacillus subtilis*. *J Appl Bacteriol*. 67 (6): 619-28.

Garcia-Alvarez, J., Alava, J. M., Chavez, J. A., Turo, A., Garcia, M. J., Salazar, J., 2006. Ultrasonic characterisation of flour-water systems: A new approach to investigate dough properties. *Ultrasonics*. 44. e1051-e1055.

Garcia-Alvarez, J., Salazar, J., Rosell, C. M., 2011. Ultrasonic study of wheat flour properties. *Ultrasonics*. 51. 223-228.

Elmehdi, H. M., Page, J. H., Scanlon, M. G., 2003. Using ultrasound to investigate the cellular structure of bread crumb. *Journal of Cereal Science*. 38. 33-42.

Gomez, M., Oliete, B., Garcia-Alvarez, J., Ronda, F., Salazar, J., 2008. Characterization of cake batters by ultrasound measurements. *Journal of Food Engineering*. 89. 408-413.

Gordon, R., Chapman, J., Power, A., Chandra, S., Roberts, J., & Cozzolino, D. 2018. Comparison of ultrasound-assisted extraction with static extraction as pre-processing method before gas chromatography analysis of cereal lipids. *Food Analytical Methods*, *11*(11), 3276-3281.

Hromádková, Z., Košt'Álová, Z., & Ebringerová, A. 2008. Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of phenolics-rich heteroxylans from wheat bran. *Ultrasonics Sonochemistry*, *15*(6), 1062-1068.

Hu, S., Liu, G., Li, L., Li, Z., Hou, Y., 2013. An improvement in the immersion freezing process for frozen dough via ultrasound irradiation. *Journal of Food Engineering*.114. 22-28.

Iida, Y., Tuziuti, T., Yasui, K., Towata, A., Kozuka, T., 2008. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9. 140-146.

Jambrak, A. R., Herceg, Z., Subaric, D., Babic, J., Brncic, M., Brncic, S. R., Bosiljkov, T., Cvek, D., Tripalo, B., Gelo, J., 2010. Ultrasound effect on physical of corn starch. *Carbohydrate Polymers*. 79. 91-100.

Juodeikiene, G., Basinskiene, L., 2004. Non-destructive texture analysis of cereal products. *Food Research International*. 37. 603-610.

Karadağ, A., Yolcu Ömeroğlu, P., & Saner, S., 2008. Gıda muhafazasında yeni teknolojilerin kullanımı. *Gıda Güvenliği Dergisi.* 2. (1), 50-55.

Kentish, S., Feng, H., 2014. Applications of power ultrasound in food processing. *Annu. Rev. Food. Sci. Technol.* 5:263-84.

Kim, S. M., Zayas, J. F., 1989. Processing parameters of chymosin extraction by ultrasond. *Journal of Food Science*. Volume 54, No. 3.

Letang, C., Piau, M., Verdier, C., Lefebvre, L., 2001. Characterization of wheat-flour-water doughs: a new method using ultrasound. *Ultrasonics*. 39. 133-141.

Lionetto, F., Maffezzoli, A., Ottenhof, M., Farhat, I. A., Mitchell, J.R., 2006. Ultrasonic investigation of wheat starch retrogradation. *Journal of Food Engineering*. 75. 258-266.

Liu, J., Yu, X., & Liu, Y. 2021. Effect of ultrasound on mill starch and protein in ultrasound-assisted laboratory-scale corn wet-milling. *Journal of Cereal Science*, 103264.

Luo, Z., Duan, H., Yang, Y., Zhang, W., Ramaswamy, H. S., & Wang, C. 2021. Ultrasound assisted extraction of cadmium for decontamination of rice and its influence on structure/texture of cooked rice. *Journal of Cereal Science*, *97*, 103142.

Marcuzzo, E., Peressini, D., Debeaufort, F., Sensidoni, A., 2010. Effect of ultrasound treatment on properties of glüten-based film. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 11. 451-457.

Mason, T. J., Paniwnyk, L., Lorimer, J. P., 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*. 3. 253-260.

Montalbo-Lomboy, M., Khanal, S. K., Leeuwen, H. V., Raman, D. R., Dunn Jr., L., Grewell, D., 2010. Ultrasonic pretreatment of corn slurry for saccharification: A comparison of batch and continuous systems. *Ultrasonics Sonochemistry*. 17. 939-946.

Milićević, N., Kojić, P., Sakač, M., Mišan, A., Kojić, J., Perussello, C., Banjac, V., Pojic, M. & Tiwari, B. 2021. Kinetic modelling of ultrasound-assisted extraction of phenolics from cereal brans. *Ultrasonics Sonochemistry*, *79*, 105761.

O'Donnell, C. P., Tiwari, B. K., Bourke, P., Cullen, P. J., 2010. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*. 21. 358-367.

Petrauskas, A., 2007. Evaluation of porous food products by using ultrasonic methods. *Ultragarsas (Ultrasound)*. Vol.62, No.3. 20-25.

Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R. C., 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*. 87, 207-216.

Povey, M. J. W., Harden, C. A., 2007. An application of the ultrasonic pulse echo technique to the measurement of crispness of biscuits. *International Journal of Food Science & Technology*. Volume 16, Issue 2, 167-175.

Povey, M. J. W., Rosenthal, A. J., 2007. Technical note: Ultrasonic detection of the degradation of starch by α-amylase. *International Journal of Food Science & Technology*. Volume 19, Issue 1, 115-119.

Ross, K. A., Pyrak-Nolte, L. J., Campanella, O. H., 2004. The use of ultrasound and shear oscillatory tests to characterize the effect of mixing time on the rheological properties of dough. *Food Research International*. 37. 567-577.

Sağdıç, O., Ekici, L., Yetim, H., 2008. Gıdaların muhafazasında yeni mikrobiyal inaktivasyon metotları. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*. 949-952. 21-23 Mayıs, Erzurum.

Sayın, L., Tamer, C. E., 2014. Yüksek hidrostatik basınç ve ultrasonun gıda koruma yöntemi olarak kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. Cilt 28, Sayı 1, 83-94.

Shewale, S. D., Pandit, A. B., 2009. Enzymatic production of glukose from different qualities of grain sorghum and application of ultrasound to enhance the yield. *Carbohydrate Research*. 344. 52-60.

Silventoinen, P., & Sozer, N. 2020. Impact of ultrasound treatment and pH-shifting on physicochemical properties of protein-enriched barley fraction and barley protein Isolate. *Foods*, *9*(8), 1055.

Singh, H., MacRitchie, F., 2001. Use of sonication probe wheat gluten structure. *Cereal Chemistry*. Vol. 78, No. 5, 526-529.

Song, G., Hu, S. G., Li, L., Chen, P., Shen, X., 2009. Structural and physical changes in ultrasound-assisted frozen wet gluten. *Cereal Cehemistry*. Volume 86, Number 3, 333-338.

Soria, A. C., Villamiel, M., 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in food science & technology*. 21. 323-331.

Söbeli, C., Kayaardı, S., 2014. Et kalitesini belirlemede yeni teknikler. *Gıda*. 39 (4): 251-258.

Spoljaric, V., Smerdel, B., Cukelj, N., Dujmic, F., Brncic, M., Novotni, D., Curic, D., 2013. Ultrasound assisted extraction of soluble dietary fiber from cereal bran. *7th International Congress FLOUR-BREAD '13. 9th Croation Congress of Cereal Technologists*. 203-210.

Sujka, M., Jamroz, J., 2013. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. *Food Hydrocolloids*. 31. 413-419.

Şahin Ercan, S., Soysal, Ç., 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması. *Gıda*. 36 (4):225-231.

Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L., Mason, T. J., 2001. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 8. 137-142.

Tüfekçi, S., Özkal, S. G.,2014. Application of ultrasonic measurements techniques in food industry. *Balkan Agricultural Congress*. 8-11 September. Edirne.

Tüfekçi, S., Özkal, S. G., 2015. Gıdaların kurutulmasında ultrases kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 21 (9), 408-413 (Pamukkale Gıda Sempozyumu III Özel Sayısı).

Ulusoy, K., Karakaya, M., 2011. Gıda endüstrisinde ultrasonik ses dalgalarının kullanımı. *Gıda*. 36 (2): 113-120.

Wang, L., Wang, Y.,2003. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. *Journal of Cereal Science*. 39. 291-296.

Wang, J., Sun, B., Cao, Y., Tian, Y., Li, X., 2008. Optimisation of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from wheat bran. *Food Chemistry*. 106. 804-810.

Vercet, A., Lopez, P., Burgos, J., 1997. Inactivation of heat-resistant lipase and protease from *pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. *J Dairy Sci*. 80:29-36.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D., 2007. Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry – a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9. 161-169.

Yadav, S., Mishra, S., & Pradhan, R. C. 2021. Ultrasound-assisted hydration of finger millet (Eleusine Coracana) and its effects on starch isolates and antinutrients. *Ultrasonics Sonochemistry*, *73*, 105542.

Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., Tabatabaie, F., 2007. The effect of ultrasound on the activity of alpha-amylase during barley germination. *Proceedings 10th Asean Food Conference*. 21-26 August. Malaysia.

Yerlikaya, P., Gökoğlu, N., 2016. Gıda endüstrisinde yüksek frekanslı ultrason uygulamaları. http://forum.gidagundemi.com/gida-endustrisinde-yuksek-frekansli-ultrason-uygulamalari-t11096.html (Erişim Tarihi: 06.04.2016).

Yüksel, F., 2013a. Gıda Teknolojisinde ultrases uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*. Cilt:8, No:2, 29-38.

Yüksel, Y., Elgün, A., 2013. Buğdayın ıslatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorbsiyonu üzerine etkisi. *BAÜ Fen Bil. Dergisi*. Cilt 1 5(2), 1-14.

Yüksel, Y., 2013b. Buğdaylarda tavlama işleminde ultrason uygulamasının öğütme ve un kalitesi üzerine etkisi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD. Doktora Tezi.*

Yüksel, Y., & Elgün, A. 2020. Determination of the effect of high energy ultrasound application in tempering on flour quality of wheat. *Ultrasonics sonochemistry*, *67*, 105129.

Zhang, H., Claver, I. P., Zhu, K. Zhou, H., 2011. The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten. *Molecules*. 16. 4231-4240.

Zhu, F., 2015. Impact of ultrasound on structure, physicochemical properties, modifications, and applications of starch. *Trends in Food Science & Technology*. 43. 1-17.

Zohdijamil, Z., Afshar, S., Khazalpour, S., & Hashemi, M. 2021. Deep eutectic solvent based ultrasound assisted emulsification microextraction for preconcentration and voltammetric determination of aflatoxin B1 in cereal samples. *Analytical Methods*, *13*(7), 946-954.

Bölüm 5

DİYET LİFİNİN ET ÜRÜNLERİNDE KULLANIMI VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Kübra ÜNAL[1]

Nuran ERDEM[2]

Halime ALP[3]

Nazik Meziyet DİLEK[4]

1 Dr. Öğr. Üyesi Kübra ÜNAL, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye, ulusoy_kubra@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9005-6160

2 Öğr. Gör. Nuran ERDEM, Aksaray Üniversitesi, Güzelyurt Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Aksaray Türkiye, nuran.erdem42@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7012-9251

3 Öğr. Gör. Dr. Halime ALP, Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Konya Türkiye, halimealp@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5833-9611

4 Arş. Gör. Nazik Meziyet DİLEK, Selçuk Üniversitesi, Akşehir Kadir Yallagöz Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Akşehir Türkiye, meziyetdilek@selcuk.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2506-2067

1. Giriş

Günümüzde tüketicilerin bilinç düzeyinin artmasına bağlı olarak, doğal ve sağlıklı beslenmeye olan ilgi artmıştır. Bu nedenle tüketicilerin eğilimi sadece gıdaların lezzetli olması yönünde değil, sağlık üzerine olumlu etkileri olan çeşitli fonksiyonel bileşikleri içermesi yönündedir. Önemli bir fonksiyonel gıda bileşeni olan diyet lifi, insanların mide ve ince bağırsaklarında sindirilemeyen, kalın bağırsaklarında ise kısmen veya tamamen fermente edilebilen yenilebilir bitkisel bileşiklerdir (Arslan & Erbaş, 2014; Ekici & Ercoşkun, 2007; Salçın & Ercoşkun, 2021; Seçkin & Özkılınç, 2008). Diyet lifi; selüloz, hemiselülozlar, pektik maddeler, zamklar, dirençli nişasta, inülin gibi hem oligosakaritler hem de polisakkaritler ile lignin ve diğer karbonhidrat olmayan bileşenler (örneğin, polifenoller, mumlar, saponinler, kutin, fitatlar, dirençli protein) ile ilgili olan bitkisel karbonhidrat polimerlerini kapsamaktadır (García Herrera, Sánchez-Mata, & Cámara, 2004; Thebaudin, Lefebvre, Harrington, & Bourgeois, 1997; Yangılar, 2013). Diyet lifi, nişasta olmayan polisakkarit grubu bileşenler olarak tanımlanmakla birlikte, dirençli nişasta ise bu grup bileşenlerin dışında kalmaktadır (Elleuch et al., 2011; Guillon & Champ, 2000; Harris & Ferguson, 1999). Diyet lifleri ince bağırsaklarda sindirilemedikleri için, kalın bağırsağa geçerek bu florada bulunan probiyotik mikroorganizmalar için substrat teşkil etmektedir (Yangılar, 2013).

Bitki hücre duvarının bileşiminde bulunan ve sindirilemeyen bu bileşenler yapılan çalışmalar sonucunda, ilk olarak 1953 yılında "diyet lif" olarak adlandırılmıştır (Devries, Prosky, Li, & Cho, 1999). Diyet lifinin bazı kronik hastalıklara karşı koruyucu etkilerinin belirlenmesi de, diyet lifi ve gıdalarda kullanımı üzerine yapılan araştırmaların artmasına yol açmıştır. Birçok araştırmacı yeterli diyet lifi tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, kolon kanseri, obezite risklerini azalttığını ve kan lipidleri, glikoz ve insülin salınımının kontrolünü sağladığını bildirmiştir (Eastwood, 1992; Han & Bertram, 2017; Larsson & Wolk, 2006; Mehta, Ahlawat, Sharma, & Dabur, 2015; Özboy & Ardıç, 2016). Toplumun büyük bir kısmı, beslenmede bu sağlığa faydalı gıda bileşenine yetersiz düzeyde yer vermektedir (Debusca, Tahergorabi, Beamer, Matak, & Jaczynski, 2014). Diyet lifinin yetişkinler için önerilen alım miktarı 28-36 g/gün olduğu ve bunun %70-80' i çözünmeyen lif olması gerektiği belirtilmiştir (Mehta et al., 2015). Diyet liflerinin kullanılmasının diğer önemli bir nedeni; kaynaklarının nispeten ucuz olan, yaygın olarak bulunan tarımsal yan ürünler olması ve gıda ürünlerine dahil edilmesiyle genel üretim maliyetlerinin azaltılabilmesidir (Han & Bertram, 2017; Mehta et al., 2015). Ayrıca kalorisiz hacim arttırıcı maddeler olmaları nedeniyle, gıdaların bileşimindeki un, yağ veya şekerin kısmen yerdeğiştirilmesi, gıda bileşenlerinin su ve yağ tutma özelliklerinin iyileştirilmesi, emülsiyon ve oksidatif stabilitele-

rinin geliştirilmesi amacıyla da kullanılmaktadırlar (Elleuch et al., 2011; Spotti & H. Campanella, 2017).

Diyet lifi tahıllarda, sebzelerde, meyvelerde ve kuruyemişlerde doğal olarak bulunmaktadır. Liflerin miktarı ve bileşimi ise gıdadan gıdaya farklılık göstermektedir (Desmedt & Jacobs, 2001; Dhingra, Michael, Rajput, & Patil, 2012). Gıda liflerinin öneminin anlaşılması, lif açısından zengin ürünler için büyük ve potansiyel bir pazarın gelişmesine yol açmıştır ve gıda endüstrisinde kullanılabilecek yeni diyet lifi kaynaklarını araştırmak için bir eğilim oluşmuştur (Chaui & Huang, 2003). Gıdaların lif içeriğini zenginleştirmek için gıdalara eklemeler yapılmaktadır. Son yıllarda, atıştırmalık yiyecekler, içecekler, baharatlar, taklit peynirler, soslar, dondurulmuş gıdalar, tahıl ürünleri, konserve etler, çeşitli et ürünleri ve diğer gıdaların lif içeriğini zenginleştirmek için yapılan araştırmalar gittikçe artmaktadır (Dhingra et al., 2012). Çeşitli diyet liflerinin işlenmiş et ürünlerinin emülsiyon stabilitesi, viskozitesi, duyusal, reolojik ve tekstürel özelliklerini geliştiren; su tutma kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi ve jel oluşturma özellikleri gibi farklı fonksiyonel özellikleri bulunmaktadır (Ağar, Gençcelep, Saricaoğlu, & Turhan, 2016 ; Ahmad, Khalid, & Younis, 2020; Bis-Souza, Barba, Lorenzo, Penna, & Barretto, 2019 ; A.K. Das et al., 2020). Bu çalışmada, diyet liflerinin sınıflandırılması, bileşimi, teknolojik özellikleri, gıdalarda ve et ürünlerinde kullanımı üzerine bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

2. Diyet Liflerinin Sınıflandırılması

Diyet lifleri, suyla karıştırıldıklarında bir çözelti oluşturup oluşturmamalarına göre değerlendirildiğinde, çözünür ve çözünmez diyet lifi olarak sınıflandırılırlar (Ajila & Prasada Rao, 2013; Özboy & Ardıç, 2016; Periago, Ros, Lo ´pez, Martinez, & Rincón, 1993). Çözünmeyen lifler; lignin, selüloz ve hemiselülozu içermekte olup, çözünür lifler ise pektinler, β-glukanlar, galaktomannan zamkları ve inülin dahil olmak üzere çok çeşitli sindirilemeyen oligosakkaritleri kapsamaktadırlar (Alvarez & Peña-Valdivia, 2009; Dülger & Şahan, 2011; García Herrera et al., 2004; Jalili, Wildman, & Medeiros, 2001; La Course, 2008; Ramirez-Santiago et al., 2010; Rodríguez, Fernández-Bolaños, Guillén, & Heredia, 2006; Yangılar, 2013). Meyveler, sebzeler, yulaf ve baklagiller yüksek miktarda çözünür lif içeriğine sahiptirler. Öte yandan, tam tahıllar ise çözünmeyen diyet lifi kaynağı olarak iyi birer örneklerdir (Özboy & Ardıç, 2016; Wisker, Feldheim, Pomeranz, & Meuser, 1985). Gıdaların içerdiği diyet lifi bileşenlerinin yaklaşık % 75’ lik bir oranını çözünmeyen lifler oluşturmaktadır (Dülger & Şahan, 2011; Figuerola, Hurtado, Estévez, Chiffelle, & Asenjo, 2005).

Tablo 1
Diyet Lifi Çeşitleri ve Kaynakları

Diyet lifi	Özellikleri	Kaynak
Çözünür lifler		
Pektin	Galakturonik asit, ramnoz, arabinoz, galaktoz içeriği yüksek, orta laminede ve birincil duvarda bulunmaktadır	Tam tahıllar, elma, baklagiller, lahana, kök sebzeler
Gam	Genelde heksoz ve pentoz monomerlerinden oluşmaktadır	Yulaf ezmesi, kuru fasulye, baklagiller
Müsilajlar	Bitkilerde sentezlenen glikoprotein içerebilen bileşenlerdir	Gıda katkıları
Çözünmez lifler		
Selüloz	Glikoz monomerlerinden oluşan, hücre duvarlarının ana bileşenidir	Tam tahıllar, kepek, bezelye, kök sebzeler, cruciferous familyası fasulye, elma
Hemiselüloz	Birincil ve ikincil hücre duvarları	Kepek, tam tahıllar
Lignin	Aromatik alkoller ve diğer hücre duvarı bileşenlerinden oluşmaktadır	Sebzeler, un

Her iki kısım da vücutta farklı fizyolojik etkiler oluşturmaktadır (Ajila & Prasada Rao, 2013; Schneeman, 1987). Çözünen lif kısmı, kandaki kolesterolün azalması ve ince bağırsak tarafından glikoz emiliminin azalması ile ilişkiliyken, çözünmeyen lif hem su absorbsiyonu hem de bağırsak düzenlenmesi ile ilgilidir. Çözünür lif, gıdalarda çözünmeyen liflere göre daha az bulunmasına rağmen, sindirim ve emilim süreçlerinde önemli etkileri olduğuna inanılmaktadır (Dreher, 2001; Peressini & Sensidoni, 2009). Diyet lifi fraksiyonlarının farklı bir şekilde davrandığı iyi bilinmekte olup, çözünür diyet lifi potansiyel bir prebiyotik özellik göstermektedir (Fuller & Gibson, 1997 ; Gibson & Roberfroid, 1995; Yangılar, 2013). Çözünen diyet lifi fraksiyonu, su ile birlikte sıkı bir jel yapısı oluştururken, çözünmeyen lif kısmının bağladığı su miktarı ise takriben ağırlığının 20 katıdır. Böylece çözünmeyen diyet lifi, fekal hacminin artışına neden olarak bağırsaktaki geçiş süresini kısaltmakta ve kabızlığın giderilmesine katkıda bulunmaktadır (Burdurlu & Karadeniz, 2003; Denktaş, 2017; Thebaudin et al., 1997). Bununla birlikte, sağlıklı beslenme nedeniyle her iki diyet lifinin birlikte tüketilmesinin hastalıklara karşı daha etkili korunma sağladığı bildirilmiştir (J.W. Anderson, Randles, Kendall, & Jenkins, 2004; Dülger & Şahan, 2011; Salçın & Ercoşkun, 2021; Tamer, Aydoğan, & Çopur, 2004). Diyet liflerinin çeşitleri ve kaynakları Tablo 1' de verilmiştir (Dülger & Şahan, 2011; Jalili et al., 2001; Yangılar, 2013).

Gıdalarda bulunan diyet lifi miktarı ve kompozisyonu diyet lifi kaynağı olan bitkiye, çeşide, doku tipine, yetiştirme koşullarına, olgunluk derecesine ve kültürel uygulamalara göre değişkenlik göstermektedir

(Dreher, 2001; Dülger & Şahan, 2011; Rodríguez et al., 2006; Salçın & Ercoşkun, 2021). Taze meyvelerde hasat zamanına göre farklı oranlarda lif miktarı bulunmakta olup (Erbilir Özel, 2006) meyve ve sebzeler, su içeriklerinin tahıl ürünlerine göre fazla olması nedeniyle daha az oranda lif içeriğine sahiptirler. Tahıl tanesinin dış tabakalarının lif içeriği ise daha yüksektir ve tam öğütülmüş tahıllarda işlenmiş tahıllara göre daha fazla lif bulunmaktadır. Ayrıca meyve ve sebzelerin kabuk kısımlarının lif içeriği de oldukça zengindir (Köksel & Özboy, 1993; Puupponen-Pimia et al., 2002; Salçın & Ercoşkun, 2021).

3. Diyet Lifi Bileşenleri

Selüloz, pektin, hemiselüloz, lignin, kutin, suberin, inülin, oligofruktoz, dirençli nişasta ve gumlar diyet lifi bileşenleri arasında yer almaktadır (Burdurlu & Karadeniz, 2003).

3.1. Selüloz ve Türevleri

D-glikopiranoz birimlerinin β-1-4 bağları ile bağlanması ile oluşan, suda çözünemeyen, tabiatta en fazla miktarda rastlanan karbonhidrat özelliğinde bir polimer (Chauvelon, Buleon, Thibault, & Saulnier, 2003) olan selüloz, insanlarda selülaz enzimi üretilemediğinden sindirilememektedir. Bu nedenle diyet lifi özelliği taşımaktadır (Dhingra et al., 2012). Meyve ve sebzelerin hücre çeperinin yaklaşık olarak %30-40'ını oluşturmaktadır. Tahılların hücre çeperlerinde ise daha düşük oranda (%2-4) bulunmaktadır (Harris & Ferguson, 1999; Repo-Carrasco-Valencia, Pena, Kallio, & Salminen, 2009; Salçın & Ercoşkun, 2021). Selüloz polimerlerinin çeşitli kimyasal ajanlarla muamele edilmesi ve yapısındaki hidroksil gruplarının reaksiyona girmesi sonucu, selüloz eterleri veya esterleri meydana gelmektedir (Kırcı H., Ateş S., & M., 2001). Selüloz ve türevleri sağlığa yararlı diyet lifi özelliğinin yanı sıra tekstür ve lezzet geliştirme, şeker ve yağ ikamesi, ısıl işlemlere karşı direnç kazandırma, viskozite arttırma, su tutma, donma noktasını düşürme, kristal oluşumunu engelleme, yağ absorbsiyonunu azaltma gibi fizikokimyasal ve organoleptik özelliklerinden dolayı da gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Lee & Salminen, 2009; Primo-Martin et al., 2010; Venter, 2006; Wang YC, Yu RC, & CC., 2002).

3.2. Hemiselüloz (Selüloz Olmayan Polisakkaritler)

Bitkilerin hücre duvarlarından pektik polisakkaritlerin uzaklaştırılması ile alkali suda çözünme özelliği kazanan polisakkaritlerdir. β-1,4 glikozidik bağları olan glikoz ünitelerinin omurgalarını içerirler (Kay, 1982). Meyve ve sebzelerin hücre çeperlerinde, selüloz yapısında olmayan ksiloglukanlar adıyla da bilinmektedir. Yapıları selülozla benzerlik göstermekle birlikte birçoğu glikoz monomeri ksiloz monomeriyle yer değiştirmektedir (J. L. Slavin, 2005). Tahıl tanelerinin kepek kısmında

hemiselüloz içeriği yüksek miktarda olmasının yanı sıra temel dokuları yapı bakımından farklı iki polisakkarit (arabinoksilan ve β-glukan) içermektedir (Shelton & Lee, 2000).

3.3. Oligofruktoz ve İnülin

İnülin, β, 2-1 bağlı früktozlardan meydana gelen, oligofruktoz ve fruktoz oligomeridir. Soğuk suya göre sıcak suda daha iyi çözünmektedir (Causey, Feirtag, Gallaher, Tungland, & Slavin, 2000). Sarımsak, soğan, pırasa, yeralması, enginar, muz, kuşkonmaz ve hindiba gibi sebzelerin inülin içeriği yüksektir (Causey et al., 2000; Köprülü, 2009). İnülin yağ ve şeker ikamesi olarak kullanılmaktadır (Coussement, 1999). Yağ ikamesi olarak düşük yağlı gıdaların tekstür ve görünüşünü modifiye etmekte, ağızda kremsi his sağlamakta ve lezzeti artırmaktadır (Linden & Lorient, 1999; Mendoza, Garcia, Casa, & Selgas, 2001). Su tutma kapasitesinin yanında jelleştirici ve kalınlaştırıcı ajan olarak gıdaların emülsiyon stabilitesini artırmaktadır (Vendrell-Pascuas, Castellotee-Bargalló, & López-Sabater, 2000).

3.4. Pektin

Pektinler, temel bileşeni D-galakturonik asit olan metilin esterleşmesi ile oluşmaktadır. Bitkilerin hücre duvarlarında bulunan karmaşık yapıdaki polisakkaritler olan pektinler turunçgil meyvelerinin kabukları ve elma posalarından üretimi yapılmaktadır (Harholt, Suttangkakul, & Scheller, 2010). Jelleştirici özelliğinden dolayı kıvam vermesi nedeniyle gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Demirci, 2006). Diyet lifi özelliği bulunan pektin kalori içermemektedir. Proteinler ile birlikte görülen emülgatör özelliği nedeniyle düşük enerjili emülsifiye gıdalarda kolaylıkla kullanılabilmektedir. Ayrıca pektin ilavesi ile proteinlerin emülsiyon özellikleri gelişmektedir (Delev & Simeonova, 1995).

3.5. Dirençli Nişasta

Dirençli nişasta yeni jenerasyon lif olarak tanımlanmaktadır (Mahadevamma, Prashanth, & Tharanathan, 2003). Nişasta; çeşitli işlemler sonucunda diyet lifi özelliğine sahip olmakta ve sindirim enzimlerine direnç gösteren bir nişasta formuna dönüştürülmektedir. Fonksiyonel özelliğe sahip bir gıda kaynağı ve katkı maddesi olarak kullanılabilmektedir (Lertwanawatana, Frazıer, & Nıranjan, 2015). Dirençli nişastayı, insan sindirim sistemi sindirememektedir. Bundan dolayı selüloz, pentozan ve β-glukan gibi nişasta özelliği göstermeyen polisakkaritler ile benzerlik göstermektedir (Kotancılar, Gerçekaslan, Karaoğlu, & Boz; Nugent, 2005). Suda çözünmeyen bir diyet lifi olan enzime dirençli nişasta (Isken, Klaus, Osterhoff, Pfeıffer, & Weıckert; Robertson, Bıckerton, Dennıs, Vıdal, & Frayn, 2005); fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla gıda for-

mülasyonlarında kullanılmakta ve bu şekilde sağlık açısından da faydalı olan ürünler üretilebilmektedir (Özbaş & Köksel, 2006). Proses işlemlerine uyumlu olması, üretim koşulları ve ürün formülasyonlarında daha az modifikasyon gerektirmekte, bu da maliyetin düşmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Candal, 2016).

3.6. Hidrokolloidler (Gamlar)

Yapışkan, zamkımsı ve bitkilerden sızan doğal maddelerdir. Kıvam artırıcı ve/veya jelleştirici özellik kazandırmak amacıyla suda dağılabilen veya çözünebilen polimerik karbonhidratlardır. Kolloidal yapıya sahip ve hidrofilik kolloid özellikte olmaları nedeniyle "hidrokolloidler" olarak da adlandırılmaktadırlar (Glicksman, 1969). Yüksek viskozite ve jel oluşturma fonksiyonları bulunduğundan, tekstürün muhafazasında görev almaktadırlar (Jiménez-Escrig & Sánchez-Muniz, 2000). Sülfatlanmış bir polisakkarit olan karragenanlar, sıcak su ve süt içerisinde çözünebilme ve jel oluşturabilme özelliği göstermektedirler. Krem rengi ile açık kahverengi arasında ve toz formunda olup kırmızı deniz yosunundan elde edilmektedirler. Aljinik asidin sodyum tuzu şeklinde kahve renkli deniz yosunlarından elde edilen aljinatlar, genellikle yüksek viskozite oluşturabilme özelliğine sahiptirler (Belitz, Groch, & Schieberle, 2004). Galaktoz birimlerinden oluşan agar agarlar ise galaktanlar grubunda yer almaktadır. Yüksek su bağlama fonksiyonları nedeniyle buz kristallerinde büyümeyi yavaşlatmakta, erimeyi geciktirmekte ve raf ömrünü uzatmaktadırlar (Demirci, 2006; Roberts, 2011).

3.7. Lignin, Suberin ve Kutin

Ligninler, hücre duvarına sertlik ve sağlamlık kazandırmaktadır. İşlevleri yönüyle polisakkaritler ile birlikte bulunan bir fenil propan türevidir. Suberin, bitkilerin hücre çeperlerinin ikincil yapılarında bulunmaktadır. Lignine benzer bir yapıya kovalent bağla bağlanan hidrofobik polyester kısımdan oluşmaktadır. Parankima dokunun su geçirgenliğini engelleme özelliğine sahip olan suberin hasar görmüş hücre duvarının onarılmasında görev almaktadır (Bilişli, 2009; Chris, Carol, & Mark, 2011). Bitkiyi kötü çevre koşullarına karşı koruyan bir yapıya sahip olan kutin bitkilerin yaprak ve meyveleri gibi dış tabakalarını meydana getiren bir polyesterdir (Heredia, 2003).

3.8. 3 ila 9 Arasında Monomer İçeren Karbonhidrat Polimerleri

Ulusal veya uluslararası birlikler, 3-9 monomer üniteli karbonhidrat polimerlerini de diyet lifleri içerisinde kabul etmektedirler. Farklı tanımlamalar ortaya çıkmış olmakla birlikte Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) tarafından 2009'da bu tanım kabul edilmiştir. 3-9 sayıda monomer bulunduran karbonhidrat polimerlerinin kabul edilme hususu isteğe bıra-

kılmış ancak sağlığa faydalı fizyolojik etki göstermeleri koşul olarak kabul edilmiştir. 3-9 arasında monomer içeren karbonhidrat polimerleri bu tanıma dahil edildiğinde, β-frukto-oligosakkarit, α-galakto-oligosakkarit, β-galakto-oligosakkarit, ksilo-oligosakkarit, arabino-ksilo-oligosakkarit, dirençli dektrinler ve polidekstroz gibi oligosakkaritler de diyet lifi tanımına girmektedirler (Jones, 2014; Stephen et al., 2017).

4. Diyet Lifi Bakımından Zengin Gıdalar

Son yıllarda, dünyada ve ülkemizde yüksek lif içerikli gıdalara olan ilgi giderek artmıştır. Amerika Gıda ve İlaç İdaresi (FDA)'nin yayınladığı yönergeye göre, yüksek lif içerikli hazır gıdalar her porsiyonunda 5 gram ve daha fazla, iyi derecede lif içerikli hazır gıdalar her porsiyonunda 2.5-4.9 g ve arttırılmış/daha fazla diyet lifi içeren hazır gıdalar, her porsiyonunda en az 2.5 g daha fazla lif içermelidir (J.J., 2009). Ülkemizde ise, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından 2011 yılında Resmi Gazete'de (Sayı: 28157) yayınlanan Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği'ne göre; bir ürünün yüksek miktarda lif içermesi için gıdaların 100 g'ındaki lif miktarının en az 6 g veya 100 kkal'sindeki lif miktarın en az 3 g olması gerekmektedir (GTHB, 29 Aralık 2011).

Meyve ve sebzeler, baklagiller, kabuklu yemişler, tohumlar ve tam tahıllar başlıca diyet lifi kaynaklarıdır (Turner & Lupton, 2011). Diyet lifi miktarı ve kompozisyonu gıdadan gıdaya farklılık göstermektedir (Dhingra et al., 2012). Baklagiller, uzun zincirli çözünebilen polisakkaritler ve çözünmeyen polisakkaritler başta olmak üzere galaktooligosakkaritler ve dirençli nişasta gibi birkaç farklı diyet lifi içermektedir. Baklagil kaynaklı diyet lifleri prebiyotik fonksiyon göstermektedir (Brummer, Kaviani, & Tosh, 2015). Tahıl kepekleri, tam tahıllar, kuru fasulye, bezelye, kabuklu yemişler ve sebzeler diyet lifinin en yaygın formu olan çözünür olmayan diyet lifi miktarı bakımından zengin gıdalardır. Gıdalarda daha az bulunmasına rağmen önemli etkilerinin olduğu düşünülen, çözünebilir diyet lifi içeriği yüksek başlıca gıdalar ise; arpa ve yulaf taneleri, yulaf kepeği, kuru fasulye, çeşitli meyveler ve bazı baklagillerdir (Türksoy, 2011).

Kahve çekirdeğinin etrafını saran ve yeşil çekirdeğin kavrulması esnasında ortaya çıkan bir yan ürün olan kahve çekirdeği zarı yüksek oranda diyet lifi içermektedir (Ballesteros, Teixeira, & Mussatto, 2014). Balkabağının diyet lifi içeriğinin muz, patates, elma ve portakaldan daha yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir (Aziah & Komathi, 2009). Un üretimi sırasında bir yan ürün olarak elde edilen buğday rüşeymi, yüksek besleyici değere sahiptir (Ma et al., 2014). Pişme işleminde uygulanan sıcaklığın olumsuz etkileri ve oksidasyona yatkınlığı nedeniyle öğütme esnasında endospermden ayrılan rüşeym, hayvan yemi ve yağ üretiminde ham madde olarak değerlendirilmektedir (Kumar & Krishna, 2015). Rüşeymin

sağlık üzerindeki olumlu etkilerine rağmen gıda endüstrisinde kullanımı oldukça sınırlıdır (Ma et al., 2014). Keten tohumu heteropolimerleri gıda endüstrisinde oldukça geniş ölçüde kullanılmaktadır (Elboutachfaiti et al., 2017). Keten tohumu müsilajı prebiyotik özelliğe sahip ve nötral polisakkaritlerden oluşmaktadır (Bustamante, Oomah, Rubilar, & Shene, 2017). Müsilaj, suda çözünebilme, viskoz solüsyon oluşturabilme ve düşük konsantrasyonlarda jel oluşturabilme özelliklerine sahiptir (Elboutachfaiti et al., 2017). Mercimeklerin kabuklarında bulunan diyet lifinin %85'lik bölümü çözünmeyen diyet lifinden oluşmaktadır (Tosh & Yada, 2010). Yulafta bulunan β-glukan, D-glikoz üniteleri ile karışık bağlantılı bir polisakkarit olup diyet liflerinin önemli bir parçasıdır (Yalçın, 2020). Yulaf tanesi, hem çözünebilir hem de çözünür olmayan diyet lifi içermektedir. Diğer tahıllarla kıyaslandığında yulafta yüksek miktarda diyet lifi bulunmaktadır. Bu nedenle yulafın, çeşitli hastalıkları önleme özelliği bulunmaktadır (James W Anderson et al., 2009).

5. Diyet Liflerinin Teknolojik Özellikleri

Diyet lifleri; dirençli nişasta, vitaminler, mineraller, fitokimyasallar ve antioksidanlar olmak üzere biyoaktif bileşenleri içermektedir (Lattimer & Haub, 2010). Doku oluşumuna katkı sağlayabilme, çözünebilme, suyu, yağı ve mineralleri bağlayabilme, viskozite, jel ve emülsiyon oluşturabilme gibi teknolojik özelliklere sahip olması nedeniyle gıda teknolojisinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (Gedik, 2016; F. Işık, Urgancı, & Turan, 2017; Moraes-Crizel, Jablonski, Rios, Rech, & Flôres, 2013).

5.1. Hidrasyon ve Hacim Arttırıcı Özelliği

Şişme, su tutma ve bağlama kapasitesi ve çözünürlük özellikleri diyet lifinin hidrasyon özellikleri olarak tanımlanmaktadır (Burdurlu & Karadeniz, 2003; Meister, 1996). Çözünürlüğün ilk basamağı şişme ile başlamaktadır. Bu nedenle çözünürlük ve şişme birbirleriyle ilişkili özelliklerdir (Thibault, Lahaye, & Guillon, 1992). Diyet lifinin su tutma kapasitesi ve şişme özellikleri gibi hidrasyon özellikleri kimyasal yapıları, porozite, içerdikleri karbonhidrat profili, partikül büyüklüğü, iyonik kuvvetler ve sıcaklık gibi faktörler ile ilişkilendirilebilmektedir (Elleuch et al., 2011). Özellikle fırıncılık ürünlerinde kullanılan diyet lifler, sineresis oluşumunu azaltmaktadır (Rahaie, Gharibzahedi, Razavi, & Jafari, 2012). Tatlı patates diyet lifi yoğurdun su salma miktarını önemli derecede azaltırken, yoğurtta daha çok kabul edilebilir ağız hissi verdiği tespit edilmiştir (Ramirez-Santiago et al., 2010). Keten tohumu bileşiminde yaklaşık % 25 oranında hacim artırıcı bulunmaktadır (L., 2006; Zeybek & Haksel, 2010). Tohum parçalandığında, tohum epidermisindeki musilaj hücreleri suyla temasa geçip 40 misline kadar şişebilmektedir (Zeybek & Haksel, 2010). Enzime dirençli nişastanın jel oluşturucu, stabilize edici, dokuyu iyileş-

tirici fonksiyonlarının yanısıra hacim arttırıcı fonksiyonu da bulunmaktadır (Baixauli, Salvador, Martinez-Cervera, & Fiszman, 2008; Sajilata, Singhal, & Kulkarni, 2006).

5.2. Yağ Absorblama ve İkame Özellikleri

Diyet liflerinin su ve yağ absorblama kapasitesi partikül büyüklüğüne göre değişmekte, büyük partiküller, santrifüj işlemi sonrasında küçük partiküllere göre birbirlerine daha zayıf bağlanmakta, bunun sonucunda da daha fazla miktarda su ve yağ bağlayabilmektedir (E. T. Anderson & Berry, 2000; Atasoy, Özkan, Karadağ, & Sağdıç, 2019; Burdurlu & Karadeniz, 2003; Carbonell-Aleson, 2005; Prakongpan, Nitithamyong, Luangpituksa, & 1308–1313., 2002; Serdaroğlu & Yıldız Turp, 2004). Kabak ve turp liflerinde, turunçgil posasından elde edilen liflerde ve mantar liflerinde (Premavalli, 2010; Ye, Tao, Liu, Zou, & Zhao, 2015; Zhang, Li, & Torres, 2005) boyutların azalması, su ve yağ bağlama kapasitelerinin azalmasına neden olmaktadır. Meyve liflerinin toplam ve çözünebilir lif içeriklerinin yüksek olması, su ve yağ bağlama kapasitesini artırmış ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmiştir (Fernandez-Lopez et al., 2004). Bezelye lifi diğer diyet liflerine göre daha yüksek yağ ve su bağlama kapasitesine sahip olduğundan, son yıllarda çalışmalarda sıklıkla kullanılmaya başlanan diyet lifi bileşenlerinden biridir (E. T. Anderson & Berry, 2000). Limon lifi ilave edilen ürünlerde, pişirme kayıplarının azalmasının sebebi, su ve yağ bağlama kapasitesinin yüksek olmasıdır (Salman, 2012). Diyet lifleri yağ ikame maddesi olarak da kullanılmaktadır (Ramirez-Santiago et al., 2010). Süt ürünlerinde kullanılan inülinin tekstürel özelliklerin iyileştirilmesine katkıda bulunduğu ve yağ ikame edici fonksiyonu nedeniyle kremsi dokuyu geliştirdiği belirtilmiştir (Meyer, S. Bayarri, Tárrega, Costell, & 2011). Et ürünlerinde yağ bağlama veya ikame edici fonksiyonları nedeniyle baklagil lifleri kullanılmaktadır (Dalgetty & Baik, 2003). Selülozlar, modifiye nişastalar, polidekstrozlar ve gamlar çeşitli gıdalarda formülasyondaki yağ miktarının azaltılması amacıyla kullanılmaktadır (Napier, 1997).

5.3. Tekstürel Özellikleri

Diyet liflerinin su bağlama özelliği, gıdaların yapı ve stabilitesi üzerine etki göstermesini sağlamaktadır. Ksantan ve locust bean gum yapıyı sıkılaştırmakta; karragenan ve pektin jel oluşturmaktadır. Bu şekilde gıdaların yapısına stabilite kazandırmaktadır. Dispersiyon, emülsiyon ve köpük gibi yapıların devamı sağlanmaktadır. Aljinatlar tarafından meyveli içeceklerdeki meyve pulpu askıda tutularak çökmesi engellenmekte; propilen glikol aljinat tarafından bira köpüğünde stabilite sağlanmakta, dondurmalarda pürüzsüz ve kıvamlı yapı oluşmaktadır (Soyer & Karadeniz, 2003). Makromoleküler hidrokollidler veya gamlar birçok et ürünün-

de tekstürü düzenlemek amacıyla kullanılmaktadır (Grigelmo-Miguel & Martin-Belloso, 1999). Artan karagenan konsantrasyonu ve pektin jeli az yağlı frankfurterlerde kesme direnci değerlerinin artmasını sağlamaktadır (Candoğan & Kolsarıcı, 2003).

5.4. Kristalizasyonu Kontrol Edici Özelliği

Arabinoksilanlar gibi çeşitli hücre çeperi polisakkaritleri, kristal oluşumunu su sıcaklığı donma noktasının altına düştüğünde sınırlandırmaktadır (Thebaudin et al., 1997). Pektin, kristalizasyonun engellenmesine katkıda bulunmakta ve jel oluşumu esnasında ortamda bulunan serbest suyu bağlamaktadır (Müller-Maatsch et al., 2016). Donmuş süt ürünlerinde kristalizasyon kontrol edici olarak diyet liflerinin potansiyel kullanımı tavsiye edilmektedir (Soukoulis, Lebesi, & Tzia, 2009). Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; donmuş süt ürünlerinde kristalizasyon ve rekristalizasyon kontrolü için besinsel lifler kullanılabilir (Göncü, 2016). Agar agarlar, iyi su tutma özelliğine sahip olduklarından buz kristallerindeki büyümeyi yavaşlatmaktadır (Demirci, 2006; Roberts, 2011). Selüloz ve selüloz türevleri kristal oluşumunu engelleme amacıyla kullanılmaktadır (Arslan & Erbaş, 2014).

6. Diyet Lifinin Gıdalardaki Kullanım Alanları

Çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılan diyet lifleri, ilave edildiği gıdalarda emülsiyon ve jel oluşturma, su ve yağ bağlama özellikleri gibi fonksiyonel özelliklerine olumlu etkiler sağlamaktadır. Tekstürün geliştirilmesi, sinerezisin engellenmesi ve stabil emülsiyonların oluşturulmasında kullanılmaktadırlar (Elleuch et al., 2011).

6.1. Diyet Liflerinin Et Ürünlerinde Kullanımı

Gıda formülasyonlarını zenginleştirmenin amacı, ürünün besleyicilik değerleri artırma, fizikokimyasal özellikleri etkileyerek duyusal nitelikleri geliştirme gibi arzu edilen fonksiyonları elde etmenin yanı sıra depolama sırasında oksidasyonu ve mikrobiyal gelişimi engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatmaktır (Xiong, 2012).

Et ürünlerinin işlenmesi sürecinde hem sentetik kimyasal bileşikler hem de güvenli olarak kabul edilen (GRAS) doğal ingrediyentler, son ürünün kalitesini ve güvenliğini düzenlemek veya değiştirmek için düzenli olarak et dışı fonksiyonel katkı maddeleri olarak kullanılabilmektedir. Doğal kaynaklardan elde edilen bileşikler, güvenilirlik ve sağlıklı olma özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Fasseas, Mountzouris, Tarantilis, Polissiou, & Zervas, 2008). Bu fonksiyonel bileşikler et ürünlerinin fizikokimyasal karakteristiklerini etkilemeleri, besleyicilik ve fonksiyonel değerlerini artırmaları nedeniyle oldukça gündemdedirler.

Emülsiyon tipi et ürünlerinin üretiminde istenilen özelliklerini sağlamada pH, su tutma kapasitesi, emülsiyon stabilitesi, pişirme verimi vb. gibi fizikokimyasal özellikler dahil olmak üzere birçok faktör etkilidir (Santhi, Kalaikannan, & Sureshkumar, 2017). pH; tekstür, pişirme kaybı, gevrekliği ve mikrobiyal aktiviteyi etkilediği için emülsiyon tipi et ürünlerinde son derece önemli kalite parametrelerinden biri olarak kabul edilir (Lawrie & Ledward, 2006). Malav et al. (2015); lahana tozunun sahip olduğu fenolik bileşenlerin asidik yapısından kaynaklanabilecek içeriğe bağlı olarak et ürünlerinde pH değerini düşürdüğünü bildirmiştir. Benzer şekilde emülsiyon stabilitesi de emülsiyon tipi et ürünlerinin geliştirilmesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir ve yapı, verim ve duyusal niteliklerle bağlantılı olduğu bilinir (Santhi et al., 2017). Pişirme verimi, işleme sırasında et dışı bileşenlerin et ürünleri üzerine etkisini tahmin etmek için kullanılan en pratik testlerden biridir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar, et olmayan bileşenler olarak diyet liflerinin emülsiyon stabilitesini etkilediğini ve dolayısıyla pişirme verimini arttırdığını göstermektedir. Etin işlenmesi sırasında, diyet lifleri ürün işleme ve depolama süresi boyunca çok kararlı bir emülsiyon oluşması için suya ve yağa bağlanır ve bu da pişirme veriminin, su tutma kapasitesinin ve tekstrün iyileştirilmesine neden olur (Cofrades, Hughes, & Troy, 2000; Dhingra et al., 2012; Thebaudin et al., 1997). Bu nedenle, emülsiyon stabilitesi ve pişirme verimi birbiriyle ilişkili kavramlardır ve emülsiyon tipi et ürünlerinin daha düşük pişirme kaybı sadece teknolojik açıdan değil aynı zamanda ekonomik açıdan da avantajlıdır (A.K. Das et al., 2020). Cofrades et al. (2000); diyet liflerinin su bağlama ve yağı bağlama gibi parametrelerin pişirme verimini artırdığını bildirmişlerdir. Ceviz veya yosun gibi lif bakımından zengin bileşenler, ısıl işlem uygulanmış et ürünleri üretiminde kullanılmıştır. Et ürünlerinin teknolojik özelliklerinin geliştirilmesinin yanı sıra, her iki bileşen de frankfurterlere eklenerek diyet liflerinin konsantrasyonu artmakta olup; örneğin %20 ceviz eklenmesi, diyet lifinin yaklaşık %1'lik artışını sağlamıştır. Ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin artırılması için kullanılabileceği rapor edilmiştir (Jiménez-Colmenero, Sánchez-Muniz, & Olmedilla-Alonso, 2010).

Et emülsiyonları üzerine çiğ ve dehidre limon albedosunun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek fonksiyonel özelliklerin % 5 albedo ilave edilen emülsiyonlarda olduğu belirlenmiştir (Sarıçoban et al., 2008). A. K. Das, Rajkumar, and Verma (2015) bael meyvesi pulp kalıntısının % 0.5 seviyesinin keçi eti nuggetların emülsiyon stabilitesi ve pişirme verimini önemli şekilde artırdığının bildirmişlerdir. *Moringa oleifera* çiçeğinin tavuk nuggetlarda kullanıldığı bir çalışmada kontrol grubuna göre daha yüksek pişirme verimi ve emülsiyon stabilitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Madane et al., 2019). Bununla birlikte Verma, Rajkumar, Baner-

jee, Biswas, and Das (2013) koyun etinden üretilmiş nugget örneklerinde diyet lifi kaynağı olarak guava tozunun ilave edilmesiyle birlikte emülsiyon stabilitesinin ve pişirme veriminin düştüğünü bildirmişlerdir, bu durumun et emülsiyonunun düşük pH'sından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Turunçgil lifi bileşenlerinin et ürünlerine ilave edildiği zaman lipid oksidasyonunu geciktirdiği ve kalıntı nitrit miktarlarını azalttığı rapor edilmiştir (Fernandez-Gines, Fernandez-Lopez, Sayas-Barbera, Sendra, & Perez- Alvarez, 2003). Lahana tozu içeren et ürünlerinde, hem aerobik hem de vakumlu paketleme koşulları altında, lahanadaki fenolik bileşiklerin ve diyet liflerin varlığından ötürü depolama sırasında kontrol grubuna göre tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) ve serbest yağ asidi değerlerinin azaldığı sonucuna varılmıştır (Malav et al., 2015). Farklı seviyelerde lotus rizom tozu ile hazırlanan pişirilmiş sosislerin, kontrol (0.88 mg MDA/kg) muamelesine göre lipid oksidasyonuna karşı önemli ölçüde daha yüksek oksidatif stabiliteye sahip olduğu (TBARS değeri 0.57-0.59 mg malondialdehit (MDA)/kg) belirlenmiştir (Ham et al., 2017). Bu durumun, lotus rizomunun lipofilik fraksiyonu nedeniyle güçlü antioksidan etkisinden ve sosislerde lipid oksidasyonunun ilk ve sonraki aşamalarını önlemeye yardımcı olabilecek iyi miktarda gallik asit varlığından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür (Deng et al., 2013).

M. oleifera çiçeği ekstraktını diyet lif kaynağı olarak kullanan Madane et al. (2019), 20 günlük depolama süresi boyunca tavuk nuggetlarında daha düşük TBARS değerleri bildirmiş ve çiçeklerde bulunan güçlü antioksidan kapasiteye sahip polifenolik bileşiklerin, kontrol numunesine kıyasla ekstrakt ile muamele edilmiş nuggetların daha fazla oksidatif stabilitesine katkıda bulunan faktör olabileceğini göstermiştir.

Araştırma bulguları, zenginleştirilmiş diyet liflerinin et ürünlerinin sertliğini, dış yapışkanlığını ve kesme kuvvetini etkilediğini ve böylece tekstürü büyük ölçüde değiştirdiğini göstermektedir. Koyun eti nuggetlarında guava tozu (Verma et al., 2013), tavuk eti nuggetlarında *M. oleifera* çiçeği (Madane et al., 2019) ve keçi eti nuggetlarında bael küspesi kalıntısı (A. K. Das et al., 2015) gibi çeşitli kaynaklardan diyet lifi içeren çalışmalarda, et ürünlerinin diyet lifi içermeyen kontrol grubuna göre daha düşük sertlik, dış yapışkanlık, gamsılık ve kesme kuvveti değerlerine sahip olduğunu belirtmektedir. Ancak istiridye mantarlı tavuk köftelerde ilavesi ile elastikiyet değerlerinin daha yüksek olduğu ama istatistiki olarak önemli olmadığı bildirilmiştir (Wan Rosli, Solihah, Aishah, Nik Fakurudin, & Mohsin, 2011). Benzer bir eğilim, Ham et al. (2017)' nın lotus rizom tozu kullandıkları çalışmada rapor edilmiş, pişirilmiş sosislerin gamsılık ve sertlik gibi tekstürel parametrelerinin çoğunun değişmediği bildirilmiştir. Portakal kabuğu lifi ile formüle edilen Bologna sosislerin daha sert, daha az elastik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine sahip olduğu vurgulanmıştır (Fernandez-Lopez

et al., 2004). Ağar et al. (2016); şeker kamışı diyet lifinin et emülsiyonlarına ilave edildiği bir çalışmada reolojik özelliklerin geliştiğini, şeker kamışı lifi konsantrasyonu arttıkça tekstürel parametrelerden sertlik, çiğnenebilirlik, gamsılık, geri kazanım değerlerinin arttığını bildirmişlerdir. Aleson-Carbonell, Ferna´ndez-Lo´pez, Sayas-Barbera´, Sendra, and Pe´rez-Alvarez (2003) çiğ ve ısıl işlem görmüş limon albedosu ilave edilmiş sosislerin özelliklerini incelemişler, %5 limon albedosu ilave edilen sosislerin en yüksek sertlik değerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Sosis hamurlarına %17 ve 29 oranlarında şeftali lifinin kullanıldığı ve yağ içeriğinin %5-20 arasında değiştiği bir çalışmada, sosis hamurlarının viskozitesinin kullanılan diyet lifi miktarına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca diyet lifinin, ürünün su tutma kapasitesini arttırdığı ve pişirme kayıplarını azalttığı belirtilmektedir. Yağ içeriği azaltılan sosislerin renginin ise, kontrol örneğinden daha koyu renkli olduğu ve ürünün tekstürünün sadece yüksek oranda lif kullanımından olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Tömek, Serdaroğlu, Demirtaş, & Bulgay, 1993).

Bir başka çalışmada ise, taze ve dondurulmuş sığır eti ile hazırlanan model sistem emülsiyonların özellikleri üzerine ayçiçeği tablası lifinin farklı seviyelerdeki etkisi araştırılmıştır (Sarıçoban, Yılmaz, Karakaya, & Tiske, 2010). Ayçiçeği tablası lifinin beş konsantrasyonu şeklinde ilave edildiği örneklerde; emülsiyon kapasitesi, emülsiyon stabilitesi, emülsiyon viskozitesi, renk ve akış özelliklerinin etkisi incelenmiştir. En yüksek emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi sonuçlarının %5 tabla lifi eklenmesiyle olduğu, tabla lifi konsantrasyonu arttıkça bu değerlerde negatif sonuçların ortaya çıktığı belirlenmiştir. Taze sığır eti emülsiyonlarının, dondurulmuş sığır eti emülsiyonlarından çok daha yüksek emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin ayçiçeği tablası lifindeki pektin içeriğinin yüksek olmasına ve pektinin çözünebilir bir diyet lifi olduğuna bağlı olduğu bildirilmiştir.

Diyet liflerinin renk parametreleri üzerine etkilerine bakıldığında ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Sáyago-Ayerdi, Brenes, and Goñi (2009), üzüm diyet lifinin ile hem çiğ hem de pişmiş tavuk hamburgerlerinde kontrole kıyasla beyazlık (L^*) ve sarılık (b^*) değerlerinde önemli bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Kırmızılık değerlerindeki (2,22 kat) önemli artışın, üzüm diyet liflerinde bulunan kırmızı renkli fenoliklerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Köftelere pirinç kepeği diyet lifi ilavesinin ürünün renk ve duyusal özelliklerini olumsuz etkilemediği, kepek ilavesinin %10'un altında olması ve kepeklerin küçük partiküllü olmasının kaliteyi olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Huang, Shiau, Liu, Chu, & Hwang, 2005). Benzer şekilde, Verma et al. (2013) pişmiş koyun eti nuggetlarında guava tozu ilavesiyle kırmızılık değerlerinde (%38'e kadar) önemli bir iyileşme olduğunu, ancak kontrole kıyasla beyazlık ve sarılık

değerleri üzerinde herhangi bir etkide bulunmadığını ifade etmişlerdir. Kırmızılık değerindeki artışın muhtemelen guava tozunun kırmızı renginden kaynaklanabileceği sonucuna varmışlardır. Başka bir çalışmada Fernandez-Gines, Fernandez-Lopez, Sayas-Barbera, Sendra, and Perez-Alvarez (2004) limon albedosu ile hazırlanan Bolonya sosislerde kontrol grubuna göre daha yüksek parlaklık (*L**) ve kırmızılık (*a**) değerleri fark etmişler, renk özelliklerinin formülasyonlarda kullanılan albedo türleri ve konsantrasyonundan etkilendiğini bildirmişlerdir. Yalınkılıc¸ B., Kaban, and Kaya (2012) ise portakal lifi konsantrasyonu ile fermente sucukların parlaklık değerinin arttığını bildirmişlerdir.

6.2. Diğer Gıdalarda Kullanımı

Enzime dirençli nişastanın beyaz renkli, normal partikül büyüklüğünde ve ürün tekstürünü pozitif yönde etkileyen bir yapıda olması nedenleriyle, hamurun işlenmesini ve reolojisini önemli derecede etkilememektedir (Kotancılar et al.). İnülin; süt, yoğurt, fermente süt ürünleri, sütlü içecekler ve peynirler, dondurma, sütlü tatlılar gibi süt ürünleri, bisküvi, ekmek gibi fırıncılık ürünleri, şekerleme ürünleri, içecekler, sürülebilir ürünler, barlar, çikolata ve tahıllar inülin kullanımının en başarılı olduğu proseslerdir (Ü. Işık, 2006). Fırıncılık ürünleri, makarna, şekerleme, çorba, sosis ve içeceklerde baklagil lifleri fonksiyonel etkileri nedeniyle kullanılabilmektedir (Khan, Alam, Ali, Bibi, & Khalil dan, 2007).

Buğday rüşeymi yüksek miktarda mineral ve vitamin içermektedir. Özellikle alfa ve beta tokoferol, E vitamini ve fitosterol içeriğince zengin ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip bileşenler içermektedir (Gómez, González, & Oliete, 2012). Zenginleştirmek amacıyla, tahıl bazlı gıda formülasyonlarında rüşeym ve türevlerinin kullanımı son yıllarda giderek artış göstermektedir. Ekmek, bu gıdaların başında gelmektedir. Ham buğday rüşeymi, yağsız buğday rüşeymi ve tavlanmış buğday rüşeyminin ekmek kalitesi üzerindeki etkilerinin incelendiği çeşitli çalışmalarda, rüşeymin sadece besleyici değeri arttırmadığı aynı zamanda hamur ve ekmek karakteristiğini de etkilediği tespit edilmiştir (Ma et al., 2014). Süt ürünleri ve pastacılık ürünlerinde, yüksek miktarda diyet lif içeriğine sahip turunçgil yan ürünleri kullanılmaktadır. Rüşeym, spesifik formülasyonlarda kullanılma potansiyeli yüksek bir üründür (Pérez-Alvarez, Aleson-Carbonell, Fernández-López, & Sayas-Barberá, 2002). Yulafta tane kabuğu fiziksel olarak taneden ayrılmamakta ve genelde direkt (tam tahıl) olarak tüketilmemektedir. Yulaf, bu nedenle çok iyi bir lif kaynağıdır (Peterson, 2001). Zengin lif içeriği nedeniyle, gıda endüstrisinde özellikle bebek maması, çorba, ekmek, bisküvi, kahvaltılık gevrek, ezme, jips, salça ve sosis üretiminde kullanılmaktadır (Peterson, 2001; Sobayoğlu, 2017). Yulaf kepeği içeriğindeki suda çözünebilir lif miktarı, buğday kepeğine oranla yaklaşık 4 kat daha fazladır (Tamerler & Oakenfull, 1991).

7. Diyet Liflerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Diyet lifleri kullanıldıkları ürünlerde fonksiyonel ve teknolojik birçok özelliği sağlamasının yanı sıra ayrıca insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere de sahiptir. Bu nedenle son yıllarda tüketicilerin bilinç düzeylerinin artmasına ve diyet lifinin sağlık üzerine olumlu etkilerini ortaya koyan çalışmalara bağlı olarak her geçen gün önemi artmaktadır. Bununla birlikte, diyet liflerinin sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanında bazı durumlarda olumsuz sonuçlar da doğurabileceği unutulmamalıdır.

7.1. Diyet Liflerinin Prebiyotik Özellikleri ve Bağışıklık Sistemi Üzerine Etkileri

Prebiyotikler genel olarak sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan mikroorganizmaları uyaran maddeler olarak tanımlanmakta olup pek çok prebiyotik, diyet lifi özelliği göstermesine rağmen her diyet lifi için prebiyotiktir ifadesi kullanılamaz. Bir diyet lifi çeşidinin prebiyotik olarak sınıflandırılması için bağırsaklarda bulunan yararlı mikroorganizmaların gelişimini teşvik etmesi, vücuda alındığında bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilemesi, patojen bakterilerin gelişimini engellemesi ve/veya sınırlandırması ve kısa zincirli yağ asidi üretimini artırabilmesi gerekmektedir (J. Slavin, 2013). Frukto-oligosakaritler (FOS), inülin, galakto-oligosakaritler (GOS), polidekstroz, ksilo-oligosakarit (XOS), izomalto-oligosakarit (IMO) ve dirençli nişasta prebiyotik özellik gösteren diyet liflerine örnek olarak verilebilir. Prebiyotik diyet liflerinin tüketimi ile birlikte, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türü mikroorganizmaların sayıları, yararlı metabolit üretimi ve kalsiyum emilimi artarken; patojen bakteri sayıları, protein fermentasyonu ve alerji riski azalır. Ayrıca bağırsak bariyer geçirgenliği ve bağışıklık sisteminin de prebiyotik diyet lifi tüketiminden olumlu etkilendiği bildirilmiştir (Carlson, Erickson, Lloyd, & Slavin, 2018).

7.2. Diyet Liflerinin Gastrointestinal Sistem Üzerine Etkileri

Yüksek lifli gıdaların veya lif takviyelerinin gastroözofageal reflü hastalığı (El-Serag, Satia, & Rabeneck, 2005), duodenum ülseri (El-Serag et al., 2005; Smits, 1974), inflamatuar bağırsak hastalığı (Ewaschuk & Dieleman, 2006), irritabl bağırsak sendromu (Giannini, Mansi, Dulbecco, & Savarino, 2006), divertiküler hastalık, kabızlık ve hemoroid (Ho, Tan, & Seow-Choen, 2000) gibi birçok bağırsak rahatsızlıkları üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmektedir.

Diyet lifleri diğer gıdaların aksine ince bağırsakta sindirime uğramayıp kalın bağırsakta, çözünür veya çözünmez lif olmalarına bağlı olarak kısmen veya tamamen fermente olabilmektedirler. Bu fermentasyon, bağırsakta bulunan yararlı bakteriler tarafından gerçekleştirilmekte ve fer-

mentasyon sonucunda oluşan asetat, bütirat ve propiyonat gibi kısa zincirli yağ asitlerinin kanser hücrelerini inaktif hale getirdiği bildirilmektedir (Kahlon, Chow, Hoefer, & Betschart, 2001). Bu kısa zincirli yağ asitlerinin bir diğer fonksiyonu da kolona enerji sağlayarak mukus üretiminin artmasını sağlamaktır. Gıdalarla alınan diyet lifi kalın bağırsakta laksatif etki oluşturma, gıdaları seyreltme, vitamin ve mineral absorbsiyonunu artırma, dışkı hacmini artırma, dışkının bağırsaktan geçiş süresini kısaltma gibi fonksiyonları yerine getirerek bağırsak sağlığının korunmasında etkili olmaktadır (Kahlon et al., 2001; Logan, 2006; Saldamlı, 2007). Özellikle atıkların bağırsakta kalma sürelerinin kısalması sonucunda sızıntılı bağırsak sendromunun önlendiği bildirilmektedir (Waldron, Parker, & Smith, 2003). Ayrıca bazı lifler safra asitlerini bağlayarak misel oluşumunu engeller, böylece safra asitlerinin ve kolesterolün dışkı ile atılımını arttırır (Kirby et al., 1981). Diyet lifleri vücuda alındığında kolonun mevcut bakteri popülasyonunu değiştirir, zararlı metabolitlerin oluşmasını azaltır ve oluşan metabolitlerin bağırsak hücreleriyle daha kısa süre temas etmesini sağlayarak dışkılamayı hızlandırır. Diyet liflerinin tüm bu fonksiyonlarının kolon ve rektum kanserlerinin önlenmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Saldamlı, 2007).

7.3. Diyet Liflerinin Kolesterol Üzerine Etkileri

Safra asitleri, karaciğerde kolesterolün oksidasyonu sonucu oluşan safranın %60'ını oluşturmaktadır ve sindirim sisteminde görevini tamamladıktan sonra karaciğere yeniden dönmektedir. Diyet lifleri söz konusu safra asitlerini bağlayarak karaciğere dönmesini engeller ve vücuttan boşaltım sistemi aracılıyla atılmasını sağlar. Böylece kandaki kolesterol seviyesinin %20 gibi oldukça önemli seviyelerde düştüğü ve bu düşüşün kalp-damar hastalıklarının görülme sıklığının azaltılmasında etkili olduğu bildirilmektedir (Burdock, 2007).

7.4. Diyet Liflerinin Kardiyovasküler Hastalıklar Üzerine Etkileri

Koroner kalp hastalığı, felç ve yüksek tansiyonu da içeren kardiyovasküler hastalıklar dünya nüfusunun önemli bir kısmını etkileyen ve yılda ortalama 18 milyon insanın ölümüne neden olan en önemli hastalıklardan biridir. Bununla birlikte kardiyovasküler hastalıkların önlenebilir olduğu ve beslenme alışkanlıkları, fiziksel aktivite ve sigara kullanımı gibi yaşam tarzına ait faktörlerin değiştirilmesi ile hastalık riskinin %82 oranında azaltılabildiği bildirilmiştir (Kris-Etherton, Etherton, Carlson, & Gardner, 2002; Stampfer, Hu, Manson, Rimm, & Willett, 2000).

Beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesi, yeterli ve dengeli beslenmeye ek olarak diyet lifinden zengin kaynakların tüketilmesini ifade etmekte olup diyet lifinin, kardiyovasküler hastalıkların nedenlerinden

olan kandaki toplam kolesterol ve LDL kolesterol seviyelerinin düşmesini sağlayarak hastalık riskini azalttığı ifade edilmiştir (Ege & Köseoğlu Aydenk, 2021).

7.5. Diyet Liflerinin Obezite Üzerine Etkileri

Çağımızın en önemli sorunlarından biri olan obezite, her ne kadar hormonal ve genetik faktörlerin etkilediği bir hastalık olmakla birlikte fast food tarzı, yağ ve karbonhidrat bakımından zengin, meyve-sebze, tam tahıllar ve kurubaklagillerden fakir diyetler gibi sağlıksız beslenme sonucunda da karşımıza çıkmaktadır.

Epidemiyolojik çalışmalar, özellikle tam tahıl veya tane tüketiminin obezitenin gelişmesine karşı koruyucu etkilerinin olduğunu göstermektedir. Klinik çalışmalar sonucunda yüksek lif içeriğine sahip gıdaların vücut ağırlığının kontrolünde faydalı olduğu bildirilmiştir (James W Anderson, Pasupuleti, & Anderson, 2008; Poppitt et al., 2002). Diyet lifi tüketimi midenin boşalmasını geciktirir ve tokluk hissi oluşturur. Diyet lifinin midede sağladığı doygunluk ve tokluk gibi fiziksel yaptırımlar, vücudu etkileyerek yiyecek alımını azaltmakta ve bu şekilde enerji alımını kısıtlayarak vücut ağırlığının azalmasını sağlamaktadır. Ayrıca artan miktarlarda diyet lifi alımının tokluk hissi oluşturan bağırsak hormonlarının artışı ile ilişkilendirilmektedir (James W Anderson et al., 2009).

7.6. Diyet Liflerinin Diyabet Üzerine Etkileri

Son yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte diyet lifi kullanımının gastrointestinal fonksiyonlarının dışında diyabet üzerinde de önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir (James W Anderson et al., 2008). Yapılan çalışmalarda, karbonhidrat, protein veya yağlardan sağlanan enerji değiştirilmeden diyet lifi tüketimini artırmanın, tip 1 veya tip 2 diyabetli bireylerde glisemik kontrolü önemli ölçüde iyileştirdiği ve ilaç ve insülin ihtiyacını azalttığı açıkça gösterilmektedir (James W Anderson & Ward, 1978; James W Anderson et al., 1991). Diyet lifi tüketimi ile birlikte glikozun bağırsaktan emilimi yavaşlamakta ve böyle kana hızlı karışması engellenmektedir. Öte yandan pektinler, gamlar ve pentozanlar gibi suda çözünen ve vizkozite artışına neden olan diyet lifleri, gıdaların daha uzun süre midede kalmasını sağlayarak ince bağırsağa geçişi geciktirir. Bu durumun, ince bağırsakta bulunan sindirim enzimlerinin fonksiyonlarını engelleyerek glisemik indeksin düşmesini sağladığı ve böylece diyabet riskini azalttığı öne sürülmektedir (Ou, Kwok, Li, & Fu, 2001).

7.7. Diyet Liflerinin Biyo-Yararlanım Üzerine Etkileri

Diyet lifi mineral madde bakımından zengin bir kaynak olmasının yanı sıra kalın bağırsakta meydana gelen bakteriyel fermentasyon sonucunda artan emilim yüzeyleri sayesinde biyoyararlılıklarının arttığı bildi-

rilmiştir. Diyet lifi bakımından zengin bir kaynak olan buğday kepeğinin günlük 100 g alındığında bireyin çinko, bakır, fosfor, magnezyum, potasyum ve kükürt gibi mineral madde ihtiyacının yaklaşık olarak tamamını karşıladığı rapor edilmiştir (Zhang et al., 2005). Söz konusu olumlu etkilerin sağlanması için günlük diyet lif tüketiminin 5-7 gramını çözünür lif olacak şekilde günde 25-30 g arasında olması gerektiği tavsiye edilmektedir (Dashti, Al-Awadi, Khalafawi, Sawaya, & Al-Amiri, 2003).

7.8. Diyet Liflerinin Sağlık Üzerine Olumsuz Etkileri

Sağlık üzerine birçok olumlu etkisinin yanı sıra diyet lifi, günlük tavsiye edilen miktarların üzerinde alındığında insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Fazla miktarlarda diyet lifi içeren öğünler, fazla hacimli buna karşılık düşük enerji içeriğine sahip oldukları için özellikle çok küçük ve çok yaşlı bireyler için sorun oluşturabilmektedir. Sindirime dirençli oligosakkaritler veya dirençli nişasta gibi sentetik diyet lifi çeşitlerinin şişkinlik gibi gastrointestinal belirtilere neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bazı diyet lifi çeşitlerinin yüksek miktarlarda alınması durumunda diyet lifinin yapısında bulunun fitik asit gibi antibesinsel faktörler nedeniyle ince bağırsakta demir, kalsiyum, çinko ve magnezyum gibi mineral maddelerin emilimlerinin azaldığı belirlenmiştir (Torre, Rodriguez, & Saura-Calixto, 1991). Diyet lifi bakımından zengin kaynaklar olan tahıl ve baklagillerde bulunan lektin proteini fazla alınması durumunda çinko eksikliğine, dolayısıyla iştah eksikliği, dermatit, bağışıklık sisteminin zayıflaması, koku ve tat hassasiyeti, gece körlüğü, lektin intoleransı olan bireylerde ise bağırsak çeperinde sızma sonucunda bağışıklık sisteminin zayıflamasına bağlı olarak otoimmün hastalıklarda artış, anksiyete, depresyon, kaygı gibi psikolojik rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Ajjarapu, 2000). Meyveler diyet lifi bakımından önemli kaynak olmalarının yanı sıra fazla tüketildiklerinde yüksek früktoz alımına dolayısıyla insülin direncinin gelişmesi, DNA hasarı, mitokondriyal fonksiyonlarda bozulma, kanser ve çeşitli gastrointestinal rahatsızlıklara yol açabilmektedir (Charrez, Qiao, & Hebbard, 2015; Park & Yetley, 1993). Kuruyemişler, ıspanak ve avokado gibi lif içeriği yüksek bazı gıdalar yüksek histamin içerikleri nedeniyle veya histamin içermemesine rağmen histamin salınımını artıran muz, buğday rüşeymi ve ananas gibi gıdalar tüketilirken dikkat edilmesi gerektiği bildirilmektedir (Salçın & Ercoşkun, 2021).

8. Sonuç

Meyve, sebze ve tahıl gibi farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen diyet lifleri, son yıllarda gıda işlemede kullanılmaya başlanmış olup, et ürünlerinin formülasyonlarına eklenebilecek değerli gıda bileşenlerinden biridir. Diyet liflerinin gıda formülasyonlarına eklenmesiyle birlikte, gıdaların besleyicilik özelliklerinin artırılması yanında su ve yağ tutma,

emülsiyon oluşturma, jel oluşturma, tekstürel özellikler gibi fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Et ve et ürünleri içerdiği protein, mineraller ve vitaminler gibi önemli bileşenler nedeniyle sağlıklı beslenmede önemli bir yere sahiptir. Günümüzde ise et ve et ürünlerinin yüksek kolesterol içeriği, kalp-damar hastalıkları, kanser ve bazı hastalıklara neden olması gibi olumsuz düşünceler, tüketici tercihlerini etkilemektedir. Diyet liflerinin et ürünlerine eklenmesiyle birlikte, et ürünlerinin sağlık üzerine olan olumsuz etkileri azaltılması ve sağlığa daha faydalı hale getirilmesi sağlanabilecektir. Tarımsal bir yan ürün olan diyet liflerinin kimyasal, fonksiyonel, besleyicilik özelliklerinin ve kullanım olanaklarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca yeni lif kaynaklarının araştırılması, uygun diyet lifinin seçilmesi ve formülasyona eklenecek düzeyinin bilinmesi ile et ürünlerinin fonksiyonel, teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi gerçekleştirilebilecektir.

9. Kaynaklar

Ağar, B., Gençcelep, H., Saricaoğlu, F. T., & Turhan, S. (2016). Effect of sugar beet fiber concentrations on rheological properties of meat emulsions and their correlation with texture profile analysis. *Food and Bioproducts Processing, 100*, 118-131.

Ahmad, S. S., Khalid, M., & Younis, K. (2020). Interaction study of dietary fibers (pectin and cellulose) with meat proteins using bioinformatics analysis: An In-Silico study. *LWT - Food Science and Technology, 119*

Ajila, C. M., & Prasada Rao, U. J. S. (2013). Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound Phenolics. *Journal of Functional Foods, 5*, 444-450.

Ajjarapu, R. (2000). *Phytate/minerals in Indian vegetarian dishes*: San Jose State University.

Aleson-Carbonell, L., Ferna´ndez-Lo´pez, J., Sayas-Barbera´, E., Sendra, E., & Pe´rez-Alvarez, J. A. (2003). Utilization of lemon albedo in drycured sausages. *J Food Sci Technol, 68*, 1826–1830.

Alvarez, A. R., & Peña-Valdivia, C. B. (2009). Structural polysaccharides in xoconostle (*Opuntia matudae*) fruits with different ripening stages. *Journal of Professional Association for Cactus Development, 11*, 26-44.

Anderson, E. T., & Berry, B. W. (2000). Sensory, shear and cooking properties of lowerfat beef patties made with inner pea fiber. *Food chemistry and toxicology, 65*, 805 – 810.

Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., . . . Williams, C. L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews, 67*(4), 188-205.

Anderson, J. W., Pasupuleti, V., & Anderson, J. (2008). Dietary fiber and associated phytochemicals in prevention and reversal of diabetes. *Nutraceuticals, glycemic health and type 2 diabetes*, 97-125.

Anderson, J. W., Randles, K. M., Kendall, D. W., & Jenkins, D. J. (2004). Carbonhydrate and fiber recommendations for individuals with diabetes: a guantitative assessment and meta analysis of the evidence. *Journal of the American College of Nutrition, 23*, 5-7.

Anderson, J. W., & Ward, K. (1978). Long-term effects of high-carbohydrate, high-fiber diets on glucose and lipid metabolism: a preliminary report on patients with diabetes. *Diabetes Care, 1*(2), 77-82.

Anderson, J. W., Zeigler, J. A., Deakins, D. A., Floore, T. L., Dillon, D. W., Wood, C. L., . . . Whitley, R. J. (1991). Metabolic effects of high-carbohydrate, high-fiber diets for insulin-dependent diabetic individuals. *The American journal of clinical nutrition, 54*(5), 936-943.

Arslan, S., & Erbaş, M. (2014). Selüloz ve selüloz türevi diyet liflerin özellikleri ve fırın ürünlerinde kullanım imkânları. *Gıda, 39*(4), 243-250.

Atasoy, H., Özkan, K., Karadağ, A., & Sağdıç, O. (2019). Farklı Partikül Boyutlarındaki Enginar Lifi İlavesinin Köfte Kalitesi Üzerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16*, 275-282.

Aziah, N. A. A., & Komathi, C. A. (2009). Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *Journal of Food Science, 74*(7), 328-333.

Baixauli, R., Salvador, A., Martinez-Cervera, S., & Fiszman, S. M. (2008). Distinctive sensory features introduced by resistant starch in baked products. *Food Science and Technology, 41*, 1927-1933.

Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technology, 7*, 3493- 3503.

Belitz, H. D., Groch, W., & Schieberle, P. (2004). *Carbohydrates* (3rd revised Edition ed.).

Bilişli, A. (2009). *Karbonhidratlar*. İzmir: Sidas Medya Ltd. Şti.

Bis-Souza, C. V., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Penna, A. B., & Barretto, A. C. S. (2019). New strategies for the development of innovative fermented meat products: A review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers. . *Food Reviews International, 35*, 467-484.

Brummer, Y., Kaviani, M., & Tosh, S. M. (2015). Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International, 67*, 117-125.

Burdock, G. A. (2007). Safety assessment of hydroxypropyl methylcellulose as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology, 45*(12), 2341-2351.

Burdurlu, H. S., & Karadeniz, F. (2003). Gıdalarda Diyet Lifin Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi, 7* (15), 18-25.

Bustamante, M., Oomah, B. D., Rubilar, M., & Shene, C. (2017). Effective Lactobacillus plantarum and Bifidobacterium infantis encapsulation with chia seed (Salvia hispanica L.) and flaxseed (*Linum usitatissimum L.*) mucilage and soluble protein by spray drying. *Food Chemistry, 216*, 97–105.

Candal, C. (2016). *Unun Enzime Dirençli Nişasta İçeriğinin Zenginleştirilmesi Ve Bu Unun Bir Diyet Lif Kaynağı Olarak Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi

Candoğan, K., & Kolsarıcı, N. (2003). The effects of carragenan and pectin on some quality characteristics of low fat beef burgers. *Meat Sci, 64*, 199-206.

Carbonell-Aleson, L. (2005). Charecteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science And Emerging Technologies, 6*, 247- 255.

Carlson, J. L., Erickson, J. M., Lloyd, B. B., & Slavin, J. L. (2018). Health effects and sources of prebiotic dietary fiber. *Current developments in nutrition, 2*(3), nzy005.

Causey, J. L., Feirtag, J. M., Gallaher, D. D., Tungland, B. C., & Slavin, J. L. (2000). Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutrition Research, 20*, 191-201.

Charrez, B., Qiao, L., & Hebbard, L. (2015). The role of fructose in metabolism and cancer. *Hormone molecular biology and clinical investigation, 22*(2), 79-89.

Chaui, C. F., & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from peel of the *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Journal Agricultural Food Chemistry, 51*, 2615-2618.

Chauvelon, G., Buleon, A., Thibault, J. F., & Saulnier, L. (2003). Preparation of sulfoacetate derivatives of cellulose by direct esterification. *Carbohydrate Research, 338*, 743-750.

Chris, J. M., Carol, A. P., & Mark, A. B. (2011). Spatial and temporal deposition of suberin during maturation of the onion root exodermis. *Botany, 89*(2), 119- 131.

Cofrades, S., Hughes, E., & Troy, D. J. (2000). Effects of oat fiber and carrageenan on the texture of frankfurters formulated with low and high fat. *European Food Research and Technology, 211*, 1926. doi:http://dx.doi.org/10.1007/s002170050583

Coussement, P. A. A. (1999). Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. *The Journal of nutrition, 129*(7), 1412S-1417S.

Dalgetty, D. D., & Baik, B. K. (2003). Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas. *Cereal Chemistry, 80*(3), 310-315.

Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2020). A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. *Trends in Food Science & Technology, 99*, 323-336.

Das, A. K., Rajkumar, V., & Verma, A. K. (2015). Bael pulp residue as a new source of antioxidant dietary fiber in goat meat nuggets. *Journal of Food Processing and Preservation, 39*(6), 1626–1635.

Dashti, B., Al-Awadi, F., Khalafawi, M., Sawaya, W., & Al-Amiri, H. (2003). Soluble and insoluble dietary fibre in thirty-two Kuwaiti dishes. *Food Chemistry, 83*(4), 557-561.

Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S. K., Matak, K. E., & Jaczynski, J. (2014). Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary

fiber. *Food Chemistry, 148*, 70-76. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.010.

Delev, P. G., & Simeonova, L. S. (1995). Emulsifying properties of protein-pectin complexes and their use in oil containing foodstuffs. *J. Sci. Food Agric, 68*, 203–206.

Demirci, M. (2006). *Karbonhidratlar*. Tekirdağ: Rebel Yayıncılık.

Deng, G.-F., Lin, X., Xu, , X.-R., G., L.-L., X., J.-F., & Li, H.-B. (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *Journal of Functional Foods, 5*(1), 260-266.

Denktaş, S. (2017). Et Ve Et Ürünlerinin Fonsiyonelliğinin Arttırılması. *Kocatepe Veterinary Journal, 10* (2), 106-117.

Desmedt, A., & Jacobs, H. (2001). Soluble fibre. In: Guide to functional food ingredients *Food RA* (pp. 112-140). Surrey, England: Leatherhead Publishing.

Devries, J. W., Prosky, L., Li, B., & Cho, S. (1999). A historical perspective of defining dietary fiber. *Cereal Foods World, 44*, 367-369.

Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal Food Science Technology, 49*(3), 255-266.

Dreher, M. L. (2001). Dietary Fiber Overview. In B. V. McCleary, Prosky, L. (Eds.) (Ed.), *Advanced Dietary Fibre Technology.* (pp. 1-16). Oxford, UK: Blackwell Science,.

Dülger, D., & Şahan, Y. (2011). Diyet Lifin Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Uludağ Üniversitesi ZiraatFakültesi Dergisi, 25*(2), 147-157.

Eastwood, M. A. (1992). The physiological effect of dietary fibre: An update. *Annual Review of Nutrition, 12*, 19-35.

Ege, R., & Köseoğlu Aydenk, S. Z. (2021). Beta Glukanın Kardiyovasküler Sağlık Üzerine Etkisi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3*(2), 159-164.

Ekici, L., & Ercoşkun, H. (2007). Et Ürünlerinde Diyet Lif Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1*, 83-90.

El-Serag, H., Satia, J., & Rabeneck, L. (2005). Dietary intake and the risk of gastro-oesophageal reflux disease: a cross sectional study in volunteers. *Gut, 54*(1), 11-17.

Elboutachfaiti, R., Delattreb, C., Quéro, A., RomainRoulard, R., JulieDuchêne, J., FrançoisMesnard, F., & Petita, E. (2017). Fractionation and structural characterization of six purified rhamnogalacturonans type I from flaxseed mucilage. *Food Hydrocolloids, 62*, 273-279.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A

review. *Food Chemistry, 124*(2), 411-421. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077

Erbilir Özel, F. (2006). *Değişik Meyveler ve Bu Meyvelerden Yapılan Reçellerde NDF, ADF ve Hemiselüloz İçeriğinin Belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.

Ewaschuk, J. B., & Dieleman, L. A. (2006). Probiotics and prebiotics in chronic inflammatory bowel diseases. *World journal of gastroenterology: WJG, 12*(37), 5941.

Fasseas, M. K. K., Mountzouris, K. C. C., Tarantilis, P. A. A., Polissiou, M., & Zervas, G. (2008). Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food Chemistry, 106*(3), 1188-1194. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.060.

Fernandez-Gines, J. M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., & Perez- Alvarez, J. A. (2003). Effect of storage conditions on quality characteristics of Bologna sausages made with citrus fiber. *Journal of Food Science, 68*(2), 710-715.

Fernandez-Gines, J. M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., & Perez- Alvarez, J. A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science, 67*(1), 7-13.

Fernandez-Lopez, J., Fernandez-Gines, J. M., Aleson-Carbonell, L., Sendra, E., Sayas Barbera, E., & Perez-Alvarez, J. A. (2004). Application of functional citrus byproducts to meat products. *Trends in Food Science&Technology, 15*(3-4), 176-185.

Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre Concentrates from Apple Pomace and Citrus Peel as Potential Fibre Sources for Food Enrichment. *Food Chemistry, 91*, 395-401.

Fuller, R., & Gibson, G. R. (1997). Modification of the intestinal microflora using probiotics and prebiotics. *Scandinavian Journal of Gastroenterology Supplement, 222*, 28-31.

García Herrera, P., Sánchez-Mata, M. C., & Cámara, M. (2004). Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies, 11*(4), 707-711.

Gedik, S. K. (2016). *Mercimek Diyet Liflerinin İzolasyonu, Karakterizasyonu Ve Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi.* İTÜ, İstanbul.

Giannini, E. G., Mansi, C., Dulbecco, P., & Savarino, V. (2006). Role of partially hydrolyzed guar gum in the treatment of irritable bowel syndrome. *Nutrition, 22*(3), 334-342.

Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition, 125*, 1401-1412.

Glicksman, M. (1969). *Gum techonology in the food industry*. New York: Academic Press

Gómez, M., González, J., & Oliete, B. (2012). Effect of Extruded Wheat Germ on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Bioprocess Technology, 5*, 2409–2418.

Göncü, B. (2016). Süt Endüstrisinde Liflerin Kullanım Olanakları. *Batman Üniversitesi Batman University Yaşam Bilimleri Dergisi, 6*(2/2), 198-205.

Grigelmo-Miguel, N., & Martin-Belloso, O. (1999). Comparision of dietary fibre from by- roducts of processing fruit and greens and from cereals. *Lebensm-Wiss u-Technol, 32*, 509-518.

GTHB. (29 Aralık 2011). Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.

Guillon, F., & Champ, M. (2000). Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int, 33*, 233-245.

Ham, Y.-K., Hwang, K.-E., Song, D.-H., Kim, Y.-J., Shin, D.-J., & Kim, K.-I. (2017). Lotus (Nelumbo nucifera) rhizome as an antioxidant dietary fiber in cooked sausage: Effects on physicochemical and sensory characteristics. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 37*(2), 219.

Han, M., & Bertram, H. C. (2017). Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Science, 133* 159-165.

Harholt, J., Suttangkakul, A., & Scheller, H. V. (2010). Biosynthesis of pectin. *Plant Physiology, 153*, 384– 395.

Harris, P. J., & Ferguson, L. R. (1999). Dietary fibres may protect or enhance carcinogenesis. *Nutrition Research, 443*, 95-110.

Heredia, A. (2003). Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochimica et Biophysica Acta, 1620*(1-3), 1-7.

Ho, Y.-H., Tan, M., & Seow-Choen, F. (2000). Micronized purified flavonidic fraction compared favorably with rubber band ligation and fiber alone in the management of bleeding hemorrhoids. *Diseases of the colon & rectum, 43*(1), 66-69.

Huang, S. C., Shiau, C. Y., Liu, T. E., Chu, C. L., & Hwang, D. F. (2005). Effects of Rice Bran on Sensory and Physico-Chemical Properties of Emulsified Pork Meatballs. *Meat Science, 70*, 613-619.

Isken, F., Klaus, S., Osterhoff, M., Pfeıffer, A. F. H., & Weıckert, M. O. Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in c57bl/6j mice. *The Journal of Nutritional Biochemistry, 21*(4), 278-284.

Işık, F., Urgancı, Ü., & Turan, F. (2017). Yaban mersini ilaveli muffin keklerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikleri. *Akademik Gıda, 15*(2), 130-138.

Işık, Ü. (2006). *Vanilyalı yogurt dondurmaya inulin ve izomalt ilavesinin reolojik ve duyusal özelliklere etkisi.* (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

J.J., F. (2009). *Food Scıentıst's Guıde To Dıetary Fıber.* . (Master of Science), Kansas State University, Kansas.

Jalili, T., Wildman, R. E. C., & Medeiros, D. M. (2001). *Dietary Fiber and Xoronary Heart Disease in "Nutraceuticals and Functional Foods"*. USA: CRC press.

Jiménez-Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F. J., & Olmedilla-Alonso, B. (2010). Design And Development Of Meat- Based Functional Foods With Walnut Technological. *Nutritional And Health İmpact, Food Chemistry, 123*(4), 959-967.

Jiménez-Escrig, A., & Sánchez-Muniz, F. J. (2000). Dietary fibre from edible seaweeds: chemical structure, physi cochemical properties and effects on cholesterol me tabolism. *Nutr Res, 20*, 585-598.

Jones, J. M. (2014). CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the 'fiber gap'. *Nutrition Journal, 13*(1), 34.

Kahlon, T., Chow, F., Hoefer, J., & Betschart, A. (2001). Effect of wheat bran fiber and bran particle size on fat and fiber digestibility and gastrointestinal tract measurements in the rat. *Cereal Chemistry, 78*(4), 481-484.

Kay, R. M. (1982). Diyet lifi. *The Journal of Lipid Research, 23*, 221-224.

Khan, A. R., Alam, S., Ali, S., Bibi, S., & Khalil dan, I. A. (2007). Dietary Fiber Profile of Food Legumes. *Sarhad Journal of Agriculture, 23*, 763-766.

Kirby, R. W., Anderson, J. W., Sieling, B., Rees, E. D., Chen, W., Miller, R. E., & Kay, R. M. (1981). Oat-bran intake selectively lowers serum low-density lipoprotein cholesterol concentrations of hypercholesterolemic men. *The American journal of clinical nutrition, 34*(5), 824-829.

Kırcı H., Ateş S., & M., A. (2001). Selüloz Türevleri ve KullanIm Yerleri. *Fen Mühendislik Dergisi, 4*(1), 9-30.

Kotancılar, H. G., Gerçekaslan, K. E., Karaoğlu, M. M., & Boz, H. Besinsel lif kaynağı olarak enzime dirençli nişasta. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40*(1), 103-107.

Köksel, H., & Özboy, O. (1993). Besinsel liflerin insan sağlığındaki rolü. *Gıda, 18*(5), 309-314.

Köprülü, Ö. (2009). *Farkli Oranlarda İnülin İlave Edilerek Üretilen Salamların Kalite Özellikleri.* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi.

Kris-Etherton, P. M., Etherton, T. D., Carlson, J., & Gardner, C. (2002). Recent discoveries in inclusive food-based approaches and dietary patterns for reduction in risk for cardiovascular disease. *Current opinion in lipidology, 13*(4), 397-407.

Kumar, G. S., & Krishna, A. G. G. (2015). Studies on the nutraceuticals composition of wheat derived oils wheat bran oil and wheat germ oil. *J Food Sci Technol, 52*(2), 1145– 1151.

L., C. H. M. o. L. U. (2006). Retrieved from https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbalmonograph/superseded-final-community-herbal-monograph-linum-usitatissimum-lsemen_en.pdf

La Course, W. R. (2008). Carbonhydrayes and Other Electrochemically Active Compounds in Functional Foods. In E. b. W. J. Hurst (Ed.), *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals* (pp. pp 466-492): Second Edition, CRC press.

Larsson, S. C., & Wolk, A. (2006). Meat consumption and risk of colorectal cancer: A meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Cancer, 119*(11), 2657-2664. doi:https://doi.org/10.1002/ijc.22170

Lattimer, J. M., & Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients, 21*(2), 1266–1289.

Lawrie, R. A., & Ledward, D. (2006). *Chemical and biochemical constitution of muscle*: Lawrie's Meat Science Woodhead Publishing.

Lee, Y. K., & Salminen, S. (2009). *Handbook of Probiotics and Prebiotics* (2nd Edition ed.). Canada: A John Wiley and Sons Inc. Publication.

Lertwanawatana, P., Frazıer, R. A., & Nıranjan, K. (2015). High pressure intensification of cassava resistant starch (rs3) yields. *Food Chemistry, 181*, 85- 93.

Linden, G., & Lorient, D. (1999). *New ingredients in food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Logan, A. C. (2006). Dietary fiber, mood, and behavior. *Nutrition, 22*(2), 213.

Ma, S., Wang, X. X., Zheng, X. L., Tian, S. Q., Liu, C., Li, L., & Ding, Y. F. (2014). Improvement of the quality of steamed bread by supplementation of wheat germ from milling process. *Journal of Cereal Science, 60*, 589-594.

Madane, P., Das, A. K., Pateiro, M., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., & Lorenzo, J. M. (2019). Drumstick (*Moringa oleifera*) flower as an antioxidant dietary fibre in chicken meat nuggets. *Foods, 8*(8), 307.

Mahadevamma, S., Prashanth, K. V. H., & Tharanathan, R. N. (2003). Resistant starch derived from processed legumes-purification and structural characterization. *Carbohydrate Polymers, 54*, 215-219.

Malav, O. P., Sharma, B. D., Kumar, R. R., Talukder, S., Ahmed, S. R., & Irshad, A. (2015). Antioxidant potential and quality characteristics of functional

mutton patties incorporated with cabbage powder. *Nutrition and Food Science, 45*(4), 542-563.

Mehta, N., Ahlawat, S. S., Sharma, D. P., & Dabur, R. S. (2015). Novel trends in development of dietary fiber rich meat products- a critical review. *Journal of Food Science and Technology, 52*(2), 633-647.

Meister, K. (1996). Dietary fibre. *A report by the American Council on Science and Health*.

Mendoza, E., Garcia, M. L., Casa, C., & Selgas, M. D. (2001). Inulin as a fat substitute in low fat, dry fermented sausages. *Meat Science, 57*, 378-393.

Meyer, D., S. Bayarri, S., Tárrega, A., Costell, E., & (2011). Inulin as texture modifier in dairy products. *Food Hydrocolloids, 25*, 1881-1890.

Moraes-Crizel, T. M., Jablonski, A., Rios, A. O., Rech, R., & Flôres, S. H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT Food Science and Technology, 53*, 9-14.

Müller-Maatsch, L., Bencivenni, M., Caligiani, A., Tedeschi, T., Bruggeman, G., Bosch, M., . . . Elst, K., Sforza, S. . (2016). Pectin content and composition from different food waste streams. *Food Chemistry, 201*, 37-45.

Napier, K. (1997). *Fat replacers the cutting edge of cutting calories*. New York-USA.

Nugent, A. P. (2005). Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin, 30*(1), 27- 54.

Ou, S., Kwok, K.-c., Li, Y., & Fu, L. (2001). In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose. *Journal of agricultural and food chemistry, 49*(2), 1026-1029.

Özbaş, Ö. Ö., & Köksel, H. (2006). *Enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı*. Paper presented at the Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.

Özboy, Ö. Ö., & Ardıç, M. (2016). Dietary Fibers as Functional Ingredients in Meat Products. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 5*(2), 184-189.

Park, Y. K., & Yetley, E. A. (1993). Intakes and food sources of fructose in the United States. *The American journal of clinical nutrition, 58*(5), 737S-747S.

Peressini, D., & Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and bread making properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science, 49*, 190-201.

Pérez-Alvarez, J., Aleson-Carbonell, L., Fernández-López, J., & Sayas-Barberá, E. (2002). *La fibra en la dieta Mediterránea*: Univ. Miguel Hernández,.

Periago, M. J., Ros, G., Lo ´pez, G., Martinez, M. C., & Rincón, F. (1993). The dietary fibre components and their physiological effects. *Revista Espan ˜olade Cienciay Tecnologia de Alimentos, 33*, 229-246.

Peterson, D. M. (2001). Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science, 33*(2), 115-129.

Poppitt, S. D., Keogh, G. F., Prentice, A. M., Williams, D. E., Sonnemans, H. M., Valk, E. E., . . . Wareham, N. J. (2002). Long-term effects of ad libitum low-fat, high-carbohydrate diets on body weight and serum lipids in overweight subjects with metabolic syndrome. *The American journal of clinical nutrition, 75*(1), 11-20.

Prakongpan, T., Nitithamyong, A., Luangpituksa, P., & 1308–1313. (2002). Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *J Food Sci Technol, 67*.

Premavalli, K. S. (2010). Effect of particle size reduction on physicochemical properties of ashgourd (*Benincasa hispida*) and radish (*Raphanus sativus*) fibres AU - Gupta, Prachi. *International Journal of Food Sciences and Nutrition, 61*(1), 18-28.

Primo-Martin, C., Sanz, T., Steringa, D., Salvador, A., Fiszman, S., & Van Vliet, T. (2010). Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids, 24*(8), 702-708.

Puupponen-Pimia, R., Ayra, A. M., Oksman-Caldentey, K. M., Myllarinen, P., Saarela, M., Mattila-Sandholm, T., & Poutanen, K. (2002). Development of functional ingredients for gulth health. *Trends in Food Science Technology, 13*, 3-11.

Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H., & Jafari, S. M. (2012). Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. *Journal of Food Science and Technology, 51*(11), 2896-2906.

Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E. J., & Alvarez-Ramírez, J. (2010). Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus L. Urban*: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering, 101*, 229-235.

Repo-Carrasco-Valencia, R., Pena, J., Kallio, H., & Salminen, S. (2009). Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha *Amaranthus caudatus*. *Journal of Cereal Science, 49*, 219–224.

Roberts, K. T. (2011). The physiological and rheological effects of foods supplemented with guargum. *Food Research International, 5*(44), 1109-1114.

Robertson, M. D., Bıckerton, A. S., Dennıs, A. L., Vıdal, H., & Frayn, K. N.-. (2005). Insulin-sensitizing effects of dietary resistant starch and effects on skeletal muscle and adipose tissue metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition, 82*(3), 559-567.

Rodríguez, R. A. J., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R., & Heredia, A. (2006). Dietary Fibre from Vegetable Products as a Source of Functional Ingredients. *Trends in Food Sciences and Technology, 17*, 3-15.

Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant starch a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 5*, 1-17.

Salçın, N., & Ercoşkun, H. (2021). Diyet Lifi ve Sağlık Açısından Önemi. *Akademik Gıda, 19* (2), 234-243.

Saldamlı, İ. (2007). *Gıda kimyası*: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Salman, G. Ş. (2012). *Düşük Yağlı Hamburger Üretiminde Limon Lifi Kullanım Olanağı.* (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi

Santhi, D., Kalaikannan, A., & Sureshkumar, S. (2017). Factors influencing meat emulsion properties and product texture: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57*(10), 2021-2027.

Sarıçoban, C., Özalp, B., Yılmaz, M. T., Özen, G., Karakaya, M., & Akbulut, M. (2008). Characteristics of meat emulsion systems as influenced by different levels of lemon albedo. *Meat Science, 80*(3), 599-606.

Sarıçoban, C., Yılmaz, M. T., Karakaya, M., & Tiske, S. S. (2010). The Effect Of Different Levels Of Sunflower Head Pith Addition On The Properties Of Model System Emulsions Prepared From Fresh And Frozen Beef. *Meat Sci, 84*, 186-195.

Sáyago-Ayerdi, S. G., Brenes, A., & Goñi, I. (2009). Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology,, 42*(5), 971-976.

Schneeman, B. O. (1987). Soluble and insoluble fibre-different physiological responses. *Food Technology, 41*, 81-82.

Seçkin, A. K., & Özkılınç, Y. (2008). Süt Ürünlerinde Diyet Liflerin Kullanımı. *Akademik Gıda, 6*(2), 23-27.

Serdaroğlu, M., & Yıldız Turp, G. (2004). Diyet lifi ve et ürünlerinde diyet lifi kullanılması. *Akademik Gıda Dergisi, 2*(10), 18-21.

Shelton, D., & Lee, W. J. (2000). *Cereal carbohydrates* (second ed ed.). New York: Marcel Dekker.

Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients, 5*(4), 1417-1435.

Slavin, J. L. (2005). Dietary fiber and body weight. *Nutrion, 21*, 411-418.

Smits, B. (1974). The irritable bowel syndrome. *The Practitioner, 213*(1273), 37-46.

Sobayoğlu, R. (2017). *Karaman şartlarında yazlık ekilen yulaf çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi.* (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Konya.

Soukoulis, C., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry, 115*(2), 665-671.

Soyer, Y., & Karadeniz, F. (2003). Aljinatların gıda endüstrisinde kullanım alanları. *Gıda Dergisi, 80*(91), 91-97.

Spotti, M. J., & H. Campanella, O. (2017). Functional modifications by physical treatments of dietary fibers used in food formulations. *Current Opinion in Food Science, 15*, 70-78.

Stampfer, M. J., Hu, F. B., Manson, J. E., Rimm, E. B., & Willett, W. C. (2000). Primary prevention of coronary heart disease in women through diet and lifestyle. *New England Journal of Medicine, 343*(1), 16-22.

Stephen, A. M., Champ, M. M. J., Cloran, S. J., Fleith, M., Lieshout, L. V., Mejborn, H., & Burley, V. J. (2017). Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions. *Nutrition Research Reviews, 30*(2), 149-190.

Tamer, C. E., Aydoğan, N., & Çopur, Ö. U. (2004). *Besinsel Liflerin Sağlık Üzerine Etkileri.* Paper presented at the Türkiye 8. Gıda Kongresi, 26-28 Mayıs 2004, Bursa.

Tamerler, T., & Oakenfull, D. (1991). Yulaf Kepeği Kanın Kolesterolunu Nasıl Azaltır. *Gıda, 16*(4), 265-268.

Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M., & Bourgeois, C. M. (1997). Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology, 8*(2), 41-48.

Thibault, J. F., Lahaye, M., & Guillon, F. (1992). *Physico-chemical properties of food plant cell walls. In Dietary Fibre Acomponent of Food*: Springer-Verlag.

Torre, M., Rodriguez, A., & Saura-Calixto, F. (1991). Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 30*(1), 1-22.

Tosh, S. M., & Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International, 43*(2), 450–460.

Tömek, S. O., Serdaroğlu, M., Demirtaş, S., & Bulgay, A. (1993). *Production of Sucuk with the Addition of Wheat Bran*. Paper presented at the 39 th. Int. Cong. Meat Sci. Tech., Canada.

Turner, N. D., & Lupton, J. R. (2011). Dietary Fiber. *Amerikan Society for Nutrition, 2*, 151-152.

Türksoy, S. (2011). *Meyve Ve Sebze Lif Konsantreleri İlavesinin Hamurun Reolojik Özellikleri Ve Bisküvi Kalitesine Etkileri.* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi.

Vendrell-Pascuas, S., Castellotee-Bargalló, A. I., & López-Sabater, M. C. (2000). Determination of inulin in meat products by high-performance liquid ch-

romatography with refractive index detection. *Journal of Chromatographya, 881*, 591-597.

Venter, C. S. (2006). Prebiotics for the improvement of human health. *Hum Ecol, 14*, 1-6.

Verma, A. K., Rajkumar, V., Banerjee, R., Biswas, S., & Das, A. K. (2013). Guava (Psidium guajava L.) powder as an antioxidant dietary fibre in sheep meat nuggets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 26*(6), 886.

Waldron, K. W., Parker, M., & Smith, A. C. (2003). Plant cell walls and food quality. *Comprehensive reviews in food science and food safety, 2*(4), 128-146.

Wan Rosli, W. I., Solihah, M. A., Aishah, M., Nik Fakurudin, N. A., & Mohsin, S. S. J. (2011). Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). *International Food Research Journal, 18*(2), 621–627.

Wang YC, Yu RC, & CC., C. (2002). Growth and survival of bifidobacteria and lactic acid bacteria during the fermentation and storage of cultured soymilk drinks. *Food Microbiol, 19*, 501-508.

Wisker, E., Feldheim, W., Pomeranz, Y., & Meuser, F. (1985). Dietary Fiber in Cereals. In Y. Ed; Pomeranz (Ed.), *In "Advances in cereal science and technology* (Vol. Vol. VII). MN, USA: American Association of Cereal Chemists Inc.

Xiong, Y. L. (2012). *Nonmeat ingredients and additives*: CRC Press

Yalçın, S. (2020). Tane Yemler. Retrieved from https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/44619/mod_resource/co ntent/0/Tane-Yemler-Sakıne-Yalcın.pdf

Yalınkılıc¸ B., Kaban, G., & Kaya, M. (2012). The effects of different levels of orange fiber and fat on microbiological, physical, chemical and sensorial properties of sucuk. *Food Microbiol, 29*, 255-259.

Yangılar, F. (2013). The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review. *Journal of Food and Nutrition Research, 1* (3), 13-23.

Ye, F., Tao, B., Liu, J., Zou, Y., & Zhao, G. (2015). Effect of micronization on the physicochemical properties of insoluble dietary fiber from citrus (Citrus junos Sieb. ex Tanaka) pomace. *Food Science and Technology International, 22*(3), 246-255.

Zeybek, U., & Haksel, M. (2010). *Keten (Linum usitatissimum). Türkiye'de ve Dünyada önemli Tıbbi Bitkiler ve Kullanımları*. İzmir: Meta Basım.

Zhang, J., Li, Y., & Torres, M. E. (2005). How does a suicide attempter eat differently from others? Comparison of macronutrient intakes. *Nutrition, 21*(6), 711-717.

Bölüm 6

KÖMÜRÜN DEVREDEN KOLON FLOTASYONU - ŞLAM KÖMÜRLERİNİN YIKANMASI/ATIK YAĞLI ÇAMURLARIN ARITILMASI

Yıldırım İsmail TOSUN[1]

Fethullah CHICHEK[2]

1 Dr. Öğretim Üyesi, Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Böl., yildirimismailtosun@gmail.com

2 Dr. Research Scientist, Azerbeycan Milli Bilimler Akademisi, Radrasyon Problemleri Enstitüsü, fcicek66@gmail.com

1. Giriş

Yağlı kömür şlamlarının kolon flotasyonu ile köpükte yüzdürme işlemi, aktif karbon veya odun kömür tozu ile toksik çamurların temizlenmesi işleminde çamurun fiziksel, kimyasal nitelikleri, kömürün türü, mikrodalga da kondüsyonun kömür şlamlarının temizlenmesini ve su arıtımını sağlar. Yağlı çamurların flotasyonu, yağı tıoplayan köpüğü ayırma olarak gerçekleşmektedir. Kömürün kolon flotasyonundaki fizikokimyasal özelliklerinden yararlanılarak temizlendiği değerli bir yöntemdir. Bu çalışmadaki aktif karbon ve çar gibi taşıyıcı malzemelerle yağlı çamurların flotasyonu, toksik bulamaçlar için yaygın olarak kullanılan arıtma yöntemlerinden biridir [1-3]. Flotasyonda yağlı kömürü temizleme ve su arıtımı, temel olarak yağlı bulamaçların, asidik çamurlu sızıntı suların veya toksik metalli çamur atıklarının yıkanarak arıtılmasında etkili olmaktadır. Tehlikeli atık suların arıtılmasında benzer modifiye havalandırma, yüzdürme, aktif karbondan süzme gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır[4-7]. Endüstriyel atıklardan yağlı pülpler (10-2 M asidik) genellikle asidik karakterli düşük yağlı çözeltileri içermektedir. İnce kömür yıkamada kömürün, yağlı kömür pülpünün mikrodalga radyasyonda kondüsyonlanması işlemi pülpü ısıtır ve aglomerasyonu kolaylasır[8]. Kolon flotasyonunda kullanılan Jameson hücresinde karşı akımlı hava pülp besleme derinliğine verilerek kömürün yıkanması başarılı olmuştur. Böylelikle, etkin pülp karışımı sağlanmıştır. Çeşitli uygulamalar, koyulaştırıcılar veya plaka çökeltici tipi ayırıcılar ve tambur tipi filtreler de toksik atık suların arıtımında kullanılır. Mikrodalga destekli kolon flotasyonunda, aktif karbonun, çarın, kömürün yüzeyi, kömüre bağlı aglomera olan kömür parçacıkları üzerinde yağlı hidrokarbon miseller köpük zonuna kolayca taşınmaktadır [8]. Flotasyon, farklı endüstriyel uygulamalarda [9-10], atık su arıtımlarında yaygın olarak havalandırma ve köpük yüzdürmesi kullanılarak, yüksek oranda kabarcık – yağ teması sağlanmakta ve bir pülpün çalkalanması ile yüzdürme tankında çamur yükünden ayrılmaktadır. Kondüsyonlama da pülpün mikrodalga radyasyonu etkileşimi arttıkça ayırma performansının iyileşmesi açısından önem kazanmaktadır. Farklı flotasyon yüzdürme yöntemleri, ekipmanları ve uygulandığı endüstriler aşağıda verildiği gibi özetlenmiştir.

- Gıda endüstrisinde, kabuğunu tahıl tanelerinden ayırmada,
- Çevre mühendisliği, kirli suların temizlenmesi,
- Biyoloji ve eczacılıkta bakteri ve misel kristallerinin elde edilmesi,
- Fotoğraf, banyo suyu ve filmlerden gümüşün geri kazanılmasında,
- Endüstriyel ve rafineri tesisi artıklarından yağların uzaklaştırılması,

• Tekstil endüstrisi, suni ipek banyolarından kükürtün uzaklaştırılması,

• Mezbaha atık suyundan kanın uzaklaştırılması,

• Latex, karbon siyahı, aktif karbon ve kurum geri kazanımı,

• Kalan sudan boyar maddelerin uzaklaştırılması,

• Nükleer reaktör atıklarının işlenmesinde,

• Atıksu arıtma tesislerinde atık suyun biyokimyasal oksijen ihtiyacının azaltılmasında,

• Kağıt sektöründe beyaz atık suların işlenmesinde kullanılır.

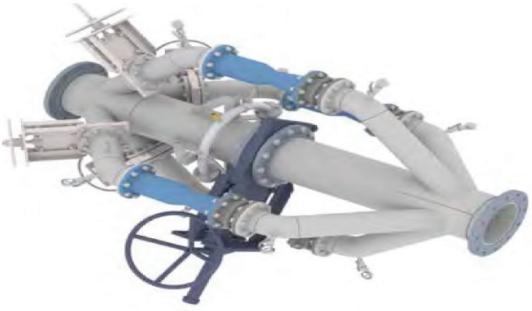
Bu yöntemde iç döngülü kolon flotasyonu, toksik kimyasalları, yağlı, ağır metalli atıkları içeren atık suların içsel çevrimle yıkanmasını ve köpük fazında toplanarak alınmaktadır. Atık suların kolon içinde havalandırılması da kapasiteye göre çeşitli şekillerde uygulanabilmektedir. Böylelikle, O2 kütle transferinin suya çözünmüş oksijen olarak geçişi Tablo 1'deki uygulamalarda görüldüğü gibi gerçekleşmektedir.[10-14]

Çizelge 1. Atık su arıtımı için kullanılan havalandırma yöntemleri

Havalandırma	Metod	Avantajları	Sakıncaları	O2 transfer hızı(%)	O2 kütle oranı (kg O2/kW.h)
İnce kabarcık	Seramik Difüzör	Iyi karışım,transfer Düşük enerji işletme maliyeti	Yüksek kapital ve düşük ömür.	10–30	1,2–2,0
İri kabarcık	Esnek Disk	Low cost of operation, fix no clugged	Düşük transfer Yüksek enerji	4–8	0,6–1,2
Mekanik	Bıçak	Düşük enerji Düşük maliyet	Düşük karışım Düşük hız		1,2–2,6
Jet püskürtme	Pnömatik hava	Düşük maliyet yüksek kapasite Iyi transfer	tıkanma nozül ve pompa	10–25	1,2–2,4

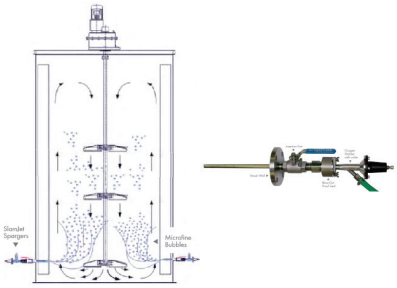
Uzun apolar moleküler seviyede olan her bir misel bağı ile hidrofobik yağa tutunanan kömür taneleri su –hava kabarcığı arayüzüne temas eder.[13-14] Kavitasyon sistemi, küçük ve süper ince parçacıkların geri kazanımını artırmak için Eriez Flotation Division tarafından geliştirilmiştir. Bu kavitasyon sistemi içindeki paralel boruların yardımıyla etkili kabarcıklı pülp çekimi sağlanmaktadır ve hava jeti tarafından üretilen mikro kabarcıklar oluşturulmaktadır.[13-14] Bu uygulamada hava püskürtme ve kavitasyon prensibi kullanılmaktadır. Kavitasyon borularının (Şekil 1) mikro kabarcık üretimi için gerekli hidrodinamik kavitasyonu ve pülp devridaimini bir pompa sağlamaktadır. Püskürtülen hava ve pülp manifoldları ile bu devirdaim pompası son derece küçük hava kabarcıkları üretmektedir.

Piko-kabarcıklarıda pülp kabarcıklarının bir kısmı olarak flotasyonu sağlar. Bu ikincil üretilen kabarcıklar ne kadar küçük olursa, kabarcıkların yüzey alanı o kadar büyük olur. Liç tanklarındaki atık çamurların, bu mikro kabarcıklarla temaslı devridaim olasılığını arttırmaktadır. Ayrıca paralel bir boru kavitasyon uygulaması liç tankı içersindeki çözeltmede çamur partiküllerinin gaz enjeksiyonu ile oksidasyonunu geliştirmektedir(Şekil 2). Bu nedenle, pülp manifolduna hava enjeksiyonu daha etkili oksijence zengin atık su girişini iyileştirecektir.

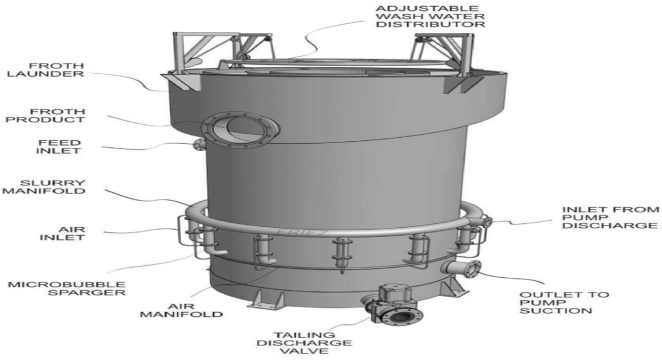


Şekil 1. Pompa devirdaimi ve flotasyon tankındaki sirküle edilen pülp hareketi (Eriez Company) Pülpün Hava jeti ile havalandırılması[13]

Kavitasyon tarafından üretilen mikro kabarcıklar, kömür tanelerinin yüzeyine doğal olarak yapışarak, kolon flotasyonunda mikro kabarcıklar ikincil bir toplayıcı olarak hareket etmektedir. Hem taşıyıcı aktif karbon/ odun kömürü taneleri hemde kabarcıklı halde toplayıcı tüketimini azaltmaktadır. Böylelikle, yağlı şlamların yüzdürme olasılığını artırarak, taşınması zor tanelerin kabarcıklara bağlanma olasılığını arttırır. Kavitasyonun neden olduğu pülp sirkülasyonu bu mikro kabarcıkların teması arttırarak, özellikle geri kazanılması genellikle zor olan mikronize boyutdaki parçacıkların kolon flotasyonunda kazanımını da geliştirir. Ayrıca iri taşımalı tanelerinde geri kazanımını sağladığı gözlemlemiştir.



Şekil 2. Kolon Flotasyon tankındaki (Eriez Company) pülpün Jet Havalandırması[13]



Şekil 3. SlamJet püskürtme uygulaması, Kolon Flotasyon Tankı (Eriez Company)[13]

SlamJet püskürtme sistemleri, flotasyon kolonu boyunca dağıtılan mikro kabarcık oluşturulmaktadır. Pülp içersindeki yağlı kömür hidrofobik şlam tanelerinin yüksek oranda taşıyıcıya bağlanmasını ve geri kazanılmasını sağlar. Eriez Flotation püskürtme sistemleri, yağlı atık suların taşıyıcı kolon yüzdürme uygulaması için optimum boyutta yüksek miktarda kabarcık üretecek şekilde tasarlanmıştır. Atık su arıtma tesislerinde gravite tankları kullanılarak yapılan yatay akışlı çökeltme ve havalandırma gerçekleştirilmektedir. Kömür flotasyonun da ise yağlı köpüğün sıyırılması, 75 mikronun altındaki daha ince boyutlardaki kömür şlamlarının temizlenmesini çok zorlaştırmaktadır. Gravite ile çökeltme ve yağlı şlam atıklarındaki ağır metaller, dekantasyon olmaksızın belirli bir oranda temiz suya karışır. Toksik atıkların ayrılması, bozunmuş kimyasal bileşenlerin yeniden yıkanmadan kullanılmasından kaynaklanır. Kirliliğe neden olabilecek atık su birikiminin oluşması gibi durumlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle aktif karbon veya odun kömürü, ayrıca mikrodalga radyasyonu kullanarak su arıtımı ağır metalli atık sularda etkili olmaktadır. Bu yöntemlerin bir kombinasyonu olan, içdöngülü kolon flotasyonunda odun kömür tozu ile kömür yıkama ve atık su arıtımı mümkün olur. Son zamanlarda çevreyi özellikle temiz içme su rezervlerini kirleten yağlı atık pülplerin köpükte havalandırarak yüzdürülmesi ve bunun için taşıyıcı olarak odun kömür karbonunu kullanılması etkin olmaktadır [22-24]. Ayrıca atık pülp çamurunun döner tamburlu filtrasyonu ve döngülü kolon flotasyonu ile arıtılması da avantajlı olmaktadır. Şırnak ilinde çeşitli endüstriyel tamirhane alanlarında yağlı sızıntıların pülpü kullanılarak yapılan testlerde, atık çamurun %2,5-8 yağ içerdiği belirlenmiştir. Bu çamurların, kömür yıkamada değerlendirilebileceği gibi taşıyıcı odun kömürü ile Şırnak asfaltitlerinin ve linyitlerin taşıyıcı flotasyon ile yıkanabileceğini belirlenmiştir[25]. Ancak yüksek kaliteli bir nihai temiz kömür ürünün ve atık su arıtımının yeterli olmadığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda yüksek

şeyl içeriğine sahip kömür şlamlarının odun kömürü ile köpükte kazanımı, yüksek randımanlı ürün sağlamıştır. Atık su arıtımında yağın yüzmesine neden olan ana kritik parametreler aşağıda verilmiştir:

• Pülp askıda tutulmalıdır. Bunun için pülpün karıştırılması gerekir. Karıştırma, taneleri askıda tutabilecek bir hızda yapılmalıdır. Hücre içinde çökelme engellenmelidir. Genel bir problem olan kumlanma ve yerleşik çöküş, hücre hacminde ve mineral veriminde bir azalmaya yol açar.

• Hücre boyunca havalandırma ile ince hava kabarcıklarının dağılmasına izin vermelidir.

• Havalandırma miktarı hücre hacminin her 1 m^3 hacmi için dakikada 0.1-2 m^3 arasında olmalıdır.

• Yağlı atık suların flotasyon ile yıkanmasında en önemli faktör yağın ağırlığıdır. Yüzde kaçının yüzdürülmesi gerektiği belirlenmelidir.

• Flotasyon hücresinde önemli bir faktör olarak küçük kabarcıklar (d_b: 1-5 mm) oluşturulmalı ve dağıtılmalıdır. Bu, flotasyon makinelerinin temel bir sorunudur. Mekanik karıştırıcı ile çökelme oluşturulmaz, herhangi üflenen havayı dağıtabilmeleri gerekir.

•Köpük fazında sakin pülp koşullarının sağlanması gereklidir. Tanelerin ve aglomeratların askıda kalmasını sağlamak için türbülans koşullarına göre çeşitli flotasyon makineleri değerlendirilir.

• Atık su arıtma ünitelerinde bulanıklığı azaltmak için karıştırma plakalar (bariyerler) kullanılır. Pülpün türbülansı köpük fazına geçmemelidir. Aksi takdirde köpük mukavemeti ve geri kazanım verimi düşecektir.

• Pıhtılaşma

Koagüle parçacıklar oluşur. Gang tanelerinin türbülansla köpüğe taşınması ile oluşur, geri kazanımın artmasına ve seçiciliğin azalmasına neden olur.

• Köpük alanına gelen gangın istemeden pülpe geri çekilmesine (geri dönüşe) izin verilmelidir. Bunun çözümü köpüğe yıkama suyu eklemektir.

• İstenilen mineral boyutu köpük fazına beslenmeli ve tane-kabarcık kaynaşması arttırılmalıdır. Değerli ve gang taneleri arasındaki yüzey özelliği farkı ne kadar fazlaysa, seçici ayrım o kadar başarılı olur.

• Pülpe ve köpük bölgesi ile otomatik olarak yükseklik, karıştırıcı hızı ve hava debisi kontrol edilebilir olmalıdır.

• Fazla olan kısa devrenin iç besleme yapılması önlenmelidir. Hücreden hücreye geçiş kolaylaştırılmalı ve devredeki kalıntının giderilmesi için uygun donanım kullanılmalıdır.

• Köpük ve kalan şlamlı pülp ayrı yerlerden alınmalıdır. • Bir arızadan sonra flotasyon makinesi kolayca tekrar devreye alınmalı ve bakımı kolay olmalıdır.

• Püskürtme havası veya oksijen jeti sistemi uygulanmalıdır.

Ülkemizdeki linyit kömürlerinin taşıyıcı odun kömürü ile ince tane boyutlarında içdöngüsel kolon flotasyonu ile yıkanabilirliği incelenmiştir. Ayrıca optimum atık su arıtımı bu çalışmada incelenmiştir.

2. Mikrodalga ile Atık Çamur Oksidasyonu

Aktif karbon / odun kömürü tane boyutu

Bu aktif karbon tane boyutu küçüldükçe tehlikeli toksik atık çamurları, mikrodalga etkisi ile kolayca oksitlendirilebilir. kimyasal reaktifler veya diğer termal işlemlerle de çamurdaki toksik organik komplekslerin bozuşturulması gerekir. Mikrodalga radyasyonu, diğer katı-çamur termal proseslerine göre daha düşük enerji tüketimine sahiptir. Radyasyon, ince çamur yatağına daha kısa sürede uygulanabilir ve termal bozunma 3-7 dk gibi kısa bir sürede gerçekleşir. Böylelikle, misel ile kalıcı köpük tarafından atılmayı kolaylaştırır. Ayrıca, yüksek çar, karbon yüzey alanına, gözeneklerine yeterli bir gaz adsorpsiyonuna izin verir [22].

Mikrodalgada Gözenekli Yapı

Mikrodalga da etkinlik gözenekliliğe bağlı olarak azalmaktadır. Flotasyon öncesinde kondüsyonlama esnasında çamurdaki hava boşluklarında daha az radyasyonlu bölge nedeniyle mikrodalga radyasyon emisyonu azalır. Yüksek yoğunluklu pülpler üzerinde mikrodalga etkisi daha fazla etkin olmaktadır. Bu mikrodalga etkili kondüsyonlamada, uygun bir stabilizatör demirsi içerik yardımı ile pülpün yüksek performanslı oksidasyonu ve katı içerikleri üzerinde seçici bir ısınma radyasyon süresince oluşur [22-25].

3. Deneysel Yöntem

3.1. İç döngülü kolon flotasyonu deneyi

Mikro Kabarcık Üretimi

Bu çalışma kapsamında geliştirilen, hava püskürtme ile beslemenin yapıldığı iç kolon pülp beslemesi ve ayırıcı iç kolon devirdaimi Şekil 8'de gösterilmektedir. Tasarlanan içdöngülü kolon flotasyonu temel olarak 2 kısımdan oluşmaktadır. Besleme kolonunun ilk kısmı, Jameson hücresinde meydana geldiği gibi mikro kabarcık püskürtme hava jet girişidir. Bu hava jeti karşı akımda düzenli olarak köpük üretebilen iç kolon besleme mekanizmasından oluşmaktadır[16]. İkinci bölümde ise, dış kolondan olmaktadır. Burada köpüğün duş olmadan aktarıldığı geleneksel bir ana

köpük zonu elde edilir. dış kolon da birincil yağlı köpük dışarı alınır. Dış kolonda, üst hücredeki pülpün alt hücre parçasına alınarak iç döngü halinde şlam tanelerini yönlendirir.Hava jeti ile mikro kabarcıklar ile iç döngüde şlam tanelerini yakalar. Yeterli köpük yükü ağırlığı ile yarım saatlik flotasyon süresinde oluşturulmaktadır. Bu süre gözlemlenen en verimli test köpük yüküne göre belirlenmiştir. Kolon yüzdürme parametrelerinin değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 4'te gösterilen deneyde içdöngülü kolon flotasyon ekipmanının akış şeması gösterilmektedir.

Çizelge 2. İç Döngülü kolon flotasyon parametreleri ve köpük oluşturma reaktifleri ve dozajları

Kolon Baz Oranı	**0,1**
Besleme Hızı	300ml/min
Hava Akış Hızı	400ml/min
Köpük Yüksekliği,cm	33cm
Kolon Yüksekliği	200cm
Besleme kolon yüksekliği	150cm
Kolon genişliği,cm	8
Besleme kolon Genişliği,cm	5
Köpürtücü Dozajı	150g/t
Kollektör Dozajı	50gr/ton
Çar Dozajı	%10

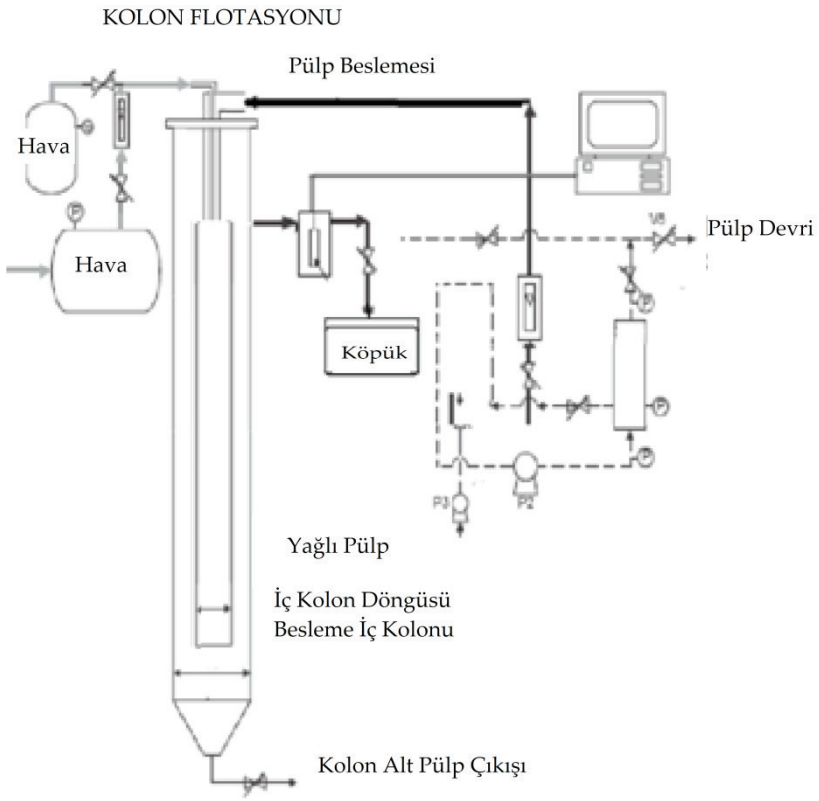
Yağlı köpüğü geri kazanımda, gazyağı deneysel çalışmalarda toplayıcı reaktif olarak kullanılmıştır; 20-100 /ton besleme ağırlık oranında kondüsyon tankına karıştırılmıştır. Köpürtücü olarak MIBC [(CH3) 2CHCH-2CHOHCH3] 50-150 gr/ton besleme ağırlık oranında kondüsyon tankına karıştırılmıştır.

Pülp devirdaimi , Şekil 4'te görüldüğü gibi iç kolonda daha yüksek verimli yağlı şlamların flotasyonu aktif karbon tanelerine teması ve taşıma ile gerçekleşmektedir. Mikro kabarcıkla şlam tanelerinin teması artmaktadır. Köpük ünitesinin kontrolü şekilde görüldüğü gibi yapılmaktadır. Aktif karbon ve şlamın karıştırılması ve köpük ürünün siyah rengine bağlı olarak, köpük seviyesi ve köpük rengi ile kontrol edilmektedir.

3.2. Aktif karbon/Meşe Odun kömürü ve Şırnak asfaltit kömürü Numunelerinin Hazırlanması

1/5 optimum % 20 katı/sıvı oranında odun kömürü/asphaltit kömür şlamı pülp olarak kondüsyon tankına beslenir. Buradaki 5dklık karıştırma işlemi sonrası şekilde görüldüğü gibi jet bulamaç besleyiciyle iç kolana istenilen miktarda besleme sağlanır. Her ne kadar numuneler kolon flotasyonundan önce kondüsyon tankında istenilen optimum katı/sıvı oranında

olsa da pülp yoğunluğu kontrol edilir. Odun kömür tozu taşıyıcı madde olarak kondüsyon tankına yıkanacak asphaltit şlamı ile 1/5 ağırlık oranında karıştırılır. Kondüsyon tankında, 5dk mikrodalga radyasyonda bekletilerek termal oksidasyona maruz bırakılır. Bu termal işlem yağın ince odun kömürü karışımına adsorpsiyonunu sağlar. Yağlı şlamların mikrodalga radyasyonunda yaş pülp olarak kısmen ısıtmaktadır. Bu yağlı asfaltit şlam kömürü daha sonra pülp olarak 5dk kondüsyonlanarak karıştırılır.

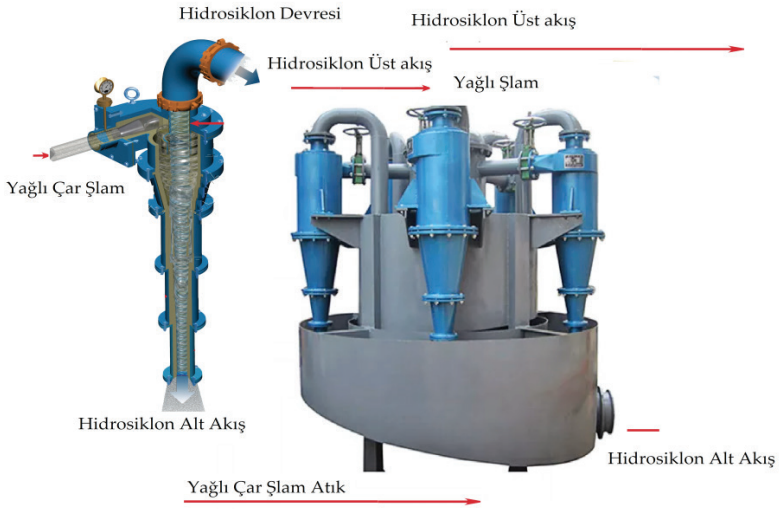


Şekil 4. İçdöngülü kolon flotasyon ekipmanı ve Köpük oluşumunun şematik görünümleri

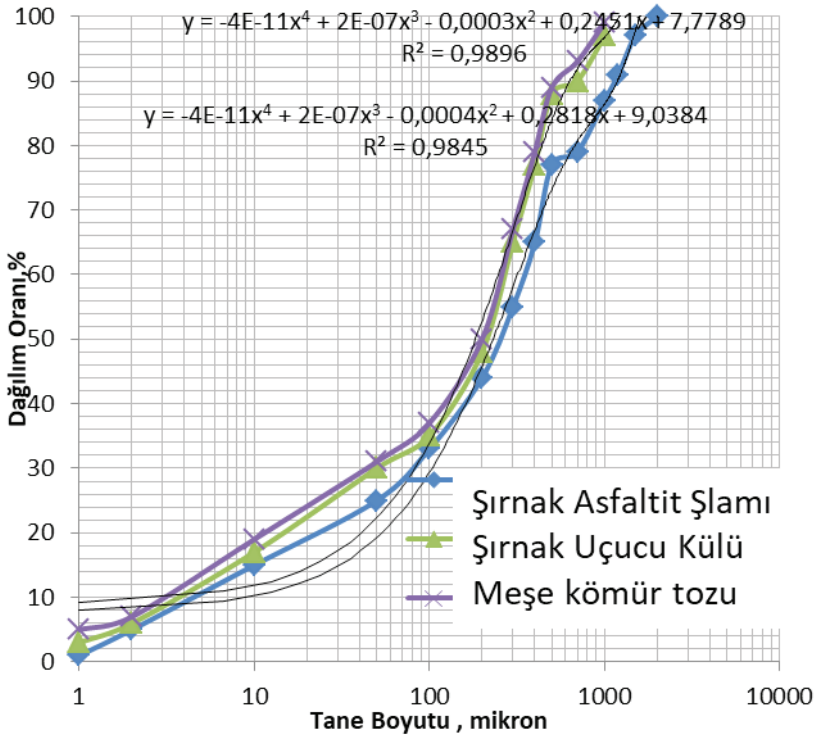
Dekantasyon devresi, kömür ve şlam karışımların ya ile topaklandırılması kömür kolonflotasyonunda yeterli randımanları Şekil 5'te gösterilmiştir. Hidrosiklondaki yüksek hassasiyetle boyut ayırımı dağılım değerleri olarak Şekil 6'da verilmiştir. Kolon flotasyon ünitelerinde yüzen yağlı kömür şlamı köpük olarak dışarıya alınmaktadır. Böylelikle hidrosiklon

sınıflandırma kolon flotasyonundaki randımanı arttırdığı gibi tikiner dekantasyonunun ardından temiz su ilavesi ile taşma olarak arıtılmaktadır.

Kısmen çözünmüş yağ miktarı nötr pH taki kolon flotasyonunda kısmende olsa köpük üründeki temiz kömür üründe daha da artmaktadır. Batan kolon flotasyon ürünü ve yüzen köpük ürünler ayrı ayrı dekantasyona maruz kalmaktadır. Yıkama suyu ilavesi ile temiz su ürünü almak gerekmektedir. Özellikle yüksek yağlı kömür şlamlarının yıkanması için su ile birkaç kademe durulama ünitesine gerek duyulmaktadır. Tane boyutu dağılımı d_{67} değerinde 74 mikronun altına ulaşan odun kömürü ve uçucu kül için boyut kömür şlamına göe daha yüksek olmuştur. Bu çalışma kapsamında Şırnak asfaltit madenlerinden elde edilen 75 mikron altındaki kömür şlamları iç döngülü kolon flotasyonuna tabi tutulmuştur. En uygun 75 mikron altındaki kömür şlamları bu yöntemle taşımalı olarak meşe kömürü numuneleri hazırlanarak deneyler &20 katı sıvı oranında gerçekleştirlmiştir.



Şekil 5. Yağlı kömür şlamlarının taşımalı köpükte yıkanması için deney devresi ekipmanı.



Şekil 6. Yağlı kömür şlamlarının köpük taşması için Hidrosiklon devresinin partikül boyutu dağılımı.

Avgamasya 1, Avgamasya 2 kömür şlamı, Uludere-1 ve Uludere-2 kömür şlamı örnekleri deneylerde yıkamaya tabi tutulmuştur. Avgamasya 1'de asfaltit kömür şlamı linyit kömürleri ila karıştırılarakta kolon flotasyonuna tabi tutulabilmektedir. Temsili alınan kömür asfaltit şlam numuneleri 100 mikron altına bilyalı değirmende öğütülerek elde edilmiştir. Numuneler sırasıyla -212 + 100 mikron boyutuna ve daha sonra 100 mikron altına kontrollü olarak tane öğütülmüştür ve elenmiştir. Böylelikle 75 µm altındaki kömür şlamları ve benzer olarak meşe kömürü tozu 100 mikron altındaki tane boyutunda elde edilmiştir. Öğütülmüş 75 µm altı şlam numuneleri, Avgamasya ve Uludere asfaltit kömürleri, mikrodalga fırınında 400 °C'de 20 dakika süre ile tutularak mikrodalga etkisi belirlenmiştir. Kısmen karbonize olması süreyle engellenmiştir. Ancak deneylerde kullanılan iç döngülü kolon flotasyonu ekipmanı için kullanılan kontrol parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Tehlikeli atık su arıtma yıkama için char türleri ve kimyasal parametreler

Oksit Tür(%)	Uçucu Kül	Avgamasya 1 Asfaltit	Uludere 2 Asfaltit
SiO2	23,35	43,35	41,35
Al2O3	15,68	13,68	16,68
K2O	2,55	2,55	2,55
Fe2O3	12,44	7,24	6,24
Na2O	1,43	2,43	2,43
CaO	21,24	3,24	12,24
MgO	12,64	1,64	2,64
TiO2	0.23	0.21	0.25
MnO	0.27	0.22	0.21
P2O5	0,42	1,42	2,42
Cr2O3	0.1	-	-
Lost in Fire	13.7	-	-
Total	99.53	99.73	99.73

Tablo 4. Tehlikeli yağlı atık çamur un su arıtmadaki kimyasal parametreleri

Yağ,%	Fe	SiO_2	Al_2O_3	CaO
5,93	5.11	54,57	31,33	6.25

Meşe kömürü karbon içeriği, kolon flotasyonunda etkin taşımayı sağlayacak %37-42 gözeneği ile su fazında dağılmadan taşıyıcı kömür olarak değerlendirimektedir. Ayrıca bu yüksek gözenek hacmi tarafından kolayca yağ adsorpsiynu ve köpüğün köpük stabilitesini sağlamıştır. Şlam taşıyan meşe kömürü tozu bu gözenekleri ile apolar miseller tarafından yağlı şlamların yakalanmasını ve yüzdürülmesini iyileştirmektedir. Pülp devirdaimi ile iç döngüsel kolon flotasyonundaki ağır metalli şlamlarında, mikro boyutlu kabarcıklarla temas süresi artmaktadır. Buda atık şlamlarından ağır metal gideriminide iyileştirecektir. Bu çalışmadaki kolon flotasyonu ile yıkama ve arıtma işlemi, yüksek yıkama verimliliğine sahip olmaktadır. Ayrıca asfaltit kömür şlamı köpük zonunda temizlenmektedir. Bu deneylerde flotasyon verimi, -75 µm boyutundaki kömürün ağırlıkları ve kül değerleri ile belirlenmiştir. Kolon flotasyonu işleminde kullanılan taşıyıcı meşe kömür tozu devirdaim esnasında ağır metal içeriklerini de taşımaktadır. Genellikle asidik ortamdaki atık çamurların yıkanmasında ve dekantasyonundan önce nötralize edilerek taşınması gerekmiştir.

Kolon flotasyonunda sağlanan düşük besleme oranı ile birlikte diğer parametreler ve koşullar sabit tutulmuştur. Kolon flotasyonunda köpüğün 30 cm yükseklikte tutulması hücredeki alt çıkışa giriş akışı seviyesi 0.1 cm/sn'lik pozitif akış oranında değişmiştir.

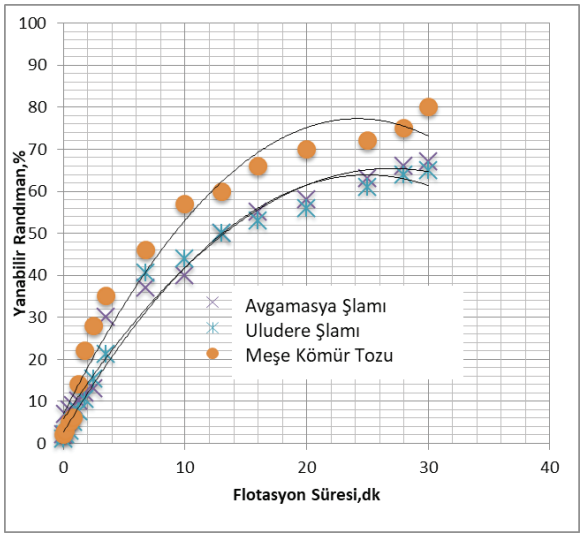
4. Sonuçlar ve Tartışma

4.1. Avgamasya Asfaltit Şlamının Yıkama Testleri

Temiz kömür köpüğünün ilk aşamada elde edilmesi ile kömür şlamları iç döngülü kolon flotasyonu ile yeterli randımanda yıkanabilmektedir. gerekli olan iç döngülü devirdaim işlemi kolon flotasyonu ile yıkama işleminde altçıkış miktarına ve besleme pülpü miktarına bağlı olmaktadır. nihai bir köpük ve yıkama suyu birlikte temiz kömür ürün olarak alınmaktadır.Alt kolon çıkışı atık pülp olarak alınmaktadır. Yağlı köpük şlamları yeterli iç döngü çevrimi ile kolon icersinde kabarcıkla temas ederek köpükzonundan alındıktan sonra kurutularak ağırlığı ve kül oranı belirlenmiştir. Şekil 7'de gösterilen sonuçlar, 20 dakikalık yüzdürme süresinde meşe kömürü ile yapılan taşıyıcılı kolon flotasyonunda %90 yağ geri kazanımı ile iç döngüsel kolonda temiz kömür yanabilir randımanı Avgamasya ve Uludere asfaltitleri ile % 56 ve 64 değerlerine yükselmiştir.bu çalışmada mikrodalga etki kulanılmadan kullanılan numunelerde bu randıman değerleri %45 ve 55 değerlerinde kalmıştır.

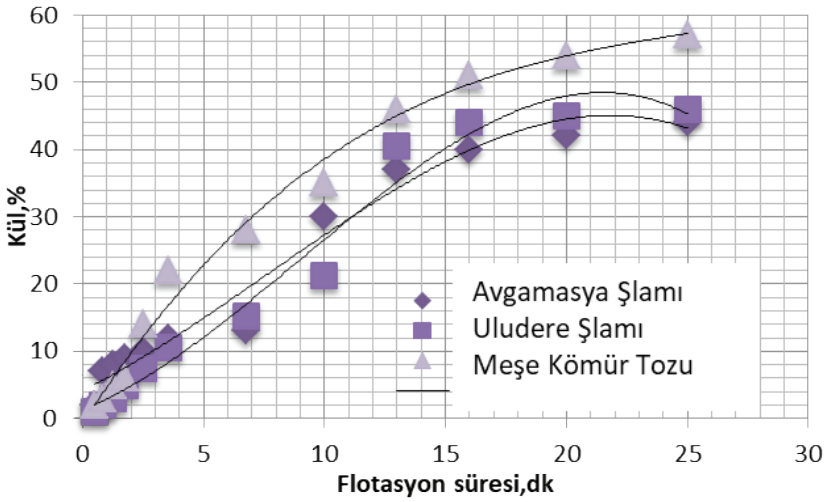
4.2. Uludere Asfaltit Şlamının Yıkama Testleri

Uludere asfaltitleri kil taşından ziyade kalkerli şlamları içerdiğinden ve kül oranı yüksek olduğundanrandımanları düşmüştür. Bu çalışmada mikrodalga etki ile koşullandırılmış numunelerle 10 dakikalık sütun yüzdürme süresinde %80 köpük temiz kömür randımanı elde edilmiştir. Mikrodalga radyasyonunun başlıca avantajı, yağlı maddeleri parçalayarak düşük moleküllü miselli flotasyonun temiz kömür randımanını arttırmıştır. Böylelikle uzun moleküllü yağlar mikro kabarcıklardan ayrılmayacaktır.



Şekil 7. %10 ağırlık oranında meşe kömürü ile taşıyıcı iç döngülü kolon flotasyonu yıkama sonuçları

Bu çalışmadaki ayırt edici yöntem, atık su arıtımından farklı olarak verimli bir köpük ürünün temiz kömür ürünü olarak alınması ve mikrodalga radrasyon ile kömür şlamlarının 10 dklık kondüsyonlaması olmuştur. Avgamasya asfaltit slamlarının meşe kömürü tozu ile taşıyıcı iç döngülü kolon flotasyonu test sonuçları Şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8 % 10 ağırlık oranı meşe kömürü kullanımı ile taşıyıcı çevrim kolonu flotasyon yıkama sonuçları

Meşe kömür tozu ile daha düşük yağ yakalamanın sonuçları %10 ağırlık oranında gerçekleşmiştir. Meşe kömürü ancak yoğunluk olarak yaklaşık 1,1 -1,2 aktif karbondan daha düşüktür. Yağ adsorpsiyon oranı aktif karbona göre daha yüksektir. Meşe kömürü tozu mikro şlam tanelerini yağla birlikte gözene içinede alabilmektedir. Böylelikle iç döngülü kolon flotasyonunda yağın iyi bir şekilde emilmesine izin vermiştir. yapılan bu testlerde, beslemede kömürün külü %42 değerinden kül toplam oranı %22.4'e azalmış ve temiz kömürdeki yağ verimi ise %77.2'ye ulaşmıştır. Avgamasya asfaltit kömür şlamının iç döngülü kolon flotasyonu, sadece yağ ayırmada kullanılacaksa daha uzun süreli flotasyon tercih edilmelidir. Yoğunluk daha düşük olduğu için ve gözenekli olduğu için yağ kazanımında flotasyon süresi uzamaktadır. 20 dklık flotasyon süresinde yağ randımanı % 55,0 olmuştur. Odun kömürü ile köpük fazının sırasıyla kömür randımanı yanabilir randıman olarak belirlenmiştir. Bu değerler 20 dklık flotasyon süresinde Avgamasya kömürü için %47.5 ve Uludere kömürü için %44.5'te kalmıştır.

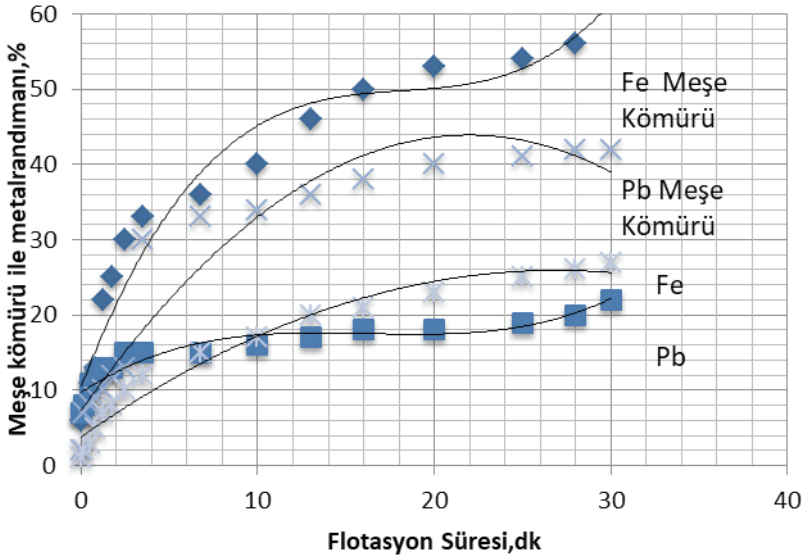
4.3. Bakır Liç Atığı Çamursu Şlamın Yıkama Testleri

Bakır liç şlam atıklarının kömür şlamları ile pülp olarak %50 ağırlık oranında karıştırılara yapılan iç döngülü kolon flotasyonunda köpük mik-

tarı etkin yıkamayı sağlamıştır.Yıkama suyunun köpüğe verilmesi toksik ağır metallerin şlamlarının yakalanmasında etkil olmuştur. Mikrodalga kondüsyonlama süreside toksik metalbileşenlerin oksitlenmesini sağlayarak ayrı mikro kabarcığa tutunmayı geliştirmiştir. Böylece, mikrodalga radyasyon ile oksidasyon şartlandırması ağır metal bileşenli liç atıkların taşıyıcılı kömür flotasyonunda etkili olmuştur. Liç atıklarının Avgamasya kömür Şamları ile iç döngülü kolon flotasyonu testlerinde yeterli köpük zonu oluşabildiği numunelerinin jeti ile oluşturulan köpükte kullanılan odun kömürü, kömür taşıyıcı köpük fazında elde edilen metal içeriğinin %54,0'a ulaştığı gözlenmiştir. Yıkama suyu ile köpüğün dekantasyonu ile elde edilen köpük fazların da Fe , Pb ağır metal randımanlarını %52.5 ve %44.1'i elde edilir. (Şekil 9) Avgamasya asfaltit şlamı yerine sadece meşe kömürünün taşıyıcı olarak kullanılması kolon flotasyonunda köpükteki ağır metal oksitlerin kazanımını %78Fe ve %67 Pb oranında arttırmıştır. Bakır liç şlam atıklarındaki flotasyon sonuçları köpük ürünlerindeki Fe, Pb verimleri olarak Şekil 8'de verilmiştir.

5. Sonuçlar

Meşe kömürü tozunun iç döngülü Şırnak asfaltit kömür şlamlarının flotasyonunda yüksek %54,1 yanabilir kömür randımanlarına ulaşılmıştır ve Uludere asfaltit şlamında bu randıman %50,6 oranında kalmıştır. Kül değerleride Avgamasya asfaltit şlamında %42 kül içeriğinden %22,4 de indirilmiştir. Uludere asfaltit şlamı içinde meşe kömürü taşımalı flotasyonda kül oranı %61 den % 35 % değerine indirilmiştir.



Şekil 9. Meşe kömürü tozu ile iç döngülü kolon flotasyonu liç atıklarının yıkama sonuçları

Bu çalışmada, liç atığı ağır metalli oksit şlamların yağ içersede bu yöntemle etkin olarak yıkanabildiği belirlenmiştir. Kolon flotasyonu ve yıkama dekantasyonunun birlikte liç atıklarını geri kazanımında ve su arıtımında etkili olduğu gözlenmiştir. İç döngülü bakır liç atığının kolon flotasyonunda meşe kömürü tozu ile yapılan taşımalı flotasyon köpüğünde meşe kömürü ile %27.2 Pb ile %54,6 Fe randımanları elde edilmiştir. Ancak Pb randımanı Avgamasya asfaltit şlamı ile yıkamada %15,5'e azalırken, meşe kömürü ile %29,6'ya artmıştır. Asfaltit kömür şlamı ile Fe randımanı flotasyonda %25 oranına kalırken, meşe kömür tozu taşıyıcı olarak kullanıldığında %54,6'ya yükselmiştir.

İç döngülü kolon flotasyonu, hava jetli kabarcık üretimi, köpüğe yıkama suyu ilavesi, mikrodalga kondüsyon yağlı slamların arıtılmasında yararlı olmaktadır.

iki aşamalı yıkama daha etkin temiz kömür ürünlerin köpüklerde ayırılmasında gerekli olduğu belirlenmiştir.

mikro boyutlu şlamların taşıyıcı mese kömürü tozu veya aktif karbon tozu ile iç döngüsel kolon flotasyonunda yıkanabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, bu yöntem ekonomik olarak uygulanabilmektedir. Kolon flotasyonunu takiben hidrosiklon/ tikiner dekantasyonun, mikrodalga sorpsiyonla ayırma işlemiyle yağlı çamurların daha iyi yıkanmasını sağlamaktadır.

Kaynaklar

[1]. Anonymous,2019, DSİ, Water Reports, 10th Regional Directorate, 2018

[2]. K. Kanagamani, P. Geethamani and M. Narmatha, 2020, Hazardous Waste Management, Environmental Issues and Sustainable Development, Suriyanarayanan Sarvajayakesavalu and Pisit Charoensudjai, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.94080.

[3]. M. D. LaGrega, P. L. Buckingham, J. C. Evans,2001, Hazardous Waste Management: Chap 13. Land Disposal, pp.812-864, Second Edition, Waveland Press, Illinois,

[4]. Anon. 1973. Outlook: waste water treatment with air flotation. Environ. Sci. Technol., 7: 996

[5]. Dobby, G., 2002. Column Flotation. In: Mular, A.L., Halbe, D.N. and Barratt, D.J. (Eds.), Mineral Processing Plant Design, Practice and Control, SME Inc., Littleton.

[6]. Yoon, R.H., "Microbubble flotation", "Recovery of coal from waste fines by column, Minerals Engineering, 6, 4, pp. 619-630. (1993)

[7]. Yoon, R.H., "Advanced Coal Cleaning and Coal flotation", Journal of Solid Waste Technology and Management, Vol.29, No.3, pp.168-178. (2003)

[8]. Tao, D., Luttrell, G.H., Yoon, R.H., "A parametric study of froth stability and its effect on column Recovery", Meeting, April, 4-5, Virginia. (2006)

[9]. Yoon, R.H. ve Ruttrell, G.H., "MicrocelTM column flotation scale-up and plant practice" flotation of fine particles", International Journal of Mineral Processing, Vol.59, pp.25-43. (2000)

[10]. Tao, D., Li, B., Johnson, B.K., Parekh, B.K., "A flotation study of refuse pond coal slurry", Fuel Processing Tech, Vol.76, pp.201-210. (2000

[11]. Mineral Processing, CIM, paper 12.(1994)Proceeding of the 26 th Annual Meeting Canadian

[12]. Zipperian, D.E., Svensson, U., 2005, "Plant practice of flotaire column flotation machine for metallic and glycol/MIBC mixtures", Minerals Engineering, 18, pp.179-188.

[13]. Tan, S.N., Pugh, R.J., Farnasiero, D., Sedev, R.,Raltson, J., 1988, "Foaming of polypropylene glycols and coal flotation" Column Flotation '88, K.V.S. Sastry (ed), Chapter 7, 43-54. (1988)

[14]. Lai, R., "Cyclonic flotation column for minerals benefication", Mining engineering, 54, No.3,

[15]. Fan, MM. et al, "Nanobubble generation and its application in froth flotation (part I): nanobubble generation and its effects on properties of microbubble and millimeter scale bubble solutions", Mining Sci. & Tech, 20, pp 1-19, (2010).

[16]. T.M. Morris, “Measurement and Evaluation of the Rate of Flotation as a Function of Particle Size”, Mining Engineering, Vol. 4, No. 8, 1952, 794-798.

[17]. Jameson, G.J., Manlapig, E.V., “Application of the Jameson cell”, Agar, G.E., Huls, B.J., Hyma, D.B.,

(ed.), Column’91, 2, 675-687. (1991)

[18]. Mankosa, M.J., Luttrell, G.H., Adel, G.T., Yoon, R.H., “A study of axial mixing in column flotation”.International Journal of Mineral Processing, 35, 51-64 (1992)

[19]. Peres, A.E.C., Araujo, A.C., Shall, H., Zhang, P., Abdel-Khalek, N.A., 2007. Plant practice: nonsulfide minerals. In: Fuerstenau, M.C., Jameson, G., Yoon, R-H (Eds.), Froth Flotation – A Century of Innovation, SME, Littleton.

[20]. I, Oboh, E. Aluyor,T. O. K. Audu, 2013, Second-order kinetic model for the adsorption of divalent metal ions on Sida acuta leaves, International Journal of Physical Sciences 8:1722-1728

[21]. P. Senthil Kumar*, C. Vincent, K. Kirthika, and K. Sathish Kumar, 2010, Kinetics and equilibrium studies of Pb2+ in removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon,Braz. J. Chem. Eng. vol.27, no.2, São Paulo, https://doi.org/10.1590/S0104-66322010000200012

[22]. H Medhi, P R Chowdhury, P D. Baruah, and K G. B, 2020, Kinetics of Aqueous Cu(II) Biosorption onto Thevetia peruviana Leaf Powder, ACS Omega 2020, 5, 23, 13489–13502, https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04032

[23]. Barrera, H.; Ureña-Núñez, F.; Bilyeu, B.; Barrera-Díaz, C. Removal of chromium and toxic ions present in mine drainage by Ectodermis of Opuntia. J. Hazard. Mater. 2006, 136, 846– 853, DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.01.021

[24]. Ahamed, J. A.; Begum, A. S. Adsorption of copper from aqueous solution using low-cost adsorbent. Arch. Appl. Sci. Res. 2012, 4, 1532– 1539

[25]. Medhi, H.; Bhattacharyya, K. G. Kinetics of Cu(II) Adsorption on Organo-Montmorillonite. J. Surf. Sci. Technol. 2015, 31, 150– 155

[26]. Bhattacharyya, K. G.; Gupta, S. S. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review. Adv. Colloid Interface. Sci. 2008, 140, 114– 131, DOI: 10.1016/j.cis.2007.12.008

[27]. Gupta, S. S.; Bhattacharyya, K. G. Adsorption of Ni(II) on clays. J. Colloid. Interface. Sci. 2006, 295, 21– 32, DOI: 10.1016/j.jcis.2005.07.073

[28]. Bhattacharyya, K. G.; Gupta, S. S. Adsorption of Fe(III), Co(II) and Ni(II) on ZrO-kaolinite and ZrO-montmorillonite surfaces in aqueous medi-

um. Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp. 2008, 317, 71– 79, DOI: 10.1016/j.colsurfa.2007.09.037

[29]. M. Abatal, V. C. Quiroz, M. T. Olguín, A. R. Vázquez-Olmos, J. Vargas, F. Anguebes-Franseschi, G. Giácoman-Vallejos, 2019, Sorption of Pb(II) from Aqueous Solutions by Acid-Modified Clinoptilolite-Rich Tuffs with Different Si/Al Ratios, Appl. Sci. 2019, 9(12), 2415; https://doi.org/10.3390/app9122415

[30]. X. Xu, L. Lin, C. Papelis and Pei Xu, 2019, Sorption of Arsenic from Desalination Concentrate onto Drinking Water Treatment Solids: Operating Conditions and Kinetics, Water 2018, 10(2), 96; https://doi.org/10.3390/w10020096

[31]. Ofomaja, A. E.; Naidoo, E. B.; Modise, S. J. Biosorption of copper (II) and lead (II) onto potassium hydroxide treated pine cone powder. J. Environ. Manage. 2010, 91, 1674– 1685, DOI: 10.1016/j.jenvman.2010.03.005

[32]. Bajpai, S. K.; Jain, A. Removal of copper (II) from aqueous solution using spent tea leaves (STL) as a potential sorbent. Water SA 2010, 36, 221– 228

[33]. Chen, H.; Dai, G.; Zhao, J.; Zhong, A.; Wu, J.; Yan, H. Removal of copper(II) ions by a biosorbent—Cinnamomum camphora leaves powder. J. Hazard. Mater. 2010, 177, 228– 236, DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.12.022

[34]. Anonim a, 2015, *Multotec Şirket* web sayfası, http://www.multotec.com/category/ industry/coal

[35]. Anonim b, 2015, *MBE Şirket* web sayfası, http://www.mbe-cmt.com/en/products/pneuflot% C2% AE/pneuflot%C2%AE

[36]. Anonim c, 2015, *CWP Şirket* web sayfası, http://cwp.com.tr/en/products.aspx?id=30

[37]. Salsman J.B., Williamson R.L., Tolley W.K., Rice D.A., 1996, Short-pulse microwave treatment of disseminated sulphide ores. Minerals Engineering, 9, 1, s.43–54.

[38]. Standish, N., Worner, H.K., Gupta, G., 1990. Temperature distribution in microwave heated iron ore–carbon composites. J. Microwave Power Electromagnet Energy 25 _2., 75–80.

[39]. Standish, N., Worner, H.K., Obuchowski, D.Y., 1991. Particle size effect in microwave heating of granular materials. Powder Technology 66, 225–230.

[40]. VanWyk EJ, Bradshaw SM, de Swardt JB., 1998 The dependence of microwave regeneration of activated carbonon time and temperature, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy ,33, 3, s.151–7

[41]. Veasey TJ, Fitzgibbon KE., 1990, Thermally assisted liberation—a review. Minerals Engineering , 3, 1/2, s.181–5.

[42]. Walkiewicz J.W., Clark A.E., McGill S.L., 1991, Microwave assisted grinding. IEEE Transactions on Industry Applications, 27, 2, s.239–43.

[43]. Walkiewicz JW, Kazonich G, McGill SL., 1988, Microwave heating characteristics of selected minerals and compounds. Minerals and Metallurgical Processing , 5, 1, s.39–42.

[44]. Xia D.K., Pickles C.A., 2000, Microwave caustic leaching of electric arc furnace dust, Minerals Engineering, 13, 1, s.79–94.

Bölüm 7

TÜKETİCİLERE YÖNELİK DERİ İLE İLGİLİ BİLİNMESİ GEREKENLER

Nuray Olcay IŞIK[1]

1 Doç. Dr., Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Meslek Yüksekokulu, Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, ORCID ID: 0000-0003-4749-336x

GİRİŞ

Avlanma ve örtünme istekleri ile işlenmeye ve insan hayatında tekstilden önce kullanılmaya başlanan deri, en köklü geçmişine sahip ham maddelerinden biridir (Kaygusuz vd., 2019). Deri evladiyeliktir. Nesilden nesile geçer. Tabaklanan ve bu şekilde bozulmaz hale getirilen deri binlerce yıl korunabiliyordu. Buna en güzel örnek, arkeologlar tarafından Ermenistan'ın Türkiye ve İran sınırlarına yakın bir mağarasında bulunan dünyanın bilinen en eski deri ayakkabısıdır. Ülkenin güneydoğusundaki Vayotz Dzor bölgesindeki Areni-1 adlı mağarada sağ teki bulunan ayakkabının 5500 yıl öncesine ait olduğu saptanmştır (Bknz. Fotoğraf 1). Dayanıklılığı bu şekilde doğal olarak ortaya konulmuştur. Diğer bir örnek ise Almanya`da ortaya çıkan ve milattan önce 2500`lü yıllarda yapılan dünyanın en eski çantasıdır (Bknz. Fotoğraf 2).



Fotoğraf 1-2. *Dünyada bulunan en eski ayakkabı (URL-1) ve çanta örneği (URL-2)*

Derinin sert yapısı ve sağlamlığı onun demir ve bronzdan önce ilk zırh malzemesi olarak kullanılmasını sağlamıştır. Öncesinden deri, vücuda sarılarak veya basitçe omuzların üzerinden atılarak sırtı örtmüştür. Efsanevi Herkül'ün ya da Yeniçağdan önce Roma İmparatorluğu'na saldıran Alman kabilelerinin giyimi bu şekildeydi (www.wikipedia.org). Deri ile korunma fikrinin daha da geliştirilmesi, birkaç kat deriden yapılmış bir zırh örneği ile ortaya konulmaktadır. Buna örnek olarak, Çin'de bulunan deri zırhlar gösterilebilir. Çin'de Geç Bronz veya Erken Demir döneminde zırhların büyük kısmı deriden yapılmıştır. Sebebi, yüksek metal maliyeti ve özellikle yeniliklere yatkın olmayan çok muhafazakâr bir toplumla ilişkili yerel özellikler olabilir. Çin topraklarında, deri zırhın tanımını içeren yazılı kaynaklar ve hatta zırh örnekleri, örneğin, Leygudong'daki (MÖ VI. yüzyıl) hükümdar Yi'nin mezarında, oldukça karmaşık bir tasarıma sahip lamelli tipte 12 deri zırh bulunmuştur. Bunlar, tek katmanlı, ancak çok kalın deriden (1 cm kalınlığa kadar) sert şekilde tabaklanan örneklerdi (Anonim, 2021). Zırh üretimi için mümkün olduğunca sert ve kalın deri seçilmiş, tercihen bufalo veya deve, ya da inek derisi de kullanılmıştır. Daha sonra yağda kaynatılarak cilde ek bir sıkılık kazandırılmıştır. Deri zırhın yağlanması kullanım süresinin arttırılmasına katkı sağlamıştır (www.wikipedia.

org). Böylece, derinin kendine özgü söz konusu eşsiz özellikleri savaşlarda kullanılacak çok önemli bir öge olmasına neden olmuştur (Bknz. Fotoğraf 3-4). Osmanlıların deriyi kullanması derinin kolay delinmeme özelliğinden kaynaklanmış ve böylece, eski zamanlarda deriden yapılan savaş donanmaları nedeniyle karşı taraf çoğu zaman yenilgiye uğramıştır.



Fotoğraf 3-4. *Deri zırh (URL-3) ve deriden kalkan ile miğfer (URL-4)*

Deri materyali doğallığı, dayanıklılığı, esnekliği ve zamanla iyileşen görünümü nedeniyle geçmişten günümüze farklı ürün (kıyafet, çanta, cüzdan, kemer, ayakkabı, takı, ev aksesuarı vs.) yapımında vazgeçilmeyecek bir materyal olmuş ve son zamanlarda teknolojinin gelişmesiyle farklı alanlarda kullanılmaya devam etmektedir (Işık ve Kaygusuz, 2020 Sanat-KB). Hem eski dönemlerde, hem de günümüzde derinin çok tercih edilen ve sıkça kullanılan bir malzeme olmasının en önemli sebebi kullanımının ve işlenmesinin kolay olmasıdır. Deri esnek yapısı sayesinde her şekle girebilmekte ve verilen formu koruyabilmektedir (Kaygusuz vd., 2020 Üç boyutlu). Derinin günümüzde kolay işlenebilirliği, doğal ve sağlam yapısı, renk, doku, form ve uzun kullanım ömrü, moda ve endüstriyel tasarım ürünlerinde tercih edilen bir malzeme olmasını sağlamıştır (Menteş Çolak ve Gürler Karaman, 2019).

Sanayileşme ve teknolojinin gelişmesi insanoğlunu zaman içinde çeşitli materyalleri keşfetmeye ve günümüzde ham maddesi az bulunan pahalı bir malzeme sınıfına giren deriden giderek uzaklaşmaya zorlamıştır. Böylece, tekstil ve sentetik kumaş çeşitliliğinin artması ile insanoğlu derinin "sadece deriye ait" özelliklerini yaygın olarak bilmemekte veya bu özellikleri yanlış bilmektedir. Tüketici olarak deriyi seçen veya yanlış bildiklerinden dolayı seçmeyen herkesin derinin özelliklerini bilmeye hakkı vardır. Bu çalışmada gerçek veya hakiki deriye (genuine leather) ait has özelliklerine değinilecektir.

DERİNİN KONFOR ÖZELLİKLERİ

Deri, her türlü ürün tasarımına elverişli bir materyaldir. Kullanıldığı ürüne asalet, şıklık ve lüks bir görünüm verir. Gerçek deri doğal bir malzeme olduğu için doğada çözünür/bozunur ve bu açıdan da çevre dostudur (Kaygusuz, 2020).

Genelde, derinin insanı sıcaktan ve soğuktan koruması özelliği nedeni ile derinin hava geçirdiği düşünülmez. Fakat aksine deriyi suni deriden ayıran temel özelliklerinden biri yüzeyindeki gözenekleri sayesinde hava ve su buharı geçirgenliği yani "nefes alma" özelliğidir. Ayrıca deri teri de dışarıya verme özelliği ile içerideki teri dışarıya atabilmektedir (Bknz. Fotoğraf 5-6).





Fotoğraf 5-6. *Derinin gözenekli yapısı (URL 5) ve deri mont (URL 6)*

Deri bildiğimiz şekilde yıkanmaz, ancak yıkanabilir deri olarak üretilen deriler yıkanabilir özelliktedir (Bknz. Fotoğraf 7), Yine de yıkanabilir deri olarak adlandırılan deriler yıkama talimatlarına uygun olarak yıkanmalıdır. Yıkanabilir olarak belirtilmeyen derilere ise kuru temizleme yapılabilir, kuru temizleme de talimatlara uygun yapılmalıdır.



Fotoğraf 7. *Yıkanabilir deri ceket (URL-7)*

DERİ AYAKKABILARINDA ARANAN ÖZELLİKLER

Deri, ayakkabının üst ve iç kısmında yüzlük ve astarlık olarak ayakkabının altında ise taban malzemesi olarak kullanılmaktadır. Deri sağlamlığıyla ayakkabıda koruma ve rahatlık sağlamasının yanı sıra ayak sıcaklığını düzenleyici bir etkiye de sahiptir.

Derinin ayakkabılarda kullanım avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

• Nefes alan dokusu sayesinde ayakları serin tutar; nem oluşmasını önler,

• Dayanıklıdır, çabuk yırtılma ve kopma gibi riskler taşımaz,

• Hava geçirgenliği sayesinde ayakta koku ve bakteri oluşmasını önler,

• Esneyebilen yapısı ile deri ayakkabı modelleri, zaman içinde ayağın şeklini alır,

• Doğal materyal olmasından dolayı insan sağlığına zararsızdır (Kaygusuz, 2020).

Derinin doğal özelliklerinin yanında deriye ek özellikler de kazandırılabilmektedir. Ayakkabılara su geçirmezlik özelliği verilmektedir (Bknz. Fotoğraf 8). Bu özellik ekstra istenen bir özellik olmaktan çıkmış zaten olması gereken bir özellik haline dönüşmüştür. Bu nedenle, ayakkabılar zaten hali hazırda su geçirmez olmalıdır. Aynı şekilde giysilik deriler için de bu durum aynıdır. Ancak bu ekstra bir özellik gibi lanse edilmektedir. Hâlbuki tüketiciler açısından zaten aranılması gereken bir özelliktir. Özellikle kış aylarında ve tracking, hacking gibi sporlar yapılırken yağmurdan, çamurdan, kardan ve diğer sulu ortamlardan ayağın korunması amacıyla ayakkabılara, botlara veya çizmelere su geçirmezlik özelliği kazandırılması gerekmektedir.



Fotoğraf 8. *Su geçirmez deri ayakkabı (URL-8)*

Su geçirmezlik özellik kazandırılmayan ayakkabılarda farklı sorunlar meydana gelebilmektedir. Örneğin, ayakkabılarda yağmurlarda ortaya çıkan beyaz görünen hareli lekeler tuzdan kaynaklanmaktadır. Deriler ham deri iken tuzla konserve edilmektedir. Tuz sonraki işlemlerde uzaklaştırılmalıdır. Yeterince uzaklaştırılmamışsa bu şekilde yağmurda veya ıslak ortamlarda tuz tekrar ortaya çıkmakta, görünür olmaktadır. Satın alınan bir ayakkabıda bu gibi bir sorun varsa bu durum geriye dönük olarak çözülemez. Aslında bu bir hata sayılır. Ancak alınırken bu gibi bir testi yapamayan tüketicinin tek çözümü böyle durumlarda hafif nemli bezle ayakkabıyı silmektir. Bu bir sonraki ıslak ortamda yaşanacak soruna kadar bir çözüm olarak önerilmektedir.

Ayakkabılar tercih edilirken gereken yere uygun ayakkabı satın alınmalıdır. Spor ayakkabılar bile farklı sporlara yönelik olarak üretilmektedir. Doğru ayakkabı; sporcuda ek sorun yaratamadığı gibi var olan veya doğabilecek sorunlara da çözüm getirme özelliğine sahip olmalıdır (Işık ve Cireli, 2009).

Moda için ayakların anatomisine uygun olmayan özellikle tabanlarında sorun olan ayakkabılar tercih edilmemelidir. Bu özellikle de kadınlar tarafından yapılan bir yanlıştır. Bunun yanında yüksek ökçeli ayakkabılar, önü sivri burunlu ayakkabılar da ayakların yapısını geri dönülemez şekilde bozabilmektedir.

Rugan ayakkabılar da bir moda trendi olarak bazı yıllar tekrar tekrar ortaya çıkmaktadır. Ruganın amacı parlak ve güzel bir deri elde etmek ise de bu olayda en kötü ciltli sığır deriler kullanılır. Hatta şimdilerde ciltli deri yerine yarma deriler kullanılmaktadır. Hatta bu tür rugan derilerde rugan filmi pürüzlü bir yüzeyi olan yarma deriye daha sağlam bir şekilde bağlanmaktadır. Ayakkabı yüzlük derilerden beklenen özellikler, yapısal dayanım, fleksibilite, esneklik, suya karşı dayanım, su buharı ve hava geçirgenliği, ter haslığı gibi özelliklerdir. Giyim hijyeni ve fizyolojisi açısından bu özelliklerin ayakkabıda olması gerekmektedir. Diğer türlü çeşitli ayak rahatsızlıkları ve kusurları kaçınılmazdır. Rugan ayakkabılarda hava geçirgenliği oldukça düşüktür, çünkü kalın bir film tabakası ile kaplanmaktadır. Bu yüzden kıl kökleri ve derinin hava geçirgenliğini sağlayan porlar ve lifler arası boşluk kapanmaktadır. Ayrıca kullanılan çapraz bağlayıcılar sebebi ile derinin esnekliği azalmaktadır. Bunun sonucunda ayakkabı olarak kullanılan rugan zamanla ayağın yorulup genişlemesi sonucu ayağa zarar vermektedir. Normal ayak yürüyüş sırasında esner ve yere bacınca sağa ve sola doğru açılır. Ancak rugan esnekliği az olduğundan buna izin vermez (Işık, 2007).

Ayakkabının emdiği ter 24 saatte buharlaşır. Bu nedenle her gün üst üste hep aynı ayakkabı giyilmemelidir. Ayakkabı, bot ve çizmelerin sadece

dışı değil astarı da deri olmalıdır. Etiketlerde buna dikkat edilmelidir. Astar kullanılmayan ayakkabılar çok rahat ve yumuşak olduğundan ayakları rahat ettirir. Ancak bu tip derilerde üretim sırasında boya fiksasyonu iyi yapılmamışsa boya çoraplara çıkabilir. Bu nedenle ayakların çok terlediği dönemlerde ayakkabı ile çorap renginin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Yağmurlarda ve karlı havalarda süet, nubuk ayakkabılar ve kösele tabanlı yerine lastik ve kauçuk tabanlı ayakkabılar giyilmelidir.

Deri mamullerinin bakımlarının yapılması gerekmektedir. İlkbahar ve sonbahar aylarında olmak üzere yılda 2 kez bakım yapılması önerilmektedir. Sık kullanılan ayakkabılara ve mobilyalık gibi derilere toz ve kirlerinden arındırılmak üzere haftalık ve aylık bakım yapılmalıdır. Deri bakım aşamaları; temizleme, kondisyonlama, parlatma (cilalama), koruma şeklindedir. Deri bakım maddeleri sırçalı yani ciltli derilere uygulanan bakım maddeleri ve havlı yani süet-nubuk derilere uygulanan bakım maddeleri olmak üzere 2 gruba ayrılır. Nubuk ve süet deri tipleri için sadece spreyler bulunmaktadır. Bu şekilde leke oluşumu engellenir. Nubuk ve süet için bakım ürünleri genellikle su geçirmez maddeler, su itici maddeler ve boya spreyleri ile sınırlıdır. Sırçalı derilerde ise ayakkabı kreminden deri spreylerine kadar çok sayıda ürün kullanılabilmektedir. (Işık vd., 2010).

GERÇEK DERİ NASIL ANLAŞILIR?

Deri yanmaz değildir, sadece alevli yanmaz, içten içe yanma yapar. Suni deri ise alevli yanar. Gerçek deri ikiye katlanıp bükülürse tam bükülen kısmında yani gerilimin fazla olduğu noktalarda renk değişimi ve gerilmeden kaynaklı mikro kırışıklıklar oluşur. Hakiki deride yüzeye bakıldığında deri gözenekleri kırışıklıkları görülebilir. Bunlar birbirini tekrar etmeyen düzendedir. Ayrıca gerçek derilerde hayvanın yaşadığı dönemlere ait çeşitli hastalık, ısırılma, yırtılma, çizilme izleri görülür. Dokunarak test etmek de en etkili yöntemlerden biridir. Teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin gerçek derinin yüzey özelliklerinin aynısı yapılamamaktadır. Hakiki deriye dokunulduğu veya bastırıldığı zaman yüzeyinde mikro kırışıklıklar veya gerilmeler görülür, suni derilerde ise görülmez. Hakiki derinin arka yüzeyi veya kesiti genellikle kadifemsi veya süet yapısındadır. Dokunulduğunda lif lif veya tiftik tiftik bir görüntüye sahiptir. Suni deride ise tam tersi olarak arka yüzeyi veya kesiti ince keçe benzeri astar ile örtülmüştür (www.pevvv.com.tr).

Gerçek deriden üretilen ürünler ile suni deriden elde edilenleri ayırmak için tüketiciler eskiden fiyatı temel alırdı. Gerçek deri suni deriden daha pahalıydı ancak artık firmalar gerçek deri ile deri olmayanları yakın fiyatlarla satmaya çalışıyor, bu nedenle deri olmayan da deri zannedilip satın alınıyor. Burada etiketler devreye girmeli ve tüketiciler gözü açık davranmalıdır (Bknz. Fotoğraf 9).



Fotoğraf 9. *Hakiki deri sembolleri (URL-9)*

DERİDEN NEDEN UZAKLAŞILDI?

Her sene belli renk veya renkler moda renk olarak belirlenir. Her senenin rengini İtalyanlar belirler. Ayrıca tasarımlarda da İtalyanlar her zaman öndedir. Buna karşın, her ülkenin moda anlayışı farklıdır, buna göre farklı tasarımlar yapılır. Almanlar tercihlerini daha düz ve klasik modellerden yana kullanırken Ruslar çok daha şatafatlı modellerden yana kullanır.

2000'li yılların başlarına kadar ceket, mont, ayakkabı, bot ve çantalarda sadece siyah, kahverengi ve koyu yeşil kışlık renkler olarak üretilirken beyaz ve bej renkler de yazlık renkler olarak üretilirdi. O yıllara kadar plastik olarak niteleyebileceğimiz ayakkabı ve çantalar nerdeyse yok kadar azken 2000'li yılların başlarından itibaren Uzakdoğu ülkelerinden ithalatla başlayan plastik ve suni deri piyasası giderek üretimini ve satışını arttırmıştır. Ardından Türkiye'de de bu tip üretim artmıştır. Çok ucuza üretilip çok yüksek karlarla tüketiciye sağlıksız ürünler sunulmuştur. Modanın da özellikle kadınları her renk ayakkabı çanta alınmalı dayatması ile tüketiciler her renk ayakkabı çantam olmalı diye düşünerek deri ürünlerini pahalı bulup diğer ürünlere yönelmiştir. Zaman içerisinde bu kötü materyallerin sağlık açısından olan sakıncalı durumlarına karşı Gümrüklerde birtakım kurallar konulmuştur. Bunlar kanserojen maddelere karşı alınmış tedbirlerdir. Ancak materyal yine plastik veya benzerleridir. Özellikle de ayak gibi insan sağlığı açısından en önemli organ plastikle sarıp sarmalanmaktadır. Petrol ve türevleri ürünler insanlığı ele geçirmiştir.

Hayvan severlerin deri teknolojisine bakışının negatif olması bilmezlikten ileri gelir. Deri zaten eti için tüketilen hayvanlardan yan ürün olarak

ortaya çıkan çok değerli bir maddedir. Ham deri olarak elde edilen bu madde birçok işlemden geçerek çok çeşitli ürünlere dönüşmektedir. Dünyada ve Türkiye'de vejetaryen olarak beslenen bireyler hariç herkes bu hayvanları tüketmektedir. Çöpe atılıp atığı da sorun olacak bir materyal olan ham deri işlenerek insanlığa hizmet edecek hale gelmektedir. Ayrıca Türkiye'de av hayvanlarının işlenmesi de yasaktır. Kürk ise deriden farklı boyutta ele alınabilmektedir. Kürk, yine deri gibi eti için tüketilen hayvanlardan üretiliyorsa bireyler tarafından daha çok tercih edilebilmektedir. Ancak farklı şekillerde veya eti için tüketilmeyen hayvanlardan elde edilen kürkler açısından değerlendirildiğinde kişilerin bakış açısı doğal olarak değişmektedir. Yalnız unutulmaması gereken bir nokta da şudur: Tüketiciler bu işin uzmanı olamayacağı için bazı kürklerin hangi hayvandan elde edildiğini anlayamamaktadır. Deri teknolojisinin geldiği yere bakarsak koyundan tilki görünümlü kürk elde edilebilmektedir. Tilki sanılan bazı kürkler zaten eti için tüketilen koyundan üretilebilmektedir (Bknz. Fotoğraf 10-11).



Fotoğraf 10-11. *2012'de İstanbul Deri Fuarı'na karşı yapılan eylem çağrısının pankartı (URL 10) ve Paris'te kürk karşıtları ile hayvan severlerin yaptığı eylem görüntüsü (URL 11)*

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada üretilen her materyali doğal olarak her insanın bilme şansı yoktur. Ham materyali, üretim süreçlerini, karşılaşılabilecek sorunları bilmeyebilir. Ancak insanlar aynı ürünleri kullana kullana birtakım pratik bilgilere sahip olabilir. Örneğin günümüzde kadınlar mutfak gereçleri hakkında materyallerden, üretimlerine kadar her şeyi araştırmaktadırlar, çünkü bunların sağlıkla doğrudan ilgisi olduğunu bilmektedirler. Aynı mantıkla, giydiğimiz giysilerle ve ayakkabılarla ilgili de materyaller hakkında azami bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Çünkü bu ürünler direk tene temas etmektedir. Zararlı madde içeren bir giysi direk tene temas ederek vücudumuza girmektedir. Bu nedenle tekstil ve deri materyallerini bilmek ve ona göre satın almak sağlık açısından çok önemlidir.

Ayakkabı olarak, ceket olarak, çanta olarak ve diğer ürünlerde her an hayatımızın bir yerinde olan deri ve deri ürünleri hakkında lazım olan doneleri deriyi kullananlar ve tercih edecek olanların bilmesi gerekmektedir. Hem alırken hem de deriyi kullanırken deri ve deri ürünlerini tanımak kullanıcılar adına her şeyi daha da kolaylaştıracaktır. Öncelikle alırken bir derinin gerçek mi suni mi olduğunu anlamak en önemli ve hayati konudur. Bunu bilen bir müşteri bu konuda yanlışa düşmeyecek sadece ürünün gerçek deri olup olmadığını fiyattan anlamaya çalışmayacaktır. Etiketlere dikkat edecek ve özellikle nelere dikkat etmesi gerektiğini bilecektir. Deride olması gereken özellikler, satın aldıkları ürünün bu özelliklerin ne kadarını karşıladığını anlamak da yanlış seçimlerden koruyacaktır. Etiketlerin anlamlarını bilmesi ve örneğin bir ayakkabının nerelerinin sağlık açısından deri olmasının daha önemli olduğunu bilmesi de son derece öncelikli bir konudur. Modayı takip etmek uğruna sağlıksız ürünler kullanmaktan vazgeçecek ve gelecekte onarılmaz sağlık sorunlarından da kurtulmuş olacaktır.

Deri giymek ve kullanmak sağlık açısından kullanıcılara birçok avantaj sağlamaktadır. İstenilen sağlık adına tüm özellikler deri ürünlerinde bulunmaktadır. Binlerce yıldır insanoğlunun deriyi tercih etme sebebi de budur. Yapılan araştırmalar deriye alternatif olarak düşünülen malzemelerin hiçbir zaman deriye tam olarak alternatif olamayacağını göstermiştir. Bununla ilgili çalışmalar devam etse de sonucu olmayacak bir çabadır. Örneğin derinin kendine has kokusu bile deri olmayan maddelere verilerek deri ile aynı olması sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak kokusu verilse diğer özellikler tam olmamaktadır. Her çalışmada bir şey eksik kalmaktadır. Yani deri benzeri malzemeler üretilse de aynı özelliklere sahip bir deri üretmek organik olarak eldesinin dışında başarılamamaktadır.

Derinin evladiyelik olduğu da arkeolojik çalışmalar sonucunda bulunan çok eski zamanlara tarihlenen derilerden bellidir. Hala da deri ürünler anneannelerden annelere onlardan torunlara kalmaktadır, çünkü deri bozulmaz bir materyaldir. Suni deri gibi veya başka malzemelerden üretilen örneğin bir çanta sıcaklık, ışık vb. gibi sebeplerden dolayı parçalanmaz, üzerindeki kaplama dökülmez, yırtılmaz, solmaz veya deforme olmaz. Oysaki günümüzde suni deriden veya başka polimer veya plastik maddelerden elde edilmiş ürünler sıcaklık, ışık, depolama şekli vb. sebeplerle yaşlanmakta ve deforme olup bozulmaktadır. Bu tip ürünlerin yaşlanma süreleri de oldukça kısadır. Hiç kullanılmadığı halde sıcaklık, soğuk veya ışık sebebiyle durduğu yerde bile bu tip ürünler düzeltilemez şekilde bozulmaktadır.

İşte tüm bu nedenlerle derinin karşı konulmaz cazibesi ve dayanıklılığı ister istemez tüketicileri deri ürünlere yöneltecektir. Tüketiciler hayvan sever veya deri veya kürke karşı bireyler olsalar dahi bu geçmişte kalacak-

tır. Doğru bilgileri doğru kaynaklardan öğrenmek bu anlamda çok önemlidir. Av hayvanları dışında zaten yenilen hayvanların derileri veya kürkleri işlendiğinde çöpe gidecek bir malzeme, çok dayanıklı ve evladiyelik bir ürüne dönüşmektedir. Sadece bunu bilmek bile hayvan severlerin ve deri ve kürk karşıtlarının fikirlerini değiştirecektir. Diğer kullanılan ham malzemelerin çoğu maalesef insan sağlığına zararlı ve kısa sürede bozulabilir ürünlerdir. Üstelik bu tür maddelerin fiyatları da artık deri ve deri ürünlerine yaklaşmıştır.

Deri ürününü satın alan kişi nasıl ki sahip olduğu ve kullandığı her şeye dikkat edip özen gösterip koruyorsa deri ürünlerini de çeşitli aralıklarla temizleyip uzun ömürlü olması için gerekli işlemleri gerçekleştirmelidir. Bu şekilde aldığı ilk günkü gibi ürününü kullanıp ondan verim alacaktır. Ürün hep yeni gibi görünecektir. Bunun için çoğunlukla ürünün satın alındığı firmalar koruma için gerekli malzemeleri önermektedirler bazen de kendileri bu ürünleri satmaktadırlar.

Markalara ve firmalara bahsedilen tüm konularda çeşitli görevler düşmektedir. Markalar kendi ürünlerini tanıtırken gerçek deriyi ve diğerlerini farklı kategorilerde sunmalı, derinin avantajlarından bahsetmelidir. Bunun dışında akademisyenler, deriyi bilen ve kullanan tüketiciler ve bu konuda eğitim veren okullar da gerçek deriyi daha iyi anlatmalı ve tanıtmalıdır.

Kaynaklar

Anonim, (2021). https://zen.yandex.ru/media/ryzhij_rycar/dospehi-iz-kakoi-koji-byli-sravnimy-po-prochnosti-s-metallom-5f1946331c7c176c2d5ea95a.

Işık, N.O., Cazibenin Simgesi Rugan, Ege Life, Sayı: 45, 2007, s: 158-159.

Işık, N.O., Cireli, İ. (2009). Spor Ayakkabılarda Son Teknolojiler, Standard, 566, 87-90.

Işık, N.O., Koizhaiganova, M., Cireli, İ. (2010). Deri ve Deri Mamullerinin Korunması ve Bakımı, Standard, 577, 92-95.

Işık N.O., Kaygusuz M. (2020). Derinin Farklı Sanat Dallarında Kullanımı, Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar II. Gece kitaplığı, Haziran 2020.

Kaygusuz, M, Işık, N.O, Arğun, F. (2019). "Parşömen Tarihi ve Bergama'daki Geleneksel Parşömen Ustaları". Motif Akademi Halkbilimi Dergisi, 12 (28), 1116-1133.

Kaygusuz M., Çolak S., Arğun F. N. (2020). Derilerden Yapılan Üç Boyutlu Tablolar. Mühendislik Alanında Akademik Çalışmalar II. Gece kitaplığı, Haziran 2020.

Kaygusuz M. (2020). Unite 9. Deri, Kürk ve Suni Deri. Tekstil Malzeme Bilgisi kitabında, Ed. Prof. Dr. H. B. Gürcüm, Atatürk Üniversitesi, Açık öğretim Fakültesi, Moda Tasarımı Programı öğrencileri için ders kitabı, 2020, Erzurum, Türkiye.

İnternet kaynakları

www.wikipedia.org Erişim tarihi 02.12.2021.

www.pevvv.com.tr Hakiki Deriyi Anlamanıza Yardımcı Olacak Bütün Testler ve Gizli Sırlar Erişim Tarihi: 21.11.2021.

Görsel kaynaklar

URL-1 https://www.bbc.com/turkce/haberler/2010/06/100611_armenia_shoe Erişim tarihi 02.12.2021.

URL-2 https://www.trendus.com/dunyanin-en-eski-cantasi-29454. Erişim tarihi 02.12.2021.

URL-3 https://zen.yandex.ru/media/ryzhij_rycar/dospehi-iz-kakoi-koji-byli-sravnimy-po-prochnosti-s-metallom-5f1946331c7c176c2d5ea95a Erişim tarihi 02.12.2021.

URL-4 http://www.serenti.org/eski-turklerde-silah-ve-zirh-sanati/ Erişim tarihi 02.12.2021.

URL-5 http://leather-dictionary.com/index.php/File:Offenporig-03.jpg Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-6 http://kemaltanca.com.tr Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-7 http://stefania.it “Washable Leather” Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-8 http:// http://shutterstock.com. Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-9 http:// www.peeev.com.tr Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-10 http://acikgazete.com “Deri Kürk Fuarı’na Karşı Eylem Çağrısı” 16.10.2012. Erişim tarihi 10.12.2021.

URL-11: http://hodrimeydan.net “Paris’te Kürk Karşıtları ile Hayvan Severler Eylem Yaptı” 03.10.2020. Erişim tarihi 10.12.2021.

Bölüm 8

KÜR EDİLMİŞ ET ÜRÜNLERİNDE UÇUCU NİTROZAMİNLER

Selen SALLAN[*1], Zeynep Feyza YILMAZ ORAL*[2]

1 Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Et ve Ürünleri Teknolojisi Programı, Bandırma, Balıkesir. ORCID : 0000-0001-9806-6937, e-mail: ssallan@bandirma.edu.tr

2 Öğr. Gör. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL, Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum. ORCID:0000-0002-6295-0509, e-mail: zeynep.yilmaz@atauni.edu.tr

*Sorumlu yazar:*Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN, e-mail: ssallan@bandirma.edu.tr

GİRİŞ

Biyolojik değeri yüksek proteinleri, demir ve çinko gibi mineral maddeleri ve B2, B12 gibi vitaminleri ile et, beslenme açısından önemli bir gıda maddesidir. Et, insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olan biyoaktif bileşikleri de içermektedir. Ancak et, yüksek su aktivitesi, pH ve besin içeriğinden dolayı kolay bozulabilir bir gıda maddesidir. Bundan dolayı çeşitli işleme tekniklerinden yararlanılarak et dayanıklı hale getirilmektedir. Etin muhafazası ve işlenmesinde; soğutma, dondurma, kurutma, kürleme, tuzlama, tütsüleme, pastörizasyon, sterilizasyon gibi işleme tekniklerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca bu amaçla iyonize radyasyon, yüksek hidrostatik basınç, ultraviyole, vurgulu elektriksel alan, ultrason gibi gıda işleme teknikleri de kullanılmaktadır. Etin muhafazası veya işlenmesinde tek bir yöntem kullanılabildiği gibi birçok yöntemin kombinasyonu da uygulanabilmektedir (Ross *et al.,* 2003; Zhou *et al.,* 2010; Turantaş *et al.,* 2015).

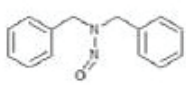
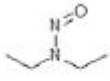
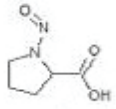
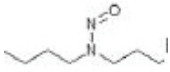
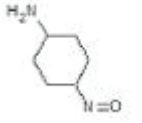
Etin tuz ile birlikte nitrat, nitrit veya nitrat/nitrit ile muamele edilmesi işlemi olarak tanımlanan kürleme, eski çağlardan bu yana gıdaların raf ömrünü artırmak amacıyla kullanılan önemli bir uygulamadır (Marco *et al.,* 2006). Nitratın tuzun koruyucu özelliğini artırdığı ve ürüne kırmızı renk verdiği 19. yüzyılda farkedilmiştir. POLENSKE (1891), nitrat içeren salamurada mikroorganizmaların etkisiyle nitrit oluştuğunu; LEHMAN (1899) ve KISSKALT (1899) ise ette kırmızı renk oluşumu ve stabilitesinde nitritin önemli bir ajan olduğunu belirtmişlerdir. HALDENE (1901), kürleme sırasında gerçekleşen redoks reaksiyonlarıyla kürleme kimyasına açıklık getirmiş ve aynı zamanda kür edilmiş etin parlak kırmızı renginden nitrozomyoglobinin sorumlu olduğunu belirtmiştir. HOAGLAND (1910, 1914) ise myoglobinle nitrit anyonunun değil, nitroz asit (HNO_2) veya nitrik oksitin (NO) reaksiyona girdiğini tespit etmiştir (Honikel, 2008).

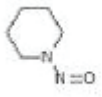
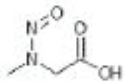
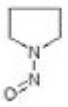
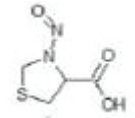
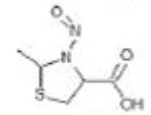
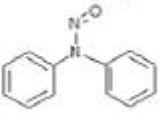
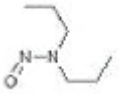
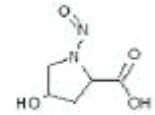
Kürleme işlemi et endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmakta ve üretilen ürünler kür edilmiş et ürünleri olarak adlandırılmaktadır. Kürleme işleminde ürün tipi ve proses koşullarına bağlı olarak nitrit ve/veya nitrat kullanılmaktadır. Ancak nitrat kullanılan proseslerde nitrattan beklenen etkilerin ortaya çıkabilmesi için nitrite indirgenmesi gerekmektedir (Alahakoon *et al.,* 2015). Kürleme, fermente ve emülsifiye sosisler ile parça halinde işlenen çiğ veya pişirilmiş et ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gökalp *vd.,* 2004). Nitekim jambon, füme et, Kohschinken gibi ısıl işlem uygulanarak üretilen et ürünleri ile sosis ve salam gibi emülsifiye et ürünlerinde kürleme ajanı olarak nitrit kullanılırken; sucuk, Rohwurst, salami gibi fermente kuru sosisler ile pastırma, kuru kür edilmiş ham, lacon, Rohschinken gibi parça halde işlenen kuru kür edilmiş çiğ et ürünlerinde ise uygulanan proses koşullarına göre nitrat ve/

veya nitrit kullanılmaktadır (Kaya & Kaban, 2010) Kavurma gibi işlenmiş et ürünleri ile döner, köfte gibi hazırlanmış et karışımlarında nitrat veya nitrit kullanılmamaktadır. Isıl işlem görmüş sucukta ise kürleme ajanı olarak nitrit kullanılmaktadır (Anonim, 2013).

Et endüstrisinde nitrit, çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir. Nitritin önemli fonksiyonları; intoksikasyon tipi zehirlenmeye neden olan *Clostridium botulinum* da dahil olmak üzere gıda kaynaklı patojen bakteriler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaları inhibe etmek, karakteristik kür renginin oluşumuna katkı sağlamak, tipik kür lezzetini geliştirmek ve oksidatif ransiditeyi geciktirmektir (Li *et al.,* 2013). Bununla birlikte nitrit kanserojenik nitrozaminlerin oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Drabik-Markiewicz *et al.,* 2010). Nitrozaminler, uçucu ve uçucu olmayan olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Uçucu nitrozaminler nispeten nonpolar ve düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir (Andrade *et al.,* 2005). Uçucu nitrozaminler arasında N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozodibütilamin (NDBA), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozodi-n-propilamin (NDPA), N-nitrozodibenzilamin (NDBzA) yer almaktadır. N-nitrozodifenilamin (NDPhA), N-nitrozometilanilin (NMA), N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA) N-nitrozoprolin, N-nitrozohidroksiprolin, N-nitrozosarkozin, N-nitrozotiyazolidin, N-nitrozotiyazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozo-okzazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozo-5-metilokzazoldin-4-karboksilik asit, N-nitrozo-2-(hidroksimetil) tiyazolidin-4-karboksilik asit uçucu olmayan nitrozaminlerdir (Tablo 1)(Crews, 2010).

Tablo 1: Uçucu ve uçucu olmayan bazı nitrozaminler

Nitrozamin	Kimyasal Gösterimi	Nitrozamin	Kimyasal Gösterimi
N-nitrozodimetilamin (NDMA)		N-nitrozodibenzilamin (NDBzA)	
N-nitrozodietilamin (NDEA)		N-nitrozoprolin (NPRO)	
N-nitrozodibütilamin (NDBA)		N-nitrozometilalanin (NMA)	

N-nitrozopiperidin (NPIP)		N-nitrozosarkozin (NSAR)	
N-nitrozoprolidin (NPYR)		N-nitrozo-tiazolidin-4-karboksilik asit (NTCA)	
N-nitrozomorfolin (NMOR)		N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA)	
N-nitrozometiletilamin (NMEA)		N-nitrozodifenil-amin (NDPhA)	
N-nitrozodi-n-propilamin (NDPA)		N-Nitrozohidroksiprolin (NHPRO)	

*Altı çizili bileşikler uçucu olmayan nitrozaminlerdir.

NDMA ve NDEA, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insan için olası (Grup 2A) kanserojen bileşikler olarak tanımlanmaktadır. NDBA, NPIP, NPYR ve NMOR ise insan için muhtemel (Grup 2B) kanserojenik bileşikler arasında yer almaktadır (IARC, 1978). Bu bileşiklerden NDMA, NPIP ve NPYR et ürünlerinde yaygın olarak belirlenen N-nitrozo bileşiklerdir (Honikel, 2004).

KÜR EDİLMİŞ ET ÜRÜNLERİNDE NİTROZAMİN OLUŞUMU

Kür edilmiş et ürünlerinde nitrit, bakteriostatik ve bakteriosidal ajan olarak önemli rol oynamaktadır (Sebranek & Bacus, 2007). Nitrit, özellikle *C.botulinum* başta olmak üzere, *Bacillus* c*ereus*, *Staphylococcus* a*ureus*, *Clostridium perfringens* gibi gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini de kontrol altına alabilmektedir (Parthasarathy & Bryan, 2012).

Nitritin diğer önemli bir fonksiyonu, et ürünlerinde otooksidasyonu engellemesi veya geciktirmesidir (Honikel, 2008). Ayrıca kür edilmiş et ürünlerinde işleme sırasında nitritin parçalanma ürünleri ile protein, yağ ve karbonhidrat parçalanma ürünleri arasında meydana gelen bazı kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucu tipik kür lezzeti oluşmaktadır (Kaya & Kaban, 2019).

Kürleme prosesinde, myoglobin, nitrat ve nitrit tuzlarının parçalanma ürünü olan nitrik oksit ile birleşerek renk oluşumunda temel bileşen

olan nitrozomyoglobini oluşturmaktadır. Nitrozomyoglobin (nitrozilmyoglobin), sucuk, pastırma gibi ısıl işlem uygulanmayan et ürünlerinde oluşan tipik renktir. Bu bileşiğin denatürasyonu sonucu oluşan nitrozohemokrom (nitrozilhemekrom) ise kür edilmiş pişirilmiş et ürünlerinin rengini oluşturmaktadır (Vural & Öztan, 1992; Honikel, 2008; Suman & Joseph, 2013).

Nitrit veya NO, bir dizi reaksiyona katılabilmektedir. Nitritin, %1-5'i nitrik oksit gazı olarak açığa çıkmakta, %1-15'i lipidlere bağlanmaktadır. Nitritin, %1-10'u ise nitrata oksitlenmektedir. Bu bileşiğin %5-20'si serbest nitrit olarak kalmakta, %1-15'i ise sülfidril bileşikleri (çoğunlukla peptitler ve serbest amino asitler), %5-15'i myoglobin ile reaksiyona girmektedir. Nitritin %20-30'u da diğer proteinlere bağlanmaktadır (Herrmann, 2014). Oldukça reaktif bir bileşik olan nitritin %40 oranında nitrata oksitlenebileceği de bildirilmektedir (Honikel, 2008). Nitrit, aminlerin nitrozasyonu ile nitrozamin oluşum reaksiyonlarına da katılmaktadır (Herrmann, 2014)

Nitrozaminler, nitrozamidler ile birlikte N-nitrozo bileşikleri oluşturmaktadır. Bu bileşikler kimyasal stabilitesi ve biyolojik etkinliklerine göre farklılık göstermektedir (Reinik *et al.,* 2015). Nitrozaminler radikal gruplarında alkil veya aril içerirken, nitrozamidler radikal grubun birinde alkil veya aril, diğer radikal grupta ise amid, üre, guanidin, üretan, siyanamid veya sülfonamid içermektedir (Şekil 1) (Douglass *et al.,* 1978).

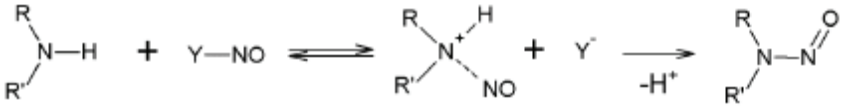


Nitrozamin
R, R'=Alkil veya Aril

Nitrozamid
R=Alkil veya Aril
Z=Amid, üre, guanidin, üretan, siyanamid, sülfonamid

Şekil 1: Nitrozamin ve nitrozamidlerin kimyasal yapısı

Nitrozaminler, nitrozasyon ajanı (Y-NO) tarafından sağlanan nitrozonyum katyonu (NO^+) ile amin azotu arasında elektrofilik substitüsyon reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır (Şekil 2). Nitrozasyon reaksiyonunda, nitrozasyon ajanları Y-NO formuna dönüştüğünden bu bileşikler NO^+ taşıyıcıları olarak düşünülmektedir (De Mey, 2014). NO^+'nun başlıca kaynakları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Nitrozaminlerin oluşum reaksiyonu

Tablo 2: Nitrit ve azot oksitlerden oluşan bazı önemli nitrozasyon ajanları

Nitrozasyon Ajanı	Y-NO	Reaksiyon
N_2O_3	O_2N-NO	$2HNO_2 \leftrightarrow N_2O_3 + H_20$ $NO + NO_2 \leftrightarrow N_2O_3$
NO^+	NO^+	$HNO_2 + H^+ \leftrightarrow NO^+ + H_20$
$(H_2O)NO^+$	$(H_2O)NO^+$	$HNO_2 + H^+ \leftrightarrow (H_2O)NO^+$
NOX^a	X-NO	$H^+ + HNO_2 + X \leftrightarrow NOX + H_20$
N_2O_4	O_2NO-NO	$2NO_2 \leftrightarrow N_2O_4$ $2NO + O_2 \leftrightarrow N_2O_4$

X: Cl, Br, I, SCN

Nitrozamin oluşumunda en önemli aminler sekonder aminler olup stabil nitrozaminleri oluşturmaktadır. Primer aminler alkol ve azota parçalanmakta, tersiyer aminler ise reaksiyona girmemektedir (Honikel, 2008). Özellikle et ürünlerinde biyojen aminlerin ve diğer protein parçalanma ürünleri, amin prekürsörlerinin önemli bir kaynağıdır. Protein degradasyon ürünü olan dimetilamin gibi sekonder aminler doğrudan nitrozlanabilir aminlerdir. Buna karşın spermin, spermidin, kadaverin ve putresin gibi sadece primer amin grupları içeren biyojen aminler, deaminasyon ve siklizasyon reaksiyonlarının sonucunda nitrozlanabilir sekonder amin formuna dönüşmektedir (De Mey *et al.,* 2017).

Kür edilmiş et ürünleri üretiminde uygulanan fermentasyon, kurutma, ısıl işlem gibi prosesler nitrozamin oluşumu için uygun koşulların ve öncül maddelerin sağlanmasında önemli katkıda bulunmaktadır (De Mey *et al.,* 2017). Buna ilaveten özellikle fermente sosislere tüketimden önce uygulanan pişirme işlemi nitrozamin seviyesini önemli ölçüde artırmaktadır (Sallan et al., 2019;2020).

NİTROZAMİN SEVİYESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Et ürünlerinde N-nitrozaminlerin varlığına ilişkin endişeler, 1970'lerin başında, kızarmış bacon'da yüksek seviyelerde NDMA ve NPYR tespit edilmesiyle ortaya çıkmıştır. Nitrozaminlerle ilgili çalışmaların çoğu 1970'lerde ve 1980'lerin başında yapılmış, bu kontaminasyonu kontrol etmek için ilave edilen nitrit seviyesinin sınırlandırılması ve askorbat gibi antioksidanların et ürünleri üretiminde kullanılması gündeme gelmiştir (De mey *et al.,* 2014). Et ürünlerinde NDMA, NPIP ve NPYR yaygın

olarak belirlenen N-nitrozo bileşiklerdir (Honikel, 2004). Et ürünlerinin nitrozamin içeriği geniş bir varyasyon gösterebilmektedir. Sucuk, ısıl işlem görmüş sucuk, salami, Rohwurst, cervelat, pepperoni ve chorizo gibi fermente sosislerin nitrozamin içerikleri saptanabilir sınırın altında olabildiği gibi çok yüksek seviyelere de çıkabilmektedir (Ellen *et al.,* 1986; Pirinçci *vd.,* 1986; Gavinelli *et al.,* 1988; Mavelle *et al.,* 1991; Özdemir *et al.,* 1984; Yurchenko & Mölder, 2007; Ata, 2010; De Mey *et al.,* 2014; Herrmann *et al.,* 2015; Sallan *et al.,* 2019,2020; Kaban *et al.,* 2021).

Nitrozamin oluşumu kompleks bir reaksiyon olup çeşitli faktörler nitrozasyon reaksiyonunu etkilemektedir. Nitrit seviyesi, kalıntı nitrit düzeyi, pH, nem, biyojen amin varlığı, mikroorganizmaların aminoasit dekarboksilaz aktivitesi, inhibitör ve katalizör varlığı, öncül bileşikler, depolama koşulları, baharat (özellikle karabiber), pişirme yöntemi, sıcaklık ve süre nitrozamin oluşumunu etkileyen önemli faktörlerdir (Gloria *et al.,* 1997; Yurchenko & Mölder, 2007; Drabik-Markiewicz *et al.,* 2010; Simko, 2011).

Fermentasyon/Kurutma Koşulları

Nitrit oldukça reaktif bir bileşik olup indirgen veya oksidan madde özelliği gösterebilmektedir. Nitrit; nitröz asit, nitrik oksit ve nitratın da dahil olduğu farklı bileşiklere dönüşebilmektedir. Nitrit ayrıca nitrozasyon reaksiyonlarına da katılmaktadır. (Sebranek & Bacus, 2007). Nitritin nitrik okside dönüşümünde pH önemli bir faktördür. Etin pH'sı düştükçe nitröz asit konsantrasyonu artmakta ve dolayısıyla nitrit konsantrasyonu pH seviyesine bağlı olarak değişmektedir (Honikel, 2010). Fermente sosislerde asit oluşum hızı ve derecesi oldukça önemlidir. Fermente et ürünlerinde fermentasyon sırasında meydana gelen pH düşüşü, ürün güvenliği ile duyusal ve tekstürel özelliklerin gelişimi açısından önemli olmasının yanı sıra nitrozamin oluşumunda da rol oynamaktadır (Mirvish, 1975; Honikel, 2008). Bunun yanı sıra olgunlaşma (fermantasyon / kurutma) sırasında gerçekleşen protein ve lipit degradasyonu ürünleri nitrozamin oluşumu açısından iyi bir kaynak olabilmektedir (De Mey *et al.,* 2017). Fermente et ürünlerinde olgunlaştırma ve depolama sırasında gerçekleşen proteolizis sonucu oluşan aminoasitlerden nitrozamin reaksiyonlarına doğrudan katılabilen sekonder aminler de oluşabilmektedir (Jıra, 2004). Ayrıca protein parçalanması sonucu oluşan serbest aminoasitler de nitrozamin oluşumunda rol oynamaktadır. Örneğin serbest prolin, NPYR oluşumunda prekürsör olarak reaksiyona katılabilmektedir. Bununla birlikte serbest aminositlerden mikroorganizmaların dekarboksilaz aktivitesi ile oluşan biyojen aminlerin et ürünlerinde nitrozlanabilir amin prekürsörü olabileceği bildirilmektedir (De Mey *et al.,* 2017). Kuru fermente sosislerde tespit edilen en yaygın biyojen aminler sırasıyla tirozin, ornitin ve lisin'den oluşan tiramin, putresin ve kadaverin'dir (De mey *et al.,* 2014). Putresin, spermidin ve spermin NPYR oluşumunda etkili olabilmektedir

(Drabik-Markiewicz *et al.,* 2011). Lisin ve bu aminoasidin bakteriyel dekarboksilaz aktivitesi sonucu oluşan kadaverin de farklı yollarla NPIP'e dönüşebilmektedir. Kadaverin, nitrozasyondan önce deaminasyon ve siklizasyon reaksiyonları sonucu piperidine dönüşmektedir. Piperidin ise nitrozasyon ajanı ile reaksiyona girerek NPIP oluşturabilmektedir (Lijinsky & Epstein, 1970; Gray & Collins, 1977; Sallan & Kaya, 2021). Diğer taraftan biyojen aminlerin nitrozamin kontaminasyonu ile kuru fermente sosislerin biyojen amin içerikleri arasında doğrudan bir bağlantının olmayabileceği de vurgulanmaktadır (De Mey *et al.,* 2014).

Isıl İşlem Koşulları

Fermente sosis gibi kür edilmiş et ürünleri genellikle çiğ olarak tüketilmektedir. Tüketime hazır bu et ürünleri, tüketim alışkanlıklarından dolayı tüketimden önce pişirme işlemine de tabi tutulabilmektedir. Pişirme sırasında oluşan aroma maddeleri tüketicinin ürüne olan ilgisini artırmaktadır. Halbuki çok yüksek sıcaklıklarda oluşan aroma maddelerinin bir kısmı insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Ayrıca bu şartlarda kanserojenik özellikleri ile bilinen nitrozaminler başta olmak üzere pek çok kimyasal bileşik de oluşabilmektedir. Izgara, kavurma ve kızartma gibi çeşitli pişirme teknikleri kullanılarak tüketime hazır hale getirilen et ürünlerinde, uygulanan sıcaklık dereceleri ve muamele süreleri nitrozamin oluşumu açısından önemli faktörlerdir. Pişirme sıcaklığı ve süresi arttıkça uçucu nitrozamin seviyesi artmaktadır (Rywotycki, 2002; Sallan *et al.,* 2019, 2020). Nitekim kür edilmiş bir et ürününde 1,5 µg/kg düzeyinde olan nitrozopirolidin kızartma işlemi sonucunda 15,4 µg/kg'a kadar çıkabilmektedir (Belitz *et al.,* 2001).

Pişirme sıcaklığı ve süresine ilaveten pişirme yöntemi de nitrozamin seviyesini önemli ölçüde etkilemektedir. Haşlama sırasında bu kontaminantlar haşlama suyunda çözündüğünden haşlama işlemine tabi tutulan ürünlerde daha düşük nitrozamin seviyeleri söz konusu olabilmektedir. Pişirme süresi daha kısa olan mikrodalga ile pişirmede daha düşük nitrozamin seviyeleri tespit edilmektedir. Ayrıca fırında pişirme ve tavada kızartma sırasında nitrozaminlerin seviyelerinin (NPIP hariç) her zaman artacağı beklenmemelidir. Nitekim uçucu nitrozaminlerin önemli bir kısmının kaynama noktası 180-220 ºC arasında değişmektedir. Isıl işlem kaynaklı nitrozamin oluşumu, bu uçucu bileşiklerin evaporasyonu ile genellikle dengelenebilmektedir. Bununla birlikte et ürünlerinin nitrozamin içerikleri üzerinde ısıl işlem yoğunluğunun önemli bir etkisinin olduğu bilinmektedir. (De Mey *et al.,* 2017) Diğer taraftan et ürünlerinin alev ve duman ile doğrudan temas ettiği ızgara ve mangalda pişirme gibi kuru sıcaklık uygulamaları daha yüksek risk arz etmektedir (Kocak *et al.,* 2012; De Mey *et al.,* 2017). Duman, yüksek seviyelerde nitrozasyon prekürsörü olarak rol oynayabilen NOx bileşiklerini yüksek konsantrasyonlarda içerebilmektedir (De Mey *et al.,* 2017).

İngredientler

Et ürünlerinde formülasyona giren baharatta bulunan alkoloidler nitrozamin prekürsörü olabilmektedir. Karabiber, nitrozopiperidin (NPIP) prekürsörleri olan piperin ve piperidini ve aynı zamanda NPYR prekürsörleri olan piroperin ve pirolidini içermektedir. Bu sebeple bu prekürsörleri içeren baharat kullanımı nitrozamin oluşumu için risk oluşturabilmektedir (De Mey *et al.,* 2017). Bununla birlikte sucukta yüksek karabiber seviyesi (15 g/kg) NPIP seviyesini düşürebilmektedir (Sallan *et al.,* 2020).

Kür edilmiş et ürünlerinde sodyum klorür önemli bir ingredienttir. Fermente sosislerde de %2-3 oranında ilave edilebilmektedir (Kaya & Kaban, 2010). Bu ingredient özellikle parça halinde işlenen kuru kür edilmiş et ürünlerinde ise %5 ve hatta daha yüksek seviyelerde kullanılmaktadır. Sosis ve salam gibi emülsifiye et ürünlerinde ise karışıma genellikle %2 civarında tuz ilave edilmektedir (Kaban & Kaya, 2010). Bu ingredientin hafif asitli gıdalara ilavesinin nitrozamin oluşumu üzerinde inhibitör etki gösterdiği belirtilmektedir (De Mey *et al.,* 2017).

Diğer Faktörler

Nitrozasyon reaksiyonunun inhibisyonunda askorbik asit, fenolik bileşikler, sülfür bileşikleri ve çeşitli inhibitör maddeler (amonyum iyonu, hidroksilamin, A vitamini) önemli rol oynamaktadır (Douglass *et al.,* 1978). Bundan dolayı nitrozamin oluşumunu engellemek için fermente sosislerde askorbik asit, erithorbik asit, tokoferol, polifenoller gibi antioksidan özellik gösteren bileşikler formülasyona dahil edilmektedir (Rywotycki, 2007; Herrmann *et al.,* 2015; Wang *et al.,* 2015, Sallan *et al.,* 2019, 2020). Epigallokateşin gallat, epigallokateşin ve gallik asidin NDMA oluşumu üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada bu bileşiklerin inhibisyon etki göstererek en yüksek etkiyi sırasıyla epigallokateşin gallat, epigallokateşin ve gallik asidin verdiği tespit edilmiştir (Deng *et al*., 2019). Bir başka çalışmada ise gallik asidin nitrozamin oluşumunu katalizlediği bildirilmektedir (Walker *et al.,* 1975). Diğer taraftan askorbik asit prooksidan etki göstererek nitrozamin oluşumunu katalizleyebildiği de belirtilmektedir (Combet *et al.,* 2010, Yen *et al.* 2002). Işınlama uygulaması ile de nitrozamin oluşumu azaltılabilmektedir. Ancak, bu uygulama son üründe renk, tat ve koku gibi duyusal özellikler üzerinde olumsuz etki gösterebilmektedir (Ahn *et al.,* 2004). Son yıllarda bazı laktik asit bakteri suşlarının nitrozamin oluşumunu doğrudan veya dolaylı olarak azalttığı veya önlediği de belirtilmektedir (Kim *et al.,* 2017a, 2017b; Sun *et al.,* 2017; Liao *et al.,* 2019).

SONUÇ

Kür edilmiş et ürünlerinde kürleme ajanı olarak kullanılan nitrat ve nitritin düzeyleri önemli ölçüde düşürülmesine rağmen nitrozamin riski

devam etmektedir. Doğal nitrat kaynaklarının alternatif kürleme ajanı olarak kullanılmasına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Buna rağmen et ürünlerinde nitrozamin oluşumunun engellenmesine yönelik çalışmalara hala ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Ahn H-J, Kim J-H., Jo C., Lee H-J., Yook H-S., Byun M-W. (2004). Effects of gamma ırrıdation on residual nitrite, residual ascorbate, color and N-nitrosamines of cooked sausage during storage, Food Control, 15, 197-203.

Alahakoon, A. U., Jayasena, D. D., Ramachandra, S., Jo, C. (2015). Alternatives to nitrtie in processed meat: up to date, Trends in Food Science & Technology 45, 37-49.

Andrade, R., Reyes, F.G.R., Rath, S. (2005). A method for the determination of volatile N-nitrosamines in food by HS-SPME-GC-TEA, Food Chemistry, Analytica, Nutritional and Clinical Methods, 91, 173-179.

Anonim, (2013). Türk Gıda Kodeksi, Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, No. 2013/28693, Bölüm E (Ek), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara.

Ata, Ş. (2010). Biyolojik, Gıda ve Çevre Örneklerinde Nitrit, Nitrat, Sekonder Amin ve Nitrozaminler. Doktora Tezi, Danışman: Doç. Dr. Mehmet Akyüz, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Zonguldak.

Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., (2001). Lehrburch der Lebensmittelchemie. 5., vollst.überarb.Aufl.,Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Combet, E., Mesmari, A. E., Preston, T., Crozier, A., McColi, K. E. L. (2010). Dietary Phenolic Acids And Ascorbic Acid: Influence On Acid-Catalyzed Nitrosative Chemistry In The Presence And Absence Of Lipids, Free Radical Biology & Medicine, 48, 763-771.

Crews, C. (2010). Determination of nitrosamines in food. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, ISSN 1757-8361.

De Mey, E. (2014). N-Nitrosamines in dry fermented sausages: Occurance and nitrosamine formation of N-nitrosopiperidine, ISBN 978-90-8826-353-8.

De Mey, E., De Klerck, K., De Maere, H., Dewulf, L., Derdelinckx, G., Peeters, M-C., Fraeye, I., Heyden, Y.V., Paelinck, H. (2014). The occurance of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation, Meat Science, 96, 821-828.

De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., Fraeye, I. (2017). Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(13), 2909–2923. https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1078769.

Deng, S., Jin, J., He, Q. (2019). Inhibitory Effect of Epigallocatechin Gallate, Epigallocatechin, and Gallic Acid on the Formation of N-Nitrosodiethylamine In Vitro. Journal of Food Science, 84 (8), 2159-2164.

Douglass, ML., Kabacoff, B.L., Anderson, G.A., Cheng, M.C. (1978). The chemistry of nitrosamine formation, inhibition and destruction, J. Soc. Cosmet. Cehm., 29, 581-606.

Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., Vander Heyden, Y. (2010). Evaluation of the ınfluence of proline, hydroxyproline or pyrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. Analytica Chimica Acta, 657:123-130.

Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., Vander Heyden, Y. (2011). Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-nitrosamine in heated cured pork meat. Food Chemistry, 126, 1539-1545.

Ellen, G., Eqmond, E., Sahertian, E. T. (1986). N-nitrosamines and residual nitrite in cured meats from the Dutch market. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 182(1), 14–18. https://doi.org/10.1007/BF01079884.

Gavinelli, M., Fanelli, R., Bonfanti, M., Davoli, E., Airoldi, L. (1988). Volatile nitrosamines in foods and beverages: Preliminary survey of the Italian market. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 40(1), 41–46. https://doi.org/10.1007/BF01689384.

Gloria, M.B.A., Barbour, J., F., Scanlan, R.A. (1997). Volatile Nitrosamines in Fried Bacon. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 1816-1818.

Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. (2004). Et ürünleri işleme mühendisliği, Gıda Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:320, 468 s, Erzurum.

Gray, J. I., Collins, M. E. (1977) A comparison of proline and putrescine as precursors of N-nitrosopyrrolidine in nitrite-treated pork system, Journal of Food Science, vol. 42, pp. 1034–1037.

Herrmann, S.S. (2014). N-nitrosamines in processed meat products-analysis, occurance, formation, mitigation and exposure, PhD Thesis, Techinal University of Denmak, National Food Intitute, Division of Food Chemistry.

Herrmann, S. S., Granby, K., Duedahl-Olesen, L. (2015). Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. Food Chemistry, 174, 516–526. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.101.

Honikel, K-O. (2004). Curing Agents, Encyclopedia of Meat Sciences, Editors: Werner Klinth Jensen, Carrick Devine and Michael Dikeman, ISBN: 9780123847317, Elsevier

Honikel, K-O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. Meat Science, 78, 68-76.

Honikel, K-O. (2010). “Curing”. Handbook of Meat Processing, Editor: Toldra, F. USA. Wiley-Blackwell Publishing.

IARC, (1978). Some N-nitroso compounds. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans (Vol.17). Lyon, France.

Jıra, W. (2004). Chemische Vorgange beim Pökeln und Rauchern, Mitteilungsblatt BAFF 43, 163, 27-38.

Kaban, G., Polat, Z., Sallan, S.,Kaya, M. (2021). The occurence of volatile N-nitrosamines in heat-treated sucuk in relation to pH, aw and residual nitrite. Journal of Food Science and Technology, 1-8. https://doi.org/10.1007/s13197-021-05186-2

Kaban, G. Kaya, M. (2010). Et ürünleri teknolojisi II (3. Bölüm), Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü. Anadolu Üniversitesi, Yayın no:2080, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1114, Eskişehir

Kaya, M., Kaban, G. (2019). Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss. 157-195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.

Kaya, M., Kaban, G. (2010). Et Ürünleri Teknolojisi I (2.bölüm), Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü. Anadolu Üniversitesi, Yayın no:2080, Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1114, Eskişehir

Kim, S-H., Kang, K H., Kim, S H., Lee, S., Lee, S-H., Ha, E-S., Sung, N-J., Kim, J G., Chung, M J. (2017a). Lactic Acid Bacteria Directly Degrade N-Nitrosodimethylamine And Increase The Nitrite-Scavenging Ability In Kimchi, Food Control, 71, 101-109.

Kim, S-H., Kim, S. H., Kang, K. H., Lee, S., Kim, S J., Kim, J. G., Chung, M. J. (2017b). "Kimchi Probiotic Bacteria Contribute To Reduced Amounts Of N-Nitrosodimethylamine In Lactic Acid Bacteria-Fortified Kimchi", LWT-Food Science and Technology, 84, 196-203.

Kocak, D., Ozel, M.Z., Goğus, F., Hamilton, J.F., Lewis, A.C. (2012). Determination of volatile nitrosamines in grilled lamb and vegetables using comprehensive gas chromatography – Nitrogen chemiluminescence detection, Food Chemistry, 135, 2215-2220.

Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G., Xu, X. (2013). Effect Of Plant Polyphenols And Ascorbic Acid On Lipid Oxidation, Residual Nitrite And N-Nitrosamines Formation In Dry-Cured Sausage, International Journal of Food Sience and Technology, 48: 1157-1164.

Liao, E, Xu, Y., Jiang, O., Xia, W. (2019.) Effects Of Inoculating Autochthonous Starter Cultures On N-Nitrosodimethylamine And Its Precursors Formation During Fermentation Of Chinese Traditional Fermented Fish, Food Chemistry, 271,174-181.

Marco, A., Navarro J L., Flores M. (2006). The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow fermented sausage, Meat Science, 73, 660-673.

Mavelle, T., Bouchikhi, B., & Bebry, G. (1991). The occurrence of volatile N-nitrosamines in French foodstuffs. Food Chemistry, 42(3), 321–338. https://doi.org/10.1016/0308-8146(91)90073-W.

Mirvish, S.S. (1975). Formation of N-Nitroso Compounds: Chemistry, Kinetics, and in Vivo Occurrence. Toxicology and Applied Pharmacology, 31: 325-351.

Özdemir, M., Batı, B., Gökalp, H.Y., (1984). Nitrate, nitrite and N-nitrosamine contents of Turkish soudjouks. Fleıschwırtschaft, 64, (12), 1497-1499.

Parthasarathy, D.K., Bryan, N.S. (2012). Sodium nitrite: The "cure" for nitric oxide insufficiency, Meat Science, 92, 274-279.

Pourazrang, H., Moazzami, A. A., Fazly Bazzaz, B. S. C. (2002). Inhibition Of Mutagenic N-Nitroso Compound Formation In Sausage Samples By Using L-Ascorbic Acid And α-tocopherol, Meat Science, 62, 479-483.

Pirinçci, İ., Acet, H.A., Batı, B. (1986). Sucuklarda N-nitrozamin bileşiklerinin gaz kromatografik yöntemle tayin edilmesi. Selçuk Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 2, 1, 75-89.

Reinik, M., Tamme, T., Roasto, M., Juhkam, K., Jurtsenko, S., Tenno, T., Kııs, A. (2005). Nitrites, nitrates and N-nitrosoamines in Estonian cured meat products:Intake by Estonian children and adolescents, Food Additives and Contaminants, 22(11), 1098–1105.

Ross, A., Griffiths, M. W., Mittal, G. S., Deeth, H. C., (2003). Combining nonthermal Technologies to control foodborne microorganisms, International Journal of Food Microbiology, 89, 125-138.

Rywotycki, R. (2002). The effect of selected additives and heat treatment on nitrosamine content in pasteurized pork ham, Meat Science, 60, 335-339.

Rywotycki, R. (2007). The Effect Of Baking Of Various Kinds Of Raw Meat From Different Animal Species And Meat With Functional Additives On Nitrosamine Contamination Level, Food Chemistry, 101, 540-548.

Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M. (2019). Nitrosamines in Sucuk: Effects of Black Pepper, Sodium Ascorbate and Cooking Level. Food Chemistry, 288:341-346.

Sallan S., Kaban G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik M., Kaya, M. (2020). Nitrosamine Formation In A Semi-Dry Fermented Sausage: Effects Of Nitrite, Ascorbate And Starter Culture And Role Of Cooking. Meat Science, 159:107917.

Sallan, S., Kaya, M. (2021). Kür edilmiş et ürünlerinde biyojen aminler ve nitrozaminler. Global Conference on Engineering Research, 2-4 June 2021, Online, Bandırma, Balıkesir

Sebranek, J.G., Bacus, J.N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues?. Meat Science, 77:136-147.

Simko, P., (2011). Heat and processing generated contaminants in processed meats, s:478-507, (eds) J. P. Kerry ve J. F. Kerry, Processed Meats, Impro-

ving Safety, Nutrition and Quality, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Philadelphia, USA.

Suman, S. P., Joseph, P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color, Annual Review of food Science and Technology, 4,79-99.

Sun, F., Kong, B., Chen, Q., Han, Q., Diao, X. (2017). N-nitrosoamine Inhibition And Quality Preservation Of Harbin Dry Sausages By Inoculated With *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*, Food Control, 73,1514-1521.

Turantaş, F., Kılıç G.B., Kılıç, B. (2015). Ultrasound in the meat industry: general applications and decontamination efficiency, International Journal of Food Microbiology, 198, 59-69.

Vural, H. and Öztan, A. (1992). Türk Sucuklarında Ticari Starter Kültür Kullanımı Üzerine Araştırmalar. Gıda, 17(1), 53-60.

Lijinsky, W., Epstein, S.S. (1970). Nitrosamines as environmental carcinogens" Nature, 225:21–23.

Walker, E. A., Pignatelli, B., Castegnaro, M. (1975). Effects Of Gallic Acid On Nitrosamine Formation, Nature, 258, 176.

Wang, Y., Li, F., Zhuang H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., Zhang, J. (2015). Effects Of Plant Polyphenols And A-Tocopherol On Lipid Oxidation, Residual Nitrites, Biogenic Amines And N-Nitrosamines Formation During Ripening And Storage Of Dry-Cured Bacon, LWT-Food Science and Technology, 60, 199-206.

Yen, G-C, Duh, P-D, Tsa, H-L. (2002). Antioxidant And Pro-Oxidant Properties Of Ascorbic Acid And Gallic Acid, Food Chemistry, 79, 307-313.

Yurchenko, S., Mölder, U. (2007). The occurance of volatile N-nitrosamines in Eastonian meat products. Food Chemistry, 100, 1713–1721. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.017

Zhou, G. H., Xu, X. L., Liu, Y. (2010). Preservation Technologies for fresh meat-a review, Meat Science, 86, 119-128.

Bölüm 9

BAZALT ÇAMURU İLE TUĞLA ÜRETİMİ

Hakan ELÇİ[1]
İlker ÖZKAN[2]
Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU[3]
Zülfü DEMİRKIRAN[4]

1 0000-0003-2945-2548-Hakan Elçi, Doç. Dr. DEÜ, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Geoteknik Programı, İzmir, Türkiye
2 0000-0002-7506-5795- İlker Özkan, Doç. Dr. DEÜ, TMYO, Endüstriyel Cam ve Seramik Programı, İzmir, Türkiye
3 0000-0002-2054-6559-Ramazan Hacımustafaoğlu, Öğr. Gör. Dr. DEÜ, TMYO, D. Y. Taşları Tek. P. İzmir, Türkiye
4 0000-0001-9507-2864-Zülfü Demirkıran, Dr. Öğr. Üyesi. DEÜ, TMYO, Sondaj Teknolojisi Programı, İzmir, Türkiye

1. Giriş

Bu çalışmada İzmir'in Aliaga ilçesi, Bozköy yerleşim alanının batısında yüzlek veren bazaltik kayaçlardan agrega üretimi yapan kırma taş ocağının (Şekil 1) ince atıklarının (bazalt çamurunun) tuğla üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Bölgede yüzlek veren bazaltlar içerisine açılmış kırma taş ocağından demiryolu balastı, asfalt agregası ve stabilize malzeme (yol alt temel dolgusu) üretimi yapılmaktadır. Sahada bazaltlar grimsi siyah renkli, ortalama 10-15 cm çapında bloklar halindedir. Süreksizlikler boyunca (soğuma çatlakları), kahverengi sarımsı ayrışma rengi hakimdir. Ocak içerisindeki mevcut işletme aynalarında bazalt, az-orta derecede ayrışma gösterir (Şekil 2 A). Kırma taş ocağında bazaltlardan demiryolu balastı ve asfalt agregası üretimi için, ana kayadan delme-patlatma yöntemi ile koparılan bazalt blokları, önce kırma eleme tesisinde kırılıp, elenerek ihtiyaç duyulan agrega boyutlarına indirgenir (Şekil 2 B). Daha sonra boyutlandırılan bu agregalar yıkama tesisinde yıkanarak (Şekil 2 C) tanelerin etrafındaki ince malzemeden (< 100 μm) arındırılmaktadır. Bir atık havuzunda (Şekil 2 D) biriktirilen yıkama suyu içerisinde çökeltilen ince malzeme (bazalt çamuru) sahanın güneyinde yer alan küçük bir gölette (Şekil 1) biriktirilmektedir. Demir yolu balastında ince malzemeler balast kirliliğini artırdığı için, asfalt agregasında ise agreganın bitüm ile yaptığı bağ kuvvetini zayıflattığı için hem demiryolu balastı üretimi hem de asfalt agregası üretimi için agreganın ince malzeme miktarı ilgili standartlarda sınırlandırılmıştır. Bu nedenle kırma taş tesisinde üretilen demiryolu balastı ve asfalt agregaları yıkanarak ince malzemeden ayrılmakta ve temiz bir şekilde kullanıma gönderilmektedir. Stabilize malzeme üretiminde tüvenan agrega ile birlikte ince malzemede sıkıştırabilirlik açısından aranan bir özellik olduğu için bu agregalara yıkma işlemi uygulanmaz. Yıkama işlemi sırasında tesis de oldukça büyük hacimlerde ve kullanılmayan ince malzeme açığa çıkmaktadır. Çalışmada bu ince malzemenin karakterizasyonu ve bu malzemeden şekillendirilip, pişirilerek üretilen kilitli tuğlaların malzeme özellikleri belirlenmiştir.



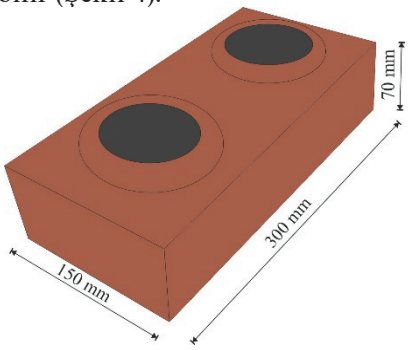
Şekil 1. Agrega üretimi yapılan bazalt ocağı.



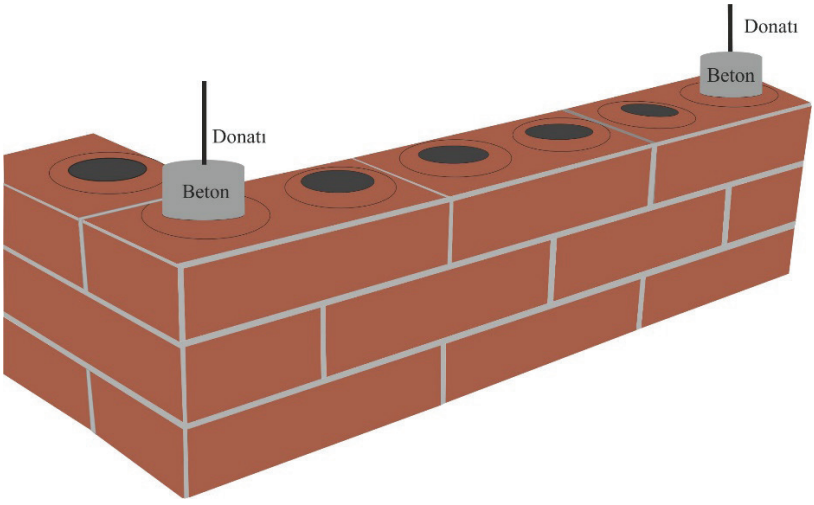
Şekil 2. (A) Agrega üretimi yapılan bazalt yüzleği, (B) Kırma eleme tesisi, (C) Agrega yıkma tesisi (D) Çamur çökeltme havuzu, (E) Bazalt çamur depolama hsvuzu (F) Bazalt çamuru.

2. Kilitli Tuğla ve Duvar Uygulaması

Kilitli tuğla, ıslak kilden şekillendirilen ve pişirilerek üretilen delikli ve dolgu tuğlaya benzerdir (Şekil 3). Bu tasarım kil esaslı delikli ve dolu tuğlaya kıyasla daha az harç gereksinimi duyar ve uygulamada kullanımı daha pratiktir. Ayrıca donatı ile kullanım imkânı sağladığı için yük taşıyıcı görevi de üstlenebilir (Şekil 4).



Şekil 3. Tasarlanan kilitli tuğla



Şekil 4. Kilitli tuğla ile duvar tasarımı

4. Materyal ve Metot

4.1. Materyal

Çalışmada kullanılan bazalt çamuru, bazalt kırma taş tesisin atık çamur havuzundan alınmıştır. Alınan örnekler kurutularak bazalt çamurunun malzeme karakterizasyonu belirlemede ve tuğla üretiminde kullanılmıştır.

4.2. Metot

Çalışma üç aşamada yürütülmüştür. Birinci aşamada bazalt ve bazalt çamurunun mineralojik, petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada bazalt çamurunun malzeme özellikleri belirlenmiştir. Üçüncü aşamada ise bazalt çamurundan üretilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Bazaltın mineralojik ve petrografik özellikleri bazalt kırma taş sahasından alınan kayaçlardan hazırlanan ince kesitler ile belirlenmiştir. Hazırlanan ince kesitlere TS EN 12407 (TSE, 2019)'a göre Olympus BX41 marka polarizan mikroskopta çift nikol 10X büyütmede petrografik analiz yapılarak mineral yüzdeleri (modal analizi) belirlenmiştir. Bazalt ve bazalt çamurunun kimyasal özellikleri ise Acme Laboratuvarında (Kanada) Endüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrometresi (ICP-ES) metodu kullanılarak ana oksitleri (%) belirlenmiştir. Ayrıca bazalt çamuruna XRD analizi yapılarak içerdiği kil minerallerinin türü tespit edilmiştir.

Bazalt çamurundan tuğla üretmek için tasarlanan kilitli tuğla (Şekil 3) 1/3 oranında küçülterek autocad programında yeniden çizilmiştir. Çizilen yeni boyutta göre kalıp yaptırılmıştır. Hazırlanan kalıp laboratuvar tipi el kontrollü pres ile kullanılacağından çok parçalı olarak tasarlanmıştır. 105 ºC'de 24 saat kurutulan bazalt çamuru Los Angeles parçalanma deney tamburunda 12 bilye yükü ile 200 devir yaptırılarak tüm topakların dağılması sağlanmıştır.

Kurutulmuş ve topaklarından ayrılmış bazalt çamurunun tane çapı dağılımı TS EN 933-1 (TSE, 2012)'e göre ve tane yoğunluğu TS EN 1097-6 (TSE, 2013)'e göre belirlenmiştir. Gevşek yığın yoğunluğu ve yığının boşluk yüzdesi ise TS EN 1097-3 (1999)'a göre belirlenmiştir. Kil minerallerinin varlığı metilen mavisi deney yöntemi ile TS EN 933-9'A1 (TSE, 2014)'e göre, organik maddelerin varlığı da renk deneyi ile TS EN 1744-1+A1 (TSE, 2013)'e göre belirlenmiştir. Bazalt çamurunun kıvam limitleri ise TS 1900-1 (TSE, 2006)'ya göre belirlenmiştir.

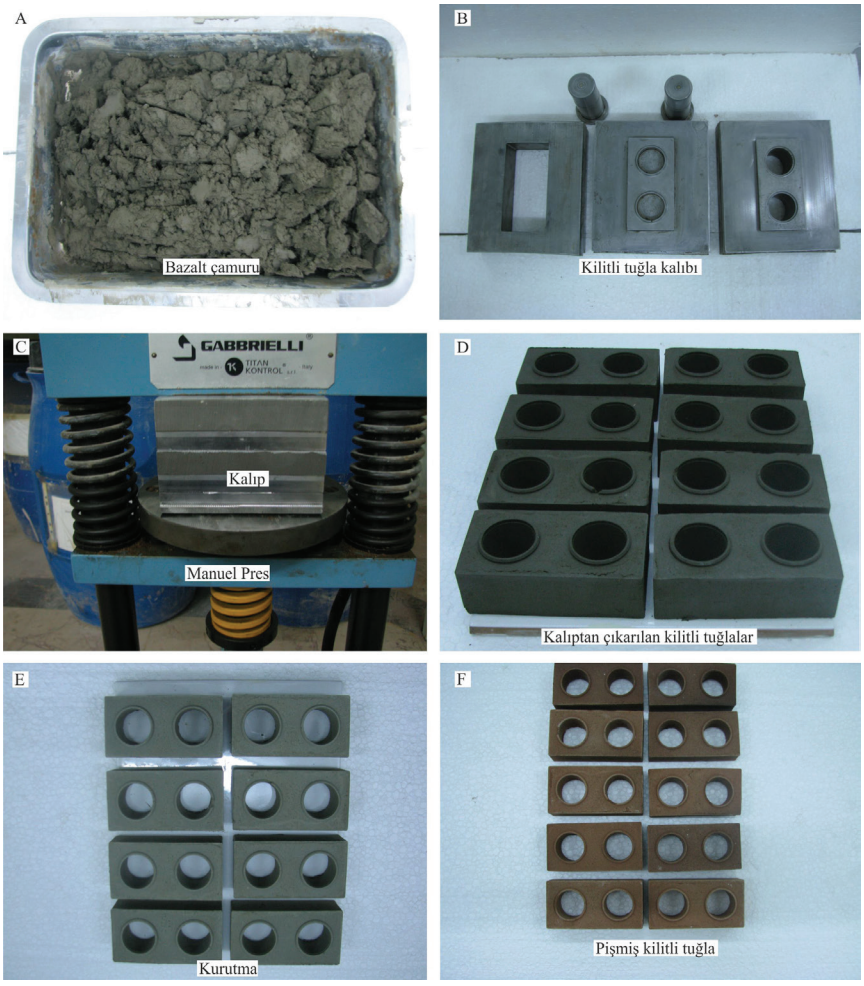
Daha sora kuru bazalt çamuru, ağırlıkça %5-7 oranında su ile karıştırılarak nemlendirilmiş ve şekillendirilebilir (plastik kıvam) hale getirilmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6). Bu karışım, yüzeyleri nemlendirilmiş kilitli tuğla kalıbına yerleştirilerek (Şekil 7 B) el tipi pres de cm^2'ye 50 kgf basınç gelecek şekilde sıkıştırılmıştır (Şekil 7 C). Kalıptan çıkarılan şekillendirilmiş çamurlar (Şekil 7 D) 105 ºC'de 1 gün kurutulmuştur (Şekil 7 E). Şekillendirilmiş ve kurutulmuş çamurlar 1000 C° de pişirilerek kilitli tuğla üretilmiştir (Şekil 7 F).



Şekil 5. Kilitli tuğla üretiminde kullanılan malzemeler ve karışım oranları.



Şekil 6. Kilitli tuğla harcı.



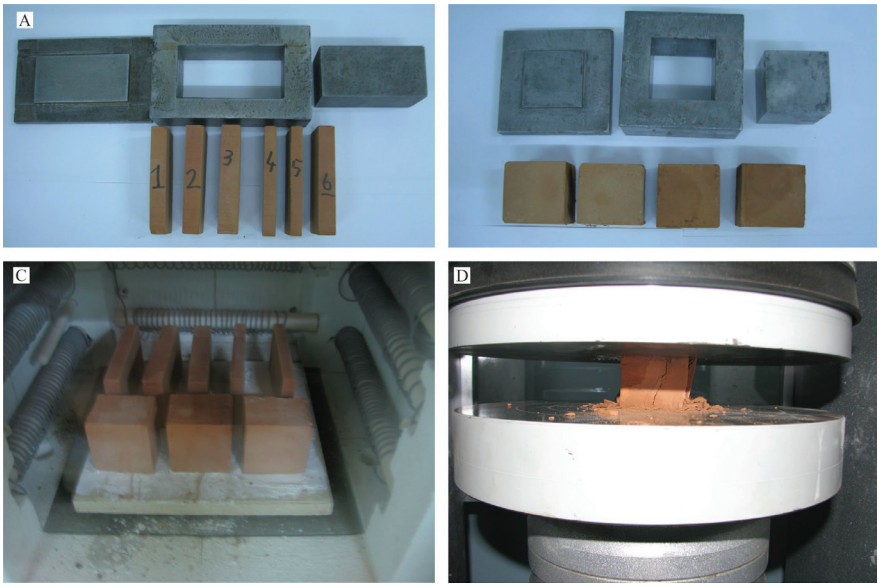
Şekil 7. Kilitli tuğla üretim aşamaları. (A) Nemlendirilmiş bazalt çamuru, (B) Tasarlanan çok parçalı kalıp (C) Manuel kontrollü pres (D) Sıkıştırılmış ve kalıptan çıkarılmış taze kilitli tuğlalar (E) Kurutulmuş kilitli tuğlalar, (F) Pişirilmiş kilitli tuğlalar.

Bazalt çamurundan üretilen kilitli tuğlaların fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için kare ve dikdörtgen hazneleri olan kalıplar kullanılmıştır. Hazırlanan bu kalıplar bazalt çamurundan hazırlanan karışım kullanılarak ve aynı yükte sıkıştırılarak 5x5x5 cm ve 2x5x10 cm ölçülerinde küp ve dikdörtgen şekilli kil deney numuneleri üretilmiştir (Şekil 8 A ve Şekil 8 B).

Kalıptan çıkarılan şekillendirilmiş çamurlar 1 gün 105 ºC'de etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler 1000 C° pişirilerek deney numuneleri hazırlanmıştır (Şekil 8 C). Hazırlanan deney numunelerinin fiziksel ve

mekanik özellikleri, TS EN 771-1 (TSE, 2015), "Kil kâgir birimler" standardına göre belirlenmiştir.

Şekillendirilmiş ve pişirilmiş deney numunelerinin görünür yoğunluk, açık gözeneklilik, gerçek yoğunluk ve toplam gözeneklilikleri TS EN 772-4 (TSE, 2000)'e göre, su emme değerleri TS EN 772-21 (TSE, 2011)'e göre belirlenmiştir. TS EN 772-1+A1 (TSE, 2015)'e göre basınç dayanımları (Şekil 8 D) ve TS EN 772-6 (TSE, 2015)'e göre de eğilmede çekme dayanımları belirlenmiştir. Ek olarak pişirilmiş deney numunelerinin kuru ve suya doygun şartlarda TS EN 14579 (TSE, 2006)'a göre ses hızı ilerlemesi ve TS EN 14157 (TSE, 2017)'e göre de aşınma miktarları belirlenmiştir.

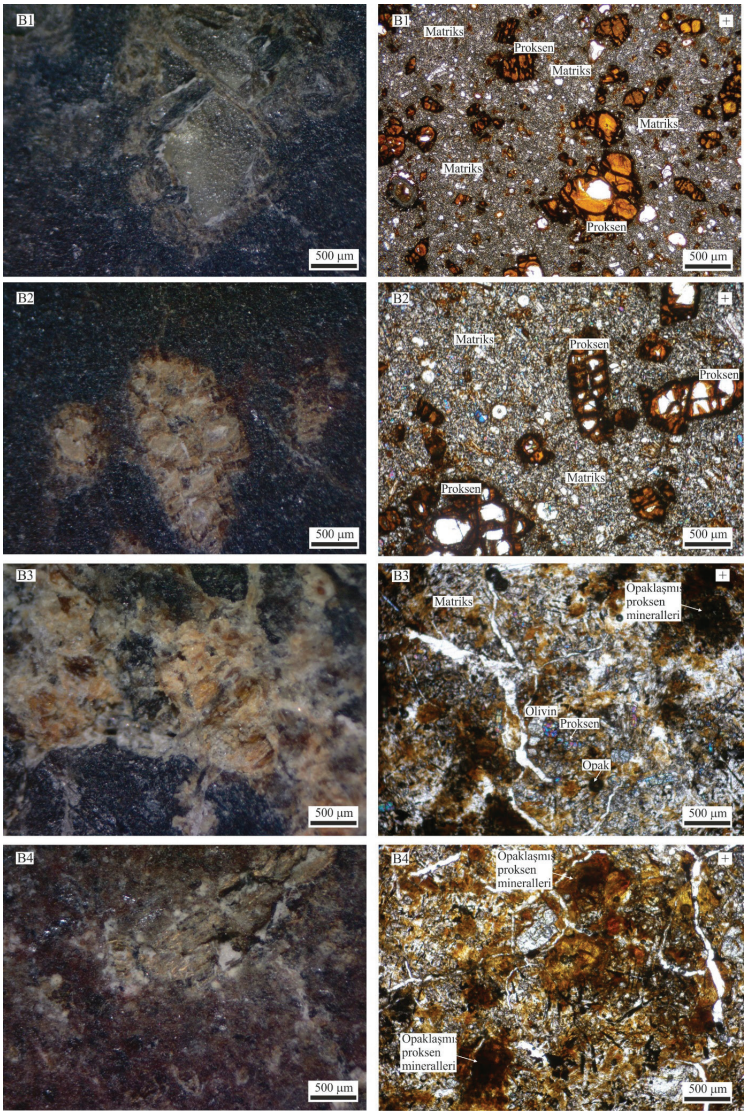


Şekil 8. Fiziksel ve mekanik testler için üretilen numuneler. (A) Eğilmede çekme deneyi numuneleri ve kullanılan kalıp (B) Basınç dayanımı deney numuneleri ve kullanılan kalıp (C) Fırın (D) Basınç dayanımı testi uygulanmış örnek

5. Bazalt ve Bazaltın Çamurunun Özellikleri

5.1 Agrega Üretilen Bazaltın Mineralojik ve Petrografik Özellikleri

Kayacının temel bileşimi plajioklas, piroksen mineralleri ile yaygın olarak matriksten (volkanik cam + mikrolitler) oluşur. Bu minerallerin yanı sıra, az oranda olivin, amfibol ve opak mineral olarak magnetit (Fe_2O_3) da mevcuttur (Tablo 1).



Şekil 9. Bazalt örneklerinin binoküler yüzey görüntüsü (A) ve ince kesit görüntüleri (B). +: çift nikol.

Piroksen mineralleri fenokristal şeklinde yaygın olarak gözlenir. Plajioklaz, yuvarlaklaşmış olivin, amfibol feno kristalleri ise daha az oranda bulunur (Şekil 9).

Kayacın matrix bölümü yaygın olarak üç mineralin mikrolitlerinden ve volkanik camdan oluşur. Bunlar, plajioklaz, piroksen ve az oranda olivin mineralleridir. Piroksen ve Plajioklaz minerallerinin lata şeklinde mikrolitleri belirgindir (Şekil 9).

Kayaçta orta derecede, kısmen de ileri derecede ayrışma mevcuttur. Özellikle piroksen minerallerinde kenar kısımlarından merkeze doğru demir oksidasyonu reaksiyon kuşağı gözlenir ve yaygın opasite gözlenmektedir.

Bazı piroksen mineralleri bütünüyle opaklaşmış olmakla birlikte, yenmiş, kısmı opaklaşmış piroksen iskeletleride mevcuttur. Diğer taraftan doku içerisinde en yaygın feno kristal olarak gözlenen Piroksen minerallerinde, klivaj ve düzensiz kırıklanmalar bulunur. Feldispat mineralleri (Plajioklaz) ayrışmaya uğramıştır ve net tipik ikizlenme yapısı gözlenir (Şekil 9).

Hipokristalin porfiritik dokuya sahip olan bazalt kayacı, feno kristaller ve matrix içerisindeki mikrolitlerde akmaya bağlı kısmı rotasyon gözlenir(Şekil 9).

Tablo 1. Bazalt örneklerinin modal analizi

Mineral (%)	B1	B2	B3	B4
Plajioklas	37	35	36	35
Olivin	2	1	1	1
Piroksen	14	15	14	14
Opak	1	1	1	2
Matriks	46	48	48	48
Toplam	100	100	100	100

B1: B2, B3, B4: Orta derecede ayrışmış bazalt örnekleri

5.2 Bazalt ve Bazalt Çamurunun Kimyasal Bileşimleri

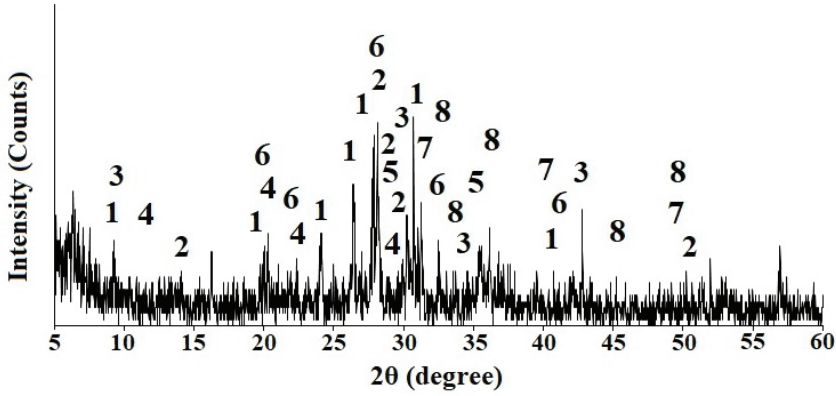
Bazalt örnekleri sahip olduğu SiO_2 değerleri ile tipik bir bazik kayaç özelliğindedir. Bazalt kayaç örnekleri ve bazalt çamurunun ana oksit yüzdeleri oldukça birbirine yakındır. (Tablo 2).

Bazalt çamuruna yapılan XRD analizinde, bazalt çamurunda illit, montmorillonit ve kaolonit gibi kil mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 10).

Tablo 2. Bazalt ve bazalt çamurunun ana oksit yüzdeleri.

No	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	Cr_2O_3	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	*KK	Top.
	%											ppm							%	
B1	47,96	11,49	9,15	11,18	8,55	2,24	2,71	1,73	0,46	0,13	0,099	323	2056	4598	4445	218	23	25	3,9	99,775
B2	47,011	11,88	9,25	9,25	6,70	1,62	2.71	1,53	0,46	0,11	0,081	5132	1666	3978	3805	208	22	19	9,1	99,795
B3	48,54	11,64	8,44	9,68	9,56	2,38	2,34	1,57	0,47	0,11	0,101	292	292	535	394	19	25	21	6,7	99,78
B4	46,76	11,85	9,37	12,05	7,92	2,18	2,44	1,61	0,46	0,13	0,103	292	248	409	400	19	20	21	5,3	99,75
B5	45,55	11,12	9,26	10,79	7,99	1,94	2,42	1,52	0,50	0,14	0,089	392	235	493	415	19	21	18	7,9	99,77

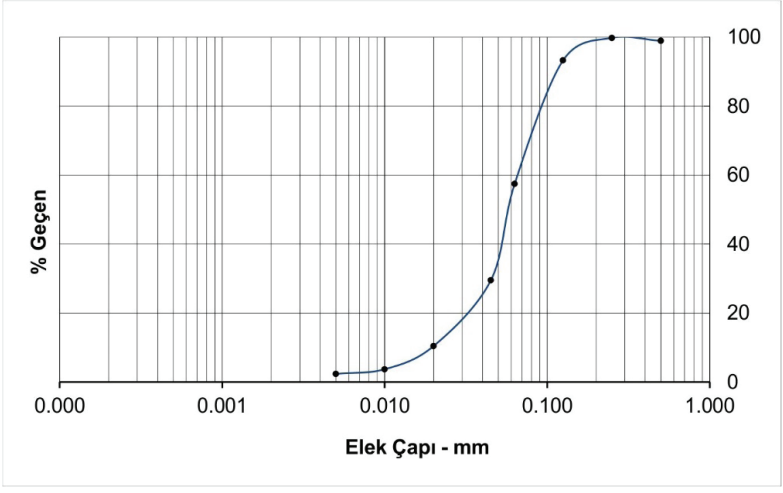
B1, B2, B3, B4: Orta derecede ayrışmış bazalt, B5: Bazalt çamuru KK: Kızdırma kaybı, Top: Toplam



Şekil 10 Bazalt çamurunun XRD grafiği. 1:İllit, 2:Albit, 3-Montmorillonit, 4:Kaolinit, 5:Kalsit, 6:Kuvars, 7:Dolomit, 8:Hematit.

5.3 Bazalt Çamurunun Malzeme Özellikleri

Kuru bazalt çamuru gri renkli ve çok ince (0-150 μm) tanelidir (Şekil 11). Kuru bazalt çamurunun tane yoğunluğu 2833 kg/m^3, yığın yoğunluğu 1045 kg/m^3'dür. Bu yığının boşluk yüzdesi % 63'dir ve organik madde içermez. Likit limit değer, % 30, plastisite indisi ise % 6'dır. Bu kıvam limiti değerleri ile bazalt çamuru düşük plastisiteli kil özelliği gösterir (Tablo 2).



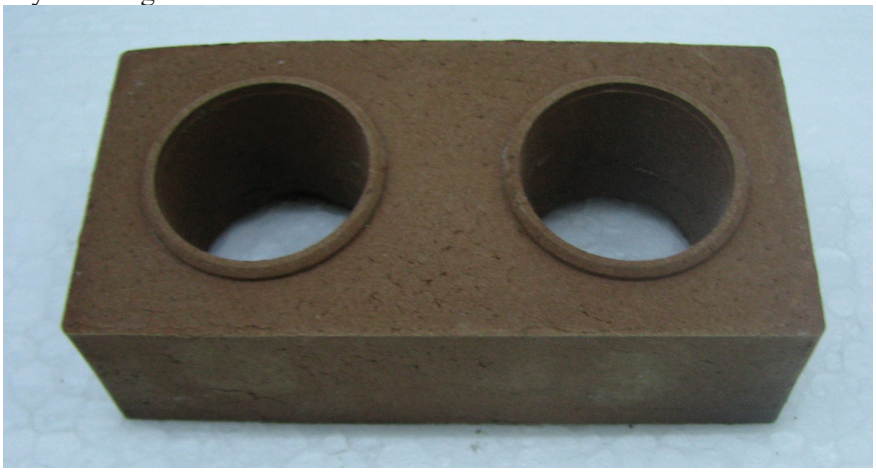
Şekil 11. Bazalt çamurunun tane çapı dağılımı

Tablo 3 Bazalt çamurunun malzeme özellikleri.

Özellik	Tane Çapı	n	Bazalt çamuru	Standart
Tane yoğunluğu (kg/m^3)	0-150 µm	3	2833 ± 7	TS EN 1097-6
Gevşek yığın yoğunluğu (kg/m^3)	0-150 µm	3	1045 ± 6	TS EN 1097-3
Boşluk yüzdesi (%)	0-150 µm	3	63,12 ± 0,19	TS EN 1097-3
Metilen Mavisi (g/kg)	0-150 µm	3	5,63 ± 0,18	TS EN 933-9
Organik madde tayini	0-150 µm	3	Renksiz	TS EN 1744-1
Likit Limit (%)	0-150 µm	3	30	TS 1900 - 1
Plastisite İndisi (%)	0-150 µm	3	6	TS 1900 - 1

6. Tartışma

Kırma taş tesisinde yıkama işlemi ile agregadan ayrılan bazalt çamuru, tesiste işlenen bazaltların ayrışma ürünüdür. Bazalt çamuru çok ince taneli (< 150 mikron), silikat ve alüminyum, demir ve karbonat bileşimli düşük plastisiteli siltli kil özelliğindedir. Sadece bazalt çamurundan şekillendirilerek ve 1000 ºC'de pişirilerek elde edilen ön prototipler (Şekil 12) ile yapılan testlerde ürün gözenekli (% 28) yüksek birim hacim ağırlıklı (2042 kg/m^3) bir tuğladır. Eğilme ve basınç dayanımı sırayla 2,5 ve 16.4 MPa'dır. Bu özellikleri daha düşük sıcaklıklarda (900 ºC) pişirilen geleneksel dolgulu tuğlaya kıyaslandığında daha dayanımlı bir yapı malzemesi olduğu söylenebilir. Bazalt çamurundan üretilen tuğlaların kuru ses hızı ilerlemesi 3425 m/s, doygun ses hızı ilerlemesi de 4538 m/s olarak ölçülmüştür. Aşınma miktarı ise (disk aşınma) 23.24 mm olarak belirlenmiştir (Tablo 4). Bununla birlikle ürünün termal, akustik ve durabilite özelliklerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Yapılacak AR-GE ile farklı killer ile karıştırılarak pişirildiğinde elde edilen bu değerlerinden daha yüksek dayanım değerleri elde etmek mümkündür.



Şekil 12. Bazalt çamurundan üretilen kilitli tuğla.

Tablo 4. Kilitli tuğlanın fiziksel ve mekanik özellikleri

Özellik	Değer	n	Standart
Görünür yoğunluk (kg/m^3)	2042 ± 76	6	TS EN 772-4
Gerçek yoğunluk (kg/m^3)	2921 ± 18	6	TS EN 772-4
Açık gözeneklilik (%)	26,97 ± 4,15	6	TS EN 772-4
Toplam gözeneklilik (%)	28,245 ± 0,45	6	TS EN 772-4
Su emme (%)	12,94 ± 2,62	6	TS EN 772-21
Ses hızı ilerlemesi (m/s) kuru	3425 ± 21	6	TS EN 14579
Ses hızı ilerlemesi (m/s) doygun	4538 ± 38	6	TS EN 14579
Basınç dayanımı (MPa)	16,43 ± 1,04	6	TS EN 772-1+A1
Eğilme dayanımı (MPa)	2,49 ± 0,37	6	TS EN 772-6
Geniş diskli aşınma (mm)	23,24 ± 0,20		TS EN 14157

7. Sonuçlar

Bazaltın ayrışma ürünü olan ve düşük plastisiteli siltli kil özelliği gösteren bazalt çamurunun pişirilmesi ile elde edilen kilitli tuğlalar, pisayasa da büyük oranda kil içerikli malzemenin pişirilmesi ile elde edilen tuğlara nazaran daha yüksek pişme sıcaklığına ihtiyaç duyar. Bu nedenle sadece bazalt çamurundan üretilen tuğlaların maliyeti daha yüksektir. Bununla birlikte bazalt çamuru geleneksel tuğla hammaddesine belirli oranlarda katılarak kullanılabilir. Bu katkı geleneksel tuğlaların malzeme özelliklerini de (dayanım, durabilite) iyileştirecektir. Böylelikle atık durumdaki bazalt çamuruna endüstriyel ham madde statüsü kazandırılmış olunur.

Teşekkür

Yazarlar olarak çalışmaya verdikleri katkıdan ve gösterdikleri ilgiden dolayı Baztaş Madencilik İnş. Petrol San. ve Tic. A. Ş. firması yetkilerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

TS EN 933-1, 2012. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 933-9+A1, 2014. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler-Bölüm 9: İnce malzeme tayini-Metilen mavisi deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1097-3, 1999. Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri için deneyler-Bölüm 3:Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1097-6, 2013. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1744-1+A1, 2013. Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler-Bölüm 1: Kimyasal analiz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 1900 – 1, 2006. İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel özelliklerin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12407 (2019). Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Petrografik inceleme. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 771-1, 2015. Kâgir birimler - Özellikler - Bölüm 1: Kil kâgir birimler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 772-1+A1, 2015. Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 1: Basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 772-4, 2000. Kâgir birimler- Deney metotları- Bölüm 4: Tabii taş kâgir birimlerin toplam ve görünen porozitesi ile boşluksuz ve boşluklu birim hacim kütlesinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 772-6, 2015. Kâgir birimler - Deney metotları - Bölüm 6: Beton kâgir birimlerin eğilmede çekme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 772-21, 2011. Kagir birimler - Deney metotları - Bölüm 21: Soğuk su emilimi ile kil ve silis kumtaşı kagir birimlerin su emme tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 14157, 2017. Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Aşınma direncinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 14579, 2006. Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Ses hızı ilerlemesinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Bölüm 10

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA HESAPLAMALI MALZEME MÜHENDİSLİĞİ YAKLAŞIMLARI VE DÖKÜM SİMÜLASYONU UYGULAMALARI

Tuğçe YAĞCI[1]
Ümit CÖCEN[2]
Osman ÇULHA[3]
Adem KORKMAZ[4]
Fatma Nur GÜLALAN[5]

1 Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7478-9882
2 Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7776-2412
3 Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1611-8452
4 Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6816-2004
5 Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir, Türkiye, ORCID:0000-0003-3061-6431

1. GİRİŞ

1886 yılından itibaren endüstriyel ölçekli üretim serüveni başlayan alüminyum, doğada oksijen ve silisyumdan sonra en bol miktarda bulunan elementtir. II. Dünya Savaşı ve Sanayi Devrimi ile artan enerji sarfiyatının yanında, hafif, yüksek dayanıma sahip ve geri dönüştürülebilir olan komponentlere duyulan ihtiyaç, alüminyum ve alaşımlarının endüstriye kazandırılmasında etkin rol oynamıştır. Hall ve Héroult isimli iki bilim insanının eş zamanlı olarak, elektroliz yöntemini keşfetmesiyle, imalata kazandırılan alüminyum, günümüzde halen aynı yöntem ile üretilmektedir. Diğer metallerle kıyaslandığında, alüminyum ve alaşımları hafifliği, düşük yoğunluğu, yüksek özgül mukavemeti, yüksek korozyon direnci, yüksek ısıl ve elektriksel iletkenliği, üstün dökülebilirlik, işlenebilirlik özellikleri ve çevre dostu kimliği ile özellikle otomotiv ve havacılık uygulamalarında ön plana çıkmaktadır (Campbell, 2003; Zhao & Wu, 2010, ss.754-757).

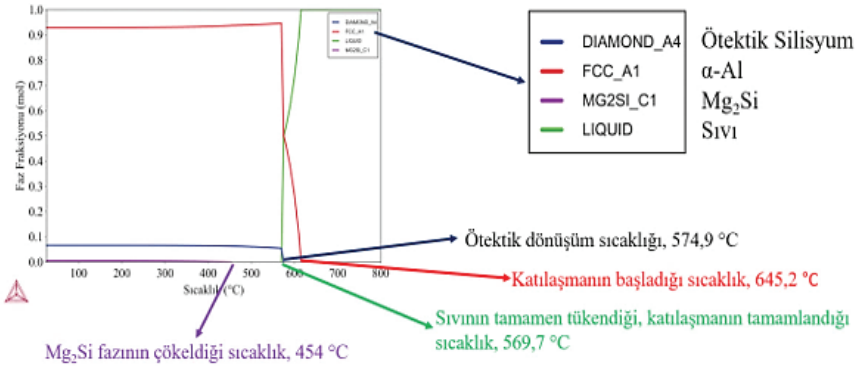
Alüminyum ve alaşımlarının her geçen gün endüstriyel kullanım alanlarının çeşitlenmesi, özellikle son yıllarda gelişen malzeme (hesaplamalı malzeme mühendisliği) ve üretim teknolojileri (döküm simülasyonları) ile bir araya gelince, konuyla ilgili yapılan akademik ve sanayiye yönelik çalışmaların sayısı artmıştır. Bu kapsamda alaşımların fiziksel, termodinamik, mikroyapısal ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi, farklı alaşım elementlerinin ve üretim parametrelerinin ürün özelliklerine olan etkilerinin ortaya çıkarılması çalışmaların odak noktalarını oluşturmaktadır (Çağan vd., 2017, ss. 402-406; Çakanyıldırım & Gürü, 2021, ss. 585-592; Stojanovic vd., 2018, ss. 52-62; Kaufman, 2004).

Hesaplamalı malzeme mühendisliği ile, alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonuna göre sıcaklığa bağlı yoğunluk, ısıl ve elektriksel iletkenlik, entalpi, entropi, serbest enerji, elastisite modülü, viskozite gibi termodinamik ve termokinetik bilgiler, akma ve çekme dayanımları, uzama miktarları gibi mekanik özellikler, sıcaklık-zaman-dönüşüm diyagramları (TTT), sürekli soğuma-dönüşüm eğrileri (CCT), farklı ısıl işlem sonrası özellikleri, katılaşma karakteristikleri gibi pek çok verinin eldesi mümkün olmaktadır (Schäfer, 2006).

Konuyla ilgili, JMatPro ve ThermoCalc, hesaplamalı malzeme mühendisliği yazılımlarından ticarileşmiş olan, akademik ve endüstriyel uygulamalarda sık kullanılanlardan bazılarıdır. Bu öngörü yazılımlarının döküm gibi dinamik ve çok parametreli bir yöntem ile alüminyum parçaların üretimi öncesinde, alaşım özelliklerinin belirlenmesinde kullanılması, yeni ürünlerin piyasaya çıkış süresinin kısaltılması, gelişen teknolojilere hızlı ve etkin uyumun sağlanarak sektörde ar-ge ve inovasyon faaliyetlerinin artırılması, iç ve dış pazarda rekabetçiliğin sürdürülmesi, zaman ve iş gücü kazanımı açısından son derece faydalıdır (Ovrutsky, 2014).

Günümüzde malzeme teknolojileri alanında hammadde ve alaşım geliştirme çalışmalarında hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımlarının kullanılması, üretim parametrelerinin ve ürün özelliklerinin öngörülmesinde döküm simülasyonlarından yararlanılması akademik ve endüstriyel açıdan, yeni nesil mühendislik uygulamalarıdır. Özellikle son 2 yıldır, bütünleşik hesaplamalı malzeme mühendisliği (Integrated Computational Materials Engineering-ICME) kavramının ortaya çıkması, hesaplamalı malzeme mühendisliği yazılımları ile alaşım kompozisyonuna bağlı malzeme verilerinin, sanal ortamda doğrudan döküm simülasyonlarına aktarılabilmesi ile, sanal ve gerçek üretim arasında kurulmak istenen bağıntıların güçlenmesini sağlamıştır. Bu sayede, alüminyum alaşımlarında hammaddeden nihai ürüne kadar olan tüm üretim zincirinin sanal olarak modellenmesi, olası problemlerin öngörülmesi ve seri üretim öncesi önlem alınması mümkün olmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda gerek üreticinin gerekse müşterinin beklentilerinin karşılanması adına bu yaklaşımlardan faydalanılması, deneme-yanılma gibi geleneksel ve yüksek maliyetli bir yönteme nazaran son derece ekonomik bir çözüm yolu alternatifi sunmaktadır. (Andersson vd., 2002, ss. 273-312; Lee, 2017; Thornton vd., 2009).

Şekil 1'de bir alüminyum döküm alaşımına ait katılaşma analizi grafiği ve önemli sıcaklık değerleri görülebilmektedir. İlgili grafik ThermoCalc yazılımından faydalanılarak, sisteme tanımlanan bir alüminyum döküm alaşımının katılaşmasına bağlı olarak oluşum gösteren faz çeşitlerini sunmaktadır. Günümüz gelişen alaşım/malzeme geliştirme teknolojisi ile birlikte farklı alaşımlara ait bu tarz grafikler sanal ortamda elde edilebilmekte ve endüstriyel ölçekli üretim süreçleri öncesinde ilgili alaşımlara ait karakteristik özelliklere erişilebilmektedir.



Şekil 1. *Bir alüminyum döküm alaşımına ait ThermoCalc yazılımı ile elde edilen katılaşma analizi grafiği ve önemli sıcaklıkların gösterimi.*

Hesaplamalı malzeme mühendisliği uygulamalarının yanı sıra, son yıllarda alüminyum döküm endüstrisinde daha yaygın olarak kullanılan döküm simülasyonları, gerçek üretim öncesi kalıp verimliliği, proses pa-

rametreleri (soğutma hızı, basınç, sıcaklık, kalıp besleme hızı vb.) ve ürün özelliklerinin optimizasyonunda etkin rol oynamaktadır. Alüminyum dökümde simülasyon çalışmaları ile, makro ve mikro porozitelerin ürün üzerindeki dağılımları/miktarları, faz analizleri ve dendrit kolları arası mesafenin belirlenmesi, kalıbın dolumu ve alaşımın katılaşma karakteristiklerinin ortaya çıkarılması, ürünün akma dayanımı, çekme dayanımı, uzama miktarı gibi mekanik özelliklerinin tayini mümkün olmaktadır. Bu gibi önemli parametrelerin henüz gerçek üretime geçilmeden belirlenmesi, endüstriyel koşullarda üründe ve proseste kalitesel verimlilik ve maliyet yönünden uygulayıcısına önemli kazanımlar sağlamaktadır (Khan & Sheikh, 2018, ss. 1579-1583). Akademik ve sanayi odaklı çalışmalarda farklı döküm simülasyonu yazılımları kullanılmakta ve endüstriyel ölçekli üretim aşamalarına geçilmeden önce ürüne yönelik fiziksel ve mekanik özellikleri ortaya koyulabilmektedir.

Son yıllarda literatürde, alüminyum dökümde hesaplamalı malzeme mühendisliği ve döküm simülasyonlarının kullanıldığı ve sonuçların laboratuvar ölçekli ve ürün bazında doğrulandığı, araştırma çalışmalarına rastlanılmaktadır. Bu kitap bölümünde, konuyla ilgili olarak yayınlanmış çalışmalar ve bu çalışmaların derlenmiş sonuçları bir arada, geçmişten günümüze doğru kronolojik sırayla sunulmuştur. Bu derlemenin alüminyum döküm endüstrisine ve bu alanda çalışan akademisyenlere ışık tutması hedeflenmiştir. Kitap bölümünde yer alan çalışmaların tamamında, alüminyum alaşımlarında hesaplamalı malzeme mühendisliği uygulamalarının ve döküm simülasyonu parametrelerinin detayları verilmiş ve okuyucuya yol göstermesi amaçlanmıştır.

2. ALÜMİNYUM DÖKÜM ALAŞIMLARINDA BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Alüminyum Alaşımları ve Hesaplamalı Malzeme Mühendisliği Yaklaşımları

Guo ve Sha gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, Al-Si-Cu alaşımlarında Al_2Cu fazının çökelme mekanizmasının anlaşılması üzerine odaklanmışlardır. Çalışma sırasında Al-10Si-2Cu ve Al-10Si-4Cu alaşımları kullanılmıştır. Bu kapsamda, deneysel çalışmalarda X-ışını kırınımı (XRD) yönteminden ve sanal analizlerde hesaplamalı malzeme mühendisliği yazılımlarından biri olan JMatPro' dan faydalanmışlardır. JMatPro kullanılarak, farklı ısıl işlemler sonrasında Al-Si-Cu alaşımlarındaki faz oluşumları ve bunların bileşimleri araştırılmıştır. XRD analizleri sonucunda ise, çökelti fraksiyonunun yaşlanmanın erken aşamalarında dikkat çekici bir şekilde arttığı ve ardından stabil bir hale geldiği görülmüştür. Ayrıca, her iki alaşımda da sertliğin bir miktar düştüğü gözlenmiş olup, bu düşüşün çökelti fraksiyonu denge miktarına yaklaştığında meydana ge-

len çökelti kabalaşmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. 200°C ve 90 saat yaşlandırma işlemi sonrasında alaşımlarda oluşan Al_2Cu miktarının Al-10Si-2Cu ve Al-10Si-4Cu alaşımları için sırasıyla %2,53 ve %5,12 mol değerinde olduğu tespit edilmiştir. (Guo & Sha, 2005, ss. 449-452).

Cadena ve Valdes yaptıkları çalışmada, alüminyum alaşımlarında kalsiyum (Ca) miktarının mikroyapısal ve mekanik özelliklere olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, ağırlıkça %0,002, %0,004, %0,008, %0,1 ve %0,2 Ca oranına sahip Al–7Si–3Cu–Fe, Al–7Si–3Cu–Fe–0.5Mn, Al–12Si–Mg–Ni–Cu, A319 ve A380 alaşımları kullanılmıştır. Alaşımlardan elde edilen numunelerde, taramalı elektron mikroskobunda enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (SEM-EDS) tekniği ile mikroyapıdaki Ca bakımından zengin fazlar belirlenmiştir. Ayrıca, elektron geri saçılım difraksiyonu (EBSD) analizi ile Ca bileşiklerinin kristalografik özellikleri karakterize edilmiştir. Deneysel incelemelerin yanı sıra, mikroyapıda meydana gelen değişimler, sanal ortamda ThermoCalc yazılımı kullanılarak doğrulanmıştır. Yazılım aracılığıyla yapılan analizlerde, katılaşmanın başlangıcında, Ca bakımından zengin $CaAl_2Si_2$ fazının çökelmeye başladığı saptanmıştır. Ayrıca, 40 ppm ve üzerinde Ca ilavesinin, ötektik silisyum partiküllerini inceltttiği ve demir bakımından zengin intermetalikler üzerinde kabalaştırıcı bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Öte yandan, Ca ilavesinin alaşımların sertlikleri üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. (Zaldívar-Cadena vd., 2007, ss. 834-841).

Yang ve ekibi, Al–Si–Cu–Ni–Mg alaşımı kullanılarak 4 farklı kompozisyonda döküm ile üretilen pistonların mikroyapılarında ortaya çıkan Ni elementi bakımından zengin fazların üzerine çalışmışlardır. Alaşımlarda, %2,63, %3,64, %4,48, ve %5,45 olmak üzere, Cu miktarında değişiklikler söz konusudur. Gerçekleştirilen analizler sonucunda, alaşımdaki Cu içeriğinin artması ile Ni fazının Al_3Ni'den Al_3CuNi'ye dönüştüğü ve ardından Cu içeriğinin artmasıyla Al_7Cu_4Ni fazı olarak çökeldiği belirlenmiştir. Ayrıca, faz morfolojisinin şeritli halden ağsı bir forma ve daha sonra dairesel veya yarı dairesel bir yapıya değiştiği gözlemlenmiştir. ThermoCalc hesaplamalı malzeme mühendisliği yazılımı ile yapılan analizlerden elde edilen sonuçların, deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Analizler sonucunda değişen morfoloji ile, oda sıcaklığında akma mukavemeti değerinin 263,8 MPa'dan 229,6 MPa'ya düştüğü, ardından 278,9 MPa'ya yükseldiği belirlenmiştir. Çekme mukavemetinin ise %19,7 oranında arttığı, ancak doğrusal genleşme katsayısının sürekli azaldığı saptanmıştır. Diğer bir yandan, alaşımda Cu miktarının artmasıyla, yüksek sıcaklıktaki çekme mukavemetinin 78,1 MPa'dan 93,5 MPa'ya yükseldiği kaydedilmiştir. (Yang vd., 2012, ss. 220-225).

Kabir ve ekibi tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada yaşlandırma şartlarının ve su verme sıcaklığındaki değişimin A201.0 alaşımının

mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi üzerine odaklanmışlardır. İlgili çalışma sırasında hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımları prensibine dayalı olarak çalışan JMatPro yazılımından faydalanmışlardır. Bu kapsamda katılaşma davranışına bağlı olarak oluşum gösteren metaller arası bileşiklerin belirlenmesi üzerine araştırma çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmalar neticesinde, oluşum gösteren $CuAl_2$, Al_2CuMg ve Mg-Si gibi metaller arası fazların ilgili alüminyum alaşımının sertlik karakteristiği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Yaşlandırma işlemi 170 ± 20 °C sabit sıcaklıkta ve maksimum 105 saat boyunca uygulanmıştır. Yaşlandırma sonrası sertlik karakteristiği üzerine gerçekleştirilen incelemeler sonrasında, artan yaşlandırma süresine bağlı olarak alaşımın sertlik değerinin artış gösterdiği saptanmıştır. Sonuç olarak JMatPro yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilen ilgili çalışma kapsamında, Mg-Si, $CuAl_2$ çökeltileri ve S-Al_2CuMg ve Cu intermetalik fazlarının alaşım içerisindeki varlığı doğrulanmış ve bu fazların alaşımın sertlik karakteristiği üzerinde iyileştirici bir etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır. (Kabir vd., 2014, ss. 78-83).

Assadiki ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiş olan diğer bir çalışmada, hesaplamalı malzeme mühendisliği prensiplerine dayalı olarak çalışan ThermoCalc yazılımından faydalanılarak, α-Al_2Cu ve β-Mg_2Si yarı kararlı fazlarının termal kararlılığında etkili olan farklı alaşım elementleri üzerine bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, ilgili fazların çökelme sertleşmesinde etkili olduğu ve dolayısıyla alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerinin geliştirilmesi konusunda önem arz ettiği savunulmuştur. TCAL.4.0 veri tabanı ile donatılmış ThermoCalc yazılımı ile gerçekleştirilen analizler sonucunda, Ti elementinin α-Al_2Cu ve β -Mg_2Si fazları üzerinde stabilize edici bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Sanal ortamda elde edilen verilerin doğruluğunu kanıtlamak amacıyla diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ile deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Ti'nin yarı kararlı fazların sahip olduğu termal kararlılık üzerinde etkili olduğu deneysel olarak da doğrulanmıştır. Diğer bir yandan, Li, Hf, Co ve Ce gibi elementlerin ilgili fazlar üzerinde stabilize edici bir etki oluşturmadığı da ortaya konulmuştur. Alaşımların solvüs sıcaklıklarının araştırılması sonucunda ise, V, Ti, Cr, Zr ve Sc gibi alaşım elementlerinin α-Al_2Cu ve β-Mg_2Si'nin solvüs sıcaklığını arttırdığı gözlemlenmiştir (Assadiki vd., 2018, ss. 1-7).

Medved ve ekibi tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılmak üzere mekanik özellikler bakımından üstün özelliklere sahip yenilikçi alüminyum alaşımlarının araştırılması üzerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda Al alaşım sistemlerinin araştırılması amacıyla ThermoCalc yazılımından faydalanılarak termodinamik denge hesaplamaları, termal analizler ve mikroskobik inceleme-

ler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında belirlenen alaşımlar kimyasal bileşim, faz dağılımı ve miktarları, denge ve denge dışı katılaşma davranışları, katılaşma sıcaklıkları ve mekanik özellikler bakımından değerlendirilmiştir. Kompozisyon içerisinde yer alan alaşımların etkileri incelendiğinde, Zr'nin iğnemsi yapıda fazların oluşmasında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir yandan alaşıma eklenen Mo, çin alfabesi morfolojisine sahip AlFeMnMoSi fazının oluşumunda etkili olmuştur. Zr ve Mo'in alaşım içerisinde birlikte yer aldığında yüksek mekanik özelliklerin elde edilmesine imkân tanıdığı tespit edilmiştir. Alaşımlara ait sertlik karakteristiği incelendiğinde Zr'nin sertlik değerleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu, Mo'nun ise tek başına herhangi bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. (Medved vd., 2018, ss. 373-380)

Voncina ve ekibi çalışmalarında, farklı miktarlarda Zr ilavesinin Al-10Si-0.5Mg-0.5Mn alaşımının mikroyapısal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırma sırasında ağırlıkça %0,23, %0,047 ve %0,228 oranında Zr ilavesi yapılan üç farklı alaşım kullanılmıştır. Çalışmada, taramalı elektron mikroskobu (SEM), geçirimli elektron mikroskobu (TEM) ve diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizleri, termodinamik hesaplamalar ve Brinell sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. β fazının (Mg_2Si) çökelme mikroyapısında baskın olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Q-$Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ve π-$Al_8Mg_3FeSi_6$ fazlarının 180°C'de termodinamik olarak kararlı çökeltiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada, alaşımın mukavemetinde Q-$Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ fazı ve Mg_2Si çökeltilerinin etkin rol oynadığı savunulmuştur. Bu durum, π-$Al_8Mg_3FeSi_6$ fazının düşük hacim fraksiyonunda, büyük boyutlu ve plaka benzeri morfolojiye sahip olması ile ilişkilendirilmiştir. Diğer bir yandan, Zr ilavesinin alaşımların yaşlandırılması sırasında, çökelmenin daha düşük sıcaklıklarda başlamasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, Zr ilavesinin meydana getirdiği tane inceltme etkisi ve dolayısıyla artan difüzyon hızı ile ilgili olduğu saptanmıştır. Alaşımların sertliklerinin ölçümlerinde, %0,23 oranında Zr içeren A3 alaşımının, yaşlandırmanın aşırı yaşlandırma dahil olmak üzere tüm aşamalarında, en yüksek sertlik değerini gösterdiği kaydedilmiştir. Bu kapsamda, 7 saat yaşlandırma süresi sonunda A3 alaşımının 128 HB sertliğe sahip olduğu, A1 ve A2 alaşımlarından sırasıyla %4 ve %10 oranında daha yüksek bir sertlik sergilediği tespit edilmiştir. CALPHAD prensibi ile çalışan ThermoCalc yazılımı ile yapılan termodinamik hesaplamalar sırasında, Q-$Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ fazının 210°C'de termodinamik olarak kararlı olduğu görülmüştür. DSC analizleri sonucunda, yaşlandırma sıcaklık aralığında 3 pik noktası gözlemlenmiştir. Bu noktaların sırasıyla, Mg_2Si, Q-$Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ve π-$Al_8FeMg_3Si_6$ fazının oluşumlarına karşılık geldiği belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, ThermoCalc yazılımı ile Al-Si-Mg-Mn sisteminin özellikleri incelenmiş ve %0,23 ve

%0,47 oranında Zr ilavesi yapılan alaşımlara ait eşdeğer eğrileri elde edilmiştir. Buna göre, Zr ilavesiyle birlikte oluşan birincil fazın daha sonra Si_2Zr ($(AlSi)_3Zr$) fazında dönüşen SiZr fazı olduğu görülmüştür. Ardından α-Al fazının katılaşmaya başladığı ve sonrasında α-Al+β-Si ötektiğinin oluşumu görülmüştür. Sistemde kalan sıvı, azalan sıcaklığa bağlı olarak üçlü ötektik reaksiyon sonucunda $Al_{15}Fe_2Mn_4$ (α-$Al_{15}(Fe, Mn)_3Si_2$) ve Si_2Zr fazını meydana getirmektedir. Denge şartlarında katılaşmaya bağlı olarak daha düşük sıcaklıklarda hem $Al_9Fe_2Si_2$ hem de Mg_2Si fazının oluştuğunu öngörmek mümkündür. (Vončina vd., 2019)

Divrik tarafından gerçekleştirilen çalışmada otomotiv endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan $AlSi_5Cu_3Mg$ alaşımı ile kokil döküm yönteminden faydalanılarak üretilen parçalar üzerinde döküm sıcaklığı, solüsyona alma ve suni yaşlandırma sürelerinin malzemenin mikroyapısal ve mekanik özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda en yüksek ürün kalitesini elde etmek amacıyla ilgili proses şartları araştırılmıştır. Çalışmada sırasında kullanılan $AlSi_5Cu_3Mg$ alaşımı içerisindeki Si miktarının %4,5-7 aralığında tutulması tercih edilmiştir. İlgili alaşım kullanılarak üç farklı döküm sıcaklığında imal edilen numunelere, tahribatsız muayene ve kimyasal analiz kapsamında X-Ray analizleri uygulanmıştır. X-Ray analizi sonucunda uygun görülen numunelere, 495 °C solüsyona alma sıcaklığında, 4-8 saat sabit sürelerde bekletilmiş ve ardından su verme ve 170 °C sıcaklıkta ve 6, 7, 8, 9 ve 10 saat sürelerinde suni yaşlandırma işlemine tabii tutulmuştur. Numunelerin mekanik özelliklerini ortaya koymak amacıyla çekme ve sertlik testleri, mikroyapısal özellikleri için ise mikroyapı analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, farklı ısıl işlem koşullarına bağlı olarak meydana gelen faz oluşumlarını belirlemek amacıyla Java tabanlı bir yazılım olan JMatPro simülasyon yazılımından yararlanılmıştır. Tüm analizler sonucunda, en yüksek dayanımın, 715°C döküm sıcaklığı, 495 °C' de 4 saat solüsyona alma ve 170°C' de 10 saat yaşlandırma süresine maruz bırakılan numune üzerinde elde edildiği gözlemlenmiştir. Mekanik sonuçlar incelendiğinde T6 ısıl işlemine maruz bırakılan numunelerin, T4 ısıl işlemi ile kıyaslandığında, çekme dayanımına etkisinin %14,30 oranında daha fazla olduğu ve % uzama miktarlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, T4 ısıl işlemine kıyasla, T6 ısıl işlemi sonrasında çökeltilerin homojen olarak dağıldığı görülmüştür. JMatPro yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde soğuma hızının artması ile birlikte genel mukavemet değerlerinin de arttığı sonucuna varılmıştır. (Divrik, 2019).

Baganis ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ısıl işlem şartlarının Al-Mg-Si alaşımlarının mikroyapısı ve mekanik özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Tavlama ve yaşlandırma simülasyonları MultiPhase-Field tabanlı MICRESS yazılımı üzerinde yürütü-

lürken, alaşıma ait faz diyagramlarının ortaya konulması için ThermoCalc yazılımından yararlanılmıştır. MICRESS aracılığıyla gerçekleştirilen 400°C/5 dakikalık tavlama simülasyonu sonucunda, yeniden kristalleşme mekanizmasının yavaşlaması ve yeniden kristalleşmiş tanelerin ortalama yarıçapı üzerinde ikincil nanoparçacıkların küçük bir etkisi olduğu saptanmıştır. Bu yavaşlamanın düşük ara yüzey hareketliliği ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca düşük yaşlandırma sıcaklıklarının ara yüzey hareketliliğinin çökelme mekanizması üzerinde daha önemli bir etkisi olduğu ileri sürülmüştür. Diğer bir yandan, sıcaklığın yükselmesi difüzyon mekanizmasının ciddi şekilde hızlanmasına neden olarak, hem Al matris fazı tanelerinin iç kısımlarında hem de ara yüzeylerde çekirdeklenen ve büyüyen çökelti parçacıklarının kabalaşmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. (Baganis vd., 2021, ss. 241)

Zou ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada AlSi3.5Mg0.5Cu0.4 ve A356 olmak üzere iki farklı alüminyum alaşımının akışkanlığı ve sıcak yırtılma duyarlılığı üzerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda TCAL veritabanı ile dotanılmış ThermoCalc yazılımından faydalanılarak termal analizler ve termodinamik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Alaşımların akış özellikleri ve sıcak yırtılmaya karşı duyarlılıkları spiral ve çubuk döküm kalıpları kullanılarak karşılaştırılmıştır. AlSi3.5Mg0.5Cu0.4 alaşımının akışkanlığının, sahip olduğu geniş katılaşma aralığı ve yüksek dendrit tutarlılık noktası (TDCP) nedeniyle A356 alaşımına kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca, AlSi3.5Mg0.5Cu0.4 alaşımının sahip olduğu daha geniş hassas sıcak yırtılma aralığı nedeniyle daha yüksek bir sıcak yırtılma duyarlılığı gösterdiği tespit edilmiştir. ThermoCalc yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucunda ise katılaşma sürecinde daha keskin bir dikliğe sahip olan alaşımların yüksek bir sıcak yırtılma duyarlılığına sahip olduğu ileri sürülmüştür. (Zou vd., 2021, ss. 1-15).

2.2. Alüminyum Alaşımları ve Döküm Simülasyonları Çalışmaları

Li ve arkadaşları ise yüksek basınçlı döküm yöntemiyle imal edilen bir klima kompresör gövdesinin ısıl işlem uygulandıktan sonraki akma mukavemetinin gelişimi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu bağlamda döküm prosesi sırasındaki mikroyapısal gelişimin simüle edilmesi üzerine odaklanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen simülasyon modeli döküm sürecini optimize etmek amacıyla kullanılmıştır. Simülasyon çalışmaları sırasında metal dolumu, termal ve mikroyapısal analizleri gerçekleştirmek amacıyla MagmaSoft döküm simülasyonu yazılımından faydalanılmıştır. Döküm malzemesi olarak A383 alüminyum döküm alaşımı kullanılmıştır. Metal dolumu üzerine gerçekleştirilen analiz sonucunda döküm işleminin 10 saniyeden daha kısa sürede başarılı bir şekilde tamamlandığı tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen mikroyapısal analizler sonrasında katılaşma süresi arttıkça alt diskten yanal duvarlara doğ-

ru ötektik Al_2Cu fazının artma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Disk merkezi içerisinde ötektik Al_2Cu fazının ağırlıkça yaklaşık %1,5 oranında olduğu görülürken, bu oranın kalıp duvarlarına doğru yaklaşık olarak %0,5 oranında olduğu saptanmıştır. Isıl işlem sonrası akma dayanımının belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen analizlerde disk merkezinin duvarlara kıyasla daya düşük akma dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin diskin katılaşma prosesinin daha geç tamamlanması ve dolayısıyla daha fazla ötektik Al_2Cu fazı oluşması ile ilişkilendirilmiştir. Bu durumun ise daha düşük akma dayanımına sahip bir yapının elde edilmesine sebep olduğu ileri sürülmüştür. (Li & Godlewski, 2005, ss. 1077-1081).

Ludwig ve arkadaşları gerçekleştirdikleri çalışmada AlSi7MgCu0.5 alüminyum alaşımından imal edilen farklı kalınlıklara sahip bir plaka tasarımında soğutma oranının mikroyapısal özellikler üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Döküm prosesi MagmaSoft yazılımı kullanılarak sanal ortamda simüle edilmiştir. Simülasyon sırasında ürüne ait mikroyapı, tane boyutu, ikincil dendrit kolları arası mesafe (SDAS) ve faz morfolojisi gibi özellikler detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Ayrıca, sanal-simüle ortamda elde edilen sonuçlar deneysel çalışmalar ile doğrulanmış ve her iki ortamdan elde edilen sonuçların birbirleri arasında uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon analizleri ve deneysel çalışmaların ardından SDAS değerlerinin plakanın artan et kalınlığına bağlı olarak artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, plakanın sol (yolluk sisteminden uzakta olan kısmı) ve sağ (geçit sistemine bağlanan) tarafındaki farklı soğutma hızlarından kaynaklı olarak SDAS değerlerinin farklılık gösterdiği ve sağ tarafta daha düşük bir SDAS değeri elde edildiği saptanmıştır. Faz morfolojisi üzerine gerçekleştirilen analizlerde mikroyapının Mg_2Si ve AlFeSi fazlarından oluştuğu gözlemlenmiştir. Tane boyutunun belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen analizler sonrasında, simüle ortamda tespit edilen tane boyutunun, mikroyapısal incelemelerle elde edilenden yaklaşık olarak iki kat daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Yine de her iki ortamda da gerçekleştirilen analizlerde düzgün bir tane boyutu dağılımına rastlanmıştır. Ayrıca, soğuma hızının tane boyutu üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Ludwig vd., 2011, ss. 331-336).

Manasijevic ve ekibi 2013 yılında yaptıkları çalışmada, alüminyum alaşımlı bir piston parçasının dökümünde proses parametrelerinin optimize edilmesinde, simülasyon yaklaşımlarından yararlanılmasının avantajlarını ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda iki farklı katılaşma sürecinin, AlSi13Cu4Ni2Mg alaşımı kullanılarak döküm yöntemiyle imal edilen piston parçasının makro ve mikro yapısı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca, söz konusu çalışmada istenilen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip iş parçasının modern tekniklerle eldesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, MagmaSoft programı ile gerçekleştirilen döküm analizlerinin

kısa sürede tatmin edici çözümler ortaya koyacağı belirtilmiştir. Çalışmada 110 ve 140s olmak üzere iki farklı soğuma hızı üzerine analizler gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, yalnızca iki tanesinin (110s ve 140s) birincil kristallerin ve diğer intermetalik fazların dağılımı, şekli ve boyutu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Daha yavaş soğutma hızı, bir başka deyişle daha uzun bir kürleme süresinde, birincil kristallerin daha büyük ve küresel biçimli olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışma ile, teknolojik parametrelerin optimizasyonunun endüstriyel koşullarda uygulanabilirliğinin ve piston üretiminde kullanılan alaşımların özelliklerinin geliştirilebilirliğinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, üretimde döküm simülasyonu yazılımlarından faydalanılmasının, geleneksel deneme-yanılma yöntemine kıyasla çok önemli avantajlar sağladığı belirtilmiştir (Manasijevic vd., 2013, ss. 255-261).

Lu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, 2A14 alüminyum alaşımlı bağlantı kolunun yapısal özelliği ve teknik özellikleri incelenmiştir. Basınçlı döküm ve katılaştırma aşamaları ProCAST programı ile simüle edilmiş ve döküm hatalarının önceden görülmesi sonucunda döküm işlemi iyileştirilmiştir. İlgili çalışma kapsamında, döküm hatalarının en fazla şaft ile bağlantı kolu arasında olduğunun belirlenmesine simülasyon işlemi katkı sağlamıştır. Bu sorun kalıp üzerinde oluşan gerilimi azaltmak için eriyik yoğunluğu arttırılması ile çözüme kavuşturulmuştur. ProCAST yazılımı tarafından sağlanan termodinamik veri tabanı sayesinde, 2A14 alüminyum alaşımının termal parametreleri hesaplanmıştır. 200°C'lik kalıp ön ısıtma sıcaklığı, 180s'lik kalıp dalma süresi (die sinking time) belirlenmiştir. Başlangıçta 700°C olarak belirlenen döküm sıcaklığı, metalin viskozitesini arttırmak ve akışkanlığı azaltmak amacıyla sayısal simülasyon ile optimize edilmiş ve 680°C'lik döküm sıcaklığı belirlenmiştir. Belirlenen parametreler sonucunda dökümün süreksizliği, çekinti boşluğu ve gözenekliliği gibi döküm hataları önlenmiş, enerji tüketimi minimuma indirilmiştir. Bu durum maliyette de iyileşme sağlamıştır. Bununla birlikte başlangıçta 1.6 s olarak belirlenen dolum süresi 2.3 saniyeye arttırılarak gaz tutma kusuru da engellenmiştir (Lu vd., 2013, ss. 549-552).

Koru ve Serçe tarafından yapılan çalışmada, yüksek basınçlı döküm yöntemiyle üretilen bir dişli kutusunun, Vulcan ve Flow3D simülasyon programlarından faydalanılarak farklı termal ve dinamik parametrelere bağlı analizleri gerçekleştirilmiştir. Simülasyonlar sırasında, kalıp sıcaklıkları 423 ve 573K, döküm sıcaklıkları 953K ve 1053K, enjeksiyon ikinci faz hızı 1, 3 ve 5 m/s olarak belirlenmiştir. Döküm ve kalıp malzemesi için, sırasıyla A380 alüminyum alaşımı ve H13 sıcak iş takım çeliği tercih edilmiştir. Bu parametrelerle, her iki analiz programı kullanılarak toplam 48 adet simülasyon çalışması yapılmıştır. Analizler neticesinde, döküm sıcaklığının 953K' den 1053K yükseltilmesiyle üründe porozite oluşumu-

nun azaldığı tespit edilmiştir. Kalıp sıcaklığının değişmesine bağlı olarak porozite miktarı değerlendirmelerinde, iki analiz programı farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bu gözlem doğrultusunda Vulcan programı ile 423K'de gerçekleştirilen analizde, porozite oluşumu açısından daha olumlu sonuçlar elde edilirken, benzer değerlerin Flow3D ile 573K' de elde edilebildiği ileri sürülmüştür. 3 ve 5 m/s ikinci faz hızlarında yapılan simülasyonlarda porozite miktarı ve dağılımı açısından olumsuz sonuçlar ortaya çıkmasının yanı sıra, dolum ağzında kalıba zarar verebilecek yüksek akışkan hızları tespit edilmiştir. 1 m/s ikinci faz hızında ise porozite bakımından seri üretime elverişli bir sonuç elde edilse de dolum ağzında istenen akış hızı sağlanamamıştır. Bu nedenle, çalışmada optimum şartları sağlayan ikinci faz hızının 2 m/s olduğu belirtilmiştir. İkinci fazın başladığı nokta olarak belirlenen topuk ve dolum ağızları karşılaştırıldığında, ikinci fazın dolum ağzında başlaması halinde, porozite oluşumunun azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu çalışma kapsamında, ikinci faz başlangıç noktası olarak dolum ağzı, ikinci faz hızı 2 m/s, döküm ve kalıp sıcaklıkları sırasıyla 1053 ve 573K olacak şekilde belirlendiğinde, Vulcan ve Flow3D ile gerçekleştirilen analizlerde, dişli kutusunda öngörülen porozite miktarlarının %2,72 ve %3,24 olarak karşımıza çıkacağı tespit edilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmanın sonuçlarında, ideal enjeksiyon şartlarında porozite miktarının %27 oranında azaldığı vurgulanmıştır (Koru & Serçe, 2015).

Kummitha ve arkadaşlarının yapmış olduğu diğer bir çalışmada farklı malzemeler kullanılarak imal edilmiş olan kanatlı silindir bloğunun termal analizi üzerine odaklanılmıştır. Bu kapsamda en hafif ürünün elde edilmesini sağlayan, yüksek mukavemetli ve en iyi ısı transferini sağlayan malzemenin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda bir bisiklet silindir bloğu GAMBIT yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Bilgisayar ortamında modellenen ürünün analizleri ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ağır vasıta silindir bloklarının çoğunun gri dökme demirler ve magnezyum alaşımları kullanılarak imal edildiği, fakat ortaya çıkan yüksek ağırlıklar sebebiyle bu malzemelere alternatif olacak yeni bir malzeme türüne ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Böylelikle, ilgili silindir bloğunun A356, A360, A380, 6061, alüminyum alaşımları, metal matrisli alüminyum kompozit, magnezyum alaşımı ve gri dökme demir kullanılarak üretilmesi ve farklı malzemelerin ağırlık, ısı transfer hızı ve mukavemet açısından birbirleri ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Sanal ortamda gerçekleştirilen analizler sonucunda alüminyum alaşımı kullanılarak imal edilen silindir bloğunun daha hafif, daha iyi ısı transfer hızına ve yüksek mukavemete sahip olacak şekilde imal edilebildiği kanıtlanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde alüminyum alaşımlarından imal edilen silindir bloklarının ortalama yüzde oranında daha yüksek çekme mukavemetine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yoğunluk açısından değerlendirildiğinde

en düşük yoğunluğa sahip olan ürünlerin sırasıyla Mg alaşımı ve Al alaşımlarından imal edilen silindir bloklarında elde edildiği tespit edilmiştir. En iyi ısı transfer hızı ise yine alüminyum alaşımları kullanılarak imal edilen silindir bloklarında saptanmıştır (Kummitha ve Reddy, 2017, ss. 8142-8148).

Li ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma kapsamında, A356 alüminyum alaşımından imal edilen otomobil kontrol kolunun, kalıp dolum hızının düşük ve dolum basıncının yüksek olduğu sıkıştırmalı dökümü sırasında karşılaşılan büzülme boşluğu gibi istenmeyen döküm hatalarının simüle edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Döküm işleminde oluşan büzülme boşlukları ve büzülme kusurları gibi döküm hatalarını engellemek için MagmaSoft simülasyon programından yararlanılmıştır. Kontrol kolunun maksimum ve minimum kalınlıkları sırasıyla 40 mm ve 10 mm'dir. Kontrol kolunun ağırlığı 3,5 kg olup kalıp malzemesi olarak ise H13 çelik kullanılmıştır. Büzülme gözenekliliğinin engellenmesi için tutma basıncının arttırılması, yerel ekstrüzyona başvurulması, sıcak noktaların görüldüğü bölümlere soğutma suyu eklenip parçanın hızlı soğutulması işlemine başvurulmuştur. Katılaşma gerçekleşirken Al-Si'nin faz diyagramına göre, önce α-Al fazının çökeldiği ve kristalleşme sürecinde ötektik reaksiyon gözlemlendiği kanısına varılmıştır. Katılaşma sürecinin mikroyapı analizi gerçekleştirilmiş ve ekstrüzyon işlemi uygulanmasına karar verilmiştir. Teorik döküm sıkıştırma basıncı 100 MPa olarak hesaplanırken, simülasyon programı MagmaSoft sayesinde en uygun sıkıştırma basıncının 140 MPa olduğu kararlaştırılmıştır. Kullanılan yazılım sayesinde büzülme gözenekliliği kusurunun konumu doğru bir şekilde belirlenmiştir. Ayrıca kontrol kolunun üst kısmında meydana gelen büzülme kusuru 130 MPa basınç uygulanarak ortadan kaldırılmıştır. Kolun orta kısmına ise soğutma hatta eklenerek, Al alaşımının katılaşma hızı arttırılmıştır (Li vd., 2017, ss. 941-947).

Zhenglong ve Qi isimli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada, A356 alüminyum alaşımından imal edilen bir otomobil kontrol kolunun şekillendirme prosesini simüle etmek amacıyla TherCast ve Forge yazılımlarından yararlanılmıştır. İlgili çalışmada, döküm hızı, dövme sıcaklığı ve T6 ısıl işleminin, ürünün mikroyapı ve mekanik özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Döküm hızının, sıkıştırmalı dökümden elde edilen parçalardaki porozite dağılımına olan etkilerinin öngörülmesinde TherCast döküm simülasyonu yazılımı kullanılmıştır. Ardından, dövme sıcaklığı ve besleme hızının, porozite üzerine etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla Forge yazılımından faydalanılmıştır. Ayrıca, sanal ortamda elde edilen sonuçların doğruluğunu kanıtlamak amacıyla, laboratuvar çalışmalarıyla mikroyapı analizleri ve mikro sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Artan döküm süresine (azalan döküm hızı) bağlı olarak parçada oluşan

porozite miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, döküm hızı, dövme sıcaklığı ve besleme hızının, birleştirilmiş proses ile elde edilen parçaların porozite dağılımı üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Efektif gerinim 1,6 değerini aştığında, dendritik yapının tamamen bozulduğu ve ötektik-Si fazının parçalandığı gözlemlenmiştir. T6 ısıl işlemi ile silisyum partiküllerinin küreselleştiği ve alüminyum matris dayanımının arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, ısıl işlem sonrasında alınan mikro sertlik ölçümleri sonucunda, sertliğin 20 HV kadar arttığı belirlenmiştir (Zhenglong & Qi, 2018, ss. 1-5).

Kenar ve arkadaşları tarafından yüksek sızdırmazlık özelliği istenen egzoz gazı arıtma sistemi parçasının, havalandırma sisteminin iyileştirilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirilmiştir. AlSi12Cu1(Fe) alaşımının kullanılarak yüksek basınçlı döküm yöntemiyle üretim gerçekleştirilmiştir. Döküm sıcaklığı 660°C, çalışma basıncı ise 1050 bar olarak belirlenmiştir. Döküm süreksizliği ve gaz kabarcığı gibi istenmeyen döküm hatalarının önüne geçilebilmesi amacıyla döküm simülasyon programı olan MagmaSoft programından yararlanılmıştır. Kalıp tasarımındaki karmaşıklık nedeniyle ortaya çıkan mevcut kusurlar, yeni bir havalandırma tasarımı gerçekleştirilerek, havalandırma yüzey alanı 126mm^2' den 312mm^2' ye yükseltilmiştir. Bu sayede döküm içerisindeki havanın daha iyi sıkışması ve gaz kabarcıklarının oluşmasının önlenebildiği belirtilmiştir. Mevcut modeldeki red edilme oranı azaldığı ve kalite düzeyinin arttığı gözlemlenmiştir. Parçanın gerçek zamanlı üretimi gerçekleştirilmiş olup, X-Ray incelemeleri ile tespit edilen tüm kusurların giderildiği kanısına varılmıştır (Kenar vd., 2018).

Patnaik ve arkadaşları 2020 yılında, iki tekerlekli bir otomobile ait krank kutusu (karter) için yüksek basınçlı döküm kalıbı geliştirilmesi üzerine çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Bu kapsamda yüksek basınçlı döküm yöntemi için gerekli olan tasarım parametreleri değerlendirilmiş ve süreç adım adım ele alınmıştır. Çalışmada eriyik olarak Al-Si-Cu alaşımı tercih edilmiştir. Sanal ortamda gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sırasında, dolum sıcaklığı, dolum süresi, katılaşma, hava basıncı ve soğutma sistemi gibi değişkenlerin değerlendirilmesi için MagmaSoft yazılımından faydalanılmıştır. Sonuçlar analiz edildiğinde, ekstra soğutma kanalları ve merkezi taşmanın dahil edildiği geliştirilmiş modelin dökümde daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Geliştirilen model ile, doldurma süresinin 8 ms azaldığı ve kalıp boşluğunda hava basıncı için olumlu sonuçlar ortaya koyduğu saptanmıştır. Ayrıca, minimum katılaşma süresine ulaşılmasını mümkün kılan noktasal soğutmanın, hat soğutmaya kıyasla daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu belirtilmiştir (Patnaik vd., 2020, ss. 563-571).

Örmeci ve ekibi gerçekleştirdikleri çalışmada, hurda ve çekinti gözenekliliği gibi üretim problemlerine rastlanan, AlSi11 alaşımı kullanılarak

alçak basınçlı döküm yöntemiyle üretilen bir janta ait proses doğrulama ve iyileştirme çalışmalarını yürütmüşlerdir. Çalışmada ürünlerde oluşan çekinti gözenekliliği probleminin hatalı basınç eğrisinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Detaylı analiz çalışmalarının ardından, jantın tasarımı Catia V5 programı kullanılarak yapılmıştır. Ardından, MagmaSoft döküm simülasyonu yazılımından faydalanılarak proses geliştirme çalışmaları yürütülmüştür. Döküm simülasyonları ile, kalıba sıvı metalin giriş sıcaklığı, soğutma hızı, çevrim süresi gibi parametrelerin optimizasyonu sağlanmıştır. Bu kapsamda, jant üretimi için yeni bir döküm reçetesi geliştirilmiştir. Simülasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar, gerçek üretim verileriyle karşılaştırılmış ve değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Eski döküm kartı ile üretilen jantlardan elde edilen numuneler incelendiğinde, büyük çaplı ve yoğun miktarda porozitelerin varlığı gözlemlenmiştir. Yeni döküm kartlarından faydalanılarak elde edilen ürünlerden alınan numuneler üzerinde yapılan incelemelerde ise, porozitelerin küçük çapta ve az miktarda olduğu tespit edilmiştir. Yapılan proses iyileştirme çalışmaları sonucunda, seri üretimde hurdaya ayrılan jant oranı %35'ten %9'a kadar düşürülmüştür. Böylelikle enerji kaynaklarının daha verimli kullanımı sağlanmış ve yüksek ihracat kapasitesine ulaşılmıştır (Örmeci vd., 2020, ss. 1060-1073).

Işık ve arkadaşları gerçekleştirmiş oldukları çalışmada, MagmaSoft yazılımından faydalanarak yüksek basınçlı döküm yöntemi ile AlSi9Cu3 alüminyum alaşımı esaslı jant üretimini simüle etmişler, dökülebilirlik ve tasarım doğrulama çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Döküm sıcaklığının 670ºC olarak belirlendiği çalışmada, kalıp malzemesi olarak X40CrMoV51 alaşımı tercih edilmiş olup, kalıp sıcaklığı 180ºC olarak yağ ile kontrol altında tutulmuştur. Döküm öncesi sırasıyla kalıp yağlama ve hava üfleme işlemleri 8'er saniye olacak şekilde ayarlanmıştır. Enjeksiyon hız profili ise, 1. faz hızı artan ivmelenme ile max. 0,2 m/s ve 2. faz hızı 4,0 m/s hıza ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Katılaşma esnasında uygulanan spesifik basınç ise 800-1000 bar aralığında olacak şekilde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, alçak basınçlı döküm yöntemiyle dakikalar mertebesinde dökümü gerçekleştirilen bir jantın, yüksek basınçlı döküm yöntemiyle saniyeler mertebesinde dökülebildiği MagmaSoft simülasyon programından faydalanılarak tespit edilmiştir. Bu durumun alüminyum alaşımı esaslı jantların seri üretimine hız kazandıracağı ileri sürülmüştür. Ayrıca, yüksek basınçlı döküm yönteminin jant üretiminde alçak basınçlı döküm yöntemine kıyasla daha hızlı katılaşma sağladığı tespit edilmiştir. Diğer bir yandan, döküm sonrası ısıl işlem uygulamalarına gereksinim duyulmadan istenilen dayanıma sahip ürünlerin elde edilebildiği ve dolayısıyla enerji maliyetlerinden kazanç sağlanacağı öngörülmüştür. Söz konusu çalışmanın, yüksek basınçlı döküm yönteminde soğutucu kanal-

lardan farklı karakterlere sahip sıvıların geçirilmesiyle katılaşmanın daha hızlı bir şekilde gerçekleştirilebileceği ve böylelikle ürün özellikleri ve katılaşma sürecine yeni bir yaklaşım getireceği savunulmuştur (Işık vd., 2020, ss. 125-132).

Khan ve arkadaşları çalışmada, sanal ortamda MagmaSoft simülasyon programını kullanarak, nispeten karmaşık bir geometriye sahip türbin çarkının gözeneklilik gibi döküm hataları olmadan dökülmesini hedeflemişlerdir. Türbin çarkları yüksek kuvvetlere maruz kalan ve aynı zamanda dönen bir parça olduğu için sıklıkla tercih edilen bir alüminyum alaşımı olan AlCu4TiMg alaşımı kullanılarak simüle edilmiştir. İlgili alaşımın işlenebilirlik özelliğinin de maksimum verimlilikte olması sağlamıştır. Döküm düzeneği SolidWorks programında modellenmiş ve MagmaSoft programına aktarılmıştır. Dökümün toplam ağırlığı yaklaşık 10 kg, döküm süresi 5 s, eriyiğin başlangıç sıcaklığı 720°C ve kalıp sıcaklığı 20°C olarak belirlenmiştir. İlk simülasyon sonucunda dökümde gözeneklilik gözlemlenmesi sonucu döküm düzeneği değiştirilmiştir. Katılaşma sırasında daha fazla metal transferi sağlayabilmek için yükselticinin çapı arttırılmış ve gözeneklilik azaltılmıştır. Ardından simülasyon yeniden yapılmıştır. Ayrıca, sanal ortamda gerçekleştirilen döküm prosesleri gerçek üretim koşullarında yeniden gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçların uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. Kusurların tahmini ve minimizasyonu sağlanmış, minimum hataya sahip, yüksek kalite ve performanslı türbin çarkı üretimi gerçekleştirilmiştir (Khan vd., 2020, ss. 197-209).

Doğdu ve ekibi tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada A356 alüminyum alaşımında silisyum modifikasyonu üzerinde Sr ilavesi ve bunun döküm parçanın soğuma hızına etkileri araştırılmıştır. Sr miktarının alaşım üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla 150, 250, 350 ve 450 ppm Sr ilavelerinin yapılması tercih edilmiştir. Belirlenen farklı kompozisyonların her biri kullanılarak 5 farklı jant kolunun sanal ortamda döküm simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Sanal ortamda gerçekleştirilen döküm simülasyonları sırasında MagmaSoft yazılımından faydalanılmıştır. Tane yapısı üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda Sr ilavesinin dendritler arasındaki ötektik yoğunluğu azalttığı gözlemlenmiştir. 250 ppm Sr ilavesi yapılarak gerçekleştirilen döküm işlemleri sonrasında ürün üzerinde büyük miktarda büzülme ve porozite oluşumuna rastlanılmıştır. Mekanik özellikler açısından 250 ppm Sr ilavesinin mukavemet açısından en olumlu sonuçlar ortaya koymasına karşın ortaya çıkan porozite oluşumu bu durumu olumsuz yönde etkilemektedir. Gerçekleştirilen çalışma kapsamında 150 ppm Sr ilavesi yapılarak elde edilen alaşım kullanılarak sanal ortamda üretilen jant kolunun diğerlerine kıyasla performans açısından en yüksek verimi sağladığı tespit edilmiştir (Doğdu vd., 2021, ss. 275-283).

GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu kitap bölümünde, alüminyum alaşımlarının hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımları ve döküm simülasyonları ile bilgisayar ortamında tasarlanması, incelenmesi ve laboratuvar ölçekli test ve karakterizasyon çalışmalarıyla doğrulanmasını konu alan akademik ve endüstriyel alanlarda gerçekleştirilen araştırmalar kronolojik sıraya dikkat edilerek bir arada verilmiştir.

Hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımlarından faydalanılarak, alüminyum alaşımlarında alaşım elementleri ve ısıl işlem parametrelerindeki değişimin, alaşımların fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkilerinin ortaya konulabildiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, farklı alaşım kompozisyonlarının katılaşma grafikleri ve faz diyagramlarının yine ilgili teknolojik yaklaşımlardan yararlanılarak elde edilebildiği görülebilmektedir. Böylelikle alüminyum alaşımlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin, zaman, enerji ve iş gücü gerektiren deneme-yanılma faaliyetlerine gerek kalmadan, hızlı ve doğru şekilde ortaya konulabileceği görülmüştür.

Kitap bölümü içerisinde yer alan çalışmalar incelendiğinde, döküm simülasyonlarının kullanılmasıyla farklı proses ve ısıl işlem parametrelerinin iş parçası üzerindeki etkilerinin ve parça geometrisi-katılaşma süreci ilişkisinin tespit edilebildiği görülmektedir. Ayrıca, döküm parametrelerine bağlı olarak, ürün üzerinde kalitesizlik olarak ortaya çıkan çeşitli döküm hatalarının uzun süren araştırma çalışmalarına gerek kalmadan ortaya konulabilmesi ve yine simülasyon çalışmaları sayesinde, bu sorunların hızlı bir şekilde, gerçek üretim öncesi çözümü mümkün olmaktadır. Söz konusu döküm simülasyonu uygulamaları, ürün üzerinde gerçekleştirilen analizlerde, özellikle sanayi odaklı çalışmalarda büyük bir fayda sağlamaktadır.

Hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımlarının ve döküm simülasyonlarının ayrı ayrı sağladığı faydaların yanı sıra ilgili prensiplere dayalı olarak çalışan yazılımların, son yıllarda gelişen teknoloji ile entegre şekilde çalışabilmesi sayesinde bütünleşik hesaplamalı malzeme mühendisliği yaklaşımları doğmuştur. Böylelikle hesaplamalı malzeme mühendisliği ile elde edilen malzeme verileri diğer bir yazılımda girdi olarak kullanılabilmektedir. Bu sayede, malzeme biliminin temelini oluşturan yapı-özellik-işlem-performans ilişkisi açıkça kurulabilmektedir. Bütünleşik hesaplamalı malzeme mühendisliği ile elde edilen çıktılar, özellikle endüstriyel uygulamalar için bir bilgi kaynağı olarak hizmet edecektir. Bu yenilikçi yaklaşım, üretim prosesinin ham maddeden son ürüne kadar ekonomik bir modelinin oluşturulmasını sağlayacaktır. Tüm imalat sürecinin dijital ikizleri, ülkemizdeki üretim üsleri için değerli bir bilgi kaynağı olacaktır. Bu bağlamda, ilgili kitap bölümünün hem üreticiye hem

konuyla ilgili çalışan akademisyenlere yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Söz konusu çalışma, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018-182 Numaralı Proje ile desteklenmiştir. Bu kapsamda, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Assadiki, A., Esin, V. A., Bruno, M. ve Martinez, R. (2018). Stabilizing effect of alloying elements on metastable phases in cast aluminum alloys by CALPHAD calculations, *Computational Materials Science*, *145*, 1–7. doi: 10.1016/j.commatsci.2017.12.056

Andersson, J.-O., Helander, T., Höglund, L., Shi, P. ve Sundman, B. (2002). Thermo-Calc & DICTRA, computational tools for materials science. *CALPHAD, 26*(2), 273–312. doi: 10.1016/S0364-5916(02)00037-8

Baganis, A., Bouzouni, M., & Papaefthymiou, S. (2021). Phase Field Simulation of AA6XXX Aluminium Alloys Heat Treatment, *Metals, 11*(2), 241. doi: 10.3390/met11020241

Campbell, J. (2003). *Castings: The New Metallurgy Of Cast Metals*, UK: Butterworth Heinemann.

Çağan, S.Ç., Uğurlu, M., Buldum, B. B. (2017). Alüminyum ve alaşımlarının askeri araçlarda kullanımı, *Uluslararası Savunma Sanayi Sempozyumu*, 402-406.

Çakanyıldırım, Ç. ve Gürü, M. (2021). Alüminyum üretim teknolojilerindeki gelişmeler, çevreye etkisi ve uygulama alanları, *Politeknik Dergisi*, *24*(2), 585-592. doi: 10.2339/politeknik.707885

Divrik, E. (2019). *AlSi5Cu3Mg alaşımının kokil döküm yöntemi ile üretimi, ısıl işlem sonrası metalurjik ve mekanik karakterizasyonu*, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa, 2019.

Doğdu, B., Aybarç, U., Gündoğdu, S., Ertuğrul, O. (2021). Determination of the effect of cooling rate and strontium amount on eutectic Si modification performance of A356 alloy via casting simulation, C*elal Bayar University Journal of Science*, *3*(17), 275-283. doi: 10.18466/cbayarfbe.869010

Guo, Z. ve Sha, W. (2005). Quantification of precipitate fraction in Al–Si–Cu alloys, *Materials Science and Engineering: A*, *392*(1-2), 449–452. doi: 10.1016/j.msea.2004.09.020

Işık, S.B., Zeren, M. ve Atamay, K. (2020). Yüksek basınçlı döküm yöntemi ile alüminyum alaşımlı otomobil jant üretiminin simülasyonu, *Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *3*(1), 125-132.

Kabir, M.S., Minhaj, T.I., Ashrafi, E.A. ve Islam, M.M. (2014). The ınfluence of ageing time and temperature on the structure and properties of heat treated A201.0 aluminum alloy, *International Journal of Recent Technology and Engineering*, *3*(3), 78-83.

Kaufman, J. G. ve Rooy, E. L. (2004). *Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications*, ASM International

Kapranos, P. vd. (2003). Thixoforming of an automotive part in A390 hypereutectic Al–Si alloy, *Journal of Materials Processing Technology*, *135*(2–3), 271-277. doi: 10.1016/S0924-0136(02)00857-9

Kenar, O., Doğan, A., Topçu, F., Altuncu, E. (2018). Performance evaluation of overflow designs on cold shut and blister defects on aluminum die casting, *19. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*.

Khan, M.A.A. ve Sheikh, A.K. (2018). A comparative study of simulation software for modelling metal casting processes, *International Journal Of Simulation And Process Modelling*, *2*, 197-209. doi: 10.2507/IJSIMM17(2)402

Khan, M.A.A., Sheikh, A.K., Asad, M. (2020). Mold design and casting of an ımpeller using MAGMASoft, *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 1579-1583. doi: 10.18178/ijmerr

Kummitha, R., Reddy, B. V. R. (2017). Thermal analysis of cylinder block with fins for different materials using ANSYS, *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 8142–8148. doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.155

Koru, M. ve Serçe, O. (2015). Yüksek basınçlı döküm prosesinde enjeksiyon parametrelerine bağlı olarak döküm simülasyon, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, *36*(5), 10-23. doi: 10.17776/csj.51962

Lee, J. G. (2017). *Computational materials science an introduction*, Second Edition, New York: CRC Press.

Li, M., Zindel, J. V., Godlewski, L.A., Olukalns, A. E., Wolverton, C., Allison, J. E. (2005). Simulation of microstructures and yield strength of a high pressure die cast A383 aluminum alloy component, *The Minerals, Metals & Materials Society, Light Metals,* 1077-1081.

Li, Yize., Yang, H., Xing, Z. (2017). Numerical simulation and process optimization of squeeze casting process of an automobile control arm, *Springer*, 941-947. doi: 10.1007/s00170-016-8845-4

Ludwig, A., Wu, M. (2011). Numerical microstructure prediction for an aluminium casting and ıts experimental validation, *China Foundry ,8*(3), 331-336.

Lu, H., Chen, R., Zhao, Y., Li, Z., Yang, H. (2013). Numerical simulation and process optimization of aluminum alloy connecting rod based on ProCAST, *Advances in Manufacturing Science and Engineering,* 549-552. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.712-715.549

Manasijevic, S., Pavlovic-Acimovic, Z., Raic, K., Radisa, R. ve Kvrgić, V. (2013). Optimisation of cast pistons made of Al–Si piston alloy, *International Journal of Cast Metals Research*, *26*(5), 255–261. doi: 10.1179/1743133612Y.0000000007

Medved, J., Kores, S. ve Vončina, M. (2018). Development of innovative Al–Si–Mn–Mg alloys with high mechanical properties, *Light Metals 2018*, 373–380. doi: 10.1007/978-3-319-72284-9_50

Ovrutsky, A.M. Prokhoda, A.S. ve Rasshchupkyna, M.S. (2004). Computer Modeling of Physical Phenomena and Processes, *Computational Materials Science,* 1-33. doi: 10.1016/B978-0-12-420143-9.00001-6

Örmeci, İ., Aydoğan, F. ve Selbaş, R. (2020). Increasing quality of a wheel produced by LPDC with MAGMASoft, *Manisa Celal Bayar Unıversıty III. National Unıversity Industry Cooperation*, R&D and Innovation Congress.

Patnaik, L., Saravanan, I. ve Kumar, S. (2020). Die casting parameters and simulations for crankcase of automobile using MAGMASoft, *Materials Today: Proceedings*, 22, 563-571. doi: 10.1016/j.matpr.2019.08.208

Stojanovic, B., Bukvic, M. ve Epler, I. (2018). Application of aluminum and aluminum alloys in engineering, *Applied Engineering Letters*, *3*(2), 52-62. doi: 10.18485/aeletters.2018.3.2.2

Schäfer, M. (2006). *Computational engineering-introduction to numerical methods*, Berlin : Springer-Verlag.

Thornton, K. vd. (2009). Computational materials science and engineering education: A Survey Of Trends And Needs, *JOM*, *61*(10), 12-17.

Vijayakumar, R., Ramesh, C., Boobesh, R., Ram Surya, R. ve Souder Rajesh, P. (2020). Investigation on automobile wheel rim aluminium 6061 and 6066 alloys using ANSYS WORKBENCH, *Materials Today: Proceedings.* 33(7), 3155-3159. doi: 10.1016/j.matpr.2020.03.798

Vončina, M., Medved, J., Kores, S., Xie, P., Schumacher, P. ve Li, J. (2019). Precipitation microstructure in Al-Si-Mg-Mn alloy with Zr additions, *Materials Characterization*, 155 109820. doi: 10.1016/j.matchar.2019.109820

Yağcı, T., *Alüminyum-Silisyum Alaşımlarının ve Alçak Basınçlı Döküm Prosesinin Simülasyon Destekli Tasarımı ve Mühendislik,* Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 2021.

Yang, Y., Yu, K., Li, Y., Zhao, D. ve Liu, X. (2012). Evolution of nickel-rich phases in Al–Si–Cu–Ni–Mg piston alloys with different Cu additions, *Materials & Design*, 33, 220–225. doi: 10.1016/j.matdes.2011.06.058

Zhenglong, L. ve Qi, Z. (2018). Simulation and experiment research on squeeze casting combined with forging of automobile control arm, *Advanced Manufacturing*, 2. doi: 10.1115/IMECE2018-86006

Zaldívar-Cadena, A.A. ve Flores-Valdés, A. (2007). Prediction and identification of calcium-rich phases in Al–Si alloys by electron backscatter diffraction EBSD/SEM, *Materials Characterization*, *58*, 834–841. doi: 10.1016/j.matchar.2006.12.006

Zhao, J.W. ve Wu, S.S. (2010). Microstructure and mechanical properties of rheodiecasted A390 alloy, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, *3*(0), 754-757.

Zou, G., Chai, Y., Shen, Q., Cheng, T. ve Zhang, H. (2021). Analysis of the fluidity and hot tearing susceptibility of AlSi3.5Mg0.5Cu0.4 and A356 aluminum alloys, *International Journal of Metalcasting.* doi: 10.1007/s40962-021-00649-w

Bölüm 11

ÜNİVERSİTE KAMPÜS BİNALARI İÇİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE TASARRUFU ÖNERİLERİ

Derya Betül ÜNSAL[1]

Koray KARABULUT[2]

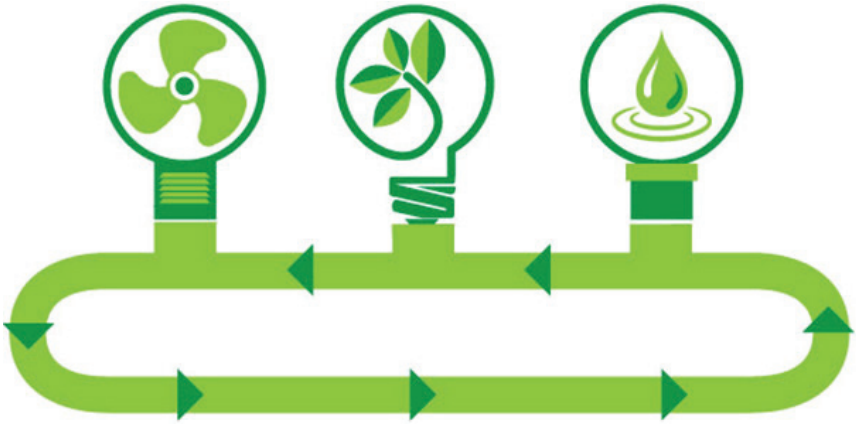
1 Dr. Öğr. Üyesi, Sivas Cumhuriyet Üni., Fen Bilimleri Ens., Enerji Bilimi ve Teknolojisi Mühendisliği Böl. dbunsal@cumhuriyet.edu.tr, (Sorumlu Yazar), ORCID: 0000-0002-7657-7581

2Doç. Dr., Sivas Cumhuriyet Üni., Sivas Teknik Bilimler M.Y.O., Elektrik ve Enerji Böl., kkarabulut@cumhuriyet.edu.tr,
ORCID: 0000-0001-5680-0988

Dünyada son yıllarda, Birleşmiş Milletler Kalkınma hedefleri doğrultusunda hazırlanmış olan yeşil mutabakat ile daha çok dikkat çekmeye başlayan enerji verimliliği ve tasarrufu, 2030 yılına kadar sera gazı veya karbon emisyonlarının 1990 yılına kıyasla yüzde 55 azaltılmasını hedeflenmektedir. Yeşil mutabakat, imza sahibi ülkeleri ve bu ülkelerle enerji anlaşması içerisinde olan diğer ülkeleri ciddi yükümlülüklere tabi tutmaktadır. Enerji verimliliği ve tasarrufu alanında yapılan son dönem çalışmaları incelendiğinde, verimlilik için yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını artırmayı öneren, metropol şehirler veya yüksek bloklu iş merkezleri için enerji tasarrufu sağlayacak birçok yöntem önerilmektedir. Ancak bu çalışmalar içerisinde sosyal kullanım alanı oldukça fazla olan üniversite kampüsleri içerisindeki binalara dair öneriler yetersiz kalmaktadır. Kampüs binaları için uygulanabilecek enerji verimliliği ve tasarrufu önlemleri değerlendirilirken, bazı farklılıklara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma özellikle hizmet sağlama amacıyla kullanılan üniversite kampüs binaları için uygulanabilecek enerji verimliliği ve tasarrufu önlemlerini özetlemeyi ve bu alanda çalışma yapacak olanlara bir rehber niteliği taşımayı hedeflemektedir.

Enerji kavramı, "Bir sistemin iş yapabilme yeteneği" olarak ifade edilmektedir. Sistemin iş yapabilmesi için enerji döngüsünde mutlaka bir kaynak harcaması gerekmektedir. Ancak bu yapı, Birleşmiş Milletler (BM) 2030 yılı Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları arasında bulunan, eğitim, çevre, su, iklim değişikliği, ekosistemlerin korunması, büyüme, enerji, yenilikçilik, üretim tüketim dengesi gibi başlıkları da içeren rapordaki sürdürülebilirlik tanımıyla çoğu zaman ters düşmektedir. BM'ye göre sürdürülebilirlik, "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınmak" olarak tanımlanmaktadır. Bu durum ise araştırmacıları şu soruya ulaştırmaktadır. "Çalışan herhangi bir sistemin hem enerji harcaması hem de sürdürülebilir olabilmesi mümkün müdür?"

Bu sorunun cevabı için Şekil 1'de gösterilen çevrim, verimlilik ve tasarruf amacıyla elektrik enerjisi, su ve ısı kaynaklarının birbirleri ile bağlantısını açıklamakta ve bütün binalarda uygulanması gereken enerji verimliliği önlemleri döngüsel olarak ifade etmektedir [1]. Enerji verimliliğine ulaşabilmek için ısı, elektrik, ulaşım ve sanayi gibi enerji ile ilgili bütün sektörler enerji sisteminin bir parçası olarak değerlendirilmeli ve bu sektörlerin kendi aralarında mevcut olan sinerjiden faydalanılmalıdır [2].



Şekil 1. *Enerji Yönetimi Döngüsü.*

Enerjinin, üretiminden tüketimine kadar her aşamasında verimlilik, tasarruf veya çevre sorunları ile karşılaşılabilir. Bu sebeple enerji arzının çevre ile dost, ekonomik ve güvenli kaynaklardan sağlanması, gün geçtikçe artan dünya nüfusu ile paralel olarak artan enerji talebinin en güvenli ve çevreci bir biçimde karşılayan bir anlayış ile birlikte, optimum denge sağlanarak oluşturulması, insanlık için yaşamsal bir gerekliliktir. Bu yaşamsal gereklilik, enerji talebini karşılarken kendi kendini yenileyebilen, sürdürülebilir enerji kaynakları arayışına yönlendirmektedir ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması tek başına enerji verimliliği sağlamaz. Yenilenebilir enerji kaynakları, üretim karakteristikleri itibariyle meteorolojik verilerle birlikte değişken üretim sağladıkları için güç sistemlerine entegrasyonunda birçok probleme sebep olabilmektedir. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının birlikte kullanılması gereken "Akıllı Şebeke" isimli yeni bir kavram ortaya çıkmaktadır. Bu kavram, Elektrik güç sistemlerine, bilgi ve haberleşme teknolojilerinin entegre edilmesiyle ortaya çıkmış, mevcut şebekeden daha esnek, daha etkili, daha kaliteli ve kesintisiz enerji sunabilen, daha ekonomik bir enerji üretim ve tüketim döngüsü sağlayan, kendi kendine gelişmiş karar verme mekanizmaları geliştiren, arıza veya kesintilere çözümler sunabilen bir altyapıya sahiptir [3].

Akıllı şebekelerin sağlayacağı en önemli avantajlardan biri, yenilenebilir enerji sistemlerinin elektrik güç şebekelerine entegrasyonu üzerinde olacaktır. Enerji verimliliğinin önemli parçalarından biri olan elektrik enerjisinin üretiminde, çevreye dost sürdürülebilir kaynakların elektriksel güç çıkışlarının değişkenliği ile ortaya çıkan arz talep dengesizliği problemini çözebilecektir. Konvansiyonel ya da fosil kaynaklardan elde edilen enerjinin yönetiminde güç sistemi esnekliği kavramı oldukça yetersiz kaldığı için yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, akıllı şebeke sistemi ile

birlikte kullanılarak daha verimli, daha kaliteli elektrik enerjisine daha tasarruflu şekilde ulaşılabilecektir.

2021 yılında Ticaret Bakanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı Raporu" na göre;

"Enerji sağlayan doğal kaynakların verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirilerek ülke refahına en yüksek katkının sağlanması amacıyla ülkemiz enerji stratejisinin temel unsurları arasında sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile uyumlu olarak çevreye ilişkin kaygıların enerji zincirinin her aşamasında dikkate alınması ve enerji verimliliğinin artırılması öne çıkmaktadır."

Aynı raporda enerji verimliliği hedeflerinin Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP 2017-2023) ile etkin bir biçimde uygulamaya geçirilmesi ve izlenmesi için "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi" nin uygulamasının artırılması da öngörülmüştür. Ayrıca, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına ve bu sayede enerji verimliliği sağlanarak karbon ayak izinin azaltılmasına da azami önem atfedilmektedir. 11. Kalkınma Planında, enerji arzının sürekli, kaliteli, sürdürülebilir, güvenli ve katlanılabilir maliyetlerle sağlanması temel amaç olarak belirlenmiş ve söz konusu amaç çerçevesinde enerji verimliliğinin ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin artırılmasına yönelik politika ve tedbirlere de yer verilmiştir. 1 Ağustos 2020 tarihi itibariyle başlatılan yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) kullanımının yaygınlaştırılması için önemli bir adım olarak değerlendirilebilecek Yeşil Tarife (YETA) uygulaması da enerji verimliliği ve tasarrufu sağlayacak önemli uygulamalardan biridir. YETA kapsamında elektrik kullanmak isteyen tüketiciler kendi bölgelerinde faaliyet gösteren tedarik şirketlerinden yazılı talepleri ile birlikte YEK' e dayalı elektrik temin edebilmektedir. YEK' lerden elektrik tedarik etmek isteyen tüketicilerin kullandıkları enerjinin bu kaynaklardan üretildiğinin şeffaf ve güvenilir bir şekilde tüketicilere kanıtlanabilmesi ise, "Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti" Belgesi (YEK-G Belgesi) ile sağlanacaktır. Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliği 14 Kasım 2020 tarihinde Resmi Gazete' de yayımlanmış olup, YEK-G uygulamasına 1 Haziran 2021 tarihinde başlanmıştır. Raporda, Enerji verimli ve düşük karbonlu ısıtma ve soğutma sistemlerinin kullanımından da bahsedilmiştir. Bu kapsamda özellikle kampüs içerisindeki binalarda uygulanabilecek önlemler değerlendirildiğinde şu sonuçlara ulaşılabilir: Isıtma ve soğutma sistemleri için akıllı enerji sistemlerinin kullanılması yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sistemlerinin daha verimli bir şekilde geliştirilmesini sağlayabilir. Bu sistemlerin çalışma yapısı enerji sektörleri arasında ortak bir kazanç sağlayarak, enerji tasarruflu çözümlerden yararlanabilmek için elektrik, termal ve gaz şebekelerinin entegrasyonudur [4].

Kampüs bölgelerinde Enerji verimliliği fırsatlarını belirlemenin bir yolu da mevcut binaların analiz edilmesidir. Mevcut binaların enerji verimliliği açısından işletmeye alınmasının faydalarını desteklemek için çok sayıda bina içi vaka çalışması ve referans bulunmaktadır. Örneğin; Madrid Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmaya göre, Infanta Sofia binasında yapılan uygulama, enerjinin verimli yönetimin güzel bir örneği olarak gösterilebilir. Bu kampüs binasında uygulanan önlemler ile su tüketimi %20 düşürülmüş ve tüketilen tüm elektriğin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi sağlanmıştır. Bu sayede beş yıl içinde CO_2 emisyonlarının %50 oranında azaltılmasına olanak tanınmıştır [2-4].

Avrupa Komisyonu'na göre ise, binalarda verimli enerji yönetimi sağlamak için uygulanabilecek olan önlemler üç grup şeklinde değerlendirilebilir. Birinci grup, özel finansman veya sermaye yatırımı gerektirmeyen basit önlemlerden oluşmaktadır, bunlar:

- Farklı ortam sıcaklıklarına sahip mekânlar arasında pencere ve kapıların açılmasının kontrol edilmesi.

- Isıtmayı sağlayan kazanların periyodik revizyonu ve bakımı.

- Soğutma sıvısı sızıntılarının giderilmesi de dâhil olmak üzere klima sisteminin periyodik revizyonu ve bakımı.

- Talep olmayan dönemlerde sıcak su sirkülasyonunun durdurulması.

- Mümkün olan her mekânda düşük tüketimli aydınlatma elemanlarının montajının sağlanması.

- Enerji tasarrufu sağlayan elektronik ekipmanların kullanımı.

İkinci grup, yöneticiler tarafından finanse edilebilecek eylemlerle ilgili düşük maliyetli uygulama önlemleridir.

- Önemli ısı kayıplarına sahip kapı ve pencerelerin sürdürülebilir malzemelerle değiştirilmesi.

- Kazanların yalıtım yüzeylerinin yükseltilmesiyle ısı kayıplarının önlenmesi.

- Su soğutmalı sistemlerin temizlenmesiyle kayıpların azaltılması.

- Havalandırma boru sisteminin optimize edilerek yeniden tasarımı.

- Dış aydınlatmanın en aza indirilmesi ve zamanlayıcıların kullanılmasıyla gereksiz tüketiminin önlenmesi.

Üçüncü grup ise, yeniden yapılandırma eylemlerine ihtiyaç duyan, sermaye ve yatırım gerektiren önlemlerdir.

- Dış duvarların, çatıların, pencerelerin ısı yalıtımının sağlanması.

- Yaz aylarında ihtiyaçların karşılanması için ayrı kazan montajı.

- Güneş enerjisi veya biokütle yoluyla iklimlendirme soğutucularında soğuk su üretimi.

- Yaygın manuel muslukların fotosel kontrollü musluklar ile değiştirilmesi.

- Eşanjör ile ısı geri kazanımı.

- Hem akım hem de voltaj açısından, sağlanan gücün kalitesinin iyileştirilmesi için sistemler,

Şeklinde açıklanabilir. Çevresel veya karbondioksit ayak izini azaltmak için mükemmellik yönetimi ve bahsedilen bu 3 maddelik önlemler uygulandığında, ortalama yüz ölçüme sahip bir bina, yıllık çevresel karbon ayak izini yarı yarıya azaltabilecektir.

Üniversite kampüsleri içerisindeki kafe, restoran, market gibi hizmet odaklı binalarda sıklıkla kullanılan motor veya transformatör gibi ekipmanlar manyetik alanlar içerir ve reaktif güç tüketirler. Bu nedenle gerilim düşüşlerine, enerji kayıplarına, daha yüksek enerji tüketimine, güç kullanılabilirliğinde azalmaya ve sonuçta kampüs elektrik faturasında artışa sebep olurlar [5]. Bahsi geçen mekânlar ile birlikte kampüs içerisindeki fakülte, enstitü veya yüksekokullar gibi eğitim binalarının bütün mevsimlerde hizmet vermesi gerektiği de düşünüldüğünde, ısı enerjisindeki kayıpların önemi daha iyi anlaşılabilir. Bu tip insan hizmeti odaklı binalarda, ısı kaybını azaltabilmek için, su ısıtıcıları veya depolama tankları aracılığıyla sıcak su üretilmesi durumunda, herhangi bir faaliyet olmadığında çalışmayı durdurmak için programlanmış bağlantı kesmeli zamanlayıcılar kullanılabilir. Buna ek olarak, içme suyu tüketimi ile ilgili olarak, çift butonlu düşük tüketimli musluk ve tankların montajı, enerji verimliliği için önerilmektedir [6].

Aydınlatma sistemleri için öneriler incelenecek olursa: ortalama bir işletme için aydınlatma, toplam elektrik enerjisi kullanımının yaklaşık %30'unu temsil eder. Floresan lambalara elektronik balast takılması, floresan ve akkor lambaların daha tasarruflu lambalarla (örneğin LED'ler) değiştirilmesi, aydınlatmanın etkinlik türüne göre düzenlenmesi ve aydınlatma kontrolünün yoğunluğunun ve zamanlamasının sınırlandırılması aydınlatma için önerilen çözümlerden bazılarıdır.

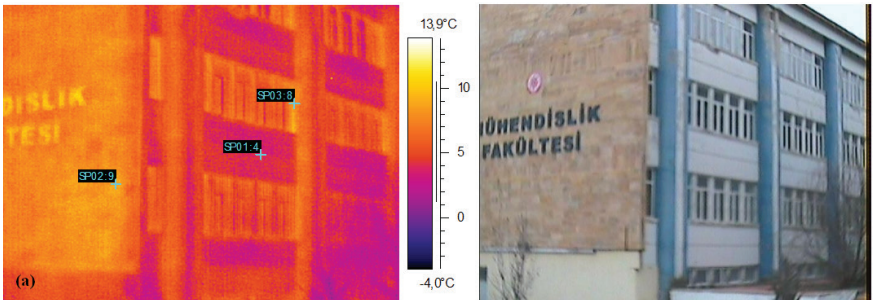
Isıtma, Soğutma ve Havalandırma için ise: ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, toplam elektrik enerjisi kullanımının ortalama %50'sine karşılık gelmektedir. Bu alanda yapılabilecek diğer uygulanabilir önlemler ise daha önce bahsedilen 3 maddelik uygulama önlemleri içerisinde bulunan: iklimlendirme sistemlerinin bakımı ve ayarlanabilir

termostatların montajı olarak uygulanabilir.

Dış etkilere ilişkin önlemler ise, binanın ısı yalıtımının iyileştirilmesi, ısıtma/soğutma yüklerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Önerilen önlemler daha önce bahsedilmiş olan 3 maddelik eylemleri içermektedir. Farklı ortam sıcaklıklarına sahip mekânlar arasında pencere ve kapıların açılmasının kontrol edilmesi. Önemli ısı kayıplarına sahip kapı ve pencerelerin sürdürülebilir malzemelerle değiştirilmesi ve dış duvarların, çatıların, pencerelerin ısı yalıtımının sağlanması şeklinde örneklenebilir.

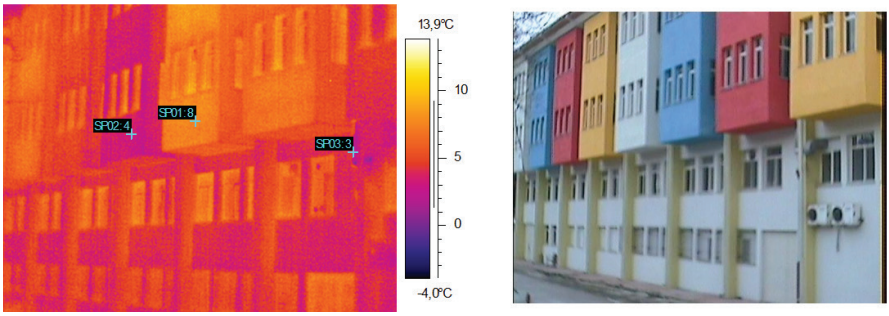
Kampüs içerisindeki ısı kayıplarının görsel olarak anlaşılabilmesi amacıyla termal kameralar ile Sivas Cumhuriyet Üniversitesi'nde yapılan ölçümler Şekil 2-6 ile gösterilmiştir. SCÜ içerisindeki binaların tamamında ölçümler gerçekleştirmek, gerekse kampüs yüzölçümün çok büyük olması gerekse de resmi prosedürlerde karşılaşılabilecek olası problemler neticesinde belirli bölgelere yoğunlaştırılmıştır. Isı kayıpları enerji tasarrufu kapsamında çok büyük bir orana sahip olduğunda bu konudaki çalışmalar elektrik enerjisinden ayrı değerlendirilmiştir.

SCÜ Kampüsü Mühendislik Fakültesi A binası, Öğrenci Yemekhanesi binası ve Tıp Fakültesi binası pilot bölgeler olarak seçilmiş ve aşağıdaki hesaplamalar ile ısı kayıplarının net bir şekilde gözlemlenebilmesi sağlanmıştır.



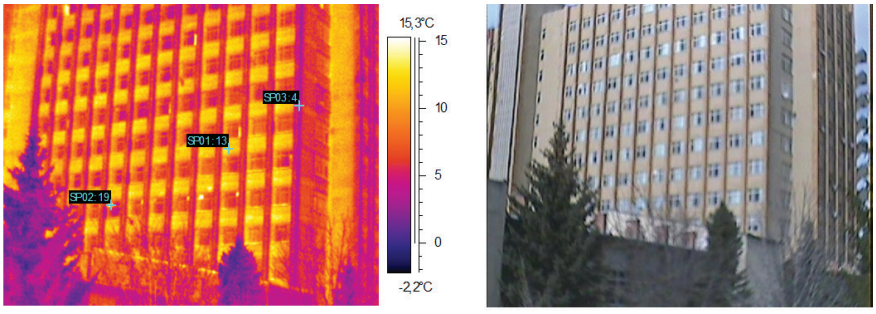
Şekil 2. *Mühendislik Fakültesi A Binası (a) Termal Kamera Görüntüsü (b) Görsel Görüntüsü*

Mühendislik Fakültesi A Binasının batı yönüne bakan cephesinin termal kamera ve görsel görüntüsü Şekil 2 (a) ve (b)' de gösterilmektedir. Şekil 2. (a) da görüldüğü gibi renk farkları ısı farklarını ifade eder, fakülte levhasının olduğu yalıtımsız mermer yüzeyin ve kolonların sıcaklıklarının fazla olması binanın bu kısımlarından olan ısı kayıplarının birer göstergesidir. Havanın 0 °C dolaylarında olduğu günde yapılan çekimlerde 2 nolu spot noktasının olduğu duvar yüzeyinde 9 °C sıcaklık ölçülmüştür. Ayrıca, cam çerçevesinin olduğu yüzeyde ise sıcaklık 8 °C olarak ölçülmüştür.



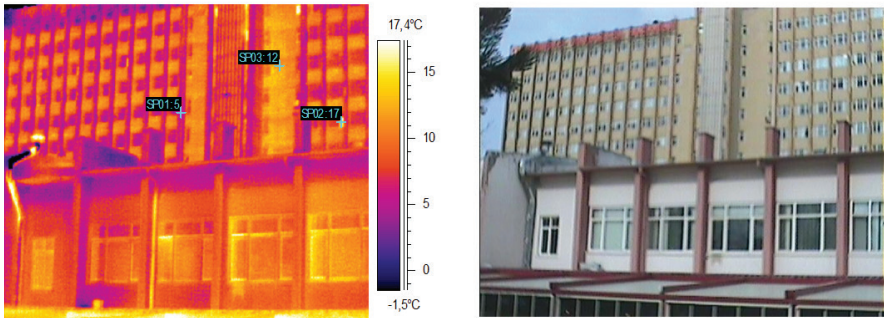
Şekil 3. *(a) Öğrenci yemekhanesi güney cephesi Termal Kamera Görüntüsü, (b) Öğrenci yemekhanesi güney cephesi Görsel Görüntüsü*

Şekil 3. (a) ve (b)' de öğrenci yemekhanesinin güney cephesine ait termal kamera ve görsel görüntüsü sunulmaktadır. Termal kamera görüntüsünde özellikle farklı renklerin ısıyı ve ışığı yansıtabilme özelliklerine bağlı olarak koyu renkli duvarda daha çok (8 °C) ve açık renkli duvarda ise daha az (4 °C) sıcaklık ölçülmüştür. Ayrıca, pencerelerde oluşan ısı kayıpları da net bir şekilde görülebilmektedir.



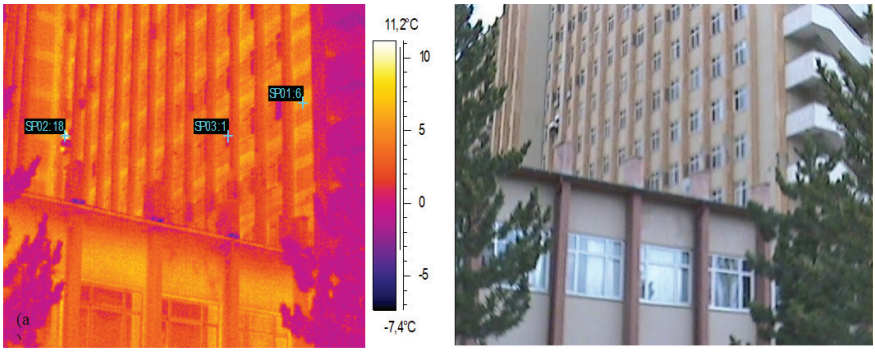
Şekil 4. *(a) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi batı cephesi Termal Kamera Görüntüsü, (b) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi batı cephesi Görsel Görüntüsü*

Şekil 4. (a) ve (b) de Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesinin batı cephesine ait odaların dış yüzeylerinin termal kamera ve görsellerinin görüntüleri görülmektedir. Odaların dış duvarlarında görülen ısı kayıpları, duvarlarda yalıtım olmaması nedeniyle kalorifer peteklerinin olduğu kısımlardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. (a) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi batı cephesi Termal Kamera Görüntüsü, (b) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi batı cephesi Görsel Görüntüsü

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinin batı cephesine ait olan bir diğer görüntüde (Şekil 5. (a) ve (b)), hastane girişindeki kafeteryanın üst kısmındaki odaların pencere kenarlarındaki ısı kaçakları görülebilmektedir.



Şekil 6. (a) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi kuzey cephesi-hastane ana giriş kapısı termal kamera görüntüsü, (b) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi kuzey cephesi-hastane ana giriş kapısı görsel görüntüsü

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Hastanesi kuzey cephesi-hastane ana giriş kapısına ait olan görüntülerde bina odalarının yalıtımsız duvarları ve kolon-kirişlerden olan kayıplar görülebilmektedir (Şekil 6 (a) ve (b)).

Farklı cephelerden alınan ölçümler ile binanın güneşlenme potansiyeline uygun olarak inşa edilmediği tespit edilmiştir. Daha önce maddeler halinde belirtilmiş olan önlemlerden termostatik vanalar kullanılarak ısı kayıplarının kampüs içerisindeki ısı enerjisi ve tasarrufu için kullanılmasının ne kadar önemli olduğu görüntülenmiştir.

Üniversite kampüs binaları için enerji kayıplarını azaltmaya yönelik enerji verimliliği ve tasarrufu içerecek projelerde kullanılabilecek maddeler şu şekilde sıralanabilir;

-Isı transferi kayıplarının azaltılması için yalıtımı yapılmamış binalardaki yalıtımsız duvarların, kiriş ve kolonların yalıtılması,"

-Binalardaki ısı kayıplarının engellenmesi için, cam ve fitillerin kontrolü yapılarak yenilenmesi,

-Bina içirişindeki sıcaklığın homojen şekilde dağılımının sağlanması için binalardaki vanaların termostatik vanalar ile değişiminin yapılması,

-Tuvaletlerdeki sifon ve muslukların kontrolünün sağlanarak, su kaçağı olanların değiştirilmesi,

-Akıllı algılayıcılarla internet üzerinden kontrol edilebilecek oda sıcaklığını sabit tutabilen uygulamalar yapılması,

-Kampüsün her birimindeki binalarda ivedilikle LED lambalar ile aydınlatmaya geçilmesi,

-Üniversite kampüslerinde enerji kullanımını bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılarak enerji verimliliği ve tasarrufu sağlanması,

-Aydınlatma için planlanan ve önerilen projelere lamba çeşitlerinin değiştirilmesi ve koridorlarda yer alacak eski model lambaların yerine harekete duyarlı fotosel içeren lambalar ile değiştirilmesi enerji faturalarında bütün üniversite kampüsleri için ciddi bir maliyet kazancı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

[1] Yoshida S, Koichi I, Yokohama R. Sensitivity analysis in structure optimization of energy supply systems. Energy Conversion and Managemōent, 2007, 48–11:2836–2843.

[2] Thormark C. A low energy building in a life cycle its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment, 2002, 37:29–435.

[3] Unsal, D.B.; Ustun, T.S.; Hussain, S.M.S.; Onen, A. Enhancing Cybersecurity in Smart Grids: False Data Injection and Its Mitigation. *Energies* 2021, *14*, 2657. https://doi.org/10.3390/en14092657

[4] Peter D. Lund, Better linkage of smart materials to energy scale. *International Journal of Energy Research,* 41, 10, 8 2017

[5] I. M. Jomoah, A. U. M. Al-Abdulaziz and R. S. Kumar, "Energy management in the buildings of a university campus in Saudi Arabia — A case study," *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 2013, pp. 659-663, doi: 10.1109/PowerEng.2013.6635688.

[6] Mathiesen, B. V., Bertelsen, N., Schneider, N. C. A., García, L. S., Paardekooper, S., Thellufsen, J. Z., & Djørup, S. R. (2019). *Towards a decarbonised heating and cooling sector in Europe: Unlocking the potential of energy efficiency and district energy*. Aalborg Universitet.

Bölüm 12

ERİŞİMLİ SİNİR AĞLARI KULLANARAK YAPRAKLI AĞAÇLARDAKİ ÖZIŞIN HÜCRELERİNİN TESPİTİ

Halime ERGUN[1]

1 **Halime ERGUN** Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Konya,Türkiye, hboztoprak@erbakan.edu.tr, ORCID ID : 0000-0003-1634-9744

1. GİRİŞ

Odunun mikroskobik tanımlaması için odun numunesi üç kesitte (enine, teğet ve radyal) tüm hücre tiplerinin (trahe, özışını, paranşim hücreleri, lifler gibi) mikroskobik karakteristiklerinin (Alfonso et al., 1989) belirlenmesi ve özelliklerinin çıkarılması gerekmektedir. Her hücre tipinin özelliklerinin belirlenebilmesi için her hücrenin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Ağaçlar iğne yapraklı ağaçlar ve yapraklı ağaçlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu çalışmada yapraklı ağaçlara odaklanılmıştır. Yapraklı ağaç türleri için önemli bir özellik, teğet kesitte görülebilen özışın genişliğidir. Özışınları, ağaç türlerinin tanımlanmasında önemli anatomik özelliklerden biridir. Teğet kesitte yer alan özışın hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşur ve bu kesitte gözenekli bir yapıya sahiptir (Noshiro & Suzuki, 2001). Özışınları her ağaçta bulunmakla beraber, bulunma oranı ağaç türleri arasında değişkenlik göstermektedir. Özışını genişliği, teğet kısımda görülebilen yüksek tanı değeri olan özelliklerden biridir (Martins, Marcal, & Pissarra, 2019). Odun hücre tiplerinin her biri için ayrıntılı bir inceleme gerektiğinden, sadece bir hücre tipi ele alınmıştır

Mikroskobik görüntülerdeki hücrelerin özellikleri ağaç türlerin tanımlanmasında önemli rol oynar. Mikroskobik görüntülerdeki hücrelerin şekil, boyut ve sayı dağılımları türlerin değerlendirilmesi için önemli bilgiler sağlar. Ancak hücre tespiti, değişen hücrelerin şekilleri, düşük görüntü kalitesi, boyutları ve çelişkili durumlar nedeniyle bazı zorluklar vardır (Wei et al., 2019). Bu durum birçok mikroskobik görüntü için de geçerlidir. Ek olarak, hücrelerin manuel olarak konumlandırılması ve tespiti çok zaman alır ve subjektif bir süreçtir. Belirlenecek yapıya uygun görüntü işleme tekniklerini kullanarak istenen özelikleri otomatik olarak bulan sistemler, odunun anatomik analizini kısa sürede ve daha kolay yapılmasını sağlayacaktır.

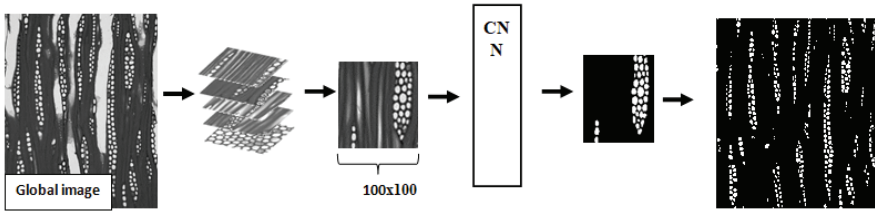
Literatürde odun görüntü işleme konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bazıları; hücreleri tanımlamak için havza algoritması (Jones & Bischof, 1996; Kennel, Subsol, Gueroult, Guéroult, & Borianne, 2010), traheleri sınıflandırmak için matematiksel morfolojik algoritmaları (Pan & Kudo, 2012), trahe, traheid ve özışınlar için görüntü analiz yazılımı (Brunel, Borianne, Subsol, Jaeger, & Caraglio, 2014; Quelhas et al., 2011), trahe ve lif oranları için morfolojik işlemler (Boztoprak & Ergün, 2017) kullanılmıştır.

Bölütleme yöntemlerinin mümkün olduğunca doğru olması sonraki aşamalar için de önemlidir. Genellikle bölütleme yöntemleri, kontrollü koşullar altında görüntülenen, sadece bir hücre tipinin küçük bir dizi görüntüsünü analiz etmek için geliştirilmektedir. Bununla birlikte, yöntemlerin

son derece değişken arka planların varlığında ve kontrolsüz ortamlarda iyi performans göstermesi gerekir. Özellikle morfolojik tabanlı görüntü işleme tekniklerinde görüntülerin özelliklerine göre ayarlanması gereken bazı parametreler (yapısal elemanlar gibi) bulunmaktadır. Daha doğru ve etkili yöntemler arayışı ve karmaşık problemlerin sayısındaki artış, araştırmacıları derin öğrenmeye yöneltmiştir (Ergun, 2021). Derin öğrenme tekniği, manuel olarak oluşturulmuş kurallar gerektirmeyen, veriye dayalı bir yöntemdir. Model oluşturma süreci, uygun bir ağ yapısının (iç içe katmanlar kümesi), model çıktısını değerlendirmek için bir işlev (kayıp işlevi) ve bir optimizasyon algoritmasının seçilmesinden oluşur (Liu, Wang, & Wang, 2019).

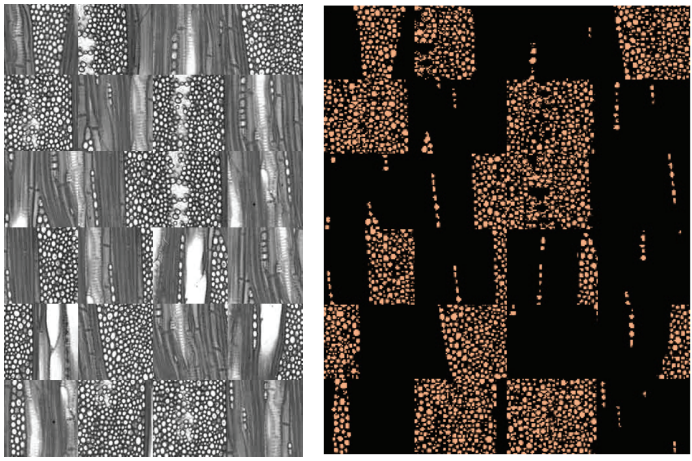
2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, yapraklı ağaç odununun mikroskobik görüntülerinde özışın hücrelerinin tespiti için erişimli sinir ağları (CNN) kullanılmıştır. Yöntemin akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. *Kullanılan yöntemin akış şeması.*

Bu çalışmada, odunun teğet kesitteki mikroskobik görüntüleri için Wood Anatomy (Schoch, Heller, Schweingruber, & Kienast, 2004) veri tabanından faydalanılmıştır. 150 farklı görüntüden eğitim ve test için rastgele olarak 100 × 100 çözünürlüğe sahip görüntü yığını oluşturulmuştur (Şekil 2). Bu veri kümesindeki her bir piksel ya özışın hücresi ya da arka plan olarak etiketlenmiştir.



(a) *(b)*

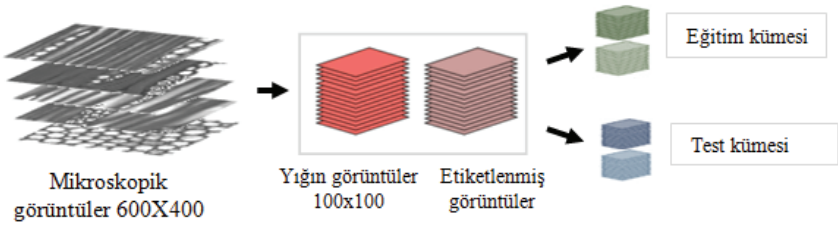
Şekil 2. *a: Örnek görüntü yığınları, b: bu yığınlara karşılık gelen renklendirilmiş etiketlenmiş görüntüler (temel gerçek)*

Piksel etiketlerinin çoğu arka plan olarak etiketlenmiştir. Özışın hücresi genellikle arka plan sınıfından çok daha küçük bir orana sahiptir. Sınıf dengesizliği sınıfların öğrenme sürecini etkileyecektir. Bir sınıfın, diğer sınıflardan çok daha düşük yüzdelere sahip olması, potansiyel özellik dağılımlarını ve sınıflandırma sonuçlarını etkileyeceğinden her sınıf, sınıf denge yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır (Eigen & Fergus, 2015).

$$weight_i = f_{i\,median} / f_i \qquad (1)$$

Veri sınıfı dengesizliği, özellikle azınlık sınıflarını olumsuz etkileyen önemli bir sorundur. Bu tekrarlayan problemin üstesinden gelmek için aşırı örnekleme, örnekleme, eğitim örneklerinde doğal oranların korunması, veri sentezi ve sınıf ağırlıklı kayıp fonksiyonları gibi çok çeşitli stratejiler geliştirilmiştir (Japkowicz & Stephen, 2002; Weiss & Provost, 2001).

Görüntülerden 100 × 100 çözünürlüğe sahip görüntü yığını eğitim ve test için ayrılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: *Veri tabanlarının düzenlenmesi*

Veri seti, eğitim ve test seti olmak üzere iki kısma ayrıldıktan son-

ra veri artırımı yapılmıştır. Veri artırımı, görüntü döndürme gibi rastgele dönüşümler uygulayarak eğitim kümesinin çeşitliliğini artırma tekniğidir. Veri artırımı, bir veri kümesindeki görüntü sayısını artırmak, modelin performansını artırmak ve görüntü verilerindeki aşırı uyarlamayı azaltmak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çok sayıda çalışma tarafından kabul edildiği gibi, veri artırımı derin öğrenme için eğitim veri setini artırmanın etkili bir yoludur (Krizhevsky, Sutskever, & Hinton, 2012; Mnih, 2013; Nair & Hinton, 2010). Veri geliştirme, ağın özellikleri daha iyi öğrenmesine yardımcı olmaktadır. Az veri olduğunda oldukça etkilidir. Döndürme, çeviri, yansıma, gürültü ekleme ve kontrast ayarı, vb. birçok yöntem literatürde sıkça kullanılmaktadır.

Odak dışı bulanıklığını simüle etmek için dairesel ortalama filtresi (pillbox) ve gauss filtresi eklenmiştir. Bunun yanında ölçekleme, döndürme, tuz-biber gürültüsü eklenerek veriler artırılmıştır.

Geleneksel bir evrişimli sinir ağları bir görüntüdeki özellikleri sınıflandırdığı yerde, bölümleme ağı veya anlamlı bölütleme her pikseli belirli bir kategoriyle (çiçek, yol, kişi veya araba gibi) ilişkilendirir. Bir görüntünün özelliklerinin ayrıntılı, piksel düzeyinde anlaşılmasını sağlar. Görüntüdeki her pikseli sınıflandırır ve sınıflara göre segmentlere ayrılmış bir görüntü verir. Bu çalışmada CNN'de kullanılan anlamsal bölütleme ağının katmanları Tablo 1'de gösterilmiştir. Bölütleme ağının bir girdi, alt örnekleme, üst örnekleme ve son katmanları vardır. Ağ, ağın işleyebileceği en küçük görüntü boyutunu tanımlayan bir giriş katmanı (inputSize) ile başlar.

Tablo 1. *Bölütleme ağının katmanları*

Katmanlar			
Görüntü	Alt örnekleme	Üst örnekleme	Son
inputSize	conv	transposedConvUpsample	conv1x1
	batchNormalization	relu	softmax Layer()
	relu	transposedConvUpsample	pixelClassificationLayer()
	maxPool	…..	
	conv		
	batchNormalization		
	relu		
	….		

Evrişim katmanı (conv), eğitim sırasında güncellenebilen çok sayıda eğitilebilir filtreden oluşur. Filtreler, önceki katmandan gelen görüntülere evrişim işlemi uygular ve çıktı verilerini oluşturur. Aktivasyon haritası (özellik haritası) bu evrişim işleminin bir sonucu olarak oluşturulur. Aktivasyon haritası, her filtre tarafından keşfedilen belirli özelliklere sahip bölgeleri gösterir (Doğantekin, Özyurt, Avcı, & Koç, 2019). Aktivasyon

haritası daha sonra bir sonraki katmanın girişidir. Evrişim katmanı dolgusu, evrişim katmanının çıktı boyutu giriş boyutuyla aynı olacak şekilde seçilmiştir.

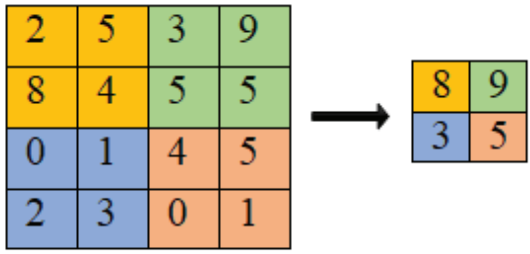
Toplu normalizasyon katmanı (batchNormalization), her giriş kanalını mini boyutta normalleştirir. Toplu normalizasyon katmanları, evrişim sinir ağlarının eğitimini hızlandırmak ve ağın başlangıç durumuna duyarlılığını azaltmak için genellikle evrişim katmanları ve doğrultulmuş lineer birim (ReLU) katmanları arasında kullanılır. Katman, her bir kanalın aktivasyonunu önce mini boyut ortalamasını hesaplayarak ve mini boyut standart sapmasına bölerek normalleştirir (Ioffe & Szegedy, 2015).

Sonraki katman, aktivasyonu kullanan bir ReLU katmanıdır. Ağdaki tüm evrişimsel ve toplu normalizasyon katmanlarından sonra ReLU aktivasyonu eklendi. Bir ReLU birimi, negatif girişleri sıfıra ayarlayarak ve pozitif girişleri değiştirmeden geçirir.

Bu katmanın kullanımı ile ağ daha hızlı öğrenir. ReLU, girdi verilerinin daha karmaşık özelliklerini yakalamak için doğrusal olmayan, hesaplamalı olarak basit bir yöntemdir ve CNN eğitimini büyük ölçüde hızlandırır (Krizhevsky et al., 2012).

$$f(z) = max(0; z) \qquad (2)$$

Diğer bir önemli katman, havuzlama katmanıdır. Alt örnekleme, bir havuz katmanı kullanılarak gerçekleştirilir. Çalışmalarda en sık kullanılan maksimum havuzlama (maxPool) katmanı kullanılmıştır. Maksimum havuzlama katmanı, girişi dikdörtgen havuzlama bölümlerine böler ve Şekil 4'te gösterildiği gibi her bölümün maksimumunu hesaplar. Bu katman, görüntünün uzamsal boyutunu ve hesaplanması gereken parametre sayısını azaltır. Bu, bir ağı eğitirken aşırı uyumu (overfitting) önlemeyi kolaylaştırır. Uzamsal boyut küçülse bile, bir özellik bulunduğunda güçlü aktivasyon kalır.



Şekil 4. *Bir 2 × 2 havuzlama katmanının gösterimi.*

Üst örnekleme, transpoze edilmiş evrişim katmanı (transposedCon-

vUpsample) (genellikle “deconv” veya “deconvolution” katmanı olarak da anılır) kullanılarak gerçekleştirilir.

Son katman bir piksel sınıflandırma katmanıdır (pixelClassificationLayer). Bu katman, CNN tarafından işlenen her görüntü pikseli için kategorik bir etiket sağlamak için kullanılır. Bu son katmanlar, giriş görüntüsüyle aynı uzamsal boyutlara sahip bir çıktı oluşturur.

Önerilen Yöntem

Bu çalışmada kullanılan yöntem, iki evrişim ve iki maksimum havuzlama katmanlarından oluşur. Filtre boyutu, adım ve özellik haritası boyut ayrıntıları Tablo 2’de verilmiştir. 40’lık bir mini parti boyutu seçilmiştir. Bu değer, belleğin miktarına göre artırılır veya azaltılır.

Tablo 2. *Kullanılan CNN’nin yapısı.*

N	CNN Layers	Activations	Total Learnables	N	CNN Layers	Activations	Total Learnables
1	Image Input	100x100x1	0	**11**	Batch Normalization	25x25x128	256
2	Convolution	100x100x128	1280	**12**	ReLU	25x25x128	0
3	Batch Normalization	100x100x128	256	**13**	Transposed Convolution	50x50x128	262272
4	ReLU	100x100x128	0	**14**	ReLU	50x50x128	0
5	Max Pooling	50x50x128	0	**15**	Transposed Convolution	100x100x128	262272
6	Convolution	50x50x128	147584	**16**	ReLU	100x100x128	0
7	Batch Normalization	50x50x128	256	**17**	Convolution	100x100x2	258
8	ReLU	50x50x128	0	**18**	Softmax	100x100x2	0
9	Max Pooling	25x25x128	0	**19**	Pixel Classification Layer	-	0
10	ReLU	25x25x128	147584				

Bir görüntünün boyutu [h w c]’dir; burada w, görüntünün genişliği ve h yüksekliğidir ve c, kanal sayısıdır. Ağ [100 100 1] için giriş görüntü boyutu kullanıldı. Bu çalışma c girişi için 1’dir.

Genişlik ve yükseklik için aynı değeri kullanmak için Filtre Boyutu skaler olarak belirtilmiştir. Bu değer, aynı bölgeye bağlanan evrişimsel katmandaki nöronların sayısı ile ilgilidir. Bu parametre, evrişim katmanının çıkışındaki kanal sayısını tanımlar.

İki evrişim katmanı conv1 ve conv2, 128 filtreli 2 boyutlu bir evrişim katmanından oluşmaktadır. Evrişim katmanındaki özellik haritalarının sayısı, filtre (veya kanal) sayısına eşittir. Her özellik haritasının farklı bir ağırlık ve bias değeri vardır. Evrişimli bir katmandaki toplam parametre

sayısı Denklem (3) ile hesaplanır.

*Özellik haritası = ((h*w*c + 1) *Filtre Sayısı)* (3)

burada 1 bias içindir.

Giriş görüntü kenarlıklarına dikey ve yatay olarak sıfır dolgu (padding) uygulanmıştır ve bu da katmanın çıktı boyutunu kontrol etmeye yardımcı olur. Dolgu, esas olarak görüntü girişinin sınırlarına sıfır ekler.

Evrişimli bir katmanın çıktı yüksekliği ve genişliği Denklem (4)'deki gibidir. Tüm görüntünün tamamen kapsanması için bu değerin bir tamsayı olması gerekir. Bu parametreler tamamen görüntülenecek bir tam sayı değilse, yazılım varsayılan olarak görüntünün evrişimde kalan kısmını yok sayar.

*Çıktı boyutu = (Giriş Boyutu – Filtre Boyutu + 2*Doldurma) /Adım + 1* (4)

Bir ReLU katmanı, girişinin boyutunu değiştirmez. ReLU katmanı, her eleman için bir eşik işlemi yapar. Girilen değerlerden herhangi biri sıfırdan küçükse, sıfıra ayarlanır.

Alt örnekleme, bir maksimum havuzlama katmanı kullanılarak yapıldı. Maksimum havuzlama katmanı, havuz boyutu [2 2] ve adım [2 2] ile oluşturulmuştur.

Son katman, girdi görüntüsü ile aynı uzaysal boyutlara (yükseklik ve genişlik) sahip bir çıktı oluşturulmalıdır. Kanal sayısı (üçüncü boyut) daha büyüktür ve son aktarılan evrişim katmanındaki filtrelerin sayısına eşittir. Bu üçüncü boyutun sınıf sayısına indirgenmesi gerekiyor. Bu, filtre sayısı sınıf sayısına eşit olan evrişim katmanı kullanılarak yapılmıştır. Bu evrişim katmanının ardından softmax ve piksel sınıflandırma katmanları gelir.

Softmax katmanı, girdinin softmax işlevini uygular. İşlev, her hedef sınıfın olası tüm hedef sınıflar üzerindeki olasılıklarını belirleyecektir. Tüm olasılıkların toplamı bire eşit olacak ve aralık 0 ila 1 olacaktır.

CNN'deki filtreleri eğitmek için bir kayıp fonksiyonu kullanılır. Kayıp işlevi, bir görüntüdeki yanlış etiketlenmiş piksellerin sayısını ölçer. Kayıp fonksiyonunu en aza indirmek için optimizasyon algoritmaları kullanılır. Bu çalışmada, momentumlu stokastik gradyan inişi (SGDM) optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Ağırlıklar her bir mini partide güncellenir ve her dönemde revize edilmiş bir model üretilir. Bu yöntem kayıp fonksiyonunun gradyanını hesaplar ve bu hatayı filtredeki ağırlıkları yeniden hesaplamak için kullanır (Kingma & Ba, 2015).

Eğitim, eğitim verilerinin modele gruplar halinde verildiği, mevcut model tarafından ileriye doğru yayılarak tahminlerin yapıldığı ve doğruluk tablosundaki tahminler ve etiketler arasındaki hataların hesaplandığı yinelemeli bir süreçtir. Hatalar ağ üzerinden geri yayılır, tüm nöronlar için parametreler (ağırlıklar) hesaplanır ve parametreler hataları en aza indirecek şekilde güncellenir (Fu et al., 2018).

Görüntü yığınları CNN'e uygulanır ve çıktı olarak giriş görüntüsü ile aynı boyutta bir olasılık haritası elde edilir. Bu harita, her pikselin ait olduğu sınıf olasılığını gösterir. Önerilen bölütleme algoritmasının son adımı olarak, odun hücreleri için elde edilen olasılık haritası bir maskeye dönüştürülür.

3. UYGULAMA VE SONUÇLAR

3.1 Değerlendirme metrikleri

Bölütleme sonuçlarının etkinliğini değerlendirmek için Jaccard benzerlik katsayısı, Dice benzerlik katsayısı ve kontur eşleştirme puanı ölçülmüştür. Jaccard benzerlik katsayısı şu şekilde hesaplanır:

$$Jaccard = TP / (TP + FP + FN) \quad (5)$$

Burada, TP gerçek pozitifler, yanlış pozitifler (FP) ve yanlış negatifler (FN).

Görüntü bölütleme için dice benzerlik katsayısı önerilen yöntemin kapasitesini ölçmek için kullanıldı. Dice benzerlik katsayısı şu şekilde ifade edilir:

$$Dice = 2 * TP / (2 * TP + FP + FN) \quad (6)$$

BF (Sınır F1) skoru, bir nesnenin tahmin edilen sınırının temel gerçeklik sınırına ne kadar yakın olduğunu ölçer.

$$BF\ score = \frac{2 * recision * recall}{recall + precision},$$
$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}, \qquad Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (7)$$

Bir örneklemde bir sınıfın fazlasıyla temsil edildiği durumlarda bir ölçüm yanıltıcı olabileceğinden, üç metrik kullanılarak sonuçlar ölçülmüştür. Örneğin, küçük bir hücre içeren bir görüntü, çoğunlukla arka plan (siyah) bir görüntüye sahip olacaktır; bu, bir modelin tamamen siyah bir çıktı üretebileceği ve yine de yüksek küresel doğruluk elde edebileceği anlamına gelir. Ancak IoU metriği, hatalı tahminlerde modelin gerçek performansının daha iyi tanımlar (Wickstrom, Kampffmeyer, & Jenssen, 2018).

3.2 Önerilen Yöntemin Karşılaştırılması

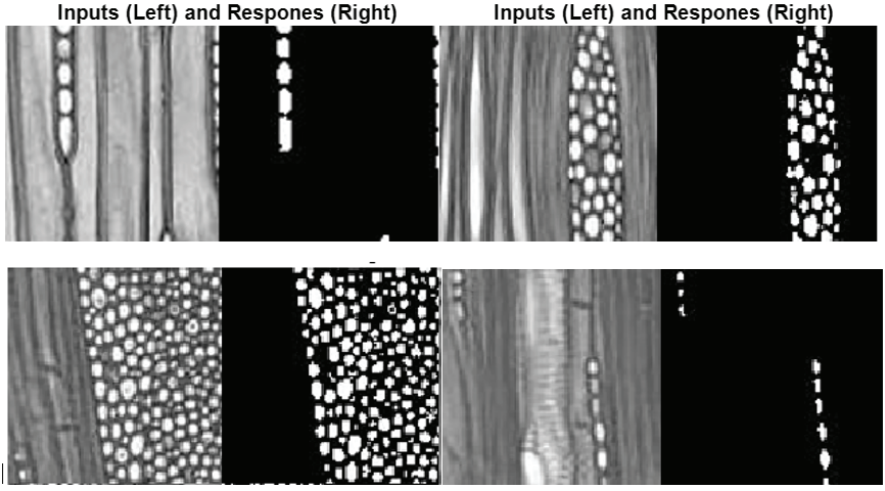
Kullanılan yöntem geleneksel bölütleme yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Otsu (Vala & Baxi, 2013), uyarlanabilir bir eşik (medyan ve Gauss çekirdeği ile) (Dewan, Ahmad, & Swamy, 2011), morfolojik (Boztoprak & Ergün, 2017) yöntemleriyle karşılaştırma sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Bu değerler, test görüntülerinin ortalama sonuçlarıdır.

Tablo 3. *Önerilen yöntemin geleneksel yöntemlerle karşılaştırılması.*

	Methods	Jaccard	Dice	BF
1	Otsu	0.2902	0.4499	0.8132
2	Adaptif	0.2786	0.4358	0.7172
3	Median	0.2533	0.4043	0.6993
4	Gauss	0.2961	0.4569	0.7649
5	Morfolojik işlemeler	0.6532	0.8188	0.9012
7	Önerilen metot	0.7066	0.87551	0.9576

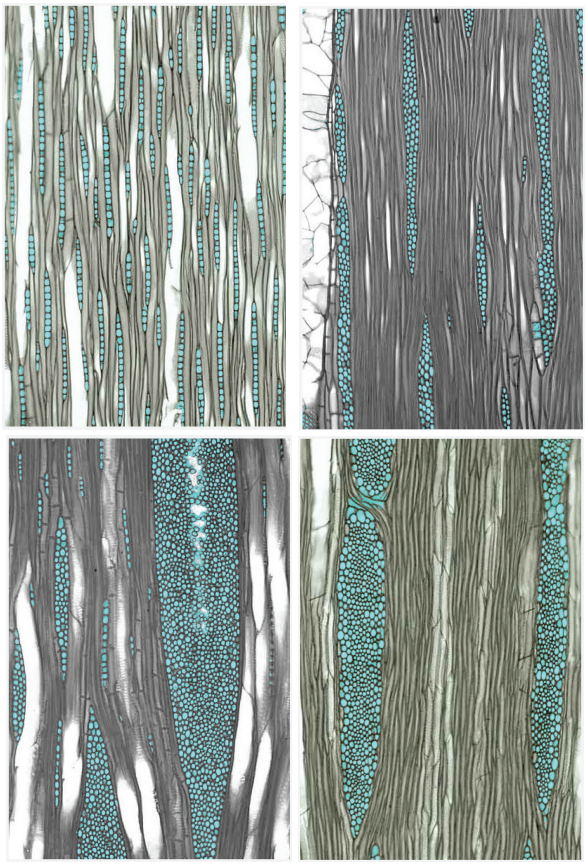
Jaccard, Dice ve BF benzerlik katsayıları [0, 1] aralığında değerler alır. Benzerlik 1 ise, iki görüntüdeki bölütleme sonuçlarının mükemmel bir şekilde eşleştiğini gösterir. Yüksek benzerlik katsayısı, daha iyi bir bölütleme performansı anlamına gelir.

Eğitim görüntüleri ile eğitilmiş ağa test görüntüleri uygulandığında elde edilen örnek bölütleme sonuçları Şekil 5 gösterilmiştir.



Şekil 5. *a) Örnek test görüntü yığınları (girişler), b) bu görüntü yığınlarına karşı elde edilen çıktılar*

Daha büyük görüntülerin kesintisiz bir şekilde bölütlenebilmesi için sınır bölgesindeki pikseller görüntünün çevresine simetrik şekilde eklenerek görüntü eksiksiz bir şekilde bölütlenmiştir (Ronneberger, Fischer, & Brox, 2015). Eğitmede 100x100 boyutları kullanılsa da önerilen yöntem tüm görüntü üzerine uygulanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. *Önerilen yöntem ile özışın hücrelerin bulunması.*

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapraklı ağaç odununun özışınlarını oluşturan hücreleri belirlemek için evrişimli sinir ağları (CNN) kullanan bir yöntem önerilmiştir. Kullanılan küçük veri seti ile oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Daha küçük giriş görüntü boyutu, düşük çözünürlüklü görüntüler için bir avantaj olabilir. Bu çalışmada olduğu gibi yeterli bilgi içerdiklerinden derin öğrenme yöntemlerinden gelişmiş donanımlara ihtiyaç duymadan faydalanılabilir.

Performansın temel ölçüm parametrelerine göre, önerilen yöntem Otsu, uyarlamalı eşik, morfolojik yöntem gibi geleneksel bölütleme yöntemlerinden daha iyi sonuç vermiştir. Başarılı bölütleme, sonraki aşamalarda homojen, heterojen, çok sıralı ve tek sıralı gibi ışınların özelliklerinin daha doğru ve otomatik olarak belirlenmesine yardımcı olacaktır. CNN'ler, görüntülerin bölümlenmesi için iyi bir araçtır. Evrensel veri kümelerinin olmaması, eğitilen modellerin sağlamlığını ve genelleme kabiliyetini kısıtlamıştır.

KAYNAKLAR

Alfonso, V. A., Paulo, S., Baas, P., Carlquist, S., Chimelo, J. P., Paulo, S., … Richter, H. G. (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood/ softwood identification, 116.

Boztoprak, H., & Ergün, M. E. (2017). Yapraklı Ağaçlarda Trahe ve Liflerin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, *6*(2), 87–96.

Brunel, G., Borianne, P., Subsol, G., Jaeger, M., & Caraglio, Y. (2014). Automatic identification and characterization of radial files in light microscopy images of wood. *Annals of Botany*, *114*(4), 829–840. doi:10.1093/aob/mcu119

Dewan, M. A. A., Ahmad, M. O., & Swamy, M. N. S. (2011). Tracking biological cells in time-lapse microscopy: An adaptive technique combining motion and topological features. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *58*(6), 1637–1647. doi:10.1109/TBME.2011.2109001

Doğantekin, A., Özyurt, F., Avcı, E., & Koç, M. (2019). A novel approach for liver image classification: PH-C-ELM. *Measurement*, *137*, 332–338. Retrieved from Google Scholar

Eigen, D., & Fergus, R. (2015). *Predicting depth, surface normals and semantic labels with a common multi-scale convolutional architecture*. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2650–2658). Retrieved from Google Scholar

Ergun, H. (2021). Segmentation of Rays in Wood Microscopy Images Using the U-Net Model. *BioResources*, *16*(1), 721–728. doi:10.15376/biores.16.1.721-728

Fu, X., Liu, T., Xiong, Z., Smaill, B. H., Stiles, M. K., & Zhao, J. (2018). Segmentation of histological images and fibrosis identification with a convolutional neural network. *Computers in Biology and Medicine*, *98*, 147–158. doi:10.1016/j.compbiomed.2018.05.015

Ioffe, S., & Szegedy, C. (2015). Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift. *ArXiv Preprint ArXiv:1502.03167*. Retrieved from Google Scholar

Japkowicz, N., & Stephen, S. (2002). The class imbalance problem: A systematic study. *Intelligent Data Analysis*, *6*(5), 429–449. Retrieved from Google Scholar

Jones, R., & Bischof, L. (1996). A graph-based segmentation of wood micrographs. Retrieved from Google Scholar

Kennel, P., Subsol, G., Gueroult, M., Guéroult, M., & Borianne, P. (2010). *Automatic identification of cell files in light microscopic images of conifer wood*. In *2010 2nd International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications* (pp. 98–103). Paris, France: IEEE. doi:10.1109/IPTA.2010.5586800

Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). *Adam: A method for stochastic optimization*. In *arXiv:1412.6980*. San Diego. Retrieved from Google Scholar

Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). *Imagenet classification with deep convolutional neural networks*. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097–1105). Retrieved from Google Scholar

Liu, J., Wang, X., & Wang, T. (2019). Classification of tree species and stock volume estimation in ground forest images using Deep Learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, *166*, 105012. doi:10.1016/j.compag.2019.105012

Martins, A. L. R., Marcal, A. R. S., & Pissarra, J. (2019). Modified DBSCAN Algorithm for Microscopic Image Analysis of Wood. In A. Morales, J. Fierrez, J. S. Sánchez, & B. Ribeiro (Eds.), *Pattern Recognition and Image Analysis* (Vol. 11867, pp. 257–269). Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-31332-6_23

Mnih, V. (2013). *Machine learning for aerial image labeling*. Citeseer. Retrieved from Google Scholar

Nair, V., & Hinton, G. E. (2010). *Rectified linear units improve restricted boltzmann machines*. In *Proceedings of the 27th International Conference on International Conference on Machine Learning* (pp. 807–814). Haifa, Israel: Omnipress. Retrieved from ACM Digital Library

Noshiro, S., & Suzuki, M. (2001). Ontogenetic wood anatomy of tree and subtree species of Nepalese Rhododendron (Ericaceae) and characterization of shrub species. *American Journal of Botany*, *88*(4), 560–569. doi:10.2307/2657054

Pan, S., & Kudo, M. (2012). Recognition of Wood Porosity Based on Direction Insensitive Feature Sets. *Trans. MLDM*, *5*(1), 45–62. Retrieved from Google Scholar

Quelhas, P., Nieuwland, J., Dewitte, W., Mendonça, A. M., Murray, J., & Campilho, A. (2011). *Arabidopsis thaliana automatic cell file detection and cell length estimation*. In *International Conference Image Analysis and Recognition* (pp. 1–11). Springer. Retrieved from Google Scholar

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). *U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation*. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234–241). Springer. Retrieved from Google Scholar

Schoch, W., Heller, I., Schweingruber, F. H., & Kienast, F. (2004). *Wood anatomy of central European Species*. Swiss Federal Institute for Forest. Retrieved from Google Scholar

Vala, H. J., & Baxi, A. (2013). A review on Otsu image segmentation algorithm. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, *2*(2), 387–389. Retrieved from Google Scholar

Wei, Y., Chen, H., Wang, H., Wei, D., Wu, Y., & Fan, K. (2019). *Detection of Nano-particles Based on Machine Vision*. In *2019 IEEE International Conference on Manipulation, Manufacturing and Measurement on the Nanoscale (3M-NANO)* (pp. 189–192). doi:10.1109/3M-NANO46308.2019.8947355

Weiss, G. M., & Provost, F. (2001). The effect of class distribution on classifier learning: an empirical study. *Technical Report ML-TR-44, Department of Computer Science, Rutgers University*. Retrieved from Google Scholar

Wickstrom, K., Kampffmeyer, M., & Jenssen, R. (2018). *Uncertainty Modeling and Interpretability in Convolutional Neural Networks For Polyp Segmentation*. In *2018 IEEE 28th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP)* (pp. 1–6). Aalborg: IEEE. doi:10.1109/MLSP.2018.8516998

Bölüm 13

DİELEKTRİK MALZEMELERDE OLUŞABİLECEK ELEKTRİKSEL AĞAÇLANMANIN İNCELENMESİNE YÖNELİK AKILLI SİSTEM TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Musa Faruk ÇAKIR[1]
Mustafa KARHAN[2]

1 Musa Faruk ÇAKIR, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Çankırı, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-2406-372X, mcakir@karatekin.edu.tr
2 Mustafa KARHAN, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Çankırı, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-6747-8971, mustafakarhan@karatekin.edu.tr

1.GİRİŞ

Yalıtkan malzemeler; herhangi bir cihazı, sistemi veya maddeyi istenmeyen ortam parametrelerinden muhafaza etmek amacıyla üretilmiş malzemelerdir. Teknolojinin gelişmesiyle yalıtkan malzemelerin özellikleri geliştirilmiş ve birçok yeni yalıtkan malzemeler tasarlanıp endüstriye kazandırılmıştır. Bunlara polimerik yalıtkan malzemeler örnek olarak gösterilebilir. Son zamanlarda polimerik yalıtkan malzemelere ilgi artmıştır. Polimerik yalıtkanların birçok kullanım alanı ve çeşidi olmakla birlikte, PMMA (Polimetil metakrilat), kullanım alanları açısından öne çıkan yalıtkan malzemelerdir. Bu çalışmada da yaşlanma deneylerinin uygulandığı ve elektriksel ağaçlanmanın oluşturulduğu yalıtkan numuneler çok yönlü bir polimerik malzeme olan PMMA dielektrik malzemelerden seçilmiştir. Yüksek ışık geçirgenliği, uzun hizmet ömrü ile hava koşullarına karşı gösterdiği yüksek direnç gibi spesifik özellikleri sayesinde diğer malzemeler arasında kendini öne çıkarmaktadır. Akrilik adıyla da bilinen PMMA, ticari bağlamda da genellikle pleksi olarak anılan transparan bir termoplastiktir. Termoplastik malzeme ısıtıldıklarında yumuşayan, soğuduğunda ise tekrar sertleşen malzemelerdir. Camın bir diğer alternatifi olarak, darbeye dayanıklı polikarbonlar ile benzerlik göstermektir. Öte yandan, PMMA malzemeler kolay işlenebilen, termal kararlılığı, mekaniksel ve elektriksel direnç gibi özellikleriyle değişik amaçlarda kullanılan önemli bir sanayi termoplastiğidir. Dielektrik katsayısı yüksek olduğundan elektrik uygulamalarında yalıtkan malzeme olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Karhan, 2021; Ali v.d., 2015).

PMMA, dış mekân elektrik uygulamalarında, yüksek gerilim uygulamalarında, biyomedikal uygulamalarda, solar uygulamalarda, optik uygulamalarda aktif rol oynayan önemli ve çok yönlü bir polimerik malzemedir (Karhan, 2021; Ali v.d., 2015; Park v.d., 2010; Pawde ve Deshmukh, 2009; Rajendran v.d., 2003). PMMA dielektrik malzemeler; diğer polimerlerle iyi uyumluluk, yüksek ışık geçirgenliği, renksizlik, basit sentez, hafiflik, yüksek direnç, yalıtkanlık, düşük maliyet, yüzey direnci, iyi kimyasal kararlılık sergilemektedir (Karhan, 2021; Park v.d., 2010; Pawde ve Deshmukh, 2009; Rajendran v.d., 2003).

Polimerik yalıtkan malzemelerde çalışma şartlarından ve ortamdan kaynaklanan arıza çeşitleri oluşabilir. Yaşlanma, arıza tiplerine etki eden süreçlerden biridir. Yalıtkan malzemenin yaşlanmasında birçok faktör rol oynayabilir (Boonraksa ve Marungsri, 2014). Bu faktörler arasında yer alan elektriksel ağaçlanma ve sulu ağaçlanma gibi yaşlanma olayları, yalıtkan malzemelerin bozulmasında ve servis ömründe önemli bir yer almaktadır (Wang v.d., 2013). Elektriksel ağaçlanma, genellikle arıza oluşmadan önce malzemede oluşan hata tiplerinden biridir. Ağaçlanma, bir yalıtkan malzemede başladığında, yalıtkan boyunca büyümeye başlar ve

sonunda malzemenin arızalanmasına yol açar. Yalıtkan malzeme üreticileri elektriksel ağaç direncini artırmak için, malzeme işlemeyi iyileştirme, ağaç önleyicileri katkı maddeleri ekleme, malzemeyi değiştirme vb. gibi farklı yöntemler denemişlerdir. (Patsch, 1979; McMahon, 1981). Nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte, nano boyutlu dolgu maddeleri içeren polimer nanokompozitler, saf polimerler veya mikron boyutlu partiküllerle doldurulmuş polimerler üzerinde çalışmalar araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Tanaka v.d., 2004). Bazı araştırmacılar, inorganik nano dolgu maddeleri ile polimerlerin elektriksel ağaç direncinde bir iyileşme olduğunu bildirmişlerdir (Ding ve Varlow, 2004; Kurnianto v.d., 2007). Özellikle nanokompozit malzemelerde bulunan nanopartiküllerin elektriksel ağaçlanmanın büyümesini engellediği varsayımını savunan araştırmacılar çoktur.

Maity ve Gupta (2008), polimerler ile içlerinde bulunan nanopartiküller arasında güçlü bağ ve elektriksel performansları üzerine çalışmalar yapmışlardır. Araştırmacılar ayrıca elektriksel ağaçlanma olayında meydana gelen kanallar ve kanalların ilerlemesine direnen nanopartikülleri araştırmışlardır. Bu kanalların arayüz bölgelerden oluştuğu ve kanalların boyutlarının kimyasal yapıları tarafından belirlendiği gerçeğini tartışan araştırmacılar olduğu bilinmektedir. (Maity v.d., 2008; Maity v.d., 2008). İncelenen malzemeler ve nanopartiküller ne olursa olsun, nanopartiküllerin elektrik ağaçlarının büyümesine ve bozulmaya karşı bir tür engel oluşturduğu fikrine ulaşmışlardır. Nanopartikül katkılı polimer yalıtkanlar, geleneksel polimerlere kıyasla elektrik performansında daha iyi katkılar sundukları belirtilmiştir.

Elektriksel ağaçlanma, yalıtkan malzemede arıza veya bozulma öncesi oluşan hatadır. Gerilim altında olan yalıtkan malzemenin bir bölümü boyunca zamanla ilerleyen ve sonuçta malzemenin hasar görmesine sebep olabilen istenmeyen bir durumdur. Yüksek stresli bir noktada başladıktan sonra, ağaçlanma periyodik kısmi deşarjlarla ilerleyebilir (Bartnikas ve Eichhorn, 1983). Ağaçlanmayı genellikle tam bir elektrik arızası takip eder. Ayrıca yalıtkan bozulması çoğunlukla yalıtkan içerisinde arayüz adı verilen bölümlerde meydana geldiği varsayılmaktadır (Bozzo v.d., 1998). Kısmi deşarjlar arayüzlerde başlayabilir ve sonunda elektriksel ağaçlanmanın başlamasını ve büyümesini teşvik edebilir. Bu tür elektriksel ağaçlanmaların oluşması yalıtkan malzemenin yıllarca kullanımı sonrasında oluşabilmektedir. Bu nedenle yıllar sonra yalıtkan malzemede oluşabilecek ağaçlanmaları önceden oluşturarak incelemek büyük önem teşkil etmektedir. Genel olarak, polimerlerdeki elektriksel ağaçlanmayı incelerken, iğne test yöntemleri olarak adlandırılan standart test yöntemleri kullanılmaktadır (ASTM D3756-97, 2004). Bu yöntemler aynı zamanda elektriksel ağaçlanmanın başlama geriliminin istatistiksel olarak tahmi-

nini sağlamaktadır.

Elektriksel ağaçlanma yüksek yerel gerilim olan noktalarda başlayabilir, ancak sonunda büyüme durabilir ve süreç farklı aşamalarda çok sayıda ağaç oluşumu ile sonuçlanabilir (Kitchin ve Pratt, 1958). Elektriksel ağaçlanmanın büyümesi, gaz halindeki kanallar içinde geliştirilen basınç, saptanan kısmi deşarjların sayısı ve boşluk ucunun yarıçapı ile ilişkilidir. Boşluk oluşumu aynı zamanda ağaç oluşumunda da rol oynamaktadır (Laurent v.d., 1981; Shibuya v.d., 1977).

Yalıtkan çıkıntıları malzemelerdeki kusurların oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca yalıtkan bozulmasının ağırlıklı olarak yalıtkan yığınından ziyade kusurlar ile yalıtkan arasındaki arayüzlerde meydana geldiği varsayılmaktadır (Bozzo v.d., 1998). Ani ve kısmi deşarjlar, yalıtkanlarda arayüzlerde başlayarak elektriksel ağaçlanmanın başlamasına ve büyümesine sebep olabilmektedir. Elektriksel ağaçlanma olgusunu ve gerilim değerlerinin başlatma ve yayılma üzerindeki etkisini incelemek için, tüm ağaçlanma sürecinin kaydedilmesi ve analiz edilmesi gerekir. Bu gibi çalışmalarda ortam değerlerinin anlık değerlerinin kayıt edilmesi, yapılan çalışmaların analizinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

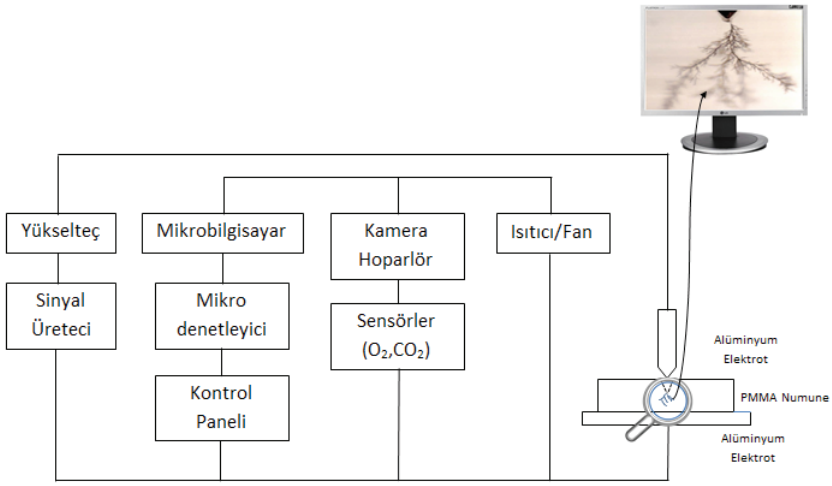
Bu çalışmada, dielektrik malzemelerde elektriksel ağaçlanmanın incelenebilmesine yönelik olarak akıllı bir platform tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Akıllı Elektriksel Yaşlanma Deney Platformu (AEYDP) elektriksel ağaçlanmayı oluşturmaya ve incelemeye olanak vermesinin yanısıra birçok multidisipliner çalışmalarda kullanılabilmeye imkân verecek ve esneklik gösterebilecek bir yapı sergilemektedir.

2. AKILLI ELEKTRİKSEL YAŞLANMA DENEY PLATFORMU

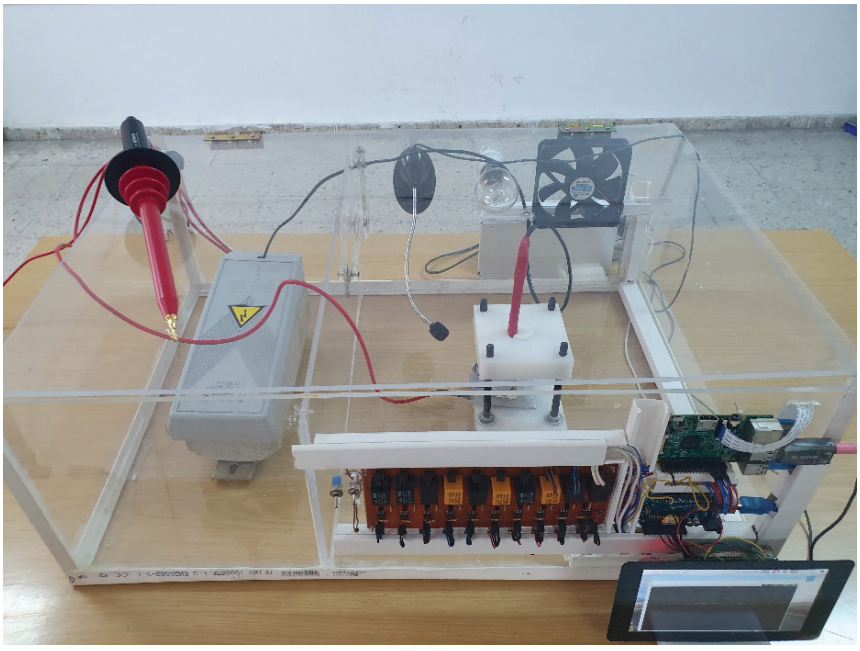
Tasarlanıp gerçekleştirilen akıllı elektriksel yaşlanma deney platformu, elektriksel ağaçlanma gibi yaşlanma deneylerini yüksek gerilim altında kontrollü ve güvenli bir şekilde yapmaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca diğer birçok multidisipliner çalışmalarda kullanılması ile ilgili olarak düzenek ve yazılımlara sahiptir. Bu bağlamda esnek bir yapı sergileyen akıllı elektriksel yaşlanma deney platformu, donanım ve yazılım olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Yaygın şekilde kullanılan bir geliştirme kartı olan Raspberry Pi, Arduino mikrodenetleyicisi, Raspberry Pi kamera modülü, mikrofon, gaz sensörleri (karbondioksit, karbonmonoksit, oksijen), sıcaklık ve nem sensörlerinin yer aldığı veri toplama bölümü platformun önemli birimidir. Ayrıca yüksek gerilimin üretildiği yüksek gerilim üreteç bölümü ile elektriksel ağaçlanma ve diğer deneysel çalışmaların yapıldığı deney ortamı bölümü de sistemin diğer birimleridir. Akıllı platformun genel yapısı Şekil

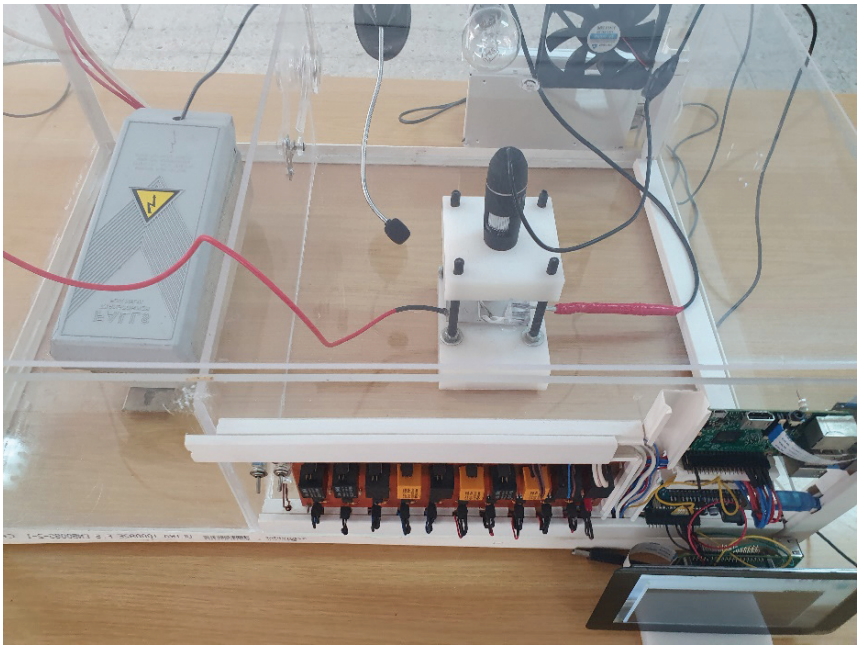
1'de gösterilmiştir. Tasarlanıp gerçekleştirilen "Akıllı Elektriksel Yaşlanma Deney Platformu" Şekil 2(a) ve Şekil 3(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 1. *Akıllı elektriksel yaşlanma deney platformunun genel yapısı*



Şekil 2. *Akıllı elektriksel yaşlanma deney platformu (a)*



Şekil 3. *Akıllı elektriksel yaşlanma deney platformu (b)*

2.1. Donanım

Akıllı platform, frekansı ve genliği ayarlanabilir yüksek gerilim üreteç bölümü, deney ortam parametrelerinin kaydedilmesini ve kontrolünü sağlayan veri toplama bölümü ve deneysel çalışmaların yapıldığı deney ortamı bölümünden oluşmaktadır.

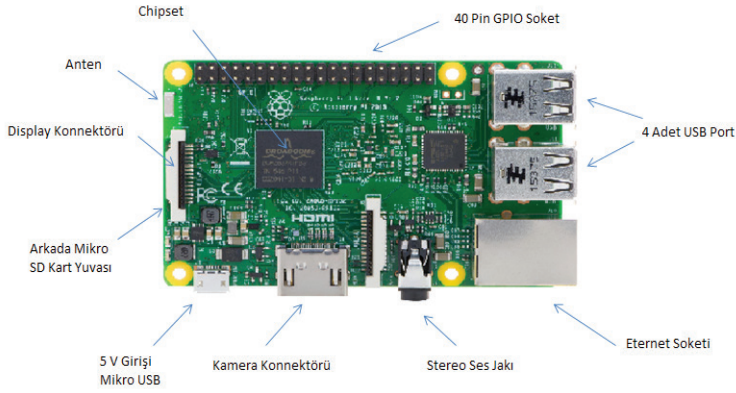
2.1.1. Yüksek Gerilim Üreteç Bölümü

Elektriksel ağaçlanmayı laboratuvar ortamında yalıtkan malzeme numuneler içerisinde hızlı bir şekilde oluşturabilmek için gerilim ayarlı bir yüksek gerilim kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, elektriksel ağaçlanma oluşturmak için 10kV-50Hz'lik bir gerilim kaynağı kullanılmıştır

Çıkış gerilimi oldukça yüksek olduğundan bulunduğu yerdeki elektronik devrelere zarar verebileceği düşünülerek (veri toplama bölümünde bulunan cihazlara ve sensörlere) elektrik alanın etkisini azaltmak amacıyla gerilim kaynağı akrilik malzemeden yapılmış bir kutu içerisine yerleştirilmiştir. Alüminyum elektrot ile kaynak arasındaki kablolar ekranlı ve yalıtkan kalitesi yüksek değerli kablolardan seçilmiştir.

2.1.2. Veri Toplama ve Kontrol Bölümü

Akıllı Elektriksel Yaşlanma Deney Platformu olarak adlandırılan bu sistemde veriler, mini bir bilgisayar olan Raspberry Pi 3 Model B platformu ve bir mikrodenetleyici olan Arduino Uno R3 yardımıyla alınmıştır. Bir kredi kartı boyutunda olan Raspberry Pi, mini bir bilgisayar özelliklerini taşımaktadır. Raspberry Pi açık kaynak yazılım tabanlı projelerde önemli fırsatlar ve kolaylıklar sunmaktadır. Bundan dolayı tüm dünyada popüler olan Raspberry Pi açık elektronikte (open electronics) tercih edilmektedir. Geliştirme kartları son yıllarda eğitim amaçlı, ticari ve akademik olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Ersin v.d., 2019; Öz ve Ersin, 2020; Özdemirci v.d., 2017; Karhan v.d., 2015). Raspberry Pi 3 Model B geliştirme kartı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. *Raspberry Pi 3 Model B geliştirme kartı*

Kullanılan Raspberry Pi 3 Model B'nin teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (www.raspberrypi.org.).

Tablo 1. *Raspberry Pi 3 Model B'nin teknik özellikleri*

Mimari	ARMv8-A (64-bit)
SoC	Broadcom BCM2837
CPU	1.2 GHz 64-bit 4 çekirdek ARM Cortex-A53
RAM	1 GB
USB 2.0 port sayısı	4
Kart üzerinde Ağ	10/100 Mbit/s Ethernet, 802.11n Wifi, Bluetooth 4.1
Güç değerlendirmesi	300 mA (1.5 W) ortalama 1.34 A (6.7 W) maksimum
Güç kaynağı	5 V (MikroUSB veya GPIO)
Boyut	85.60 mm × 56.5 mm
Ağırlık	45 g

Deney ortam parametreleri olan sıcaklık, nem, karbonmonoksit, karbondioksit ve oksijen değerleri sensörler vasıtasıyla alınmaktadır. Bu değerlerin Raspberry Pi ile iletişimini sağlamak için Arduino'dan faydalanılmıştır. Raspberry Pi'de analog girişler bulunmadığından tüm sensörler Arduino'ya bağlanmış ve sensörlerden okunan datalar seri haberleşme yardımıyla Raspberry Pi'ye gerçek zamanlı olarak aktarılmıştır. Dolayısıyla Arduino, Raspberry Pi altında ve kontrolünde çalışan bir mikrodenetleyici konumundadır. Deney sırasında ortamdan sensörler yardımıyla istenilen zaman aralıklarında alınan değerler, Raspberry Pi platformunda .txt uzantılı olarak kaydedilip saklanmakta aynı zamanda kullanıcıya SSH protokolü yardımıyla gerçek zamanlı olarak iletilip erişim imkânı vermektedir Akıllı Platform'da deneyler gerçekleştirilirken istenilen sıcaklığın ve nemin kontrol edilmesinde, röle kontrol devresi ve mikrodenetleyici vasıtasıyla ısıtma ve soğutma üniteleri de kullanılmıştır.

Gerçekleştirilen bu akıllı platformun en önemli avantajlarından biri de uzaktan erişime imkân vermesidir. Secure Shell (SSH) Protocol bağlantı sayesinde hem PC üzerinden hem de cep telefonu üzerinden bağlantı yapılabilmektedir. SSH bağlantı yapıldıktan sonra LXTerminal üzerinden sensör data verilerine erişim sağlanabilmekte ve koda müdahale edilebilmektedir. Böylelikle deney sonuçlarının takibi, koda müdahale gibi işlemler kolaylıkla gerçekleştirilebilecektir. RTSP Real Time Streaming Protocol yardımıyla video yayını yapılıp iş güvenliği açısından deney ortamının takibi yapılabilmektedir.

Ayrıca veri toplama bölümünde, deney sürecinde ortamdan ses datalarını almaya imkân tanıyan mikrofon ve deneysel ortamdan görüntü alabilen bir kamera sistemi mevcuttur. Mikrofon ve kamera Raspberry Pi modulüne bağlıdır. Mikrofon bir ses kartı yardımıyla Raspberry Pi'ye doğrudan bağlanmıştır. Ses verileri, istenilen uzunlukta ve istenilen aralıklarda alınıp kullanıcıya işlenecek formatta hazırlanmaktadır. Deneysel ortamdan görüntü verileri Raspberry Pi'nin kamera modülü olan Picamera modülüyle alınmaktadır. RTSP protokolü yardımıyla ortamdan gerçek zamanlı olarak video yayını alınabilmektedir. Görüntüler kullanıcıya istenilen formatta hazırlanmaktadır. Gerçekleştirilen Akıllı Platform'da istenilen zaman dilimi aralıklarında ses, görüntü ve sensör verileri SD karta kaydedilmekte, dosya buluta depolanmakta ve kullanıcının mail adresine gönderilebilmektedir.

2.1.3. Deney Ortamı Bölümü

Deney ortamı bölümü, elektriksel ağaçlanma deneyinin veya multidisipliner çalışmaların hazırlanıp yapıldığı bölümdür. Elektriksel ağaçlanma deneyleri için gerekli olan PMMA malzeme ve elektrotlar bu bölümde bulunmaktadır. Laboratuvar ortamında elektriksel ağaçlanmayı oluştur-

mak için hazırlanan düzenekler genelde birbirine benzerdir. Numune ve elektrot çeşitliği gibi parametreler farklılık gösterebilmektedir. İstenildiği takdirde bu bölüm yapılacak multidisipliner çalışmalara göre kolayca geliştirilebilmektedir.

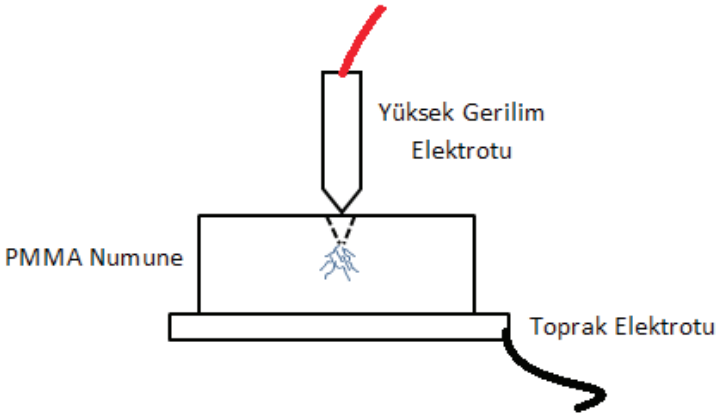
2.2. Yazılım

2.2.1. Akıllı Platform İçin Genel Sistem Yazılımı

Raspberry Pi, akıllı platform'un bilgisayar sistemini oluşturmaktadır. Bütün veri işlemleri burada yapılmaktadır. Raspberry Pi ile tüm donanımların kontrolünde, mikrodenetleyici üzerinden sensörlerden gelen verilerin okunmasında, ses ve görüntü verilerinin elde edilmesinde ve e-posta ile ilgili araştırmacıya gönderilmesinde Python programlama dili kullanılmıştır. Mikrodenetleyici olan Arduino'da ise sensör verilerinin alımı, iletimi ve sensör veri değerlerine göre ısıtma-soğutma sisteminin kontrolünde ise C++ programlama dilinden yararlanılmıştır.

3. ELEKTRİKSEL AĞAÇLANMA DENEYİ

Elektriksel ağaçlanma için PMMA malzemelerden istenilen ölçülerde (50x50mm) kesilmiştir. Farklı elektrotlar arası mesafe değerlerine sahip malzemeler sırasıyla akıllı platform içerisinde numunelerin konulacağı bölüme yerleştirilmiştir. Numunelere belirlenen değerde yüksek gerilim uygulamak için elektrotlar sabitlenmiştir. Elektrotların numunelere nasıl bağlandığı Şekil 5'te gösterilmiştir. PMMA numunelere yüksek gerilim belirli bir süre uygulanmıştır. Sonra bu numuneler mikroskop altında incelenmiştir.

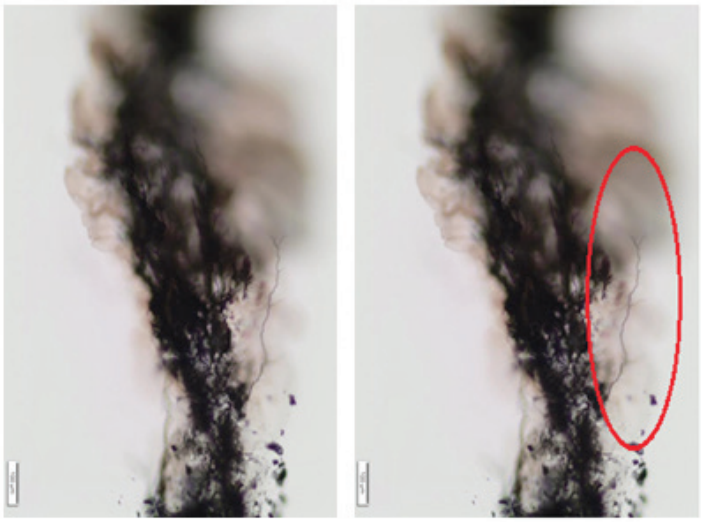


Şekil 5. *PMMA numuneye elektrotların bağlanması*

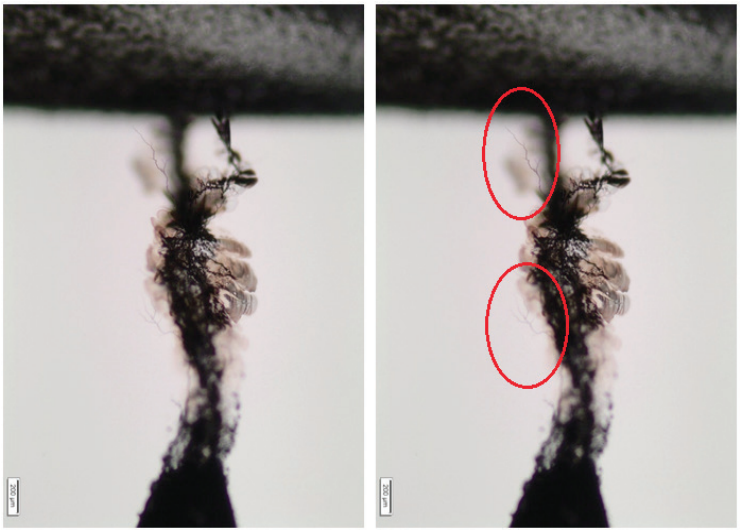
3.1. Elektriksel Ağaçlanma Görüntülerinin Elde Edilmesi

PMMA malzemelerde yaşlanma olayının gerçekleştirilmesi için yapılan yüksek gerilime tabi tutma işlemi tamamlandıktan sonra numuneler

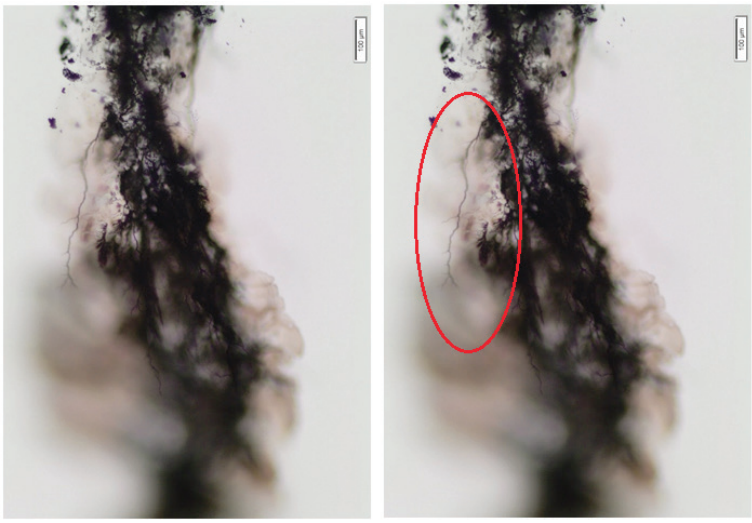
Akıllı Platform'dan çıkarılmıştır. Yaşlandırılan numunelerden görüntüler Olympus CX41 ışık mikroskobu ve Olympus SC-100 CMOS dijital kamerası yardımı ile alınmıştır PMMA malzemelerde elektriksel ağaçlanmanın oluştuğu bölgeler ve numune içerisinde bozulan bölgelerin görüntülerine Şekil 6-11'de yer verilmiştir.



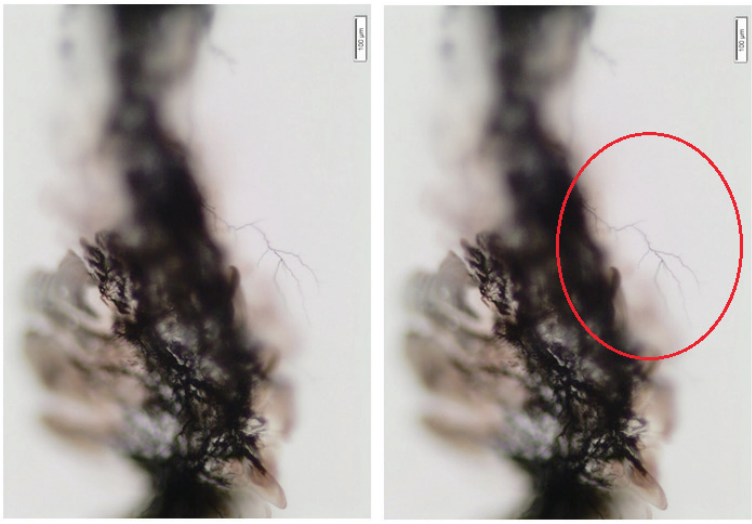
Şekil 6. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*



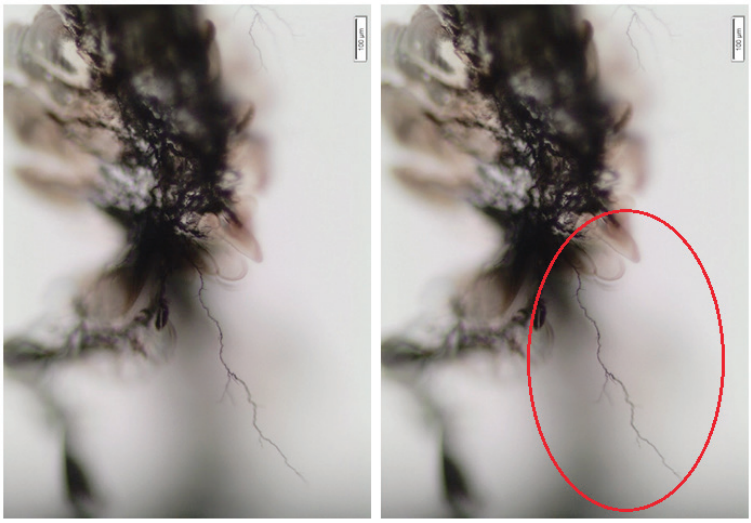
Şekil 7. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*



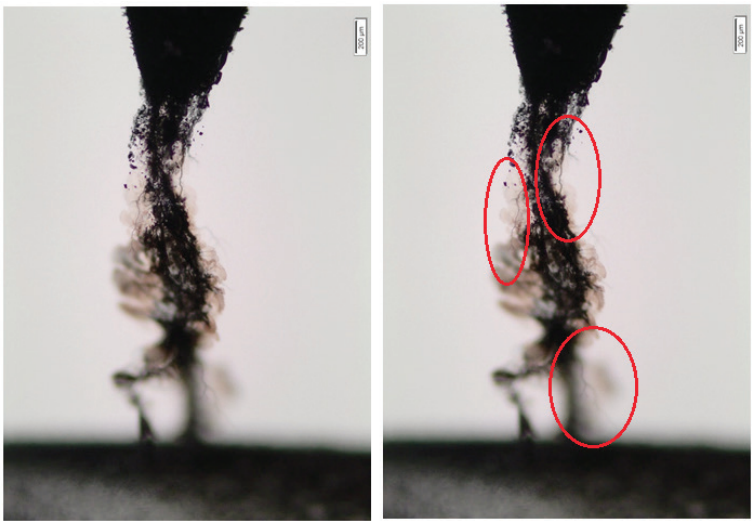
Şekil 8. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*



Şekil 9. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*



Şekil 10. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*



Şekil 11. *Elektriksel ağaçlanma görüntüleri*

4. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, "Akıllı Elektriksel Yaşlanma Deney Platformu" adı verilen deneysel sistem tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem yardımıyla PMMA yalıtkan malzemelerinde yaşlandırma deneyleri kontrollü ve güvenli bir şekilde yapılmıştır. Yaşlanma olayları kapsamında elektriksel ağaçlanma oluşturulmuştur. Elektriksel ağaçlanma oluşturmak için 10kV-50Hz'lik bir gerilim kaynağı kullanılmıştır. PMMA malzeme içerisinde meydana gelen delinme görüntüleri ve elektriksel ağaçlanma görüntüleri ışık mikroskobu ile elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışma, ileride yapılacak yüksek gerilim altındaki akıllı deneysel sistemlere temel olabilecek multidisipliner bir çalışma niteliğindedir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen akıllı platform sistemi, yapılacak yaşlandırma testlerine kolaylık, güvenlik, uzaktan erişilebilirlik gibi imkanlar vermiştir. Bu çalışma ile yüksek gerilim altındaki yaşlandırma işlemlerinin hem bilimsel hem de endüstriyel çalışmalarda güvenli ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

Yapılan bu çalışma gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Aynı zamanda küçük değişiklikler yardımıyla da farklı endüstriyel sistemlere entegre edilebilme esnekliğini sunmaktadır. Açık kaynak platform tabanlı ve yüksek gerilim altında yapılabilecek uygulamalara örnek teşkil edebilecek çalışma niteliğinde olduğundan, endüstriyel çalışmalarda ve uygulamalarda, hassasiyetin çok önemli olduğu multidisipliner çalışmalara imkân tanıyabilmektedir. Özellikle elektrik–elektronik mühendisliği, kimya mühendisliği, polimer mühendisliği, malzeme mühendisliği gibi fen ve mühendislik alanlarında yapılacak deneysel çalışmalarda güvenli bir şekilde rahatlıkla kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

Ali, U., Karim, K. J. B. A., Buang, N. A. (2015). A review of the properties and applications of poly (methyl methacrylate)(PMMA). Polymer Reviews, 55(4), 678-705.

ASTM D3756-97, (2004). Standard Test Method for Evaluation of Resistance to Electrical Breakdown by Treeing in Solid Dielectric Materials Using Diverging Fields, *ASTM International*.

Bartnikas, R., Eichhorn, R. M. (1983). Volume IIA Electrical Properties for Solid Insulating Material: Molecular Structure and Electrical Behavior. In *Engineering Dielectrics*, Baltimore, USA, pp. 355-360.

Boonraksa, T., Marungsri, B. (2014). Role of ionic solutions affect water treeing propagation in XLPE insulation for high voltage cable. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(5), 795-798.

Bozzo, R., Guastavino, F., Montanari, G. C. (1998). Electrical tree tests. Probabilistic inference and insulating material evaluation. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 5(5), 734-740.

Ding, H. Z., Varlow, B. R. (2004). Effect of nano-fillers on electrical treeing in epoxy resin subjected to AC voltage. In *The 17th Annual Meeting of the IEEE Lasers and Electro-Optics Society*, 2004. LEOS 2004. (pp. 332-335). IEEE.

Ersin, Ç., Öz, A. (2020). IoT based device design and application for occupational health and safety. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* (18), 494-504.

Ersin, Ç., Yaz, M., Karhan, M. (2019). Savunma sanayi için örnek bir IoT uygulaması. *Electronic Letters on Science and Engineering,* 15(3), 66-73.

Karhan, M. (2021). Experimental investigation of wettability and evaporation for the surface of PMMA dielectric material used in high-voltage applications and outdoor electrical applications. *Applied Physics A*, 127, 462.

Karhan, M., Çakır, M.F., Güllü, H., Özen, F., Özdemirci, E., Karayel, M. (2015). Design and implementation of a low cost reconnaissance robot using open-source platforms. *UNITECH, Bulgaria*.

Kitchin, D. W., Pratt, O. S. (1958). Treeing in Polyethylene as a Prelude to Breakdown. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Part III: Power Apparatus and Systems*, 77(3), 180-185.

Kurnianto, R., Murakami, Y., Nagao, M., Hozumi, N., Murata, Y. (2007). Treeing breakdown in inorganic-filler/LDPE nano-composite material. *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials*, *127*(1), 29-34.

Laurent, C., Mayoux, C., Sergent, A. (1981). Electrical breakdown due to discharges in different types of insulation. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, (1), 52-58.

Maity, P., Basu, S., Parameswaran, V., Gupta, N. (2008). Degradation of polymer dielectrics with nanometric metal oxide fillers due to surface discharges. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(1), 52–62.

Maity, P., Gupta, N. (2008). Role of the Interface in Improving Surface Degradation Properties of Epoxy Nanocomposites. *Power Research*, 4(2), 179-184.

Maity, P., Kasisomayajula, S. V., Parameswaran, V., Basu, S., Gupta, N. (2008). Improvement in surface degradation properties of polymer composites due to pre-processed nanometric alumina fillers. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(1), 63-72.

McMahon, E. J. (1981). A tree growth inhibiting insulation for power cable. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, (4), 304-318.

Özdemirci, E., Ersin, Ç., Canal, M. R. (2017). Arduino UNO uygulama setinin gerçekleştirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(Özel (Special) 1), 127-133.

Park, H. S., Park, H. S., Gong, M. S. (2010). Preparation of silver/poly (methyl methacrylate) nanocomposites by in-situ radical polymerization using silver carbamate complex. *Macromolecular Research*, 18(9), 897-903.

Patsch, R. (1979). On tree-inhibition in polyethylene. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, (4), 200-206.

Pawde, S. M., Deshmukh, K. (2009). Investigation of the structural, thermal, mechanical, and optical properties of poly (methyl methacrylate) and poly (vinylidene fluoride) blends. *Journal of applied polymer science*, 114(4), 2169-2179.

Rajendran, S., Sivakumar, M., Subadevi, R. (2003). Effect of salt concentration in poly (vinyl alcohol)-based solid polymer electrolytes. *Journal of Power Sources*, 124(1), 225-230.

Shibuya, Y., Zoledziowski, S., Calderwood, J. H. (1977). Void formation and electrical breakdown in epoxy resin. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, 96(1), 198-207.

Tanaka, T., Montanari, G. C., Mulhaupt, R. (2004). Polymer nanocomposites as dielectrics and electrical insulation-perspectives for processing technologies, material characterization and future applications. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, *11*(5), 763-784.

Wang, J., Zheng, X., Li, Y., Wu, J. (2013). The influence of temperature on water treeing in polyethylene. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 20(2), 544-551.

https://www.raspberrypi.org.

Bölüm 14

KIMIZ VE KEFİRİN PROBİYOTİK ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNDEKİ ÖNEMLİ ETKİLERİ

Mevhibe TERKURAN[1]

1 Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Kadrili Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3150-459X).

1. Giriş

Günümüzde tüketici bilincinin artması, gıda çeşitliliği ile birlikte, sağlık üzerinde önemli faydaları olduğu belirlenen bazı gıdaların tüketiminde yönelime sebep olmaktadır. Son yıllarda probiyotik bakterilerin sağlık üzerinde oldukça önemli etkileri olduğu; antikanser, anti-obezite, bağışıklığın arttırılması…vb. bilimsel çalışmalarla desteklenmiş olup, Covid-19 pandemisi ile de probiyotiklerin antiviral etkilerinin bildirilmesi, probiyotik içeriği yüksek olan gıdaları daha da önemli bir konu olarak önümüze çıkarmaktadır (Zendeboodi ve ark., 2020; Hamida ve ark., 2021).

Probiyotikler, canlı mikroorganizmalardır ve insan/hayvan gastrointestinal sisteminde bulunurlar. Ayrıca birçok gıdada, özellikle fermente süt ürünlerinde; yoğurt, kefir, kımız gibi ürünlerde oldukça önemli seviyelerde bulunurlar. Probiyotiklerin; cildi iyileştirme, alerjileri azaltma, kabızlığı giderme gibi sağlık üzerinde birçok olumlu etkileri vardır. Özellikle fermente ürünlerden olan kımız ve kefirin probiyotik içeriklerinden dolayı tüketimi olumlu etkiler yaratmaktadır.

Probiyotikler, beslenme ile yeterli miktarda alındığı zaman kişinin sağlığı üzerinde olumlu etkiler oluşturan, yararlı canlı mikroorganizmalardır. Kafkasya'da yaygın olarak bilinen ve yıllardır üretimi ve tüketimi yapılan kefir, kefir daneleriyle harmanlanarak etil alkol ve laktik asitin fermente edilmesiyle oluşan geleneksel fermente bir süt ürünüdür. Kefir hem bileşenleri, hem de fermente bir süt ürünü olması nedeniyle, sağlık açısından yararlı etkilere sahiptir. Bağışıklık sitemini güçlendirmede, astım etkilerini azaltmada faydaları vardır. Kımız, kısrak sütünün fermente olmasıyla elde edilen bir süt ürünüdür. Kımız, fermantasyonda laktozu fermente eden ve etmeyen mayaları yapısında bulundurur. Türkler, eskiden bu yana kımızı enerji verici ve bazı hastalıkları; depresyon, yaşlılık.. vb. iyileştirici olarak kullanmışlardır. (Ceylan ve Alıç, 2012; Aran, 2014) .

Bu derlemede, kefir ve kımızın sağlık açısından önemli özellikleri ortaya koyulacak, probiyotik ve antiviral etkileri ile bağışıklık sistemi üzerindeki olumlu etkileri hakkında güncel literatüre dayalı bilgilendirmelerde bulunulacaktır.

1.1.Probiyotik Nedir?

Probiyotik, Yunanca'dan gelen 'pro' ve 'biota' dan türetilmiştir ve'yaşamsal' anlamına gelmektedir. Probiyotik, insanın beslenmesinde ve sağlığında yararlı bir etki bırakan canlı bakterilerdir. Özellikle fermente süt ürünlerinde bol miktarda bulunurlar. Probiyotiklerin sağlık üzerinde pek çok olumlu etkileri bulunmaktadir, bunlar: Tüketilen besinlerden kaynaklı zehirli maddelerin vücuttan atılmasında, kabızlığın ve ağız kokusu sorunun ortadan kalkmasında, bağırsaktaki zehirli maddeleri kontrol edip,

bağışıklığı güçlendirmede, antibiyotik tüketimi sonucu bozulan bağırsakları onarmada, B grubu ve K vitaminlerinin üretiminde, kemik erimesinin önüne geçmede, toksik maddelerin sebep olduğu enfeksiyon sorunlarının hızını azaltmada, vajinal hastalıkların gelişmesini engellemede, idrar yolu hastalıkları ve seyahatlerde ishale neden olan bakterilerin güçlenmesini engellemede, alerjileri ve belirtilerini azaltmada, cildi iyileştirmede, süt şekeri ve proteinin sindirimini kolaylaştırmakta etkilidirler (Aran, 2014; Zendeboodi ve ark., 2020).

Günümüzde ticari olarak da üretilen probiyotikler bulunmakla birlikte, doğal yollarla /gıdalarla probiyotik alımı bakteri çeşitliliği açısından daha çok tercih edilmektedir. Bunun yanında biyoyararlılıklarının arttırılması için probiyotiklerin birtakım özelliklere sahip olması gerekir, bunlar; probiyotikler güvenilir ve dengeli olmalıdır. Tüketim sonucunda insan ve hayvanlara olumsuz etkileri olmamalıdır. Düşük pH ve safra tuzlarına karşı dirençli olmalıdır. Mide ve bağırsakta canlılığını koruyabilmelidir. Bakteri yüzeyi hidrofobik yapıda olmalıdır. Agregasyon ve koagregasyon yeteneğine sahip olmalıdır. Bağırsak hücrelerine tutunabilme, kolonize ve metabolize olabilmelidir. Gıdanın sindirimi için bazı enzimler salgılamalı ve bağırsak hastalıklarını önleyebilmelidir. Ayrıca, Antikarsinojenik aktivite gösterebilmelidir. Kolesterolü düşürebilmeli, tüketilen antibiyotiklere karşı güçlü olmalıdır. Konakçı hücrelerde fazla sayıda bulunabilmeli, bakterilerin üretim ve depolama aşamalarında canlılığını ve aktivitelerinin koruyabilmeli, patojenik olmamalı ve zehirli maddeler (toksin) üretmemelidir (Yılsay ve ark., 2000; Zendeboodi ve ark., 2020).

2.Kımız

Kısrak sütünün fermente edilmesiyle elde edilen, çok düşük miktarda alkol ve aynı zamanda laktik asit içeren bir süt içkisidir. Kımız ismini, Asya bozkırlarında Kumane nehrinde yaşayan Kumanes halkından almaktadır. Kımız, eski bir süt bazlı içecek olarak bilinir, tarihçesine baktığımızda, Yunanlılar ve Romalıların bu tür içecekleri sıklıkla kullandıkları bildirilmektedir. 2500 yıldan daha uzun bir süre önce, güneydoğu Rusya'da muhafızlar ve Orta Asya'daki İskit kabileleri, kısrak sütünden kımızı üretmişlerdir. İlk defa 13. Yüzyılda, Fransız misyoner William Lubuluqi tarafından, Çin'de Moğollar tarafından kımız yapıldığı kapsamlı bir şekilde rapor edilmiştir. Yine, 1500 yıllarında, ev kısraklarının sütlerinden fermente süt ürünleri üretilmiştir. Çin'de özellikle Han Yuan Hanedanlığı (MÖ 202 - MS 202) ve Yuan Hanedanlığı (MS 1271-1368) dönemlerinde, bu hanedanlıklar kımızın üretilip yaygınlaştırılmasında önemli rol oynamışlardır. Günümüzde, kaynatılmış at sütü, çeşitli isimlerle yaygın olarak üretilmekte ve esas olarak terapötik(tedavi edici) değeri nedeniyle dünyanın çeşitli yerlerinde tüketilmektedir. Kımız, günümüzde; Kırgız, Tatar, Özbek ve Moğollar tarafından üretilmektedir. Kımız, çeşitli hastalıkları

iyileştirdiği için Avrupa'da kısrak yetiştirme çiftlikleri kurulmakta ve kımız üretimi yapılmaktadır (Park ve ark., 2006).

2.1.Kımız Üretim Yöntemleri

Kımız geleneksel ve endüstriyel yöntemlerle üretilir. Orijinalinde kısrak sütü kımızla karıştırılmaktadır. Karışımlar at derisinden yapılmış tulumlar '''Torsuk'' ve ''Saba''içerisine eklenmektedir. Üretimde tulum içindeki kımız, durmadan karıştırılmalıdır (bişkek denilen özel karıştırıcılar ile). 22 ˚C derecede fermentasyon sıcaklığı ayarlanmaktadır. Köpük ve ekşi aroma sağlanana kadar fermentasyon işlemi sürmektedir. Fermentasyon sonucunda kımız tüketime hazır hale gelmektedir.

Geleneksel olarak kımız üretiminde, iyi beslenmiş, yük hayvanı olarak kullanılmamış ve en az iki kez doğum yapmış ve süt bezleri gelişmiş kısrakların sütü kullanılır; kımız genellikle yılın kısa sağım döneminde, genellikle Temmuz'dan Ekim'e kadar yaz mevsimine kadar üretilir (Minjigdorj ve ark., 2012). Süt üretiminin kesin miktarı, ırka, beslenmeye, atmosfere ve sağlık /bakım durumuna bağlı olduğu için kısraklar arasında farklılık gösterir. Geleneksel olarak, kımızın fermantasyonu, ağaç çukurlarında veya hayvan derilerinde meydana gelir.

Geleneksel üretim sisteminde, kımız hazırlamak için kısrak/inek sütü 90–92°C'de 5-10 dakika süreyle ısıtılır. 26°C–28°C'ye soğutulur ve starter eklenir. Kısrak sütü ve su ilk olarak saf termofilik Laktik Asit Bakterileri (LAB) ve maya kültürlerinden yapılır. Kullanılmadan önce, LAB ve maya kültürü, harmanlanmış bir başlangıç kültürü oluşturmak için toplu olarak karıştırılmıştır. Toplu starter kültür, pastörize süte %30 oranında eklenir. Fermantasyon, sürekli karıştırılarak, 2 saatte yaklaşık 25°C'lik bir sıcaklıkta gerçekleştirilir. Paketlemeden sonra, fermantasyon şişelerde 18°C–20°C'de 2-3 saat devam eder, daha sonra 4°C–6°C'ye soğutulur ve daha sonra kullanılıncaya kadar saklanır. Endüstriyel düzeyde kımız üretmek için 1960 lardan bu yana saf kültürler kullanılmıştır. Kımızın mikroflorası temel olarak, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus helveticus* gibi LAB kültürlerinden oluşur. Kımız başlangıç kültüründe ayrıca iki tip maya bulunur, bunlar, başlıca geleneksel fermente ürünlerden ekstrakte edilen laktozu fermente eden ve etmeyen mayalardır. Bu mayalar kımızın mikroflorası ile yakından ilişkilidir (Park ve ark.,, 2006).

Kımızın endüstriyel olarak üretiminde, tanka maya eklenmesini müteakiben mayanın 3 katı süt eklenmekte ve sıcaklık 26°C de fermentasyon gerçekleşmektedir. Fermentasyonun istenen nitelikte olabilmesi için, bir saatlik fermentasyon sırasında süt- maya karışımı 3-4 defa 1-2 dk süre ile; 2-4 saat sonra 30-60 dk kımızın kendine ait tat ve kokusu oluşana kadar karıştırılmaktadır. Karıştırma ile proteinlerde pıhtılaşmanın engellenme-

si ve kımızdaki hava miktarının artması sağlanmaktadır. Bu durum, maya ve diğer mikroorganizmaların proliferasyonunu da hızlandırmaktadır. Şişelenen kımız, şişelerde ağzı kapalı şekilde saklanmakta; alkol ve karbondioksit oluşumu için 4 - 6°C'de bir süre bekletilmektedir. Böylece kımız tüketime hazır hale gelmektedir.

Kımız üreriminde kısrak sütünün yanı sıra inek sütü de kullanılmaktadır. Hammadde olarak inek sütünün kullanıldığı kımız üretiminde ise uygulama şu şekilde yapılmaktadır; tanka alınan yağsız inek sütüne %2.5 oranında sakkaroz eklenir ve süt 90-92°C'de 2-3 dakika ısıtılarak pastörize edilir. Ardından, 26-28°C'ye soğutulduktan sonra, %10 oranında saf kültürle aşılanarak, 15-20 dk. homojen bir yapı olana kadar pıhtı karıştırılır. Oluşan pıhtı yaklaşık 2 saat havalandırma olmaksızın, her 15-20 dakikada bir (3 -5 dakika süreyle) karıştırılmaya devam edilir. Bütün bu işlemlerin sonunda ürün sıcaklığı 16-18°C'ye ve asitlik 34-38°SH'ya ulaşır (Demirci ve Şimşek, 1997).

Kısrak sütüne kımız mayası eklenmesi ile (eklenen mikroorganizmaların etkisi ile) kısrak sütünde birtakım kimyasal değişimler gerçekleşir. Özellikle süt şekeri ve proteinlerin hidrolizasyonu şeklinde bazı değişimler söz konusudur. Süt yağının hidrolizasyonu için ortamda ''lipaz'' enzimi bulunmalıdır. Ancak, kımız mayasını oluşturan mikroorganizmalar tarafından bu enzim üretilemediğinden, fermantasyon sonunda kımızdaki süt yağında herhangi bir değişim görülmez (Wood, 1985).

Kımız, ince granüle-homojen yapıda, hem asit hem de alkol içeren ve köpüren özellikte bir içecektir. Genel olarak ''ekşi peynir'' kokusuna benzer bir kokuya sahiptir. Bileşiminde; %0.7- 1.8 oranında laktik asit bulunan kımızın alkol miktarı; %0.6- 2.5, $C0_2$ miktarı ise; %0.5 – 0.88 arasında değişmektedir. Raf ömrü 2-3 gündür. Kımız üretildikten sonra, bir hafta içinde tüketilmelidir. Bir günlük kımızda alkol miktarı; %1.05 iken, dört günlük kımızda; %2.4 oranına ulaşır. Kımızda bulunan alkol, laktik asit ve pH miktarlarına göre; zayıf, orta ve sert kımız olarak sınıflandırılmaktadır.

Kımız çeşitleri: Zayıf: Laktik asit (%) 0.54-0.72; pH: 4.5-5; Alkol içeriği (%): 1.0, Orta: Laktik asit (%) 0.73–0.90; pH: 3.9-4.5; Alkol içeriği (%): 1.08, Güçlü/Sert: Laktik asit (%) 0.91–1.08; pH 3.3–3.9 Alkol içeriği (%)1.8–2.3'olarak sınıflandırılır (Wood, 1985).

2.2.Kımız Tüketiminin Sağlık Üzerine Olumlu Etkileri

Kımızın tüketimi sonucu sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır. Özellikle sindirim sistemi üzerinde olumlu etkileri (mide salgılarının artışı, bağırsaklarda peristaltik hareketlerin hızlanması..vb). sözkonusudur. Ayrıca, kımız tüketiminin iştahta artış ve diüretik etki (idrara çıkmada artış)

de söz konusu olabilmektedir. Özellikle, akciğer enfeksiyonlarında (tüberküloz) destekleyici tedavi olarak kımız tüketimi öteden beri kullanılmıştır. Bunun yanı sıra; gastrit, tifo, paratifo, dizanteri, bağırsak tembelliğinin tedavisinde de kımızdan başarıyla yararlanılmaktadır. Ayrıca kımızın kansızlık, hazımsızlık, yorgunluk, iştahsızlığa karşı olumlu etkileri olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Bazı çalışmalarda, Türk'lerin kımızı, cesareti artıran, şairlere ilham kaynağı olan, umutsuzluk ve kötü fikirleri yok eden bir içki olarak gördükleri; yaşlılık ve birçok hastalığa doğal bir ilaç olarak değerlendirdikleri ve bu amaçlarla kımızı tükettikleri bildirilmiştir. Kımız tüketimi, insana yaşam gücü ve sevinci de vermektedir. Kımız, uyku bozukluklarında etkilidir ve dingin uyanmayı sağlar (Kurdal E., 2002; Özden A., 2013; Afzaal ve ark., 2021; Chen ve Ark., 2021). Aşağıda kımızın sağlık açısından önemli etkileri özetlenmiştir:

2.2.1.Kımızın Antibakteriyel Özellikleri

Laktik asit antikorlarının, zararlı mikroorganizmalara karşı antagonistik etkisi bazı çalışmalarda in vitro olarak gösterilmiştir. Örneğin, Laktokoklar ve kapsüler maddelerinin, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve bazı Clostridiaların gelişimini azalttığı bilinmektedir. Bu Laktokok türlerinin bazıları, kımızın starter kültürleridir. Bağırsak enfeksiyonlarında antibiyotikler, zararlı mikroorganizmaları ve özellikle E. coli enfeksiyonlarını tedavi etmek için kullanılır. Patojenik bakterilere karşı yararlı etkilerine rağmen, doğal floraya bir miktar zarar vererek mikroekolojik dengesizlik, fizyolojik işlev bozukluğu ve dış enfeksiyona karşı artan hassasiyete neden olurlar. Sonuç olarak, günümüzde doğal ilaçlar, probiyotikler ve diğer yeşil ürünler, antibiyotiklere alternatif olarak daha fazla ilgi görmektedir. Kımızın, arterleri beslediği, depresif durumları hafiflettiği ve sindirimi iyileştirdiği, kardiyovasküler hastalık, verem ve ishali tedavi etmeye yardımcı olduğu çeşitli araştırmalarda gösterilmiştir (Tadesse ve ark., 2012; Dwivedi ve ark., 2015; Wu ve ark., 2009; Chen ve ark., 2021).

Mayalar, kımızdaki en yaygın mikroorganizmalardır ve tıbbi fayda sağlamanın yanı sıra mayalanma sürecinde hayati bir rol oynarlar. Bazı mayaların, potansiyel olarak bakteri metabolizmasında öldürücü toksinler ve organik asitler gibi antibakteriyel kimyasalların üretimi yoluyla, *E. coli* üzerinde antibakteriyel etkileri olduğu bildirilmiştir. *Kluyveromyces marxianus* ve *Saccharomyces cerevisiae* mayalarının kımızda bulunduğu ve antibakteriyel bileşenlerinin *E. coli* O8'e karşı etkili olduğu, bazı çalışmalarda bildirilmiştir. Sonuç olarak, kımız mayalarından elde edilen dört antibakteriyel bileşiğin, Gram-negatif, Gram-pozitif bakteri ve *E. coli* suşlarına karşı daha iyi antibakteriyel etkiye sahip olması, bunların geniş bir antibakteriyel spektruma sahip olduklarını ve geniş spektrumlu antibakteriyel ajanlar olarak kullanılabileceğine dair çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Etienne-Mesmin ve ark., 2011; Chen ve ark., 2017; Chen ve ark., 2019).

2.2.2.Tedavi Edici Özellikleri

Kımız, yaygın olarak tüketildiği bölgelerde iyi bir içecek olarak değerlendirilmektedir. Beslenmeye kımızın eklenmesi, sağlık açısından çeşitli faydalar sağlar. Öncelikle, insanların kullandığı probiyotik açısından zengin bir besindir. Probiyotikler, doğasının yanı sıra antibakteriyel ve antifungal özellikler gibi birçok sağlık avantajı sunar. Kımız bağışıklık sistemini düzenler, kolesterolü düzenler, sağlıklı bir sindirim sistemini korur. Laktik asit bakterileri, mayalar; *Lb bulgaricus Saccharomyces lactis, Lb. casei, Pichia, Str. laktis, subsp., Rhodotorula, Lb. laktis* ssp., *Torula*, *Lb. Leichmaniii*, *Saccharomyces lactis*, *Lb. delbrüeckii* ssp. (Laktozu fermente eden) *Mycoderma* (laktozu fermente etmeyen) *Saccharomyces cartilaginosus* (laktozu fermente etmeyen) *Torula koumiss* (Laktozu fermente eden) Laktik streptokoklar*, Kluyveromyces lactis* veya *Kluyveromyces fragilis*, *Lb. acidophilus Kluyveromyces maxianus var. Maxianus* gibi türlerden oluşmaktadır (Hou ve ark., 2019).

2.2.3.Bağışıklık Sistemi Güçlendirici Etkisi

Günlük beslenmede kımızın düzenli tüketilmesi, bağışıklık sistemini geliştirir. Bağırsak bakterilerinin uzaklaştırılması nedeniyle bağışıklık sistemi önemli ölçüde zayıflar. Yapılan bazı çalışmalarda, bağırsak bakterilerinden arınmış hayvanların kanlarında, düşük seviyelerde akyuvarların ve diğer koruyucu kimyasalların bulunduğu doğrulanmıştır. Doğal olarak gastrointestinal sistemde, probiyotik bakteriler hayvanın bağırsak sistemine girer, akyuvarları aktive eder ve bağışıklık sistemi güçlendirilir. Fermente gıdalardan gelen bakteriler, doğal olarak bağırsak duvarından geçen ve bağışıklık sisteminde bağışıklık hücrelerinin oluşumunu uyaran kimyasalları üretirler. Yine bazı çalışmalarda, kımızın bağışıklık sistemi üzerindeki olumlu etkileri ve antibakteriyel aktivitelerinin olduğu gösterilmiştir. Bu sonuçlar, deney hayvanlarının bağışıklık sistemini önemli ölçüde güçlendirebileceğini göstermiştir. Ayrıca, taze kısrak sütünün, timus ve dalak indeksini güçlendirdiği, makrofajların fonksiyonlarını geliştirdiği ve kan serumundaki hemolizin oranını yükselttiği bildirilmiştir. Ek olarak, taze kısrak sütü, sıçanların bağışıklık organlarının ağırlığını arttırdığı ve normal bağışıklık fonksiyonlarını güçlendirdiği; hücre bağışıklık yeteneklerini düzenlediği ve vücut sıvısı ile ilgili bağışıklık sistemlerini önemli ölçüde kontrol ettiği, bazı çalışmalarda raporlanmıştır (Ya ve ark., 2008; Kondybayev ve ark., 2021).

2.2.4. Kımızın Antikanserojen Özellikleri

Malignite, dünya çapında başlıca ölüm nedenlerinden biridir. Vücuttaki (bir yumru gibi) anormal hücrelerin kontrolsüz gelişimidir. Kımızın yapısında bulunan probiyotiklerin, kanserojen kimyasalları inhibe ederek

ve bağışıklık sistemini güçlendirerek tümör büyümesini engellediğine inanılmaktadır. Fermente gıdalar, hastalığa ve fizyolojik dengeye karşı koruma sağlayan sağlıklı bir bağırsak mikrobiyotasının korunmasına yardımcı oldukları için "doğal olarak güçlendirilmiş fonksiyonel besinler" olarak adlandırılırlar. LAB, fermentasyon sırasında bakteriyosinler, etanol, asetik asit, aroma bileşikleri, ekzopolisakkaritler, biyoaktif peptitler, vitaminler ve bazı enzimler gibi sekonder metabolitler ürettikleri için bu işlemlerde anahtar rol oynamaktadırlar (Stanton ve ark., 2005; Leite ve ark., 2013; Sharma ve ark., 2018).Üretilen biyoaktif peptitlerin antikanser, antioksidan ve diğer özellikleri sağlık üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Rong ve arkadaşları (2019), kımız kültüründe bulunan *Lactobacillus helveticus* NS8 bakterisinin in vitro olarak kolorektal kansere karşı etkili olduğunu, enterosit büyüme inhibisyonuna, apoptoz indüksiyonuna, NF-B aktivasyonunun önemli ölçüde baskılanmasına ve antiinflamatuar sitokin IL-10'un yeniden düzenlenmesine neden olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak; kımızın yapısında bulunan probiyotiklerin, kanserojen bileşiklerin üretimini önleyerek ve bağışıklık sistemini güçlendirerek tümör büyümesini yavaşlattığı düşünülmektedir (Leite ve ark., 2013).

2.2.5. Kımızın Mikrobial İçeriği

Kımız, mikroflora bileşimi tarafından belirlenen iyileştirici özellikleri ile bilinir. Birçok bilim adamına göre, baskın kımız mikroflorası *Lactobacillus* spp. tarafından temsil edilmektedir (Sun ve ark., 2010; Man ve ark., 2021). İç Moğolistan'ın (Çin) Kerkin eyaletindeki kımız mikrobiyal topluluğu üzerinde yapılan çalışmalar, mikrofloranın 4 cinste dağılımını ortaya çıkarmıştır. Bunlar: *Lactobacillus* (%84.08), *Acetobacter* (%9.83), *Lactococcus* (%2.41) ve *Streptococcus* (%2.18)) ile baskın *Lactobacillus* cinsi bakterilerdir. Ev yapımı kımızın çeşitli örneklerinde, baskın *Lacto- bacillus türleri Lactobacillus helveticus, Lactobacillus casei, Lactobacil- lus plantarium, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp., L. bulgaricus, Lactobacillus kefiranofaciens ve Lactobacillus lactis* bulunduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Akuzava ve diğerleri, 2011). Düşük izolasyon sıklığına sahip bakteriler başlıca; *Lactobacillus* türlerini içerir. bunlar: *L. coryniformis* subsp. *coryniformis*, *L. paracasei*, *L. kefiranofaciens*, *L. curvatus*, *L. Fermentum*'dur. Kımızdan izole edilen suşlar, düşük aktif asitliğe sahip ortamlara tolerans ile karakterize edilir; bu bakterilerin gelişimi için optimal pH 3 ila 4 arasındadır (Wang ve ark., 2015; Wurihan ve ark., 2019; Tang ve ark.,, 2020). Esas olarak mono- ve disakkaritlere, laktoz, selobiyoz, fruktoz, maltoz, mannoz, rafinoz ve sukroz için fermentasyon aktivitesi gösterirler, ancak arabione, ksiloz, mannitol ve nişastayı kullanmazlar. İzole edilen suşlar tarafından glikozu laktik aside dönüştürme derecesi % 47-79 arasında değişmektedir). İzole edilen kültürlerin gelişimi için en uygun sıcaklık 37 °C'dir ve ayrıca 4 °C sıcak-

lıkta uzun süreli canlılık gösterirler. Kımızdan izole edilen Lactobacillus, safra ve tuza karşı tolerans ve yüksek yapışma aktivitesi göstermiştir (Wu, 2009; Rong ve ark., 2015; Chun-Feng ve ark., 2015). Kımızın birleştirici başlangıç kültürünün geliştirilmesi için koşullar, *Lactobacillus*'un spesifik probiyotik özelliklerini oluşturur. Kımızda, renin-anjiyotensin sisteminin merkezi bileşeni olan anjiyotensin dönüştürücü enzimin (ACE) inhibitörleri bulunmuştur. ACE, anjiyotensin hormonunu aktif vazokonstriktör anjiyotensin II'ye dönüştürür, böylece dolaylı olarak kan basıncını arttırır. Ayrıca, 4 inhibitör tip peptit (PI, PK, PM ve PP) izole edilmiştir. Amino asit bileşimi dizisinin analizi, PI peptidinin kısrak sütündeki β-kazein proteininin bir parçası olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, kımızın benzer ACE'yi inhibe eden peptitler açısından zengin olduğunu öne sürmüşlerdir. Kımızın bu fonksiyonel özelliğinin dolaylı bir göstergesi, insan kardiyovasküler sistemi üzerindeki olumlu etkisidir (Chen ve ark.,, 2009; Sun ve ark., 2009). Ayrıca süpernatanlarda Gama-Aminobütirik Asit (GABA) bulunmuştur. GABA, belirli beyin sinyallerini bloke ettiği veya inhibe ettiği ve sinir sistemi aktivitesini azalttığı için inhibitör bir nörotransmitter olarak kabul edilir. Üstel ve durağan fazlarda kımızdan izole edilen *Lactobacillus casei Zhang* tarafından eksprese edilen suş proteinlerinin, proteomik analizi, bunların esas olarak stres-tepki proteinleri, merkezi ve ara metabolizmanın anahtar bileşenleri olduğunu göstermiştir. Bu durum, bu proteinlerin çevreye adaptasyonda, özellikle bakteri hücrelerinde büyüme ve fizyolojik süreçlerde, laktik asit birikiminde potansiyel olarak önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus helveticus* ve *Lactobacillus fermentum*'un, kımızdan izole edilen diğer laktobasiller ile karşılaştırıldığında en yüksek ekzopolisakkarit üreten aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. İzole edilen kültürlerin etkileyici yapışma kapasitesi, yapışık NS8 hücrelerinin, bağırsak mukozasında otomatik olarak toplanarak potansiyel olarak koruyucu biyofilm benzeri topluluklar oluşturabileceğini gösterir. Konağın bağırsak mukozası ile bu kadar yakın etkileşim, patojenik mikroorganizmaların rekabetçi dışlanmasına yol açabilir (Wu ve ark., 2009; Wang ve ark., 2011).

Laktobasillerin spesifik probiyotik özellikleri, peptidoglikan, teikoik asitler, ekzopolisakkaritler ve yüzey proteinleri gibi belirli yüzey moleküllerinin veya yapılarının varlığı ile ilişkilidir. Kımızdan izole edilen *L. casei Zhang*, *L. helveticus* ZL12-1, *L. fermentum* SM-7 ve *L. plantarum* BX6-6, patojenik ve çürütücü mikrofloraya karşı yüksek antibiyotik aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Wu ve ark., 2009; Wang ve ark., 2011; Tang Xue Mei ve ark.,, 2020; Man ve ark., 2019; Wurihan ve ark., 2019).

3.Kefir

Kefir; Kafkasya kökenli olup, kısrak sütüne, karnabahara benzeyen kefir taneleri ilavesi sonucu oluşan, ferahlık veren fermente bir süt ürü-

nüdür. Kefir ilk kez Kafkasya'da Elburus dağlarında yapıldığı ve yapımı gizlendiği için, 1884 yılında yayınlanan "kefir" kitabının Almanca'ya çevrilmesi ile Avrupa'da tanınmıştır. Kefir, Rusya, Macaristan, Almanya, İsrail, İsveç, Polonya ve diğer ülkelerde endüstriyel olarak yapılarak marketlerde satışa sunulmaktadır. Kefir, proteinler ve polisakkaritlerden oluşan bir matriks içinde hapsedilmiş laktik asit ve asetik asit bakterileri ve mayalardan oluşan karmaşık bir mikrobiyel topluluk tarafından oluşturulan kefir taneleri ile sütün fermantasyonu ile elde edilen ev yapımı viskoz ve hafif efervesan bir içecektir. Hem kültüre bağlı hem de bağımsız yöntemlerin kullanılması, bu ekosistemi oluşturan mikroorganizmaların belirlenmesini mümkün kılmıştır.

Kefir tüketimi, kefirde bulunan mikroorganizmalara ve/veya sütün fermantasyonu sırasında onlar tarafından sentezlenen metabolitlere atfedilebilecek çok çeşitli fonksiyonel ve probiyotik özelliklerle ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, mayanın yanı sıra laktik ve asetik asit gibi biyoaktif metabolitlerin, ekzopolisakkaritlerin ve biyoaktif peptitlerin katkısına özellikle dikkat edilerek, kefirin sağlığı geliştirici özelliklerinde mikroorganizmaların rolü tartışılmaktadır. Bu eski fermente sütün bilgisine ilişkin birçok ilerleme kaydedilmiş olsa da, kefir ekosisteminin karmaşık yapısını aydınlatmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kefir üretimi için farklı yöntemler vardır. Hem geleneksel hem de endüstriyel yöntemler kullanılmaktadır. Kefir yapmanın geleneksel yöntemi, süte doğrudan kefir taneleri eklenmektedir. Endüstriyel süreçte kefirde farklı yöntemler kullanılabilir, ancak temelde aynı prensibe göre üretilir. Geleneksel kefir, evlerde kefir taneleri ile taze veya pastörize süt kullanılarak hazırlanabilir. Kefir üretiminde değişik yöntemler geliştirilmiştir. Süttozu ve süttozu-yayıkaltı karışımı ile bir kefir üretimi yapılabilmektedir. Peyniraltı suyu tozu lezzet farkı yarattığı için kefir üretiminde kullanılmamıştır (Yaygın H. 1995; John ve Deeseenthum, 2015).

Kefir kıvamlı, homojen ve parlak olmalıdır. Kefir tüketiminde hafif maya tadı ve soğukluk hissedilmelidir. Muhafazada asitlik, karbondioksit ve alkol miktarı artar. Kefirin lezzeti ve içeriği, kullanılan sütün kaynağı, sütün yağ miktarı ve uygulanan üretim tekniğinden dolayı değişiklikler gösterir. Kefirin buluna PH oranı ise 4.0 civarındadır. Protein miktarı %3-arasındadır. Fosfor yönünden çok iyi bir kaynaktır (Zourari ve Anifan- takis, 1988).

3.1.Kefirin Mikrobiyal İçeriği

Kefirin mikrobiyal bileşimi varyasyonlara tabidir. Bu farklılıkların kefir danelerinin menşei ve depolanması, kullanılan sütün türü ve ürünün işleme koşulları, özellikle dane/süt oranı ve fermantasyon sıcaklığı gibi faktörlerden kaynaklanabileceği çeşitli araştırmalarda bildirilmiştir.

Kefir elde etmek için daneler sütün içine belirli oranlarda aşılanır ve kefir danesinin bakteri ve mayaları uygun koşulları (besin maddeleri, sıcaklık) bulduğunda fermantasyon süreci başlar ve mikroorganizma sayısında artış ve buna bağlı olarak farklı metabolitlerin üretimine neden olur. Bu işlem sonunda, kütlesi artan kefir taneleri fermente sütten geri kazanılarak (filtreleme ile ayrıştırılarak) hemen yeni bir fermentasyonda (alt kültür) kullanılabilir veya başlangıç kültürü olarak kullanılmak üzere uygun koşullarda saklanabilir. Kefir tüketimine atfedilen çeşitli sağlığı geliştirici özellikler birçok çalışmada, geniş çapta gözden geçirilmiştir. Kefirin faydaları, karmaşık mikrobiyotaya atfedilebilir, aynı zamanda fermantasyon işlemi sırasında bunlar tarafından üretilen metabolitlere de bağlanabilir (Londero ve ark. 2012; Nielsen ve ark., 2014; Prado ve ark., 2015; Bourrie ve ark., 2016; Kesenkas ve ark., 2017; Rosa ve ark., 2017).

3.2.Kefir Mikroorganizmaları Tarafından Üretilen Metabolitler

Kefirin sağlığı geliştirici birçok özelliği olduğu için mikrobiyal olmayan fraksiyonları değerlendirildiğinde; sütte meydana gelen değişiklikler, metabolitlerin ve ana maddelerin daha iyi anlaşılması açısından önemli bir husustur. Mikroorganizmalar, laktozu fermente eder, proteinleri hidrolize eder, ekzopolisakkaritler üretir ve diğer metabolitler: organik asitler, vitaminler, etanol, asetaldehit, diasetil, karbon dioksit ve bakteriyosinler üretirler. Bu fraksiyonla ilişkili esas aktivite, bazen bakteriyosinler gibi diğer inhibitör bileşiklerin eşlik ettiği organik asitlerin varlığında ‘’antimikrobiyal’’ etkidir. Kefirdeki laktik asit seviyesi 0.078 ile 0.255 mol/L arasında değişmektedir ve asetik asit konsantrasyonu mikroorganizma çeşidine/fermentasyon koşullarına bağlı olarak 0.015 ile 0.038 mol/L arasında değişir. Kefirin *Salmonella*’ya karşı inhibitör etkisi olduğu bazı çalışmalarda gösterilmiştir. Kefirin nötralize edilmiş mikrobiyal olmayan fraksiyonu ile *S.enter*itidis patojenlerinin canlılığını etkilemediği, ancak kültürde bağırsak epitel hücrelerine invaziv kapasitelerini azalttığı bazı çalışmalarda gösterilmiştir (Leite ve ark., 2013; Iraporda ve ark. 2014; Iraporda ve ark. 2017).

Kefirin mikrobiyal olmayan metabolitlerele ilgili atfedilen bir başka sağlık yararı; kefirin bağışıklığı modüle etme yeteneğidir. Bu bağlamda, de Moreno de LeBlanc ve ark. (2006), kefirin mikrobiyal olmayan fraksiyonunun meme tümörü gelişimini geciktirdiğini ve yeterince dengeli bir lokal immünite indüklediğini göstermişlerdir. Bununla birlikte, probiyotikler ve prebiyotik içeren gıdaların tüketimi yoluyla bağırsakta "laktat" görünebilir. Epitel hücrelerine yapışan probiyotik mikroorganizmalar, bağırsak epitel mikroçevresinde laktat üretebilir. Bu açıdan, kefirden izole edilen bazı *Lactobacillus paracasei* suşlarının, sitümüle edilmiş gastrointestinal sistemden geçtikten sonra, yapışma kabiliyetlerini artırarak Caco-2 hücrelerine ve müsine yapışabildiği bildirilmiştir (Bengoa ve ark. 2018).

Aynı şekilde, kolonda seçici olarak fermente edilen prebiyotiklerin tüketimi, esas olarak laktat üreten sindirilemeyen karbonhidratları fermente eden *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*'un büyümesini indükler. Ayrıca, laktat üretimi için bağırsak mikrobiyotası tarafından bu bakteriler kullanılabilir. Ek olarak, metabolitlerden, asetat, propiyonat ve butirat; kısa zincirli yağ asitleri bağırsak sağlığı ile yüksek oranda ilişkilidir. Kefir uygulaması ile bağırsak mikrobiyotasının modülasyonu, hayvan deneylerinde gösterilmiştir. Mikrobiyal topluluklar üzerindeki bu etki, metabolit profilini değiştirebilir ve bağışıklık tepkilerini etkilemesi beklenir. Son kanıtlar, bağırsak mikrobiyotasının, ürünlerinin inflamatuar hastalık patogenezini olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir. Eşit miktarlarda D-glukoz ve D-galaktozdan oluşan suda çözünür bir heteropolisakkarit olan ''Kefiran'', kefirde bulunan ana polisakkarit değerlerine ulaşır (yaklaşık 218 mg /L) (Rimada ve Abraham 2003; Zajsek ve ark., 2011; Kim ve ark., 2017; Kim ve ark., 2018).

Kefiran, teknolojik özellikleri ve tüketimine atfedilen çeşitli sağlık yararları nedeniyle incelenmiştir. Bu polimer, asitli süt jellerinin viskozitesini ve viskoelastik özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiği ve yarı saydam kriyojeller ve yenilebilir filmler oluşturabildiği için gıda endüstrisi için ilginç bir katkı maddesidir. Kefiran, sindirilemeyen bir polisakkarittir. Antimikrobiyal, anti-inflamatuar ve antialerjenik etkileri bulunmaktadır. İçme suyunda kefiran uygulaması, kolondaki bifidobakteri popülasyonu ve sayısında da artış meydana getirir. Bu polimer, patojenler/(virülans özellikleri) üzerinde antogonistik etki ile kan basıncı ve serum kolesterol seviyelerini düşürme etkisine sahiptir. Bu modülasyona kefir mikroorganizmaları aracılık edebilir (Abraham ve ark., 2010; Medrano ve ark. 2011; Piermaria ve ark., 2015).

3.3.Kefir Tüketiminin Sağlık Üzerine Olumlu Etkileri

Kefirin tüketiminin, sağlık üzerinde oldukça olumlu etkileri vardır. Kolay sindirimi olması, bağırsakları temizlemesi, bağışıklık sistemine yardım etmesi, bazı hastalıkların kötüye gidişini yavaşlatması, aşırı yorgunluğun giderilmesi, kansere karşı olumlu etkilerinin olması, sinir sistemini sakinleştirmesi, uyku bozuklukları, depresyon gibi rahatsızlıklara da etki göstermesi, astım, alerji gibi rahatsızlıkların iyileşmesi, vücut için vitamin, mineral ve protein dayanağının sağlanması ve zekaya katkı sağlaması, ishal ve kabızlığı ortadan kaldırması, cilt güzelliğine ve parlaklığına yardımcı olması, kanı temizlemesi, yüksek tansiyonu düşürmesi, kalp krizi riskini önlemesinde etkilidir.

Kefirin fonksiyonel ve probiyotik özellikleri çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir ve en alakalı bulgular düzgün bir şekilde özetlenmiştir. Sağlık yararları arasında antimikrobiyal aktivite, tümör baskı-

lanması; yara iyileştirici özellikler, immünomodülasyon, anti-inflamatuar, anti-obezite, kolesterol düşürücü ve antioksidan etkiler, laktoz intoleransında iyileştirme, karaciğer yağlanmasının hafifletilmesinde ve bağırsak bakteri florasının arttırılmasında olumlu etkileri bildirilmiştir. Bu yararlı sağlık özellikleri, hem probiyotik mikroorganizmaların varlığına, hem de fermente sütte görünen metabolik ürünlerin oluşumuna bağlanmaktadır. Ayrıca, kefirden izole edilen laktobasillere atfedilen probiyotik özellikler içerisinde, önlemek için *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114'un Enterohemorajik (EHEC) *Escherichia coli* ve EHEC *Shiga*'nın sitotoksik etkilerini antagonize ettiği bildirilmiştir. Ayrıca *L. kefiri* suşları *Salmonella enterica serovar*'ın yapışmasını ve invazyonunu inhibe ettikleri bazı çalışmalarda bildirilmiştir (Golowczyc ve ark. 2007; Kakisu ve ark. 2013; Diosma ve ark. 2014).

Mayalarla ilgili olarak, türlere ait suşlar *S. cerevisiae*, *S. unisporus*, *I. occidentalis* ve *K. Marxianus* türleri, hem in vitro hem de in vivo gastrointestinal koşullara dayanıklılık açısından bazı çalışmalarda incelenmiş olup; ek olarak, Caco-2 hücrelerine yapışma kapasiteleri de bazı çalışmalarda incelenmiştir (Golowczyc ve ark. 2007; Kakisu ve ark. 2013; Diosma ve ark. 2014; John ve Deeseenthum 2015; Prado et al. 2015; Bourrie et al. 2016; Sharifi et al. 2017). Bazı araştırmacılar kefir mayalarının probiyotik potansiyelleri ile ilgili in vitro olarak bazı çalışmalar yapmışlardır. Lima ve ark.(2017), Brazilya kefirinden izole edilen *S. cerevisiae, Hanseniospora uvarum* ve *K. Unispora* mayalarının stümüle edilmiş gastrointestinal sistemden geçişi tolere edemediğini bildirmişlerdir. Xie ve ark. (2012), kefir mayalarının *Lactobacillus* bakterinin probiyotik potansiyelini arttırdığını bildirmişlerdir. Cho ve ark. (2018), yakın zamanda kefirden elde edilen *Kluyveromyces* KU140723-02 ve polifenol bakımından zengin üzüm çekirdeği unu veya özü kombinasyonunun artan bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Geliştirilmiş probiyotik özelliklere sahip karışımlar elde etmek için kefir mikroorganizmalarının kombinasyonu da incelenmiştir. İki laktobasil, bir laktokok ve iki maya kombinasyonunun epitel hücrelerini in vitro olarak *Shigella* istilasına karşı koruduğu gösterilmiştir. Ek olarak, bu karışım bir fare modelinde *Clostridium difficile* enfeksiyonuna karşı bir koruma sağlamıştır (Bolla ve ark., 2013).

3.4.Kefirin SARS-CoV-2 Virüsü Üzerine Etkisi

Coronavirus hastalığı 2019 (COVID-19), yakın zamanda keşfedilen ve 'şiddetli akut solunum sendromu koronavirüsü 2'(SARS-CoV-2) olarak adlandırılan bir koronavirüsün neden olduğu bulaşıcı bir hastalıktır. Kefir ve probiyotik içeriği, virüslerden (örneğin, Zika, hepatit C, influenza, rotavirüsler) kaynaklanan enfeksiyonları baskılamak için bağışıklık sistemini modüle edebilir. Kefirin antiviral mekanizmaları, makrofaj üretimini arttırmayı, fagositozu arttırmayı, (CD4+), CD8+'de pozitif farklılaşma ile

immünoglobulin (Ig)G+ ve IgA+B hücrelerini, T hücrelerini, nötrofilleri ve ayrıca sitokinlerin üretimini artırmayı içerir. örneğin interlökin (IL)-2, IL-12, interferon gama-y). Kefir, IL-6, IL-1, TNF-a ve interferon-y ekspresyonunu azaltarak bir anti-inflamatuar ajan olarak hareket edebilir. Bu nedenle kefir, COVID-19'a katkıda bulunan 'sitokin fırtınasının' önemli bir inhibitörü olabilir (Hamida ve ark., 2021).

4.Sonuç ve Öneriler

Fermente ürünler, insan beslenmesinin önemli bir parçasıdır. Kımız, yüksek besleyici profili ve fonksiyonel özellikleri olan geleksel bir fermente üründür. Ayrıca, pek çok tedavi edici; antioksidan, antikanser, antibakteriyal ve antifungal özelliklere sahiptir. Kımız, gastrointestinal sistemde bakteriyel çoğalma, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, kan şekerinin düzenlenmesi ve apoptozisin engellenmesinde pozitif etkiye sahiptir. Kımızın, süt ürünleri içinde, fırsatçı patojen enterokoklar ve mayaları içerdiği ve birleştirici fermantasyon koşulları altında antibiyotik özellikler sergilediği bazı çalışmalarda bildirilmiştir. Kefir, yıllardır tüketicilerin sağlık durumu ve uzun ömürlülüğü ile ilişkilendirilmiştir. Kefirin yapısında bulunan probiyotik bakterilerin yanı sıra diğer metabolitler; laktik ve asetik asit, ekzopolisakaritler ve biyoaktif peptitler gibi maddeler de sağlık üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Kefir ve kımızın yapısında bulunan probiyotik bakteri ve mayalar ile bunlar arasındaki etkileşimin bilinmesi, sağlık açısından daha etkili ve olumlu probiyotik karışımların üretilmesini sağlayabilir. Ayrıca, bu içeceklerin diyette yer alması ile gerek bağışıklığın geliştirilmesi, gerekse günümüzün en önemli sorunlarında olan obezitenin engellenmesi ve antiviral etkileri ile de olası viral pandemilerde koruyucu olarak kullanılmaları, toplum sağlığı açısından önemli bir etki yaratabilir.

KAYNAKLAR

1. Abraham, A.G., Medrano, M., Piermaria, J.A., & Mozzi, F. (2010). Novel applications of polysaccharides from lactic acid bacteria: a focus on kefiran. In *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures* ed. C.S. Holllingworth pp. 253– 271 of 323 ISBN: 978-1-60876-222-4. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.

2. Afzaal, M., Saeed, F., Anjum, F., Waris, N., Husaain, M., Ikram, A., Ateeq, H., Muhammad Anjum, F., & Suleria, H. (2021). Nutritional and ethnomedicinal scenario of koumiss: A concurrent review. *Food Science & Nutrition*, 9, 6421– 6428. https://doi.org/10.1002/fsn3.2595

3. Aran, N. (2014), Gıda Biyoteknolojisi, 5. Basım, ISBN 978-605-133-134-8, Ankara, 2014

4. Bolla, P.A., Carasi, P., De Antoni, G.L. and de los Angeles Serradell, M. (2013) Protective effect of a mixture of kefir-isolated lactic acid bacteria and yeasts in a hamster model of *Clostridium difficile* infection. *Anaerobe* 21, 28– 33.

5. Bourrie, B.C.T., Willing, B.P. and Cotter, P.D. (2016) The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Front Microbiol* 7, 647.

6. Ceylan, N. ve Alıç, H. (2012), Bağırsak Mikroflorası ve Probiyotikler, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 5 (1): 107-113, 2012, ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, Muğla.

7. Chen, Y., Wang, Z., Chen, X., Liu, Y., Zhang, H., & Sun, T. (2010). Identification of angiotensin I- converting enzyme inhibitory peptides from koumiss, a traditional fermented mare's milk. *Journal of Dairy Science*, *93*(3), 884– 892.

8. Chen, Y.- J., Wang, C.- J., Hou, W.- Q., Wang, X.- S., Gali, B.- G., Huasai, S.- M.- J.- D., Yang, S.- Q., Wu, A.- Q.- M., Zhao, Y.- F., Wu, Y.- G., & Chen, A.- R.- G.- L. (2017). Effects of antibacterial compounds produced by Saccharomyces cerevisiae in Koumiss on pathogenic Escherichia coli Os and its cell surface characteristics. *Journal of Integrative Agriculture*, *16*(3), 742– 748.

9. Chen, Y., Aorigele, C., Wang, C., Hou, W., Zheng, Y., & Simujide, H. (2019). Effects of antibacterial compound of Saccharomyces cerevisiae from koumiss on immune function and caecal microflora of mice challenged with pathogenic Escherichia coli O8. *Acta Veterinaria Brno*, *88*(2), 233– 241. https://doi.org/10.2754/avb20 19880 20233

10. Chen, Y. J., Du, C. G., Guo, Y. Q., Zhao, Y. F., Aorigele, C., Wang, C. J., & Zhang, X. Y. (2021). Antibacterial spectrum of four compounds from yeasts in koumiss. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 167– 173.

11. Demirci, M., & Simsek, O. (1997). Süt İşleme Teknolojisi, Hasad Yayıncılık Ltd. *Şti. Rebel Ofset, Istanbul*, *246*.

12. Diosma, G., Romanin, D.E., Rey-Burusco, M.F., Londero, A. & Garrote, G.L. (2014). Yeasts from kefir grains: isolation, identification, and probiotic characterization. *World J Microbiol Biotechnol* 30, 43– 53.

13. Dwivedi, G. R., Maurya, A., Yadav, D. K., Khan, F., Darokar, M. P., & Srivastava, S. K. (2015). Drug resistance reversal potential of ursolic acid derivatives against nalidixic acid- and multidrug- resistant Escherichia coli. *Chemical Biology & Drug Design*, *86*(3), 272– 283.

14. Etienne- Mesmin, L., Livrelli, V., Privat, M., Denis, S., Cardot, J. M., Alric, M., & Blanquet- Diot, S. (2011). Effect of a new probiotic Saccharomyces cerevisiae strain on survival of Escherichia coli O157:H7 in a dynamic gastrointestinal model. *Applied and Environment Microbiology*, *77*, 1127– 1131.

15. Golowczyc, M.A., Gugliada, M.J., Hollmann, A., Delfederico, L., Garrote, G.L., Abraham, A.G., Semorile, L. and De Antoni, G. (2008) Characterization of homofermentative lactobacilli isolated from kefir grains: potential use as probiotic. *J Dairy Res* 75, 211– 217.

16. Hamida, R. S., Shami, A., Ali, M. A., Almohawes, Z. N., Mohammed, A. E., & Bin-Meferij, M. M. (2021). Kefir: A protective dietary supplementation against viral infection. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *133*, 110974.

17. Hou, Q., Li, C., Liu, Y., Li, W., Chen, Y., Siqinbateer, Bao, Y., Saqila, W., Zhang, H., Menghe, B., & Sun, Z. (2019). Koumiss consumption modulates gut microbiota, increases plasma high density cholesterol, decreases immunoglobulin G and albumin. *Journal of Functional Foods*, *52*, 469–478.

18. Iraporda, C., Romanin, D.E., Rumbo, M., Garrote, G.L. and Abraham, A.G. (2014) The role of lactate on the immunomodulatory properties of the nonbacterial fraction of kefir. *Food Res Int* 62, 247– 253.

19. Iraporda, C., Júnior, M.A., Neumann, E., Nunes, Á.C., Nicoli, J.R., Abraham, A.G. and Garrote, G.L. (2017) Biological activity of the non-microbial fraction of kefir: antagonism against intestinal pathogens. *J Dairy Res* 84, 339– 345.

20. John, S. M., & Deeseenthum, S. (2015). Properties and benefits of kefir-A review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, *37*(3), 275-282.

21. Kakisu, E., Abraham, A.G., Tironi Farinati, C., Ibarra, C. and De Antoni, G.L. (2013) *Lactobacillus plantarum* isolated from kefir protects vero cells from cytotoxicity by type-II shiga toxin from *Escherichia coli* O157: H7. *J Dairy Res,* 80, 64– 71.

22. Kesenkaş, H., Gürsoy, O., & Özbaş, H. (2017). Kefir. In *Fermented foods in health and disease prevention* (pp. 339-361). Academic Press.

23. Kim, D.H., Kim, H., Jeong, D., Kang, I.B., Chon, J.W., Kim, H.S. and Seo, K.H. (2017) Kefir alleviates obesity and hepatic steatosis in high-fat diet-fed mice by modulation of gut microbiota and mycobiota: targeted and untargeted community analysis with correlation of biomarkers. *J Nutr Biochem,* 44, 35– 43.

24. Kim, D.H., Jeong, D., Song, K.Y., Kang, I.B., Kim, H. and Seo, K.H. (2018) Culture supernatant produced by *Lactobacillus kefiri* from kefir inhibits the growth of *Cronobacter sakazakii*. *J Dairy Res* 85, 98– 103.

25. Kondybayev, A., Loiseau, G., Achir, N., Mestres, C., & Konuspayeva, G. (2021). Fermented mare milk product (Qymyz, Koumiss). *International Dairy Journal*, 105065.

26. Yılmaz, L., & Kurdal, E. Eskimeyen Bir Süt İçkisi: Kımız. *Gıda Ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (1).

27. Leite, A. M. D. O., Miguel, M. A. L., Peixoto, R. S., Rosado, A. S., Silva, J. T., & Paschoalin, V. M. F. (2013). Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. *Brazilian Journal of Microbiology*, *44*, 341-349.

28. Londero, A., Hamet, M.F., De Antoni, G.L., Garrote, G.L. and Abraham, A.G. (2012) Kefir grains as a starter for whey fermentation at different temperatures: chemical and microbiological characterisation. *J Dairy Res* ,79, 262– 271.

29. Man, L. L., & Xiang, D. J. (2021). LuxS- mediated quorum sensing system in Lactobacillus plantarum NMD- 17 from koumiss: Induction of plantaricin MX in co- cultivation with certain lactic acid bacteria. *Folia Microbiologica*, 1– 17.

30. Medrano, M., Racedo, S.M., Rolny, I.S., Abraham, A.G. and Pérez, P.F. (2011) Oral administration of kefiran induces changes in the balance of immune cells in a murine model. *J Agricult Food Chem* 59, 5299– 5304.

31. Minjigdorj, N., Baldorj, O., & Austbø, D. (2012). Chemical composition of Mongolian mare milk. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A- Animal Science*, *62*(2), 66– 72. https://doi.org/10.1080/09064 702.2012.720999

32. Nielsen, B., Gürakan, G. C., & Uenlue, G. (2014). Kefir: a multifaceted fermented dairy product. *Probiotics and antimicrobial proteins*, *6*(3-4), 123-135.

33. Özden, A., Probiyotik (2013). "Sağlıklı Yaşam İçin Yararlı Dost Bakteriler", güncel gastroenteroloji, 22-38.

34. Park, Y. W., Haenlein, G. F., & Wendorff, W. L. (2006). Overview of milk of non- bovine mammals. *Handbook of Milk of non- bovine Mammals*, 3– 9.

35. Prado, M. R., Blandón, L. M., Vandenberghe, L. P., Rodrigues, C., Castro, G. R., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2015). Milk kefir: composition, microbial cultures, biological activities, and related products. *Frontiers in microbiology*, *6*, 1177.

36. Rimada, P.S. and Abraham, A.G. (2003) Comparative study of different methodologies to determine the exopolysaccharide produced by kefir grains in milk and whey. *Le Lait*,83, 79– 87;

37. Rong, J., Liu, S., Hu, C., & Liu, C. (2019). Single probiotic supplement suppresses colitis- associated colorectal tumorigenesis by modulating inflammatory development and microbial homeostasis. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, *34*(7), 1182– 1192. https://doi. org/10.1111/jgh.14516

38. Rosa, D. D., Dias, M. M., Grześkowiak, Ł. M., Reis, S. A., Conceição, L. L., & Maria do Carmo, G. P. (2017). Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. *Nutrition research reviews*, *30*(1), 82-96.

39. Sharifi, M., Moridnia, A., Mortazavi, D., Salehi, M., Bagheri, M., & Sheikhi, A. (2017). Kefir: a powerful probiotics with anticancer properties. *Medical Oncology*, *34*(11), 1-7.

40. Sharma, S., Kandasamy, S., Kavitake, D., & Shetty, P. H. (2018). Probiotic characterization and antioxidant properties of Weissella confusa KR780676, isolated from an Indian fermented food. *LWT*, *97*, 53– 60. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.033

41. Stanton, C., Ross, R. P., Fitzgerald, G. F., & Van Sinderen, D. (2005). Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology*, *16*(2), 198– 203. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2005.02.008

42. Sun, Z., Liu, W., Zhang, J., Yu, J., Zhang, W., Cai, C., ... & Zhang, H. (2010). Identification and characterization of the dominant lactobacilli isolated from koumiss in China. *The Journal of general and applied microbiology*, *56*(3), 257-265.

43. Tadesse, D. A., Zhao, S., Tong, E., Ayers, S., Singh, A., Bartholomew, M. J., & McDermott, P. F. (2012). Antimicrobial drug resistance in Escherichia coli from humans and food animals, United States 1950– 2002. *Emerging Infectious Diseases*, *18*(5), 741.

44. Tang, H., Ma, H., Hou, Q., Li, W., Xu, H., Liu, W., Sun, Z., Haobisi, H., & Menghe, B. (2020). Profiling of koumiss microbiota and organic acids and their effects on koumiss taste. *BMC Microbiology*, *20*(1), 1– 11. https://doi.org/10.1186/s1286 6- 020- 01773 - z

45. Wang, Y., Li, C., Liu, P., Ahmed, Z., Xiao, P., & Bai, X. (2010). Physical characterization of exopolysaccharide produced by Lactobacillus plantarum KF5 isolated from Tibet Kefir. *Carbohydrate Polymers*, *82*(3), 895-903.;

46. Wang, J., Zhao, X., Yang, Y., Zhao, A., & Yang, Z. (2015). Characterization and bioactivities of an exopolysaccharide produced by Lactobacillus plantarum YW32. *International Journal of Biological Macromolecules*, *74*, 119– 126. https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2014.12.006

47. Wood, B. J. (2012). *Microbiology of fermented foods*. Springer Science & Business Media.

48. Wu, R., Wang, L., Wang, J., Li, H., Menghe, B., Wu, J., Guo, M., & Zhang, H. (2009). Isolation and preliminary probiotic selection of lactobacilli from koumiss in Inner Mongolia. *Journal of basic microbiology*, *49*(3), 318– 326.

49. Wurihan, W., Huang, Y., Weber, A. M., Wu, X., & Fan, H. (2019). Nonspecific toxicities of Streptococcus pyogenes and Staphylococcus aureus dCas9 in Chlamydia trachomatis. *Pathogens and disease*, *77*(9), ftaa005.

50. Ya, T., Zhang, Q., Chu, F., Merritt, J., Bilige, M., Sun, T., Du, R., & Zhang, H. (2008). Immunological evaluation of Lactobacillus casei Zhang: A newly isolated strain from koumiss in Inner Mongolia. *China. BMC Immunology*, *9*(1), 1– 9. https://doi.org/10.1186/1471- 2172- 9- 68

51. Yaygın, H. (1996). Kımız ve Kefir. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, *25*(1), 48-52.

52. Yılsay, T.Ö. ve Kurdal, E. 2000. Probiyotik süt ürünlerinin beslenme ve sağlık üzerinde etkisi. Süt ve Süt Ürünleri Senpozyumu (Süt Mikrobiyolojisi ve katkı maddeler), 279-286, Tekirdağ.

53. Zajšek, K., Kolar, M., & Goršek, A. (2011). Characterisation of the exopolysaccharide kefiran produced by lactic acid bacteria entrapped within natural kefir grains. *International journal of dairy technology*, *64*(4), 544-548.

54. Zendeboodi, F., Khorshidian, N., Mortazavian, A. M., & da Cruz, A. G. (2020). Probiotic: conceptualization from a new approach. *Current Opinion in Food Science*, *32*, 103-123.

55. Sun, Z., Liu, W., Gao, W., Yang, M., Zhang, J., Wu, L., ... & Zhang, H. (2010). Identification and characterization of the dominant lactic acid bacteria from kurut: The naturally fermented yak milk in Qinghai, China. *The Journal of general and applied microbiology*, *56*(1), 1-10.

56. Zourari, A., & Anifantakis, E. M. (1988). Le kéfir. Caractères physico-chimiques, microbiologiques et nutritionnels. Technologie de production. Une revue. *Le Lait*, *68*(4), 373-392.

Bölüm 15

TUĞLA KIRIĞI TOZU VE POLİPROPİLEN LİF KATKILI HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ

Aylin AKYILDIZ[1]

1 Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ, aakyildiz@nku.edu.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfus ile birlikte, toplu yaşam alanlarının genişlemesi; buna bağlı olarak ortaya çıkan barınma, eğitim, sağlık, ulaşım gibi ihtiyaçların temini gerekir. Bu ihtiyaçların giderilmesi için konut, okul, hastane, yol, baraj, iş yerleri vs. inşa edilmesi gerekir. Bu aşamada, beton; uygulama kolaylığı, sağlamlığı ve nispeten ucuz olması nedeniyle vazgeçilmez bir yapı malzemesidir [1].

Beton, agrega, çimento, su ve katkıdan oluşan başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla sertleşerek dayanım kazanan kompozit ve taşıyıcı bir malzemedir. Beton gevrek bir malzemedir ve dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin yüksek olması, onarım maliyetinin düşüklüğü ve ekonomik bir malzeme olması sebebiyle çok kullanılmaktadır. [2, 3].

Beton, aşınma, çekme dayanımı düşük, çatlak oluşumundan sonra yük taşıma yönünden zayıf özellik göstermektedir. Çekme dayanımı düşük olan betonlarda, dinamik yükler, çatlak oluşumuna ve yayılmasına sebep olurlar. Betonun zayıf özelliklerin iyileştirilmek için betona lif eklenerek lifli betonlar üretilmiştir [4, 5].

Günümüzde dünya genelinde çeşitli endüstriyel işlemler sonucu atık malzemeler ortaya çıkmaktadır. Atık malzemelerin miktarında olan artmalar sonucunda birçok ülkede bu atıkların nasıl kullanılabileceği üzerine araştırmalar yapılmaktadır. Atık malzemelerini, ana malzemelerin miktarında azaltma yapılarak ana malzemelerin yerine kullanımıyla çevreye verilen zarar en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Böylece doğal kaynaklar daha iyi kullanılmış olacak ve atık malzemelerin kullanımıyla çevre kirliliği azalacaktır [6 - 9].

Türkiye'de tuğla ve kiremit üretimi endüstride önemli bir yere sahiptir. Üç odalı bir apartman dairesinde kullanılan tuğla miktarı ve ortaya çıkacak atık malzeme miktarı düşünülür. Ortaya çıkan tuğla atıkları öğütülerek spor alanlarına serilmesiyle kullanılmaktadır. Ancak bu işlem çok az atık miktarını kapsamaktadır. Türkiye'de yılda yaklaşık 75 milyar tuğla ve 700 milyon kiremit üretimi gerçekleşmektedir. Yaklaşık olarak tuğla kiremit üretiminin %7' sinin atık malzeme olarak ortaya çıktığı kabul edilmektedir. Ortaya çıkan atık malzemeleri koyacak büyük depo alanları gerekmektedir. Tuğla ve kiremit atıklarının kullanılmasıyla çevresel ve ekonomik faydalar sağlanacaktır.

Bu çalışmada, çimentonun kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı harçların 28 günlük kür sürelerinde dayanım özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, alınan kiremit tozu ve polipropilen lif harca katılarak ses geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanım deneyleri yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Harç yapımında kullanılan Rilem kumu LİMAK Trakya Çimento Fabrikası'ndan temin edildi. Kullanılan Rilem Kumunun Granülometrisi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan Rilem Kumunun Granülometri Özellikleri

Kare Göz Açıklığı (mm)	Kümülatif Elekte Kalan (%)
2.00	0
1.60	7 ± 5
1.00	33 ± 5
0.50	67 ± 5
0.16	87 ± 5
0.08	99 ± 1
2.00	0

Akçansa çimento fabrikasından temin edilen CEM I 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan Çimentonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Özellik		Birim	CEM I
Çözünmez Kalıntı		%	0.52
SO_3		%	3.16
Kızdırma Kaybı		%	6.28
Cl^-		%	0.0106
Özgül Ağırlık		g/cm^3	3.14
Priz süresi Başlama		dak	230
Priz süresi Bitiş		dak	270
Hacim Genleşmesi		mm	1
ÖzgülYüzey- Blaine		cm^2/g	3818
Basınç Dayanımı	2	N/mm^2	24.7
	7	N/mm^2	32.0
	28	N/mm^2	45.6

Deneylerde kullandığımız lif malzemesinin özellikleri Tablo 3 ve **görüntüsü** Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo.3. Polipropilen katkının özellikleri

	SikaFibe PPM-12,
Kimyasal yapı	% 100 polipropilen lif
Özgül Ağırlık	0,91 g/cm^3
Lif Uzunluğu	12 mm
Lif Çapı Su Emme Eser miktarda	18 mikron-nominal
Ergime Noktası	160 °C
Tutuşma Sıcaklığı	365 °C
Isı İletkenliği	Düşük
Elektrik İletkenliği	Düşük
Liflerin Özgül Yüzey Alanı	250 m^2/kg
Asit Direnci	Yüksek
Alkali Direnci	% 100
Çekme Dayanımı	300 – 400 N/mm^2
Elastiklik Modülü	~ 4000 N/mm^2



Şekil 1. Kullanılan polipropilen lif

Tuğla Kırığı tozu

Harç üretiminde, TS EN 1304 [10] standardına uygun olan kiremit atığı, atık deposundan alınmıştır. Bu atıklar laboratuvarda çekiç aleti ile kırılmış elek analizleri yapılmıştır.

Yöntem

Deneylerde kullanmak üzere harç numuneleri hazırlanmıştır. İlk önce TS EN 196-1 [11] standardına göre harç üretilmiştir. 40x40x160 mm numuneleri oluşturulup bu numuneler üzerinde ultases geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı belirlenmiştir. Sonuçlar üzerinde lifin ve atığın farklı

oranlarına *göre dayanım özellikleri ne şekilde etki ettiği belirlenmiştir.*

Deneylerde kullanmak üzere harç numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Kullanılan Numunelerin Miktarları

	KUM (g)	ÇİMENTO (g)	**TUĞLA KIRIĞI TOZU (g)**	**PP LİF (%)**	**SU (g)**
CP	1350	450	-	0,35	225
C5	1350	427,5	22,5	-	225
C5P	1350	427,5	22,5	0,35	225
C10	1350	405	45	-	225
C10P	1350	405	45	0,35	225
C15	1350	360	67,5	-	225
C15P	1350	360	67,5	0,35	225

İlk önce TS EN 196-1 standardına göre harç üretilmiştir. Hazırlanan harç karışımı 40*40*160 mm boyutundaki kalıplara yerleştirilmiştir. Bir gün sonra kalıptan çıkarılıp 28 gün kür edilmiştir.

Metod

Ultrases Geçiş Hızı

Hazırlanan 4×4×16 cm boyutlarındaki prizma numuneleri TS EN 12504-4 [12] standardına göre numunelerin ultrases geçiş hızları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{T}$$

V : cinsinden ultrases hızını, km/s,

t : cinsinden ultrasesin geçiş süresini, s

L : numunenin uzunluğunu, km

Basınç Dayanımı Deneyi

Üretilen harç numunelerinde TS EN 12390-3 standardına göre aşağıdaki formüle göre basınç deneyi hesaplanmıştır.

$$\sigma_C = \frac{F}{A}$$

σc :Basınç Dayanımı, MPa

F : Kuvvet, N

A : Yüzey alanı, mm^2

Eğilme Dayanımı Deneyi

Eğilme deneyi prizma şekilli numunelerde yapılan eğilme dayanımı, R_f aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$\sigma_ç = \frac{3 * (F \cdot \ell)}{2 * (b \cdot h^2)}$$

$\sigma_ç$: çekme gerilmesini, N/mm^2

F : kuvvet, N

h, b, ℓ : numunenin boyutlarını, mm.

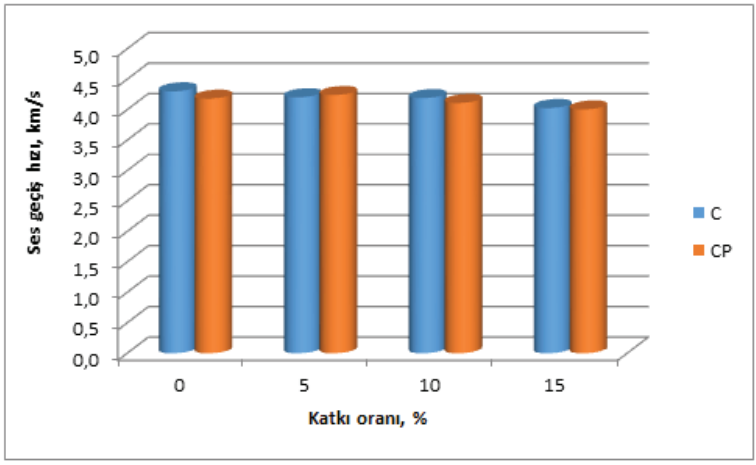
3. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı kiremit atıklarından elde edilebilecek kiremit tozu atık materyallerinin ve polipropilen lif katkısı ile üretilen yapı malzemesinin kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

Ultrases Geçiş Hızı Tayini

Kiremit tozu ve kiremit tozu ve polipropilen lifi katkılı numunelere ait ultrases geçiş hızı deney sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde ses geçiş hızı değeri en yüksek olan harç numunesi %5 katkı oranlı numunelerdir. Kiremit tozu katkılı numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri katkı oranlarında birbirine yakın değerler almışlarıdır.

Ultrases geçiş hızı beton içerisinden geçen dalganın geçiş süresini ölçerek geçiş hızını hesaplamaktadır. Ses hızı, betonun boşluk oranı hakkında fikir vermek olup, içerisinde boşlukların olması durumunda ses dalgasının diğer proba varış süresi uzamakta ve hız azalmaktadır.



Şekil 2. Harçların Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları

Deney sonuçları incelendiğinde, tüm serilerde kendi içinde ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir azalma olduğu görülmektedir. Kiremit tozu katkı oranının artması ile lif katkılı numunelerin ultrases geçiş hızı değerlerinde çok az bir azalma meydana gelmiştir. %5 kiremit tozu ve Polipropilen lif katkılı numunelerde ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir artış görülmektedir. Ses hızı ne kadar az boşluğa rastlarsa hızlı ilerler ve ultrases değerleri yüksek olur. Betonun geçirimsiz olması dayanımının da yüksek olması demektir.

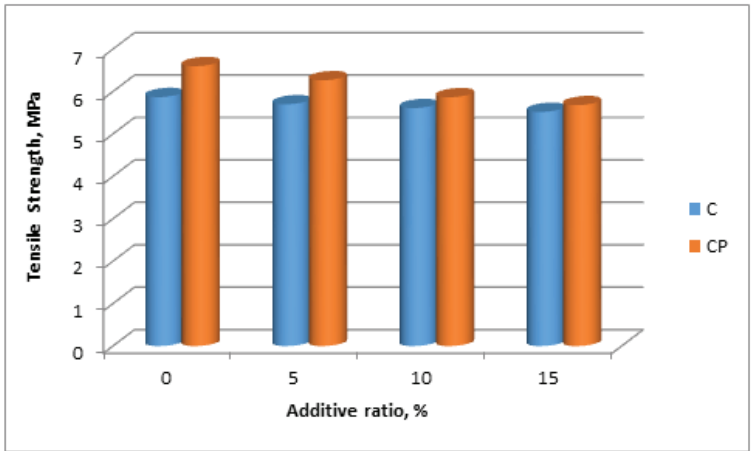
Neville [13] tarafından ses geçiş hızı ile ilgili yapılan çalışmaya göre ses geçiş hızı değerine göre betonların kalitesini gösteren sınıflandırma Tablo 5'te görülmektedir. Yapılan çalışmadan hareketle numuneler tümünde ses geçiş hızı 3.5 - 4.5 km/s değeri arasında deney sonuçlarına sahiptir. Üretilen numunelerin ses geçiş hızı açısından iyi sınıfta yer almaktadır. Basınç dayanımı sonuçları da bunu desteklemektedir.

Tablo 5. Betonun Ultrases Geçiş Hızına göre sınıflandırılması

Ultrases Geçiş Hızı (km/s)	Beton kalitesi
>4.5	Çok iyi
3.5-4.5	İyi
3.0-3.5	Orta
< 3.0	Kötü

Eğilme Dayanımı

Ultrases geçiş hızı deneyinin ardından eğilme deneyine tabi tutulan kiremit tozu ve kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı numunelerin eğilme deneyi dayanım sonuçları Şekil 3'de görülmektedir.

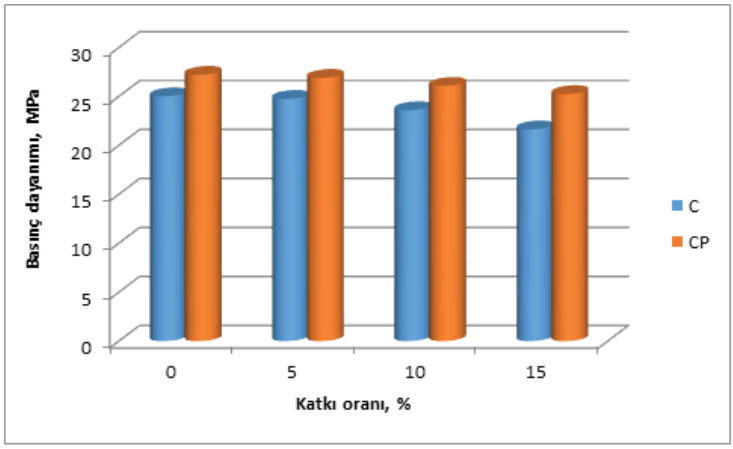


Şekil 3. Harçların Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Şekilden görüldüğü gibi tüm serilerde kendi içinde eğilme dayanım değerlerinde bir azalma olduğu görülmektedir. Kiremit tozu katkı oranının artması ile numunelerin eğilme dayanım değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir. Kiremit tozu ve Polipropilen lif katkılı numunelerde, kiremit tozu katkılı numunelerin eğilme dayanım değerlerine göre artış olmuştur. %5 katkı oranlı kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı numunelerde, kiremit tozu katkılı numunelere göre belirgin bir artış olmuştur.

Basınç Dayanımı

Eğilme deneyinin ardından basınç deneyine tabi tutulan kiremit tozu ve polipropilen lif ve kiremit tozu katkılı numunelerin basınç dayanım deneyi sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Polipropilen lif'e bağlı olarak, basınç dayanım değerlerinin olumlu yönde değiştiği görülmektedir.



Şekil 4. Harçların Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Şekil 4›de görüldüğü gibi deney sonuçları incelendiğinde, tüm serilerde kendi içinde basınç dayanım değerlerinde de azalma olduğu görülmektedir. Kiremit tozu katkı oranının artması ile numunelerin basınç dayanım değerlerinde %5 katkı oranı dışında azalma meydana gelmiştir. Kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı numunelerde, basınç dayanım değerleri kiremit tozu katkılı numunelere göre artış göstermiştir. %5 katkı oranı kontrol numunesine yakın değer almıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı harçların dayanım özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, alınan kiremit tozu ve polipropilen lif katılarak üretilen harç numunelerinin ses geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımına etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

* Deney sonuçları incelendiğinde, tüm serilerde kendi içinde ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir azalma olduğu görülmektedir. Kiremit tozu katkı oranının artması ile lif katkılı numunelerin ultrases geçiş hızı değerlerinde çok az bir azalma meydana gelmiştir. %5 kiremit tozu ve Polipropilen lif katkılı numunelerde ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir artış görülmektedir. Ses hızı ne kadar az boşluğa rastlarsa hızlı ilerler ve ultrases değerleri yüksek olur.

* Kiremit tozu katkı oranının artması ile numunelerin eğilme dayanım değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir. Kiremit tozu ve Polipropilen lif katkılı numunelerde, kiremit tozu katkılı numunelerin eğilme dayanım değerlerine göre artış olmuştur. %5 katkı oranlı kiremit tozu ve

polipropilen lif katkılı numunelerde, kiremit tozu katkılı numunelere göre belirgin bir artış olmuştur.

* Kiremit tozu katkı oranının artması ile numunelerin basınç dayanım değerlerinde %5 katkı oranı dışında azalma meydana gelmiştir. Kiremit tozu ve polipropilen lif katkılı numunelerde, basınç dayanım değerleri kiremit tozu katkılı numunelere göre artış göstermiştir. %5 katkı oranı kontrol numunesine yakın değer almıştır. Liflerin dayanım üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür. Liflerin dağılımı ve yerleşmeye etkisi basınç dayanımlarının daha değişken olmasına neden olmuştur.

5. KAYNAKLAR

[1] Erdoğan T. (2010). "Beton", Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayınları, Ankara,

[2] Şimşek O. (2000). ‹›Yapı Malzemesi II››, Gazi Üniversitesi Teknik Eğiyim Fakültesi,Ankara.

[3] Salami E. (2009). Çelik Liflerin Farklı Dayanıma Sahip Betonların Mekanik Özeliklerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

[4] Kozak M. (2013). Çelik Lifli Betonlar ve Kullanım Alanlarının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, 3(5): 26-35

[5] Aydöner T. (2002). Çelik Tel Takviyeli Betonların Mekanik Davranışı İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

[6] Özcan A. (2006). Endüstriyel Atıklar ve Polipropilen Lif İçeren Saha Betonlarının Özelliklerinin Araştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

[7] Alkan G. (2004). Polipropilen Lifli Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] Şimşek S. (1997). ‹›Lifli Beton Üzerine Bir Çalışma››,Yüksek Lisans Tezi,G.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı , Ankara.

[9] Murathan A, Asan A, Abdulkarem T.A., (2013). Çevresel Atıkların Yapı Malzemesinde Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 28(2), 409-416.

[10] TS EN 1304, (2016). Çatı kiremitleri ve bağlantı parçaları - Kilden imal edilmiş - tarifler ve özellikler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[11] TS EN 196-1, (2012). Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[12] TS EN 12504-4, (2004). Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[13] Neville, A.M., (1995). properties of concrete "4th edition, Longman Group Limited.

Bölüm 16

ATIK LİF KATKILI HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ

Aylin AKYILDIZ[1]

1 Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu, Tekirdağ, aakyildiz@nku.edu.tr

1. GİRİŞ

Beton, dünyada önemli bir yer tutmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte, talepler doğrultusunda doğan malzeme sıkıntısı sebebiyle malzemenin en verimli şekilde kullanılması önem kazanmıştır. Betonun içyapısının, bağ özelliklerinin ve mekanik davranışının anlaşılması gerekmektedir [1].

Betonların mekanik dayanımı ve dayanıklılığının yüksek olması istenmektedir. Betonlarda ve harçlarda çatlakların ilerlemesi kolay olduğundan ve düşük çekme dayanımından dolayı durabilite düşüktür [2].

Beton, agrega, çimento, su ve katkıdan oluşan başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla sertleşerek dayanım kazanan kompozit ve taşıyıcı bir malzemedir. Beton gevrek bir malzemedir ve dayanım ve dayanıklılık özelliklerinin yüksek olması, onarım maliyetinin düşüklüğü ve ekonomik bir malzeme olması sebebiyle çok kullanılmaktadır. [2, 3].

Beton, aşınma, çekme dayanımı düşük, çatlak oluşumundan sonra yük taşıma yönünden zayıf özellik göstermektedir. Çekme dayanımı düşük olan betonlarda, dinamik yükler, çatlak oluşumuna ve yayılmasına sebep olurlar. Betonun zayıf özelliklerin iyileştirilmek için betona lif eklenerek lifli betonlar üretilmiştir [4, 5].

Son yıllarda atıkların yararlı alanlarda yeniden kullanılabilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle çevre kirliliği yapan büyük hacimli atıkların bağlayıcı malzeme olarak çimento ile yer değiştirmeli olarak kullanılması yaygın bir uygulama olmaktadır [6, 7, 8, 9].

Bu çalışmanın amacı, atık liflerinden elde edilen lif katkısının yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla söz konusu bu atıkların geri dönüşümüne yol açacak yeni alanlar bulunabilecek, depolama ve benzeri nedenlerle ortaya çıkan çevresel sorunları ortadan kaldırılabilecektir. Dolayısıyla, bu çalışmanın yan amaçlarından biri de doğal kaynakların ve çevrenin korunmasına yardımcı olmaktır. Aynı zamanda bu araştırma ile uygulama için gerekli bilimsel verilerin elde edilmesi, bu çalışmanın genel amacını oluşturmaktadır. Bu anlamda planlanan bu çalışma kullanılan malzemeler açısından önemli bir değere sahiptir.

2. MATERYAL VE METOD

Harç yapımında kullanılan kumunun Granülometrisi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan doğal kumun özellikleri

DENEY ADI	BİRİM	DENEY SONUCU
		DOĞAL KUM
Numunenin ilk kuru ağırlığı	g	1000,0

Yıkandıktan sonra kuru ağırlık	g	973,0
İnce madde oranı (<0,063)	%	2,7
İnce madde oranı (çök. met.)	%	2,7
Metilen mavisi değeri (kirlilik)	g/ml	0,8
Kum Eşdeğerliği değeri (ort)	%	75,0
Yassılık tayini		0,0
Numunenin kuru ağırlığı	g	494,0
Numunenin DYK ağılığı	g	500
Ölçek+Su+Numune ağırlığı	g	3654,0
Ölçek+Su dolu ağırlığı	g	3346,0
DYK Özgül ağırlığı	g/cm^3	2,6
Su emme oranı	%	1,2
Numunenin nemli ağırlığı	g	517,0
Numunein DYK ağırlığı	g	500
Toplam % H_2O (rutubet)	%	3,3
Organik maddeler		Renksiz

Akçansa çimento fabrikasından temin edilen CEM I 42.5 **çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özellikleri Tablo** 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan Çimentonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Özellik	Birim	CEM I	
Çözünmez Kalıntı	%	0.52	
SO_3	%	3.16	
Kızdırma Kaybı	%	6.28	
Cl^-	%	0.0106	
Özgül Ağırlık	g/cm^3	3.14	
Priz süresi Başlama	dak	230	
Priz süresi Bitiş	dak	270	
Hacim Genleşmesi	mm	1	
ÖzgülYüzey- Blaine	cm^2/g	3818	
Basınç Dayanımı	2	N/mm^2	24.7
7	N/mm^2	32.0	
28	N/mm^2	45.6	

Deneylerde kullandığımız lif malzemesinin özellikleri Tablo 3 ve **görüntüsü** Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo.3. Polipropilen katkının özellikleri

	SikaFibe PPM-12,
Kimyasal yapı	% 100 polipropilen lif
Özgül Ağırlık	0,91 g/cm^3
Lif Uzunluğu	12 mm
Lif Çapı Su Emme Eser miktarda	18 mikron-nominal
Ergime Noktası	160 °C
Tutuşma Sıcaklığı	365 °C
Isı İletkenliği	Düşük
Elektrik İletkenliği	Düşük
Liflerin Özgül Yüzey Alanı	250 m^2/kg
Asit Direnci	Yüksek
Alkali Direnci	% 100
Çekme Dayanımı	300 – 400 N/mm^2
Elastiklik Modülü	~ 4000 N/mm^2



Şekil 1. Kullanılan polipropilen lif

Yöntem

Deneylerde kullanmak üzere harç numuneleri hazırlanmıştır. İlk önce TS EN 196-1 [10] standardına göre harç üretilmiştir. 40x40x160 mm numuneleri oluşturulup bu numuneler üzerinde ultases geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı belirlenmiştir. Sonuçlar üzerinde atık lifin farklı oranlarına *göre dayanım özellikleri ne şekilde etki ettiği belirlenmiştir.*

Metod

Ultrases Geçiş Hızı

Hazırlanan 40×40×160 mm boyutlarındaki prizma numuneleri TS EN 12504-4 [11] standardına göre numunelerin ultrases geçiş hızları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{T}$$

V : cinsinden ultrases hızını, km/s,

t : cinsinden ultrasesin geçiş süresini, s

L : numunenin uzunluğunu, km

Basınç Dayanımı Deneyi

Üretilen harç numunelerin aşağıdaki formüle göre basınç deneyi hesaplanmıştır.

$$\sigma_C = \frac{F}{A}$$

σc :Basınç Dayanımı, MPa

F : Kuvvet, N

A : Yüzey alanı, mm^2

Eğilme Dayanımı Deneyi

Eğilme deneyi prizma şekilli numunelerde yapılan eğilme dayanımı, R_f aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$\sigma_{ç} = \frac{3 * (F \cdot \ell)}{2 * (b \cdot h^2)}$$

$\sigma_{ç}$: çekme gerilmesini, N/mm^2

F : kuvvet, N

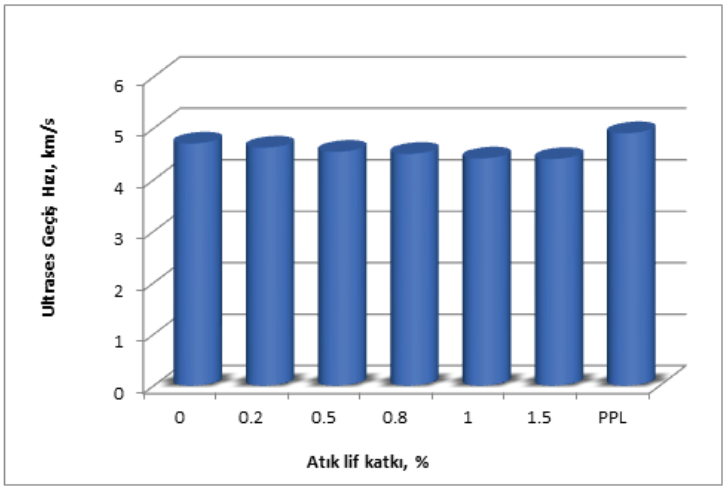
h, b, ℓ : numunenin boyutlarını, mm.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı, atık liflerinden elde edilen atık materyallerinin lif katkısı olarak yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada öncelikle deneylerden alınan veriler ile gerekli hesaplamalar yapılmış, bu değerler katkı oranına göre değerlendirilmiştir.

Ultrases Geçiş Hızı Tayini

Atık lifi katkı oranına göre ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Ultrases geçiş hızı beton içerisinden geçen dalganın geçiş süresini ölçerek geçiş hızını hesaplamaktadır. Ses hızı, betonun boşluk oranı hakkında fikir vermek olup, içerisinde boşlukların olması durumunda ses dalgasının diğer proba varış süresi uzamakta ve hız azalmaktadır.



Şekil 2. Harçların Ultrases Geçiş Hızı Deneyi Sonuçları

Deney sonuçları incelendiğinde, atık lif katkı oranları artarken ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir azalma olduğu görülmektedir. En yüksek ultrases geçiş hızı değeri polipropilen katkılı numunede görülmüştür. %0.2 ve %0.5 atık lif katkılı numunelerde ultrases geçiş hızı değerleri atık lif katılmamış numunelere yakın değer aldığı görülmektedir. Ses hızı ne kadar az boşluğa rastlarsa hızlı ilerler ve ultrases değerleri yüksek olur. Betonun geçirimsiz olması dayanımının da yüksek olması demektir.

Neville [12] tarafından ses geçiş hızı ile ilgili yapılan çalışmaya göre ses geçiş hızı değerine göre betonların kalitesini gösteren sınıflandırma Tablo 4'te görülmektedir. Yapılan çalışmadan hareketle numuneler tümünde ses geçiş hızı 3.5 - 4.5 km/s değeri arasında deney sonuçlarına sahiptir. Üretilen numunelerin ses geçiş hızı açısından iyi sınıfta yer almaktadır.

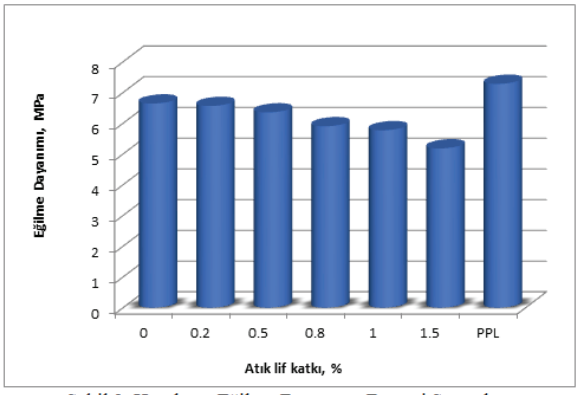
Tablo 4. Betonun Ultrases Geçiş Hızına göre sınıflandırılması

Ultrases Geçiş Hızı (km/s)	Beton kalitesi
>4.5	Çok iyi
3.5-4.5	İyi

3.0-3.5	Orta
< 3.0	Kötü

Eğilme Dayanımı

Eğilme deneyine tabi tutulan lif katkılı ve katkısız numunelerin eğilme deneyi dayanım sonuçları Şekil 3'de görülmektedir. Harcın içerisine ilave edilen liflerin betonun eğilme dayanımları üzerindeki etkileri incelendiğinde, atık lif katkı miktarının artmasıyla eğilme dayanımında bir artış olduğu şekilde görülmektedir. Eğilme deneyinde lif katkısız harçlarda ani kırılma olurken, harca eklenen atık lifler eğilmede ilk çatlaktan sonra biraz daha yük almaktadırlar ve en büyük gerilmeye bu seviyeden sonra ulaşmaktadırlar.

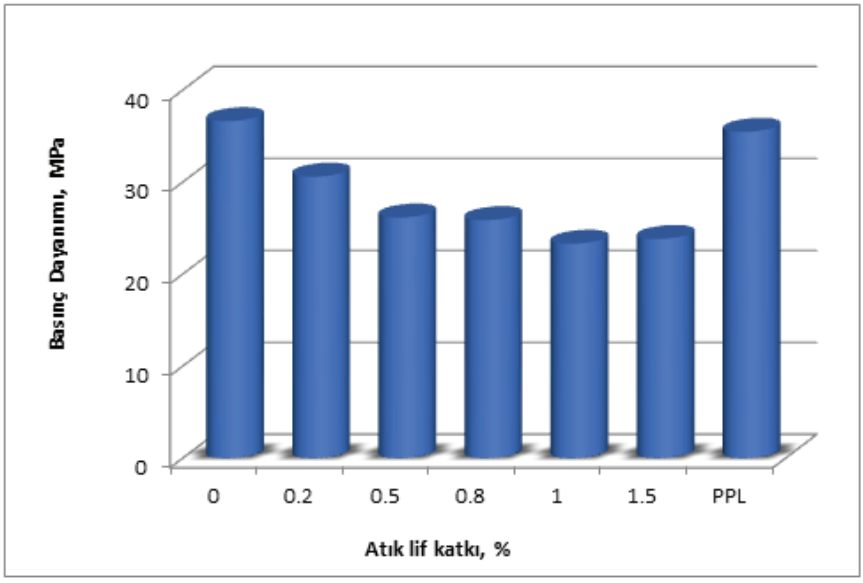


Şekil 3. Harçların Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Numunelerin eğilme dayanım değerleri incelendiğinde, polipropilen katkılı numunelerin eğilme dayanımı en yüksek çıkarken, polipropilen katkılı numunelerden düşük çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında katkısız numuneye, %0.2 ve %0.5 katkı oranları yakın değer almıştır. Atık lif katkı oranının artması ile numunelerin eğilme dayanım değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir.

Basınç Dayanımı

Basınç deneyine tabi tutulan atık lif, katkısız ve polipropilen lif katkılı numunelerin basınç dayanım deneyi sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Polipropilen lif katkılı numunelerde basınç dayanım değerinin en iyi değeri aldığı görülmektedir.



Şekil 4. Harçların Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde atık katkı oranı arttık**ça basınç dayanımı değerlerinde düşüş olduğu** görülmektedir. Atık lif katkı oranının artması ile numunelerin basınç dayanım değerlerinde %0.2 katkı oranı dışında azalma meydana gelmiştir. Polipropilen lif katkılı numuneler lif katkısız numunelere yakın değer almıştır.

4. SONUÇLAR

Tüketimin hızla arttığı ve doğal kaynakların gün geçtikçe tükenmeye başladığı dünyada geri dönüşüm, doğal dengeyi ve çevreyi korumak, kaynaklarımızın israfını engellemek amacıyla tekstil atıklarının geri dönüştürülerek sürdürülebilirliğinin sağlanması evrensel bir sorunun çözümüne katkıda bulunmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışma kapsamında, atık lif katkısı olarak yapı malzemesi üretiminde kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

∗ Ultrases geçiş hızı beton içerisinden geçen dalganın geçiş süresini ölçerek geçiş hızını hesaplamaktadır. Ses hızı, betonun boşluk oranı hakkında fikir vermek olup, içerisinde boşlukların olması durumunda ses dalgasının diğer proba varış süresi uzamakta ve hız azalmaktadır. atık lif katkı oranları artarken ultrases geçiş hızı değerlerinde hafif bir azalma olduğu görülmektedir. En yüksek ultrases geçiş hızı değeri polipropilen katkılı numunede görülmüştür. %0.2 ve %0.5 atık lif katkılı numunelerde ultrases geçiş hızı değerleri atık lif katılmamış numunelere yakın değer aldığı görülmektedir.

* Harcın içerisine ilave edilen liflerin betonun eğilme dayanımları üzerindeki etkileri incelendiğinde, atık lif katkı miktarının artmasıyla eğilme dayanımında bir artış olduğu şekilde görülmektedir. Eğilme deneyinde lif katkısız harçlarda ani kırılma olurken, harca eklenen atık lifler eğilmede ilk çatlaktan sonra biraz daha yük almaktadırlar ve en büyük gerilmeye bu seviyeden sonra ulaşmaktadırlar.

* Atık katkı oranı arttıkça basınç dayanımı değerlerinde düşüş olduğu görülmektedir. Atık lif katkı oranının artması ile numunelerin basınç dayanım değerlerinde %0.2 katkı oranı dışında azalma meydana gelmiştir. Polipropilen lif katkılı numunelerde basınç dayanım değerinin en iyi değeri aldığı görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

[1] Erdoğan T. (2010). "Beton", Orta Doğu Teknik Üniversitesi Yayınları, Ankara,

[2] Şimşek O. (2000). ‹›Yapı Malzemesi II›', Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara.

[3] Salami E. (2009). Çelik Liflerin Farklı Dayanıma Sahip Betonların Mekanik Özeliklerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

[4] Kozak M. (2013). Çelik Lifli Betonlar ve Kullanım Alanlarının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, 3(5): 26-35

[5] Aydöner T. (2002). Çelik Tel Takviyeli Betonların Mekanik Davranışı İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

[6] Alkan G. (2004). Polipropilen Lifli Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[7] Özcan A. (2006). Endüstriyel Atıklar ve Polipropilen Lif İçeren Saha Betonlarının Özelliklerinin Araştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

[8] Murathan A, Asan A, Abdulkarem T.A., (2013). Çevresel Atıkların Yapı Malzemesinde Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 28(2), 409-416.

[9] Şimşek S. (1997). ‹›Lifli Beton Üzerine Bir Çalışma››, Yüksek Lisans Tezi,G.Ü., Fen Bilimler Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı , Ankara.

[10] TS EN 196-1, (2012). Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

[11] TS EN 12504-4, (2004). Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[12] Neville, A.M., (1995). properties of concrete "4th edition, Longman Group Limited.

Bölüm 17

KENTSEL ALANLARDA YAĞMURSUYU HASADININ ÖNEMİ

Meral KORKMAZ[1]

1 Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Munzur Univ., 62100, Turkey, Orcid: 0000-0001-5689-2560, E-mail: meralkorkmaz@munzur.edu.tr

GİRİŞ

Doğa; Toprak, Su, Hava, Ateş ve Uzay olarak bilinen beş klasik elementten oluşmaktadır. Bunların içinden su, insanlar ve tüm canlılar için oldukça önemli olan bir elementtir. Su dünya yüzeyinin üstünde ve altında sürekli hidrolojik çevrimde dengelenmekte ve eğer bu çevrim dengesi bozulursa su kaybına neden olmaktadır. Su, dünya yüzeyinin %70'ini kaplamaktadır ancak su bulmakta zorlanmaktayız (Pala vd., 2021). Nüfusun ve sanayileşmenin artmasıyla mevcut su kaynakları giderek azalmaktadır ve aynı zamanda suya olan ihtiyaçta artmaktadır. Bu yüzden gelişmiş ülkeler alternatif su kaynaklarını araştırmaya başlamıştır. (Eren ark, 2016; Yayılı Kılıç ve Abuş, 2018). Yağmur suyu, dünyanın birçok yerinde yaşam için en önemli su kaynağıdır. Hidrolojik döngüyü dengelemek için sürekli buharlaşma, yoğunlaşma, yağış ve tekrarlama sürecinin devam etmesi gerekmektedir. Ancak küresel ısınmanın artması ve uygun olmayan su altyapısı, su kaynaklarında büyük bir azalmaya neden olmuştur (Pala vd., 2021). Waweru (2013), çiftlik havuzlarının sızma ve buharlaşma yoluyla yüksek su kayıplarına uğradığını ve böylece havuzların büyüme mevsimi bitmeden önce kuruduğunu bildirmiştir. Bu azalmayı önlemek için son dönemlerde Yağmursuyu Hasadı (YSH) su koruma tekniklerinden biri olmuştur. Yağmursuyunun toplanıp biriktirilmesi ve farklı amaçlarda kullanılması hem mevcut su kaynaklarının korunması yönünden hem de ekonomik olarak verimli bir yöntemdir. Yağmursuları genellikle binaların çatılarında toplanırken aynı zamanda kaldırım, yollar, otopark gibi yerlerden de borularla toplanarak filtrelenip daha sonra yağmursuyu tankı ile kullanılabilmektedir. Depolanan sular özellikle tuvalet-banyo, çamaşır yıkama, temizlik işleri, bahçe sulama ve araç yıkama gibi ihtiyaçlar için kullanılabilmektedir.

Çiftçiler yağmursuyu hasadı (YSH) ile sulama ve kuraklığa dayanıklı mahsullerin ekimi, toprak erozyonunun etkilerini azaltma ve ek sulama yoluyla büyüme mevsiminin dışında mahsul üretimi yapabilmektedir (Odhiambo vd., 2021). YSH, kurak ve yarı kurak alanlar gibi sınırlı su kaynağına sahip bölgelerde evsel su temini için kolayca toplanabilen etkili bir su kaynağı olabilir (Nolan ve Lartigue, 2017). Yağmursuyu kullanımı kentsel yaşamın olumsuz çevresel etkilerini azaltabilir ve enerji yükünü azaltabilir (VanWoert vd. 2005; Karahan 2009). Yağmursuyu tankının yüzey akışının önemli ölçüde azalttığı ve dolayısıyla taşkın gibi doğal afetlerin mal ve can kaybı gibi olumsuz etkilerini de önlemek için kullanılabilecek iyi bir tekniktir (Qin vd., 2019).

Mevcut çalışma, yağmursuyu hasadının ana faydalarını değerlendirmekte ve ayrıca örnek olmasını sağlamaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının hazırladığı İmar Yönetmeliği'nde yapılan değişiklikle, kuraklık sebebiyle artık 2 bin metrekareden büyük parsellerde yapılacak tüm

binaların çatılarında yağmursuyu toplama sistemi yapılması zorunluluğu getirilmiştir. Bu yüzden bu çalışmada böyle bir parselde yapılabilecek bir yağmursuyu sistemi incelenmiştir. Bu çalışma, araştırmacılara, kurumlara ve en önemlisi bina tasarımı yapan projecilere temiz su tüketiminin daha rantabil olması için yapacakları projelerde katkı sağlayacaktır.

2000 m²'den büyük parsellerde yapılacak projelerde; çatı üzerinden yağmursularının depolanması durumunda filtre edilerek bir tankta toplanarak ve bina ihtiyaçlarında kullanılması amacıyla yağmursuyu toplama sistemi içermesi zorunludur. Yağmursuyu depolama tankının hacmi; yapılacağı bölgedeki şehrin aylık m²'ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı hesaplanarak elde edilmektedir. Yağmursuyu depolama tankı, bina içerisinde veya çekme mesafelerini (3 metreden fazla) ihlal etmemek kaydı ile ön, arka ve yan bahçelerde ya da bahçe zemini altında yerleştirilebilir. Yağmursuyu depolama tankı atık su şebekesine bağlanamaz eğer tahliye hattı varsa yağmursuyu şebekesine bağlanır. Gri su sistemi de bulunan binalarda toplanan yağmur sularının yağmursuyu şebekesine tahliyesinin yapılabilmesi halinde yağmursuyu için ayrıca bir depolama tankı yapılma zorunluluğu bulunmamaktadır (Resmi gazete, 2021).

Çalışma Alanı

Bu çalışmada yağmursuyu toplama sistemi için Türkiye'nin Elazığ ili seçilmiştir. Yüzölçümü 9.153 km² ve coğrafi koordinatları 39° 02' 44" Kuzey, 39° 31' 02" Doğu'dur. Doğudan Bingöl, kuzeyde Tunceli, batı ve güneybatıda Malatya, güneyde ise Diyarbakır illeri ile komşudur. 2021 itibarıyla 440.513 kişilik merkez nüfusuna sahiptir. Elazığ ili, Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Elazığ ili Şekil 1'de görüldüğü gibi etrafı su ile çevirili olmasına rağmen su sıkıntısı çeken bir bölgedir.



Şekil 1. Elâzığ ilinin konumu

Elazığ ilinin iklimi karasal iklimdir ve günlük ortalama sıcaklık 14.7 °C'dir. Yağışlar en çok ilkbaharda görülürken, yaz ayları ise kuraktır. Küresel iklim değişikliği ve barajların etkisi ile iklimi ılıman bir iklimdir. Bölgede çok soğuk ve yoğun kar yağışlı geçen kış mevsimi daha ılıman geçmektedir. Şehrin su kaynağı yeraltı suyundan karşılanmakta iken, 2021 yılından itibaren Hamza Bey barajından sağlanması düşünülmektedir. Ancak son yıllarda, endüstriyel gelişme, nüfus artışı ve yağış düzenlerindeki değişim ile birlikte yüksek kentleşme oranı nedeniyle, su talebini karşılamak için mevcut su hızla azalmıştır. Şekil 2'de Elazığ da kentleşme sonucu geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla yağmur suyu toprak altına sızması engellenmiş ve yer altı suyunu besleyen yağmur suyu bölgede sele neden olarak ciddi zarar sebep olmuştur. Yeraltı su seviyesinin düşmesi sonucunda iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu sebeple bölgede yağmursuyu hasadı yapılarak, yağış olaylarında kanalizasyon sistemi üzerindeki yükü hafifletmek ve sel baskınlarının önüne geçilebilmektedir.



Şekil 2. Elazığ'da sağanak yağışın yarım saat etkili olması sonucu kent merkezinin sular altında kalması (Günışığı, 2019)

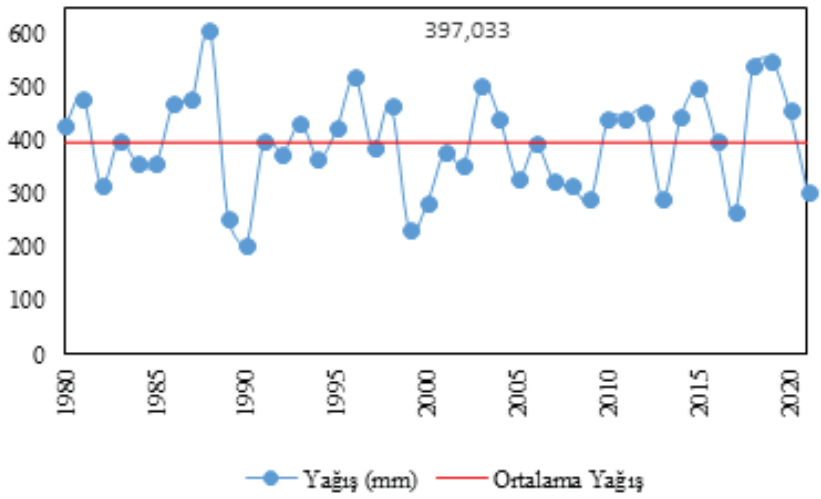
Bu çalışma ile binaların binalarının çatılarından toplanabilecek potansiyel yağmur suyunun miktarını araştırmayı ve ayrıca hasat edilen yağmur suyunun yeşil alan sulama ihtiyacını karşılamada kullanılabilirliğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma alanı çevresinde bulunan yağış ölçüm istasyonları ile son 42 yılda ölçülen veriler toplanmış ve yıllık ortalama yağış miktarının 397.033 mm olduğu görülmüştür. Bölgede zaman

zaman su kesintileri yaşadığı için yağmursuyu toplama sistemi bölge için oldukça önemlidir. Bu sayede su kesintisi durumunda evye, klozet gibi cihazların su sorunu da çözülebilir.

Metodoloji

- **Yağmursuyu Hasadı için Yağışın İncelenmesi**

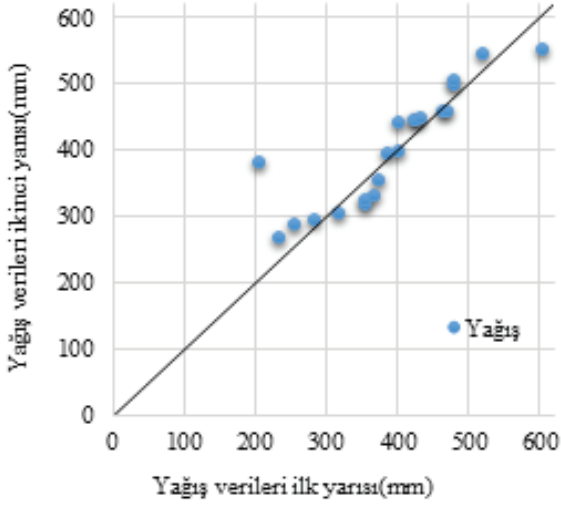
Yağmur sularının toplanması ve depolanması, mevsimsel olarak evsel ve diğer kullanımlar için su temininde sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Yağmursuyu hesabı yapılacağı ilin aylık m²'ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı hesaplanarak elde edilmektedir. Bu yüzden yağış olaylarının değişiminin bilinmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada 1980-2021 yılları için toplam yağış değerlerinin aylık ortalamaları ve bunlara karşılık gelen koordinatlar Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021). Elazığ için yıllık ortalama toplam yağış miktarı 397.033 mm'dir. Şekil 3'teki 42 yıllık yağış verilerinin gidişatına bakıldığında yağış eğiliminin değişken olduğu görülmektedir. Yıllık en yüksek yağış derinliği 605 mm ile 1988 yılında, en düşük yağış miktarı ise 1990 yılında 205 mm ile görülmüştür.



Şekil **3.** *1980-2021 dönemi için ortalama yıllık yağış verileri*

Trend analizi, geçmiş zamandaki meteorolojik, hidrolojik ve iklimsel değişkenlerin değişimini inceleyerek gelecekte nasıl bir eğilim göstereceğini belirlememizi sağlar. Birçok araştırmacı, çalışmalarında hidrolojik ve meteorolojik değişkenlerdeki eğilimleri belirlemek için Şen yöntemini kullanmıştır (Saplıoğlu 2015; Senocak ve Emek 2017). Bu çalışmada tüm binaların çatılarında yağmursuyu toplama sistemi yapılması zorunluluğu dikkate alınarak Elazığ ili için 900 m² çatı alanına sahip bir bina seçilmiş-

tir. Elazığ ilinde yıllık ortalama yağışların gelecekteki eğilimini araştırmak için Şen yöntemi kullanılmıştır. 1980-2021 yılları arasında meteoroloji istasyonları tarafından toplanan yıllık ortalama yağış verilerine Şen yöntemi uygulanmıştır.



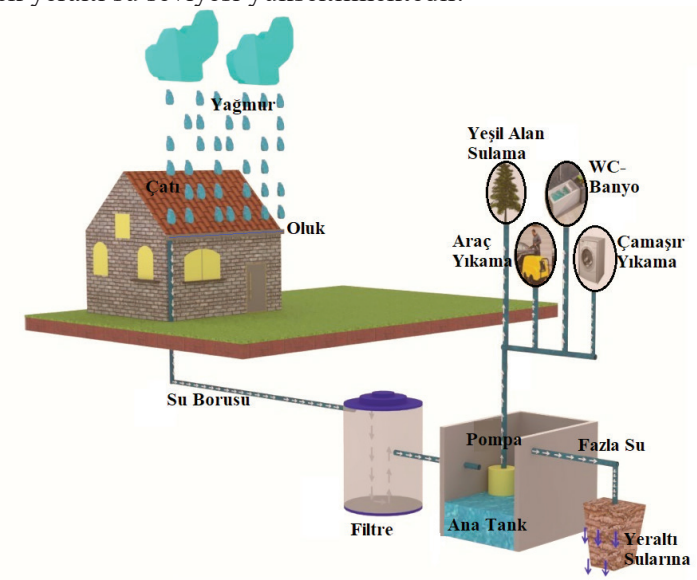
Şekil **4.** *1980-2021 dönemi uzun yıllar yağış veriler Şen Metodu*

1980-2021 dönemi için alınan yıllık ortalama yağış verileri, iki eşit yarıya bölünmüştür. Her iki alt seri de ayrı ayrı küçükten büyüğe sıralanmıştır. Bundan sonra, kartezyen koordinat sisteminde ilk alt seri (X_i) x ekseni boyunca sıralanmıştır ve ikinci alt seri (X_j), y ekseni üzerinde sıralanmıştır. Eksenler üzerinde sıralanan seriler, 1:1 çizgisi boyunca yer alıyorsa, trend olmadığını göstermektedir. Veriler 1:1 çizgisinin alt üçgen alanında yer alıyorsa, azalan bir eğilim göstermektedir. Veriler üst üçgen alanında yer alıyorsa artan bir trendin olduğu söylenebilir. Şen'in yönteminin yenilikçi özelliği tüm veri aralıklarında uygulanabilmektedir (Karaburun 2011; Köse 2014). Şen trend analiz yöntemine göre yıllık ortalama yağış trend yönleri Şekil 4'te verilmiştir. Yıllık toplam yağış parametresinde yağışın dönemsel olarak eğiliminin hem artan hem azalan trende olduğu gözlenmektedir.

- **Yağmursuyu Hasadı**

Kentleşme ve sanayileşme nedeniyle küresel ısınma ve kuraklık ciddi anlamda görülürken, doğal kaynaklarda kirlenme ve tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalınmış; su kaynaklarının kullanılması sürdürülebilirliği de tartışılmaya başlanmıştır. Günümüzde artan nüfusla orantılı olarak mev-

cut su kaynaklarının hızlı bir şekilde azalması ve kirletilmesi sonucunda alternatif bir kaynak olan yağmur suyunun su kaynağı olarak kullanılması çözüm olarak düşünülmüştür. Su kaynakları, üzerindeki talebin giderek artışının yanında zaman ve konuma göre bu kaynağın arzu edilen miktar ve kalitede bulunmaması, mevcut su kaynaklarının ekonomik, çevresel ve sosyal faydalar içinde en verimli şekilde kullanımını yani yönetimini gerekli kılmaktadır (Güzel ve Benli, 2019). Yağmursuyu hasadı, yağmur suyunun geçirimsiz zeminlerde boşa akması yerine, hidrolojik döngü için yeniden kullanılması ve yerinde depolanmasıdır. Su hasadı kurak ve yarı kurak bölgelerde, akarsulardan ya da kuyulardan verim alınamadığı zamanlarda çeşitli amaçlar için su kaynağı olabilir. Yağmur suyu nehirlerden veya çatılardan toplanabilir ve birçok yerde toplanan sular derin bir çukura, süzülmüş bir hazneye yönlendirilir veya çiğ veya sislerden ağlar veya diğer aletlerle toplanır. Kullanım alanları bahçeler için su, hayvancılık, sulama, uygun arıtımla evsel kullanım ve evler için mekân ısıtmasını da içerir. Toplanılan su ayrıca içme suyu, uzun süreli depolama ve yeraltı suyu zenginleştirilmesi gibi diğer amaçlar için de kullanılabilir (Frasier, 1980). Şekil 5'te bir binanın çatısından yağmursuyu sistemi ile toplanan suların hangi amaçla kullanıldığı gösterilmektedir. Toplanılan su filtrelendikten sonra uzun süreli depolama ile sulama, araç yıkama, wc-banyo ve çamaşır yıkamada kullanılmaktadır. Ayrıca fazla su yeraltı suyuna verilerek yeraltı su seviyesi yükseltilmektedir.



Şekil **5. Çatı alanı 800 m**^{2} *bir bina için potansiyel olarak hasat edilebilir yağmursuyu miktarı(m*^{3}*)*

Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca, 2 bin metrekareden büyük parsellerde inşa edilecek tüm binaların çatılarında yağmursuyu toplama sistemi

yapılması zorunluluğu getirildi. 2 bin m^2 üzerinde parsellerde yapılacak yağmursuyu sistemi su kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması için oldukça önemlidir. Böyle bir parselin yaklaşık yüzde kırkının inşaat alanı olarak hesaplandığında 800 m^2'lik bir çatı alanı oluşmaktadır. Bu çalışmada, toplam çatı alanı 800 m^2 alınmış ve potansiyel olarak hasat edilebilir yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır.

Bu çalışma için yağmursuyu toplama potansiyeli aylık denge yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama hasat edilebilir yağmursuyu (Q_m), ortalama aylık ortalama yağış (Y) ve çatıların toplama alanları (A), yağmursuyu hasadı için kullanılan çatı alanı yüzdesinin çarpımının bir fonksiyonu olarak hesaplanmıştır (β = 0,5). %50 kullanımı temsil etmek için) ve Denklem (1)' de verilen akış katsayısı (C). Ortalama yağış "R", bağımlı çatı alanı "A" ve ayrıca oluk ve toplama sistemi sızıntısı ve taşması, verim verimliliği katsayısı "β,C" yi temsil etmek üzere matematiksel olarak birleştirilebilir:

$$Q_m = Y*A*\beta*C \quad (1)$$

Akış katsayısının değeri, her biri betonarme çimento malzemelerden inşa edilen her bir binanın çatısı için 0,80 ile 0,9 arasında değişmektedir (Jamali ve diğerleri 2020; Campisano ve diğerleri 2017; Quinn ve diğerleri 2021; Van ve diğerleri 2020). ; Bekar ve diğerleri 2020). Buharlaşma kaybını ve çatının olası bir ilk sifonunu hesaba katmak için 0.85'lik akış katsayısı kullanılmıştır.

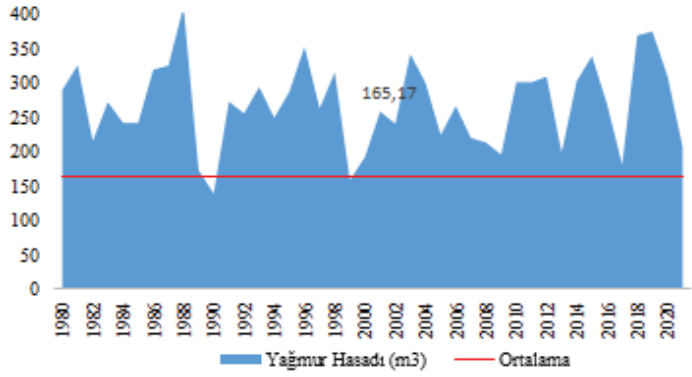
- **Elazığ ili için yağmursuyu hasadı**

Yağmur sularının toplanarak bahçe sulamada kullanılması hem su tasarrufu, hem de su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği açısında çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma için yağmur suyu toplama potansiyeli denklem 1'den aylık denge yaklaşımı kullanılarak hesaplanmıştır. Aylık ortalama hasat edilebilir yağmursuyu (Q_m), ortalama aylık ortalama yağış (Y) ve çatıların toplama alanları (A), yağmursuyu hasadı için kullanılan çatı alanı yüzdesinin çarpımının bir fonksiyonu olarak "β,C" yi temsil etmek üzere 0.85'lik akış katsayısı kullanıldı.

$$Q_m = Y*A*\beta*C$$

$$Q_m = 800*397{,}033*0{,}85=269{,}982\ m^3=269982\ Litre$$

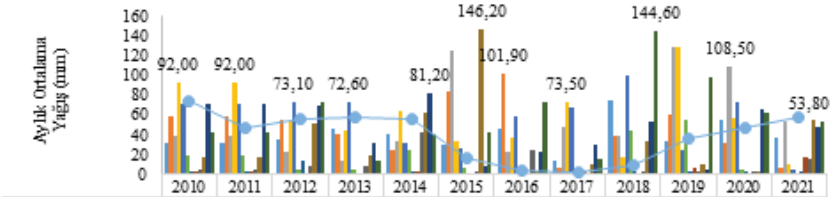
Toplam parsel alanı (m^2)	*A* Toplam Alan (m^2)	*Y* Ortalama Yağış (mm)	Yağmur suyu hasadı miktarı (m^3)
2000	800	397.033	269,982



Şekil 6. *Çatı alanı 800 m2 bir bina için potansiyel olarak hasat edilebilir yağmursuyu miktarı(m³)*

Şekil 6 incelendiğinde Elazığ ilinde 1980-2021 yılları arasında meydana gelen yağış miktarına göre çatı alanı 800 m^2 bir bina için potansiyel olarak hasat edilebilir yağmur suyu miktarı grafikte gösterilmiştir. Ortalama yağışa göre her yıl 165.17 m^3 yağmur suyu depolanabilmektedir.

- **Yağmursuyu Hasadı Depo Hacmi**



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ocak	30,90	30,90	35,10	46,30	40,90	29,30	46,20	14,00	74,50	32,80	54,30	36,80
Şubat	57,50	57,50	55,00	40,90	24,50	83,70	101,90	6,20	37,60	59,40	32,10	5,70
Mart	38,80	38,80	22,00	13,20	33,90	124,10	22,60	47,60	37,80	129,40	108,50	53,50
Nisan	92,00	92,00	52,00	43,80	64,20	32,60	36,40	73,50	16,10	128,60	56,20	9,10
Mayıs	70,00	70,00	73,10	72,60	31,90	26,60	58,00	67,00	100,60	24,40	72,10	3,60
Haziran	18,00	18,00	5,00	4,90	24,20	5,60	6,70	1,30	44,60	55,40	3,70	0,00
Temmuz	3,00	3,00	12,40	0,00	0,80	0,00	5,70	0,00	0,40	2,10	1,60	2,00
Ağustos	0,10	0,10	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	3,00	0,00	6,70	0,00	16,60
Eylül	3,90	3,90	7,60	8,00	41,60	1,20	24,00	0,00	0,50	1,50	0,20	15,40
Ekim	17,50	17,50	50,30	18,20	62,00	146,20	0,30	10,20	33,80	10,10	0,20	53,80
Kasım	70,10	70,10	69,90	32,10	81,20	8,40	22,20	28,70	52,40	3,50	64,70	47,40
Aralık	41,40	41,40	73,00	12,80	40,30	41,60	72,30	15,60	144,60	98,10	62,20	52,00
Ortalama Yağış	74,50	46,83	55,85	58,04	55,83	15,62	2,58	2,24	8,98	35,01	45,89	57,94

Şekil 7. *Elazığ ili için son on yılın en yüksek yağışın olduğu aylar*

Şekil 7 incelendiğinde Elazığ ilinde son 10 yılda meydana gelen maksimum yağışların ortalaması alındığında maksimum yağışın 97,40 mm olduğu görülmektedir. Küresel iklim değişikliği sonucu Nisan ve Mayıs ayında meydana gelen maksimum yağışlar son dönemlerde ekim, kasım

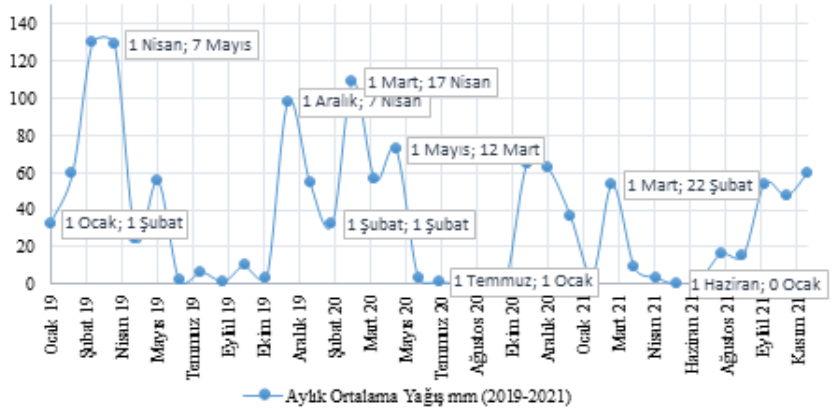
ve aralık aylarında olmaktadır. Yaz aylarında özellikle temmuz ve ağustos aylarında yağış olmamaktadır.

Elazığ için maksimum ortalama yağış miktarı 97,40 mm ise,

Su Tankı Hacmi: = 66,23 m^3 bulunur.

60 tonluk toprak altı su depolama tankı 900 m^2 çatı alanına sahip bir bina için yeterli gelebilmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA



Şekil **8.** *1919-2021 yılları arasında son üç yıl için toplam yağış değerlerinin aylık olarak değişimi*

Şekil 8'de 1919-2021 yılları arasında son üç yıl için toplam yağış değerlerinin aylık olarak değişimi incelenmiştir. Burada son üç yıla bakıldığında yağışın Mart ve Nisan aylarında yüksek olduğu yaz aylarının ise kurak geçtiği görülmektedir. 2019 yılında nisan ayında yağış 130 mm civarında iken, 2020 yılında nisan ayında 65 mm civarında, 2021 yılında 30 mm civarında olduğu görülmektedir. Bu durum son 2 yılda en çok yağışın olduğu aylarda ciddi oranda yağışta azalma olduğu görülmektedir. Böyle bir azalmanın olduğu durumda yağmur sularının toplanması ve depolanması giderek daha da önemli olmaktadır. Mevsimsel olarak evsel ve diğer kullanımlar için su temininde sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olacaktır. 2019 yılında yağışın artmasının kentte sele neden olduğunu düşünürsek bu bölgede yağmursuyu hasadının yapılmasının son derece önemli olduğunu görmekteyiz (Şekil 2).

SONUÇLAR

Bu çalışmada potansiyeli değerlendirmek için 900 m^2 çatı alanına sahip bir yağmursuyu sisteminin uygulanması geliştirilmiştir. Bina çatılarından gelen yağmur suyu hem iç mekân hem de dış mekân bahçe sulama-

sında kullanılmaktadır. Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve su tasarrufu yağmur suyu depolanması oldukça önemlidir. Bu nedenle binalarda yağmur suyunun toplanmasının ve kullanılmasının önemi bu toplumun tüm üyelerine anlatılmalı ve bu konuda teşvikler arttırılmalıdır. Bu sayede hem tasarrufu hem de yağmur suyunun şehirlerde su sürdürülebilirliğini sağlanmaktadır. Yağmursuyu depolama sayesinde;

- Mevcut su kaynaklarının kullanımı azalacak ve enerji kullanımını da olumlu etkileyecektir.

- Küresel ısınma sebebiyle meydana gelen düzensiz yağışlar sonucu son dönemlerde oldukça fazla meydana gelen taşkın gibi doğal afetlerde önlenmiş olacaktır. Bu sayede kentsel alanlarda meydana gel sel olayları önlenecektir.

- Ayrıca kentleşme sonucu geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla yağmur suyu toprak altına sızması engellenmekte ve yer altı suyunu besleyen yağmur suyu, kanalizasyon sistemine veya yakındaki nehir ve denizlere karışmaktadır. Böylece sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Aynı zamanda sızmanın engellenmesi sonucunda yer altı su seviyesi azalmaktadır. İklim değişikliği sonucu oluşan ani ve aşırı yağış olaylarında kanalizasyon sistemi üzerindeki yükü hafifletmek ve sel baskınlarının önüne geçmek için yağmursuyunu hasadı oldukça önemli bir yöntemdir.

Kaynaklar

Bekar M, Yalcinalp E, Meral A. 2020. Analysis of the contribution of rainwater recycling (RWR) to the campus area of KTU, Trabzon Turkey. Feb Fresenius Environmental Bulletin, 2112.

Campisano A, Butler D, Ward S, Burns MJ, Friedler E, Debusk K, Han M, Urban. 2017. Rainwater harvesting systems. Research, Implementation and Future Perspectives, Water Research, 2017, 115, 195-209.

Campisano A, D'amico G, Modica C. 2017. Water saving and cost analysis of large-scale implementation of domestic rain water harvesting in minor Mediterranean Islands. Water, 9(12), 916.

Eren B., Aygün A., Likos S., Damar A.İ. 2016. Yağmur Suyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüs Örneği. International Symposium on İnnovative Technologies in Engineering and Science (ISITES), 3-5 November, Antalya

Frasier G. W. 1980. "Harvesting Water for Agricultural , Wildlife and Domestic Uses" Journal ol Soil and Water Conservation, 35 (3):125.

Günışığı, 20 Haziran 2019. Sele Teslim Olduk. https://www.gunisigigazetesi.net/elazig-guncel/sele-teslim-olduk-h71728.html

Güzel, İ., & Benli, A. 2020. Bingöl Şehir Merkezine Yakın Devlet Yollarında Yağmur Suyu Hasadı Ve Hidroelektirik Potansiyelinin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(1), 405-417.

Jamali B, Bach PM, Deletic A. 2020. Rainwater harvesting for urban flood management–an integrated modelling framework. Water Research, 171, 115372.

Karahan, A. 2009. "Evaluation of Gray Water (In Turkish) Gri Suyun Değerlendi˙ri˙Lmesi˙." In IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1155–1164.

Kılıç, M. Y., Abuş, M. N. 2018. Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 4(2), 209-215.

Li, F., Cook, S., Geballe, G. T., Burch Jr, W. R. 2000. Rainwater harvesting agriculture: an integrated system for water management on rainfed land in China's semiarid areas. AMBIO: A Journal of the Human Environment, 29(8), 477-483.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, December 23, 2021. https://mevbis.mgm.gov.tr/mevbis/ui/index.html#/MyOrders

Nolan N., Lartigue C. 2017. Evaluation of the performance of rainwater harvesting systems for domestic use in Tlalpan, Mexico City. Civil Engineering Journal. doi:10.28991/cej-2017-00000080.

Odhiambo, K. O., Iro Ong'or, B. T., Kanda, E. K. 2021. Optimization of rainwater harvesting system design for smallholder irrigation farmers in Kenya:

a review. AQUA—Water Infrastructure, Ecosystems and Society, 70(4), 483-492.

Pala, G. K., Pathivada, A. P., Velugoti, S. J. H., Yerramsetti, C. Ve Veeranki, S. 2021. Rainwater harvesting-A review on conservation, creation & cost-effectiveness. Materials Today: Proceedings.

Qin, Y., Huang, Z., Yu, Z., Liu, Z., Wang, L. 2019. A novel buffer tank to attenuate the peak flow of runoff. Civil Engineering Journal, 5(12), 2525-2532.

Quinn R, Rougé C, Stovin V. 2021. Quantifying the performance of dual-use rainwater harvesting systems. Water Research X, 10, 100081.

Resmi gazete, 23 Ocak 2021,https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210123-4.htm

VanWoert, N. D., D. B. Rowe, J. A. Andresen, C. L. Rugh, R. T. Fernandez, and L. Xiao. 2005. "Green Roof Stormwater Retention." Journal of Environmental Quality 34 (3): 1036–1044. doi:10.2134/jeq2004.0364.

Waweru, F. W. 2013. Assessment of Rainwater Harvesting Practices, Cropping Systems and Productivity in Smallholder Farms in Laikipia Central District. A Thesis Submitted for Award of MSc, Agricultural Resources Management in the School of Agriculture at University of Nairobi, Kenya.

Waweru, F. W. 2013. Rainwater Harvesting Practices, Cropping Systems And Productivity In Smallholder Farms In Laikipia Central District (Doctoral dissertation, University of Nairobi).

Yeni İnşa Edilecek Binalara. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. December 23, 2021. https://www.csb.gov.tr/yeni-insa-edilecek-binalara-yagmur-suyu-toplama-sistemi-kurulacak-bakanlik-faaliyetleri-29875

Bölüm 18

AKILLI TURİZM KAVRAMI İÇERİSİNDE AKILLI OTEL UYGULAMALARI

Sezin GÜLERYÜZ[1]
Cenk BORA[2]

1 Sorumlu Yazar: Sezin Güleryüz, e-mail sezinguleryuz@gmail.com, Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9858-7115), sezinguleryuz@gmail.com
2 Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yönetim Bilim Sistemleri Bölümü, Bartın, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8504-6996), cenk.bora@zorlu.com

1. GİRİŞ

Teknolojinin zaman içindeki gelişimi gerek iş hayatında gerekse bireylerin yaşam biçimlerinde köklü değişimleri beraberinde getirmiştir. Bu köklü değişimler bireylerin yaşamında farklılıkları oluştururken, birçok süreçte de kolaylıklar sunmaya başlamıştır. Bireyler bu kolaylıklara artık günümüzde o kadar çok alışmaya başlamış durumda ki, yaşamlarının her anında teknolojinin sunduğu imkanları arar duruma gelmişlerdir. Özellikle son yıllarda nesnelerin interneti, yapay zeka, robotik teknolojiler ve otonom sistemler kapsamındaki gelişmeler, teknolojilerin bireyler gibi çalışma yaşamında da birçok sektörde hızlıca yerini almasını sağlamıştır. Bu kapsamda birçok alanda daha az efor harcayarak, daha çok fayda hizmet sağlanabilen yönetilebilir ve ulaşılabilir yapılar, yani akıllı teknolojiler ortaya çıkmıştır. Akıllı teknolojiler ile bireyler teknoloji ile yaşamlarında arzuladıkları konforu, hızı ve iletişim gücünü yakalarken, işletmelerde gerek üretim, hizmet, gerekse verimli yönetim stratejileri kapsamında akıllı teknolojileri süreçlerine dahil etmiştir. Günümüzde teknolojinin hızlıca dönüşümüne eşlik ettiği sektörlere baktığımızda, teknolojiye yapısı gereği turizm sektörü içerisinde bulunan bileşenlerin yönetim, hizmet ve verimlilik kapsamında çok daha fazla ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bu ihtiyaç kapsamında bir çok alanda olduğu gibi sunulan hizmet ve ürünlerde akıllı teknolojiler ortaya çıkarken, turizm alanında da sunulan hizmet ve ürünlerde akıllı turizm kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Baktığımızda artık bireyler seyahat kararlarını verirken, ulaşım, bölge, hizmet, otel tercihi gibi bir çok konuda eğlence, konfor, yeme içme gibi hizmetler yanında teknoloji anlamında da yüksek konforla birlikte hizmetler sunabilen, bölgeler, tesisler, araçlar ve otellerin olduğu yerleri tercih etmeye başlamışlardır. Bu sebeple tercihler kapsamında teknoloji ile birlikte sunulan hizmetlerin ön plana çıkması ve seyahat eden bireylere ulaştırılması da büyük öneme sahip olmaya başlamıştır. Bu kapsamda akıllı turizm kavramı içerisinde bulunan akıllı otel uygulamalarının bireylerin yaşamları ve işletmelerin faaliyetleri kapsamında bu kadar önemli yere sahip olmasıyla kattığı değerleri anlamak ve uygulamaları görmek için bu çalışma yapılmıştır. Çalışmanın literatüre olan katkısı incelendiğinde, çalışma seyahat eden kitlelerin günümüzde akıllı turizm ve akıllı otel teknolojileriyle olan bağları ve akıllı otellerin teknoloji kullanımıyla sağladığı faydalar ve elde ettikleri verimlilikleri özetlemektedir.

Makale geneli şu şekilde düzenlenmiştir. Birinci bölüm giriş bölümüdür, çalışmanın geneli hakkında bilgi içermektedir. İkinci bölümde teknoloji kavramı ve tarihte endüstri sınıfları tanımı yapılmıştır. Bu bölümde teknolojinin anlam kavramı ve tarih içindeki günümüze kadar olan gelişimi özetlenmiştir. Üçüncü bölümde akıllı turizm ve akıllı otel kavramları alan yazım taraması araştırılmış ve kavramların tanımları belirtilmiş-

tir. D**ördüncü bölümde akıllı otel uygulamaları alan yazım taraması** araştırılmış ve örnekleriyle birlikte gösterilmiştir. Beşinci bölümde akıllı oteller ile geleneksel oteller arasındaki farklar, altıncı **bölümde akı**llı otel uygulamalarının bilinen yaygın etkileri ve yedinci bölümde akıllı otel uygulamalarında karşılaşılan engeller alan yazım taramasıyla araştırılıp belirtilmiştir. Son bölümde **çalışmada elde edilen** sonuçlar ve yorumlar ifade edilmiştir.

2. TEKNOLOJİ KAVRAMI VE TARİHTE ENDÜSTRİ SINIFLARI

Dünya var olduğundan bu yana teknoloji çeşitli icatlarla her zaman insanlığın gelişiminde önemli rol üstlenen birincil unsurlardan biri olmuştur. Tarihsel açıdan incelendiğinde teknoloji her dönem toplumlarda insan hayatına birçok yeni konuyu dahil etmiştir. Bu yeni konularla toplumlarda gerek yaşam, gerekse iş yapma koşullarında köklü değişimler meydana gelmiş ve bu teknolojilerin sağladığı faydalarla birlikte teknoloji insanların yaşamında vazgeçilemez bir unsur halini almıştır. Bu kapsamda ilk akla gelen soru teknolojinin kavramının ne olduğudur.

Teknoloji kavram olarak incelendiğinde birçok tanım karşımıza gelmektedir. En temel olan haliyle, normal şartlarda insancıl bir faaliyeti gerçekleştirmek **için** kullanılan bir araç olarak tanımlanmaktadır. Bir araç olarak tanımlanan bu kavram, bir metot, vetire veya aygıt olabilir. Yalnız her koşulda ne olursa olsun en önemli ilke her zaman insancıl bir faaliyeti gerçekleştiren bir araç olmasıdır (Arthur, 2011).

Teknoloji kelime anlamı olarak incelendiğinde Türk Dil Kurumuna göre iki şekilde tanımlanmaktadır. İlk tanım sanayide kullanılan yapım yöntemlerini, araç, gereç ve aletlerle bu araç gereç ve aletlerin kullanım**ını** kapsayan uygulayım bilimi olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle bireylerin çevrelerini denetlemek ve başkalaştırmak amacıyla geliştirdiği araç gereçlerle ilgili bilgilerin **tümü şeklinde tanımlanmaktadır** (TDK,2021).

Ayrıca teknoloji diğer bir ifadeyle, daima ilerlemesi nedeniyle insan yaşamını yeniden düzenleyen, davranış ortamı ve yaşam sahaları üzerinde etkisi bulunan, tabanı fikir ve veri **üretme**ye dayalı bir proses olarak da tanımlanabilmektedir (Topsakal vd., 2018).

Tanımlar kapsamında görüldüğü gibi günümüzde çok sayıda teknoloji tanımı bulunmaktadır ve görüldüğü üzere teknolojinin temelinde insan ve çevresi bulunmaktadır. Bu sebeple teknolojilerin gelişimi doğal olarak insanların ve çevrelerinin gelişimini sağlarken, dolaylı olarak toplumların gelişimini de sağlayacaktır. Bu tanımların ortak noktalarını dikkate aldığımızda teknolojiyi, insanların yaşam faaliyetleri içerisinde gelişimine

ihtiyaç duyulan süreçlerin, içerisindeki araçlarla birlikte, insanların çevresini denetlemek, değiştirmek ve geliştirerek daha verimli hale getirmek için sunulan tüm araç, gereç, alet ve düşünceler topluluğu olarak tanımlamak mümkün olacaktır.

Teknolojinin tarihsel süreçlerine baktığımızda insanlık tarihinde çeşitli dönemlerde gelişimini sağlayarak günümüze kadar çeşitli alanlarda farklılaşarak ulaştığını ve son dönemde gelişim hızını çok daha fazla arttırdığı ve toplumların gelişiminde önemli rol oynadığı görülmektedir. Gelişim süreçlerine baktığımızda teknoloji, endüstri 1.0, 1780 **yılında** su ve buharla çalışan makinelere dayalı endüstriyel üretim olarak **görmekteyiz.** Bunu endüstri 2.0 ile, 1870 **yılında** montaj hatları kullanılarak seri üretim **sürecine geçiş takip etmektedir.** Endüstri 3.0 ise 1970 **yılında** elektronik ve bilgisayar kullanarak otomasyon **sürecine geçişle birlikte başlamıştır. Endüstri 3.0 'dan sonra arada e**ndüstri 3.5 ile 1980 **yılında** d**üşük maliyetli ekonomilere offshoring üretimi** ile yerini almıştır. Bunu takip eden endüstri 4.0 gelinen aşamadaki s**üreçleri daha da otomatikleştirmek için bağlı cihazların, veri analitiğinin ve yapay zeka teknolojilerin** kullanımı yani günümüz teknolojilerinin kullanımıyla geçişi olmuştur. Son olarak endüstri 5.0 ise yakındaki geleceğe ve insan zekası bilişsel bilgi işlem ile uyum içinde çalıştığı, insan ve makine arasındaki işbirliğine odaklandığı görülmektedir (Aslam vd., 2020).

Endüstri sınıflarındaki tarihlere odaklanıldığında ilk üç endüstri sınıfı arasında nerdeyse 100 yıllık süreç varken, sonrasında 50 yıllık süre içerisinde çok hızlı yol alındığı ve günümüz teknolojilerine **çok daha hızlı** ulaşıldığı görülmektedir.

3. AKILLI TURİZM VE AKILLI OTEL KAVRAMI

Günümüzde yoğun bir şekilde kullanılan akıllı turizm ve akıllı otel kavramları doğrudan veya dolaylı bir şekilde bir çok teknolojiyi de içinde barındırmaktadır. Bu sebeple akıllı turizm ve akıllı otel kavramlarını daha iyi anlayabilmek için öncelikli olarak ilişki içerisinde olduğu teknolojileri tanım olarak incelemek daha doğru olacaktır. Endüstri 4.0 devrimi yaşamımıza nesnelerin interneti (IoT), sanal gerçeklik, akıllı teknoloji, yapay zeka ve robot teknolojileri gibi yeni nesil teknoloji temelli uygulamaları getirmekte ve teknoloji; yaşam biçimini, ekonomiyi ve toplumu etkisi altına almaya başlamaktadır (Bahar vd., 2019).

Nesnelerin İnterneti (IoT): Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramı, ilk kez özellikle kimyevi tüketici ürünleri üreten çok uluslu Procter & Gamble şirketine, RFID teknolojilerinin getirdiği faydaları anlatan Kevin Ashton tarafından kullanılmıştır. Nesnelerin interneti (IoT) kullandığı farklı protokoller sayesinde, nesnelerin kendileri arasında bağlanarak birbirleri ile iletişim kurduğu ve paylaşılan bilgilerle akıllı bir iletişim ağ ortamı

oluşturduğu cihazlar sistemidir (Yengin, 2015). Ayrıca nesnelerin interneti (IoT), standart ve birbiri ile çalışabilir haberleşme protokollerine dayalı ve kendiliğinden yapılandırma özelliklerine sahip etkin ve evrensel bir ağ altyapısı olarak kabul edilebilir. Bu çok **özel ağ altyapısında,** somut ve sanal nesneler birbiri ile bağlıdır. Kimlikleri, somut özellikleri ve sanal benlikleri bulunmaktadır. Akıllı arayüzleri vardır ve veri ağıyla sorunsuz bir şekilde bütünleşirler (Vermesan vd., 2011). Bu kapsamda yeni nesil teknolojik gelişmelerin getirdiği yapılarla gün geçtikçe daha çok bireyin çeşitli nesnelerle etkileşimde bulunması kaçınılmazdır. Bireyler yaşamları içerisinde bulunan nesnelerin sağlamış olduğu hizmetlerden faydalanırken, birçok nesneyi de yaşam süreçlerinde yardımcı olarak görmeye başlamışlar ve bu teknolojilerin getirdiği kolaylıklar sebebiyle çok hızlı bir şekilde bu yapılara uyum sağlamışlardır.

Yapay Zeka: Endüstri 4.0'la birlikte kullanımı yaygınlaşan en önemli teknolojilerden biri yapay zeka teknolojisidir ve günümüzde bir çok teknolojinin verimini arttırma noktasında teknolojilerin merkezini oluşturmaktadır. Yapay zeka, normal sistemlerin akıllı bir şekilde veya değil yapabildiği, her bilinçli etkinliği ihtiyaç halinde bedenleri olan yapay sistemlere, mevcuttan daha da yüksek performans seviyelerinde nasıl yaptırılabileceğini analiz eden bilim dalıdır (Say, 2018). Bu sistemler çalışırken herhangi bir olguyu analiz etmekte ve analiz sonucu belirlenen değişkenlere dayalı olarak onu tanımlayabilmektedir. Bu nedenle yapay zeka, belirli boyutlara göre sorunlara odaklanıp, çözmeye çalışmaktadır (Yeğin, 2020). Yapay zeka teknoloji yapısı gereği, önceki yapılarda insanların aktif çalışma gücünü gerektiren işlemleri otomatik hale getirerek, verimliliği arttırma noktasında yoğun kullanılmaktadır. Bu şekilde karmaşık ve yönetilmesi zor olan tüm süreçlerin daha verimli kullanımına ve yönetimine imkan vermektedir.

Robot Teknolojiler: Endüstri 4.0 teknolojisiyle gerek akıllı turizm, akıllı otel gerekse farklı birçok alanda çok talep gören teknolojilerden biride robot teknolojilerdir. Bu teknolojiler yapay zeka ve IoT teknolojileriyle entegreli bir çok işi çok başarılı şekillerde yaparak gerek iş hayatında, gerekse bireylerin hayatında çok büyük verim artışını da beraberinde getirmeye başlamıştır. Robotlar bulundukları ortamda yakınlarında olan süreçleri otomatik ve sürekli olarak algılayabilen, bu işlem sonrasında veri incelemesi yaparak algıladıklarını prosese dönüştürebilen, fiziksel fonksiyonları bir nesneyi hareket ettirebilmek, gezinmek veya fiziki olmayan fonksiyonları (uyarılar, öneriler, kararlar, istekler) yapabilen nesnelerdir. (Dilek ve Bozoklu, 2019)

Türk Dil Kurumu TDK robotları belirli bir görevi yapmak **için** kendisine çeşitli işler yaptırılabilen otonom araç olarak tanımlamaktadır. Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR), robotların endüstriyel robotlar ve

hizmet robotları olarak ikiye ayrıldığını belirtmektedir (International Federation of Robotics, 2020) Bu çerçevede bakıldığında robotların gerek üretim gerekse hizmet alanında birçok kapsamda hayatımızın önemli bir parçası haline geldikleri görülmektedir.

Günümüzde bu tür teknolojileri kullanan en önemli alanlardan özellikle akıllı sistemlere ihtiyaç duyan yapılardır. Akıllı sistemlere ihtiyaç duyan yapılardan insanlara ve sunulan hizmetlere odaklanıldığında en önemli sektörlerden biri Turizm sektörüdür. Turizm sekötrü içerisinde de yoğun seyahat eden kitlelerdir. Bu teknolojilerin ilgili kitleleri ve hizmet alan bireyleri etkilediği ve hizmet alımlarındaki beklentilerini de arttırdığı tespit edilmektedir. Bu kapsamda günümüzde turizm sektöründe birçok alanda akıllı sistemler yaşamımızın birer parçası haline geldiği görülmektedir. Akıllı turizm ve akıllı oteller gibi kavramların oluştuğu ve yeni nesil iş yapma tarzları içerisinde yer bulduğu günümüzde ilgili kavramlar incelendiğinde aşağıdaki bilgilere ulaşılmıştır.

3.1 Akıllı Turizm kavramı

Akıllı turizm uygulamalarının temelinde tüm süreçlerde insani faaliyetlerin iyileştirilmesi bulunmaktadır. Ayrıca bu uygulamalar teknolojinin gelişimiyle bu alanda IoT, yapay zekâ, robotik gibi teknolojilerinde desteğiyle yeni nesil iş yapma tarzlarına odaklanmakta ve gelişimi hedeflemektedir.

Akıllı turizmde bireyler, internet ağına bağlı mobil aygıtlar vasıtasıyla bilgi iletişimini kullanarak sosyal ekosistemler oluşturmak **için birlikte çalışırlar.** (Hunter vd. , 2015). Bu şekilde akıllı turizm uygulamaları nesnelerin interneti IoT, yapay zekâ ve robotik tabanlı sistemlerle tüm süreçlerde gezgin, turist, misafir gibi turizm sektöründe hizmet alacak kitlelerle zeki, mantıklı ve yararlı iletişim kurulmasını sağlayarak verimlilik ve yönetilebilirlik ortaya koymaktadır. Turizm sektöründe akıllı teknolojiler ve uygulamalar, turizm sektörünün yaptığı iş ve yapısının yanı sıra seyahat eden kitlelerinde hareket ve isteklerinde köklü farklılıklara yol açmıştır (Wang vd., 2015). Akıllı turizm sistemi **içerisinde** bulunan teknolojilerle, seyahat eden kitlelere ve hizmet **üreten taraflara** daha doğru bilgiler ve bu bilgilerle daha iyi karar imkanı sağlarken, sunmuş olduğu imkanlarla hareketlilik ve sonuç olarak daha iyi bir turizm deneyimi yaşamalarını sağlayan bilgi sistemlerinin tamamlayıcısı olmuştur. (Sigala ve Chalkiti 2014). Ayrıca akıllı turizm bilgi iletişim teknolojilerinin yoğun bir şekilde turizm sektörü içerisinde bulunan işletmeler, destinasyonlar ile seyahat eden kitleler tarafından kullanılmasını sağlayan ve oluşan büyük miktardaki bilginin değer yaratan yapılar içerisinde hizmet vermesine olanak sağlayan yeni bir kavram olduğu belirtilmiştir. (Gretzel vd., 2015). Akıllı turizmin fonksiyonları **Şekil** 1'de gösterilmiştir (Wang, 2014). Wang'a

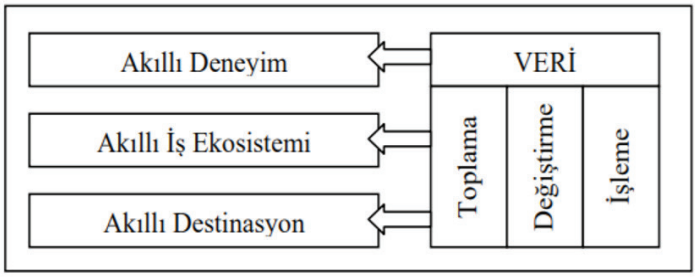
göre 2014 yılında yapmış olduğu çalışmayla akıllı turizmin fonksiyonları, seyahat hizmetleri, akıllı rehber, akıllı alışveriş rehberi, seyahat anlaşmalarının düzenlenmesi, servis yardım hattı, akıllı bölge yönetimi olmak üzere 6 fonksiyondan oluşmaktadır.

Gretzel vd. 'nin 2015 yılında yaptığı çalışmada Şekil 2'de gösterildiği gibi akıllı turizmin bileşen ve katmanları veri ve sonuçlarına odaklanmaktadır. Buna göre ilk olarak akıllı turizm süreçlerini işletebilmek için, veri toplama, veri işleme, veri değiştirme faaliyetleriyle birlikte yani veri ile akıllı deneyimler, akıllı iş ekosistemi ve akıllı destinasyonların oluşumu sağlanmaktadır. Bu şekilde ilgili gruplar içerisindeki hizmet alıcılarına akıllı turizm kapsamında olan hizmetler ulaştırılmaktadır.



Şekil 1*: Akıllı Turizmin fonksiyonları (Wang, 2014)*

Wang (2014), akıllı turizm tanımında turizm sektörünün tüm paydaşlarını dahil ederek geliştirdiği modelde akıllı turizm işlevlerini çevrimiçi veya banka kartı ile ödeme, trafik, meteoroloji, seyahat eden kitlelerin hareketlerinin kaydı gibi işlemleri akıllı hizmetler, akıllı rehberler, akıllı alışveriş rehberleri, ödeme ayarları, hizmet hattı ve akıllı bölge yönetimi döngüsünde açıklamıştır.



Şekil 2: *Akıllı Turizmin Bileşenleri ve Katmanları (Gretzel vd., 2015)*

Bu tanım ve açıklamalar ışığında akıllı turizmi, akıllı teknolojilerin turizm endüstrisindeki tüm unsurlar tarafından kullanıldığı, turizm deneyimlerinin teknoloji ile bütünleştirildiği ve hizmet sunumlarının teknoloji yardımıyla gerçekleştirildiği yeni bir hizmet türü olarak tanımlamak mümkündür. Akıllı turizm kavramının en büyük paydaşlarından bir tanesi kuşkusuz **içerisinde** konaklama, yemek içme, eğlence gibi birçok hizmet sunulduğu otellerdir. Otelleri konaklama ve çevre hizmetleri kapsamında tercih eden misafirler, artık gelişen teknolojiyle de birçok alanda işlemlerini hızlı ve istedikleri biçimlerde esnek yapabilmek için dijitalleşme unsurlarını aramaktadırlar. Bu kapsamda otellerde talepleri karşılayabilmek, işlem süreçlerini daha verimli hale getirmek ve maliyet yönetimini güçlendirmek için **günümüzde** yoğun bir şekilde akıllı otel uygulamaları **çözümlerine** yönelmektedir.

3.2 Akıllı Otel Kavramı

Otel kavramı, latince Hospitale'den türetilen Fransızca Hotel kelimesinden gelmektedir. Fransız Devriminin olduğu dönemde, sıradan soyluların ülkedeki önemli misafirleri ağırladığı özel bir misafirhaneye otel deniyordu. Daha sonra Avrupalı ve Amerikalı otelciler, misafir konaklamasını sağlayan iş yerlerine otel olarak atıfta bulunarak kavramı genişlettiler. Otelcilik sektörü oldukça yoğun ve hizmet odaklı bir sektördür. Otellerde sunulan hizmetlerin kapsamı ne olursa olsun, belirli ve ortak amaçları misafirler ve seyahat eden kitleler **için konaklama, yiyecek, içecek, ulaşım, eğitim ve eğlence** hizmetleri sağlamaktır (Lai ve Hung, 2017).Otel işletmelerinin sunduğu hizmetleri daha iyi anlayabilmek için öncelikli olarak bir otel işletmesinde genel hizmetler sunan ana departmanları tanımak yararlı olacaktır. Bir otel işletmesinin sahip olduğu departmanlar; **İdari Yönetim(Manager), Ön Büro (Front Office), Yiyecek ve İçecek (Food and Beverage), Ziyafet (Banquet) , Mutfak (Kitchen), Kat Hizmetleri (Housekeeping), Bilgi Teknolojileri (Information Technology), Teknik Mühendislik (Engineering), Güvenlik (**Security), Satış ve Pazarlama (Sales and Marketing), Satınalma (Purchasing), Muhasebe (Accounting), Maliyet Kontrol (Cost Control), İnsan Kaynakları (Human Resources),

Misafir İlişikileri (Guest Relations), Çamaşırhane (Laundry) olarak sınıflandırılmaktadır. Departmanların yaptıkları iş detayları ise aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

Ön büro departmanı (FO): Ön büro otelin en önemli departmanlarından biri olup bir bakıma merkezi konumundadır, **ön büro departmanı** misafirler ile otelin ilişkileri arasında köprü **görevindedir. Misafir**in g**özünden** bakıldığında otel ön büro departmanı olarak değerlendirilmektedir. Otelin verdiği ilk ve son izlenim, misafirin otele giriş kaydı ve çıkışı aşamasında ön büro departmanından aldığı hizmetlerle oluşur (Gazioğlu, 1994). Otel işletmelerinde konaklama için misafirlerin daha otele giriş yapmadan ve henüz rezervasyon yaptırma sürecindeyken, **görüşmeye başlayıp ve sürekli** irtibat halinde oldukları ön büro departmanı, misafirlerin tesiste hizmet aldıkları zaman içerisinde otelden bekledikleri hizmetlerin verilmesinde vitrin görevinde olan **önemli** bir departmandır (Şeyda,2011).

Yiyecek İçecek departmanı (F&B): Bu departman**ın içerisinde yiyecek içecek departman çalışanları, mutfak bölümü ve ziyafet bölümü bulunmaktadır.** Yiyecek ve içecek departmanı, misafirlerin temel **üç çeşit** ihtiyacını karşılamak üzere organize olur. Bunlar, yiyecek, içecek ve servistir hizmetleridir. (Gazioğlu, 1994). Yiyecek içecek departmanı, otel işletmelerinin değişik yeme içme alanlarında, banket, organizasyon, kongre salonlarında, kafe, barlarında misafirlerine yiyecek ve içeceklerin tedarik edilmesi, hazırlanması, muhafazası, sunulması ve depo gibi yiyecek saklama alanlarının kontrollerinin yap**ılması** gibi görevleri gerçekleştirir (Şeyda, 2011).

Kat Hizmetleri departmanı (HK): Kat hizmetleri departmanı, bir otelin hijyen ve temizlik kısmında görev alan en önemli departmandır. Sorumluluğu otelin tüm alanların**ın** temizliğini standartlar dahilinde yaparak, genel alanların günlük kontrollerini ve bakımını sağlamaktır (Gazioğlu, 1994). Otel **işletmelerinde** temizlik, bakım ve tertip düzen gibi konularla ilgili olan bu bölümün, işlevsel alanı otellerde bulunan yiyecek içecek hazırlığı ve saklama alanları gibi alanlar hariç nerdeyse otelin tüm alanlarını kapsar ve sorumluluk olarak oldukça geniş alanları bulunmaktadır (Şeyda,2011).

Bilgi Teknolojileri (IT): Otellerde kullanılan bazı bilgi teknolojileri örnekleri kablolu, kablosuz internet hizmetleri, sesli mesaj hizmetleri, e-posta sunucu hizmetleri, **çevrimiçi** oda, restoran ve diğer ortak alan rezervasyon süreçleri, dijital muhasebe ve finansal raporlama sistemleri, yiyecek ve içecek siparişlerinin kullanılan sistemlerler otomasyonu, telekonferans sistemleri, misafirler **için interaktif** servisler, cep telefon hizmetleri, mobil uygulamalar, elektronik **ödeme sistemeleri**, interaktif servisler, televizyon yayınları ve grafik raporlamadır. Yapılan çalışmalar

göstermiştir ki bilgi teknolojilerinin otellerdeki en önemli rolü, iş uygulamalarının verimliliğini desteklemesi, artırması ve müşteri memnuniyetini sağlayarak operasyonu desteklemesi olduğu görülmektedir (Lam ve diğerleri, 2005). Otel işletmelerinde bilgi teknolojileri departmanı, tanımda da belirtildiği gibi otellerin faaliyetlerini güçlendirecek ve gelişimini sağlayacak bilgi teknoloji sistemlerini işletme genelinde kurarak, işleten, bakım, onarım ve geliştirmelerini yapan departman olarak görev yapmaktadır.

Teknik Mühendislik (Engineering): Teknik departman otel genelinde bulunan iklimlendirmeden, elektrik, su ve genel mekanik, makine ve teçhizatlara kadar geniş alanda bakım, onarım ve kontrol hizmetlerini süreklilik içerisinde devam ettirme görevini yerine getirmektedir (Gazioğlu, 1994). Otel işletmelerinde teknik departman, işletmenin farklı alanlarında kullanılmakta olan araç, gereç ile teçhizatların her zaman tesiste bulunma amacına hizmet edecek, fonksiyonlarını iyi bir **şekilde** yerine getirecek şekilde hazır bulunmasını sağlamaktan sorumlu departman olarak görev yapmaktadır (Şeyda, 2011).

Güvenlik (Security): Otellerdeki güvenlik departmanların**ın başlıca** görevi otel misafirlerini, eşyalarını ve otele ait genel eşyaları korumaktır (Gazioğlu, 1994). **İşletmede** meydana gelebilecek olağanüstü süreç ve olaylara karşı alınan tüm **önlemler** ve bu **önlemleri tesis genelinde** uygulayan personel, güvenlik departmanının genelini oluşturur (Olalı ve Korzay,1989). Bir güvenlik departmanı tüm işletmeler gibi bir otel içinde çok önemli bir departmandır.

Satış ve Pazarlama (Sales&Marketing): Bir otelin satış pazarlama departmanı otelin sunulan mal, ürün ve hizmetlerinin satış amaçlı faaliyetleri kapsamında gelir amaç ve hedeflerinin belirlenmesi, satış odaklı tahminlerinin yapılması bu kapsamda **çeşitli** stratejilerin belirlenmesi, stratejiler sonrasında eylem planlarının oluşturulup, bütçelerin hazırlama görevlerinden sorumlu departmandır (Şeyda,2011).

Satınalma (Purchasing): Satınalma işlemi genel anlamda bir işletmenin sunacağı **ürün ve hizmetler kapsamında ihtiyacı olan** üretim girdilerinin ihtiyaç duyulan ölçüde, nitelikte, maliyette ve zamanda işletme **için** tedarik edilmesidir (Heinritz, 1971: 123). Satınalma departmanı da bu görevlerin tümünü eksiksiz olarak işletme çıkarlarını gözeterek yerine getiren ve otelin sunduğu hizmetlerin bütünlüğünü korumak için görev yapan önemli bir departmandır.

Muhasebe (Accounting): Otel işletmelerinde muhasebe departmanının temel görevi, otelcilik hizmetleri kapsamında yürütülen faaliyetlerle ilgili olarak oluşan finansal bilgileri bir rapor haline getirmek, sunmak bununla birlikte kanuna göre dijital ve evrak bazlı sistemlere kayıt etmek-

tir (Gazioğlu, 1994). Otellerde bulunan ve önemli departmanlardan biri olan maliyet kontrol bölümü de, muhasebe departmanı altında oluşan faaliyetlerdeki maliyeti hesaplayan ve raporlayan bölüm olarak yer almaktadır ve üretilen ürün ve hizmetlerin fiyatlaması hususunda önemli görev üstlenmektedir.

İnsan Kaynakları (Human Resources): Personel departmanı şeklinde de isimlendirilen insan kaynakları departmanı, yüksek vasıflı **yönetici ve personel**leri **işletmeye çekmek**, **çeşitli eğitim,** doğru ilişki ve iletişim aracılığı ile **çalışma potansiyeli** kaybını asgaride tutmak, işletmeye giren ve ayrılan personel oranını azaltmak, şirket amaç ve hedeflerinin her bölüm tarafından benimsenmesini ve uygulanmasını sağlamak görevlerini **üstlenmektir** (Gazioğlu, 1994).

Misafir İlişkileri (Guest Relations): Misafir ilişkileri departmanı, oteller içerisinde **çeşitli** hizmet alımlarında misafirlerin sadece problemleri **için yardım eden değil**, bununla beraber misafir ile otel arasındaki ilişkiyi yöneten, olabilecek hatalı anlama ve **ön yargıları** en az seviyeye indiren, sorunsuz ve keyifli bir tatil ortamı oluşturulmasına katkı sağlayan bir departman olarak görev yapmaktadır (Başer,2019).

Çamaşırhane (Laundry): Otel işletmelerinde çamaşırhane bölümü; otele ve misafirlere ait kirli **çamaşırları**n arındırıldığı, **yıkan**arak, kurutulduğu ve bakım ve onarımın**ın** yapılarak, ütülendiği **düzenlendiği v**e çamaşırların alınıp verildiği bölümdür (Şeyda,2011).

Otel işletmelerinde bulunan departmanların sunduğu hizmetler g**ünümüzde gelişen teknolojilerle birlikte turizm ve konaklama hizmetl**erinde de farklılaşmayı beraberinde getirmiştir. **Ö**zellikle, hizmet alan tarafta misafirlerin artık otellerden beklentileri de d**eğişiklik göstermeye başlamış ve** global dijitalleşme **hızıyla** konaklama endüstrisinin de hızla değişimine sebep olmuştur. Değişimlere göz attığımızda gelişen teknolojilerin, misafirlerin günlük deneyimlerini şekillendirdiği ve daha yüksek beklentilere yol açtığı ve yeni kavramları ortaya çıkardığı **görül**mektedir.

Gelişen teknoloji ve global dijitalleşme kavramını oteller açısından incelediğimizde ise karşımıza ilk çıkan kavramlardan birinin, akıllı otel kavramı olduğu görülmektedir. Akıllı otel teknolojileri, otel **işletmelerinde** konaklayan ve hizmet alan misafirlerinin daha nitelikli ve konforlu bir ortamda konaklama yapmalarına ve tüm otel genelinde daha istenilen düzeyde hizmet almalarına olanak sağlamak için beraber çalışan bilgi teknolojisi altyapılarına sahip otel işletmesi olarak tanımlanmaktadır (Lai ve Hung, 2017).

Bu tanımlardan hareketle akıllı oteli, otelcilik faaliyetlerinin akıllı sistemlere entegre edilerek hizmete sunulduğu ve akıllı sistemlerin otel-

cilik hizmetleri içerisindeki tüm sistemlerle bir uyum içinde uygulandığı konaklama tesisi olarak ifade etmek **mümkündür** (Ercan, 2019).

Artık misafirlerin günlük yaşamları artan otomasyon ve yapay zeka tarafından bir dönüşüm içinde olup, birçok işin yapılışında geleneksel süreçlerin dışında bir konfor sunulmaktadır. İhtiyaçlarını tahmin eden ve tutarlı hizmetler sunan işletmelere seyahat ederken de misafirler aynı kusursuz ve aşırı kişiselleştirilmiş deneyimleri bekler duruma gelmişlerdir. Bu sebeple otel markaları, mevcut ve yeni yapılan otellerinde oda boyutlarını küçültmek için yenilikçi tasarımlar ve teknoloji odaklı olanaklar kullanıyor ve misafirlerin sürdürülebilirlikle birlikte, teknoloji anlam**ın**da beklentilerine de akıllı otel konseptinde sunulan teknolojilerle yanıt vermeye çalışıyorlar. (SHA, Smart Hotel Technology Guides, 2019)

Turizm işletmelerinin temel hizmet unsurlarından olan konaklama işletmeleri, karşılama, rezervasyon, misafir ilişkileri, yeme içme hizmetleri gibi farklı bölümlerinde teknolojiyi yoğun bir şekilde kullanmaktadır. Merkezi rezervasyon sistemleri, otel işletmeciliğinin tüm departmanlarının yürütülmesinde ve yönetiminde kullanılan otel otomasyon sistemleri gibi sistemler günümüzde otel işletmelerinde kullanılan başlıca teknolojilerdir (Ercan, 2019).

Teknolojiyi kullanan ve kavramını bilen bilgili misafirler, artan beklentileri karşısında otellerin tüm temas noktalarında konukların benzersiz ihtiyaçlarını anlamasını ve bu beklentilerini **öngörmesi**ni beklemektedir. Ayrıca sunulan hizmetlerin tutarlı ve anında erişilebilir olması da oldukça önemlidir. (SHA, Smart Hotel Technology Guides, 2018). Bu kapsamda **fırsatları değerlendirmek ve artan rekabet, insan gücü sıkıntısı ve değişen misafir beklentilerinden kaynaklanan zorlukların üstesinden gelmek için** oteller her dönem yenilik yapmaya ve dönüşmeye devam etmelidir. Konaklama endüstrisinde, üretkenliği optimize etmek, hizmet sunumunu iyileştirmek, misafir beklentilerine cevap verebilmek nihayetinde kârlılığı artırmaya yardımcı olacağından, otellerin yaşamlarını sürdürmeleri açısından **çok önemlidir.** (SHA, Smart Hotel Technology Guides, 2019).

4. AKILLI OTEL UYGULAMALARI

Akıllı otel uygulamalarının temelinde bilişim teknolojileri bulunmaktadır. Gelişen bilişim teknolojileri uygulamalarıyla akıllı otel uygulamaları da sunduğu hizmetler yaygın kullanımları kapsamında gruplandırılmıştır ve sunulan hizmetler bu gruplar kapsamında geliştirilmeye devam etmiştir. Yaygın bilişim terimi ilk olarak Mark Weiser tarafından bilgisayar ve sistemlerin birbiri ile ilişkili **şekilde** kullanılması olarak tanımlanmıştır. Bu teknolojilerin her ortamın içerisinde hazır olarak yer alarak, aygıtların fiziki ortamda düzgün bir şekilde, varlıkları hissedilmeden kullanılması-

nı olduğunu ifade eden Weiser, akıllı tabletler, padler ve panolar formunda birbiri ile ilişkili bilgisayarlar, sensörler, kablosuz ağlar ve her yerden erişilebilen bilgi ile dolu bir dünya öngörmüştür (Gökalp ve Eren, 2016).

Akıllı otel teknolojileri kapsamında günümüzde kullanılan yaygın bilişim teknolojilerine ait gruplama aşağıda Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3*: Akıllı Otel Teknolojilerinde Kullanılan Yaygın Bilişim Teknolojileri(Gökalp ve Eren, 2016)*

Buna göre sunulan teknolojiler, temassız sistemler, varlık takip sistemleri, insan takip kontrol sistemleri, bilgi sistemleri, tur sistemleri olarak 5 ana grupta toplanmaktadır. Akıllı otel uygulalarıyla sağlanan hizmet örnekleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1: Akıllı Otel Uygulamalarıyla Sağlanan Hizmet Örnekleri

Akıllı Otel Uygulaması	Hizmetler ve Faydaları
Akıllı Telefon Uygulaması	Uygulama üzerinden yiyecek içecek siparişlerini yapabilme
	Restaurant, SPA vb. Ortak alanlara müsaitlik durumuna göre rezervasyon yapabilme
	Elektronik fatura sürecinde oluşan fatura bilgilerine ulaşabilme
	Kat hizmetlerinin sunduğu hizmetler, kuru temizleme, oda malzeme talebi, taksi, uyandırma, vale, arıza bildirimi, porter, geç çıkış talebi gibi talepleri iletebilme
Kişiselleştirilmiş Servisler	Dil desteği sayesinde misafirin kendi konuşma dilinde yazışarak, yazılanların otelde görevli operatörün diline otomatik çevirme hizmetinden faydalanabilme. Aynı şekilde operatöründe kendi konuşma dilinde yazarak, sistemin misafirin konuşma diline yazılanları otomatik çevirebilme imkanından faydalanabilme
	Misafirin yastık tercihinin hatırlanabilmesi
	Misafirin oda standartlarında istediği konaklama tercihinin hatırlanabilmesi
	Misafirin odaya giriş öncesi istediği klima konfor tercihinin hatırlanabilmesi
Akıllı Oda	Otomasyonla oda içi aydınlatma, perde, iklimlendirme, minibar gibi yapıları kontrol etme
Akıllı Web Servisler	Tablet üzerinden çalışacak web servisler ile operasyonda oda kirli, temiz hizmetleri
	Tablet üzerinden çalışacak web servisler ile operasyonda arıza bildirim hizmetleri
	Tablet üzerinden çalışacak web servisler ile operasyonda minibar takibi
	QR dijital yiyecek içecek menü hizmetleri
Akıllı Sağlık Servisleri	Termal sistemler ile otel içerisine giriş yapan yüksek vücut ısılı kişileri otomatik tanımlama
	Covid kapsamında HES kodu gibi özel sağlık kontrollerini otel girişinde otomatik yapabilme

İnteraktif TV Servisleri	Akıllı bir şekilde oda girişi sonrası TV'nin otomatik isimle karşılama sunması
	TV üzerinden de yiyecek içecek siparişi ve otel hizmetlerinden talep yapabilme
	Çevre ve gezilebilecek yerler hakkında konsiyerj hizmetleri alabilme
	Uçuş bilgileri, hava durumu, otel içi aktiviteler hakkında bilgi alabilme
	TV izlerken ürün yerleştirme ve ürün tanıtımı yapabilme
Akıllı Güvenlik Sistemleri	Yüz tanıma sistemlerinden faydalanabilme
	Harekete duyarlı alan kontrolü yapabilme
	Biyometrik sistemlerle erişim yetkileri sağlayabilme
	Harekete duyarlı kayıt yapan kameralarla güvenlik hizmetlerini sunabilme
Akıllı Bina Sistemleri Sürdürülebilirlik	İklimlendirme sistemlerinin yönetimi ve verimliliği
	Düşük elektrik tüketimi için verimlilik yönetimi
	Otel aydınlatma yapısı için sensörlerin kullanımı
	Enerji tüketimini ölçümlemek ve sistemleri uzaktan yönetmeye uygun enstrümanlardan faydalanabilme
	Sensörler ve başlıklarla düşük su tüketimini ve sıcaklığını yönetmek

Akıllı otel uygulamaları ile ilgili otellerde sunulan hizmet ve uygulamalara bakıldığında örnek bazı uygulamalar şu şekildedir.

Hong Kong'daki The Upper House misafirleri, check-in sırasında oyun, müzik ve otelle ilgili bilgilerle birlikte i-Pod Touch alırlar ve tesis içerisindeki süreçlerde bunu kullanırlar (Jarmen vd., 2016).

Trabzon'daki Zorlu Grand Hotel misafirlerine check-in işlemi ardından kendi mobil cihazları ile birlikte otele ait kullanacakları mobil uygulamayla oda kapılarını açabilme imkanı sunmaktadır (Zorlu Grand Hotel , 2020).

İngiltere/Londra'da bulunan Eccleston Square Otel, Avrupa'nın en üstün teknolojik özelliklere sahip otellerinden biri olduğu ve oda **içi** teknoloji inovasyon **ö**dülü kazandığı belirtilmektedir. Müşteriler dokunmatik tabletlerle odanın herhangi bir yönünü aydınlatma ve ısıtma konusunda ayarlama imkanına sahip olup, personel boş odaların amaçsız kullanılan cihazlarını kapatarak otomatik olarak enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Odalarda ayrıca yüksekliği ayarlanabilir masaj yapabilen yataklar bulunmaktadır. Odalardaki banyoların duşa kabinindeki camlar tek tuşla buzlu hale getirilebilmektedir. Ayrıca banyoda aynaların arkasına gizlenmiş açıldığında görünür hale gelen televizyonlar yer almakta-

dır. Otelde bulut tabanlı teknoloji sistemleri uygulanmaktadır. Potansiyel müşterilerden alınan bilgiler bulut sisteminde bulunan bu veri tabanında kaydedilerek kişiselleştirilmiş hizmet sunmada kullanılmaktadır (GX Spotlight, 2020).

Novotel München Messe'nin konukları hem gerçek hem de sanal bir resepsiyonist tarafından karşılanır ve otel, konuklara takılan bilgileri içeren dokunmatik ekranlarla donatılmıştır (Jarmen vd., 2016).

Dubai'deki TI'ME Otelleri, bekleme sürelerini azaltmak ve personeli resepsiyonun sınırlarından kurtarmak için misafire dönük, mobil bir check-in sistemi kullanıyor. Bu şekilde konuklarla etkileşime geçebilir ve otelin herhangi bir yerinden gelen talepleri işleyebilirler (GX Spotlight, 2020).

Poznan'daki Blow Up Hall'dur, misafirler odalarına girmek için fiziksel anahtarlar veya kartlar yerine iPhone'lar almaktadırlar (Jaramen vd., 2016).

Trabzon'daki Zorlu Grand Hotel misafirlerine sundu**ğunu mobil uygulama üzerinden, k**at hizmetleri talebi, kuru temizleme talepleri, oda malzeme talebi, restoran rezervasyonu, SPA rezervasyonu, taksi, vale hizmetleri, arıza bildirimi, yiyecek içecek siparişi, elektronik tahsilat ödeme imkanları, elektronik fatura hizmetleri, dil seçenekleri sayesinde yapay zeka destekli misafirin kendi dilinde yapılan yazılı sohbeti otelin yerel diline çevirme hizmetleri sunarak verimliliği arttırmaktadır (Zorlu Grand Hotel, Play Store).

ABD/Seattle'daki Loews Hotel 1000'de oda dağınık veya kirliyse oda temizliği için odadaki sensörler personele haber vermektedir. Müşteriler tabletler aracılığıyla oda sıcaklığını ve odadaki ses sistemini kontrol edebilmektedir (Uzun, 2018).

Virgin Hotels (Şikago/ABD): Bu otel tamamen teknolojiye odaklanmış. Lucy adlı otele ait bir akıllı telefon uygulamasıyla ziyaretçiler kimseyle konuşmadan istediklerini sorabiliyorlar. Otele giriş çıkışlar, mini bar istekleri ve klima ayarı gibi kontroller bu uygulamayla gerçekleştiriliyor. Sosyalleşmek isterseniz otel misafirleriyle yazışabiliyorsunuz. Ayrıca otelin önünde sizi bekleyen Tesla Model S, otelin yaklaşık 3.5 kilometre uzağındaki yerlere kadar sizinle şehri keşfe hazır (Uzun, 2018).

Trabzon'daki Zorlu Grand Hotel Covid-19 önlemleri kapsamında tesis girişinde akıllı termal ateş ölçer sistemlerden faydalanmak ve yüksek ateş unsuru olan durumlarda temassız ölçüm yaparak, otomatik uyarı sinyalleri oluşturmaktadır.

Renaissance İstanbul Polat Bosphorus Otel'de odalara akıllı kart ile

giriş yapılmaktadır. Oda içindeki butonlara basarak "rahatsız etmeyin" ve "lütfen odamı temizleyin" uyarıları elektronik ortamda yapılabilmektedir. Odalarda akıllı TV, akıllı telefon ve akıllı mini bar bulunmaktadır. Akıllı mini bar ile müşteri minibardan bir ürün tükettiğinde sistem ilgili görevliye durumu bildirerek eksilen ürün tamamlanmaktadır (Yüce, 2015).

Trabzon Zorlu Grand Hotel hem Covid-19 tedbirlerine uyum, hem de ulaşılabilirlikle birlikte verim artırma noktasında misafirleri için tesis genelinde sunduğu QR dijital menü ile mobil uygulama kullanmak istemeyen misafirleri için kendi mobil cihazları üzerinden tesis genelinde sunulan dijital yiyecek içecek menüsüne ulaşıp, ürünler hakkında bilgi almalarını sağlamaktadır.

5. AKILLI OTELLER İLE GELENEKSEL OTELLER ARASINDAKİ FARKLAR

Geleneksel oteller gerek mimari, gerek altyapı, gerekse operasyonları kapsamında standart konaklama ve otelcilik çevre hizmetlerini sunan tesislerdir. Bu tesisler daha çok konaklama hizmetine odaklanmış ve tüm servislerini bunun kapsamında yapılandırmışlardır. Çevrimiçi sistemlerden olabildiğince uzak daha çok insan gücüne dayalı sunulan hizmeti ön planda tutmaktadırlar. Günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte hizmet alan kitlelere baktığımızda beklentinin, geleneksel otelcilik kapsamında sunulan hizmetlerin farklılaştırılarak sunulması ve hızlı hizmet gerçekleştirme sürelerinin kusursuz sağlanmasına geldiği görülmektedir. Bu beklentiler misafir tarafından arzulanırken, tesis yatırımcı ve yöneticileri tarafından da hizmetin kusursuzlaştırılması, maliyetlerin yönetimi, çevre birimlerin kontrolü, sürdürülebilirlik gibi verimliliği arttıracak unsurların yönetimi kapsamında tercih edilmektedir.

Nesnelerin interneti kapsamında otel odalarında sunulan altyapı hizmetlerinde kullanılan teknolojiler hakkında 508 misafirle yapılan bir araştırmada, otellerde odalarda sunulan hizmetlerin teknolojik bir şekilde teknolojilerin bulunmasının misafirlerin o işletmeyi seçme kararı vermesinde (%82,5) etkili olduğu ve misafirlerin %36'sının bu teknolojiler için ek ücret ödeyebilecekleri sonucuna ulaşılmıştır (Nasoz, 2011).

Benzer şekilde, 408 misafirle yapılan bir diğer çalışmaya göre, misafirlerin %59'u isteğe bağlı video filmler için, %41'i oyun konsolları için, %36'sı TV'nin internet bağlantılı olması için, %18'si yüksek hızlı internet erişimi için, %15'i müzik sistemleri için ek ücret ödeyebileceğini belirtmektedir (Bilgihan, 2009).

Bu bilgiler ışığında akıllı otelleri geleneksel otellerden ayıran farklar ve avantajlar aşağıdaki Tablo 2 içerisinde sunulmuştur (Jaremen vd., 2016).

Tablo 2. Akıllı Otellerin Geleneksel Otellere Göre Farkları ve Avantajları

Akıllı Otellerin Geleneksel Otellere Göre Farkları ve Avantajları	Otel Süreçlerinin Büyük Bölümünün Otomasyon Sistemleri İçinde Olması
	Daha Verimli ve Düşük Sayıda Personel İstihdamı
	Otelcilik Süreçlerinde Daha Verimli ve Düşük Operasyon Maliyetleri
	Sunulan Hizmetlerde Daha Hızlı Yüksek Memnuniyetli Hizmet Süresi
	Otel Hizmetleri İçin Çevrimiçi Sistemlerden Rezervasyon, Sipariş İmkânı
	Operasyon Süreçlerinde ve Sunulan Hizmetlerde Daha az Hata Yapma ve Süreçlerde Riskin Azalması
	Sunulan Otelcilik Hizmetlerinde Daha Yüksek ve Verimli Misafir Memnuniyetinin Sağlanması
	Yapı İçerisinde Daha Yüksek Verimlilik Olanağıyla Personelin Daha Hızlı ve Kolay İletişiminin Sağlanması
	Doküman ve Verinin Birçok Noktada Otomasyonunun ve Arşivlenmesinin Sağlanması
	Yatırımcının Operasyon Faaliyetleri Yerine Yürütülen Faaliyetlerin Devamlı Olarak Misafirler ve Otel için İyileştirilmesine Odaklanmasına İmkân Sağlaması
	Misafirler İçin Sunulan Daha İyileştirilmiş Oda İmkânlarının Sunulması
	Akıllı Teknolojiler Kapsamında Oluşan Maliyet Verimliliği Kapsamında Daha Rekabetçi Oda Fiyatı Sunabilme İmkânını Sağlaması
	Otel Genelinde Bulunan Sistemlerle Enerji Tasarrufu Sağlaması
	Sağlanan Verimlilikle Birlikte Sürdürülebilirlik Katkısının Yüksek Olması

Akıllı otel teknolojilerine yatırım yapan tesislerin görüldüğü üzere günümüzde sundukları hizmetler kapsamında tercih edilme olasılıkları çok daha fazla olmaktadır. Bununla birlikte geleneksel bir otel işletmesine göre sundukları tüm hizmetleri yönetebilir konumda olmaları hem misafir memnuniyetini arttırırken, hem de maliyetlerini rekabet ortamında yönetebilmelerine imkan sunmaktadır. Ayrıca özellikle verimlilik yönetimi kapsamında bu teknolojilerin getirdiği yapılarla sürdürülebilirlik çalışmalarına katkıları da oldukça yüksek oranda olmaktadır. Ayrıca, tüm bunları göz önünde bulundurarak akıllı otel kavramı, otel içerisinde sadece akıllı odalara sahip olmanın **çok ilerisinde bir kavramdır.** Turizm sektörü içerisinde bulunan akıllı bir otel, kendisine rakip olan geleneksel bir otelden iki kat daha hızlı iyileştirilebilen, sorunlara karşı daha güvenli ve kolay bir sistemi temsil eder. Otelcilik faaliyetlerinde akıllı oda yapılarının uy-

gulanması; giderlerin daha verimli yönetilmesi ve azaltması yanında, sistem içerisinde bulunan tüm aygıtların sorunsuz ve uyum **içinde** çalışması, misafirlerin konfor ve güvenliliğinin en üst seviyeye **çıkarılması,** yüksek veri iletimi sayesinde sunulan hizmetlerde verimliliğin artması, misafirlere ve otel **çalışanlarına** çevre koruma fikrinin kazandırılması, misafir memnuniyeti ve hizmet kalitesinin artması gibi birçok konuda katkı sağlayacağı da belirtilmektedir (Nizic vd., 2008; Petrevska vd., 2016).

6. AKILLI OTEL UYGULAMALARININ BİLİNEN YAYGIN ETKİLERİ

Günümüzde hızla artan akıllı otel yapılanmalarının sunulan hizmet kalitesine ve memnuniyetteki artışa olan yansımaları oldukça olumlu olmaktadır. Birçok tesis misafirlerin isteklerini daha da yüksek standartlarda karşılamak, tesis içerisinde sunulan hizmetlerde daha çok verimlilik elde etmek ve pazarda daha güçlü olup hızlı hareket edebilmek için akıllı otel teknolojilerine yönelmektedirler. Bu durumda otelcilik hizmetleri kapsamında akıllı otel teknolojilerinin önemini daha da arttırmaktadır. Akıllı otel teknolojilerine ait uygulamaların günümüzde bilinen yaygın etkilerine bakıldığında genel olarak, daha çok özelleştirme ve kişiselleştirme, daha güçlendirilmiş ve geliştirilmiş sürdürülebilirlik, **güçlendirilmiş misafir deneyimi, mobil ve uzak otel oda yönetimi**, daha süratli ve emniyetli bakım onarım hizmetleri karşımıza geldiği görülmektedir (Kuttaş, 2020).

Daha Çok Özelleştirme ve Kişiselleştirme: Akıllı otel odasının genel olarak **üstünlüklerinde**n biri, misafirlere daha **çok özelleştirme ve** kişiselleştirme imkanı vermesidir. Bu durum otelde bir misafirin odasında kendi kişisel tercihleri doğrultusunda konaklaması ve hizmet alması için gerekli alt yapının sunulması demektir. Misafirlerin bu şekilde otel tarafından sunulan hizmetlerden dolayı daha da mutlu olması ve kendilerini evlerindeymiş gibi hissetmeleri sonrasında, konaklamaları ile ilgili düşünceleri de genel anlamda çok daha olumlu yönde etkilenir. Bu durumunda tesisin sunduğu hizmetlerin seviyesinin artmasına ve ticari faaliyetlerinin geliştirilmesine olumlu yöne de etkisi olur. Ayrıca sunulan altyapı yani akıllı otel teknolojisi, misafirlerin bu konfor ve memnuniyete ulaşmak için **çok** daha hızlı ve kolay bir şekilde ayar yapabileceği anlamında gelmektedir. Günümüzde **özellikle a**kıllı hub cihazları, akıllı tabletler veya başka merkezi otomasyon kontrol sistemleri aracılığıyla misafirler, konforları ve tercihleri kapsamında sıcaklık ve aydınlatma seviyesini seçerek, oda koşulları**n**da hızlı bir şekilde tercihlerine göre değişiklikler yapabilmekte ve daha **özelleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş konaklama deneyimleri yaşa**yabilmektedirler (Kuttaş, 2020).

Daha Güçlendirilmiş ve Geliştirilmiş Sürdürülebilirlik: Otel yatırımcıları için günümüzde akıllı otel yapılarına yatırım yapmanın en **önemli kazanımlarından bir tanesi** genel olarak akıllı otel kavramı ile birlikte düşünülen daha **düşük** maliyet yönetimi ve verimliliktir. Bu durum ilk olarak bir otelde ana faaliyet unsuru olan konaklama sürecinde hizmetlerde kullanılan otel odalarının, **sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği** kapsamında gelişen teknolojilerden faydalanması ile gerçekleşmektedir. Bu şekilde kullanılan teknolojiler yardımıyla otel odaları içerisinde genel çalışan verimsiz yapılar yerine bazı cihazlar sadece gerçekten ihtiyaç duyulduğu anda kullanılır ve yönetilebilir. Bu durumda daha düşün enerji tüketimini beraberinde getiri ve sürdürülebilirliğe olumlu yönde katkısı olur. Örnek olarak bir akıllı otelde sunulan oda hizmetlerinde, gün ışığında ampuller otomatik olarak kısılabilir veya ısıtma veya soğutma sistemleri belirlenmiş olan sıcaklığa ulaştığında otomatik kapanabilir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak ısı geri kazanımları ile sağlan su hizmetlerinde daha kolay ısı elde edilebilir. Bu durumda bir otel için daha az enerji kaybı, verimliliği ve sürdürülebilirliği beraberinde getirmektedir (Kuttaş, 2020).

G*üçlendirilmiş *Misafir Deneyimi: Akıllı otel teknolojileri kullanan bir otelin misafirlerine sunduğu hizmetlerde en önemli ve belirgin **özelliği,** otel hizmetlerinde daha iyi ve güçlendirilmiş bir misafir deneyimi açısından sağlayabileceği ekstra iyileştirmelerdir. Bu şekilde akıllı oteller sundukları hizmetleri altında akıllı otel uygulamalarıyla ilişkili daha iyi oda hizmetleri, verimli bir oda servisi, malzeme ürün talebi, arıza bildirimi, rezervasyon veya otel hakkında bilgilendirme hizmetleri gibi birçok konuda hizmetle misafirlerinin konforunu arttırabilir. Bu durum geleneksel otellerde daha çok zaman alan ve bazen yanlış anlaşılmalara da sebebiyet veren birçok hizmetin, akıllı otel çözümleriyle güçlendirilmiş misafir deneyimi ve verimlilikle **çözümünü** beraberinde getirmektedir (Kuttaş, 2020).

Mobil ve Uzak Otel Sistem* Yönetimi*: Akıllı otellerin sahip oldukları akıllı teknolojilerin internetle birlikte diğer bir faydası, akıllı sistemlerin otelin deneyimli personeli tarafından ihtiyaçlar dahilinde gerek tesis içerisinden, gerekse ihtiyaç halinde tesis dışında uzak bir noktadan ulaşılabilir olmasıdır. Otelin ilgili personelleri ihtiyaç halinde verilen hizmetler kapsamında **çeşitli** alanlarının yönetimi için bu sistemlere erişerek kontrollerini sağlayabilmektedir. Bu özelliklerle bir akıllı otel yeni bir misafir tesise konaklama için giriş yaptığında check-in işlemiyle birlikte misafirin konfor seviyesini arttırmak için misafir daha odaya çıkmadan önce, oda ısısı, televizyon kar**şılama mesajı, oda aydınlatması** gibi birçok hizmet noktasının ayarlanmasını sağlayabilir. Ayrıca bir sorun halinde bu sistemlere uzaktan erişerek soruna müdahale edilebilmektedir. Bu durumda ve-

rimliliği beraberinde getirirken, enerji tasarrufunu ve hizmet memnuniyet seviyesini arttırmakta ve işgücü kapsamında da bir tasarruf sağlamaktadır. Aynı **şekilde** check-out ile birlikte tüm bu sistemlerin sonlanması ve bir sonraki misafirin konaklaması **için** hazır hale gelmesi noktasında uzaktan kontrollerinin yapılması sağlanmaktadır (Kuttaş, 2020).

Daha Süratli ve Emniyetli Bakım Onarım Hizmetleri: Son olarak akıllı otel uygulamalarında bilinen yaygın etkilerde, akıllı oteller söz konusu olduğunda en önemli konulardan biri sahip olunan akıllı teknolojiler dahilinde çok sayıda aygıt, yazılım ve teknolojinin tesis bünyesinde barındırılmasıdır.Bu barındırılan teknolojilerde doğal olarak zaman içerisinde meydana gelebilecek sorunlar olmakta ve bu durumda misafirlerin aldığı hizmetlerde aksamalara yol açabilmektedir. Akıllı otel teknolojilerinin bu gibi durumlarda diğer bir avantajı teknoloji yardımıyla uzaktan izlenebilen sistemlerin olabilecek teknik sorunları önceden öngörme ve hızlıca onarımları **için imkan sunuyor olmalarıdır. Bu durum otellerin onarım ve bakım ihtiyaçlarının misafir konforunu etkilediği** durumlarda imkan olan en kısa sürede sorunlara güvenli ve verimli bir şekilde müdahale etmeyi sağlamaktadır (Kuttaş, 2020).

7. AKILLI OTEL UYGULAMALARINDA KARŞILAŞILAN ENGELLER

Akıllı otel uygulamalarının tesislere kattığı birçok yenilik, kolaylık ve verimlilikle birlikte, misafirlere sunduğu konforlu deneyimlerin elbette ki faydaları saymakla bitmediği gibi bazı durumlarda bu tür teknolojilerin günümüzde uygulamasının da önünde engeller olabilmektedir. Bu engeller kapsamında bazen oteller bu yatırımları yapamamakta ve verimlilik yönünden sıkıntılar yaşasa bile geleneksel otelcilik hizmetlerine devam edebilmektedirler. Akıllı otel uygulamalarında sık ve genel olarak karşılaşılan engellere baktığımızda yüksek yatırım maliyetleri, mahremiyet ve güvenlik sorunları, yetkin personel sorunu, teknik teknolojik imkansızlıklar, sürekli yenileme ihtiyacı sorunları olarak karşımıza gelmektedir. Bu genel karşılaşılan engelleri detaylı bir şekilde incelediğimizde;

Yüksek Yatırım Maliyetleri: Akıllı otel teknolojilerinin tesislerin bünyesinde konumlandırılması noktasında iyi bir planlama ve birçok sistemsel yazılım maliyetinden hariç, akıllı telefonlar, akıllı tabletler, ekranlar, kablosuz bağlantılar, sensörler, RFID teknolojileri gibi teknolojilere sahip aygıtlar ve tesisin **çeşitli yer**lerinde veya bulut ortamında barındırılacak sunucuların temini gerekmektedir (Gökalp ve Eren, 2016). Bu gibi maliyetler genelde büyük hacimli tesislerin sahip oldukları bütçeler kapsamında katacağı faydalar dikkate alındığında, yatırım bütçeleri açısından çok önemi olmayabilmektedir. Yalnız küçük ve orta ölçekte bulunan oteller için bu kadar çok sayıda yazılım, donanım ve işletme maliyetleri bazen

sorun olabilmektedir. Bu kapsamda belirtilen maliyet sorunu, bahsi geçen akıllı teknolojilerin yayılmasında zaman zaman sorun oluşturabilmekte ve sık sık seyahat eden kitlelerin çeşitli bölge ve otellerde alacağı hizmetleri etkileyebilmektedir. Bu sebeple akıllı otel teknolojileri kapsamında ihtiyaç duyulan bütçelerin rekabet açısından özellikle küçük **ölçekli otelleri nasıl etkilediği ayrıca bir araştırma konusu olarak değerlendirilmelidir.**

Mahremiyet ve Güvenlik: Akıllı teknolojileri hizmetlerin sunumunda kullanan akıllı otellerde, misafirlerin hizmetleri alırken bir çok verisi genellikle bulut tabanlı sistemler aracılığıyla erişildiği için mahremiyet ve güvenlik konusu daha çok önem arz etmektedir. Bu mahremiyet ve güvenlik sunulan hizmetlerde doğru yapılmadığında, misafirlerin sistemler tarafından sürekli izlenmesi ve misafirlere ait verilerin toplanması olası gizlilik ve güvenlik risklerini beraberinde getirebilir (Gökalp ve Eren, 2016). Bu sebeple özellikle akıllı otel uygulamalarını misafirlerinin konforu için sunan tesisler, iletişim ağı güvenlik sorunları, oltalama, yetkisiz sistem erişimleri, misafirlerin verilerinin çalınması gibi birçok sorunla karşıla**şa**bilir. Bu durum tesislerin ekstra güvenlik önlemleri almalarına ve bununla birlikte çıkabilecek maliyetlere katlanmalarına sebep olabileceği gibi, bazı durumlarda misafirler bu tür ağlarda verilerini paylaşmak istememe sorunlarını da tesisin sunduğu hizmetleri kullanmayarak gösterebilir. Ayrıca **ö**zellikle misafirler bazı durumlarda bu kadar yoğun bir şekilde takip edilmek istemeyip, mahremiyet hususunda daha katı davranışlar sergileyebilir.

Yetkin Personel Sorunu: Akıllı otellerin sahip oldukları gelişmiş teknolojiler sebebiyle bazen ilgili altyapıya hakim olmak ve sahip olunan altyapının nasıl işletilip kullanılması gerektiğini bilen yetkin çalışan istihdam etmek de bazen akıllı otellerin karşısına ayrı bir sorun olarak gelmektedir (Akgöz vd., 2021). Bu sorun öyle bir şekilde tesislerin karşısında bulunmaktadır ki, bazen gerçekten de oteller sırf sahip oldukları teknolojiyi doğru işletecek teknik ve diğer departmanlarda görevli olacak eğitimli **çalışanlar bul**makta zorluk çektiğinden maalesef benzer yatırımlarından vazgeçmek zorunda kalmaktadırlar.Buna benzer diğer bir hususta yatırımcıların akıllı otel teknolojilerine yatırım yapması sonrası yetkin olmayan çalışanlar sebebiyle teknolojinin doğru kullanılamaması ve sonras**ında işletme** tarafından bu teknolojilerin zaman içerisinde terk edilmesi de bulunmaktadır.

Teknik Teknolojik İmkansızlıklar: Akıllı otel işletmelerin misafirlere sunduğu hizmetler kapsamında bulunan akıllı uygulamaları misafirlerin düzgün ve problemsiz kullanabilmesi için günümüzde performanslı ve sağlıklı bir internet bağlantı altyapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Performansı yükse ve verimli bir internet bağlantısı sadece işletmede değil,

çalışanlarda ve misafirlerde de bulunmalıdır (Akgöz vd., 2021). Bu sorun maalesef dijital çağda olmamıza rağmen bazı otellerin sorunu olarak devam etmektedir. Maalesef yüksek band genişliğine sahip güçlü bir internet erişimi günümüzde halen şehir, bölge veya ülke kaynaklı sorunlar olarak otellerin karşısına gelebilmektedir. Bu sorunda nesnelerin interneti kapsamında sunulan akıllı otel hizmetlerinde misafirlerin hizmetlere erişim performansını etkilemekte ve iletişim hızı ve stabil çalışmama sorunları sebebiyle akıllı otel uygulamalarının varlığını etkileyip tehlikeye sokmaktadır.

Sürekli Yenileme İhtiyacı Sorunları: Akıllı otel uygulamalarının oteller genelinde kullanımında otellerin karşısına gelebilecek diğer bir sorun günümüzde teknolojinin çok hızlı gelişmesi ve bu gelişim hızıyla birlikte tesislerin yapmış oldukları akıllı otel uygulamaları kapsamında hizmet veren sistemleri **çağın şartlarına göre yenilemek** ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıdır (Akgöz vd., 2021). Bu bahsi geçen sorunda bazı durumlarda akıllı otel teknolojileri her ne kadar misafirlerin istekleri veya tercih nedenleri kapsamında bir konu olsa da, yatırımcılar bu konuyu **göz ardı edip**, zaman içerisinde akıllı otel yatırımının ek yenileme maliyetleri getireceğinden bu teknolojileri uygulamaktan uzak durmaktadırlar. Bu durumda belirli dönemlerde sürekli yenileme ihtiyacı sorununu getirdiği için akıllı otel teknolojilerinin uygulanmasında karşılaşılan sorunlar olarak karşımıza gelmektedir.

8. SONUÇ

Yapılan araştırmalar kapsamında teknolojinin son yıllarda bilgi iletişim teknolojilerinde yaşanılan hızlı gelişmelerle, geçmişe oranla çok daha hızlı bir şekilde geliştiği görülmektedir. **Özellikle bilgi iletişim teknolojilerinin gelişimi ve kullanımının yaygınlaşması birçok alanda farklı donanım, yazılım ve teknolojilerin kullanımını** da yaygınlaştırmıştır. **Günümüzde bu gelişimle birlikte kullanılan nesnelerin interneti, yapay** zekâ, robotik gibi teknolojiler daha çok hayatımızın içinde yer almaya başlayıp, gerek yaşamımızdaki alışkanlıklarımızı, gerekse iş yapma tarzımızda bulunan alışkanlıklarımızın değişimini de beraberinde getirmiştir. Bu şekilde insan yaşamında teknolojinin olumlu kullanım yönlerine baktığımızda birçok alanda sağladığı kolaylıklarla yapılan işlerin hacmi artarken, yapılan işle birlikte oluşan çıktının kalitesinde ve miktarında da ciddi anlamda kapasitenin arttığı görülmüştür. Ayrıca artan kapasitenin teknolojinin kullanıldığı gerek birey, gerekse iş ortamında memnuniyeti de üst seviyelere çıkardığı tespit edilmiştir.

Teknolojinin hızlı gelişiminin birçok alanda olduğu gibi araştırmaya konu olan akıllı turizm kavramı içerisindeki akıllı otel uygulamalarıyla hizmet sektörünün lokomotifi konumunda olan otellere de katkısı çok faz-

la olmuştur. Oteller akıllı otel uygulamalarıyla misafirlerinin beklentilerini karşılarken, çok üst düzey ve hatasız hizmetler sunma aşamasında bu teknolojilerinden faydalanmaktadır. Akıllı otel uygulamaları bir otelin **hızını arttırırken, önemli gider kalemlerinden biri olan enerji giderlerinin** de yönetimine imkân sağlayıp verimliliği **arttırmaktadır.** Bu verimliliğin **işletme karlılığının** beraberinde, sağlamış olduğu daha düşük enerji tüketimiyle sürdürebilirlik kapsamında da katkısı yüksek olmaktadır. Ayrıca bu teknolojiler sunulan otonom sistemler sebebiyle çalışan sayısının ve işe olan katkısının da yönetimini kolaylaştırmakta olup, bu aşamada da verimliliği **arttırırken çalışan kaynaklı yaşanabilecek sorunlarında önüne geçmektedir.** Bununla birlikte akıllı otel uygulamalarının en önemli özelliklerinden biri olan sunulan hizmetlerin misafirin isteğine göre kişiselleştirilebilmesi bu uygulamaların kullanımını daha da yaygınlaştırmakta ve verimliliğini arttırmaktadır. Tüm bu **süreçler doğal olarak** misafir tarafında da memnuniyeti beraberinde getirmektedir. Akıllı otel uygulamalarının süreçlerin gerek ticari, gerekse operasyonel açıdan verimli yönetimi, sunulan hizmetlerde ulaşılan hız, sürdürebilirlik, kişiselleştirmeler ve hatasız olarak zaman ve lokasyon bağımsız sunulan hizmetlerin getirdiği memnuniyet sebebiyle, bir otel için çok kıymetlidir. Misafirler otele girişten, çıkış anına kadar sunulan akıllı uygulamalarla kendilerini evlerindeymiş gibi hissetmektedirler. Misafirler bu şekilde ihtiyaç duydukları tüm hizmetlere kolay ve dijital bir şekilde ulaşabilmektedirler. Bu durumda misafirin tesise olan bağlılığını arttırmaktadır. Bu bağlılık hem rezervasyon aşamasında otelin çizdiği teknoloji ve gelişmişlik imajı sebebiyle ilgili rezervasyonda, hem de daha sonradan misafirin alacağı olumlu hizmetlerle bir sonraki yapacağı rezervasyonlarda aynı oteli tercih etmesinde büyük bir etken olarak yer almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde oteller sunduğu hizmetlerde işletme maliyetlerinde ölçeklenebilir verimlilik sağlarken, misafirleri ile de sürekli bir temas halindedir. Bu durum aslında otelcilik hizmetlerinde çok önemlidir. Misafirler otellerde hizmet aldıkları aşamada kendileriyle sürekli olarak yakından ilgilenilmesini ve isteklerinin kusursuz bir şekilde yerine getirilmesini beklerler. Akıllı otel uygulamalarıyla bu daha kolay bir şekilde yerine getirilirken, misafirler ile kurulan dijital bağ bu süreci daha da kolaylaştırmaktadır. Bu teknolojik uygulamalar kullanılırken, misafirlere **çeşitli yazlım ve araçlarla sürekli dijital ortamda bildirimler gönderilerek talep etmek istediği veya isteyebileceği hizmetler hakkında detaylı ve kusursuz bilgiler verilebilmektedir. İlgili uygulam**alar ile misafirin tesis bünyesinde odasında yapacağı kişiselleştirme seçeneklerinden, yeme içme faaliyetlerine, arıza bildiriminden, malzeme talebine, temizlik hizmetlerinden, bellteam hizmetlerine ve seyahat edilen çevre bilgilerine konsiyerj hizmetlerine çok hızlı ve verimli bir şekilde ulaşımı sağlanabilecektir. Akıllı otel uygulamalarının katmış olduğu değerin yanında karşısındaki en büyük

engelin, yatırım süreçlerinin tüm teknoloji süreçlerinde olduğu gibi maliyetli ve bir miktar zahmetli olması olarak **görülmektedir.** Bu sebeple yatırımcılar tesislerdeki akıllı dönüşümü çok iyi anlamalı ve sağlayacağı faydaları çok iyi bir şekilde analiz ederek süreci ele almalıdırlar. Yeni yapılan bir otelde günümüzde bu süreçlerin planlanması daha kolay olabilirken, özellikle eski mimaride ve geleneksel şekilde hizmet veren bir otelde bu süreçler çok daha zor olabilmektedir. Bunun nedeni akıllı otel uygulamalarının altyapısı oluşurken karşılaşılacak mimari imkânsızlıklar ve değişimler ile geleneksel tarzda çalışmaya alışmış olan otel yönetici ve çalışanların**ın sürece uyumu olarak ele alınabilir. Özellikle geleneksel tarzda çalışmaya alışmış bir otelde mimari** imkânsızlıklar ve yatırım kaynağı sorunları aşılsa bile denetimin ve verimliliğin dijitalleşerek, kontrolün arttığı noktada sürece alışık olmayan çalışanlarda oluşacak endişe ve gözetim altında olunuyormuş hissi teknolojinin uygulanmasının önüne direnç olarak çıkabilmektedir. Bu noktada yatırımcıdan, yöneticilere ve çalışanlara bu uygulamaların katacağı değer, verimlilik, operasyonel karlılık, sürdürülebilirlik, hız, kişiselleştirmeyle gelen esneklik gibi tüm süreçler çok iyi anlatılmalıdır. Aksi durumda yapılan yatırımların doğru kullanılmaması sonrası olması gereken verimlilik negatif süreçlere dönüşerek teknoloji terk edilme safhasına gelebilecektir. Ayrıca gerek yönetici ve çalışanlarda olduğu gibi misafirlerde de akıllı otel uygulamalarıyla birlikte gizlilik ve mahremiyet konusunda endişeler ortaya çıkabileceği için tüm faydaların ve bu teknolojilerin doğru kullanımının şeffaf ve net bir şekilde tanıtımı ve anlatımı sağlanmalıdır. Ayrıca akıllı otel teknolojilerinin uygulanmasında en büyük engellerden bir diğeri de otellerde yatırımcı veya yönetici konumunda bulunan kişilerin jenerasyon farkı olarak karşımıza gelmektedir. Jenerasyon farklılığı sebebiyle teknoloji kullanımına olan uzaklık geleneksel iş yapma modellerine odaklanmayı güçlendirmekte ve bu sürecin getirdiği negatiflikte göz ardı edilebilmektedir. Aslında günümüzde özellikle yeni nesil bireylerin beklentisi her alanda otomasyon sistemlerinde daha güçlü ve hızlı hizmetler olduğu göz ardı edilmektedir. Unutulmamalıdır ki bu durum zaman içerisinde ticari faaliyetleri oldukça fazla bir şekilde olumsuz etkileyerek ticari riskleri de beraberinde getirebilmektedir. Teknolojilerin uygulanmasında diğer bir engelde bilgi iletişim teknolojilerinde çalışan bazında okur yazarlık seviyesinin düşük olmasıdır. Bu konuda da insan kaynakları departmanlarına büyük iş düşmektedir. **İnsan kaynakları departmanlarının t**esislerde görev alacak çalışan ve yöneticilerde günümüz koşullarında asgari düzeyde bilgisayar okur yazarlık seviyesinin sağlanmış olması hususunda seçici davranması, teknolojilerin tesislerde uygulanması ve anlaşılabilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu şekilde günümüz koşullarında ihtiyaç duyulan dönüşümler daha hızlı, kabul edilebilir ve etkili şekilde sunulup anlaşılarak tesis bünyesinde yatırımı sağlanabilip uygulanabilecektir. Yapılan

araştırmada göstermiştir ki otel çalışanlarının büyük bir bölümü akıllı otel uygulamalarının katacağı önemin bilincindedir. Katacağı değere bakarak hatta büyük bir bölümü maliyetinin de kabul edilebilir olduğunu ifade etmektedir. Bu aslında günümüzde sunulan otelcilik hizmetlerinde ortaya çıkan akıllı otel uygulamaları ihtiyacın**ın** anlaşılmış olmasına çok güzel bir örnektir. Otel çalışanları ile yüz yüze yapılan anket çalışmasında bu konuda karasız kalanlarda veya yatırımı maliyetli bulanlarda teknolojinin kattığı faydaların çok iyi anlaşılmadığı ve teknolojinin otomatik sistemlerle tesislerde yer almasıyla bireylerde oluşturduğu i**ş kaygısı olduğu öğrenilmiştir.** Teknolojinin otellerde bireyler üzerinde oluşturduğu iş kaygısının araştırılması başka bir çalışmanın konusu olup, kısa vadede bu tür çalışanlara verilecek eğitimlerle hem sağlanan yarar, hem de teknolojinin gelişimi nasıl olumlu desteklediği, maliyet fayda dengesine bakıldığında uzun vadede işletme karlılığına ve memnuniyete olan olumlu etkisi de anlatılmalıdır. Bu şekilde yapılacak uygulamalarla yeni nesil akıllı otel uygulamaları barındıran tesislerin say**ı**sının artması sağlanırken, her açıdan kazanımlı bir durumda ortaya çıkacaktır. Özellikle geleneksel oteller, yeni yapılan akıllı otel uygulamalarıyla donatılmış tesislerle, **günümüz koşullarında hizmet ve fiyatlama kapsamında rekabeti** de **sürdürmek istiyorsa**, her tesis gibi yatırım gücü, mimarisi ve misafir beklentileri kapsamında mutlaka bu dönüşümü sağlıyor olmalıdır. Unutmamak gerekir ki **çağımız teknoloji çağıdır. Yeni nesil bireylerin teknoloji ile bağı çok güçlüdür. Teknoloji doğru konumlandırıldığında ve kullanıldığında getirdiği maliyetten çok fayda sağlayacaktır.** Bu sebeple akıllı otel uygulamaları otelcilik faaliyetlerinin geleceği için çok kıymetlidir. Bu çalışmanın bundan sonraki araştırmalarda farklı dönemlerdeki içeriklerin incelenmesi, yapılan paylaşımların anlaşılması bakımından fayda sağlayacağı ve çalışmanın alanla ilgilenen araştırmacı yönetici ve çalışanlara faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akgöz, E., Asanova, K., & Kyzy, A. A. Akıllı Otel Endeksine Göre Bişkek'teki Otellerin Sıralanması. Turizm ve İşletme Bilimleri Dergisi, 1(1), 13-29.

Akıllı Otel Odaları, Selçuk Kuttaş, 2020 Turizm Günlüğü

Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Ur Rehman, K. (2020). Innovation in the era of IoT and industry 5.0: absolute innovation management (AIM) framework. *Information*, *11*(2), 124.

Başer, G. MİSAFİR İLİŞKİLERİ YÖNETİMİNDE KÜLTÜRLERARASI FARKLILIKLARI YÖNETMEK. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 53-67.

Bilgihan, F. A. (2009). An analysis of in-room entertainment technologies in hotels. University of Delaware.

Brian Arthur, 2011, Teknolojinin Doğası, Optimist Yayınları

Dilek, K., & BOZOKLU, Ü. (2019). Robot Ekonomisinin Yükselişi. *Sosyal Bilimler Metinleri*, *2019*(1), 25-47.

Ercan, F. (2019). Smart Tourism Technologies: Applications in Hotel Business. V. Krystev, R. Efe, & E. Atasoy içinde, Theory and Practice in Social Sciences (s. 528--546). Sofia: St. Kliment Ohridski University Press.

Gazioğlu,Serdar A. Büyük otel işletmelerinde organizasyon yapıları ve teknolojik yeniliklerin organizasyon yapısı üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, 1994

Gökalp, E., & Eren, P. E. Akıllı Teknolojilerin Turizm Ve Otelcilik Sektöründe Uygulanması.

Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z. and Koo, C. (2015). Smart Tourism: Foundations and Developments. Electronic Markets, 25 (3), 179-188.

GX Spotlight, (2020) , GX Spotlight benzersiz konuk deneyimleri, GX Spotlight

Heinritz, S. F. (1991). *Purchasing: Principles and applications*. Prentice Hall.

Hunter, W. C., Chung, N., Gretzel, U., & Koo, C. (2015). Constructivist research in smart tourism. Asia Pacific Journal of Information Systems, 25(1), 103-118.

International Federation of Robotics, 2020 Presentation_WR_2020.pdf

Lai, W. C., & Hung, W. H. (2017, December). Constructing the smart hotel architecture–A case study in Taiwan. In *The 17th International Conference on Electronic Business, December* (pp. 4-8).

LAM, T, CHO, (2005), W, QU, H, "A study hotel employee behavioral intentions towards adoption of information technology", İnternational Journal of İnternational Journal of Hospitality Management, USA

Nasoz, P. (2011). What is mission critical in the hotel guest room: Examining in-room guest empowerment technologies.

Nizic, M. K., Karanovic, G. ve Ivanovic, S. (2008). "Importance of Intellligent Rooms for Energy Savings in the Hotel Industry", Tourism and Hospitality Management, 14/2, 323--336.

Olalı, H., & Korzay, M. (1989). Otel İşletmeciliği, Yön Ajans. İşletme Fakültesi.

Petrevska, B., Cingoski, V. ve Gelev, S. (2016). "From Smart Rooms to Smart Hotels", Proceedings Informacione tehnologije IT'16, Podgorica, 29 Şubat -- 5 Mart 2016.

Say, Cem (2018),"50 Soruda Yapay Zeka", *7 Renk Basım Yayın ve Filmcilik Ltd. Şti, İstanbul*.

Sigala, M. ve Chalkiti, K. (2014). Investigating the exploitation of web 2.0 for knowledge management in the Greek tourism industry: an utilisation–importance analysis. Computers in Human Behavior, 30, 800-812.

Singapore Hotel Association, Smart Hotel Technology Guides 2019

Singapore Hotel Association, Smart Hotel Technology Guides, 2018

TDK Türk Dil Kurumu (Teknoloji Kelimesi) https://sozluk.gov.tr/

Topsakal, Y., YÜZBAŞIOĞLU, N., Çelik, P., & Bahar, M. (2018). TURİZM 4.0-TURİST 5.0: İNSAN DEVRİMİNİN NEDEN ENDÜSTRİ DEVRİMLERİNDEN BİR NUMARA ÖNDE OLDUĞUNA İLİŞKİN BAKIŞ. *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, *1*(2), 1-11.

Topsakal, Y., Yüzbaşıoğlu, N., & Bahar, M. (2018). Endüstri 4.0 Çağında 'Akıllı'Olma Yolunda Oteller için Önerile. 2. *Uluslararası Turizmin Geleceği Kongresi*, 27-29.

Uzun, E. (2018). Yeni trend: Akıllı otel odaları. https://www.uzakrota.com/yeni-trend-akilli-otel-odalari/

Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... & Doody, P. (2011). Internet of things strategic research roadmap. *Internet of things-global technological and societal trends*, *1*(2011), 9-52.

Wildhaber, I. (2016). Die Roboter kommen-Konsequenzen für Arbeit und Arbeitsrecht. *Zeitschrift für Schweizerisches Recht*, *135*(I), 315-351.

Wang, N. (2014). Research on Construction of Smart Tourism Perception System and Management Platform. Advances in Social Science Education and Humanities Research, 30, 1745-1748.

Yeğin, T. (2020). The place and future of artificial intelligence in marketing strategies. *Ekev Akademi Dergisi*, *24*(81), 489-506.

Yengin, D. (2015). Teknoloji, Tekniyum ve Nesnelerin İnterneti. *Sosyal Medya Araştırmaları.(der. Deniz Yengin)*, 185-209.

Yıldız, Şeyda. Beş yıldızlı otel işletmelerinin örgüt yapılarının mekanik-organik örgüt yapısı bağlamında incelenmesi, Tezsiz Yüksek Lisans Bitirme Projesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2011

Yüce, B. (2015). Beş Yıldızlı Otel Yatak Odalarında Akıllı Sistemlerin Kullanımı. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Haliç Üniversitesi.

Zorlu Grand Hotel, (2020), Anahtarsız giriş teknolojisi, Keyless Access, https://www.youtube.com/watch?v=QB6GQBsq4Ro (Erişim tarihi, 20.12.2021).

Bölüm 19

NODE-RED İLE NESNELERİN İNTERNETİ ÖRNEK DURUM ÇALIŞMASI

Ali Sinan ÇABUK[1]

1 Öğretim Görevlisi Dr., Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi.)

1. GİRİŞ

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things / IoT), dünya üzerinde kullanılan tüm nesnelerin internet ile bağlantısını sağlayarak birbiri ile haberleşmesini, uzaktan yönetilmesini ve yönetime kararlı cevaplar vermesini amaçlayan bir sistemdir. Milyarlarca nesnenin özel internet protokolü üzerinden birbiri ile bağlantı kurup, kendi aralarında iletişim kurabildiği ve bilgi paylaşabildiği bir dünyadır. Birbirine bağlanmış bu nesnelerin, düzenli olarak toplayıp analiz ederek eylem başlatılmasını sağladığı veriler ile ayrıca planlama, yönetim ve karar vermek için güçlü bir istihbarat da sağlar. Nesnelerin internetinin amacı, herhangi bir an, herhangi yerde, herhangi bir yol/ağ ve herhangi bir hizmeti kullanan herhangi bir şeyle ve herhangi biriyle bağlantılı halde nesnelere sahip olmaktır, Şekil 1'de görüldüğü gibi bir yapıya sahip olduğu söylenebilir (Patel ve Patel, 2016).

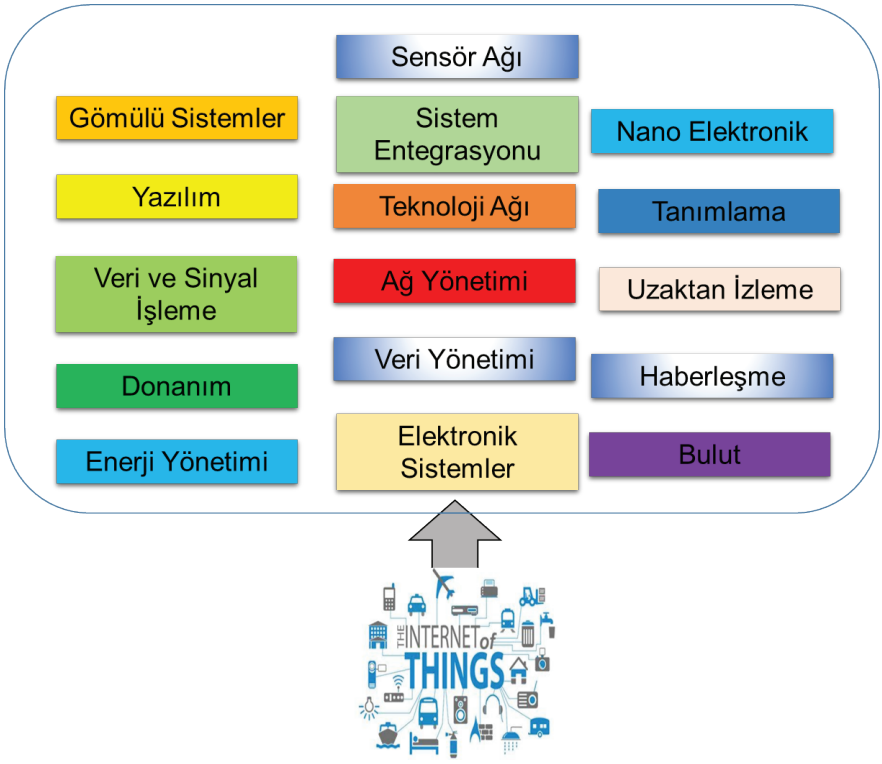


Şekil 1. Nesnelerin İnterneti (IoT) (Patel ve Patel, 2016)

Nesnelerin İnternetinin tarihsel gelişimine bakacak olursak; 1991'de Cambridge Üniversitesi'ndeki bir kahve makinesini üzerinde denenmiştir. IoT ifadesi ilk defa 1999 yılında Kevin Ashton tarafından hazırlanan bir sunumda kullanılmıştır. Ancak bu kavramın uluslararası alanda kabul görüp tanıtılması ise 2005 yılında International Telecommunication Union'un yayınladığı 'The Internet of Things, ITU Internet Reports' raporu ile sağlanmıştır. Yayınlanan bu raporda 2005 yılının araştırmalarına göre Nesnelerin İnterneti uygulamaları için öğe tanımlama, gömülü sistemler, nanoteknoloji gibi çıkarımlarda bulunulmuş; bu sistemin geleceği hakkında fikirler ortaya atılmıştır. Bu ilk gelişim evresinden sonra akıllı sensör uygulamaları ile birçok uygulamada kendilerine yer bulmuşlardır. Son yıllarda Nesnelerin İnterneti kullanımının önemi çeşitli bilimsel konfe-

rans ve çalışmalarda vurgulanmıştır. Kararlı sistemler oluşturulmasının ve IPv6'nın bu sistemle entegre edilmesinin ilk adımları 2009 yılına dayanmaktadır. Bu entegrasyon işlemi ise 2012 yılında 'İnternet Derneği' tarafından gerçekleşmiştir (Altınpulluk, 2018; Oral ve Çakır, 2017).

Nesnelerin İnterneti, özgün adreslenebilir şeylerin/nesnelerin birbirleri ile belirli protokol üzerinden haberleşebildiği dünya genelinde bir ağdır. IoT sistemi, gündelik hayattaki nesnelere her an ve her yerde kullanılabilir özellik ekleyerek günlük yaşamımıza etkir (Kutup, 2011). Nesnelerin İnterneti (IoT) kullanımında amaç, zaman kaybı ve hataya neden olabilecek beden ve beyin güçlerinin kullanımı yerine hata payını en aza indirgeyen, zamandan tasarruf sağlayarak verimliliği yüksek olan, insanlarla ve birbiri ile internet vasıtası ile haberleşme kurabilen akıllı sistemler üretmektir. 21. yüzyıl itibariyle dünya genelinde sağlık, tarım, lojistik, gibi alanlarda kullanılmaktadır (Doyduk ve Tiftik, 2017; Söğüt ve Erdem, 2017). Nesnelerin İnterneti için temel etkinleştirici teknolojiler ve yapılar Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Nesnelerin İnterneti: Teknoloji bağlantısı (Patel ve Patel, 2016)

Sağlık alanında yapılan yatırımlar sonucunda, Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) ismi verilen, insanların vücuduna ait sinyalleri tanıyan; hem nanoteknoloji standartlarında hem de öğe tanımlama işlevselliğine sahip cihazlar üretilmiştir. Vücuda entegre olarak kullanılabilen bu cihazların üzerine gelen yeni güncellemeler ile hafızaları artırılmış, batarya kapasiteleri geliştirilmiş, ebatları küçültülmüştür. Bu gelişmeler ile akıllı telefonlarla da entegre çalışma özelliği getirilen cihazların kullanımı yaygınlaşmış, gelişmiş ülkelerde sağlık alanında birçok kolaylık sağlamıştır (Aktaş, 2016).

Tarımsal alanda Nesnelerin İnternetinin kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Sanayi devrimi ile hayatımıza giren makineler tarımda birçok teknikle kullanılmaktadır. Bunlardan biri ise bir traktörü yöneten işçinin tarladaki otları belirli manevralar yaparak temizlemesidir. Yapılan derin araştırmalar sonucunda tarlada kullanılan kameralar vasıtasıyla ekilen bitkilerin ve toprağın renk farkı sebebiyle oluşan kontrast kayıt altına alınır. Bu şekilde oluşturulan renk, mesafe, genişlik gibi veriler sayesinde ot temizleme makinesi akıllı bir sisteme dönüştürülmüş.

Tarihi yüzyıllar öncesine dayanan bir hizmet olan lojistik, herhangi bir nesnenin başka nesne ve araçlar kullanılarak uzak mesafelere gönderilmesi işlemidir. Sistematik bir şekilde ilerleyen bu hizmet, birçok insanın kas ve beyin güçlerinin kullanılması ile sürekliliğini sağlamaktadır. Uluslararası ticaret ağına sahip olan Alibaba ve Amazon gibi firmalar lojistik hizmetlerinin büyük bir kısmını kendi kurdukları alt firmalar ile sağlamaktadır. Bu sebeple yüksek rakamlara ulaşan ürünlerin paketleme, depolama, ulaşım gibi sorunları ortaya çıkmaktadır. Akıllı Depo ismiyle ortaya çıkarılan çözümde depo içerisine yerleştirilen robotlar, ürünleri sistematik bir şekilde yüklenip doğru noktalara götürmektedir. Ayrıca IoT ile Alibaba firmasının depolarında çalışan her 100 işçinin yaptığı iş için 30 işçinin yeterli olduğu görülmektedir (Önden, 2018).

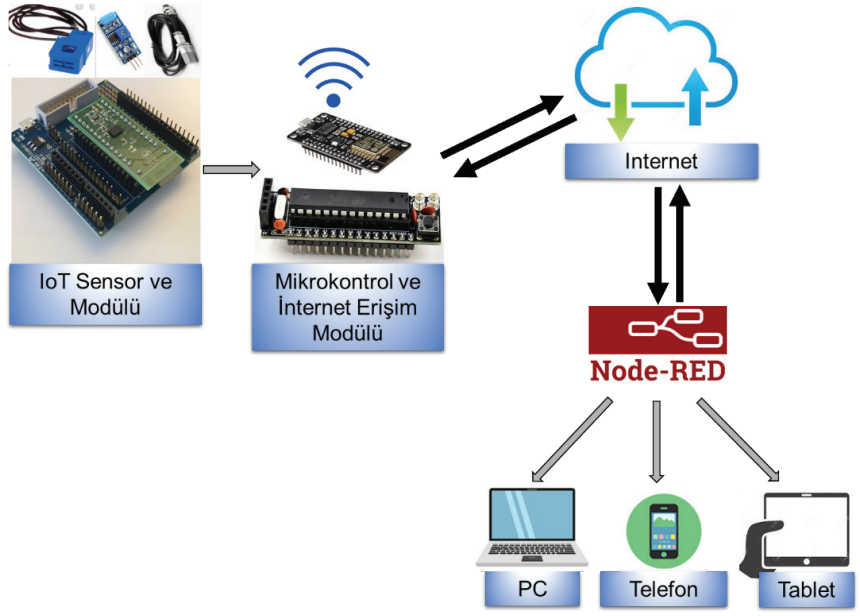
Gerçek zamanlı izleme ve süreç kontrolü, akıllı makine ve akıl sensörlerin internet ile görevlendirilebilmesi ve yüksek hassasiyetli otomasyon ve kontrol uygulamaları ile IoT'nin endüstrideki yerini göstermektedir (Torres, 2020). Endüstride nesnelerin interneti uygulamalarına gösterilecek en belirgin örnek 'Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP)' ismiyle hayatımıza giren sistemdir. Üretim tesislerinde kullanılacak ham madde veya araç – gereçlerin giriş – çıkışlarını kayıt altına almak, gelen siparişlerin hazırlığını yapmak, kullanılan cihazların bakımlarını kayıt altında tutmak, depolama tesislerinde yaşanan karmaşaları ortadan kaldırmak gibi temel işlevleri olan bu sistem; temelinde kalifiye bir veya birden çok personelin yapacağı işleri tamamen otomatize bir sistem halinde ortaya koyarak planlama ve firma geleceğine dair öngörülerde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Sistemin işleyişi algılayıcı bir cihaz ve okuyucu sen-

sör grupları, verilerin kayıt altına alındığı ve işlendiği sistem yazılımı, verilerin analiz sonuçlarının kullanıcı ile paylaşıldığı çıkış donanımları gibi bazı parçalardan oluşmaktadır. Sistematik bir çalışma sağlayan bu sistemler endüstride verimliliği artırmış, birden çok personelin uzun sürelerde yaptığı planlama işlerini çok daha kısa sürede tek başına yapmayı başarması sağlanmaktadır (Büyükkalaycı ve Karaca, 2019).

Birçok üstün özelliklerinin yanında artan uygulama çokluğu, iletişim protokollerinin, mimarilerinin ve geliştirme çözümlerindeki çokluk nedeniyle oluşan IoT karmaşıklığı ve IoT sistemi gelişimi için gereken teknik bilgiye sahip insan sayısındaki azlık birçok eksikliğe neden olmaktadır. Bu karmaşıklığı ve eksiklikleri azaltarak IoT sistemlerini geliştirmek amacıyla, yeteri kadar teknik bilgiye sahip olmayan insanları da kullanıcı yapabilecek son kullanıcı geliştirme olarak isimlendirilmiş birçok yaklaşım hem endüstri hem de akamedi tarafından tavsiye edilmektedir.

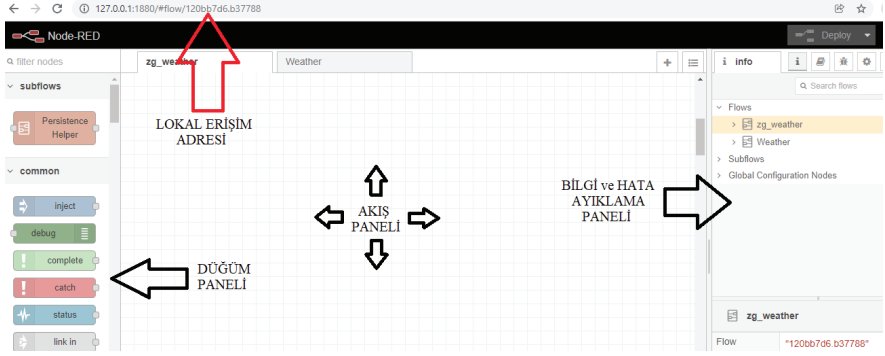
2. NODE-RED

Node-RED, IBM tarafından geliştirilen, akış tabanlı ve olaya dayalı bir programlama aracı olarak düşünülebilir. Bu platform içerisinde bilgiler uygulamanın davranışı, grafik bloklarının birbiri ile iletişim kurup bilgi akışı sağlaması ile temsil edilir (Sicari, 2019; Lekić, ve Gardašević, 2018). Node-RED mevcut sistemleri değiştirmeye gerek kalmadan sahadaki şeyleri İnternet BT ve bulut uygulamalarına bağlayan bir teknoloji olmasıyla IoT'ye giden hızlı yol olmuştur. Nesnelerin İnternetini kullanan akıllı sensörlerin verileri internete erişimi olan her ortama Node-RED platformu üzerinden Şekil 3'de görüldüğü gibi gönderilebilir. Aynı zamanda Node-RED platformu üzerinde oluşturulacak veri analizi fonksiyonları ile geri bildirimde bulunabilirler.



Şekil 3. IoT-Node-RED veri iletimi

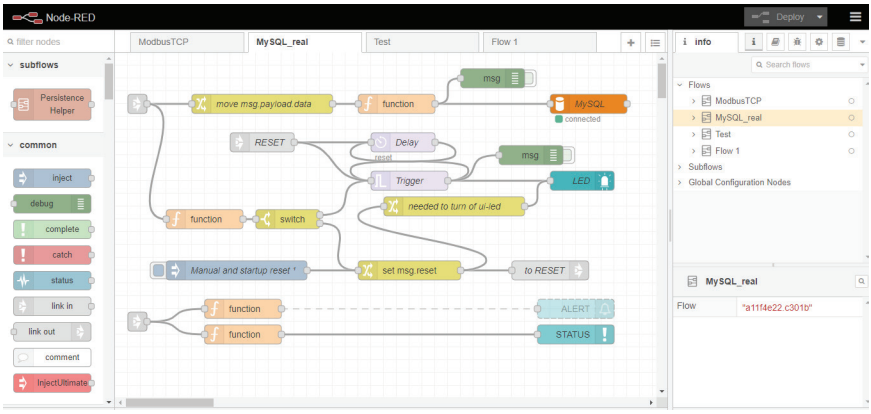
Node-RED, Nesnelerin İnterneti'ni kablolamak için kullanılan görsel araçtır. Tasarımcılar ve geliştiriciler, Node-Red'in tarayıcı tabanlı görsel temsili sayesinde IoT sistemindeki bağlantıların daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Node-RED akış tabanlı programlama uygulama davranışını kutular ile tanımlama şeklinde yapıyı kullanmaktadır. Bu kutular Node-RED sisteminde düğüm adını alır ve her birinin kendisine has tanımlanmış veri tabanlı hedefi vardır. Tüm ağ ise bu düğümler arasındaki veri akışından sorumludur. İşlevleri yerine getirmek için web servislerini veya birbirine/bir şeye özelleştirilmiş düğümlerin bağlantısını sağlama prensibine göre çalışır. Basit şekilde Node-RED üç temel element üzerine kurulmuştur. Şekil 4'de de görüleceği gibi bunlar; Düğüm paneli, Akış Paneli, Bilgi ve Hata Ayıklama panelidir.



Şekil 4. Node-RED paneli

Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulamalarının gerek endüstriyel hayat gerekse günlük yaşantıya büyük faydalar sağladığı görülmektedir. Teoride nesneleri birer akıllı sisteme dönüştüren bu olgunun hayata geçirilmesi sırasında özellikle yazılımların kararlı çalışması özelinde diğer yazılım uygulamaları gibi birçok zorluk ortaya çıkar. Bu zorluklardan bazıları doğru yazılım dilinin seçilmesi, verilen komutların söz konusu nesnelerle kararlı cevaplar verebilmesi ve tasarım aşamasında karşılaşılan karmaşıklıklardır. Akış Tabanlı Programlama; bu durum için geleneksel yapılandırılmış uygulama tasarım yöntemlerinden farklı olarak birbirine bağlı olmayan bileşenlerin bir akış ile kolaylıkla incelenmesini sağlayan bir programlama yöntemidir. IBM ve Emerging Technology tarafından hazırlanan bir projede Node-RED isimli akış tabanlı bir programlama platformu kullanılmaya ilk kez başlandığı görülmüştür.

Node-RED platformu karmaşık ve uzun komutların oluşturduğu sistem için görselleştirilmiş "düğüm" çözümleri sunmaktadır. Her biri özgün bir amaca hizmet eden düğümler, yine bu amaçlara göre, girilen verileri düzenleyen, işleyen ve çıkış verisi elde eden kutucuklardır. Node-RED bu düğümleri oluşturma, düzenleme ve düğümlerin birbiri ile bağlantısını kurmaya olanak sağlamaktadır. Şekil 5'de gösterildiği gibi bir dizinde birbiri ile bağlı düğümler, tetikleme sonucunda aktif edilip verilen komutları yerine getirmektedir.



Şekil 5. Node-RED platformu

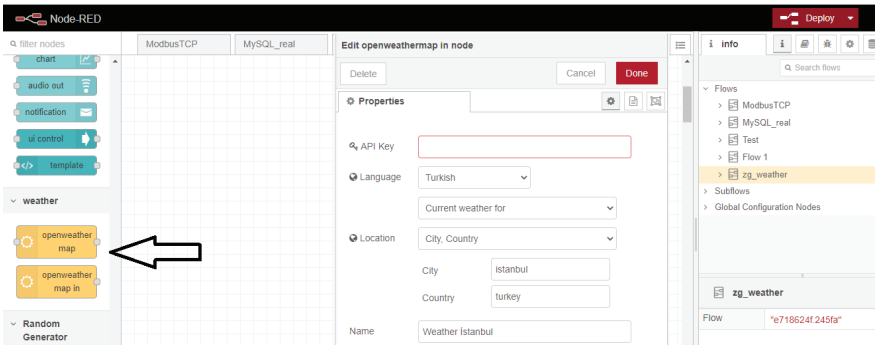
Geliştiriciler için, Node-RED; sade, açık kaynaklı ve kullanımı kolaydır. Node-RED ile mevcut şeffaf bir Ethernet TCP/IP ağı kullanılır. Node-RED, IoT uygulamaları arasındaki bağlantıları kolayca yapmak ve çalıştırmak için bir editör aracı ve bir motordan oluşur. Node-Red yazılım hizmetinin yanı sıra donanım cihazlarının ve uygulama programlama arayüzlerinin (API'ler) bağlantısını sağlar.

Node-RED Entegre Geliştirme Ortamı(Integrated Development Environment (IDE)), Raspberry PI ve mikrobilgisayarlar gibi birçok donanım aygıtını ve yazılımların web hizmetlerine hızlı bağlantısını sağlar. Node-RED düğüm adını verdiği grafik blokları ile programlamayı oldukça kolay bir hale getirmiştir. Bu sayede yeni başlayanlar bile hızlıca IoT uygulamalarını geliştirmeye başlayabilmektedir. Bu özelliklerle beraber Node-RED oldukça hızlı bir şekilde genel amaçlı IoT programlama aracı haline geldi. Açık kaynaklı bir yazılım olması gün geçtikçe sayısı artan aktif katılımcıların geliştirici ekibin bir parçası olmasını da sağlamıştır (Chaczko ve Braun, 2017).

3. NODE-RED ARAYÜZÜ ÖRNEK ÇALIŞMASI

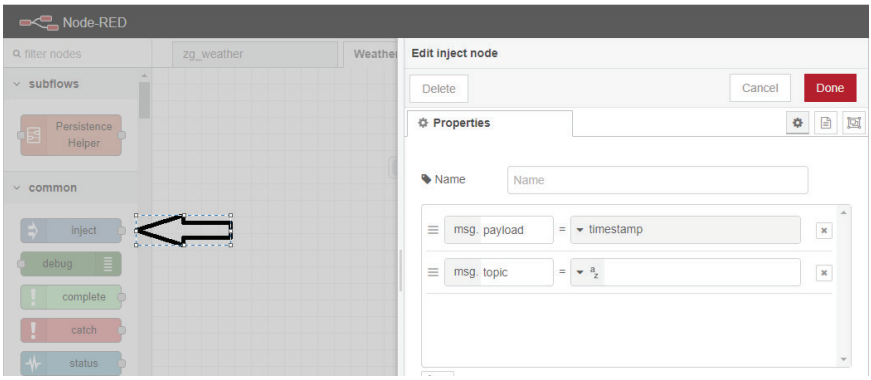
Node-RED platformu kullanılarak web ortamında açık kaynak kodlu verilerin alınıp işlenmesi veya akıllı sensörler sayesinde gerçek dünyadan herhangi bir dijital yada analog bilginin alınıp işlenmesi oldukça kolay hale gelmiştir. Örnek durum çalışması için açık kaynak kodlu bir web sayfasından veri alınıp bu veriler Node-RED de işlenecektir. Öncelikle Node-RED arayüzü aktif edilmeli ve web tarayıcı üzerinden http://127.0.0.1:1880/ adresine erişim sağlanmalıdır. Bu erişim sağlandığında Node-RED arayüzüne ulaşılır.

Örnek durum çalışması için web ortamından alınması düşünülen veri hava verileridir. Bunun için açık kaynak kod ile verileri paylaşan "openweathermap.org" web sayfasındaki hava durumu verileri kullanılmıştır. Bu web sayfasındaki veriler anlık olarak paylaşılmaktadır. İlk olarak bu verileri kullanmak için gerekli olan düğüm paketi yüklenmiştir ve Şekil 6'da verilen düğüm alınıp akış paneline aktarılmıştır. Bu düğüm paketinde gerekli olan API kodu aynı web sayfasından temin edilmektedir. Ayrıca bu düğüm paketinde hava durum verilerini elde etmek istediğimiz şehrin isminin girilmesi gerekmektedir.



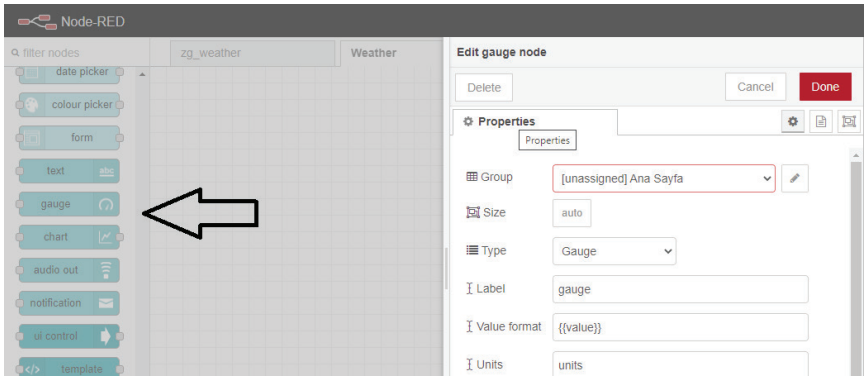
Şekil 6. Açık kaynak kodlu web sayfası tanımlama

Akış panelindeki verilerin sürekli olarak değil istendiği zaman web den aktarılması düşünülmektedir. Bundan dolayı verileri tetikleyecek bir düğüme ihtiyaç vardır. Bununla bir akışa manuel olarak veya düzenli aralıklarla bir mesaj gönderilebilir. İleti yükü, dizeler, Java Script nesneleri veya geçerli saat dahil olmak üzere çeşitli türlerde olabilir. Bu düğüm içerisine okunması gereken bilginin topic bilgisinin belirtilmesi gerekir. Bu bilgi "debug message" bloğu içerisinden edinilebilir. Bu akışı gereçeklemek için Şekil 7'de görülen inject kullanılmıştır.



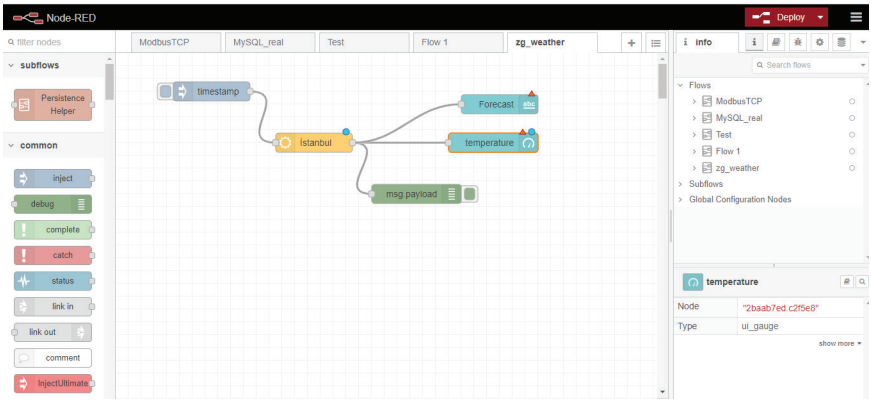
Şekil 7. Veri akışı denetimi

Node-RED akışı içerisinde alınan veya işlenen verileri anlık olarak bir ekran arayüzü üzerinden görmek mümkündür. Bunun için kullanılan Node-RED dashboard'a herhangi bir web tarayıcı üzerinden http://127.0.0.1:1880/ui adres bilgisi ile ulaşılabilir. Bu performans değerlendirme panosuna veri aktarabilmek için Şekil 8'deki dashboard öğelerine ihtiyaç vardır. İster görsellik ister uyarı mesajı gibi birçok özelliğe buradan ulaşmak mümkündür. Seçilen görsel öge düğümünün veriyi nereden okuyacağı ve okunacak değerin hangi formatta olduğu gibi tanımlamalarında yapılması gerekmektedir.



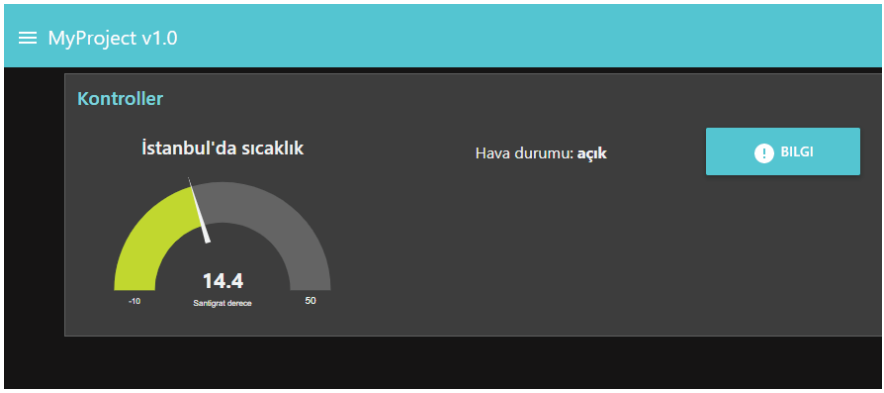
Şekil 8. Dashboard öğeleri

Belirtilen web sayfası üzerinden alınan API kodu ile gerekli tanımlamalar yapılıp düğümler akış üzerinde birleştildiğinde Şekil 9'daki Node-RED arayüzü tamamlanmış olur.



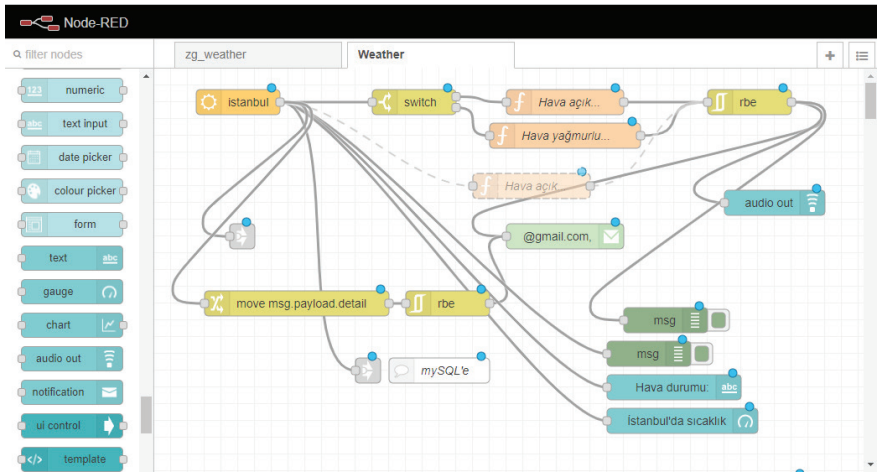
Şekil 9. Meteoroloji verisi alma Node-RED arayüzü

Oluşturulan bu yapı anlık olarak verilerin görüntülenmesi içindir. Şekil 10'da bu arayüze ait dashboard ekranı verilmiştir. İstenirse alınan bu veriler uyarı yada hatırlatma olarak istenilen bir web bağlantılı noktaya aktarılabilir. Bu aktarım eposta olarak yada kısa mesaj olarak yapılabilmektedir. Hatta karşılaştırma düğümleri yada fonksiyon düğümleri eklenip istenilen veriler filtrelenip kullanımı sağlanabilir.



Şekil 10. Node-RED dashboard

Gerek bahsedilen kıyaslamaların yapılması gerekse bu verilerin eposta ile gönderilmesini içeren Node-RED arayüzü Şekil 11'deki gibidir. Burada fonksiyon blokları kullanılıp havanın açık veya kapalı olma durumuna göre ikaz veren aynı zamanda bu uyarıları eposta ile gönderimini sağlayan bir akış yapısı oluşturulmuştur.



Şekil 11. Node-RED hava tahmin verisi ekranı

Nesnelerin İnterneti, İnternet ile gerçek dünyayı birleştiren ve anlık olarak bütün bilgilere her noktadan erişim sağlaybileceğimiz yenilikçi bir hizmettir. Burada örneği verilen bu yapı çok çeşitli uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca bu nedenle geleceğe büyük oranda etki etmesi öngörülmektedir. Node-RED açık kaynak kod kullanımı sebebiyle IoT uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Çeşitli iletişim, gömülü teknoloji ve bilgi teknolojisi alanındaki araştırmacılar için önemli bir araştırma konusu olduğu için önem verilmesi gereken bir çalışma alanıdır.

KAYNAKLAR

Altınpulluk, H. 2018, Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Eğitim Ortamlarında Kullanımı . *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi* , 4(1), 94-111.

Aktaş, F., Çeken, C., ve Erdemli, Y. E. 2016, Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 37-54.

Büyükkalaycı, G. ve Karaca, H. M. 2019, Pazarlam 4.0: Nesnelerin İnterneti, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54(1), 464-466.

Doyduk, H. B. B. ve Tiftik, C. 2017, Nesnelerin İnterneti: Kapsamı, Gelecek Yönelimi ve İş Fırsatları, *Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 52(3), 127-147.

Lekić, M., ve Gardašević, G. 2018, IoT Sensor Integration to Node-RED Platform, *17th International Symposium Infoteh-Jahorına* , 1-5.

Oral, O. ve Çakır, M. 2017, Nesnelerin İnterneti Kavrami ve Örnek Bir Prototipin Oluşturulması, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 172-177.

Önden, İ. Z. 2018, İnsansız Lojistik Ağlarının Geleceğinin Değerlendirilmesi. *Irdıtech 2018 Uluslararası Ar-ge İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi*, 343-348.

Patel, K. K., Patel, S. M. ve Salazar, C. (2016), Internet of things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges, *International Journal of Engineering Science And Computing*, 6(4), 6122-6131.

Sicari, S., Rizzardi, A., ve Coen-Porisini, A. 2019, Smart Transport and Logistics: A Node-RED Implementation, *Internet Technology Letters*, 2(2), 2476-1508.

Söğüt, E. ve Erdem, O. A. 2017, Günümüzün Vazgeçilmez Sistemleri: Nesnelerin Haberleşmesi Ve Kullanılan Teknolojiler. *AB 2017 Akademik Bilişim Konferansları*, Aksaray.

Torres, D., Dias, J. P., Restivo, A., ve Ferreira, H. S., 2020, Real-Time Feedback in Node-Red for IoT Development: an Empirical Study. *In 2020 IEEE/ ACM 24th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications,* 1-8.