

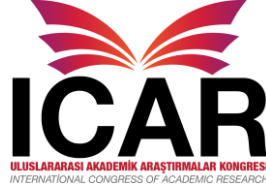
# 13.

**ULUSLARARASI AKADEMİK  
ARAŞTIRMALAR KONGRESİ  
(ICAR)**



**FEN BİLİMLERİ  
TAM METİN KİTABI  
FULL TEXT BOOK**

[www.icarcongress.org](http://www.icarcongress.org)



## 13. Uluslararası Araştırmalar Kongresi (ICAR)

(7 - 8 Mayıs 2024)

(ICAR)

### Fen Bilimleri Tam Metin Kitabı

#### Editörler / Editors

Betül TÜLEK

#### Asos Yayınevi

1.baskı

Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No: 67/2-4/MERKEZ/ELAZIĞ

Telefon: [0532 643 75 23](tel:05326437523)

Mail Adresi: [asos@asosyayinlari.com](mailto:asos@asosyayinlari.com)

Web: [www.asosyayinlari.com](http://www.asosyayinlari.com)

[Instagram: https://www.instagram.com/asosyayinevi/](https://www.instagram.com/asosyayinevi/)

[Facebook: https://www.facebook.com/asosyayinevi/](https://www.facebook.com/asosyayinevi/)

[Twitter: https://twitter.com/Asosyayinevi](https://twitter.com/Asosyayinevi)

**ISBN: 978-625-6671-22-5**

Yazarlar yazmış olduğu bölümlerin özgünlüğünden sorumludur.



## **KONGRE BAŞKANI**

Doç. Dr. Betül TÜLEK, Çankırı Karatekin Üniversitesi

## **DÜZENLEME KURULU**

Doç. Dr. Arzu ALTUNTAŞ, Siirt Üniversitesi

Doç.Dr. Betül Tülek, Çankırı Karatekin Üniversitesi

Doç. Dr. Derya Sarı, Artvin Çoruh Üniversitesi

Doç. Dr. Özgür Burhan Timur, Çankırı Karatekin Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Merve KALAYCI KADAK Kastamonu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meryem Bihter BİNGÜL BULUT, Kırıkkale Üniversitesi

## **BİLİM KURULU**

Prof. Dr. Erdal İrmak ,Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Prof. Dr. Advıye Gülçın Sağdıçoğlu Celep, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Metın BAŞAL, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Reyhan ERDOĞAN, Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Aysel USLU, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Oğuz YILMAZ, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Şükran ŞAHİN, Ankara Üniversitesi

Prof. Dr. Deniz HASIRCI, İzmir Ekonomi Üniversitesi

Prof. Dr. Zeynep TUNA ULTAV, İzmir Yaşar Üniversitesi

Prof. Dr. Ferit İZCİ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi



Prof. Dr. Metin ARGAN, Anadolu Üniversitesi

Prof. Dr. Öner Demirel, Kırıkkale Üniversitesi

Prof. Dr. Nizami CEFEROV (Azerbaycan)

Prof. Dr. Blagovesta IVANOVA ( Bulgaristan)

Prof. Dr. Nurşat JUMADİLOVA (Kazakistan)

Prof. Dr. Nergüz Bulut SERİN, Lefke Avrupa Üniversitesi

Prof. Dr. Dosay KENJETAY (Kazakistan)

Prof. Dr. Arshi KHAN (Hindistan)

Prof. Dr. Dimitri KİTSİKİS (Yunanistan)

Prof. Nilgün BİLGE, Mimar Sinan Üniversitesi

Prof. Caner KARAVİT, Mimar Sinan Üniversitesi

Prof. Rıdvan COŞKUN, Anadolu Üniversitesi

Prof. Mustafa BULAT, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Vural BÜTÜN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Prof. Dr. Angel Arturo Lopez Gonzalez, Escuela Universitaria ADEMA. SPAIN

Prof. Dr. Tahsin YILMAZ, Akdeniz Üniversitesi

Prof. Dr. Işık SEZEN, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Murat AKTEN ,Süleyman Demirel Üniversitesi

Doç.Dr. Serkan ARSLAN, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi

Doç. Dr. Sergey Klyuev, Saratov Medical University Russia.

Doç.Dr. Müsemma ALAGÖZ KARABEL,Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi

Doç. Dr. Toni Risteski, Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, North Macedonia



Doç.Dr. Recep POLAT, Sakarya Eğitim Araştırma Hastanesi

Doç. Dr. İlky Ebru Tuncer BOON, Dokuz Eylül Üniversitesi

Doç.Dr. Musemma Alagöz KARABEL, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan ERER, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Kıvanç AK, Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Betül TÜLEK, Çankırı Karatekin Üniversitesi

Doç. Dr. Arzu ALTUNTAŞ, Siirt Üniversitesi

Doç. Dr. Derya Sarı, Artvin Çoruh Üniversitesi

Doç. Dr. Özgür Burhan Timur, Çankırı Karatekin Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Merve KALAYCI KADAK Kastamonu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meryem Bihter BİNGÜL BULUT, Kırıkkale Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Korkut ULUDAĞ, Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Yener Lütfü MERT, İstanbul Galata Üniversitesi

Doç. Dr. Adem PEKER, Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Aşkın ÇELİK, Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Doç. Dr. Etem Yeşilyurt, Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi

Doç. Dr. Aslıhan ESRİNGÜ, Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Elif AKPINAR KÜLEKÇİ, Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Fabio L. GRASSİ (İtalya)

Doç. Dr. Gürcan YILDIRIM, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Doç. Dr. Shener BILALLI, International Balkan University

Doç. Dr. Banu KARAŞAH, ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ



Doç. Dr. Mansumeh DAEİ (İran)

Doç.Dr. Üyesi Cansel TUNCER, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru Kondolot Solak ,Gazi Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Mamdouh ALENEZİ, Prince Sultan University

Dr. Öğr. Üyesi Duygu Uysal Zıraman, Gazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Obalı Tutumlu (TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi)

Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Damla ÜLKER, Yakın Doğu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Seçil Soytok NALÇACI, Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Yakup AÇAR, Kafkas Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ceren Haktanır ,Gazi Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şehriban Eraslan,Süleyman Demirel Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Volkan MÜFTÜOĞLU, Bursa Teknik Üniversitesi

1. Gün

1. Oturum

## Salon1 (1. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Tevfik Palaz		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Adem Karaca - Doç.Dr. Tevfik Palaz	Ortaokul Öğrencilerinin Doğal Afet Bilgi Düzeylerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi
9:15	Dr. Öğretim Üyesi Ömer Kırmızı	Kapadokya Bölgesinde Geleneksel Mesleklerden Kilitçilik ve Yaşayan Bir Usta Mehmet Yuğuran
9:30	Dr. Öğretim Üyesi Alihan Gök	Emeğin Yeni Biçimleri ve Toplumsal Riskler
9:45	Dr. Öğretim Üyesi Tugba Gönel Sönmez	Nevşehir Bölgesindeki Elevciklerin Halk Mimarisindeki Rolü: Tasarım, İşlev ve Kültürel Bağlam
10:00	Hatice Astar - Doç.Dr. Ahmet Yıldırım	Psikolojik Sermayenin Yaşam Doyumuna Etkisi: Z Kuşağı Üzerine Bir Araştırma
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (1. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Latif Pınar		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Doç.Dr. Latif Pınar - Askar Achylov	Uluslararası İlişkiler ve Borsa
9:15	Doç.Dr. Latif Pınar - Askar Achylov	Dijital Eşitsizlik ve Türk Dış Politikası
9:30	Mustafa Bedirhan Doğan	Kavalalı Mehmed Ali'nin mısır Valiliğine Yükselişinde Arnavut Başlıbozukların Rolü
9:45	Arş.Gör. Mustafa Büker - Prof.Dr. Yaprak Türkan Taş	Fransızca Dil Sınıfında Alt Yazılı Video Aracılığıyla Sözcük Öğretimi
10:00	Araştırmacı Pınar Tansel Günal	Sınıf, Matematik, Rehber Öğretmenlerin Diskalkuliye Yönelik Farkındalıklarının Belirlenmesi
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (1. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Can Ekici		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Dr. Can Ekici	Perspectives of Companies On Industrial Metrology Services in Türkiye
9:15	Prof.Dr. Elçin Demirhan - Ezgi Çetinkaya	Mikrodalga Gücünün Çilek Yapraklarının Kuruma Kinetiği Üzerindeki Etkisi
9:30	Doç.Dr. Serap Samsun - Dr. Öğretim Üyesi Ebru Yılmaz	Covid-19 Pandemi Sürecinde Ordu İlindeki Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi
9:45	Dr. Öğretim Üyesi Meryem Öz	Balık Yemi Boyutunun Azotlu Bileşiklerin Tatlı Suyu Salınımı Üzerine Etkisi
10:00	Dr. Öğretim Üyesi Ebru Yılmaz - Mukaddes Maral Beşlioğlu	Yunus Çiklit (Cyrtocara Moorii Boulenger, 1902) Balıklarını Erkek Bal Arısı Larvası (Apilarnil) İle Beslemenin Yumurta Verimi ve Larval Gelişime Etkisinin Araştırılması
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon1 (1. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Aysel Tüfekçi		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Adem Şahin - Doç.Dr. Aysel Tüfekçi	Türkiye’de Okul Öncesi Eğitimde Kullanılan Yaratıcı Drama Yöntemi Üzerine Yapılmış Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi
10:45	Prof.Dr. Gözde Öymen Engindeniz - Irmak Işık	Etkileyici Pazarlamanın Satın Alma Eğilimine Etkisi: Y ve Z Jenerasyonları Üzerine Bir Araştırma
11:00	Cansu Morgül - Prof.Dr. Keziban Orbay	Matematik Eğitiminde Öz Düzenleme Becerileri Üzerine Çalışılan Tezlerin Doküman Analizi
11:15	Gülfer Akşen - Doç.Dr. Mustafa Murat Kale	Van ve Erçek Gölleri Arası Alanın Akarsu En ve Boy Profilleri Analizi ile Fayların Tespiti
11:30	Yunus Emre DüNDAR - Prof.Dr. Keziban Orbay - Dr. Öğretim Üyesi Birol Tekin	Eğitim Bilimleri Alanında Algoritma ve Programlama Üzerine Çalışılmış Tezlerin Doküman Analizi
11:45	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (1. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Öğretim Üyesi Çağdaş Görücü		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Dr. Öğretim Üyesi Çağdaş Görücü	Osmanlı Yahudilerinde Eğitimin Modernleşmesi
10:45	Arş.Gör.Dr. Tezcan Kaplan	Sinemayı Platonla Birlikte Tasavvur Etmek
11:00	Araştırmacı Gülşah Hasaңebi - Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Gürsoy	Psikologların Algıladıkları Ebeveyn Tutumları ve Erteleme Eğilimi Arasındaki İlişkide Dürtüsellik ve Yetersizliğin Aracılık Rolü
11:15	Dr. Öğretim Üyesi Mahmut Polat	Fen Öğretmen Adaylarının Mikro Öğretim Puanlarının Duygusal Zekâ Düzeylerine Göre Değişiminin İncelenmesi
11:30	Sevdenur Başok - Doç.Dr. Hakan Karabacak	Kriz Süreçleri ve Finansal Risk Yönetimi:İnşaat Sektörü Üzerine Bir Araştırma
11:45	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (1. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. , Meliha Oktav Bulut		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Ahmet Dağlı - Prof.Dr. , Meliha Oktav Bulut	Cı Reaktif Red 195 ile Boyanmış Örme Kumaşın Ekolojik Renk Açma/söküm İşlemi
10:45	Öğr.Gör. İzham Kılınc - Öğr.Gör. Abdülkadir Yıldız - Prof.Dr. Şeref Kurt - Dr. Öğretim Üyesi Çağlar Altay	Yönlendirilmiş Yongalevha Üretiminde Karakavak (Populus Nigra L.) Odununun Kullanımı: Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi
11:00	Doç.Dr. Ahmet Ozkaya - Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Güçlü Suçak	Türkiye'de Ticari Olarak Üretilen İnek Sütü Yemlerinde Yağ Asidi Düzeylerinin Tespiti
11:15	Eda Turna - Doç.Dr. Nuray Yılmaz Baran - Dr. Öğretim Üyesi Emel Çakmak	Keratin/ Kantaron Bazlı Karboksimetil Selüloz Mikro Boncukları Üzerine İmmobilize Edilmiş Gümüş Nanopartiküllerin Sentezi, Karakterizasyonu, Sitotoksitesi ve Antioksidan Özelliklerinin Araştırılması
11:30	Şule Aksaya - Prof.Dr. Kemal Mert Çubukçu	Buca Metro Projesinin İstasyon Konum ve Sayılarının Optimizasyon Teknikleri ile Değerlendirilmesi
11:45	Çay Kahve Arası	

3. Oturum

## Salon1 (1. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Sinan Bilici		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Dr. Sinan Bilici	Lise Öğrencilerinde Nomofobi ve Sosyal Medya Bağımlılığı İlişkisi
12:15	Aysuhan Gürel	Kıbrıs Sorunu ve Müdahil Devletlerin Politikaları
12:30	Büşra Gürbüz	Çocuklarda Madde Kullanım Bozukluğu Nedenleri Üzerine Bir İnceleme: Merak, Akran Baskısı ve Kişisel Sorunlar
12:45	Dr. Sinan Bilici	Öğretmen ve Okul İdarecilerinin Bilgi Güvenliği Farkındalıklarının İncelenmesi
13:00	Arş.Gör.Dr. Tuğba Aydoğdu Yüksel	Devrimler Döneminde Rus Tiyatrosu
13:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (1. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Arş.Gör. Büşra Gürbüz		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Arş.Gör. Büşra Gürbüz	Yaşlı Ayrımcılığının Psiko-Sosyal Sonuçları Üzerine Bir İnceleme
12:15	Doç.Dr. Başak Karakoç Öztürk - Aysel Merve Alyaprak	Türkçe Ders Kitaplarındaki Dil Bilgisi Etkinliklerinin Dil Bilgisi Öğretim Yaklaşımları Açısından İncelenmesi
12:30	Dr. Öğretim Üyesi İsa Altınışık	Enflasyonun Yeni Yüzü: Shrinkflation ve Skimpflation
12:45	Arş.Gör. Büşra Gürbüz	Eğitim ve İklim Değişikliği: Gençlerin Bilinçlendirilmesi ve Gelecek Nesiller İçin Eğitim Stratejileri
13:00	Esin Yılmaz	Sanal Influencer Stratejisi ve Dijital Pazarlamada Kullanımı: Alın Örneği
13:15	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (1. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Muzaffer Metin		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Batuhan Boduroglu - Doç.Dr. Muzaffer Metin	Bir Pedal Haritasının Araç Sarsıntısı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması
12:15	Arş.Gör. Süleyman Can - Dr. Öğretim Üyesi Duygu Kuru - Pınar Emir	Hidrotermal Yöntemle Kimyasal Aşındırmanın Cam Yüzeylerde Bor Nitrür Film Oluşumuna Etkisi
12:30	Mert Alacan - Tülin Çakmak Işıkkent	Çevrimiçi Perakendecilikte Anlamsal Arama Tabanlı Üretken Yapay Zeka
12:45	Ali Nihat Uzunalioglu - Mahsun Altın - Behçet Mutlu - Prof.Dr. Deniz Kılıç	Uçuş Satın Alımlarında Sigorta Kullanımı Suistimal Tespiti
13:00	Berkay Çakır - Prof.Dr. Orhan Doğan	Betonarme Kirişlerde Donatı Yerleşimi ve Beton Örtüsünün Aderansa ve Kirişin Performansına Etkisi Üzerine Bir İnceleme
13:15	Çay Kahve Arası	

4. Oturum

## Salon1 (1. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Arş.Gör. Büşra Gürbüz		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	Arş.Gör. Büşra Gürbüz	Toplumsal Cinsiyet ve Afetler: Kadınların ve Erkeklerin Farklılıkları
13:45	Dr. Öğretim Üyesi Gökhan Çobanoğulları	Askeri Harcamalar ve Ekonomik Büyüme Çevresel Bozulmayı Etkiler Mi? Brics-T Ekonomilerinden Kanıtlar
14:00	Murat Demir - Dr. Öğretim Üyesi Orhan Aydın - Prof.Dr. Recep Polat	Gelişim Yetersizliği Olan Öğrencilere Fen Bilimleri Dersi Kapsamında Destek ve Hareket Sistemi ile İlgili Kazanımların Öğretiminde Doğrudan Öğretim Uygulaması ile Yapılan Öğretimin Etkililiği
14:15	Dilara Karadağ - Doç.Dr. Seçil Gürün Karatepe	Türkiye’de 4857 Sayılı İş Kanunu Kapsamında Kıdem Tazminatının Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi
14:30	Dr. Öğretim Üyesi Ozan Esendemir	Öğretmenlik Uygulaması Değerlendirme Formuna Matematik Eğitimi Açısından Eleştirel Bir Bakış
14:45	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (1. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Keziban Orbay		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	Adem Deniz - Prof.Dr. Keziban Orbay - Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Filiz	Eğitimde Yapay Zeka Kullanımına İlişkin Öğretmen ve Öğretmen Adaylarının Görüşleri: Bir Meta-Sentez Çalışması
13:45	Dr. Öğretim Üyesi Erhan Bozkurt - Merve Akçadurak	Değer Temelli Matematik Öğretim Etkinliklerinin Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Olasılık Matematik Konusu Başarısına ve Matematik Tutumlarına Etkisi
14:00	Merve Fevziye Kılıç - Doç.Dr. Özgür Davras	İçsel Pazarlamanın Marka Kimliği Üzerindeki Etkileri: Otel Çalışanları Üzerine Bir Uygulama
14:15	Arş.Gör. Büşra Gürbüz	Afetlerin Ortaya Çıkardığı Ekonomik Sarsıntılar ve Toplumsal Dönüşüm
14:30	Arş.Gör. Büşra Gürbüz	Göçmen Topluluklarda Yaşlı Bakımı: İhtiyaçlar ve Çözüm Önerileri
14:45	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (1. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cansel Tuncer		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	Doç.Dr. Cansel Tuncer	Poli(Akrilik Asit)-Poli(Stiren-Glisidil Metakrilat) Hibrit Hidrojel Sentezi ve Çeşitli Uygulamalarda Lateks Etkisinin İncelenmesi
13:45	Sümeyra Yılmaz - Prof.Dr. Alev Taşkın	Havacılık Sektöründe Uçak Yüzeyindeki Hataların Makine Öğrenmesi İle Tespitine Yönelik Kavramsal Bir Yaklaşım
14:00	Selin Aysalar - Prof.Dr. Alev Taşkın	Envanter Dağıtımının Pekiştirmeli Öğrenme Algoritmaları ile Gerçekleştirilmesine Yönelik Kavramsal Bir Yaklaşım
14:15	Muhammed Doruk Çapraz - Doç.Dr. Ersen Yılmaz	Şerit Tespiti Yapan Bir Sürücü Güvenlik Destek Sisteminin Çevresel Koşullar Altında Performans İncelemesi
14:30	Dr. Öğretim Üyesi İpek Ada Alver - Dr. Öğretim Üyesi Cansu Vatansever	Gıda Takviyesi Olarak Kullanımı Tavsiye Edilen Bitkisel İçerikli Şurupların Antibakteriyel Aktivitelerinin Belirlenmesi
14:45	Çay Kahve Arası	

## Salon1 (1. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Murat Gökdere		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Kübra Duran - Prof.Dr. Murat Gökdere	Soru Tipolojisi Basamakları ve Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamaklarına Uygun Fen Bilimleri Soru Örnekleri
15:15	Araştırmacı Yeşim Bircan - Doç.Dr. Ebru Albayrak	Türkiye'de 2009-2023 Yılları Arasında Eğitim Yöneticilerinin Uzaktan Hizmet İçi Eğitim Yoluyla Yetiştirilmeleri İle İlgili Yapılan Çalışmaların Analizi
15:30	Dr. Öğretim Üyesi Serhat Çamkaya - Prof.Dr. Deniz Özyakışır	Göçmen Transferleri Çevresel Bozulma İlişkisi: Türkiye'den Ampirik Kanıtlar
15:45	İrem Koca	Tarihsel Bağlamda Deterjan Reklamlarında Kadın Kullanımı
16:00	Doç.Dr. Emine Şenyuva - Araştırmacı Ali Kahyaoğlu	Eğitimde Dijital Dönüşüme Hazır Oluş Ölçeğinin Geliştirilmesi ve Ölçek Boyutlarının Veri Madenciliği Yöntemleri ile Değerlendirilmesi
16:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (1. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Öğretim Üyesi Murat Fatih Tuna		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Araştırmacı Selim Buğday - Dr. Öğretim Üyesi Murat Fatih Tuna	Dijital Satın Alma Performansına Göre Avrupa Ülkelerinin Karşılaştırmalı Analizi: Iqrbow Tabanlı Vikor Yaklaşımı
15:15	Doç.Dr. Kutbettin Ekinci	Kur'an'da Yerel İfadelerin Mekasidu'l-Kur'ân Açısından Değerlendirilmesi
15:30	Dr. Zeliha Ozsoy Gunes - Doç.Dr. Ibrahim Gunes	Yüksek Gerilim Laboratuvarı Kaygı Ölçeği Geliştirilmesi, Geçerlik ve Güvenirliği Çalışması
15:45	Dr. Öğretim Üyesi Erhan Bozkurt - Merve Akçadurak	Değer Temelli Matematik Öğretim Etkinliklerinin Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Veri Analizi Matematik Konusu Başarısına ve Matematik Tutumlarına Etkisi
16:00	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (1. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Andaç İmak		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Arş.Gör.Dr. Andaç İmak	Fiber Optik Haberleşme Sistemlerinde Farklı Dalga Boylarının Sistem Performansı Üzerindeki Etkisi
15:15	Araştırmacı Ensar Kesikbaş	Geçirimli Yüzey Kaplamalarında Yağış-Akış İlişkisinin İncelenmesi
15:30	Arş.Gör.Dr. Andaç İmak	Fiber Optik Haberleşme Sistemlerinde Hibrit Rof/wdm Tasarımının Yükselteç Etkisi Altındaki Güç ve Kalite Performansının İncelenmesi
15:45	İsmail Kapıcı - Eyüp Özdemir - Doç.Dr. Cengiz İpek	Depremde Düzensiz Yapıların İncelenmesi
16:00	Emrecan Bakır - İbrahim Surur - Doç.Dr. Cengiz İpek	Kamu Binalarının Değerlendirilmesi

2. Gün

1. Oturum

## Salon1 (2. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Anıl Ceylan - Nurdagül Akça - Doç.Dr. Cengiz İpek	Depremde Dolgu Duvarların Davranış Etkisinin İncelenmesi
9:15	Ülkünur Tunçbaş	Nootropik İlaç Pirasetam'ın Tablet Formülasyonunda Yeni Bir Yeşil Hplc Yöntemi ile Analizi'
9:30	Ahmet Emir Aktaş - Ali Kerem Öztürk - Doç.Dr. Cengiz İpek	Enkazların Depolanması ve Çevresel Etkileri
9:45	Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Masum Tünçay	Havacılık Endüstrisinde Ti64 İçin Kaplama Seçimi
10:00	Fuatcan Özmert - Enes Kutay Karakaş - Arş.Gör.Dr. Burcu Nilgün Çetiner	Plastik Enjeksiyon Kalıp Çeliği Olarak Gaz Nitrasyonu Sonrası 1.2083 ve 1.2738 Çeliklerin Performansı ve Seçimi
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (2. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Metin Güler - Erdiñ Mercan - Doç.Dr. Cengiz İpek	Binaların Patlama Davranışı
9:15	Muhammed Ali Kaya - Doç.Dr. Cengiz İpek	Kahramanmaraş Depreminde Okul Yapılarının İncelenmesi
9:30	Dr. Öğretim Üyesi Yasin İçel	Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması: Neden Mikro Rüzgâr Türbini'
9:45	Nazif Ekinci - Doç.Dr. Cengiz İpek	Tarihi Yapıların Dinamik Olarak İncelenmesi
10:00	Fatma Tüfekci - Elif Dilara Şanlıer - Doç.Dr. Cengiz İpek	Kahramanmaraş Depremlerinde Afet Yönetimi
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (2. Gün - 1. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Ayşe Zeynep Zengin		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
9:00	Arş.Gör. Hanife Karaköse Semiz - Arş.Gör. Kübra Çam - Doç.Dr. Ayşe Zeynep Zengin	Nasopalatin Kanal Kisti: Bir Vaka Sunumu
9:15	Tuğba Akgüller Eker - Doç.Dr. Yıldız Analay Akbaba - Dr. Yasin Yetişyiğit	Nonspesifik Bel Ağrılı Bireylerde Korku Kaçınma İnanışlarının Klinik Parametreler ile İlişkisi
9:30	Doç.Dr. Numan Karaarslan - Doç.Dr. İbrahim Yılmaz - Doç.Dr. Duygu Yaşar Şirin - Prof.Dr. Hanefi Özbek	Kalsitonin Genine Bağlı Peptit Üretiminin İntervertebral Disk Dokusunda Önemi
9:45	Doç.Dr. İbrahim Yılmaz - Dr. Öğretim Üyesi Muharrem Furkan Yüzbaşı - Dr. Hacı Mehmet Saygı - Doç.Dr. Numan Karaarslan - Doç.Dr. Duygu Yaşar Şirin	Kuersetin, Otofajik ve Apoptotik Sinyal Yolakları Üzerinden, İntervertebral Disk Dejenerasyonunu İyileştirebilir Mi'
10:00	Arş.Gör. Hanife Karaköse Semiz - Arş.Gör. Kübra Çam - Doç.Dr. Ayşe Zeynep Zengin	Siyah Kıllı Dil: Bir Vaka Sunumu
10:15	Çay Kahve Arası	

## Salon1 (2. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Fadime Kuru - Elif Akel - Doç.Dr. Cengiz İpek	Yapıların Spektrum Davranışının İncelenmesi
10:45	Araştırmacı Merve Aydın	Heterohalkalı Bileşiklerin Enzimler ve Mikrobiyal Hücreler Katalizörlüğünde Kemoenzimatik Reaksiyonları
11:00	Özgür Aslan - Metin Karamahmutoğlu - Doç.Dr. Cengiz İpek	Yapısal Olmayan Elemanların İncelenmesi
11:15	Araştırmacı Meryem Karadağ - Dr. Öğretim Üyesi Ayça Yeşim Çağlayan	Orman Okulları ve Pedagojisi "kentsel Boyutta Ulusal ve Uluslararası Orman Okullarının Karşılaştırılması"
11:30	Özgür Akdemir - Yusuf Arkan - Doç.Dr. Cengiz İpek	Deprem Bölgesi Altyapı Sistemlerinin İncelenmesi
11:45	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (2. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Ufuk Kerem Kelleci - Faruk Geyve - Doç.Dr. Cengiz İpek	İnşaat Mühendisliğinde Etik ve Yetkin Mühendislik
10:45	Umay Halisdemir - Arş.Gör.Dr. Yunus Aksoy - Yusuf Köse - Prof.Dr. Halil Hasar	Mxene ile Bazik Red (46) Boyanın Adsorpsiyonu
11:00	Dr. Orhan Özünlü	Farklı Oranlarda Leblebi ve mısır Unuyla Zenginleştirilmiş Atıştırmalık Balık Çipslerinin Üretimi ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi
11:15	Berkay Temizer	Şen Yöntemi Kullanılarak Akarçay Havzasının Yağış Verilerinin Trend Analizlerinin Yapılması
11:30	Mustafa Yegün - Doç.Dr. Aytekin Çelik - Prof.Dr. Özge Hanay - Prof.Dr. Halil Hasar	Mxene ve Max İle Metilen Mavisin'in Adsorbsiyonu
11:45	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (2. Gün - 2. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Mehmet İrfan Karadede		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
10:30	Arş.Gör. Özkan Büyük - Dr. Öğretim Üyesi Berşan Karadede - Prof.Dr. Mehmet İrfan Karadede	Ağız Sağlığı Okuryazarlığı
10:45	Dr. Öğretim Üyesi Muharrem Furkan Yüzbaşı	Diyabetik Nefropati ile İlişkili Hemodiyaliz Uygulanan Olgularda Enfektif Spondilodiskit Varlığının Değerlendirilmesi
11:00	Dr. Öğretim Üyesi Sevim Öndül	Lomber Disk Herniasyonu Tedavisinde Metilprednizolon: Literatürün Sistemik Değerlendirilmesi
11:15	Dr. Öğretim Üyesi Tamer Tamdoğan	Kontrollü Salıma Müsaade Eden İlaç Taşıma Sistemleri İle Uygulanan Büyüme Faktörleri Nükleus Pulpozus Hücrelerinin Dejenerasyonunu Önleyebilir Mi?
11:30	Doç.Dr. Bülent Bilir - Doç.Dr. Betül Ekiz Bilir - Doç.Dr. İbrahim Yılmaz - Arş.Gör.Dr. Mehmet Ali Kahraman - Doç.Dr. Numan Karaarslan	Adenozin Monofosfat ile Aktive Edilmiş Protein Kinaz ve Sirtuinlere Ait Sinyal Yolaklarının Manipulasyonu Sayesinde Diyabetik Nöropati Tedavi Edilebilir Mi?
11:45	Çay Kahve Arası	

3. Oturum

## Salon1 (2. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Mert Emir Arslan - Enes Parasay - Doç.Dr. Cengiz İpek	Kahramanmaraş Depreminde Hastanelerin İncelenmesi
12:15	Dr. Öğretim Üyesi Esmâ Demir Çetin - Yavuz Selim Genç	3 Boyutlu Galile Uzayında Manyetik Akışlar
12:30	Ceren Gökmen - Resul Konukcu - Doç.Dr. Cengiz İpek	Rüzgar Türbinlerinin Sismik Yük Altında Davranışının İncelenmesi
12:45	Mohammad Edris Jouaneh - Doç.Dr. Cengiz İpek	Tbdy 2018'e Göre Dolgu Duvarların İncelenmesi
13:00	Odai Alkaleh - Doç.Dr. Cengiz İpek	Perde Duvarın Betonarme Yapı Davranışına Etkisi
13:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (2. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Öğretim Üyesi Turgut Tut		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Dr. Öğretim Üyesi Turgut Tut	Kuantum Verimliliğini Artırmak İçin Görüntü Sensörlerinde Mikro-Nano Sütunların Kullanımı
12:15	Songül Ağar - Doç.Dr. Yasemen Kalpaklı	Proses Güvenliği İçin Risk Analiz Metotları – Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (Hazop) ve Koruma Katmanı Analizi (Lopa)
12:30	Araştırmacı Mustafa Avcı	İstanbul İlinde Çeşitli Deprem ve Zemin Sınıflarına Göre Yatay Deprem Kuvvetlerinin Analizi
12:45	Yusuf Arkan - Yusuf Alphan - Doç.Dr. Cengiz İpek	Baraj Tesisleri ve İçme Suyu Hatlarının İncelenmesi
13:00	Dr. Öğretim Üyesi Turgut Tut	Fotovoltaik Cihazlarda Altıgen ve Kare Tipte Nanoçubuk Örgüleri
13:15	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (2. Gün - 3. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Muammer Elmas		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
12:00	Ahmet Karabulut - Prof.Dr. Muammer Elmas	Bal Arılarında (Apis Mellifera) Yaşanan Ani Koloni Kayıplarında İmidaclopridin Rolü
12:15	Dr. Öğretim Üyesi Deniz Sünnetçi Akkoyunlu - Arş.Gör. Tolgahan Özer - Prof.Dr. Bülent Kara	Kıaa0753 Varyantı ile İlişkili Jeune Asfiksik Torasik Distrofi'nin Klinik Sunumu
12:30	Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Kul	Veteriner Cerrahide Kızılötesi Termografi Uygulamaları
12:45	Doç.Dr. Begüm Evranos Aksöz	Ligand a ile Asetilkolinesteraz ve Butirikolinesteraz Enzimleri Arasındaki Bağlanma Etkileşimlerinin Araştırılması
13:00	Arş.Gör.Dr. Mücahit Dursun	Öğretmenlerin Stresli Durumlarda Bilişsel Kontrol ve Bilişsel Esneklik Düzeylerinin Farklı Değişkenler Açısından İncelenmesi
13:15	Çay Kahve Arası	

4. Oturum

## Salon1 (2. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Cengiz İpek		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	İrem Edis - Ahmet Talha Uca - Doç.Dr. Cengiz İpek	Minarelerin Deprem ve Rüzgar Etkisi Altındaki Davranışlarının İncelenmesi
13:45	İrem Kızıltaş - Doç.Dr. Cengiz İpek	Sismik İzalatörlerin Deprem Üzerindeki Etkisi ve Bir Betonarme Binada Sismik İzolatör Kullanımının Bina Davranışına Etkisinin İncelenmesi
14:00	Araştırmacı Sude Saral Çakmak - Doç.Dr. Sevgi Karakuş	Hidrazid-Hidrazon Ligandlarından Hareketle Bakır(II) Komplekslerinin Sentezi ve Yapısal Karakterizasyonu
14:15	Yusuf Çiftçi - Ertuğrul Kahveci - Doç.Dr. Cengiz İpek	Limanlar ve Kıyı Tesislerinin Deprem Açısından Değerlendirilmesi
14:30	İbrahim Ağaçkaya - Ceyhun Günay - Doç.Dr. Cengiz İpek	Depremlerin Yıkım ve Maliyet Analizi
14:45	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (2. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Muzaffer Tolga Akbulut		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	Canberk Özcan - Prof.Dr. Muzaffer Tolga Akbulut	Mekân – Strüktür İlişkisinin Tarihsel Süreçteki Gelişiminin İncelenmesi
13:45	Dr. Öğretim Üyesi Ceylan Ceylan	Konya İlinde Mahmuzlu Kaplumbağalarda (Testudo Graeca İbera) Hyalomma Aegyptium (Lineaus, 1758) Enfestasyonları
14:00	Dr. Merve Mepa	Sanatsal Araştırma Aracı Olarak: Ağ Oluşturma ve Haritalama
14:15	Dr. Öğretim Üyesi İsmail Seçkin Çardaklı	Kalay Katkılı Hidroksiapatit Nano Çubukların Yapısal Karakterizasyonu
14:30	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (2. Gün - 4. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Dr. Öğretim Üyesi Onur Kılıç		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
13:30	Dr. Öğretim Üyesi Onur Kılıç	Bulanık Mantık İle Mimari Tasarım Çözümü Üretme Yaklaşımları
13:45	Merve Safa Bekler	1950'li Yıllar ve Sonrası Modernleşme Sürecinde Mobilya'nın Gelişimi: Dünya ve Türkiye'deki Yansımaları
14:00	Araştırmacı Helin Saraç - Prof.Dr. Aybike Ayfer Karadağ	Orman Okulu Eğitim Modelinde Oyun Algısı: Düzce Hayalimiz Orman Anaokulu Örneği
14:15	Dr. Öğretim Üyesi Onur Kılıç	İç Mimaride Yapay Zekanın Kullanım Olanaklarının Ulaştığı Seviyeye Bir Bakış
14:30	Araştırmacı Ecrin Kar - Prof.Dr. Aybike Ayfer Karadağ	Deprem Ekosistem Hizmetlerine Etkilerine İlişkin Bilimsel Değerlendirmeler
14:45	Çay Kahve Arası	

5. Oturum

## Salon1 (2. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Prof.Dr. Ali Uçar		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Arş.Gör. Sevgi Karaca - Prof.Dr. Ali Uçar	Kuvarsın Piston Pres Kullanılarak Aey ile Modellenmesi
15:15	Emirhan Altıntaş - Yusuf Alphan - Doç.Dr. Cengiz İpek	Kahramanmaraş Depreminde Baraj Tesislerinin ve İçme Suyu Hatlarının İncelenmesi
15:30	Mustafa Karaer - Şevval Özer - Doç.Dr. Cengiz İpek	Binaların Güçlendirilmesi
15:45	Araştırmacı Emine Defne Parlak - Araştırmacı Burak Mert Varol - Dr. Öğretim Üyesi Cengiz İpek	Hastanelerin Depremde Davranışı
16:00	Berk Zenger - Ömer Akgöl - Doç.Dr. Cengiz İpek	Çelik Yapıların Depreme Dayanıklılığı: Tasarım ve Analizi
16:15	Çay Kahve Arası	

## Salon2 (2. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Fatih Fırat		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Doç.Dr. Fatih Fırat	Tur Yapılamayan Dar Ağzılı Divertikül İçi Tümörü Olan Olguda Açık Eksizyon Yöntemi
15:15	Doç.Dr. İbrahim Yılmaz - Doç.Dr. Ülkün Ünlü Ünsal - Doç.Dr. Numan Karaarslan - Doç.Dr. Salim Şentürk - Doç.Dr. Serdar Çevik	Tip 2 Diyabetes Mellitus ile İlişkili Alzheimer Hastalığında Sglt2 İnhibitörlerinin Rolü
15:30	Doç.Dr. Hilal Hocagil	Şiddetli Kas Ağrısı Menenjit İçin Uyarıcı Bir Semptom Mudur'
15:45	Arş.Gör. Mustafa Sarı - Arş.Gör. Demet Öztürk - Dr.Araştırmacı Halil İbrahim Çelik - Prof.Dr. Nilgün Bek	Üniversite Çalışanlarının Kas İskelet Sistemi Maruziyeti ve Fiziksel Aktivite Seviyeleri Yönünden İncelenmesi
16:00	Dr. Omer Tontus - Dr. Aydan Ay	Birlesik Krallık Plastik Cerrahi Kliniklerinde Çqc Raporlarının Değerlendirilmesi: Kapsamlı Bir Analiz
16:15	Çay Kahve Arası	

## Salon3 (2. Gün - 5. Oturum)

Oturum Başkanı		Oturum Başkan Yrd.
Doç.Dr. Erdal Onur Diktaş		
Sıra	Yazar Bilgisi	Bildiri Bilgileri
15:00	Beyza Gökkaya - Doç.Dr. Erdal Onur Diktaş	Cumhuriyet Öncesi Yakın Dönemden Günümüze Kadar Kentsel Değişim ve Dönüşümün Türkiye'deki Gelişimi Üzerine
15:15	Araştırmacı Sultan Boz - Prof.Dr. Hayat Zengin Çelik	30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi Sonrası Bayraklı İlçesi Yapı Hasar Durumlarının Kentsel Gelişim Biçimi Üzerinden Değerlendirilmesi
15:30	Nilay Dağlar Özcan - Doç.Dr. Cenk Hamamcıoğlu	İstasyonlar ile İlişkili Meydanların Mekânsal Değişimine Yönelik Bir İrdeleme: İstanbul'da Sirkeci-Yedikule Raylı Sistem Hattı İstasyonları
15:45	Araştırmacı Beyza Ece Emeksiz - Dr. Öğretim Üyesi Ayça Yeşim Çağlayan	Kent Hakkı Kavramının Peyzaj Mimarlığı Bağlamında Değerlendirilmesi'
16:00	Doç.Dr. Tuğçe Çelik	Mimari Tasarımda Doğal Işık: Velux Daylight Visualizer Programı ile Simülasyon

# İÇİNDEKİLER

Yunus Çiklit (Cyrtocara Moorii Boulenger, 1902) Balıklarını Erkek Bal Arısı Larvası (Apilarnil) İle Beslemenin Yumurta Verimi Ve Larval Gelişime Etkisinin Araştırılması	Ebru Yılmaz, Mukaddes Maral Beşlioğlu	2
Balık Yemi Boyutunun Azotlu Bileşiklerin Tatlı Suya Salınımı Üzerine Etkisi	Meryem Öz	12
Covid-19 Pandemi Sürecinde Ordu İlindeki Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi	Serap Samsun, Ebru Yılmaz	19
Perspectives Of Companies On Industrial Metrology Services İn Türkiye	Can Ekici	29
Yönlendirilmiş Yongalevha Üretiminde Karakavak (Populus Nigra L.) Odununun Kullanımı: Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi	İzham Kılınc, Abdülkadir Yıldız , Şeref Kurt, Çağlar Altay	38
Cı Reaktif Red 195 İle Boyanmış Örme Kumaşın Ekolojik Renk Açma/Söküm İşlemi	Ahmet Dağlı, , Meliha Oktav Bulut	57
Soru Tipolojisi Basamakları Ve Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamaklarına Uygun Fen Bilimleri Soru Örnekleri	Kübra Duran, Murat Gökdere	
Bir Pedal Haritasının Araç Sarsıntısı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması	Batuhan Boduroglu, Muzaffer Metin	63
Betonarme Kirişlerde Donatı Yerleşimi Ve Beton Örtüsünün Aderansa Ve Kirişin Performansına Etkisi Üzerine Bir İnceleme	Berkay Çakır, Orhan Doğan	75
Şerit Tespiti Yapan Bir Sürücü Güvenlik Destek Sisteminin Çevresel Koşullar Altında Performans İncelemesi	Muhammed Doruk Çapraz, Ersen Yılmaz	88
Geçirimli Yüzey Kaplamalarında Yağış-Akış İlişkisinin İncelenmesi	Ensar Kesikbaş	100
Depremde Dolgu Duvarların Davranış Etkisinin İncelenmesi	Anıl Ceylan, Nurdagül Akça, Cengiz İpek	108
Deprem Bölgesi Altyapı Sistemlerinin İncelenmesi	Özgür Akdemir, Yusuf Arkan, Cengiz İpek	118
Rüzgar Türbinlerinin Sismik Yük Altında Davranışının İncelenmesi	Ceren Gökmen, Resul Konukcu, Cengiz İpek	128
Tbdy 2018'e Göre Dolgu Duvarların İncelenmesi	Mohammad Edris Jouaneh, Cengiz İpek	138
Perde Duvarın Betonarme Yapı Davranışına Etkisi	O dai Alkaleh, Cengiz İpek	148
Çelik Yapıların Depreme Dayanıklılığı: Tasarım Ve Analizi	Berk Zenger, Ömer Akgöl, Cengiz İpek	159
Tarihi Yapıların Dinamik Olarak İncelenmesi	Nazif Ekinci, Cengiz İpek	170
Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması: Neden Mikro Rüzgâr Türbini?	Yasin İcel	180
Farklı Oranlarda Leblebi Ve Mısır Unuyla Zenginleştirilmiş Atıştırmalık Balık Cipslerinin Üretimi Ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi	Orhan Özünlü	189

Mxene Ve Max İle Metilen Mavisin'in Adsorbsiyonu	Mustafa Yegin, Aytekin Çelik, Özge Hanay, Halil Hasar	199
Mxene İle Bazik Red (46) Boyanın Adsorpsiyonu	Umay Halisdemir, Yunus Aksoy, Yusuf Köse, Halil Hasar	209
Fotovoltaik Cihazlarda Altıgen Ve Kare Tipte Nanoçubuk Örgüleri	Turgut Tut	217
Şiddetli Kas Ağrısı Menenjit İçin Uyarıcı Bir Semptom Mudur?	Hilal Hocagil	226
Ağız Sağlığı Okuryazarlığı	Özkan Büyük, Berşan Karadede, Mehmet İrfan Karadede	228
Bal Arılarında (Apis Mellifera) Yaşanan Ani Koloni Kayıplarında İmidaclopridin Rolü	Ahmet Karabulut, Muammer Elmas	235
Orman Okulu Eğitim Modelinde Oyun Algısı: Düzce Hayalimiz Orman Anaokulu Örneği	Helin Saraç, Aybike Ayfer Karadağ	245
Depremın Ekosistem Hizmetlerine Etkilerine İlişkin Bilimsel Değerlendirmeler	Ecrin Kar, Aybike Ayfer Karadağ	255
Cumhuriyet Öncesi Yakın Dönemden Günümüze Kadar Kentsel Değişim Ve Dönüşümün Türkiye'deki Gelişimi Üzerine	Beyza Gökkaya, Erdal Onur Diktaş	272
30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi Sonrası Bayraklı İlçesi Yapı Hasar Durumlarının Kentsel Gelişim Biçimi Üzerinden Değerlendirilmesi	Sultan Boz, Hayat Zengin Çelik	283
Kent Hakkı Kavramının Peyzaj Mimarlığı Bağlamında Değerlendirilmesi'	Beyza Ece Emeksiz, Ayça Yeşim Çağlayan	295
İstasyonlar İle İlişkili Meydanların Mekânsal Değişimine Yönelik Bir İrdeleme: İstanbul'da Sirkeci-Yedikule Raylı Sistem Hattı İstasyonları	Nilay Dağlar Özcan, Cenk Hamamcıoğlu	301
Mekân – Strüktür İlişkisinin Tarihsel Süreçteki Gelişiminin İncelenmesi	Canberk Özcan, Muzaffer Tolga Akbulut	312
Soru Tipolojisi Basamakları Ve Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamaklarına Uygun Fen Bilimleri Soru Örnekleri	Kübra Duran, Murat Gökdere	322



# FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ

## **Yunus Çiklit (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) Balıklarının Erkek Bal Arısı Larvası (Apilarnil) ile Beslemenin Yumurta Verimi ve Larval Gelişime Etkisinin Araştırılması**

**Ebru YILMAZ<sup>1</sup>, Mukaddes MARAL BEŞLİOĞLU<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>E-mail: ebruyilmaz@odu.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0002-4090-558X>, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Fatsa/Ordu/Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: mukaddes.maral.beslioglu@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9557-9593>, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Fatsa/Ordu/Türkiye.

---

---

### **Özet**

Bu çalışmada yunus çiklit balıklarının (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) erkek bal arısı larvası (apilarnil) ile beslenmesinin yumurta verimi ve larval gelişim üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemenin birinci aşaması biri kontrol grubu olmak üzere toplam 4 grupta üç tekerrürlü olarak tasarlanmıştır (KD=kontrol dişi, KE=kontrol erkek, AD=apilarnil dişi, AE=apilarnil erkek). Araştırmanın ikinci aşamasında gruplardaki balıklar farklı kombinasyonlarda bir araya getirilmiştir (KD+KE, KD+AE, AD+KE, AD+AE). Araştırma sonucunda; yaşama oranı bakımından hem dişi hem erkek apilarnil ile beslenen grubun (AD+AE), diğer gruplardan daha yüksek yaşama oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca erkek arı larvası ile beslenen yunus çiklit yumurta ve larvalarında yaşama gücü en düşük %91.67 oranı ile KD+KE grubunda gözlenirken, diğer gruplarda yaşama gücü %100 oranında gerçekleşmiştir. Denemede apilarnilin yumurta ve larvalarda yaşama oranını, anaç balıklarda da üreme kapasitesini pozitif yönde etki ettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Apilarnil, yunus çiklit balığı, *Cyrtocara moorii*, yumurta verimi, larval gelişim.

---

---

### **Abstract**

**Investigation of the Effect of Feeding Dolphin Cichlid (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) Fish with Drone Larva (Apilarnil) on Egg Production and Larval Development:** This study shows the effects of feeding dolphin cichlid fish (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) with drone larvae (apilarnil) on egg production and larval development were investigated. The first stage of the study was designed as three replications in 4 groups, one of which was the control group (CF=control female, CM=control male, AF=apilarnil female, AM=apilarnil male). In the second stage of the study, the fish in the groups were brought together in different combinations (CF+CM, CF+AM, AF+CM, AF+AM). As a result of the research, it was determined that the group fed with both female and male apilarnil (AF+AM) had a higher survival rate than the other groups. In addition, dolphin cichlid eggs and larvae fed with drone larvae had the lowest survival rate of 91.67% in the CF+CM group, while the survival rate was 100% in other groups. In the experiment, it was observed that apilarnil positively affected the survival rate in eggs and larvae and reproductive capacity in broodstock fish.

**Keywords:** Apilarnil, dolphin cichlid fish, *Cyrtocara moorii*, egg production, larval development.

---

---

## GİRİŞ

Dünya genelinde ülkeler arasındaki ticaret yollarıyla yılda 2 milyardan fazla olacak şekilde canlı akvaryum balığı taşındığı bildirilmektedir (Monticini, 2010; Raja vd., 2019). 2020 yılında akvaryum balıkları dünyada en fazla ticareti yapılan 3110. ürün olmuştur. Süs balığı ihracatı 2019 - 2020 yıllarında %-2.1 azalma göstererek 330 milyon dolara düşmüştür. Akvaryum balıkları ticaretinin, toplam dünya ticaretinin %0.002 kadarını temsil ettiği bildirilmektedir (OEC, 2022). 2021 yılında 5.4 milyar dolar olarak belirlenen akvaryum balıkları pazar büyüklüğünün, 2022 - 2030 yılları arasında yılda %8.5 artışla büyümesi beklenmektedir (Anonim, 2022a). 2019 yılında dünya genelinde Asya Pasifik bölgesi en önemli süs balıkları pazarı haline gelmiştir. Bu pazarın bu kadar büyümesi ve önem kazanması bu canlılara yönelik talebin artmasından kaynaklanmıştır (Anonim, 2022b).

Son yıllarda ülkemizde de akvaryum balıkları yetiştiriciliğinde önemli gelişmeler olmuştur. Özellikle akvaryumcu sayısında ve üretim yapan işletme sayılarında artışlar dikkat çekmektedir (Alpbaz, 1984). Su ürünleri yetiştiriciliğinin içinde yer alan akvaryum balıkları üretiminin ekonomik değeri oldukça yüksektir. Sahip olduğu zengin su kaynakları yanında ülkemiz, akvaryum canlılarının yetiştirilmesine uygun iklim özelliklerine de sahiptir (Kayapınar, 2007). 2019'da ülkemiz akvaryum canlılarının toplam ithalat değerinin 2.721.699 ₺ ve ihracat değerinin 229.505 ₺ olduğu, 2020 yılında ise ülkemizin 295 bin dolar ithalat ve 44.1 bin dolar ihracat oranı gerçekleştirdiği bildirilmektedir (TÜİK, 2019; OEC, 2022).

Diğer yetiştiricilik sektörlerinde olduğu gibi akvaryum canlılarının üretiminde de yem ve yemleme konusu oldukça önemlidir (Bilal ve Danyer, 2021). Balıklar açısından ele alındığında yem ve beslenmenin; renklenme, üreme ve büyümeyi doğrudan etkilediği söylenebilir (Yılmaz vd., 2004). Tüm yetiştiricilik sistemlerinde olduğu gibi süs balıklarının yetiştiriciliğinde de yavru alımı ve büyütülmesi önem arz etmektedir. Yetiştiricilikte ideal verimin elde edilmesi için üretilen canlı türünün üremesinin gerçekleşmesi gerekir (Karslı vd., 2014). Üretimi yapılan damızlık balıklar ne kadar dengeli ve ideal rasyonlarla beslenirse elde edilecek larva ve yavrular da o derece sağlıklı olur (Bağcı ve Köprücü, 2012).

Diğer bir ifadeyle balıklarda üreme; pekçok faktörle etkileşim halindedir bu faktörler de özellikle ideal yem ve doğru yemleme, stres oluşturan etmenler ve tüm yetiştiricilik koşulları olarak sayılabilir (Hardy, 1985; Watanabe vd., 1985; Bromage vd., 1992; Campbell vd., 1992). Balıklarda oluşacak gamet kalitesine beslenme doğrudan etkiye sahiptir (Harlıoğlu ve Kutluyer, 2011). Bu çalışmada, yunus çiklit (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) balıklarının erkek bal arısı larvası (apilarnil) ile beslenmesinin yumurta verimine ve larval gelişmeye etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

İki aşamalı olarak planlanan denemede her iki aşamada 60 l'lik 12 adet cam akvaryum kullanılmıştır. Denemenin ikinci aşamasında ayrıca yumurta, yavru ve kuluçka makinaları 60 l'lik 4 adet akvaryuma koyulmuştur. Denemede ortalama canlı ağırlığı  $6.16 \pm 0.14$  g ve total boyu  $7.36 \pm 0.11$  cm olan toplamda 132 adet (102D+30E) yunus çiklit balığı (*Cyrtocara moorii* Boulenger, 1902) kullanılmıştır.

Araştırma süresince akvaryumlarda dinlendirilmiş musluk suyu kullanılmıştır. Akvaryumların dip kısmında biriken yem ve dışkı artıklarının ortamdaki uzaklaştırılması için haftada bir kez suyun  $\frac{1}{4}$ 'ü sifon yapılmıştır. Su parametreleri bakımından pH, çözünmüş oksijen ve su sıcaklığı haftada bir kez

ölçülmüştür. Denemenin her iki aşamasında da çiklit granül yem ile besleme yapılırken, balıklara sadece birinci aşamada kondisyon kazandırmak amacı ile çiklit granül yemin yanında apilarnil ile besleme yapılmıştır (Şekil 1). Araştırmada kullanılan yemlerden granül yemin besin değerleri; ham protein %42, ham yağ %6, ham selüloz %3 ve ham kül %7, apilarnilin ise ham protein %8, ham yağ %6 ve ham kül %1'dir. Deneme boyunca kullanılan apilarniller ilkbaharda kovanda kapatılmayan 3 ile 7 günlük erkek arı gözlerinden temin edilmiştir. Araştırma süresince apilarniller derin dondurucuda -18°C'de korunmuştur (Diler ve Eralp, 2013; Şahin, 2020).



**Şekil 1.** Denemede kullanılan yemler

Araştırmanın birinci aşaması 1 ay, 2. aşaması ise 2 ay devam etmiştir. İlk aşama; biri kontrol grubu olmak üzere toplam 4 grupta 3 tekrürlü olarak dizayn edilmiştir. Bu gruplar; kontrol dişi KD, kontrol erkek KE, apilarnil dişi AD, apilarnil erkek AE harfleri ile gösterilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Denemedeki grupların görünümü – 1. aşama

Gruplar			
1	2	3	4
KD1	KE1	AD1	AE1
KD2	KE2	AD2	AE2
KD3	KE3	AD3	AE3

Denemenin 1. aşamasında; üreme olmaması için dişi ve erkek balıklar akvaryumlara ayrı yerleştirilmiştir. 1. ve 2. gruplar (KD ve KE) günde üç defa doyana kadar granül yem ile, 3. ve 4. gruplar ise (AD ve AE); iki defa granül yemin yanında 3. öğün olarak, doyana kadar apilarnille beslenmiştir. Balıklara bir ay süresince üreme bakımından kondisyon kazandırılması amaçlanmıştır. Araştırma boyunca akvaryumlardaki ısıtıcılarla su sıcaklığı 25±1°C olarak ayarlanmıştır.

2. aşamada; deneme gruplarındaki balıklar farklı kombinasyonlarda akvaryumlara yerleştirilmiştir. Balıklar erkek/ dişi (E/D) oranı bakımından ilgili literatür ışığında 4 dişi/1 erkek (4D/1E) olmak üzere akvaryumlara koyulmuştur (Karşlı vd., 2014; Karadal ve Güroy, 2015; Şahin, 2020). 1. aşamadaki balıkların sayısını belirlerken, 2. aşamadaki dişi/erkek (D/E) oranı dikkate alınmıştır. 1. aşamada ölüm riski dikkate alınarak her akvaryuma +1 fazla balık yerleştirilmiştir. 1. aşamada böylece akvaryumlara 17 dişi ve 5 erkek balık olarak stoklama yapılmış ve toplamda 132 adet (102D+30E) balık kullanılmıştır. 2. aşamada; apilarnille beslenmiş balıklarda, yumurta veriminin ve larval gelişimin etkilerinin tespit edilebilmesi için balıklar farklı kombinasyonlarla bir araya getirilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Denemedeki grupların görünümü – 2. aşama

Gruplar			
1	2	3	4
KD1+KE1	KD1+AE1	AD1+KE1	AD1+AE1
KD2+KE2	KD2+AE2	AD2+KE2	AD2+AE2
KD3+KE3	KD3+AE3	AD3+KE3	AD3+AE3

2. aşamada; birinci grubu kontrol grubu dişi ve erkekler (KD+KE), ikinci grubu kontrol grubu dişi ve apılarnille beslenen erkekler (KD+AE), üçüncü grubu apılarnille beslenen dişi ve kontrol grubu erkekleri (AD+KE), dördüncü grubu ise apılarnille beslenen dişi ve erkekler (AD+AE) oluşturmuştur. 2. aşamada bütün gruplar günde 3 defa doyana kadar sadece granül yem ile beslenmiştir. Denemenin bu aşamasında gruplardaki her bir akvaryuma 10 adet (8 dişi+2 erkek) balık koyulmuştur. 2. aşamada toplam 120 adet (96D+24E) balık kullanılmıştır. Deneme süresince 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık olacak şekilde doğal fotoperiyot uygulanmıştır (Karadal ve Güroy, 2015). 2. aşamada üremeyi teşvik edebilmesi bakımından akvaryumlardaki su sıcaklığı 27±1°C olarak ayarlanmıştır (Qaranjiki, 2017; Şahin, 2020).

Balıkların kusturulması; 1. günden başlayarak 14 gün sayılarak 15. günde gerçekleştirilmiştir. Her 15 günde bir alınan yumurta ve keseli larvalar kuluçka makinalarına yerleştirilmiştir. Bu yavrular besin keseleri çekilerek yüzmeye başladıkları zaman kuluçka makinalarından akvaryum içine bırakılmıştır. Yavru balıklara günde beş defa az miktarda öğütülmüş yem ile besleme yapılmıştır.

Araştırma sonunda elde edilen yumurta miktarının tespit edilmesinde gerçek sayım yöntemi kullanılmıştır. Yumurtalar sayıca az olduğu için tek tek sayılmıştır (Atay, 1989). Deneme süresince dişi anaçlardan alınan canlı ürünler; yumurta (Y), gözlenmiş yumurta (GY), besin keseli larva (BKL), yavru (YA) olmak üzere dört kategori altında ayrılarak sayımı gerçekleştirilmiştir (Karadal ve Güroy, 2015; Şahin, 2020). Elde edilen veriler; aşağıdaki formüllere göre değerlendirilmeye alınmıştır (Suzuki ve Fukuda, 1971; Diler ve Eralp, 2013; Yiğit, 2018).

$$\text{Yaşama oranı} = (N_t/N_{t-1}) \times 100$$

$N_t$ =Araştırma sonundaki balık sayısı (adet)

$N_{t-1}$ =Araştırma başındaki balık sayısı (adet)

$$\text{Döllenme oranı (DO)} = (\text{Döllenmiş yumurta sayısı} / \text{Yumurta sayısı}) \times 100$$

$$\text{Açılım oranı (Kuluçka randımanı, AO)} = (\text{Çıkan canlı yavru adeti} / \text{Toplam yumurta adeti}) \times 100$$

$$\text{Çıkış gücü (ÇG)} = (\text{Canlı yavru adeti} / \text{Döllenmiş yumurta adeti}) \times 100$$

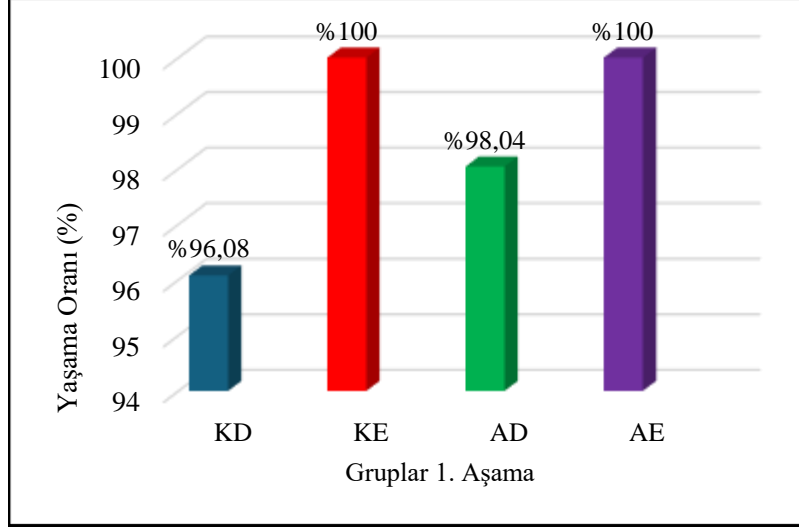
$$\text{Keseli dönemde yaşama gücü (YG)} = (\text{Serbest yüzme dönemine ulaşan yavru adeti} / \text{Keseli yavru adeti}) \times 100$$

Verilerin istatistiki olarak tanımlanması, hesaplamalar ve grafik çizimleri Mikrossoft Excel programında yapılmıştır.

## BULGULAR

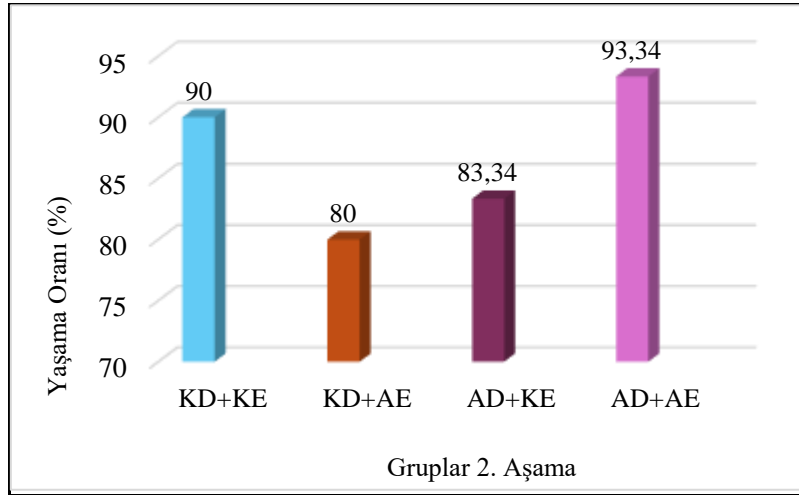
Denemenin birinci aşamasında gruplardaki ortalama su sıcaklığı, pH ve çözünmüş oksijen parametreleri sırasıyla 25.25°C, 8.39 ve 8.60 mg/l, ikinci aşamasında ise sırasıyla 26.55°C, 8.29 ve 8.44

mg/l olarak belirlenmiştir. Araştırmada birinci aşama süresince görülen yaşama oranları Şekil 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** 1. aşamada gruptardaki yaşama oranları

1. aşama süresince en yüksek yaşama oranı KE (%100) ve AE (%100) gruplarında, en düşük ise KD grubunda (%96.08) belirlenmiştir. 2. aşamada balıkların yaşama oranları Şekil 3’te verilmiştir.



**Şekil 3.** 2. aşamada gruptardaki yaşama oranları

2. aşama süresince en yüksek yaşama oranı AD+AE grubunda (%93.34), en düşük ise KD+AE (%80) grubunda belirlenmiştir. Araştırma sonunda gruptardaki yumurta ve larvalardan; dölleme oranı (DO), açılım oranı (AO), çıkış gücü (ÇG) ve keseli dönemde yaşama gücü (YG) parametreleri hesaplanarak Tablo 3’te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Döllenme oranı (DO), açılım oranı (AO), çıkış gücü (ÇG) ve keseli dönemde yaşama gücü (YG) parametreleri (%)

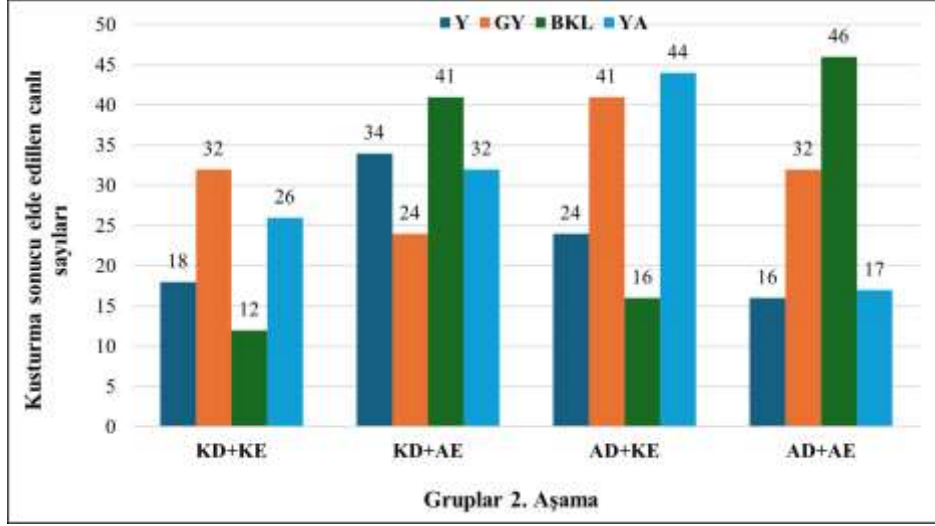
Gruplar	DO	AO	ÇG	YG
<b>KD+KE</b>	100	100	94.44	91.67
<b>KD+AE</b>	100	100	100	100
<b>AD+KE</b>	100	97.5	97.5	100
<b>AD+AE</b>	100	100	100	100

Tüm gruplarda döllenme oranı %100 olarak tespit edilmiştir. Açılım oranı bakımından en düşük AD+KE grubunda %97.5 oranında belirlenirken, diğer gruplarda açılım oranı %100 olmuştur. Çıkış gücü açısından en yüksek KD+AE ve AD+AE gruplarında %100 olarak belirlenirken, en düşük KD+KE grubunda (%94.44) tespit edilmiştir. Yaşama gücü bakımından en düşük %91.67 oranı ile KD+KE grubunda gözlenmiş, diğer gruplarda ise yaşama gücü %100 olarak belirlenmiştir. Kusturma günlerindeki (15, 30, 45 ve 60. günler) gruplardaki balıklardan alınan; yumurta (Y), gözlü yumurta (GY), besin keseli larva (BKL) ve yavru (YA) sayıları Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4.** 2. aşamada elde edilen yumurta (Y), gözlü yumurta (GY), besin keseli larva (BKL) ve yavru (YA) sayıları (adet)

Gruplar	Y	GY	BKL	YA	Toplam
<b>KD+KE</b>	18	32	12	26	<b>88</b>
<b>KD+AE</b>	34	24	41	32	<b>131</b>
<b>AD+KE</b>	24	41	16	44	<b>125</b>
<b>AD+AE</b>	16	32	46	17	<b>111</b>
<b>Toplam</b>	<b>92</b>	<b>129</b>	<b>115</b>	<b>119</b>	<b>455</b>

Yumurta sayısı (Y) en az AD+AE (16), en çok KD+AE (34), gözlü yumurta sayısı (GY) en az KD+AE (24), en çok AD+KE (41), besin keseli larva sayısı (BKL) en az KD+KE (12), en çok AD+AE (46), yavru sayısı en az AD+AE (17), en çok ise AD+KE (44) gruplarında belirlenmiştir. Deneme sonunda toplam canlı sayıları bakımından ilk sırada KD+AE grubunun (131) geldiği, onu sırasıyla AD+KE (125), AD+AE (111) ve KD+KE (88) gruplarının izlediği tespit edilmiştir. Denemede canlı grubu bakımından toplamda en fazla gözlü yumurta (GY=129), en az ise yumurta (Y=92) elde edilmiştir. Araştırma sonucunda toplamda elde edilen canlı sayısı ise 455 adettir. 2. aşamada gruplarda kusturma sonucunda elde edilen canlı sayılarına ait grafik Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. 2. aşamada gruplarda kusturma sonucunda elde edilen canlı sayıları

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırmanın 1. aşama yaşama oranı bulguları en yüksek KE ve AE gruplarında %100 olarak görülmüştür. Yapılan benzer çalışmalarda araştırmacılar en yüksek yaşama oranını; Genç vd., (2006) tubifeks grubunda %94.45, Şahin (2012) 3A (artemia)+1MY (mikropartikül yem) grubunda %97.78 ve Şahin (2020) çalışmasının 1. aşamasında KE grubunda %100 olarak tespit etmişlerdir. En yüksek yaşama oranı Şahin (2020)'de de KE grubunda görülmesi bakımından benzerlik göstermektedir. Araştırmanın 2. aşama yaşama oranı bulguları en yüksek AD+AE grubunda (%93.34) görülmüş olup, Şahin (2020)'nin 2. aşama en yüksek yaşama oranı bulgusu (AD+AE grubu %86.67) ile benzerdir. Yapılan çalışmalarda genel olarak canlı yem kaynağı kullanılan yemlemelerde yaşama oranlarının yüksek olduğu ve apılarnille beslemenin yaşama oranını olumlu yönde desteklediği söylenebilir.

Denemede yumurta ve larvalarda; dölleme oranı (DO), açılım oranı (AO), çıkış gücü (ÇG) ve keseli dönemde yaşama gücü (YG) bakımından en yüksek oran KD+AE (%100) ve AD+AE (%100) gruplarında görülmüştür. Şahin (2020)'in çalışmasında da benzer şekilde bu parametreler bu iki grupta %100 olarak tespit edilmiştir. Bu benzerliğin de çiklit balıklarında apılarnil ile beslemenin dölleme oranını, açılım oranını, çıkış gücünü ve keseli dönemde yaşama gücünü pozitif etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen toplam canlı sayısı 455 adet olup; bu sayıyı Karadal ve Güroy (2015) 570, Şahin (2020) ise 508 adet olarak bildirmiştir. Toplam elde edilen canlı sayısı bakımından çalışmada elde edilen değer bu iki çalışmadan elde edilen değerden düşüktür. Araştırmada toplam yumurta sayısı (Y) 92, gözlü yumurta (GY) 129, besin keseli larva (BKL) 115 ve yavru (YA) 119 adet olarak tespit edilmiştir. Karadal ve Güroy (2015) çalışmasında Y=302, GY=57, BKL=193 ve YA=18 adet, Şahin (2020) ise Y=95, GY=167, BKL=173 ve YA=73 olarak bildirmişlerdir. En yüksek yavru (YA) sayısı bu araştırmadan elde edilirken, en yüksek toplam yumurta (Y) ve besin keseli larva (BKL) sayıları Karadal ve Güroy (2015)'un, en yüksek gözlü yumurta (GY) sayısı ise Şahin (2020)'in çalışmasından elde edilmiştir. Bu farklılıkların da her bir çalışmanın kendine özgü deneme stratejileri, yem tipleri,

besleme protokolleri ve balık türü gibi özellikleri olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Denemede elde edilen en yüksek besin keseli larva (BKL) sayısı 46 olup AD+AE grubunda ve en yüksek yavru (YA) sayısı da 44 adet olup AD+KE grubunda tespit edilmiştir. Şahin (2020)'nin çalışmasında da en yüksek BKL (55) ve YA (28) sayıları benzer şekilde AD+AE ve AD+KE gruplarında görülmüştür. Deneme süresince elde edilen toplam canlı sayısı gruplar bakımından değerlendirildiğinde; en yüksek canlı sayısı KD+AE grubunda (131), en düşük ise KD+KE grubunda (88) tespit edilmiştir. Benzer şekilde Şahin (2020) de çalışmasında en yüksek canlı sayısını KD+AE grubunda (198) ve en düşük KD+KE grubunda (75) belirlemiştir. Denemede androjen hormon içeriği yüksek olan apılarnillerle (Yücel vd., 2011; Silici, 2019) beslenen erkek balıkların yavru verimi ve üreme performansı açısından pozitif yönde etkilendiği söylenebilir.

Sonuç olarak, yapılan kapsamlı literatür çalışmasında balıkları apılarnil ile besleme ve üreme performansına etkisi konusunda sadece Şahin (2020)'in çalışmasına rastlanılmıştır. Yapılan çalışmalara bakıldığında çoğunlukla domuz ve broylerlerde anabolik ve androjenik etkiler konusunda olduğu görülmektedir. Bu konuların özellikle; büyüme, kan parametreleri, stres, erkek bireylerin eşey ağırlıkları, ibik büyümesi, testesteron kalitesi, cinsi olgunluk yaşı ve sperm kalitesi hakkında olduğu dikkat çekmektedir. Denemede yunus çiklit balıklarının apılarnili severek ve iştahla tükettikleri, yaşama oranı, dölllenme oranı, çıkış gücü, yavru verimi ve üreme performansını pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün B-2128 kodlu numaralı projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışma yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Alpbaz, A. (1984). *Aquarium techniques and aquarium fish book*. Acargil Matbaası, İzmir, 163-193.
- Anonim, (2022a). Süs Balıkları Pazarı Büyüklük, Pay ve Trendler Analiz Raporu, Ürüne, Uygulamaya ve Bölgeye Göre Sektör Tahminleri, 2022-2030 <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/ornamental-fish-market> Erişim tarihi:22.01.2024
- Anonim, (2022b). Global Ornamental Fish Market Size, Share & Industry Trends Analysis Report By Application, By Product, By Regional Outlook and Forecast, 2022–2028. [https://www.reportlinker.com/p06289278/Global-Ornamental-Fish-Market-Size-Share-Industry-Trends-Analysis-Report-By-Application-By-Product-By-Regional-Outlook-and-Forecast-.html?utm\\_source=GNW](https://www.reportlinker.com/p06289278/Global-Ornamental-Fish-Market-Size-Share-Industry-Trends-Analysis-Report-By-Application-By-Product-By-Regional-Outlook-and-Forecast-.html?utm_source=GNW) Erişim tarihi:01.03.2024
- Atay, D. (1989). *Populasyon dinamiği*. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları No: 1154, Ankara. 306 s.
- Bağcı, E. & Köprücü, K. (2012). Balıkların üreme performansına beslemenin etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5(1):83-86.
- Bilal, T. & Danyer, E. (2021). Akvaryum ve hayvanat bahçelerinde balık beslenmesi sırasında karşılaşılan beslenme hastalıkları. *Türkiye Klinikleri*, 52-57.

- Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., Duston, J. & Barker, G., (1992). Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100:141-166.
- Campbell, P.M., Pottinger, T.G. & Sumpter, J.P. (1992). Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biology of Reproduction*, 47:1140-1150.
- Diler, İ. & Eralp, H. (2013). Diskus (*Symphysodon* spp.) balığı anaç yemlerine eklenen astaksantin yumurta verimi, kalitesi ve açılım oranı üzerine etkisinin belirlenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 9(1):9-20.
- Genç, M. A., Turan, F., Akyurt, İ., Gökçek, K., Demirci, A. & Gürlek, M. (2006). Karabalık (*Clarias gariepinus*) larvalarının çam yaprağı arısı tırtılı (*Neodiprion sertifer*) ile beslenebilme olanaklarının belirlenmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(2):223-226.
- Hardy, R. (1985). *Salmonid broodstock nutrition*. In: Iwamoto, R., Sower, S. (Eds.), *Salmonid Reproduction*, Washington Sea Grant Programme, University of Washington, Seattle. pp. 98-108.
- Harlıoğlu, A.G. & Kutluyer, F. (2011). Balıklarda sperm kalitesine yağ asitlerinin etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, FABA 2011 Symposium Special Issues, 2(5):37-45.
- Karadal, O. & Güroy, D. (2015). Çiklit balıklarında albinoluğun üreme performansı üzerine etkisi: Mavi ve beyaz prenses (*Pseudotropheus socofofi*) örneği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(3):159-163.
- Karlı, Z., Aral, O. & Yeşilayer, N. (2014). Farklı oranlarda yeme ilave edilen iki farklı hormonun (17β-Estradiol, 17α-Metilttestosteron) ahli çiklit (*Sciaenochromis ahli*) balığında üremeye olan etkisi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9:81-88.
- Kayapınar, A. (2007). Avrupa Birliği Ülkeleri ve Türkiye’de su ürünleri yetiştiricilik sektörünün analizi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 48s.
- Monticini, P. (2010). *The Ornamental Fish Trade. Production and Commerce of Ornamental Fish: technical-managerial and legislative aspects*. Globefish Research Programme, Vol. 102. Rome, FAO. <https://monticiniconsulting.com/wp-content/uploads/2019/02/GRP102-Ornamentalmailing-copia.pdf>  
Erişim tarihi:05.03.2024
- OEC, (2022). *Ornamental Fish. Exporters and Importers*. <https://oec.world/en/profile/hs/freshwater-ornamental-fish> Erişim tarihi:10.02.2024
- Qaranjiki, A. (2017). Sarı prenses çiklit (*Labidochromis caeruleus*) balığında embriyolojik ve larval gelişim: morfometrik ve histolojik inceleme. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Raja, K., Aanand, P., Padmavathy, S. & Sampathkumar, J.S. (2019). Present and future market trends of Indian ornamental fish sector. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(2):06-15.
- Silici, S. (2019). Bal arısı ürünleri ve apiterapi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(9):1249-1262.



- Suzuki, R. & Fukuda, Y. (1971). Survival potential of f. hybrids among salmonid fishes. *Bulletin Freshwater Fisheries Research*, 21(1):69-83.
- Şahin, T. (2012). Farklı beslenme programlarının yavru lepistes (*Poecilia reticulata*) balıklarında yaşama ve gelişme parametreleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı, İzmir.
- Şahin, P. (2020). Sarı prenses balığı (*Labidochromis caeruleus*) anaçlarının erkek bal arısı larvası (apilarnil) ile beslenmesinin üreme performansı ve vücut kompozisyonuna etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, Ordu.
- TÜİK, (2019). Dış Ticaret İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu: Ankara.
- Watanabe, T., Itoh, A., Satoh, S., Kitajima, C. & Fujita, S., (1985). Effect of dietary protein levels on chemical components of eggs produced by red sea bream broodstock. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(9):1501-1509.
- Yılmaz, M., Yılmaz, H. & Aras, N.M. (2004). Farklı yemlerin lepistes balığı (*Poecilla reticulata*)'nın üreme, pigmentasyon ve büyüme özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1-2):39-43.
- Yiğit, N. Ö. (2018). Sarı prenses (*Labidochromis caeruleus*) yavrularında kanola küspesi içeren yemlere selülaz ve fitaz enzimi ilavesinin yem dönüşüm oranı ve büyüme performansı üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(2):113-118.
- Yücel, B., Açıkgöz, Z., Bayraktar, H. & Seremet, Ç. (2011). The effects of apilarnil (drone bee larvae) administration on growth performance and secondary sex characteristics of male broilers. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(17):2263-2266.

## Balık Yemi Boyutunun Azotlu Bileşiklerin Tatlı Suyu Salınımı Üzerine Etkisi

Meryem ÖZ

E-mail: meryemoz@sinop.edu.tr; Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Sinop/Türkiye.

---

### Özet

Bu araştırmada yavru balık başlangıç yeminin boyut farklılıklarının, tatlı su yetiştiricilik sistemlerinde amonyum salınımına etkisi incelenmiştir. Araştırma 7 gün süre ile üç tekerrürlü üç grup ile yürütülmüştür. Denemede kullanılan aynı besin içeriğine sahip mikro-partikül yem 3 farklı boyutta (100-500 mikron) kullanılmıştır. Yedi günlük deneme sonunda, 0,5 litre tatlı su ve 0,5 g farklı boyutlarda balık yemi bulunan K, O ve B grubunda ortalama amonyum değerleri sırasıyla; 16,38±2,92 mg/l, 12,98±2,54 mg/l ve 8,11±1,58 mg/l ( $p>0.05$ ) olarak bulunmuştur. Bu araştırma sonunda, balık yemi boyutunun, yemden azotlu bileşiklerin salınımı ile ilişkili olduğu ve boyut azaldıkça arttığı belirlenmiştir. Bu anlamda post larva aşamasında ağız açıklığına uygun boyutlarda yemin kullanılabilmesi için, kaliteli yem içeriğinin ve su kalite parametrelerinin korunmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** amonyum, balık yemi, su ürünleri yetiştiriciliği, yem boyutu.

---

### Abstract

In this study, the effect of size differences of fry starter feed on ammonium release in freshwater aquaculture systems was examined. The research was conducted in three groups with three replications for 7 days. Micro-particle feed with the same nutritional content used in the experiment was used in 3 different sizes (100-500 micron). At the end of the seven-day trial, the average ammonium values in the K, O and B groups containing 0.5 liters of fresh water and 0.5 g of fish food of different sizes were determined as 16.38±2.92 mg/l, 12.98±2.54 mg/l and 8.11±1.58 mg/l ( $p>0.05$ ). At the end of this research, it was determined that fish feed size is related to the release of nitrogenous compounds from the feed and increases as the size decreases. In this context, it is thought that it is important to maintain quality feed content and water quality parameters in order to use feed in sizes suitable for mouth opening in the post larval stage.

**Keywords:** ammonium, fish feed, aquaculture, fish feed size.

---

## GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde su parametrelerinin uygun sınırlar içerisinde tutulması ve ideal besleme prosedürünün düzenlenmesi iki önemli unsurdur. Bu iki unsur birbirini etkilemekte ve birbirinden etkilenmektedir. Yetiştirilecek türe özgü beslenme prosedürü, yemin besin içeriğini, yem boyutunu, yem miktarını, öğün sıklığını vb. kriterleri göz önünde bulundurularak düzenlenmelidir.

Yetiştirilecek türe özgü su parametreleri (su sıcaklığı, çözülmüş oksijen içeriği, pH değeri ve azotlu bileşikler vb.), suyun fiziko-kimyasal parametrelerinin sağlanması ve kontrol altında tutulması ile düzenlenmektedir. Uygun değerlerdeki su, yemin iyi sindirilmesine katkı sağlarken, uygun özellikteki yem, suyun kalitesinin korunmasına destek olmaktadır (Ogbonna ve Chinomso, 2010; Sırakov vd., 2015; Kibria vd., 1997).

Su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde azotlu bileşikler, sucul canlıların metabolik atıkları ve tüketilmeyen yem olmak üzere başlıca iki ana kaynaktan ortaya çıkmaktadır. Azotlu bileşiklerin amonyak (NH<sub>3</sub>) ve nitrit (NO<sub>2</sub>) formu belirli miktarın üzerine çıktığında veya uzun süre maruz kalınması durumunda sucul canlılar üzerinde zararlı etki göstermektedir (Mustapha ve Akinshola, 2016; Ragap vd., 2022).

Akvaryum balıklarının yemlerindeki ham protein değerleri türün besin ihtiyacına bağlıdır ve yaklaşık olarak %28-30 ile %45-50 arasında değişmektedir (Khan ve Maqbool, 2017).

Azotlu bileşiklerin, sucul canlı yetiştiricilik sistemlerinde kontrol altında tutulmasında özellikle amonyak toksisitesine en fazla duyarlı olunan aşama ilk besleme işleminin uygulandığı ‘besin kesesinin tüketildiği aşama’ ve bunu takip eden ‘ilk yavru dönemi yetiştiricilik aşamalarıdır. Post-larva dönemi, beslenme sorunlarına ve çevre koşullarına çok duyarlı olunan ve ölüm oranının yüksek olduğu dönemlerdendir.

İlk besleme dönemi için, azotlu bileşiklerin ana kaynağı olan ham protein içeriği oldukça yüksek mikro-partikül yemler üretilmektedir. Yüksek protein içeriğine sahip bu yemler sık aralıklar ve az miktarlarda verilerek ve nispeten küçük hacimli sistemlerde post-larva ve ilk yavru dönemi yetiştiriciliği yapılmaktadır. Tüm bu uygulamalardan dolayı bu süreçte su kalitesinin korunması yetiştiriciliğin başarısını doğrudan etkilemektedir. Besin kesesini henüz tüketip dış beslenme yeteneği kazanan yavrular için, canlı türüne özgü olarak ağız açıklıklarına uygun biçimde farklı boyutlarda yemler üretilmektedir.

Kontrol edilemeyen herhangi bir nedenle, tüketilemeyerek suda kalan yemin boyutu, suya azotlu bileşiklerin salınmasını etkileyebilen faktörlerden biridir. Balık yemlerinin su kalitesi üzerine etkisi ile ilgi araştırmalar bulunmakla birlikte fazla sayıda değildir (Kibria vd., 1997; Ogbonna ve Chinomso, 2010; Sırakov vd., 2015; Kong vd., 2020; Godoy-Olmost vd., 2022; Şahin vd., 2023). Şahin 2023, farklı miktar yem, Kong vd., 2020 farklı besin içerikli yem, Kibria vd., 1997 farklı protein içeriği, farklı su sıcaklığı ve pH gibi faktörlerin, azotlu bileşiklerin salınımı üzerine etkilerini incelemiştirlerdir. Yemin boyutunun su parametreleri üzerine etkisi ile ilgili az sayıda araştırma bulunmaktadır (Yi vd., 2023; Wu vd., 2012; Li vd., 2009).

Bu araştırmada, ilk besleme dönemine uygun içerikte üretilen yüksek proteinli yemlerin boyut farklılıklarının, tatlı su yetiştiricilik sistemlerinde azotlu bileşiklerin salınımına etkisi incelenmiştir.

## YÖNTEM

Bu araştırmada, balık yavrularının başlangıç yemi olarak üretilen yemin, üç farklı boyutunun tatlı suda azotlu bileşiklerin salınımı üzerine etkileri incelenmiştir.

Üretici firma tarafında başlangıç yemi olarak üretilen, No:1, 2 ve 3 olarak adlandırılan mikro-partikül yemler kullanılarak; K (küçük) grubu, O (orta) grubu ve B (büyük) grubu oluşturulmuştur. Yemin ham protein içeriği %57, ham yağ içeriği %13 olarak bildirilmiştir. Her deneme grubu 500 ml çeşme suyu ve 0.5 g balık yemi içerecek şekilde düzenlenmiştir (Kibria vd., 1997; Wu vd., 2012; Öz vd., 2022; şahin vd., 2023). Araştırma başlangıcında kullanılan su, tüm gruplar için aynı fiziko- kimyasal özelliktedir ve balık yetiştiriciliği için uygun sınırlarda düzenlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü yedi gün süreyle günlük olarak su parametrelerinin ölçümü yapılmıştır. YSI professional plus ile Su sıcaklığı, pH ve amonyum değerleri ölçülmüştür. Araştırma süresince elde edilen tüm veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Toplam Amonyak Nitrojeni (TAN) ve NH<sub>3</sub> değerleri; NH<sub>4</sub>, su sıcaklığı ve pH değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (EPA, 1999; Emerson vd., 1975; YSI, 2007).

Araştırmada elde edilen sonuçların istatistiksel olarak analizi “Minitab Release 15 for Windows” paket programı ile yapılmıştır. Varyans analizinin ön koşullarının sağlandığı verilerde parametrik (ANOVA), sağlanamadığı durumlarda ise parametrik olmayan testler (Kruskal-Wallis) uygulanmıştır.

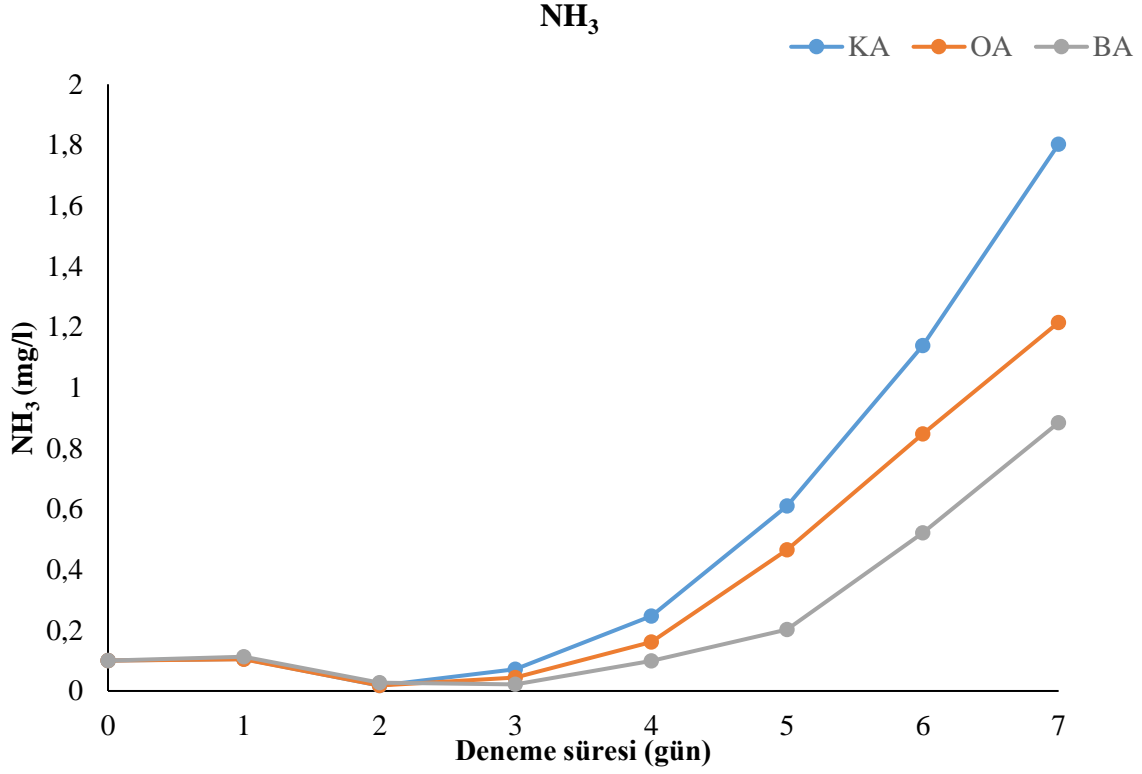
## BULGULAR

Deneme başlangıcı su parametreleri; ortalama su sıcaklığı 21,7 °C, pH 8,77, amonyum 0,18 mg/l dir. Araştırma sonunda elde edilen su parametre değerleri Tablo 1’de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Yedi günlük araştırma sonunda belirlenen ortalama su sıcaklığı (°C), pH ve amonyum (mg/l) değerleri

Deneme Grupları	Su sıcaklığı °C	pH	NH <sub>4</sub> (mg/l)
K	19,87±0,25	7,83±0,07	16,38±2,92 <sup>a</sup>
O	19,83±0,26	7,81±0,07	12,98±2,54 <sup>ab</sup>
B	19,83±0,25	7,84±0,06	8,11±1,58 <sup>b</sup>

Yedi günlük deneme sonunda, 0,5 litre tatlı su ve 0,5 g farklı boyutlarda balık yemi bulunan K, O ve B grubunda ortalama amonyum değerleri sırasıyla; 16,38±2,92 mg/l, 12,98±2,54 mg/l ve 8,11±1,58 mg/l (p>0.05) olarak bulunmuştur.



**Şekil 1.** Yedi günlük NH<sub>3</sub> günlük değişim değerleri

Yedi günlük NH<sub>3</sub> günlük değişim değerleri, K, O ve B grubunda ortalama 0,57±0,14 mg/l, 0,41±0,10 mg/l ve 0,27 mg/l olarak belirlenmiştir. Araştırmanın 4. gününde K grubunda 0,3 mg/l, O grubunda 0,2 mg/l seviyelerine, B grubunda ise 0,1 mg/l seviyesine ulaşmıştır (p<0.05). B grubunda ise bu değere 5. günde ulaşılmıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Balık yemi, sucul ortamda azotlu bileşiklerin önemli kaynaklarından biridir (Ragap vd., 2022). Yemleme stratejileri ile, bu atık miktarının kontrol edilmesi önemlidir (Godoy-Olmost vd., 2022). Bu araştırmada, farklı boyutlarda aynı besin içeriğine sahip yemin, azotlu bileşiklerin suya salınımı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir.

Şahin vd., 2023'nin araştırmasında; 500 ml tatlı su ve %47,5 ham protein ve %6,5 ham yağ içeren 0,5 g balık yemi olacak şekilde, 8 gün süre ile yaklaşık 20 °C 'de takip edilmiş ve deneme sonunda kontrol grubunda 16,82 mg/l NH<sub>4</sub> bulunmuştur.

Şahin 2023'nin, 0,5 l tatlı su ve üç farklı miktarda (0,2 mg, 0,4 mg, 0,6 mg) %47,5 proteinli yem kullandığı araştırmada, amonyak salınımını 7 gün süre ile yaklaşık 18 °C 'de takip etmiş ve NH<sub>4</sub>

değerlerinin 12,2 mg/l-20,6 mg/l aralığında seyrettiği belirlenmiştir. Çalışmada NH<sub>3</sub> değerleri incelendiğinde, yemden elde edilen amonyak değerlerinin 0,77 mg/l'ye kadar çıktığı ve 7 gün sonunda en yüksek değere en fazla miktarda yem bulunan grupta ulaşıldığı belirlenmiştir.

Kibria vd., 1997, 20 °C 'de 7 gün boyunca 200 ml su, 300 mg %45 proteinli yem kullanımından sonra, NH<sub>4</sub> miktarının yaklaşık 20 mg/l' nin üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Şahin 2022, %35 protein içeren üç farklı miktardaki yemden elde edilen NH<sub>4</sub> değerlerinin yaklaşık 20,6 °C 'de 7 gün sonunda 3,53 mg/l, 5,40 mg/l ve 6,13 mg/l olduğunu tespit etmiştir.

Öz vd., 2022'nin 500 ml tatlı su ve yaklaşık % 48 ham protein ve % 7 ham yağ içeren 0,5 gr balık yemi kullanılan yaklaşık 20 °C 'de sekiz günlük araştırmasında, NH<sub>4</sub> değerleri kontrol grubunda 18,53 mg/l, NH<sub>3</sub> değerleri ise, 0,44 mg/l kadar yükselmiştir. Çalışmada 5. günde kontrol grubunda bu değer 0,2 mg/l olarak belirlenmiştir.

Yi vd., 2023, 3 farklı boyut ve protein içeriğine sahip tüketilmeyen balık yeminde (Y1: TN 48,16 mg/g, Y2: TN 48,71 mg/g, Y3: TN 52,62 mg/g, ve yem boyutu, Y1: 0.8 mm, Y2: 1.5 mm, Y3: 3 mm); azot salınımının ilk aşamada hızlı olduğunu, (sırasıyla 6,6 mg/l, 3,7 mg/l, 2,5 mg/l'lik zirve değerine ulaşmış), daha sonra stabil hale geldiğini ve son olarak tekrar yükseldiğini bildirilmiştir. Tüm araştırma süresince, yemin birim kütlesi başına toplam NH<sub>4</sub>+N salınımı sırasıyla 6,6 mg/g (Y1), 3,9 mg/g (Y2) ve 3,4 mg/g (Y3) olduğu ve üç diyetten NH<sub>4</sub>+N'nin salınımının, yemin parçacık boyutuyla ters orantılı olduğu bulunmuştur.

Wu vd., 2012'nin çalışmasında, çevresel faktörlerin yanı sıra dozaj ve tane büyüklüğünün de, balık yemlerinden besin maddelerinin salınım sürecini etkilediğini bildirmiştir. Su ürünleri yemleri üzerine yapılan araştırmalarda, su kalitesi üzerine etkilerinin çalışılması önem arz etmektedir. Besleme yönetimi ve kirlilik kontrolüne yönelik stratejilerin planlanmasında bu tür verilere gereksinim duyulmaktadır. Araştırmada, 500 ml'lik deneysel kaplara farklı tane büyüklüklerine sahip balık yemleri (karışık boyut; 0,147 mm'den az; 0,147–0,247 mm) eklenmiştir. Aynı miktarda, balık yemi kullanıldığında, küçük taneli yemlerin grubunda, nitrojen ve fosfor konsantrasyonları, büyük taneli yemlerin grubuna göre, önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada elde edilen bulgular; balık yemlerinden besin salınım oranının tane boyutları küçüldükçe arttığını belirten Li, vd., 2009'nin çalışması ile uyumludur.

Bu araştırmada, NH<sub>4</sub> değerleri yedi gün sonunda ortalama 19,8 °C 'de 16,38 mg/l kadar yükselmiştir. Bu araştırmada elde edilen bulgular, daha önce yapılan çalışmalar ile benzer sonuçlar vermiştir.

Toplam amonyak nitrojeni (TAN), toksik (iyonize olmayan) amonyak (NH<sub>3</sub>) ve toksik olmayan (iyonize) amonyumdan (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) oluşur. TAN' ın yalnızca bir kısmı toksik (iyonize olmayan) amonyak olarak bulunur ve toksik olmayan iyonize amonyum ile arasında bir denge vardır. Kronik-akut toksik etkilerden kaçınmak için balık üretim birimlerinde amonyak konsantrasyonu yakından izlenmelidir ve seviyenin her zaman 0,2 mg/l'nin altında olmasına dikkat edilmelidir (Ogbonna ve Chinomso, 2010). Birçok balık türünde iyonlaşmış amonyak (NH<sub>3</sub>) toksisitesinin 0,05 mg/l 'de başladığı, 2 mg/l 'de ise ölüme neden olduğu rapor edilmiştir. (Floyd vd., 2015).

Araştırmanın 4. Gününde amonyak değerleri K grubunda 0,3 mg/l, O grubunda 0,2 mg/l, B grubunda ise 0,1 mg/l seviyesine ulaşmıştır (p<0.05). Bu değer K ve O grubu için kritik seviye olarak kabul edilebilir. Bu sonuçlara göre, ilk üç günden sonra, su değişimi önerilebilir.

Bu araştırma sonunda, balık yemi boyutunun, yemden azotlu bileşiklerin salınımı ile ilişkili olduğu ve boyut azaldıkça arttığı belirlenmiştir. Bu anlamda post-larva aşamasında ağız açıklığına uygun boyutlarda yemin kullanılabilmesi için, kaliteli yem içeriğinin ve su kalite parametrelerinin korunmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Post-larva yetiştiriciliğinde ağız açıklığına uygun olmak koşulu ile, daha büyük boyuttaki yemlerin tercih edilmesi önerilebilir.

## KAYNAKÇA

EPA, (1999). Ambient Water Quality Criteria for Ammonia. United States Environmental Protection Agency, EPA-822-R:99-104.

Emerson, K.R.C., Russo, R.E., Thurston, R.V. (1975). Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 32: 2379-2383.

Floyd R.F., Watson, C., Denise, P., Deborah, B.P. (2015). Ammonia in Aquatic Systems. IFAS FA-16, [http://edis.ifas.ufl.edu/fa\\_004\\_](http://edis.ifas.ufl.edu/fa_004_) (Available date: 20/01/2015)

Godoy-Olmos, S., Jauralde, I., Monge-Ortiz, R., Milián-Sorribes, M.C., Jover-Cerdá, M., Tomás-Vidal, A., Martínez-Llorens, S. (2022). Influence of Diet and Feeding Strategy on the Performance of Nitrifying Trickling Filter, Oxygen Consumption and Ammonia Excretion of Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) Raised in Recirculating Aquaculture Systems. Aquaculture International, 30: 581–606. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00821-3>.

Khan, I.A., Maqbool, A. (2017). Effects of Dietary Protein Levels on the Growth, Feed Utilization and Haemato-Biochemical Parameters of Freshwater Fish, *Cyprinus carpio* Var. Specularis. Fisheries and Aquaculture Journal, 8(1): 1000187. <https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000187>.

Kibria G., Nugegoda D., Fairclough R., Lam P. (1997). The Nutrient Content and the Release of Nutrients from Fish Food and Faeces. Hydrobiologia, 357: 165-171.

Kong, W., Huang, S., Yang, Z., Shi, F., Feng, Y., Khatoon, Z. (2020). Fish Feed Quality Is a Key Factor in Impacting Aquaculture Water Environment: Evidence from Incubator Experiments. Scientific Reports. 10:187 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57063-w>.

Li, S., Zhao Y.H., Wang W.M. (2009). Influence of Different Modality Diets on Nitrogen and Phosphorus and Leaching Ratio of Diets in Water of Aquaculture. Journal of Huazhong Agricultural University, 28: 80–83.

Mustapha, M., Akinshola, F. (2016). Ammonia Concentrations in Different Aquaculture Holding Tanks. West African Journal of Applied Ecology, 24(1): 1–8.

Ogbonna, J. F., Chinomso, A. A. (2010). Determination of the Concentration of Ammonia that could have Lethal Effect on Fish Pond. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 5(2): 5p.

Öz, M., Şahin, D., Yılmaz, E., Öz, Ü. (2022). The Potential Applicability of Natural Minerals as Filter Media for Modulating Water Quality in Aquatic Ecosystems. Applied Ecology and Environmental Research, 20(5): 4145-4155. [https://doi.org/10.15666/aeer/2005\\_41454155](https://doi.org/10.15666/aeer/2005_41454155)



Ragab, A. M., Abdel-Ghany M. El-Gindy, Kaddour, O., Ali, S. A.. (2022). Dissolved Oxygen and Ammonia Mass Balance in a Recirculating Aquaculture System for Raising the Nile Tilapia. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. Vol. 26 (2): 217 – 237. Zoology Department, Faculty of Science, Ain Shams University, Cairo, Egypt. ISSN 1110 – 6131.

Sırakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., Dinev D., Staykov, Y. (2015) Application of Natural Zeolites and Macrophytes for Water Treatment in Recirculation Aquaculture Systems. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21 (1): 147–153.

Şahin, D. (2023). Effect of a Natural Adsorbent Mixture (Zeolite and Leonardite) on the Reduction of Ammonia Caused by Fish Feed. *Journal of Agricultural Production*, 4(1):56-62. <https://doi.org/10.56430/japro.1273000>.

Şahin, D., Öz, M., Öz, Ü. (2023). Effect of Natural Diatomite Sizes on Ammonia Adsorption in Aquarium Water. *J. Anotolian Env. And Anim. Sciences*, 8(3): 333-337.

Şahin D. (2022). Comparative Evaluation of Natural Water Conditioners for their potential use in Freshwater Aquaculture. *Environmental Sciences and Pollution Research*, 29: 47233- 47241. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19265-0>.

Wu, M., Huang, S., Zang, C., Du, S., Scholz, M. (2012). Release of Nutrient from Fish Food and Effects on *Microcystis aeruginosa* Growth. *Aquaculture Research*, 43: 1460–1470. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02948.x.

Yi, L., Yafenga, Z., Lingyue, L., Aihua, L., Jinhui, L., Xinrui, Z., Zhibin, Z., (2023). Nutrients Releasing from Fish Feed and *Potamogeton Crispus* L. Residuals. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 9: 5p. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100229>.

YSI, (2007). YSI Professional Plus User Manual. <https://www.yesi.Com/file%20library/documents/manuals/605596-ysi-proplus-user-manual-revd.pdf>.

## Covid-19 Pandemi Sürecinde Ordu İlindeki Balık Tüketim

### Alışkanlıklarının Belirlenmesi

Serap SAMSUN<sup>1</sup>, Ebru YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: serapsamsun@hotmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-6094-6226>, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Fatsa/Ordu/Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: ebruyilmaz@odu.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0002-4090-558X>, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Fatsa/Ordu/Türkiye.

---

#### Özet

Bu araştırma, Covid-19 pandemi döneminin, Ordu ili'nde yaşayan kişilerin balık tüketim alışkanlıkları ve tercihlerini ne derecede etkilediğinin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır. 2021 yılı içerisinde gerçekleştirilen çalışmada, online alan araştırması sonucunda elde edilen bilgi ve bulgular, özellikle bölgede daha önceden yapılan çalışmalarla karşılaştırma yapılarak değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Balık tüketim nedeni olarak balığın sağlıklı besin olmasının ifade edilmesi, pandemi döneminde oransal olarak bir artış göstermekle birlikte, en çok tüketilen balık türü olarak hamsi ve balık tüketim şekli olarak ise tavada pişirme yönteminin tercih edildiği belirlenmiştir. Katılımcıların %40,8'i kırmızı et, %40'ı tavuk eti tüketirken sadece %19,2'si ise balık etini tercih etmektedir. Ayrıca, satın alırken balık satış dükkanlarının tercih edilmesinde daha taze ürün temin edilebilmesinin ön plana çıktığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Covid-19, Balık tüketimi, Tüketim alışkanlığı, Ordu.

---

#### Abstract

**Determination of the Fish Consumption Habits of Ordu Province During The Covid-19 Pandemic Period:** This study was conducted to determine to what extent the Covid-19 pandemic period affected the fish consumption habits and preferences of people living in Ordu province. In the study conducted in 2021, the information and findings obtained as a result of online field research were subjected to evaluation, especially by comparing with previous studies conducted in the region. Although the expression of fish as a healthy food as a reason for fish consumption increased proportionally during the pandemic period, it was determined that anchovy was the most consumed fish type and the method of cooking in a pan was preferred as the method of fish consumption. While 40.8% of the participants consumed red meat and 40% consumed chicken meat, only 19.2% preferred fish meat. In addition, it was determined that the ability to obtain fresher products came to the forefront in the preference of fish sales shops.

**Keywords:** Covid-19, Fish consumption, Habit of consumption, Ordu.

---

## GİRİŞ

Sağlığın korunması ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi amacıyla, vücudun ihtiyacı olan besin öğelerinin yeterli miktarda ve uygun zamanda alınmasını hedefleyen bir davranış olan beslenme; yaşamın sürdürülmesi, büyüme ve gelişme, sağlığının iyileştirilmesi, korunması ve geliştirilmesi, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi ve üretkenliğin sağlanması için gerekli olan besin öğeleri ile biyoaktif bileşenleri sağlayan besinlerin tüketilerek vücutta kullanılmasıdır (TUBER, 2015; Arı ve Arslan, 2020). Yeterli ve dengeli beslenme için gerekli hayvansal proteinleri ve vitaminleri bol miktarda bulundurması ve kolay sindirilebilmesi balık etinin önemli bir besin olmasının nedenlerindedir (Turan vd., 2006).

Dünyada kişi başı balık tüketimi ortalama 20,2 kg iken, Türkiye kişi başı yıllık balık tüketim miktarı 7,3 kg'dır (FAO, 2021; TÜİK, 2023). Türkiye protein ihtiyacını karşılayabileceği zengin balık kaynaklarına sahip olmasına rağmen, halkın balık tüketim alışkanlığı yaygın olmadığı için bu kaynaktan yeterince faydalanamadığı görülmektedir.

2019 yılında Çin'de ortaya çıkarak tüm dünyayı etkileyen COVID-19 pandemisi nedeni ile tüm dünya hızlı bir değişime girmiş ve bu değişim tüketicilerin satın alma davranışlarını ve gıda tüketim alışkanlıklarını da etkilemiştir (Gülçiçek Tolun ve Bulut, 2021). Bu çalışmada Ordu ilinde pandemi sürecindeki balık satın alma ve tüketim davranışlarında farklılık olup olmadığı ortaya konmaya çalışılmıştır.

## YÖNTEM

Araştırma verileri, 2021 yılı mart-nisan-mayıs ayı pandemi sürecinde, anket tekniği ile, yüz yüze görüşmenin sağlıklı olmaması nedeniyle, online olarak elde edilmiştir. Anket formu, literatür taraması ile benzer nitelikteki çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında oluşturulmuş olup, demografik sorular dahil olmak üzere 16 sorudan (balık tüketim davranışları, tüketim şekli, tüketilen balık türleri, ne sıklıkta tüketildiği gibi) oluşmaktadır.

Online anket formu Ordu ilinde ikamet eden 400'den fazla kişiye gönderilmiş ve dönüş yapan 260 katılımcıdan elde edilen birincil veriler değerlendirilmiştir. Ankete en fazla dönüş Fatsa ilçesinden sağlanmıştır. Gülçiçek Tolun ve Bulut (2021), pandemi ortamında online anketler ile ulaşılabilen örnek kitlenin istatistiksel olarak güvenilirliğinin yeterli olabileceğini, daha fazla katılımcıya ulaşılabilen durumlarda daha büyük örnek kitleler ile analizler yapıldığında daha güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini belirtmiştir.

Frekans analizi ile değerlendirilen veriler tablolarda özetlenmiş ve yorumlanarak sunulmuştur. Yüzdeler ve oranların hesaplanmasında Microsoft Ofis Excel programından yararlanılmıştır.

## BULGULAR

Araştırmaya katılan katılımcıların genel demografik özelliklerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre 260 katılımcının %60,4'ü erkek, %39,6'sı kadındır. Tüketicilerin yaşları %40'ı 31-40 yaş arasında dağılım göstermekte olup, çoğunluğunu lisans mezunları (%54,2) oluşturmaktadır. Anket katılımının %64,2'sini kamu çalışanları oluşturmuştur. Katılımcıların gelir düzeylerine bakıldığında

%9,2'si 1000 TL'nin altında gelire sahip iken, 5001 TL ve üzerinde gelire sahip olanların oranı %52,7 olarak belirlenmiştir. 1000 TL ve altında gelire sahip olanların %70,8'ini öğrenciler, 5001 TL ve üzeri gelire sahip olanların %92'sini ise kamu personeli oluşturmaktadır.

**Tablo 1. Katılımcıların Sosyo-Demografik Özelliklerine Göre Dağılımları**

<b>Cinsiyet</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
Kadın	103	39,6
Erkek	157	60,4
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Yaş</b>		
20'den küçük	9	3,5
21-30	43	16,5
31-40	104	40,0
41-50	67	25,8
51 ve üzeri	37	14,2
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Eğitim Durumu</b>		
İlkokul	29	11,2
Lise	40	15,4
Lisans	141	54,2
Lisansüstü	50	19,2
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Meslek</b>		
Kamu Personeli	167	64,2
Esnaf	16	6,2
Emekli	9	3,5
Çiftçi	10	3,8
Öğrenci	23	8,8
İşçi	35	13,5
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Aylık Gelir Durumu</b>		
1000 TL ve altı	24	9,2
1001-3000 TL	48	18,5
3001-5000 TL	51	19,6
5001 TL ve üzeri	137	52,7
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Katılımcıların “Pandemi sürecinde en çok tükettiğiniz et türü nedir?” sorusuna vermiş oldukları cevapların dağılımı Tablo 2’de verilmiştir. Sonuçlara göre %40,8 ile kırmızı et birinci sırayı almaktadır. Balık %19,2 ile üçüncü sırada yer almaktadır.

**Tablo 2. Katılımcıların Et Türü Tercih**

Pandemi sürecinde en çok tükettiğiniz et türü nedir?	N	%
Kırmızı Et	106	40,8
Balık	50	19,2
Tavuk Eti	104	40,0
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Aylık gelir düzeyinde tercih edilen et türü ilişkisine bakıldığında, gelir artışının artmasına paralel olarak balık eti ve kırmızı et tüketimine eğilimin arttığı görülmektedir (Tablo 3).

**Tablo 3. Aylık Gelirlerine Göre Tercih Edilen Et Türlerinin Dağılımı**

Et Tercih	Balık		Kırmızı Et		Tavuk Eti	
	N	%	N	%	N	%
<b>Aylık Gelir</b>						
<b>1000 TL ve altı</b>	4	8,0	7	6,6	13	12,5
<b>1001-3000 TL</b>	12	24,0	11	10,4	25	24,0
<b>3001-5000 TL</b>	14	28,0	18	17,0	19	18,3
<b>5001 TL ve üzeri</b>	20	40,0	70	66,0	47	45,2
<b>Toplam</b>	<b>50</b>	<b>100,0</b>	<b>106</b>	<b>100,0</b>	<b>104</b>	<b>100,0</b>

Pandemi sürecinin balık tüketimini nasıl etkilediği sorusuna ise %54,6 ile çoğunluğu değişmedi cevabını vermiştir (Tablo 4). Gelir durumlarına göre değerlendirme yapıldığında, pandemi döneminde balık tüketiminin değişmediğini belirten grup %52,8 oran ile 5001 TL ve üzeri gelire sahip olanlardan oluşmaktadır (Tablo 5).

**Tablo 4. Pandemi Sürecinde Balık Tüketimindeki Değişim Yönünü Gösteren Dağılım**

Pandemi sürecinde balık tüketiminizdeki değişim ne yöndedir?	N	%
Değişmedi	142	54,6
Azaldı	78	30,0
Arttı	40	15,4
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

**Tablo 5. Aylık Gelirlerine Göre Balık Tüketimindeki Değişim Yönünü Gösteren Dağılım**

Balık Tüketimindeki Değişim	Değişmedi		Azaldı		Arttı	
	N	%	N	%	N	%
<b>Aylık Gelir</b>						
<b>1000 TL ve altı</b>	15	10,6	5	6,4	4	10,0
<b>1001-3000 TL</b>	20	14,1	18	23,1	10	25,0
<b>3001-5000 TL</b>	32	22,5	11	14,1	8	20,0
<b>5001 TL ve üzeri</b>	75	52,8	44	56,4	18	45,0
<b>Toplam</b>	<b>142</b>	<b>100,0</b>	<b>78</b>	<b>100,0</b>	<b>40</b>	<b>100,0</b>

Araştırmada katılımcılara pandemide ne sıklıkla balık tükettikleri sorulduğunda büyük çoğunluğun (%44,2) ayda üçten az balık tükettiği ve %78,5'inin sağlıklı olması nedeniyle balık tüketimini tercih ettiği tespit edilmiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** *Aylık Gelirlerine Göre Balık Tüketimindeki Değişim Yönünü Gösteren Dağılım*

	N	%
<b>Pandemi sürecinde ne sıklıkta balık tükettiniz?</b>		
Haftada birden fazla	44	16,9
Haftada bir	101	38,9
Ayda üçten az	115	44,2
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Pandemi sürecinde balık tüketme sebebiniz ne oldu?</b>		
Sağlıklı besin olması	204	78,5
Ucuz olması	13	5,0
Alışkanlık	39	15,0
Doktor Tavsiyesi	4	1,5
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Katılımcıların pandemi sürecinde en çok tükettikleri ilk iki balık türü hamsi (%38,1) ve mezigit (%23,5) olup, tüketim şekli olarak ise %92,7 ile taze balığı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Anket sonuçlarına göre balığın en çok tavada kızartma şeklinde pişirildiği tespit edilmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7.** *En Çok Tercih Edilen Balık Türleri, Tüketim ve Pişirme Tercihlerinin Dağılımı*

	N	%
<b>Pandemi sürecinde en çok hangi balık türünü tüketmeyi tercih ettiniz?</b>		
Alabalık	11	4,2
Barbunya	18	6,9
Çipura	14	5,4
Hamsi	99	38,1
İstavrit	17	6,5
Levrek	25	9,6
Mezigit	61	23,5
Diğer	15	5,8
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Pandemi sürecinde balığı en çok ne şekilde tükettiniz?</b>		
Dondurulmuş	12	4,6
Taze	241	92,6
Konserve	7	2,8
Tuzlanmış	-	-
Tütsülenmiş	-	-
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Pandemi sürecinde balığı çoğunlukla ne şekilde pişirmeyi tercih ettiniz?</b>		
Tava	162	62,3
Fırın	53	20,4
Izgara	22	8,5
Buğulama	23	8,9
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Katılımcıların %61,9 ile çoğunluğu balığı, balıkçı manav dükkânlarından temin ettiklerini ve bu süreçte balık satın alırken ilk kriterlerinin tazelik (%70,4) olduğunu ifade etmişlerdir (Tablo 8).

**Tablo 8. Balık Satın Alma Yeri ve Satın Alma Kriterlerinin Dağılımı**

	N	%
<b>Pandemi sürecinde balığı en çok nereden temin ettiniz?</b>		
Seyyar Satıcı	30	11,5
Balıkçı-Manav Dükkanı	161	61,9
Market	25	9,6
Üretim Yeri veya Liman	35	13,5
Kendim Avladım	9	3,5
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>
<b>Pandemi sürecinde balık satın alırken ilk kriteriniz ne oldu?</b>		
Tazeligi	183	70,4
Türü	33	12,7
Hazırlanış Kolaylığı	5	1,9
Fiyatı	39	15,0
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Katılımcılar “Size göre pandemi sürecinde balık fiyatları nasıldı?” sorusuna %68,9 ile pahalı, %30,4 ile normal ve %0,8 ile ucuz cevabını vermişlerdir (Tablo 9).

**Tablo 9. Pandemi Sürecinde Balık Fiyatları Hakkındaki Görüşlerin Dağılımı**

Size göre pandemi sürecinde balık fiyatları nasıldı?	N	%
Ucuz	2	0,8
Normal	79	30,4
Pahalı	179	68,9
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

Anket sonuçlarına göre pandemi sürecinde katılımcıların yıllık ortalama balık tüketim miktarları, ilk üç sırada, %32,3 ile 17 kg ve üzeri, %16,5 ile 11-13 kg ve %16,2 ile 7-10 kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 10).

**Tablo 10. Yıllık Ortalama Balık Tüketim Miktarlarının Dağılımı**

Pandemi sürecinde yıllık ortalama kaç kg balık tükettiniz?	N	%
1-3	21	8,1
4-6	40	15,4
7-10	42	16,2
11-13	43	16,5
14-17	30	11,5
17 ve üzeri	84	32,3
<b>Toplam</b>	<b>260</b>	<b>100,0</b>

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Aydın ve Karadurmuş (2012) Ordu’da su ürünleri tüketim alışkanlıklarını ortaya koymak amacıyla yürüttükleri çalışmada, %72,4’ü erkek, %26,6’sı kadın olan katılımcıların, 17-63 yaş arasında dağılım gösterdiğini, %55,2’sinin üniversite, %21,8’inin lise mezunu ve çoğunluğun %26,4 ile memur olduğunu bildirmişlerdir. Denizli İli su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, 422’si kadın ve 236’sı erkek olan 658 katılımcının %88’inin 25-45 yaş aralığında olduğu, %31’inin ev hanımı, %23’ünün serbest meslek, %22’sinin memur ve %19’unun işçi oldukları ve

%40'ının üniversite, %33'ünün ise lise mezunu olduğu belirlenmiştir (Bolat ve Telli, 2019). Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde balık tüketim alışkanlıklarının belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada, katılımcıların yaş ortalamasını 37,67, eğitim durumlarını %25,37 ile ilkokul, %19,49 ile lise ve %19,49 ile lisans ve meslek gruplarını ise en yüksek oranla (%30,51) memurlar olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada %60,4'ü erkek, %39,6'sı kadın olan katılımcıların yaşları 31-40 (%40,0) arasında yoğunlaşmakta olup, çoğunluğu lisans mezunu (%54,2) ve kamu çalışanlarından (%64,2) oluşmaktadır. Çalışma sahası, zamanı ve örneklemeyle ilgili sosyo-demografik özelliklerle ilgili sonuçlarda farklılıklar görülebilmektedir.

Bireylerin tüketim alışkanlıklarını önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biri olan gelir düzeyi incelendiğinde, katılımcıların büyük çoğunluğu 5001 TL ve üzeri (%52,7) ve %9,2 ile en düşük oranda 1000 TL ve altında gelire sahip oldukları tespit edilmiştir. Arslan ve İzci (2016), Antalya ilinde yürüttükleri çalışmada çoğunluğun 1001-2000 TL (%35,09) ve 2001-3000 TL (%34,36) düzeyinde aylık gelire sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Balık vd. (2013) tarafından Ordu ili Fatsa ve Aybastı ilçelerinde katılımcıların gelir durumunu en çok %33,7'lik oran ile 1000-2000 TL ve %37,7'lik oran ile 1000-2000 TL olarak tespit etmişlerdir. Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde ankete katılan kişilerin aylık ortalama gelirlerini 2.545,40 TL olarak bildirmişlerdir. Mevcut çalışma ve daha önceki çalışmaların sonuçlarına ait farklılıklar, çalışma zamanı ve katılımcıların sosyo-ekonomik farklılıklarından ileri gelebilmektedir.

Katılımcıların Covid-19 pandemi sürecinde et tercihlerinde %40,8 ile kırmızı et ilk sırada yer alırken, balık %19,2 gibi düşük bir oranla son sırada yer almaktadır. Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde, en çok tercih edilen beyaz et türünü; %52,57 ile tavuk eti ve %52,21 ile de balık olarak, Güvenin ve Erdoğan Sağlam (2020), Ordu ilinde %36 ile kırmızı et, %45 ile kanatlı eti ve %18,4 ile balık; Arslan ve İzci (2016) Antalya'da %46,96 tavuk eti, %36,12 kırmızı et ve %16,92 balık eti tüketiminin tercih edildiğini tespit etmişlerdir. Araştırma bölgesinde daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında, pandemi döneminde de balık eti tüketiminin kırmızı et ve tavuk etine oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Bu düşüşün nedeni, pandemi dönemindeki avlanan balıkların bolluğu, balık tür çeşitliliği, fiyat, arz-talep dengesi gibi birçok etkene bağlı olabilir.

Balık vd. (2013), haftalık birden fazla balık tüketim oranını Fatsa ilçesinde %17,4, Aybastı'da %10,4, haftada bir tüketim oranını her iki ilçe için %34,8 ve iki haftada bir balık tüketim oranlarını Fatsa ve Aybastı için sırasıyla %36,7 ve %36,5 olarak tespit etmişlerdir. Bolat ve Cevher (2016), Konya ilinde katılımcıların %51'inin ayda bir defa su ürünleri tükettiğini, Güvenin ve Erdoğan Sağlam (2020), Ordu ilinde %46,2 ile çoğunluğun ayda bir balık tükettiğini, Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde %55,51 ile çoğunluğun ayda bir veya daha fazla, Arslan ve İzci (2016) Antalya ilinde %43,67'sinin iki haftada bir ve %26,81'inin haftada bir balık tükettiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise katılımcıların %16,92'si hafta da birden fazla, %38,85'i hafta da bir ve %44,23 ile çoğunluğu ayda üçten az balık tükettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmamız sonucuna göre, ayda bir ve haftada birden fazla tüketim sıklığı birlikte düşünüldüğünde genel olarak tüketim sıklığı yönüyle benzerlikler görülmektedir.

Aydın ve Karadurmuş (2012), Ordu ilindeki tüketicilerin %73,2'sinin günlük taze tüketimi tercih ettiklerini, en çok tüketilen balık türünün %86,21 ile hamsi olduğunu ve pişirme şekli olarak %53,6'sının kızartmayı tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Aydın ve Karadurmuş, (2013), Giresun ve Trabzon illerinde

katılımcıların, %95,14'ü taze balık tükettiğini, tüketim şekli olarak kızartma (%52,97), ızgara (%29,73), buğulama (%12,97), fırın (%2,7) ve diğer (%1,62) tercih edildiğini ve en çok tüketilen türleri sırasıyla %17,75 ile hamsi, %12,73 ile istavrit, %11,59 ile mezgit, %11,06 ile alabalık ve %9,5 ile palamut olarak tespit etmişlerdir. Bolat ve Cevher (2016), Konya ilinde katılımcıların %97'sinin taze ürünleri tercih ettiğini, %60'ının kızartarak pişirmeyi tercih ettiğini, en çok tüketilen balıkların hamsi (*Engraulis encrasicolus*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus auratus*) olduğunu bildirmişlerdir. Bolat ve Telli (2019), Denizli ilinde tüketicilerin %97'sinin günlük taze balık tercih ettiklerini, en çok tükettikleri balık türünün %46 oranla hamsi (*Engraulis encrasicolus*) olduğunu ve kızartmayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Balık vd. (2013), Fatsa ve Aybastı ilçelerinde en fazla tüketilen balık türünün sırasıyla; hamsi, (%49,1-%45,3), istavrit (%28,9-%28,2) ve mezgit (%13,5-%17,1) balıkları olduğunu, taze balığın tüketim oranının Fatsa ilçesinde %97,2, Aybastı ilçesinde ise %98,2 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise, çoğunlukla, en çok tüketilen balık türünün hamsi (%38,1) olduğu, taze (%92,7) olarak tüketimin ve tavada kızartma (%62,3) suretiyle pişirmenin tercih edildiği görülmüştür. Gerek pandemi döneminde gerekse daha önceki dönemlerde yapılan benzer çalışmalarda tüketim şekli (taze), pişirme tercihi (tava-kızartma) ve en çok tercih edilen balık türü (hamsi) değişmemiştir. Her ne kadar tüketilen balık türleri ve tüketim oranları av sezonu ve bölgesel farklılıklara bağlı olarak değişiklik gösterse de, durum pandemi döneminde de değişmemiş ve hamsi kış aylarında en çok tercih edilen balık türü olmaya devam etmiştir.

Çiçek vd. (2014), Elazığ ilinde katılımcıların %86'sının balık etini sevdiğini ve %45,67'sinin sağlıklı ve dengeli beslenme, %22,41'inin damak zevki, %16,27'sinin tazelik, kalite ve hijyen, %5,71'inin ekonomik, %2,75'inin alışkanlık ve %7,19'unun tüm sebeplerden dolayı tüketmeyi tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Karakaya vd. (2019). Erzincan ilindeki tüketicilerin, balık etinin besin değerinin yüksek olmasından dolayı tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde balık eti tüketiminin en önemli nedenleri arasında, %26,76 lezzetli olması, %25,35 besin değerinin yüksek olması, %25,35 kolay temin edilmesi ve %15,49 sağlıklı olması ilk dört sırada yer almıştır. Güvenin ve Erdoğan Sağlam (2020), Samsun ve Ordu illerinde, katılımcıların %40,4'ünün sağlıklı olması, %33,6'sının lezzeti, %24,6'sının dengeli beslenmek amacıyla ve %1,4'ünün diğer nedenlerle balık tüketmeyi tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızda, katılımcıların %78,5'i sağlıklı bir besin olmasından dolayı balık etini tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Gerek aynı bölgede gerekse farklı bölgelerde yapılan çalışmalarda, çoğunluğun balık eti tüketme sebebi (sağlıklı besin olması) benzerlik göstermekle birlikte oran olarak artış olduğu dikkat çekmektedir. Bu artış tüketicilerin pandemi döneminde daha fazla sağlıklı beslenmeye yönelmelerinden kaynaklanmış olabilir.

Aydın ve Karadurmuş (2012), Ordu'da su ürünlerinin temininde çoğunluğun (%79) perakende balık satış yerlerini tercih ettiğini belirlemiştir. Karakulak ve ark. (2019), Erzurum ili merkez ilçelerinde tüketicilerin %46,7'sinin balık satın alırken taze olup olmadığına dikkat ettiğini, Gözener vd. (2016), Ordu ili Fatsa ilçesinde tüketicilerin balık satın alırken dikkat ettikleri en önemli kriterler arasında %76,84 ile tazelik, %55,88 ile besin değerinin yüksek olması ve %51,47 oranında fiyatının etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Güvenin ve Erdoğan Sağlam (2020), tüketicilerin Samsun'da %34,9 ile en yüksek oranda balık marketten, Ordu'da ise %32,6 ile balık halinden satın almayı tercih ettiklerini ve sırasıyla %45,7 ve %56'sı balık satın alırken lezzetli olmasına dikkat ettiklerini ifade etmişlerdir. Antalya ilinde yürütülen çalışmada ise katılımcıların %41,47 ile çoğunluğu balığı marketten satın aldıklarını ve %72,82'si balığın fiyatının tüketimde etkili olduğunu belirtmişlerdir (Arslan ve İzci,

2016). Çalışmamızdaki katılımcıların tazeliği ön planda tutarak, %61,9 balıkçı manav dükkânı, %12,7 seyyar satıcı ve %9,6 marketten satın almayı tercih ettikleri tespit edilmiştir. Balıkçı dükkanlarının daha çok tercih edilmesinde, güvenilirlik ve daha taze ürüne ulaşılabilirliğin etkili olabileceği düşünülmektedir.

Karakulak vd. (2019), Erzurum'daki tüketicilerin %64,4'ünün balık fiyatlarını pahalı bulduğunu, Güvenin ve Erdoğan Sağlam (2020), Ordu'daki tüketicilerin ise %51,1'inin normal, %22,3'ünün pahalı ve %20,2'sinin ucuz bulduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda katılımcılara yönelttiğimiz “pandemi sürecinde balık fiyatları sizce nasıldı?” sorusuna %68,9'luk kısım pahalı cevabını verirken %0,8'lik kısım ucuz bulduğunu belirtmiştir. Gelir düzeyleri içerisinde verilen cevaplara baktığımızda; 1000 TL'nin altında gelire sahip olanların %62,5'i, 1001-3000 TL gelire sahip olanların %58,3'ü, 3001-5000 TL gelire sahip olanların %72,5'i ve 5001 TL ve üzeri gelire sahip olanların %72,3'ü balık fiyatlarını pahalı bulduklarını ifade etmişlerdir. Pandemi döneminde tüm gıdalarda görülen artışların balık fiyatlarına da yansıtıldığı, balık fiyatlarının pahalı bulunmasının tüketim miktarını etkilediği söylenebilir.

Aydın ve Karadurmuş (2013), Trabzon ve Giresun illerinde yıllık su ürünleri tüketim ortalamasının kişi başına 29,52 kg olduğunu bildirmişlerdir. Karakulak ve ark. (2019), Erzurum ili merkez ilçelerinde, %54,7 ile çoğunluğun aylık balık tüketim ortalamasının 0-3 kg olduğunu; Doğan ve Gönülal (2014), Gökçeada'da tüketicilerin %36,7'sinin yıllık 1-3 kg balık tükettiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada katılımcıların çoğunluğu (%32,3) yılda 17 kg ve üzeri olmak üzere, %16,5'i 11-13 kg, %16,2'si 7-10 kg, %15,4'ü 4-6 kg, %11,5'i 14-17 kg ve %8,1'i 1-3 kg balık tükettiklerini bildirmişlerdir.

Çalışma sonuçlarına göre online ankete katılan bireylerin çoğunlukla ayda üçten az balık tükettiği, en fazla tercih edilen pişirme şeklinin tavada pişirme olduğu, en çok taze ürünlerin tercih edildiği ve balık tüketiminde sağlıklı besin olmasının önemli olduğu sonuçları elde edilmiştir. Covid 19 pandemi döneminde tüketicilerin beslenme alışkanlıklarındaki değişikliklere yönelik yapılan farklı çalışmalar, tüketicilerin gıda satın alırken, sağlıklı besin olması, fiyatı ve hijyen açısından ambalajlı olması gibi kriterlere dikkat ettiğini göstermiştir. Balık tüketiminde ülkemizde yaygın olan tüketim şeklinin taze tüketim olması, bu dönemde de sağlıklı besin olmasının bilincinde olunmasına rağmen, balık tüketimini sınırlandırmıştır. Vücudun bağışıklık sisteminin gelişmesine de katkı sağlayan balık tüketiminin artırılması amacıyla, taze tüketimin yanı sıra tüketicilerin gerek avcılık gerekse yetiştiricilik yoluyla elde edilen sağlıklı ve hijyenik şartlarda işlenmiş ürünlere kolay ve ekonomik olarak ulaşmasını sağlamanın ve işlenmiş ürün tüketiminin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Arı, A.G. ve Arslan, K. (2020). Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Genel Beslenme Alışkanlıkları. *Van Yüzüncü Yıl University the Journal of Social Sciences Institute*. 47: 393-415.

Arslan, M. ve İzci, L. (2016). Antalya İli Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12(1):75-85.

Aydın, M. ve Karadurmuş, U. (2012). Consumer behaviors for seafood in Ordu province. *SUMAE Yunus Araştırma Bülteni*, 3:18-23.

- Aydın, M. ve Karadurmuş, U. (2013). Trabzon ve Giresun Bölgelerindeki Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(9): 57-71.
- Balık, İ., Yardımcı, C. ve Turhan, O. (2013). Ordu ili Fatsa ve Aybastı ilçelerinde balık tüketim alışkanlıklarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2):18-28.
- Bolat, Y. ve Telli Ö. (2019). Denizli İli su ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 15(1): 80-90.
- Bolat, Y. ve Cevher, H. (2016) Konya İli Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları Üzerine Bir Anket Çalışması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(3): 241-252.
- Çiçek, E., Akgün, H. ve İlhan, S. (2014). Elazığ ili balık eti tüketim alışkanlığı ve tercihinin belirlenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 1: 3-11.
- Doğan, K. ve Gönülal, O. (2014). Gökçeada Balık Tüketim Alışkanlığının Belirlenmesi ve Sosyo-Ekonomik Analizi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 29-1:101-116.
- FAO. (2021). FAO Yearbook of Fisheries and Aquaculture Statistics, Rome.
- Gözener, B., Sayılı, M. ve Antar, Ş. (2016). Ordu İli Fatsa İlçesinde Hanelerin Balık Tüketim Alışkanlıklarının Tespiti. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12:31-43.
- Gülçiçek Tolun, B. ve Bulut, N. (2021). Covid-19 Pandemi Sürecinde Tüketicilerin Gıda Ürünleri Satın Alma Davranışları Üzerine Bir Araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 45: 15-31.
- Güvenin, O. ve Erdoğan Sağlam, N. (2020). Ordu ve Samsun'da su ürünleri tüketim tercihleri ve alışkanlıklarının karşılaştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(3): 259-265.
- Karakaya, E., Sökmen, T. Ö. ve Kırıcı, M. (2019). Erzincan İli Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1): 18-29.
- Karakulak, Y., Arslan, G. ve Yanık, T. (2019). Erzurum ili merkez ilçelerinin su ürünleri tüketim davranışları üzerine araştırmalar. *Acta Aquatica Turcica*, 16(2): 290-300.
- TUBER (2015). Türkiye beslenme rehberi, Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı, Yayın No: 1031.
- Turan, H., Kaya, Y. ve Sönmez, G. (2006). Balıkentinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/3): 505-508.
- TÜİK (2023). Su Ürünleri İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu

## Perspectives of Companies on Industrial Metrology Services in Türkiye

Can EKİCİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E-mail: canekici@gmail.com; Türk Standardları Enstitüsü, Gebze Kalibrasyon Müdürlüğü, Kocaeli / Türkiye.

---

### Özet

Ölçümler, üretim süreçlerinin çıktı kalitesini belirlemede hayati bir rol oynar. Endüstri, doğru ölçümlere ve detaylı test prosedürlerine dayanır; kalibrasyon, hassasiyetin sağlanmasında önemli bir yol olarak ortaya çıkar. Bu ölçümlerin küresel standartlara uygun olması elzemdir. Bu araştırma, kalibrasyon uygulamaları hakkındaki Türk şirketlerinin bakış açılarını incelemektedir. Özellikle, müşterilerin kalibrasyon hizmetlerini ve bunun sonuçlarını nasıl algıladıklarını incelemektedir. Çalışma, yasal düzenlemelerin, zorunlu gereksinimlerin, kalibrasyon maliyetlerinin ve hizmet verimliliğinin alıcılar üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Bir kalibrasyon laboratuvarında kalibre edilen cihazların sayısına ilişkin nicel veriler verilmiştir. Müşteriler arasında yapılan anketler, müşteri görüşlerini toplamak için yüz yüze görüşmelerle desteklenmiştir. Endüstriyel metroloji alanında faaliyet gösteren laboratuvar, çeşitli sektörlere yayılan geniş bir müşteri portföyüne sahiptir. Bu müşteri portföyünün analizi, endüstrideki önemli konuları aydınlatmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** kalibrasyon; ölçüm bilimi; endüstriyel ölçüm; ölçüm

---

### Abstract

Measurements play a crucial role in determining the output quality of production processes. The industry heavily relies on accurate measurements and thorough testing procedures, with calibration emerging as a pivotal aspect of achieving precision. It is imperative that these measurements adhere to global standards. This research delves into the perspectives of Turkish companies regarding calibration practices. Specifically, it examines how customers perceive calibration services and its implications. The study investigates the impact of legal regulations, mandatory requirements, calibration costs, and service efficiency on purchasers. Quantitative data on the number of devices calibrated at a calibration laboratory are provided. Surveys were conducted among purchasers, supplemented by face-to-face interviews to gather customer insights. Operating within the realm of industrial metrology, the laboratory boasts a vast clientele spanning diverse sectors. An analysis of the customer portfolio sheds light on pertinent issues within the industry.

**Keywords:** calibration; metrology; industrial metrology; measurement

---

## INTRODUCTION

In today's globalized economy, the reliance on internationally recognized, trustworthy measures and tests is paramount. These measurements and tests must not impede trade through technical barriers.

Throughout history, mankind has emphasized the importance of measurements, evident in ancient Egypt where failure to calibrate the standard-length unit during each full moon was met with severe penalties, including death. The construction of the Pharaohs' pyramids necessitated precise measuring units. Measurement activities directly impact human life, influencing transactions involving goods such as coffee and timber, as well as utilities like water, electricity, and heat, all of which affect individuals' budgets. Devices like police radars and breathalysers, which carry potential economic consequences, also significantly affect human existence. The accurate quantification of active substances in medicines and blood samples relies on precise measuring instruments. Furthermore, the foundation of science itself rests on measurement. Metrology plays a crucial role in scientific research, with advancements in research pushing the boundaries of what is achievable, while advancements in metrology follow suit to accommodate these discoveries. This perpetual cycle leads to the continual evolution of metrological tools, enabling researchers to further their explorations [1]. Sensitive production processes demand precise measurements, necessitating ongoing improvements in measurement knowledge. The field of world metrology is dedicated to realizing physical quantities accurately, constantly striving to refine definitions and enhance measurement accuracy. Precision measurements not only enhance production quality but also facilitate advancements in high-tech applications.

In the contemporary landscape, the economy and industry rely heavily on precise measurements and tests that command global trust and recognition. It is imperative that measurement and testing methods do not pose obstacles, and that their methods and units are universally acknowledged [1]. The superior quality of measurements directly translates into superior product quality. Within tests, the accuracy of measurement results holds paramount importance as they significantly influence evaluation outcomes, thus directly impacting product quality. Calibration stands as the cornerstone for ensuring measurement reliability and instrument quality. It is the primary method for establishing the traceability of measurements, achieved through the calibration of devices, systems, or reference materials. Calibration delineates the performance characteristics of these entities, typically through direct comparison with measurement standards or certified reference materials, culminating in the issuance of a calibration certificate and often a device label [1]. A calibration certificate furnishes crucial information regarding parameters such as stability and accuracy, essential for assessing the reliability of a measuring device. The absence of a calibration certificate renders it challenging to assess the performance of a measuring system. Moreover, calibration certificates delineate the range of results achievable for a measuring device, often expressed as measurement uncertainty intervals. Calibration procedures entail the utilization of reference devices traceable to national or international standards, thereby establishing a traceability chain bridging the most refined applications to the most rudimentary measurement activities. Calibration certificates serve as pivotal documents providing insight into the characteristics of a measuring device.

Metrological endeavours encompass calibration, testing, and measurements, all of which are integral to maintaining product quality. Metrology, as the science of measurement, revolves around three primary aspects: defining internationally recognized units, realizing these units, and establishing traceability chains [1]. Traceability, crucial in metrology, involves comparing a measuring device with one or more national standards. Calibration at each stage involves aligning with metrological standards. Through traceability, measurements become globally compatible, ensuring that measurements of a given



measurand across different regions converge to a certain degree. The establishment of an unbroken traceability chain relies on uninterrupted calibration processes.

Ensuring traceability to national standards through the calibration of measuring devices and test equipment holds significant importance. It is crucial for both parts manufacturers and their customers to align with and utilize identical dimensions.

Metrology encompasses three distinct domains: scientific metrology, industrial metrology, and legal metrology. Scientific metrology focuses on establishing measurement standards, while industrial metrology is concerned with the instruments employed in industrial settings [1]. Legal metrology, on the other hand, pertains to instruments utilized in trade or economic activities to ensure transparency in transactions. For instance, a scale used in the production of a gold bracelet falls under industrial metrology, whereas a balance employed in the sale of the bracelet falls within the realm of legal metrology. Legal metrology is essential for promoting fair trade by regulating measuring instruments and instilling public confidence in measurement results used in formal and commercial transactions. Scientific metrology is primarily concerned with regulating, developing, and upholding measurement standards, while industrial metrology aims to ensure that measuring instruments utilized in industry, production, and testing meet the necessary standards to safeguard people's quality of life [1].

Measurement is the process of experimentally determining quantity values that can be attributed to a specific quantity, involving the comparison of quantities. For measurement results to hold validity, they must be linked to a reference point through a meticulously documented chain of calibrations, with each calibration certificate specifying the measurement uncertainty. Metrological traceability, established through a calibration hierarchy, delineates the sequence of calibrations from a reference to the final measuring system [2]. The measuring device utilized by end-users can trace its lineage back to either the highest international reference or a secondary calibration laboratory's measuring device [1].

Calibration serves as a means to evaluate the performance characteristics of an instrument, aiming to ensure traceability, accuracy, reliability, and applicability [1]. It is essential for operators to comprehend the characteristics of the device they operate. This understanding can be facilitated through the calibration certificate, which provides insights into various features of the measuring device, including hysteresis, repeatability, error, and measurement uncertainty. Users can assess the device's status based on the information presented in the calibration certificate, enabling informed decisions regarding its usage. Device users should receive calibration service from correct provider with correct request. The user must correctly interpret the measurement results given in the calibration certificate.

Laboratory accreditation assesses the competence of laboratories to perform specific tests and calibrations. ISO and the International Electro-Technical Commission (IEC) have prepared the ISO / IEC 17025 standard to increase the importance of accreditation and international recognition. For analysis and testing, quality assurance should be provided for reliable and accurate results. ISO / IEC 17025 is accepted as the worldwide standard for the technical competence of test laboratories [3, 4, 5]. Accreditation is the act of evaluating, approving and monitoring the laboratory's technical competence in accordance with the criteria required by an internationally recognized and competent body [6]. Accreditation is the official recognition of the qualification of an organization or person who performs certain work by an authorized organization. Laboratory accreditation refers to a high degree of prestige



both nationally and internationally as a reliable indicator of technical competence. Laboratory accreditation provides an easy way to identify of reliable testing, analysis and calibration services for customers by providing formal recognition of the adequacy of laboratories. TURKAK is the authorized body for accreditation in the field of laboratory in Türkiye.

## **METHODOLOGY**

The calibration centre comprises laboratories for electrical, force, mass, pressure, temperature, humidity, frequency, acoustic, volume, dimensional, biomedical, torque, force, hardness, and material testing equipment calibration. The majority of these laboratories hold accreditation from the Turkish Accreditation Agency (TURKAK). The laboratory's accreditation scope is extensive, positioning it as one of the leading entities in the field of industrial metrology in Türkiye. To date, more than 7500 companies and purchasers have availed themselves of the services provided by the laboratory. (This information is based on the calibration database records, which have documented over 7500 companies since the establishment of the online database in 2004.) High-tech reference devices are employed in these laboratories, ensuring precise measurement results and low measurement uncertainties.

This study examines the calibration of device quantities at the calibration centre, detailing the types of measuring devices used by companies on an annual basis. Surveys were conducted with companies, involving both written questionnaires and face-to-face interviews. The study evaluates companies' perceptions of industrial metrology services. The perspective of customers on calibration within the industry holds significance. This study aims to investigate the viewpoints of Turkish industrialists and sector employees regarding measurement, calibration, and metrology activities. The study will explore whether there exists sufficient awareness on this matter and endeavour to provide enlightenment on the subject.

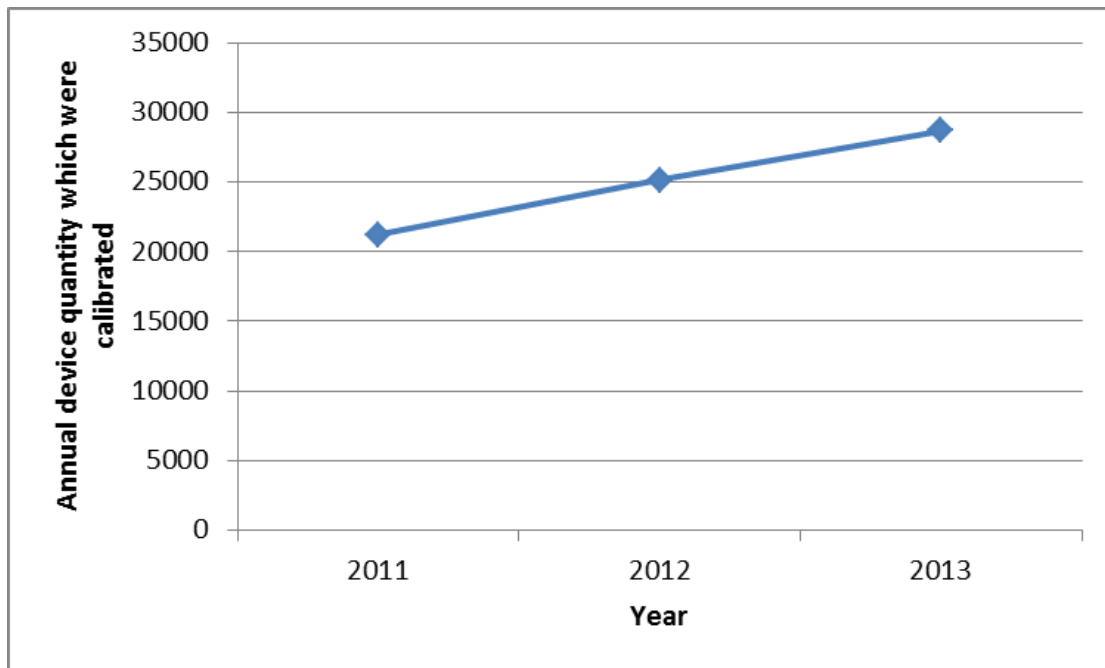
## **RESULTS**

Data is provided regarding the calibration services conducted, including the total number of calibrations performed annually. The total count of calibrated measuring instruments in the laboratory is depicted in Figure 1 for the years 2011, 2012, and 2013. Notably, in 2011, the fees for calibration of certain measuring devices were reduced (for instance, the calibration fee for analogue manometers decreased by approximately 50%). Consequently, the increase observed in the graph between 2011 and 2012 may be slightly greater than the movement between 2012 and 2013. The upsurge in the quantity of calibrated measuring devices in the laboratories could potentially be attributed to the discounted fees. Sometimes, customers prioritize affordability without compromising quality [7], a preference that may extend to calibration purchasers as well. Further examination of this trend will be conducted in subsequent sections of the study.

Figure 2 illustrates the commonly calibrated simple devices within the calibration centre. These types of devices are extensively utilized across various industries, ranging from small businesses to large enterprises. Typically, these devices are employed for straightforward and swift measurements.

In January 2012, the calibration fees for micrometers and calipers were reduced by approximately 20%, while the calibration fees for analogue manometers saw a decrease of about 50%.

The increase in the calibration quantities of micrometers, calipers, and analogue manometers between 2011 and 2012 could be attributed to these fee discounts. The same trend may apply to analogue manometers in particular.



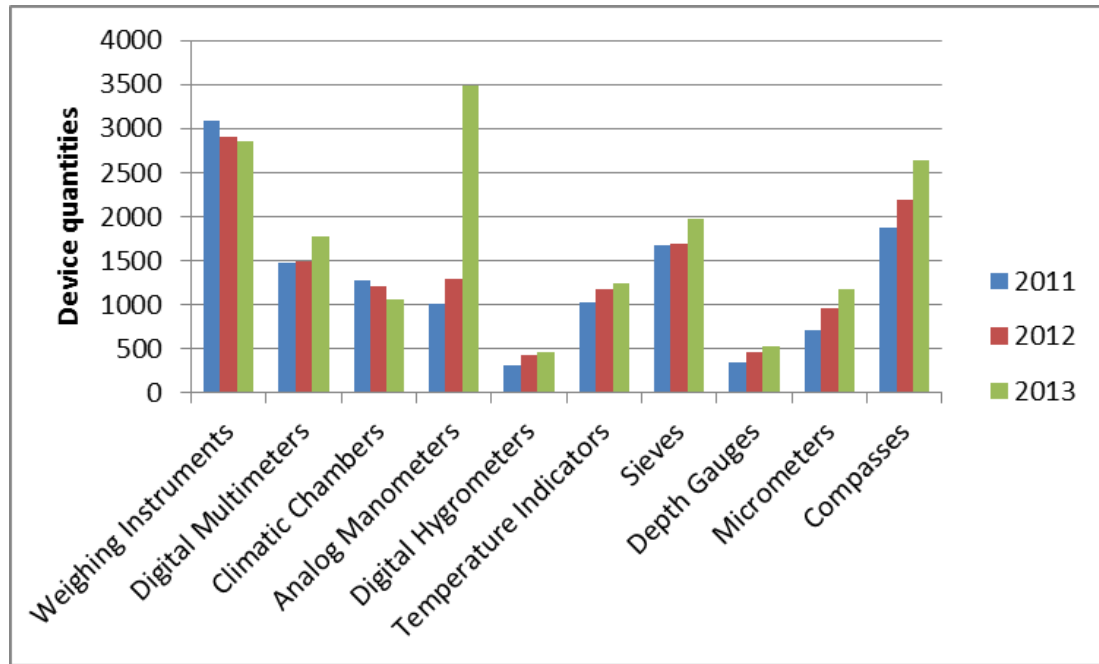
**Figure 1.** *Device quantities which were calibrated in the Calibration Centre per year*

In Figure 2, there is a notable peak observed for the calibration of analogue manometers in 2013. This increase in calibration quantities could be a result of protocols established between the calibration laboratory and certain companies. These protocols were implemented due to regulatory requirements mandating the calibration of pressure gauges for these companies. The surge in analogue manometer calibration quantities in 2013 may be directly linked to these protocols. Such obligations, mutual agreements, and protocols can significantly influence purchaser loyalty.

The decline in the calibration numbers for weighing instruments may stem from the pricing strategy implemented by the calibration laboratory. Specifically, calibration fees for weighing instruments with a higher load capacity, exceeding 100 kg, were raised. Consequently, the pricing policy of calibration laboratories and the associated calibration fees emerge as significant factors influencing purchasers' preferences.

Figure 3 displays the quantities of advanced and complicated measuring devices, such as pressure calibrators, submitted by purchasers to the calibration centre. The number of advanced devices calibrated at the Centre is lower compared to simpler devices, primarily because fewer companies utilize advanced devices. Consequently, there are minimal fluctuations in the quantities of advanced measuring

devices sent to the calibration centre by purchasers. It can be suggested that calibration fees do not play a central role in calibration services for these large companies with well-established quality perceptions.

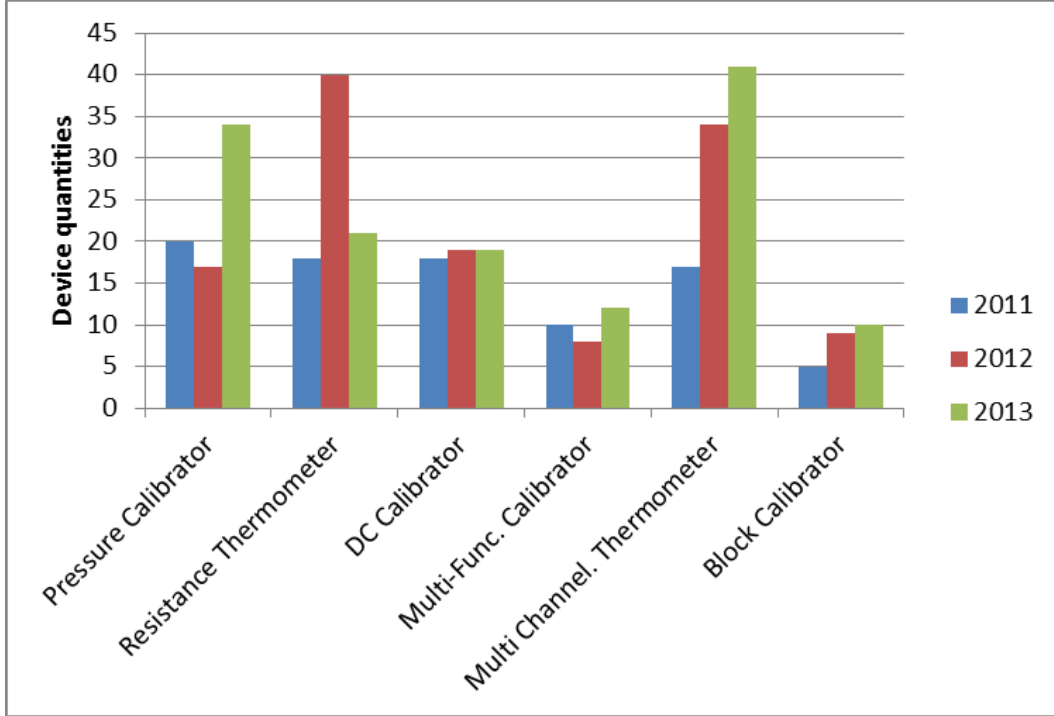


**Figure 2.** Simple device quantities which were calibrated in the Calibration Centre between 2011 and 2013

Questionnaires were administered to fifty purchasers, selected from among loyal customers, aiming to gauge their perceptions regarding the authenticity of calibration, the technical qualifications of the laboratory, the accuracy and comprehensiveness of calibration certificates, workflow efficiency, staff behaviour towards customers, the quality of calibration services, and any additional opinions customers wished to express. Additionally, face-to-face interviews were conducted with selected purchasers.

The questionnaire results revealed that some companies, particularly smaller ones, send their devices for calibration primarily due to legal obligations, such as ISO certifications, Ministry of Industry requirements, obligations to their customers, or accreditation audits. It is hypothesized that these companies may lack developed quality perceptions, as they would not voluntarily submit their devices for calibration without such obligations, perceiving calibration as burdensome. However, over time, these obligations may contribute to the enhancement of these companies' quality perceptions.

Furthermore, some companies view calibration fees merely as a cost for documentation and may not utilize the calibration certificates, indicating a lack of awareness or understanding about calibration processes. Obligations play a significant role in fostering quality standards in developing countries.



**Figure 3.** *Advanced measuring device quantities which were calibrated in the Calibration Centre between 2011 and 2013*

In the questionnaires; some companies want rapid calibration service. And, they report that; calibration processes are slow in the calibration centre. Some companies are particularly concerned about the time of calibration services. Conversely, some companies resort to sending certain measuring devices abroad for calibration, as these devices cannot be calibrated within Türkiye. These companies highlight the significant expenses incurred for overseas calibration and express a desire to receive calibration services for these devices domestically in Türkiye to mitigate costs.

## DISCUSSION

The "results" section of the study presents the quantities of devices calibrated at the Calibration Centre annually through figures, alongside discussions on the administered questionnaires. It was observed that the primary factors influencing purchasers' perceptions are calibration fees, process flow rates, and obligations.

Price considerations and obligations emerge as primary factors influencing the selection of calibration service providers. The proportion of customers prioritizing quality is relatively low compared to others, indicating a need for increased awareness within the industry. Recognizing that today's engineering faculty students are the future managers and directors, it becomes useful to incorporate teachings on the importance of calibration into university curricula.



Small firms, in particular, tend to favour calibration services offered at a lower price, driven by economic concerns and a desire to maximize profits. It is believed that the stability of economic conditions plays a crucial role in shaping this preference.

Another concern revolves around the need for expedited calibration services, driven by the limited time available for audits and state inspections. This urgency can generally stem from companies' inefficient time management practices or inadequate planning.

## **CONCLUSION**

The increase in the quantities of certain simple measuring devices calibrated at the calibration centre may be attributed to fee discounts and mutual protocols/agreements established between companies and the calibration centre. These fee discounts and protocols significantly influence purchasers' behaviours.

Certain purchasers perceive calibration as burdensome, while others acknowledge that they do not utilize measuring devices. It has been observed that, particularly smaller companies lack sufficient knowledge about calibration and measurement practices. For instance, a company specializing in elevator repair may neglect to use a measuring device to assess door force or measure other relevant parameters within their domain, despite the necessity to do so.

The quantities of advanced measuring devices calibrated at the calibration centre were presented in figures. The annual variation in device quantities is relatively low and may be considered negligible. Typically, large corporate entities possess advanced and complex measuring devices, such as calibrators. It can be inferred that these companies are loyal customers who prefer to avoid the risk of changing their calibration service provider. Additionally, they may opt for a renowned laboratory for calibration services due to reliability concerns. For such companies, calibration fees may not be the primary determinant in selecting a calibration service provider.

Some purchasers send their devices for calibration due to legal obligations, such as obtaining ISO certificates, complying with Ministry of Industry requirements, fulfilling customer obligations, or undergoing accreditation audits. Question marks may arise as to whether the quality perception of these companies is established.

In the questionnaires, calibration fees emerge as one of the most significant factors for some companies. These companies may prioritize calibration fees when making decisions, and an increase in calibration quantities is observed when the fees decrease. This trend is seen in both the results and the figures presented.

Some companies neglect to utilize calibration certificates and measuring devices, and some of them are unfamiliar with the concept of calibration altogether. Auditing plays a crucial role in ensuring quality, and therefore, the frequency of audits may be enhanced.



## KAYNAKÇA

- [1] Horwath, Preben, and Fiona Redgrave. "Metrology–in short." (2008).
- [2] VIM, ISO. "International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM)." International Organization 2004 (2004): 09-14.
- [3] Žel, J., Mazzara, M., Savini, C., Cordeil, S., Camloh, M., Štebih, D., ... & Van den Eede, G. (2008). Method validation and quality management in the flexible scope of accreditation: an example of laboratories testing for genetically modified organisms. *Food Analytical Methods*, 1, 61-72..
- [4] International Organization for Standardization. (2017). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO Standard No. 17025:2017)
- [5] Sadikoglu, E., & Temur, T. (2012). The relationship between ISO 17025 quality management system accreditation and laboratory performance. *Quality Management and Practices*, 13, 221-230.
- [6] Bakır, F., & Laleli, Y. (2006). TS EN ISO/IEC 17025 Kapsamında Akreditasyona Teknik Hazırlık. *Türk Biyokimya Dergisi*, 31(2), 96-101.
- [7] Gülçubuk, A. (2008). Müşteri bağlılığı yaratmada fiyat politikasının önemi ve uygulanan fiyatlandırma yöntemlerinin değerlendirilmesi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15(1), 15-26.

## Yönlendirilmiş Yongalevha Üretiminde Karakavak (*Populus nigra* L.) Odununun Kullanımı: Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi

İzham KILINÇ<sup>1\*</sup>, Abdülkadir YILDIZ<sup>2</sup>, Şeref KURT<sup>3</sup>, Çağlar ALTAY<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup>E-mail: izham.kilinc@batman.edu.tr; Batman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Batman/Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: kadir.yildiz@dicle.edu.tr; Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Diyarbakır/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: skurt@kastamonu.edu.tr; Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kastamonu/Türkiye.

<sup>4</sup>E-mail: caglar.altay@adu.edu.tr; Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Aydın/ Türkiye.

---

### Özet

Bu çalışmada, yönlendirilmiş yongalevha ürünlerinin çeşitli fiziksel özellikler üzerine üretim parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Karakavak (*Populus nigra* L) odunundan elde edilen yongalar, literatürde belirtilen ölçüler göz önünde bulundurularak ortalama 80x20x0,6 mm ebatlarında kesilmiştir. Yapıştırma işlemi için, fenol formaldehit bazlı yapıştırıcı %3, %6, %9 ve %12 oranlarında kuru yonga ağırlığına göre kullanılmıştır. Üretim sürecinde, presleme zamanı 3, 6 ve 9 dakika, presleme sıcaklığı 175°C, 185°C ve 195°C, presleme basıncı sabit olarak 40 kg/cm<sup>2</sup> olacak şekilde belirlenmiştir. Deneme levhaları üzerinde yapılan ölçümler sonucunda, hava kuru yoğunluk, denge rutubet miktarı, kalınlıkça artış ve 24 saatlik su alma ile termal iletkenlik katsayıları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, denge rutubet miktarı ortalama %6,79, yoğunluk değerleri 0,59 ile 0,70 gr/cm<sup>3</sup> arasında, ağırlık artışı %43,81 ile %92,86 arasında, kalınlık artışı %11,50 ile %44,62 arasında ve termal iletkenlik katsayıları ise 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK arasında değiştiği belirlenmiştir. Pres süresi ve sıcaklığının artırılmasının levhaların performansını iyileştirdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fenol formaldehit, Fiziksel özellikler, Karakavak (*Populus nigra* L.), Yönlendirilmiş yongalevha (OSB).

---

### Abstract

This study was designed to investigate the effects of production conditions on some physical properties of Oriented strandboard (OSB). The chips size used in production were obtained from black poplar (*Populus nigra* L.) wood, with an average thickness of 80x20x0.6 mm, taking into account the literature. A 47% phenol formaldehyde adhesive solution was employed as the adhesive, applied at varying rates of 3%, 6%, 9%, and 12% relative to the dry weight of the chips. Furthermore, in production, the press time was 3, 6, and 9 minutes, the press temperature was 175 °C, 185 °C, and 195°C and the press pressure was 40 kg/cm<sup>2</sup>. The air-dry density, equilibrium moisture content,

thickness swelling, water absorption for 24 hours and thermal conductivity coefficient values of the produced trial boards were determined. As a results of indicated that the boards' average equilibrium moisture content was 6.79%, density values ranged from 0.59 to 0.70 g/cm<sup>3</sup>, weight gain from water absorption varied from 43.81 to 92.86%, thickness swelling from 11.50 to 44.62%, and thermal conductivity from 0.179 to 0.260 W/mK. It was observed that especially increasing press time and press temperature had an improving effect on the properties of the plates.

**Keywords:** Phenol formaldehyde, Physical properties, Black poplar (*Populus nigra* L.), Oriented Strand Board (OSB).

---

## GİRİŞ

Dünya çapında orman varlıklarının azalma eğiliminde olması, ahşap ve ahşaptan elde edilen malzemelerin kullanımında çeşitliliği artırmıştır. Ormanların korunması ve ahşap ürün yelpazesinin genişletilmesi amacıyla, ahşap kompozit malzemeler de bu ürünler arasında giderek daha fazla önem kazanmıştır (Yıldırım, 2007). Mobilya sektörü, uygulama alanlarının genişliği ve teknik özelliklerinin fazlalığı sebebiyle, kompozit malzemelerin kullanımını benimsemiş ve böylece ağaç kullanımında önemli ölçüde tasarruf sağlanmıştır (Huang, Ji, & Yu, 2019; Jiang vd., 2023). Yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB) ise bu kompozit malzemeler içinde dikkate değer bir konum elde etmiş ve çeşitli kullanım alanlarında tercih edilir hale gelmiştir.

OSB üretim süreci, genelde küçük çaplı yuvarlak ağaç gövdelerinin boyuna doğru yongalanmasıyla başlar. Elde edilen yongalara tutkal ve balmumu eklenir ve bu yongalar belirli bir yönlendirme işleminden geçirilir. Daha sonra, bu hazırlanan yongalar yüksek basınç ve sıcaklık koşulları altında preslenerek OSB levhaları oluşturulur (Korkmaz, Yapıcı, Kılınç, & Taşdemir, 2017; Kalaycıoğlu, 2008; Ferdosian, Pan, Gao, & Zhao, 2017). Bu süreç, malzemenin yapısal bütünlüğünü ve dayanıklılığını artırırken, verimli bir üretim metodunu da beraberinde getirmektedir. OSB levhalar, kullanım koşullarına göre dört farklı sınıfa ayrılır: OSB-1 genel amaçlı levhalar kuru şartlar için; OSB-2 yüksek teknolojik özellikli taşıyıcı levhalar kuru ortamlar için; OSB-3 rutubetli şartlarda kullanılan taşıyıcı levhalar; ve OSB-4, rutubetli ortamlarda aşırı yüklemeye uygun taşıyıcı levhalardır. Bu levhalar doğal görünümünün yanı sıra fiziksel ve mekanik özellikleri, çevreye olan olumlu etkileri sayesinde Avrupa ve ABD başta olmak üzere Türkiye'de de yaygın olarak kullanılmaktadır (Kılınç, 2013).

OSB levhalar uygulama alanlarının çeşitli olması nedeniyle kullanım yerlerinde çeşitli fiziksel etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkiler arasında yoğunluk değişimi, su emilimi ile boyut değişiklikleri ve ısı iletim katsayısının etkilenmesi yer alır. Özellikle ısı iletim katsayısı, enerji verimliliği açısından önemlidir ve bu katsayı, levhadaki hava boşlukları ve yoğunluğa bağlı olarak değişiklik gösterir. Kaplamalı veya kaplamasız yüzeyler ve kaplama malzemesinin özellikleri de ısı iletim katsayısını etkileyen faktörlerdendir (Yapıcı, 2008). Literatürde, OSB ve kontrplakların benzer kullanım alanlarına sahip olduğu, ancak OSB'nin daha düşük kaliteli tomruklardan üretildiği, kontrplak için ise daha kaliteli tomrukların kullanıldığı belirtilmiştir (Çehrel, 1981). İnşaat sektöründe OSB, kontrplağın yerine tercih edilmeye başlanmıştır. Araştırmalara göre, tutkal oranı ve üretim koşulları, OSB levhalarının su emilimi ve kalınlık artış oranlarını önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir (Kılınç, 2013; Wilson, 1980). Yapılan bir araştırmada, Sarıçam'dan üretilen OSB levhaların kalınlık artışı incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına

göre, tutkal oranı %3, pres süresi 6 dakika, pres sıcaklığı 175°C ve pres basıncının 50 kg/cm<sup>2</sup> kullanılmasıyla, kalınlık artışının %44,74' değerle en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın, tutkal oranını %12, pres süresini 9 dakika, presleme sıcaklığını 185°C ve pres basıncını 50 kg/cm<sup>2</sup> tutarak üretimi gerçekleştirilen levhalarda ise kalınlık artışı %10,90 ile en düşük değeri almıştır (Kılınç, 2013). Başka bir çalışmada ise, sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan elde edilen 1,2 cm kalınlığındaki OSB levhaların 48 saat süre ile su içerisine daldırılması sonucunda su alma değerinin % 33,2, kalınlık artışı miktarının ise % 26,3 olduğu ifade edilmiştir (Biblis, Grigoriou, & Carino, 1996). Bir başka çalışmada, kullanılan tutkal oranı % 4'ten % 5'e sonrasında % 6'ya çıkarılarak OSB panellerin su alma değerlerinin azaldığı bildirilmiştir (Tang, Hse, & Zhou, 1984; Avramidis & Smith, 1989).

Bu çalışmada, *Populus nigra* L. (karakavak) ağacından üretilen yongalar kullanılarak fenol formaldehit bazlı yapıştırıcı ile üretimi gerçekleştirilen yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) çeşitli fiziksel özelliklerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

## MALZEME VE YÖNTEM

### Malzeme

Çalışma kapsamında, OSB üretimi için Türkiye'de doğal bir şekilde yetişen karakavak (*Populus nigra* L.) ağacından temin edilen yongalar (strand) ve OSB levha endüstrisinde sık kullanımı olan fenol formaldehit bazlı yapıştırıcı (% 47'lik) kullanılmıştır.

### Yöntem

#### Test örneklerinin hazırlanması

Piyasadan temin edilen latalar, çalışmada kullanılacak olan strandların gerektirdiği boyutlarda prizma şeklinde kesilmiştir. Yonga (strand) geometrisinin yüzey özelliklerini daha homojen hale getirmek amacıyla, kesilen prizmalar yaklaşık %60 rutubet oranına ulaşmaya kadar su içerisinde bekletilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) üretiminde kullanılacak strandlerin kaba kesimi ve rutubetlendirme işlemi

Bu işlem sonrasında prizmalar yongalama işlemine tabi tutulmuştur. Yongaların elde edilmesi için; torna makinesinin başlığına 42 derecelik açıyla 4 mm genişliğinde iki adet kanal açılmış ve diskli yongalayıcı bağlanmıştır. Ardından yongalar bu makinede yaklaşık 0,6 mm kalınlık, 20 mm genişlik ve 80 mm uzunluk olacak şekilde elde edilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** *Strandlerin elde edilme işlemi*

Yongalar öncelikle eleme işlemine tabi tutulmuş ve üstte kalanlar elle incelenmiştir. Bu inceleme sırasında, yongaların istenen boyutlarda olup olmadığı kontrol edilmiş ve ince kırıntılar üretim için uygun yongalardan ayıklanmıştır. Elde edilen yongalar, laboratuvar tipi bir kurutma fırınında %2–3 rutubet seviyesine ulaşana kadar kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Tutkallama sürecinde yongalar, bir döner karıştırıcıya alınmış ve bir havalı tabanca yardımıyla manuel olarak tutkal püskürtülmüştür. Yongaların homojen bir şekilde tutkallanmasını sağlamak amacıyla, yüzey ve orta katman yongaları ayrılarak işlem görmüş ve tam kuru yonga ağırlığına göre değişen oranlarda (%3, %6, %9, ve %12) tutkal kullanılmıştır. Örnek levhalar, 550x500x12 mm ölçülerindeki taslaklar kullanılarak, 600x600 mm boyutlarındaki, elektrikle ısıtılan tek katlı plakalara sahip bir laboratuvar tipi hidrolik pres ile üretilmiştir. Presleme işlemi sırasında basınç 30, 40 ve 50 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişirken, presleme süreleri 3, 6 ve 9 dakika olarak belirlenmiştir. Ayrıca, pres sıcaklığı 175°C, 185°C ve 195°C olacak şekilde ayarlanmış ve  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  tolerans ile kontrol edilmiştir. Pres işlemleri tamamlandıktan sonra, tutkalın sertleşmesini sağlamak amacıyla levhalar, pres sacları arasında sıcaklık düşene kadar bekletilmiştir. Her bir levha için soğuma süresi aynı şekilde uygulanmıştır. Belirli bir sıcaklık derecesine kadar bekletilen levhalar, önceden hazırlanan kapalı bir ortamda soğuma işlemi tamamlanana dek muhafaza edilmiştir. Sonrasında, deneme levhaları  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%65\pm 5$  bağıl nem koşullarında bir iklimlendirme kabini içinde standarda uygun olarak iklimlendirilmiştir edilmiştir (TS 642-ISO 554, 1997). Klimatize işleminden sonra levhalar, çeşitli testler için gerekli olan örnek boyutlarına kesilmiştir. Üretim süreci sonunda levhalarda oluşan hava kurusu yoğunluk değerleri, denge rutubet oranı, 24 saat su içinde bekletilmesi sonucu oluşan ağırlık ve kalınlık artışları ile ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüştür.

### **Denge Rutubet Miktarı**

Çalışma kapsamında rutubet oranının tespiti, TS-EN 322 (1999) standardına göre gerçekleştirilmiştir. Her bir levha grubundan 10 tane olacak şekilde, 50x50xlevha kalınlığı (mm) ölçülerinde kesilmiş örnekler kullanılmıştır. Örnekler,  $\pm 0,01$  gr hassasiyetindeki terazi ile tartılıp,  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ağırlıkları değişmeye kadar bir kurutma fırınında kurutulmuştur. 6 saat aralıklarla gerçekleştirilen ölçümler esnasında, ardışık iki tartma işlemi arasındaki ağırlık farkı deney parçasının ağırlığının %1'inden az olduğunda, bu ağırlık sabit kabul edilmiştir. Sonrasında örnekler, fırından alınıp bir desikatör içerisinde soğutulup, tekrar  $\pm 0,01$  gr hassasiyetle tartılmış ve rutubet miktarları eşitlik 1 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$r = \frac{M_r - M_o}{M_o} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

- r : Rutubet miktarı (%)  
M<sub>r</sub> : % r rutubetteki ağırlık (gr)  
M<sub>o</sub> : Tam kuru ağırlık (gr)

### Hava-kurusu yoğunluk

Bu çalışmada, üretilecek levhalar için hedeflenen yoğunluk 0,65 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Levhaların planlanan ve gerçekleşen yoğunluk değerleri arasındaki ilişkiyi analiz etmek üzere, deneme levhalarının yoğunluk değerleri ölçülmüştür. Yoğunluk tespitinde, levhaların hava kurusu yoğunluk değerleri kullanılmıştır. Yoğunluğun belirlenmesi, TS-EN 323-1 (1999) standardındaki yöntemlere uygun olarak gerçekleştirilmiş ve hesaplamalar eşitlik 2 kullanılarak yapılmıştır.

$$\delta_r = \frac{M_r}{V_r} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Burada;

- $\delta_r$  : Hava kurusu yoğunluk (gr/cm<sup>3</sup>)  
M<sub>r</sub> : Hava kurusu ağırlık (gr)  
V<sub>r</sub> : Hava kurusu hacim (cm<sup>3</sup>)

### Kalınlık Artışı

Kalınlık artışının belirlenmesi için, deneme levhalarından TS EN 317 (1999) standardına uygun şekilde 50x50xlevha kalınlığı (mm) ölçülerinde örnekler kesilmiştir. Bu örnekler, kalınlıklarının tam merkezinden ±0,01 mm doğrulukla bir kumpas kullanılarak ölçülmüş ve ardından 24 saat boyunca su içerisinde bekletilmiştir. Suda bekleme işlemi tamamlandıktan sonra, örnekler sudan alınmış ve bir bez yardımıyla fazla suyu giderildikten sonra kalınlıkları yeniden ölçülmüştür. Eşitlik 3 kullanılarak kalınlık artış oranları yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır.

$$K_a = \frac{e_s - e_0}{e_0} \times 100 \quad (3)$$

Burada;

- K<sub>a</sub>= Kalınlığına şişme miktarı (%)  
e<sub>s</sub>= Suda bekletilen örneklerin son kalınlığı (mm)  
e<sub>o</sub>= Klimatize edilmiş örnek kalınlığı (mm)

## Su alma

Su alma miktarının belirlenmesi amacıyla, ASTM-D 1037 (1998) standardına uyularak 50x50xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler,  $\pm 0,01$  gr hassasiyetinde bir terazi ile ölçüldükten sonra 24 saat boyunca suya batırılmış ve süre sonunda çıkarılarak fazla su bir bez ile alınmıştır. Nemli haldeki ağırlıkları, aynı duyarlılıkla ( $\pm 0,01$  gr) tekrar tartılarak belirlenmiştir. Deney örneklerinin su alma miktarı, eşitlik 4 kullanılarak belirlenmiştir.

$$SA = \frac{M_2 - M_1}{M_2} \times 100 \quad (4)$$

Burada;

SA= Su alma miktarı (%)

$M_1$  = Örneklerin suya daldırmadan önceki ağırlığı (gr)

$M_2$  = Örneklerin suya daldırıldıktan sonraki ağırlığı (gr)

## Isı İletkenlik Katsayısı Tayini

Isı iletkenlik katsayısının ölçümü, ASTM C 1113-99 (2004) standartları çerçevesinde yapılmıştır. Deneyler Quick Thermal Conductivity-500 isimli ısı iletkenlik test cihazında, PD-11 tipi sensör probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler için belirlenen numunelerin minimum ebatları 50x100 mm olarak ayarlanmıştır ve ölçüm süresi standart olarak 100-120 saniye aralığında uygulanmıştır.

## İstatistiksel analiz

Deney sonuçları, SPSS istatistiksel analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırmanın bir parçası olarak ele alınan etkileşim faktörlerinin etkilerinin saptanmasında Çoklu Varyans Analizi (ANOVA) yöntemi tercih edilmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar ( $P < 0,05$ ) tespit edildiğinde, farkların detaylı analizi için Duncan testi uygulanmıştır.

## BULGULAR

### Denge Rutubet Miktarı

Örneklerin hava kurusu durumdaki denge rutubet değerlerine ilişkin aritmetik ortalamalar ( $X_{ort}$ ) Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Rutubet değerleri (%).

Süre (dak.)	Üretim Koşulları		Rutubet (%)
	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	
3	175	3	7,35
		6	9,01
		9	6,13
		12	7,26
	185	3	7,34
		6	7,97
		9	8,60
		12	9,37
	195	3	7,32
		6	6,98
		9	5,02
		12	9,61
6	175	3	6,21
		6	6,40
		9	7,41
		12	8,31
	185	3	5,91
		6	6,05
		9	7,59
		12	6,85
	195	3	6,52
		6	5,49
		9	5,98
		12	6,86
9	175	3	5,25
		6	6,59
		9	5,91
		12	6,56
	185	3	5,57
		6	6,59
		9	6,27
		12	6,66
	195	3	6,55
		6	6,79
		9	5,18
		12	5,32

TS EN 312 (2012) standartlarına göre, levhaların içermesi gereken rutubet miktarının % 5 ile % 13 aralığında olması bildirilmektedir. Üretilen levhalarda yapılan ölçümler sonucunda, hava kurusu denge rutubet miktarı en yüksek olarak % 9,61 ve en düşük olarak % 5,02 tespit edilmiştir. Tüm örneklerden

alınan verilerin ortalaması % 6,79 olarak hesaplanmış, bu değerlerin standart tarafından belirlenen sınırlar içerisinde yer aldığı görülmüştür.

### Hava-kurusu yoğunluk

Örneklerin hava kuru durumdaki yoğunluk değerlerine ilişkin aritmetik ortalamalar (X<sub>ort</sub>) Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Hava kuru yoğunluk değerleri (g/cm<sup>3</sup>).

Süre (dak.)	Üretim Kosulları		Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	
3	175	3	0.64
		6	0.59
		9	0.65
		12	0.69
	185	3	0.64
		6	0.59
		9	0.62
		12	0.68
	195	3	0.68
		6	0.64
		9	0.70
		12	0.70
6	175	3	0.67
		6	0.65
		9	0.67
		12	0.65
	185	3	0.65
		6	0.61
		9	0.63
		12	0.66
	195	3	0.69
		6	0.69
		9	0.66
		12	0.66
9	175	3	0.70
		6	0.69
		9	0.61
		12	0.70
	185	3	0.67
		6	0.64
		9	0.67
		12	0.67
	195	3	0.70
		6	0.69
		9	0.66
		12	0.70

Levha yoğunluğu, kullanılan yonga miktarına göre değişiklik göstermektedir. Yoğunluk arttıkça, yongalar arası etkileşim kuvvetlenir ve tutkalın adezyon kapasitesinin de arttığı kabul edilmektedir (Akbulut, 1991). Ayrıca OSB kalitesini, ön işlem, şerit kalitesi, şerit boyutu, parçacık oryantasyonu, katman yapısı, nem içeriği, levha yoğunluğu, yoğunluk profili (Febrianto, Sumardi, Hidayat, & Maulana, 2017; Maulana vd., 2019a), yapıştırıcı tipi dahil olmak üzere, reçine içeriği (Lubis, Park, & Hong, 2020) ve ağaç türleri (Maulana vd., 2019b) gibi faktörlerden etkilenebilir. Deneme levhaları için hedeflenen yoğunluk  $0,65 \text{ g/cm}^3$  olarak planlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, hava kurusu yoğunluk değerleri  $0,59$  ile  $0,70 \text{ g/cm}^3$  aralığında varyasyon göstermiştir. Tüm örneklerin ortalama yoğunluğu ise  $0,66 \text{ g/cm}^3$  ölçülmüştür. Bu sonuçlar, ilgili standartların belirlediği tolerans limitleri içinde yer almaktadır. Literatürde yoğunluğu yüksek ağaç türlerinin OSB kalitesini artırabildiği belirlenmiştir (Dumitrascu, Lunguleasa, Salca, & Ciobanu, 2020; Hidayat, Carolina, & Febrianto, 2013; Lunguleasa, Dumitrascu, Spirchez, & Ciobanu, 2021). Çalışmamızda ise,  $195 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık, 3 dakika, %9 ve %12 tutkal oranındaki örnekler,  $175 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık, 9 dakika, %3 ve %12 tutkal oranındaki örnekler ve  $195 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık, 9 dakika ve %3 ve %12 tutkal oranında elde edilen örneklerde en yüksek yoğunluk değerleri ( $0,70 \text{ g/cm}^3$ ) elde edildiği için OSB kalitesinin bu örneklerde daha çok arttığı ifade edilebilir. Moena & Sandoval (2013), çalışmalarında Şili'nin yerel odunlarını kullanarak, fenolik ve monoetilen diizosiyanat (MDI) tutkalları ile  $700 \text{ kg/m}^3$  ve  $640 \text{ kg/m}^3$  yoğunluklarında OSB levhalar üretmişlerdir. Araştırmalarında, bu levhaların fiziksel mukavemet değerlerini bir kontrol numunesi ile karşılaştırdıklarında, aralarında belirgin bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir.

### **Kalınlık Artış Oranı**

Deneme levhalarından alınan örnekler üzerinde yapılan testlerde, pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının değişkenliğine bağlı olarak 24 saatlik süre ile su içinde bekletilme sonrası kalınlık artışının ortalaması (Xort) ve standart sapması (Std) belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Örneklerin 24 saat su içinde bekletilmesi sonucu kalınlık artış değerleri (%).

Süre (dak.)	Üretim Kosulları		Kalınlık Artışı (%)	
	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sn.
3	175	3	42,38	4,99
		6	31,90	3,50
		9	26,58	2,20
		12	22,47	1,36
	185	3	40,28	4,23
		6	24,84	3,68
		9	24,04	4,18
		12	14,71	1,82
	195	3	40,43	2,80
		6	24,95	2,73
		9	26,74	3,78
		12	20,47	2,31
6	175	3	42,52	3,25
		6	25,60	3,27
		9	16,71	1,87
		12	16,63	0,53
	185	3	44,62	3,19
		6	23,63	3,56
		9	19,84	3,08
		12	15,61	1,37
	195	3	39,69	4,07
		6	24,78	3,19
		9	17,89	2,86
		12	16,71	1,77
9	175	3	43,11	4,22
		6	22,03	2,93
		9	14,95	2,73
		12	14,76	2,91
	185	3	40,12	2,78
		6	20,09	2,57
		9	15,29	2,49
		12	11,50	1,71
	195	3	30,58	3,52
		6	22,97	3,82
		9	15,48	1,56
		12	12,30	1,48

Deneme levhalarında gözlemlenen ortalama kalınlık artışı % 11,50 ile % 44,62 aralığında değişmiştir. Üretim süreçlerinde, pres sıcaklığının 185°C olarak belirlenmesi ve tutkal oranının % 3'ten % 12'ye yükseltilmesi sonucunda, pres süresi 3 dakika olan örneklerde kalınlık artışı % 63,48, 6 dakika olanlarda % 65,01 ve 9 dakika olanlarda % 71,33 oranında azalmıştır. Artan pres süresi ve tutkal oranı, kalınlık artışını azaltmaktadır. Ayrıca, Wang & Winistorfer (2002) tarafından fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen ve 12 mm kalınlığındaki OSB panellerin 24 saat su içinde bekletilmesi sonucu, kalınlık artışının % 23,81 olduğu belirlenmiştir. Nemli & Akbulut (2004), yongalevha üzerine

gerçekleştirdikleri araştırmada, üreormaldehit tutkalına melamin formaldehit ekleyerek kalınlıkta meydana gelen şişme özelliklerini analiz etmişlerdir. Bulgularına göre, melamin formaldehit eklemenin yongalevhanın kalınlıkta şişme değerlerini iyileştirdiği görülmüştür. Febrianto, Hidayat, Samosir, Lin, ve Soong (2010), farklı yoğunluktaki odun yongalarını kullanarak ürettikleri OSB levhaların kalınlıkta şişme değerlerinde iyileşme olduğunu kaydetmişlerdir. Pres süresi, sıcaklığı ve tutkal oranının kalınlık artışına etkilerini analiz etmek için gerçekleştirilen Çoklu Varyans Analizi'nin bulguları Tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Kalınlık artışı ile ilgili varyans analizi sonuçları.

Varyans	Kareler	Serbestlik	Kareler	F	Önem
Süre (A)	1224,56	2	612,28	67,67	0,00
Sıcaklık (B)	186,62	2	93,31	10,31	0,00
Tutkal (C)	15488,79	3	5162,93	570,59	0,00
A * B	179,95	4	44,99	4,97	0,00
A * C	349,83	6	58,31	6,44	0,00
B * C	328,23	6	54,71	6,05	0,00
A * B * C	247,18	12	20,60	2,28	0,01
Hata	1302,95	144	9,05		
Toplam	133610,81	180			

Tablo 4'e göre, pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranlarının levhaların kalınlık artış değerlerine etkisi % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Elde edilen bu farklılıkların derecesini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen Duncan testi sonuçları Tablo 5'te yer almaktadır.

**Tablo 5.** Faktörlerin kalınlık artışı miktarına etkisine ait Duncan test sonuçları.

Üretim Koşulları	Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	C
	6	B
	9	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	B
	185	A
	195	A
Tutkal Oranı (%)	3	D
	6	C
	9	B
	12	A

Tablo 5'e göre, pres süresi ve tutkal oranlarına bağlı olarak levhaların kalınlık artışında % 95 güven düzeyinde belirgin bir fark bulunmuştur ve bu farklar çeşitli homojenlik gruplarında sınıflandırılmıştır. 185°C ve 195°C pres sıcaklıklarıyla üretilen levhaların kalınlık artış değerleri ise aynı homojenlik grubu içinde yer almaktadır. Duncan testinden yola çıkılarak, en yüksek kalınlık artış değeri tutkal oranı % 3 olan örneklerde (% 40,41) görülürken, tutkal oranı % 12 olan örneklerde ise en düşük değer (% 16,13) gözlemlenmiştir.

## Su alma

Deneme levhalarından alınan örnekler üzerinde belirlenen 24 saat suda bekletme sonucu su alma miktarı ile ilgili ortalama ( $X_{ort}$ ), standart sapma ( $S_{id}$ ) değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6.** Örneklerin 24 saat su içinde bekletilmesi sonucu oluşan su alma değerleri (%).

Süre (dak.)	Üretim Koşulları		Ağırlık Artışı (%)	
	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	83.51	1.49
		6	75.58	4.68
		9	74.26	4.20
		12	64.04	3.37
	185	3	92.07	9.36
		6	80.91	3.98
		9	77.89	1.87
		12	59.71	6.55
	195	3	81.98	3.03
		6	86.21	4.50
		9	62.76	3.45
		12	52.09	1.62
6	175	3	90.75	1.30
		6	67.05	2.96
		9	51.44	5.37
		12	50.69	2.80
	185	3	81.92	4.48
		6	71.52	2.75
		9	63.68	4.21
		12	48.28	5.50
	195	3	82.41	2.29
		6	77.79	7.49
		9	49.48	3.71
		12	52.07	5.79
9	175	3	92.86	4.31
		6	63.99	3.35
		9	62.72	4.89
		12	54.97	2.43
	185	3	87.14	14.75
		6	70.81	3.98
		9	51.16	4.97
		12	43.81	6.05
	195	3	78.78	2.20
		6	66.84	4.21
		9	49.58	1.17
		12	47.94	10.63

Üretilen deneme levhalarında gözlemlenen ortalama ağırlık artışı, % 43,81 ile % 92,86 arasında değişmiştir. 175°C pres sıcaklığında, tutkal oranının % 3'ten % 12'ye yükseltilmesiyle, 3 dakika pres süresi uygulanan örneklerde ağırlık artışı % 23,31 azalırken, 6 dakika pres süresinde % 44,14 ve 9 dakika pres süresinde % 40,80 azalış göstermiştir. Aynı şekilde, pres sıcaklığı 185°C alındığında, 3 dakikalık pres süresinde % 35,14, 6 dakikalık pres süresinde % 41,06 ve 9 dakikalık pres süresinde ise % 49,72

oranında azalma tespit edilmiştir. Ayrıca, pres süresi, tutkal oranı ve pres basıncının artırılmasıyla levhalarda su alma değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Tutkal miktarının % 3'ten % 4,5'e çıkarılması su alma değerini % 17,32, % 6'ya çıkarılması ise % 25,29 oranında azaltmıştır. Yapıcı (2008) tarafından yürütülen bir çalışmada, pres süresinin 3 dakikadan 7 dakikaya çıkarılması ile OSB levhaların su alma miktarında % 11,90 oranında bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Barbuta, Cloutier, Blanchet, Yadama, ve Lowell (2011) ve Febrianto vd., (2017), düşük reçine içeriğine sahip levhalarda suyun girmesi ve boşlukları ve ahşap hücre duvarlarını doldurması daha kolay olduğundan su emilimi arttığını bulmuşlardır. Ahşabın özgül ağırlığı ne kadar yüksek olursa, su alma değeri o kadar düşük olmaktadır. Reçine içeriği ne kadar yüksek olursa su alma değeri o kadar düşük olmaktadır. Paneller suya daldırıldığında, şeritlerin yüksek gözenekliliği ve higroskopikliği, panel üretimi sırasında ortaya çıkan yerleşik basınç kuvvetlerinin serbest bırakılması ve üre formaldehitin su emmesi nedeniyle yüksek şişme meydana gelmektedir (Biswas, Bose, & Hossain, 2011). Kontrplak gibi diğer ahşap bazlı kompozitlerle karşılaştırıldığında OSB, su ile temas halinde zayıf su direncine sahiptir (Papadopoulos & Traboulay, 2002). Pres süresi, pres sıcaklığı ve tutkal oranının ağırlık artışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılan Çoklu Varyans Analizi'nin sonuçları Tablo 7'de yer almaktadır.

**Tablo 7.** Ağırlık artış değerlerine ilişkin Çoklu Varyans analizi sonuçları.

Varvans	Kareler	Serbestlik	Kareler	F	Önem
Süre (A)	3551,57	2	1775,79	65,94	0,00
Sıcaklık (B)	502,23	2	251,12	9,32	0,00
Tutkal (C)	28726,26	3	9575,42	355,55	0,00
A * B	636,65	4	159,16	5,91	0,00
A * C	1603,76	6	267,29	9,92	0,00
B * C	1810,61	6	301,77	11,21	0,00
A * B * C	1235,98	12	103,00	3,82	0,00
Hata	3878,13	144	26,93		
Toplam	874745,26	180			

Tablo 7, üretim faktörlerinin ve bu faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinin levhalardaki ağırlık artışı üzerindeki etkisinin % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Gruplar arası farklılıkların önem derecesini değerlendirmek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur.

**Tablo 8.** Ağırlık artış değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları	Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi ( dak.)	3	B
	6	A
	9	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	B
	185	B
	195	A
Tutkal Oranı (%)	3	D
	6	C
	9	B
	12	A

Tablo 8, tutkal oranlarının arasında % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğunu ortaya koymuştur, ve bu farklar çeşitli homojenlik gruplarında sınıflandırılmıştır. Ancak, 6-9 dakika arası pres süreleri ve 175-185°C arası pres sıcaklıkları aynı homojenlik grubunda yer almaktadır. Duncan testine göre, tutkal oranı % 3 olan örneklerde en yüksek ağırlık artışı (% 85,71) gözlenmiş, buna karşın tutkal oranı % 12 olan örneklerde en düşük ağırlık artışı (% 52,62) belirlenmiştir. Sonuçlar, tutkal oranı arttıkça levhaların ağırlık artışının azaldığını göstermektedir.

### Levhaların Isı İletim Katsayısı

Örneklerin ısı iletimi katsayılarına ait aritmetik ortalama ( $X_{ort}$ ) ve standart sapma ( $S_{td}$ ) değerleri Tablo 9'da gösterilmiştir.

**Tablo 9.** Isı iletim katsayısı değerleri (W/mK).

Süre (dak.)	Üretim Kosulları		Isı İletim Katsayısı (W/mK)	
	Sıcaklık (°C)	Tutkal (%)	Ortalama	Std. Sp.
3	175	3	0,247	0,008
		6	0,223	0,007
		9	0,223	0,008
		12	0,254	0,007
	185	3	0,231	0,004
		6	0,208	0,021
		9	0,227	0,004
		12	0,222	0,011
	195	3	0,188	0,004
		6	0,179	0,009
		9	0,223	0,048
		12	0,216	0,051
6	175	3	0,249	0,015
		6	0,195	0,004
		9	0,249	0,004
		12	0,260	0,010
	185	3	0,257	0,014
		6	0,217	0,002
		9	0,194	0,004
		12	0,229	0,004
	195	3	0,254	0,031
		6	0,226	0,024
		9	0,200	0,024
		12	0,224	0,016
9	175	3	0,239	0,022
		6	0,210	0,015
		9	0,187	0,007
		12	0,240	0,007
	185	3	0,231	0,004
		6	0,187	0,004
		9	0,206	0,010
		12	0,207	0,014
	195	3	0,244	0,033
		6	0,208	0,020
		9	0,209	0,012
		12	0,223	0,006

Üretilen levhaların ısı iletkenlik katsayıları, 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK arasında değişen değerlerde olduğu belirlenmiştir. Isı iletkenliği üzerinde yoğunluğun önemli bir etkisi olduğu görülmekte; yoğunluk arttıkça ısı iletim katsayısı da yükselmektedir. Bozkurt & Göker (1985) tarafından yapılan bir çalışmada, ahşaptan elde edilen kompozit panellerde özgül kütle artışının ısı iletimi katsayısını yükselttiği belirlenmiş ve ısı iletkenlik değerlerinin 0,105 W/mK ile 0,205 W/mK arasında değiştiği kaydedilmiştir. Nemli & Kalaycıoğlu (2002) ise, %10 kavak, %40 çam ve %50 kayın yongaları kullanılarak üretilen formaldehit tutkalı ile üretilen 0,66 g/cm<sup>3</sup> yoğunluktaki, 1,8 cm kalınlığa sahip yonga levhaların ısı iletkenlik katsayısını 0,106 W/mK ölçmüşlerdir. Pres sıcaklığı, pres süresi ve tutkal oranının ısı iletkenlik katsayısına etkilerini inceleyen Çoklu Varyans Analizi sonuçları Tablo 10'da verilmiştir.

**Tablo 10.** Isı iletim katsayısına ait varyans analizi sonuçları.

Varyans	Kareler	Serbestlik	Kareler	F	Önem
Süre (A)	0,004	2	0,002	5,481	0,01
Sıcaklık (B)	0,005	2	0,002	7,720	0,00
Tutkal (C)	0,018	3	0,006	18,546	0,00
A * B	0,005	4	0,001	4,073	0,00
A * C	0,005	6	0,001	2,629	0,02
B * C	0,003	6	0,000	1,528	0,18
A * B * C	0,011	12	0,001	2,889	0,00
Hata	0,023	72	0,000		
Toplam	5,390	108			

Tablo 10'a göre, tutkal ve sıcaklık faktörlerinin karşılıklı etkileşimleri % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamsız olarak değerlendirilmiştir. Ancak, diğer tüm faktörler ve bu faktörlerin etkileşimleri, levhalardaki ısı iletim katsayısına önemli derecede etki etmiştir. Elde edilen farklılığın gruplar arasındaki önem derecesini değerlendirmek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur.

**Tablo 11.** Isı iletim katsayısına ait Duncan testi sonuçları.

Üretim Koşulları	Ortalama	Homojenlik Grubu
Pres Süresi (dak.)	3	A
	6	B
	9	A
Pres Sıcaklığı (°C)	175	B
	185	A
	195	A
Tutkal Oranı (%)	3	B
	6	A
	9	A
	12	B

Tablo 11'e göre, tutkal oranı % 3 olan deney örneklerinde 0,238 W/mK ile en yüksek ısı iletim katsayısı tespit edilmiş, buna karşın % 6 tutkal kullanılan deney örneklerinde ise en düşük ısı iletim katsayısı 0,206 W/mK olarak ölçülmüştür. Ayrıca, pres süresi olarak 3-9 dakika, pres sıcaklığı olarak 185-195°C ve tutkal oranları olarak % 3-12 ile % 6-9 arasındaki değerler aynı homojenlik grupları içinde sınıflandırılmıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Deneme levhalarındaki hava kurusu denge rutubet miktarları % 5,02 ile % 9,61 aralığında değişmiştir, bu değerler TS EN 312 standardında belirtilen % 5-13 arası ideal rutubet miktarlarıyla uyumludur. Ayrıca, bu çalışmada levhaların hava kurusu yoğunluğu önemli bir ölçüt olarak ele alınmıştır; planlanan yoğunluk değeri 0,65 g/cm<sup>3</sup> iken, ölçülen en düşük yoğunluk 0,59 g/cm<sup>3</sup> ve en yüksek yoğunluk ise 0,70 g/cm<sup>3</sup> tespit edilmiştir. TS EN 323-1 (1999) standardına göre, ahşaptan elde edilen levhalarda kabul edilebilir yoğunluk sapması  $\pm 10\%$ 'dur ve örnek levhaların ortalama yoğunluğu 0,66 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Belirlenen yoğunluk değerleri ile planlanan değerler arasındaki maksimum fark  $\pm 7\%$  olup, bu fark standardın izin verdiği tolerans sınırı içindedir.

Üretilen OSB panellerinin kalınlık artış oranları ortalama %11,50 ile %44,62 aralığında değişmiştir. Araştırmada, pres süresi 3 dakika olan örneklerde sıcaklık 185°C'ye ayarlanıp, tutkal oranı %3'ten %12'ye çıkarılınca kalınlık artışı %63,48; 6 dakika pres süresinde %65,01; 9 dakika pres süresinde ise %71,33 oranında azalmıştır. Aynı zamanda, sıcaklık 175°C olarak ayarlandığında ve tutkal oranı %3'ten %12'ye çıkarıldığında; 3 dakika pres süresiyle ağırlık artışı %23,31, 6 dakika pres süresiyle %44,14, 9 dakika pres süresiyle ise %40,80 azalmıştır. Bu çalışmada elde edilen kalınlık ve ağırlık artış değerleri literatüre uygun bulunmuştur. Deneme levhalarının su alma miktarları üzerinde tutkal oranının etkisi belirgin olup, tutkal oranı ve pres süresinin artışı levhaların ağırlık artış değerlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Levhaların ısı iletkenlik katsayıları 0,179 W/mK ile 0,260 W/mK aralığında değişkenlik göstermiştir. Isı iletkenlik değerleri üzerinde en belirgin etkiyi yoğunluk yapmaktadır; yoğunluk arttıkça ısı iletkenlik katsayısı da yükselmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre, %3 tutkal ilavesiyle üretilen deney örneklerinde en yüksek ısı iletkenlik katsayısı 0,238 W/mK olarak tespit edilirken, %6 tutkal kullanılan örneklerde ise en düşük katsayı 0,206 W/mK olarak ölçülmüştür. Ayrıca, artan pres süresi ve sıcaklığın levhaların fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, ancak yüksek sıcaklık ve uzun pres süresinin tutkal filmi üzerindeki kohezyon kuvvetini azaltıcı etkiler yarattığı tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

Akbulut, T. (1991). *Orüs vezir köprü yongalevha fabrikasında üretilen levhaların teknolojik özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ASTM D 1037-96 a, "American society for testing and materials, standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials", *Philadelphia, PA.*, (1998).

Avramidis, S., & Smith, L.A. (1989). The effect of resin content and face-to-core ratio on some properties of OSB. *Holzforchung*, 43 (2): 131-133.

ASTM C 1113-99. (2004). Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique).

Barbuta, C., Cloutier, A., Blanchet, P., Yadama, V., & Lowell, E. (2011). Tailor made OSB for special application. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(4):511-519. <https://doi.org/10.1007/s00107-010-0477-z>.

Bozkurt, A. Y. and Göker, Y., (1981). "Orman Ürünlerinden Faydalanma", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 33(1), 124-140, İstanbul,

Biswas, D., Bose, S.K., & Hossain, M.M. (2011). Physical and mechanical properties of urea formaldehyde-bonded particleboard made from bamboo waste. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 31 (2): 84–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2010.11.006>

Biblis, J. E., Grigoriou, A., & Carino, H. (1996). Flexural properties of veneer-overlaid OSB composite panels from Southern yellow pine, *Forest Products Journal*, 46(4): 59-62.

Çehreli, H.T. (1981). Yönlendirilmiş yongalevhaların (Oriented Strand Board (OSB)) üretimi, teknolojik özellikleri ve kullanım yerleri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 98-121.

Dumitrascu, A.E., Lunguleasa, A., Salca, E.A., & Ciobanu, V.D. (2020). Evaluation of selected properties of Oriented strand boards made from fast growing wood species. *BioResources*, 15(1): 199-210. <https://doi.org/10.15376/biores.15.1.199-21>

Ferdosian, F., Pan, Z., Gao, G., & Zhao, B. (2017). Bio-based adhesives and evaluation for wood composites application. *Polymers*, 9(2): 1-29. <https://doi.org/10.3390/polym9020070>

Febrianto, F., Hidayat, W., Samosir, T.P., Lin, H.C., & Soong, H.P. (2010). Effect of strand combination on dimensional stability and mechanical properties of Oriented strand board made from tropical fast growing tree species. *Journal of Biological Science*, 10(3):267-272 <http://scialert.net/jindex.php?issn=1727-3048>

Febrianto, F., Sumardi, I., Hidayat, W., & Maulana, S. (2017). Papan Untai Bambu Berarah: Material Unggul untuk Komponen Bahan Bangunan Struktur. IPB Press, Bogor, Indonesia.

Hidayat, W., Carolina, A., & Febrianto, F. (2013). Physical, Mechanical, and Durability Properties of OSB Prepared from CCB Treated Fast Growing Tree Species Strands. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia* 11(1): 55-61. DOI: 10.51850/jitkt.v11i1.104

Huang, Y., Ji, Y., & Yu, W. (2019). Development of bamboo scrimber: a literature review. *Journal of Wood Science*, 65(1). <https://doi.org/10.1186/s10086-019-1806-4>

Jiang, H., Du, Y., Wang, J., Cao, Y., Jin, C., & Yan, Y. (2023). Enhanced bamboo interfacial bonding performance on the basis of toughening phenol formaldehyde resin by flour. *Polymer Composites*, 44(1), 524–535. <https://doi.org/10.1002/pc.27116>

Kalaycıoğlu, H., “Yongalevha endüstrisi ders notları”, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Trabzon, (2008).

Kılınç, İ. (2013). *Üretim faktörlerinin yönlendirilmiş yongalevhaların bazı özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Korkmaz M, Yapıcı F, Kılınç İ, & Taşdemir Z. N. (2017). Üretim faktörlerinin yönlendirilmiş yongalevhaların ısı iletkenlik katsayısı değeri üzerine etkilerinin araştırılması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 932–939.

Lubis, M.A.R., Park, B.D., & Hong, M.K. (2020). Tuning of adhesion and disintegration of oxidized starch adhesives for the recycling of medium density fiberboard. *BioResources*. 15, 5156–5178. DOI: 10.15376/biores.15.35156-5178.

Lunguleasa, A., Dumitrascu, A. E., Spirchez, C., & Ciobanu, V. D. (2021). Influence of the Strand Characteristics on the Properties of Oriented Strand Boards Obtained from Resinous and Broad-Leaved Fast-Growing Species. *Applied Sciences* 11(4): 1784. DOI: 10.3390/app11041784.

Moena, R., & Sandoval, F. (2013). Effect of Board Density and Adhesive Combination on Physical and Mechanical Critical Properties of OSB Made With Chilean Native Wood. *Bosque*. 34, (1), 13-22.

Maulana, S., Damanik, M. Q. A., Marwanto, Maulana, M. I., Fatrawana, A., Sumardi, I., Wistara, N. J., & Febrianto, F. (2019a). Durability of Oriented Strand Board Prepared from Steam - Treated Betung Bamboo to Natural Weathering. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 17(1): 34-46. DOI: 10.51850/jitkt.v17i1.459

Maulana, S., Gumelar, Y., Fatrawana, A., Maulana, M. I., Hidayat, W., Sumardi, I., Wistara, N. J., Lee, S. H., Kim, N. H., & Febrianto, F. (2019b). Destructive and Non-Destructive Tests of Bamboo Oriented Strand Board Under Various Shelling Ratios and Resin Contents. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 47(4): 519-32. DOI: 10.5658/wood.2019.47.4.519.

Nemli, G., & Akbulut, T. (2004). Üreormaldehit Tutkalına Melamin Formaldehit İlavesinin Yongalevhanın Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 54, (1), 42 - 44.

Nemli, G., & Kalaycıoğlu, H. (2002). “Effects of surface coating materials on the thermal conductivity and combustion properties of particleboard”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, (26): 155-160.

Papadopoulos, A.N. & Traboulay, E. (2002). “Dimensional stability of OSB made from acetylated fir strands”, *Holz als Roh- und Werkstoff*, Berlin, (60): 84-87.

Tang, R. C., Hse, C. Y., & Zhou, Z. J., Effect of flake-cutting patterns and resin contents on dimensional changes of flakeboard under cyclic hygroscopic treatment, *Forest Service general technical report SO United States Southern Forest Experiment Station*, (53): 43-51 (1984).

TS EN 312, “Yongalevhalar-Özellikler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2012).

TS EN 317, “Yongalevhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).

TS EN 322, “Ahşap levhalar-Rutubet miktarının tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1999).



TS EN 323-1, “Ahşap yongalevhalar, özgül kütlenin tayin edilmesi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, (1999).

TS 642/ISO 554, “Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler özellikler”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1997).

Wang, S., & Winistorfer, P., “Process and system for determination of layer thickness swell of wood composites”, U.S. Patent, (6): 396-590 (2002).

Wilson, J. B., (1980). “Isocyanate adhesives as binders for composition board wood adhesives research, *Application, and Needs Symposium*, University of Wisconsin.

Yapıcı, F. (2008). *Sarıçam (Pinus sylvestris L.) odununun OSB üretiminde kullanılmasında bazı üretim faktörlerinin levha özellikleri üzerine etkisi* (Doktora Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 1-112.

Yıldırım, A. (2007). *Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

## CI Reaktif Red 195 ile Boyanmış Örme Kumaşın Ekolojik Renk Açma/Söküm İşlemi

Ahmet DAĞLI<sup>1</sup>, Meliha OKTAV BULUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E-mail: ahmet\_dagli@hotmail.com.tr; Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İl / Türkiye.

<sup>1</sup>E-mail: oktavbulut@sdu.edu.tr; Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İl/ Türkiye.

---

### Özet

Tekstil yaş işlemlerde ekolojik iyileştirme dört ana bileşen kullanılarak yapılabilir. Bunlar işlem optimizasyonu (su miktarı, kimyasal/enerji ve süre optimizasyonu), ekolojik kimyasal kullanımı, suyu yeniden kullanma, ozon, plazma, UV gibi yeni teknolojiler kullanma, transfer baskı ve enzimatik işlemler olarak sayılabilir. Yaş işlemler içinde yer almasına karşın çoğu kez dikkate alınmayan ancak bir işletmenin verimliliğini ilgilendiren en önemli gösterge boya açma/söküm işlemidir. Boya açma/söküm yapılan boyanın farklı nedenlerden dolayı (boyarmadde, kimyasal madde kaynaklı, müşterinin onaylamaması) hatalı olarak üretilmiş/boyanmış materyalin (iplik, kumaş) düzeltilmesi amaçlı kullanılan bir işlemdir. Yöntemin esası tekstil materyali üzerinde renkliliği sağlayan boyarmaddeyi, bağlanma reaksiyonunun aksine lif yapısından uzaklaştırıp materyalin rengini açmak, yeniden boyamaya hazırlamaktır. Böylece materyal üzerindeki hata giderilmekte ve yeniden boyamaya hazır hale getirilecek üretime dâhil edilebilmektedir.

Bu çalışmada CI Reaktif Red 195 boyarmadde sökümü ekolojik indirgen maddeler ve ileri oksidasyon yöntemi ile yapılmıştır. Geleneksek indirgen ve oksidasyon yönteminin yerini ekolojik üretim adımları almıştır. İşlem gören kumaşların renk koyuluk değerleri işlem görmemiş örnek referans alınarak karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekolojik boyarmadde açma/söküm, Ekolojik indirgen madde, İleri oksidasyon yöntemi, Renk koyuluğu değerleri

---

### Abstract

Ecological improvement in textile wet processes can be achieved using four main components. These can be listed as process optimization (water amount, chemical/energy and time optimization), use of ecological chemicals, reusing water, using new technologies such as ozone, plasma, UV, transfer printing and enzymatic processes. Although it is among the wet processes, it is often ignored, but the most important indicator that concerns the efficiency of a business is the paint removal/removal process. It is a process used to correct the material (yarn, fabric) that has been produced/dyed incorrectly due to different reasons (dyes, chemical substances, customer disapproval). The essence of the method is to remove the dyestuff that provides color on the textile material from the fiber structure, as opposed to the binding reaction, to lighten the color of the material and prepare it for re-

dyeing. Thus, the defect on the material is eliminated and it can be included in the production to be ready for repainting.

In this study, CI Reactive Red 195 dye removal was carried out using ecological reducing agents and advanced oxidation method. The traditional reduction and oxidation method has been replaced by ecological production steps. The color darkness values of the treated fabrics were compared using the untreated sample as a reference.

**Keywords:** Ecological dyestuff lightening/removal, Ecological reducing agent, Advanced oxidation method, Color darkness values

---

## GİRİŞ

Bir endüstriyel işlemin değerlendirilmesi için yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynakların kullanımından dolayı oluşan atık/salınımın çevreye yarattığı yük ve çevreyi korumak doğrultusunda kullanılan bileşenlerin saptanması esas alınmaktadır. Tekstil yaş işlemlerinde dört ana bileşen kullanılarak yapılır. İşlem optimizasyonu (su miktarı, kimyasal/enerji ve süre optimizasyonu), ekolojik kimyasal kullanımı, suyu yeniden kullanma, ozon, plazma, UV gibi yeni teknolojiler kullanma, transfer baskı ve enzimatik işlemler olarak sayılabilir. Bu işlemler içinde yer almasına karşın çoğu kez dikkate alınmayan ancak bir işletmenin verimliliğini ilgilendiren en önemli parametre ise boya açma/söküm işlemidir.

Tekstil boyahanerinin önemli bir işlemi olan kimyasal söküm, boyarmadde moleküllerinin moleküler yapılarının parçalanmasıyla sonuçlanır. Bu işlemle boyarmaddenin rengi, genellikle sodyum ditionit, rongalit, dekrolin, tiyoüre dioksit ve hipoklorit, klor dioksit, hidrojen peroksit gibi belirli indirgeyici ve oksitleyici ajanların kullanıldığı yüksek sıcaklık ve alkali veya asidik ortam altında yapılır. Güncel kullanım önce indirgen maddelerle alkali ortamda işlemin ardından yükseltgen maddelerin uygulanmasıdır. Kullanılan zararlı kimyasallar, yüksek sıcaklık ve pH değerlerinde değişkenliği içeren işlemde toksik atık su salınması nedeniyle ciddi çevre sorunlarına yol açmaktadır (Long ve diğerleri, 2015). İkincisi, boya konjuge sisteminin yapısı bozulmadan, renkli grupların solvent ve yüzey aktif madde yardımıyla desorbe edilmesidir. Bu işlemde renk yapısı ihmal edilebilir bir etkiye sahipken (Mu ve diğerleri, 2019); solvent ve diğer ekstraksiyon maddelerinin boyarmadde moleküllerine yüksek bir affinitesi vardır (Tayyaba ve diğerleri 2021).

Günümüz dünyasında belki de en tartışılan konu insanların doğayı ve kendi türünü nasıl yok ettiği üzerine yapılan tartışmalardır. Bu tartışmalarda elde edilen çıkarımlar ise insanlığın yok olmaması ve doğanın daha yaşanılabilir bir yer olması için doğal ürünlerin tercih edilmesi, çevre dostu kolaylıkla geri dönüşümü olan ürünlerin tercih edilmesidir. Bu bağlamda insanlığın ve doğanın kurtuluşunun en önemli saç ayağı olan ekolojik ürünlerin daha çok nasıl artırılacağı ve kimyasalların daha çok nasıl azaltılabileceği üzerinde duracağız. Bu çalışmanın amacı klasik indirgen hidrosülfid yanında piyasa da çok satılan daha ekolojik indirgen madde, doğal indirgen glikoz ve melasın renk açma/sökme işlemindeki etkinliğini saptamaktır.

Bu çalışmada CI Reaktive Red 195 boyarmadde sökümü ekolojik indirgen maddeler ve ileri oksidasyon yöntemi ile yapılmıştır. Geleneksel indirgen ve oksidasyon yönteminin yerini ekolojik üretim adımları almıştır. İşlem gören kumaşların renk koyuluk değerleri işlem görmemiş örnek referans alınarak karşılaştırılmıştır.

## YÖNTEM

Çalışmada 169 g /m<sup>2</sup> süprem 100% pamuklu örme kumaşlar kullanılmıştır. Kumaş CI Reaktive Red 195 boyarmaddeyle çektirme yöntemine göre 2% 'lik olacak şekilde 40 g/L sodyum sülfat ve 10 g/L soda ve 0.33 ml/L NaOH (50%) boyanmıştır (Dystar, 2003). Bitmiş kumaş reducing agent D p (90% glikoz, Archroma 12 g/L, 14 g/L, 18 g/L), sodyum ditionit, (Merck, 3 g/L) Melas (kuru madde miktarı 82,27%, şeker fabrikası atığı 18 g/L) ile pH 13-13.10 flote oranı 1:10 olacak şekilde Ataç Lab. Dye HT 10 laboratuvar boyama makinesinde 95 C de 1 saat işlem görmüştür. Boya söküm işleminin ikinci adımı ise ESCO UV sterilizasyon kabini ve aynı reçete (3 g/L hidrojen peroksit (50%, Merck) 3 g/L NaOH (48 Be), 1 g/L Leonil EHC liquid conc. (ıslatıcı, aliphatic ester, anyonik) ile Ataç dikey fulardda AF 90% olacak şekilde emdirilmiştir. Oksidasyon çözültisi ile işlem gören numuneler polietilen folye ile sarılarak 2-4-6 saat soğuk bekletme (pad-batch) usulüne göre ya da UV lamba altında aynı koşullarda bekletilmiştir. Aynı reçete ile F.O 1:10 olacak şekilde Ataç Lab Dye HT cihazında 95 D de 1 saat işlem görmüştür. Yükseltgen renk sökümü yapılan numunelerin Orperen 470 (katalaz enzim, Orkim) 0.30 g/kg pH 5 de antiperoksit işlemi uygulanmıştır.

Boyalı kumaş referans olarak kullanılmıştır. Ölçümler CIELAB sistemine göre ( $\Delta E$ ) ve K/S değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Sıyırma (söküm) oranları değerleri aşağıdaki formüle göre bulunmuştur.

$$\text{Söküm Oranı} = \frac{K/S_{\text{referans kumaş}} - K/S_{\text{söküm uygulanmış kumaş}}}{K/S_{\text{referans kumaş}}} \times 100$$

## BULGULAR

**Tablo 1.** Boyanan numunelerin renk ölçüm değerleri

		<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h</b>	<b>K/S</b>	<b>Söküm Oranı</b>
		42.28	60.03	- 0.12	60.03	359.88		
	Referans	46.01	54.41	4.98	54.64	5.23	14.40	
		50.03	58.03	15.44	60.05	14.90		
		<b><math>\Delta L^*</math></b>	<b><math>\Delta a^*</math></b>	<b><math>\Delta b^*</math></b>	<b><math>\Delta C^*</math></b>	<b><math>\Delta h</math></b>	<b><math>\Delta E^*</math></b>	
Reducing Agent D p 12 g/L	D65 10 Deg	16.99	- 23.34	4.69	- 23.16	5.93	29.32	
	A 10 Deg	15.65	- 17.35	3.46	- 16.63	6.04	23.62	2,03 %85,902
	msTL84-10	13.90	- 20.15	- 2.11	- 19.90	3.84	24.57	
Reducing Agent D p 14 g/L	D65 10 Deg	12.61	- 25.50	2.20	- 25.44	2.83	28.53	
	A 10 Deg	11.03	- 19.35	0.62	- 19.13	2.96	22.28	1,97 %86,319
	msTL84-10	9.12	- 22.71	- 5.33	- 23.31	0.88	25.05	
Reducing Agent D p 18 g/L	D65 10 Deg	13.11	- 16.89	- 2.20	- 16.83	- 2.64	21.49	
	A 10 Deg	11.03	- 12.19	- 3.43	- 12.39	- 2.62	17.37	3,00 %79,166
	msTL84-10	9.12	- 14.16	- 7.67	- 15.50	- 4.38	19.23	
Melas 18 g/L	D65 10 Deg	10.67	- 8.69	- 6.65	- 8.24	- 7.20	15.28	
	A 10 Deg	9.90	- 5.57	- 7.67	- 5.72	- 7.55	13.70	4,41 %69,375
	msTL84-10	8.87	- 8.12	- 9.98	- 9.84	- 8.29	15.63	
Sodyum Ditionit 3 g/L	D65 10 Deg	29.41	- 34.58	15.25	- 30.24	22.42	47.68	
	A 10 Deg	27.76	- 27.50	13.81	- 21.82	21.70	41.44	0,64 %95,555
	msTL84-10	25.53	- 29.28	6.21	- 24.06	17.81	39.35	
Reducing Agent D p 12 g/L + UV (2 saat)	D65 10 Deg	20.89	- 25.30	4.68	- 25.00	6.07	33.15	
	A 10 Deg	19.45	- 19.17	3.18	- 18.46	6.06	27.49	1,46 %91,527
	msTL84-10	17.58	- 21.54	- 2.51	- 21.34	3.88	27.92	
Reducing Agent D p 12 g/L + UV (4 saat)	D65 10 Deg	23.42	- 25.60	2.88	- 25.49	3.73	34.81	
	A 10 Deg	21.87	- 19.33	1.19	- 19.02	3.65	29.21	1,23 %91,458
	msTL84-10	19.95	- 22.14	- 4.52	- 22.53	1.68	30.14	

Reducing Agent D p 12 g/L + UV (6 saat)	D65 10 Deg	23.45	- 22.50	- 3.04	- 22.37	- 3.90	32.64		
	A 10 Deg	21.86	- 16.47	- 5.03	- 16.97	- 4.20	27.99	1,32	%90,833
	msTL84-10	19.98	- 20.26	- 10.00	- 21.89	- 5.59	30.16		
Reducing Agent D p 12 g/L + 95°C kasar (1 saat)	D65 10 Deg	14.70	- 10.94	- 7.98	- 10.27	- 8.81	19.98		
	A 10 Deg	13.71	- 7.17	- 9.36	- 7.20	- 9.34	18.09	3,11	%78,402
	msTL84-10	12.46	- 10.35	- 12.09	- 12.25	- 10.15	20.21		
Reducing Agent D p 12 g/L + soğuk bekleme (1 saat)	D65 10 Deg	17.62	- 20.29	- 3.73	- 20.11	- 4.63	27.13		
	A 10 Deg	16.11	- 14.99	- 5.39	- 15.15	- 4.72	22.61	2.05	%85,763
	msTL84-10	14.44	- 17.41	- 10.29	- 19.11	- 6.63	24.85		
Reducing Agent D p 12 g/L + soğuk bekleme (2 saat)	D65 10 Deg	18.77	- 18.43	- 4.72	- 18.15	- 5.78	27.43		
	A 10 Deg	17.30	- 14.13	- 6.47	- 14.33	- 6.01	33.35	1.96	%86,388
	msTL84-10	15.62	- 17.38	- 11.06	- 19.06	- 7.88	25.75		

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada çevre açısından zararlı kimyasalların kullanıldığı renk sökme/açma işlemi yerine ekolojik renk söküm işlemi yapılmıştır. Bunun için zararlı indirgen maddeler yerine 90% glikoz kullanımıyla başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi glikoz indirgen şekerdir ve indirgeme reaksiyonu için daha önceki çalışmamızda kaydedilen yüksek sıcaklık ve kuvvetli alkali ortam kullanılmıştır.

İleri oksidasyon yöntemi olan UV de klasik hidrojen peroksit ağartması kadar iyi renk açımı değerleri vermiştir.

## KAYNAKÇA

Long, J.-J., et al. (2015). "Clean fixation of dye on cotton in supercritical carbon dioxide with a heterogeneous and phase transfer catalytic reaction." *Dyes and Pigments* 115: 88-95.

Mu, B., et al. (2019). "High sorption of reactive dyes onto cotton controlled by chemical potential gradient for reduction of dyeing effluents." *Journal of environmental management* 239: 271-278.

Yayyaba, A., et al. (2021). "Chemical color stripping of cellulose fabric dyed with reactive dyes." *International journal of science and innovative research* 02(05): 4-16

Dystar (2003). "Dystar Product Selection Guidance" Erişim Tarihi: 03.05.2024. <https://www.dystar.com/wp-content/uploads/2015/07/DyStar-Product-Selection-Guidance-Nike-2014101.pdf>



Zhao, S., et al. (2014). “Chemical isomerization of glucose to fructose production”. Asian journal of chemistry 26 (15): 4537-4542

Blackburn, R., et al. (2009). “The development of indigo reduction methods and pre-reduced indigo products”. Coloration Technology 125: 193–207.

Bulut, MO., ve Çelik, K., (2020). “Evaluation of molasses as a green reducing agent in sulfur Dyeing”. Fibers and Polymers 21(9): 2024-2035

## Investigation of One Pedal Map Effect on Vehicle Jerk

Batuhan BODUROGLU<sup>1</sup>, Muzaffer METİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: batuhan\_boduroglu@hotmail.com; Yildiz Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Machine Theory and Control, Besiktas, Istanbul / Turkey.

<sup>2</sup>E-mail: mmetin@ytu.edu.tr; Yildiz Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Machine Theory and Control, Besiktas, Istanbul / Turkey.

---

---

### Özet

Son yıllarda otoriteler tarafından emisyon düzenlemelerinin değişmesi ve farklı kaynak arayışları elektrikli araç üretiminin artmasına neden oldu. Elektrikli araçların gelişimi, zorlu bir endüstri yarattı ve yüksek teknolojik taleplerin olduğu bir ortamı teşvik etti. Bu gelişmelerden biri olan tek pedallı sürüşün uygulamaya konması, elektrikli araç endüstrisinde önemli bir ilerleme olarak değerlendiriliyor. Tek pedalla sürüş, sürücülerin hem hızlanmayı hem de yavaşlamayı tek bir pedalla kontrol etmesine olanak tanır, bu da onu geleneksel fren ve gaz pedalıyla sürüşe göre daha verimli ve pratik hale getirir. Ancak bu teknoloji, aracın sarsılmasına, araç hızlanırken veya yavaşlarken yolcuların ani ve rahatsız edici hareket etmesine neden olabilir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı tek pedallı haritalamanın araç sarsıntısı üzerindeki etkisini analiz etmek ve otomobil üreticilerinin bu sorunu hafifletmek için alabilecekleri yaklaşımları araştırmaktır. Mevcut literatürü gözden geçirerek ve AVL CRUISE M programı ile bir simülasyon analizi gerçekleştirilerek, bu çalışma, tek pedallı haritalamanın araç sarsıntısı üzerindeki etkisine ilişkin bir bakış açısı sunmakta ve elektrikli araç kullanıcılarının sürüş deneyimini iyileştirmek için potansiyel haritalama tasarımı çözümü önermektedir. Genel olarak bu çalışma, ağır hizmet tipi elektrikli araçlarda tek pedal kullanımının etkisini belirlemeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Araç sistem modeli, güç aktarma sistemleri simülasyonu, tek pedal haritası, araç sarsıntısı, optimizasyon, elektrikli araçlar

---

### Abstract

In recent years, the change in emission regulations by authorities and the search for different sources have led to an increase in electric vehicle production. The development of electrical vehicles has created challenged industry and fostered an environment with high technological demands. The implementation of one pedal driving, as one of these advancements, is regarded as a significant progression within the electrical vehicle industry. One-pedal driving allows drivers to control both acceleration and deceleration with just one pedal, making it more efficient and practical than traditional brake and accelerator pedal driving. However, this technology may cause vehicle jerk, which can lead to sudden and uncomfortable movement for passengers when the vehicle accelerates or decelerates. Therefore, the aim of this study is to analyze the effect of one-pedal mapping on vehicle jerk and explore approaches that car manufacturers can take to mitigate this issue. By reviewing the existing literature and conducting a simulation analysis with the AVL CRUISE M program, this study provides a perspective on the effect of one-pedal mapping on vehicle jerk and suggests potential

mapping design solution to improve the driving experience for electric vehicle users. Overall, this study aims to determine the impact of the one pedal usage for heavy duty electrical vehicle.

**Keywords:** Vehicle system model, powertrain system simulation, one pedal map, vehicle jerk, optimization, electrical vehicles

---

## INTRODUCTION

With the increasing production of electric vehicles, new technologies have been developed to meet the requirements of manufacturers, including improving vehicle efficiency, driver safety, passenger comfort, and part longevity. The development of control strategies for pure electric vehicles hinges upon leveraging pedal control characteristics to achieve three primary objectives: recognizing driving intentions, evaluating pedal feel, and controlling motor torque (Wang, et al., 2018). One such technology is one-pedal driving, a driving strategy used in electric vehicles. In this usage, the vehicle is controlled with only one pedal, allowing the driver to accelerate and decelerate without the need to transition between the brake and accelerator pedals, making the driving experience more comfortable and enjoyable. This application is suitable for the energy recovery system used in electric vehicles. When the driver removes their foot from the pedal, the reverse mechanical movement of the electric motors is converted into electrical energy, which is stored in the batteries, resulting in energy savings and an increase in the vehicle's range. The one pedal drive technology encompasses specialized components, including the precise acquisition of accelerator pedal positions, the regulation of traction torque in accordance with accelerator pedal input, and the formulation of algorithms for torque administration (Cuma, Dericioglu Unal, & Savrun, 2020). However, there are also some disadvantages to one-pedal driving. For example, this system requires drivers to learn how to transition between the brake and accelerator pedals, which they are accustomed to. Additionally, it may cause the vehicle to react suddenly when slowing down or stopping, which can result in vehicle jerk. Vehicle manufacturers and designers use a mapping method in one-pedal driving, which must meet certain requirements and be verified and met through simulation or vehicle testing.

These requirements include:

- The one-pedal driving system should provide smooth and consistent regenerative braking, so that the vehicle can gradually stop without any sudden movements when the driver releases the pedal.
- The one-pedal driving system should be compatible with different driving styles, including city driving, highway driving, and off-road driving.
- The vehicle must be compatible with automatic emergency braking to help prevent accidents and ensure the safety of both the driver and passengers.

- The created map should be within the operating range of the powertrain components used in the vehicle. For example, it should be limited by the engine efficiency map and designed to accommodate the maximum speed values that the vehicle will reach.

Pedal mapping method generates torque values based on the pedal position and vehicle speed. These torque values are reported to the vehicle control unit as requested values by the driver, and the controllers transfer the instant torque that the motor can apply efficiently in the efficient range to the motor control unit, which then transmits the requested torque to the wheels. There are some disadvantages to applying a one pedal driving mode that is not optimized for the vehicle. For instance, the vehicle may not be able to provide the desired accelerations at certain speeds, may not stop in the expected time, or may jerk longitudinally due to excessive acceleration or deceleration depending on the pedal position change. There are some root causes of the vehicle jerk.

- If regenerative braking is set too high, the vehicle can suddenly stop and lead to dangerous situations.
- If the driver suddenly presses or releases the pedal too quickly, and the torque values in the pedal mapping are not adjusted correctly, the vehicle can oscillate in the longitudinal axes of vehicle.
- Rough road surfaces or changes in road surface, especially if the regenerative braking system is sensitive, can also cause vibrations on vehicle. This can cause the vehicle to jerk when passing over bumps in the road.

Overall, the root causes of longitudinal vehicle jerk related to single-pedal mapping can be complex, and optimization efforts should be made in this mapping to ensure a stable driving experience. The different steps of jerk, while maintaining consistent acceleration, impact equilibrium retention. Notably, individuals positioned without support in a forward-facing manner exhibited the lowest threshold for tolerance, experiencing loss of balance at an average acceleration of 0.13 g (Powell, 2015). In this study, the initial stage involves the calculation of the pedal map and the creation of 3-D maps using software. Subsequently, the integration of the generated maps into the complete heavy duty electrical vehicle model will be conducted to analyze the effect on vehicle performance results for the defined driving cycle.

## **METHODS**

One Pedal Driving is all about applying a positive or negative torque to the wheels with respect to the accelerator pedal position (van Boekel, Basselink, & Nijmeijer, 2015). The one pedal map is designed considering with traction torque, coasting, and regeneration torque areas. In the first step, 2D coasting map graphic is generated by calculating upper and lower lines in terms of vehicle velocity capability and pedal positions as defined in Equation (1) and Equation (2) and related definitions are given. Additionally, coasting lower line defines a boundary for regenerative braking area and upper line defines a boundary for traction area. Feedback from e-motor must be zero between lower and upper lines.

$$p_{cu} = \emptyset \left( \frac{v}{v_{max}} \right)^{\frac{1}{m}} \dots \dots \dots \text{Equation (1)}$$

$$p_{cl} = \emptyset \left( \frac{v}{v_{max}} \right)^{\frac{1}{m}} - c_h \left( \frac{v}{v_{max}} \right) \dots \dots \dots \text{Equation(2)}$$

$p_{cu}$  = Upper Coasting Line (–, %)

$p_{cl}$  = Lower Coasting Line (–, %)

$v$  = Current Vehicle Velocity ( $\frac{km}{h}$ )

$v_{max}$  = Maximum Vehicle Velocity ( $\frac{km}{h}$ )

$\emptyset$  = Pedal Stroke at Maximum Velocity (–, %)

$c_h$  = Size of Coasting Range at Maximum Velocity of Vehicle (%)

$m$  = Shape Characteristic (–)

Previous investigations (Abernethy, Jacobs, Plank, Stoklosa, & Sussman, 1980) have posited that jerk serves as a determinant factor in assessing the comfortability aspect of deceleration. Typically, jerk value ranges between 0.25 and 1.2g, depending on the weight of the vehicle and the brake components' and is allowed in calculation results for passenger safety and comfort in electrical city buses. In addition to these, this value will also affect the vehicle's jerk, where the acceleration derivative is considered in the +x direction while the deceleration derivative is considered in the –x direction. Regenerative torques have been limited taking this deceleration value into account. Coefficients in the equation x a, b and c are also included in the calculation loop to calculate torque values dependent on vehicle speed and pedal position, as shown in the following equations.

$$\tau_r = a_r + p^\varphi + b_r p + c_r \dots \dots \dots \text{Equation(3)}$$

$$\tau_r = \tau_{rm} \text{ when } p = 0 \dots \dots \dots \text{Equation(4)}$$

$$\tau_r = 0 \text{ when } p = p_{cl} \dots \dots \dots \text{Equation(5)}$$

$$\frac{d\tau_r}{dp} = 0 \text{ when } p = p_{cl} \dots \dots \dots \text{Equation(6)}$$

$p$  = One Pedal Position (–, %)

$\tau_r$  = Required Amount of Regenerative Braking (% – Nm)

$\tau_{rm}$  = Maximum Regenerative Braking Torque (% – Nm)

$\varphi$  = Shape Characteristic for Non – Linearity

$a_r$  = Regenerative Braking Coefficient (–)

$b_r$  = Regenerative Braking Coefficient (–)

$c_r$  = Regenerative Braking Coefficient (–)

$a_r$ ,  $b_r$  and  $c_r$  coefficients can be calculated from equation 4, 5 and 6

$$c_r = \tau_r$$

$$b_r = \frac{(-\varphi * \tau_{rm})}{(p_{cl} * (\varphi - 1))}$$

$$a_r = \frac{\tau_{rm}}{(\varphi - 1) * (p_{cl}^\varphi)}$$

To prevent vehicle jerk caused by instantaneous maximum torques with one pedal drive, it is necessary to limit the maximum torque with respect to the maximum pedal position for specified velocities in the map. In addition, the calculation of coasting, regeneration, and traction must be included in the specifications of the electric motor, such as its maximum traction and regenerative torque capability. Determining the traction torque values of the one pedal map, the equations defined below are utilized. MATLAB is used to perform the necessary calculations, which are implemented into the AVL Cruise M map-based control block in the vehicle model. The resulting three-dimensional map depicts vehicle velocity on the top axis, single pedal position on the left axis, and torque values as the main values as shown in the Figure 4.

$$\tau_a = \left( \frac{p - p_{cu}}{p_m - p_{cu}} \right)^\gamma \tau_{am} \dots \dots \dots \text{Equation(7)}$$

$\tau_a$  = Required Amount of Traction Torque (% – Nm)

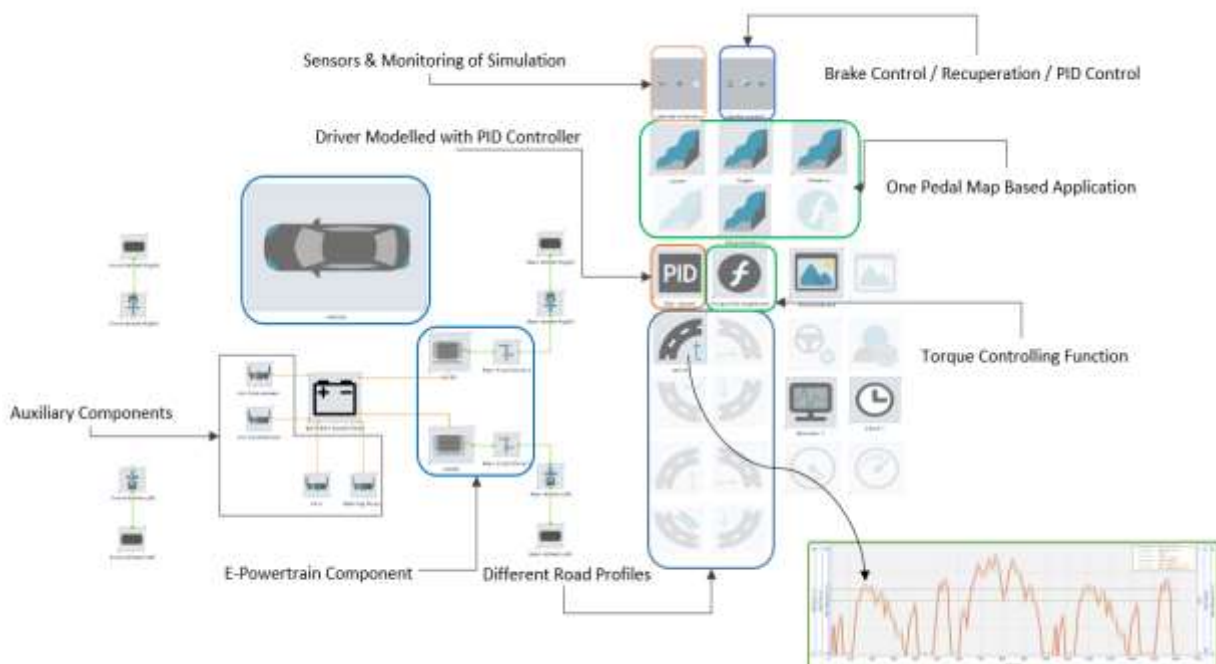
$\tau_{am}$  = Maximum Motor Torque (% – Nm)

$p$  = Pedal Position

$\gamma$  = Shape Characteristic

The vehicle model demonstrates a 3.65 V battery electrical city bus with rear axle e-motor and One Pedal Drive mode which design parameters can be processed to optimize the single pedal map with using AVL CRUISE M program as shown in the Figure 1. In the AVL Cruise M, the interconnections between components related to the general vehicle architecture have been associated as data bus connections. Each component's characteristics, as given in Table 1, have been implemented within blocks to create the vehicle model. Additionally, WLTP drive cycle has been used for reference velocity and acceleration. A battery pack is selected as 192s3p with maximum 3.65 V and usable capacity of 283 kWh. The driver model is designed as a PI controller. The PI controller considers the actual vehicle speed as the process variable and the desired value as the regulatory cycle vehicle speed. It transmits the pedal position to the single pedal map based on the specified proportional and integral parameters. This map then outputs desired torque values to the motors connected to the modeled rear axle after receiving inputs of motor speed value and pedal position. The motors get power from the modeled battery and transmit the requested torque values to the final drive differential, which subsequently delivers power to the wheels. This process is applied throughout the entire cycle to obtain vehicle performance results. Essentially, the torque management function verifies the desired torque values based on the pedal position before transferring them to the e-motor. If the input pedal position is less than the lower line value of pedal coasting, it indicates a recuperation mode. Conversely, if the pedal coasting lower line values are less than the pedal input and the pedal input is less than the upper line value of the pedal coasting, it signifies that the engine should remain in coasting mode. These directives are then communicated to the engine.

**Figure 1.** Vehicle modelling with using AVL Cruise M



**Table 1.** *Vehicle system characteristics that implemented to the model*

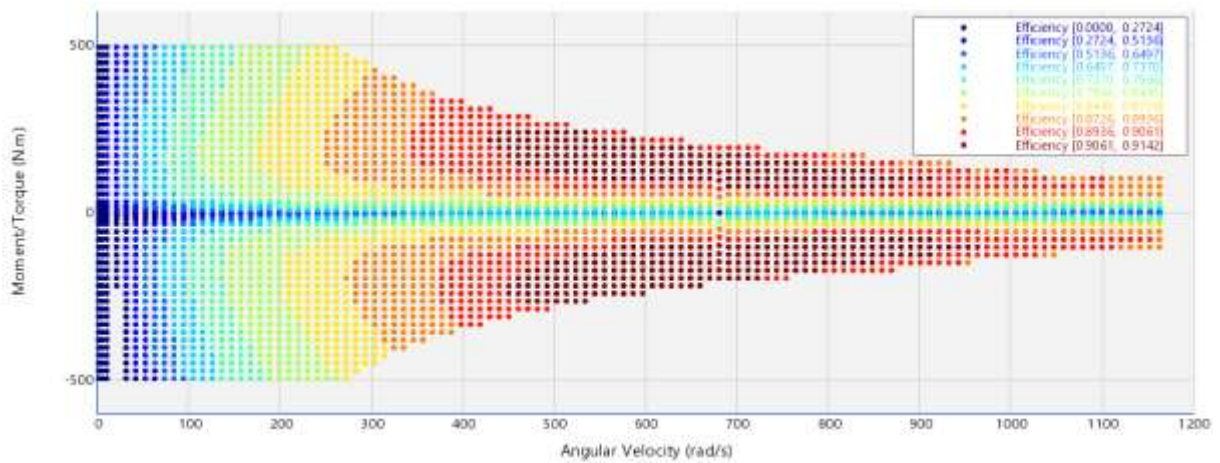
	Value	Unit
Vehicle Load	19000	Kg
Frontal Area	7.52	m <sup>2</sup>
Drag Coefficient	0.59	-
Wheelbase	6000	m
Distance from hitch to front axle	9280	mm
Tire Static Radius	436	mm
Tire Dynamic Radius	464	
Reference Front Wheel Load	34355	N
Wheel Load Coefficient	0.02	-
Reference Rear Wheel Load	58860	N
Rolling Resistance Factor	0.7	-
Brake Piston Surface	1800	mm <sup>2</sup>
Friction Coefficient of Brake	0.25	-
Effective Friction Radius	130	mm
Efficiency of Brake	0.98	-
Brake Moment of Inertia	0.02	Kg m <sup>2</sup>
Final Drive Ratio	22.6	-
Battery Capacity	283	kWh

In modeling the subsystems of the powertrain, the first rear axle with 3 phases asynchronous traction e-motor model with specifications as shown in Table 2, including with the efficiency map, QUADRANT 1 and QUADRANT 4 graphs have been defined. A quadrant refers to a specific range of motor operation. There are four quadrants, each of which corresponds to a specific combination of motor speed and direction. In modelling, the first quadrant represents to positive speed and torque, or forward motion. The fourth quadrant corresponds to positive speed and negative torque, or forward motion with motor generated braking. The designated electric bus has been modeled using the single ratio block to achieve the final drive ratio value calculated for it to handle a target gradient of 20% which is a common customer expectation for electric buses, under gross vehicle weight condition. Usage of this block provides that the torque transferred to the wheel using this gear ratio after the motor.

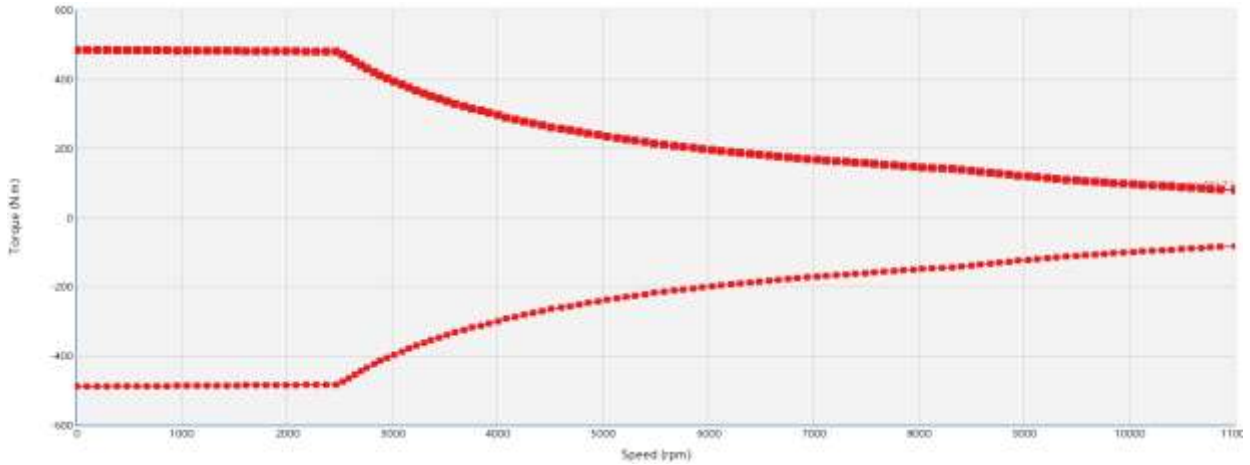
**Table 2.** *E-motor characteristics that implemented to the model.*

	Value	Unit
Peak Power	125	kW
Peak Torque	485	Nm
Maximum Speed	11000	Rpm
Rated Power	60	kW
Peak Current	350	A
Maximum Voltage	750	V

**Figure 2.** *Efficiency of single e-motor*



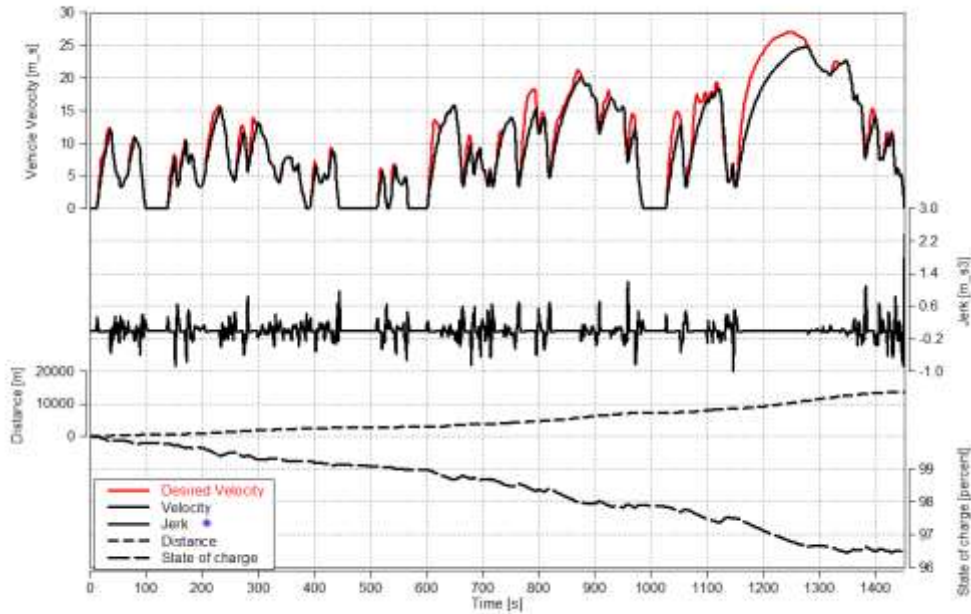
**Figure 3.** *Quadrant 1 and Quadrant 4 boundaries of e-motor*



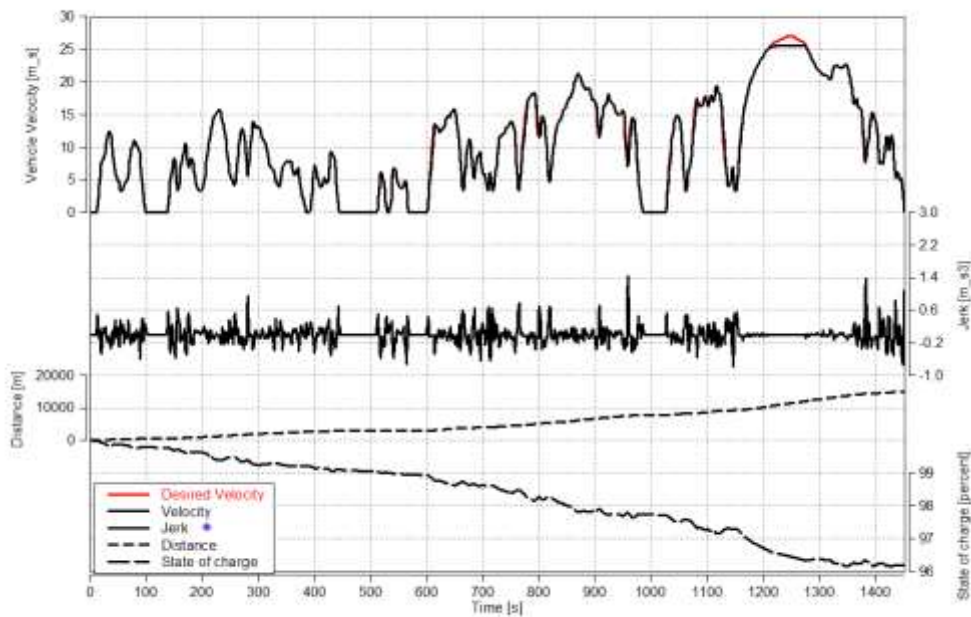
## RESULTS

Three different maps have been designed using different values for the shape characteristic parameters in the single pedal design calculations, and they have been integrated into the model for simulations. In the creation of the one pedal map for each variant, the shape characteristic used in torque calculation was adjusted to increase smoothness, with values of 1 for variant 1, 2 for variant 2, and 3 for variant 3. Similarly, the non-linearity parameter in the regenerative torque calculation was increased proportionally for all variants to achieve the same goal. As observed in Figure 4, although spikes in jerk values are not observed in the results of variant 1, the vehicle has not been successful in reaching the desired velocity. In the simulation results using the maps for variants 2 and 3, as shown in Figures 5 and 6, the vehicle has successfully reached the desired vehicle velocity. When evaluated in terms of jerk, in variant 3 results, the maximum longitudinal vehicle jerk value was determined as  $1.37 \text{ m/s}^3$  with a minimum of  $-0.79 \text{ m/s}^3$ , while in variant 2, it was found to be a maximum of  $1.42$  with a minimum of  $-0.8 \text{ m/s}^3$ .

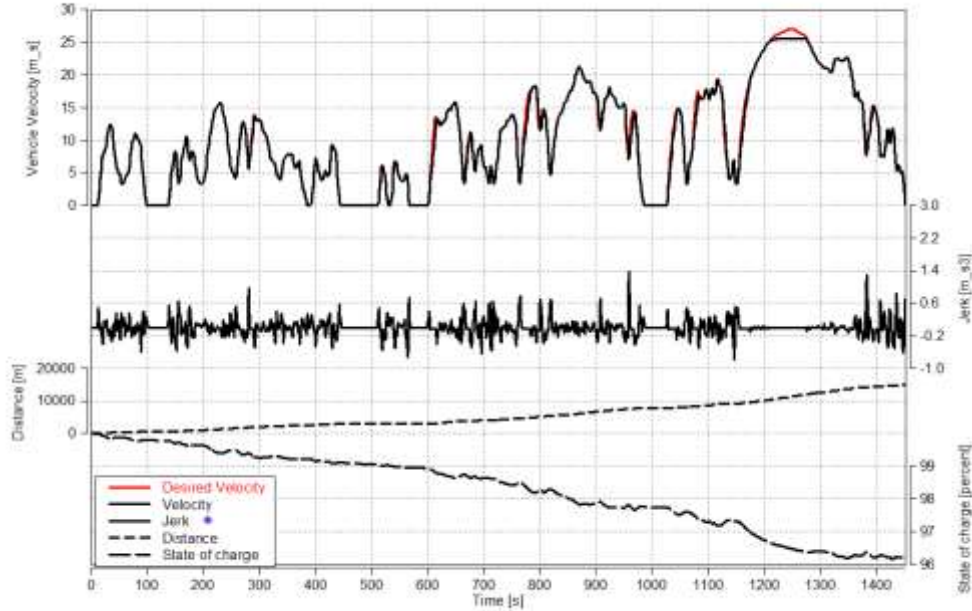
**Figure 4.** *E-bus with One-pedal map variant 1 performance results*



**Figure 5.** *E-bus with One-pedal map variant 2 performance results*



**Figure 6.** Performance results of E-bus with One-pedal map variant 3



## CONCLUSIONS AND DISCUSSION

Based on the criteria and calculations for one pedal mapping, a design was developed with the assistance of MATLAB scripting. The smoothness characteristic was considered as the primary parameter, and 3-D maps were generated for designs with different non-linearity and characteristic shape variations. These maps were integrated into an electric bus model with approximately 19 tons of weight, two rear-mounted motors capable of delivering a maximum of 485 Nm each, and a battery with a capacity of 283 kWh, using the AVL Cruise M program. Simulations were conducted using the regulatory WLTP cycle to examine the impact of the three different maps on vehicle performance. According to the results obtained in Table 3, during acceleration, maximum values of up to 0.25g and during deceleration maximum values of up to 0.15 g have been observed and increasing the smoothness factor, the main design parameter of the map, leads to more minimal jerks observed in variant 3 compared to variant 2. However, an important point to note is that the average error between the desired vehicle speed and the actual speed is evenly distributed between variant 2 and variant 3. Considering these parameters, an optimized map for one pedal application can provide a more comfortable ride for passengers and drivers in an urban electric bus.

**Table 3.** Simulation results and performance criteria values for each variant.

	Average Error on Vehicle Velocity (%)	Acceleration: Vehicle Jerk (m/s <sup>3</sup> ) at 0.25g	Deceleration: Vehicle Jerk (m/s <sup>3</sup> ) at 0.15g
Variant 1	0.9	2.35	0.99
Variant 2	0.054	1.42	0.80
Variant 3	0.121	1.37	0.79

## REFERENCES

- Abernethy, C. N., Jacobs, H. H., Plank, G. R., Stoklosa, J. H., & Sussman, E. D. (1980). Maximum Deceleration and Jerk Levels That Allow Retention of Unrestrained, Seated Transit Passengers. *National Academy of Sciences*, 45-51.
- Cuma, M. U., Dericioglu Unal, C., & Savrun, M. M. (2020). Design and implementation of algorithms for one pedal driving. *Engineering Science and Technology an International Journal*, 138–144.
- Powell, J. P. (2015). Passenger Stability Within Moving Railway Vehicles: Limits on Maximum Longitudinal Acceleration. *Urban Rail Transit*, 95–103.
- van Boekel, J. J., Basselink, I., & Nijmeijer, H. (2015). Design and realization of a One-Pedal-Driving algorithm for the TU/e Lupo EL. *World Electric Vehicle Journal*, 226-237.
- Wang, P., Bai, Q., Tang, G., Ou, Y., Xu, L., & Zhou, Z. (2018). Testing and Evaluation of Pure Electric Vehicle Pedal Control Characteristics Based On Single Pedal Control Strategy. *FISITA World Automotive Congress*. Chennai, India: FISITA.

## Betonarme Kirişlerde Donatı Yerleşimi ve Beton Örtüsünün Aderansa ve Kirişin Performansına Etkisi Üzerine Bir İnceleme

Berkay ÇAKIR<sup>1</sup>, Orhan DOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: 218806017@kku.edu.tr; Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale / Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: odogan67@hotmail.com; Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale / Türkiye.

---

### Özet

Yarım asrı aşkındır inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak kullanılan betonarme, ülkemizde yapı stoğunun %90'dan fazlasını oluşturmaktadır. Beton birçok avantajının yanı sıra basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük ve gevrek bir malzeme olduğu için özellikle çekme bölgelerinde sünek bir malzeme olan çelik donatı ile desteklenmeye ihtiyaç duymaktadır. Beton ve demirin ısı genleşme katsayılarının çok yakın olması nedeniyle birbirine sonsuz rijit olarak bağlandığını kabul ettiğimiz yapışma/aderans sayesinde yekpare çalışarak üzerine gelen yükleri birlikte karşıladığı bilinmektedir.

Bu sebeple beton ile donatı arasındaki kenetlenmeyi sağlayan sıyırılma/kayma gerilmesi olan aderans, betonarmenin varoluş nedenidir. Bu derleme çalışmasında kirişlerin orta bölgesinde yer alan çekme donatılarının yerleşimine ve beton örtüsünün değişkenliğine bağlı olarak değişen aderansın kiriş performansına etkisini araştırmak amaçlı yapılan akademik çalışmalar incelenmiştir. Üç noktalı eğilme testi yaparak donatı yerleşimi ve beton örtüsünden kaynaklı aderansın kiriş performansına etkisi konusunda literatürde bir eksiklik olduğu tespit edilmiştir. Yapılan derleme çalışması sonucunda yetersiz beton örtüsünden ve çekme bölgesinde standartlara uygun olmayan donatı yerleşiminden kaynaklı aderans yetersizliğinin betonarme kirişlerde beklenmeyen aşırı sehim değerlerine ve erken eğilme çatlaklarına sebep olacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Beton örtüsü, aderans, donatı, beton, betonarme kiriş performansı

---

### Abstract

Reinforced concrete, which has been used as a building material in the construction industry for more than half a century, constitutes more than 90% of the building stock in our country. In addition to its many advantages, since concrete is a brittle material with high compressive strength and low tensile strength, it needs to be supported with steel reinforcement, which is a ductile material, especially in tensile zones. It is known that concrete and rebar are infinitely rigidly bonded to each other due to their very close coefficients of thermal expansion, and they work monolithically thanks to adhesion/adherence and meet the loads acting on them together. For this reason, adherence, which is the peeling/shear stress that provides the interlock between concrete and reinforcement, is the reason for the existence of reinforced concrete. In this review study, the academic studies carried out to

investigate the effect of adherence on beam performance, which varies depending on the placement of tensile reinforcement in the centre region of the beams and the variability of concrete cover, were analysed. It was determined that there is a lack of literature on the effect of reinforcement placement and adherence due to concrete cover on beam performance by performing three-point bending test. As a result of the review study, it was concluded that the lack of adherence resulting from insufficient concrete cover and non-standard reinforcement placement in the tension zone will cause unexpected excessive deflection values and early bending cracks in reinforced concrete beams.

**Keywords:** Concrete cover, adherence, reinforcement, concrete, reinforced concrete beam performance

---

**Bu bir derleme çalışmasıdır.**

## GİRİŞ

Beton, ilk üretildiğinde plastik bir kıvamda olan ve hidrasyon sonucu zamanla katılaşarak sertleşen, içinde bulunduğu kabın şeklini alan kompozit bir yapı malzemesidir. Her yıl yaklaşık 25 milyar ton beton üretildiği ve kişi başına düşen beton miktarının 3,8 ton/yılın üzerinde olduğu tahmin edilmektedir [1-4]. Beton Birliği'nin 2020 yılı raporuna göre tüm Avrupa Birliği üyesi ülkelerin toplam beton üretim miktarı 252,7 milyar m<sup>3</sup> iken aynı yıl Türkiye'deki hazır beton üretim miktarı 95 milyar m<sup>3</sup>'tür [5]. Dünyada üretilen hazır beton miktarı ise kişi başına yaklaşık 1,5 m<sup>3</sup> yani yaklaşık 3,5 ton dur [6].

Ekonomik olması, kolay üretimi ve işlenebilirliği ile öne çıkan beton, ortaya çıkan teknolojik gelişmelerle de uyum sağlaması sonucu en çok tercih edilen yapı malzemesidir [2, 7-9]. Elbette birçok avantaja sahip olan betonun iyileştirilmesi gereken dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin işlenebilir olmasından şişme ve büzülme durumlarına kadar, geçirgenlikten kimyasal dirence kadar geniş bir fonksiyon yelpazesinde incelenen betonun temel problemi birçok parametreye bağlı olmasıdır [10,11]. Üretim koşullarının uygun olmayışı nedeniyle beton, yüksek düzeyde geçirimsizliğe sahip değildir. Çevresel etkilere karşı belli bir miktar hacim değişikliği olabilmektedir ve sabit yükler altında zaman içinde kalıcı deformasyona uğraması da muhtemeldir. Ek olarak dayanım/ağırlık oranı metaller kadar yüksek değildir.

Betonun en olumsuz özelliği basınç dayanımı yüksek fakat çekme dayanımı düşük ve gevrek bir malzeme olmasıdır. Bu sebeple çekme dayanımı yüksek ve sünek bir malzeme olan donatı çeliği ile desteklenmektedir. Beton ile donatı çeliğinin birlikte kullanıldığı yapı malzemesine ise betonarme denmektedir. Betonarme elemanlarda beton ile donatı arasındaki bağ ve betonun donatıya koruyucu ve pasifleştirici bir tabaka sağlayabilmesi çok önemlidir. Bu nedenle aderans, betonarmenin varoluş nedenidir.

Literatürde aderans konusunu incelemek amacıyla yapılan çalışmalar arasında çekme test yönteminin mafsallı kiriş yöntemine göre daha yaygın olduğu görülmektedir. Araştırmacılar, bahsedilen bu deneysel yöntemlerden çekme deneyini testin basitliğinden ve kolay yapılabilmesinden dolayı tercih etmektedir

[12]. Fakat bu deneyin daha çok aderansı etkileyen değişkenlerin birbirleriyle karşılaştırılması için kullanılması gerektiği literatürde ve yönetmeliklerde belirtilmektedir [13]. Mafsallı kiriş deneylerinin eğilme etkisindeki elemanların davranışını daha iyi yansıttığı açıktır. Bu nedenle, bu deneylerin çekip çıkarma deneylerine göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği de bilinmektedir [12]. Çekme deneylerinde donatı doğrudan çekme kuvvetlerine maruz kalırken, donatıyı çevreleyen beton çekme tesirinde değildir. Mafsallı kiriş deneylerinde ise hem beton hem de donatı, eğilme etkisiyle ortaya çıkan dolaylı çekmeye maruz kalmaktadır. Betonun çekmeye maruz kalmaması ve genellikle çatlamaması sebebiyle, çekip çıkarma deneylerinde elde edilen aderans değerlerinin kiriş deneylerinden daha yüksek olması beklenmektedir. Literatürde özdeş deneysel değişkenler kullanılarak yapılan kiriş deneylerinden elde edilen aderans gerilmesi değerlerinin çekip çıkarma deneylerinden elde edilen değerlerden genellikle daha düşük olduğu belirtilmektedir. Tighiouart ve diğ. [14], kiriş deneylerinde donatıyı kuşatan betonun çekme etkisi altında olmasından ötürü çatlakların düşük gerilmelerde bile artarak aderans dayanımını düşürdüğünü belirlemiştir. Benzer olarak, Gudonis ve diğ. [15] çalışmasında mafsallı kiriş deneylerinden elde edilen aderans gerilmesi değerlerinin çekip çıkarma deneylerindeki ilgili değerlerden daha düşük olduğunu bildirmiştir.

Bu derleme çalışmasında, betonarme kiriş elemanlarda aderansın etkisini test edebilmek amacıyla yapılan birçok deneysel çalışma ele alınmış ve yol gösterici noktalarıyla birlikte özetlenmiştir. Bu veriler ışığında yapılan literatür taraması sonucunda aderans konusunda yapılan deneysel çalışmalarının büyük çoğunluğunun çekme testi yöntemi ile yapıldığı, üç noktalı eğilme testi ile literatürde detaylı deneysel çalışmanın daha az olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak donatı yerleşimi ve beton örtüsünden kaynaklı aderansın kiriş performansına etkisi konusunda detaylı bir çalışmanın literatürde eksik olduğu sonucuna varılmıştır.

## **BETONARME ELEMANLARDA ADERANS**

Basınç altında çok iyi performans gösteren ve inşaat mühendisliğinin temel yapı malzemesi olan beton, çekme gerilmeleri altında benzer performansı gösteremez. Yapısı gereği gevrek bir malzeme olan betonun çekme dayanımı, basınç dayanımının  $1/8$ 'i ile  $1/14$ 'ü arasında değişmektedir. Basınç yükleri etkisinde kısalma oranı  $2000-4000 \mu D$  ( $10^{-6}$  deformasyon) değerini alırken, çekme yükleri etkisinde kopma uzaması  $300 \mu D$  civarındadır [16,17].

Betonun çekme ve eğilme gerilmelerine maruz kalması muhtemel elemanlarda yapının hasar görmesini engellemek amacıyla çekme dayanımı yüksek olan çelik donatılar kullanılmaktadır [8,18]. Donatı çeliğinin bu süreçteki en önemli işlevi, beton ile uyum içerisinde çalışması ve başlangıçta sağladığı beton-donatı bağımlı sonraki süreçte de devam ettirmesidir [19]. Betonarme elemanlarda, beton ile donatının birlikte çalışabilmesi için çelik donatıların betona tam olarak yapışabilmesini, kenetlenmesini sağlayan bu bağa aderans denilmektedir. Aderans, bu sebeple betonarme yapıların varoluş nedenidir. Aderansın olmadığı durumda betonarmeden söz etmek mümkün değildir. Aderansın düz yüzeyli donatılarda kimyasal yapışma sonucu ortaya çıktığı kabul edilir. Ancak bu durumda aderans en ufak zorlamalarda bile çözülür ve donatı sıyrılır. Sıyrılmanın başlamasını takiben sürtünme ve kama etkisi ile oluşan aderans gerilmesi devreye girer. Sürtünmeden doğan aderans gerilmesi ise donatı çubuğunun yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır.

Donatının korozyona uğraması ile ilk etapta pürüzlülük artacağı için aderans da artmaktadır. Ancak korozyon neticesinde oluşan pasın donatı yüzeyinde bir tabaka oluşturması durumunda donatının bu tabakadan sıyrılması kolaylaşacağı için aderans da kolayca çözülebilmektedir. Bu sebeple de betonarme elemanlarda düz yüzeyli donatı çubuklarının kullanılmasına izin verilmemektedir. Üretim aşamasında yüzeyinde dişler açılmış nervürlü donatılar kullanılmaktadır. Nervürlü donatılarda aderans, yüzey alanı ve sürtünmeyi artırmasına ek olarak yapışma anında mekanik diş etkisi oluşturması sebebiyle daha fazladır.

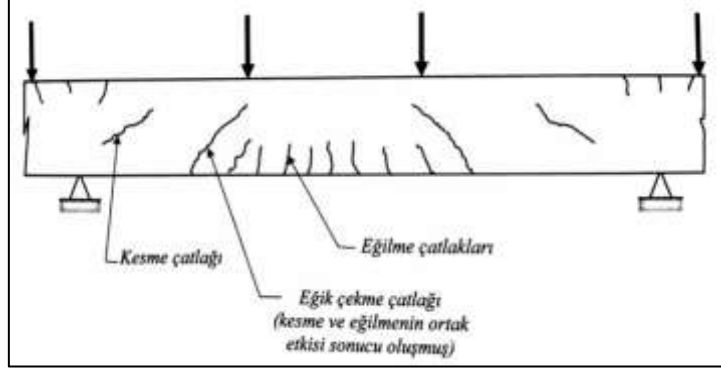
### **Aderansı Etkileyen Faktörler:**

Aderans gerilmesini etkileyen en önemli özelliklerden biri betonun çekme ve basınç gerilmeleridir. Çekme dayanımı ile kenetlenme uzunluğu arasında ters bir ilişki vardır. Bu özellik, sürtünme ve yapışma etkisi arttırılmış donatı olarak da bilinen nervürlü donatı kullanımı ile daha da önemli hale gelmektedir. Nervürlü donatıda yüzey geometrisinden kaynaklanan eğik kuvvetlerin düşey bileşeni beton yüzeyinde çekme gerilmesine ve betonda iç çatlakların ortaya çıkmasına neden olur [20]. Betonarmede aderans, teknoloji açısından çekme donatılarının birbirine kenetlenmesi ile yakından ilgilidir. Genel olarak, betona gömülü çelik çubukların çıkarılması zordur. Ancak yeterli gömme/ankraj uzunluğunun olmadığı durumlarda çubuk yüzeyinin geometrisine bağlı olarak soyulma ve beton hasarları meydana gelmektedir [21]. Ayrıca aderans gerilmesi ile çekme dayanımı arasında doğrusal bir oran vardır [22].

Betonarmede aderansı etkileyen başlıca faktörler betonun çekme ve basınç dayanımları, donatının mekanik özellikleri, şekil geometrisi ve yüzey şekli, donatı çapı, kenetlenme boyu, beton örtü kalınlığı, etriye kullanımı, beton üretiminde kullanılan agrega türü ve katkı maddeleri vb. olarak sıralanabilir [20]. Tüm bu parametreler ışığında laboratuvar ve yapay zekâ uygulamaları ile farklı senaryoların değerlendirildiği birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda değişken parametre olarak; betonarme elemanın tipi ve kesiti, beton kalitesi ve bileşimi (geleneksel beton, yüksek dayanımlı beton, hafif beton), beton katkıları, donatı tipi, çapı ve kanca/kelepçe uzunluğu vb. kullanılmaktadır [23-24]. Ayrıca çalışmaların çoğunda kullanılan deneysel yöntemler çekme testi ve itme testidir [24-27].

### **Eğilme Aderansı:**

Eğilme etkisi altındaki betonarme bir elemanda kesitler arasındaki momentin değişimi, donatıdaki gerilmenin değişimine bağlıdır. Donatıdaki gerilmenin değişimi ise ancak donatı etrafında oluşan ve aderans gerilmeleri olarak adlandırılan kayma gerilmelerinin varlığı ile mümkündür. Denge koşulu sebebiyle  $\Delta x$  uzunluğundaki çubuğun çevresine etki eden aderans gerilmelerinin toplamı, çubuğun iki ucundaki çekme kuvvetleri farkına eşit olmalıdır [28]. Eğilme aderansının yetersiz olduğu durumlarda betonarme kirişlerde eğilme çatlakları oluşmaktadır.



Şekil 1. Betonarme kirişlerde eğilme aderansı yetersizliğinden kaynaklı eğilme çatlakları.

#### **Kenetlenme Aderansı:**

Yeterli gömme derinliğine sahip donatılar, içinde buldukları beton elemandan kolaylıkla sıyrılamazlar. Ancak donatının gömme uzunluğunun yeterli olmadığı durumlarda, donatının yüzey geometrisine bağlı olarak sıyrılmaya ve beton kütesinde hasar meydana gelebilmektedir. Donatının betona gömülü olduğu uzunluğa kenetlenme uzunluğu ve bu tür aderansa da kenetlenme aderansı denmektedir. Deprem gibi yükler altında donatı akma gerilmesine ulaştığında veya donatı belirli bir akma ötesi birim deformasyona ulaştığında çelik çubuklar betondan sıyrılmaz ve betonu yarmaz, kenetlenmeyi sağlar [28].

#### **BETONARME ELEMANLARDA BETON ÖRTÜSÜ**

Beton örtüsü, bir beton elemanın içinde bulunan en dış donatının merkezinden betonun en dış lifine kadar ölçülen kalınlıktır. Betonarme ile ilgili şartnamelerde beton örtüsü kavramı kullanılırken uygulama alanında pas payı olarak da bilinmektedir. Şubat 2000 tarihinde yürürlüğe giren TS500 yönetmeliği ile beton örtüsü konusunda ayrıntılı bilgiler eklenmiştir. TS500 yönetmeliğine göre bir betonarme kirişte beton örtüsü en az 20 mm olması gerekmektedir [29]. En dıştaki donatının dışından beton kesitin en dış lifine kadar olan mesafeye ise net beton örtüsü denilmektedir.

Pas payı olarak da bilinen beton örtüsü betonarme elemanlarda üç temel amaçla bırakılır. Bunlar donatı üzerinde oluşacak korozyonu önlemek, donatıları yangına karşı korumak ve beton ile çelik donatı arasında aderansı artırmaktır. Uygulamada kullanılan pas payı elemanları Şekil 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Beton örtüsü için uygulamada kullanılan pas payı elemanları.

Beton, bir yapı malzemesi olarak yangına dayanıklıdır. Ancak betonarme elemanlarda betonun içerisindeki donatılar yangına beton kadar dayanıklı değildir. Bu sebeple asıl koruma donatıyı yangına karşı koruyarak olmaktadır. Donatının yangına karşı korunması için betonun içinde yeterli derinlikte gömülmelidir. Donatının betonun dışına çıktığı kısımlarda doğrudan ısı ile temas ederek yangına karşı zafiyet oluşturmaktadır. İkinci olarak donatı, beton içerisine gömüldükçe dış ortam ve hava ile etkileşimi kesilir. Eğer yeterli beton örtüsü bırakılmazsa donatının bir kısmı dışarıda kalır ve bu da donatının hava ile temas ettikçe korozyona ve ayrışmaya uğramasına sebep olur. Ortamdaki nem de donatının zamanla ayrışmasına ve paslanmasına sebep olur. Donatının paslandığı durumda da yapının mukavemeti ve yapının ömrü azalmaktadır. Yeterli beton örtüsü bırakılmayan bir betonarme kirişin son durumu Şekil 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Betonarme Kirişlerde yetersiz beton örtüsü sonucu oluşan durum.

Betonarme yapı elemanlarında yetersiz pas payı tabakası, tamamen geçirimsiz olmayan beton içerisine gömülü çelik donatının nem ve oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu atmosferik korozyona ev sahipliği yapar. Beton örtüsü kalınlığının veya geçirgenliğinin yetersiz olması hem fiziksel hem de kimyasal korumanın zayıf olması anlamına gelmektedir [30]. Betonun başlangıçta çelik yüzeyinde sağladığı pasif tabaka zamanla kaybolur ve artan beton geçirgenliğinin etkisiyle katalizör görevi gören klorür iyonları hızla iyonlaşan demirde lokal hasara neden olur [31]. Betonarme donatısında korozyon donatının çapında azalmaya neden olurken, donatının hacmindeki artışla birlikte iç gerilemeler oluşmaktadır. Devam eden süreçte aderansın tamamen veya kısmen kaybolması, donatıda akma sınırına ulaşmadan betonun soyulmasına ve taşıyıcı elemanda önemli davranış değişikliklerine neden olur. Bu süreç, elemanın veya sistemin davranışının süneklikten gevrekliğe doğru değişmesine neden olan ve tüm yapıyı olumsuz etkileyen bir sınır koşuludur. Sürecin devamında taşıyıcı elemanlar üzerindeki aşınma ve tahrip edici etkiler, özellikle deprem gibi yanal yükler altında normalden daha erken ve kolay göçme ile sonuçlanmaktadır [32].

Beton örtüsünün donatıyı yangından ve korozyondan korumasının yanında bir diğer önemi de donatı ile betonun daha çok temas etmesini sağlayarak aderansı artırmasıdır. Donatılar yüzeyden belirli bir miktar içe gömüldükçe beton ile donatının temas yüzeyi artmaktadır. Bu da iki malzeme arasındaki bağ kuvvetini güçlendirerek aderansı artırmaktadır. Ancak beton örtüsü çok fazla artırılırsa bu sefer faydalı yüksekliği azaltacağı için giriş dayanımını düşürmektedir. Bu sebeple betonarme elemanlarda beton örtüsü tabakası standartlara uygun şekilde projelendirilmelidir ve uygulanmalıdır.

## **BULGULAR**

Deneyisel çalışma verilerinin desteklediği genel yargılar aşağıdaki gibidir;

Başaran ve Kalkan (2019), yaptıkları çalışmada donatı çapı, lif türü, yüzey özelliği, gömülme boyu, donatının beton içindeki konumu, pas payı ile beton basınç dayanımı ve enine donatı etkisi gibi sekiz değişkeni göz önünde bulundurarak FRP donatı-beton aderansının dört farklı aderans deney yönteminden nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda mafsallı giriş deneylerinden elde edilen aderans gerilmesi değerlerinin, çekip çıkarma deneylerinden elde edilen değerlerden %31, giriş ucundan çekip çıkarma deneylerinden %3 ve bindirme eki değerlerinden %146 yüksek olduğu tespit edilmiştir. Deneyde incelenen değişkenlerden pas payı, tüm deney yöntemlerinde özdeş sonuçlar vererek her durumda pas payı arttıkça aderans gerilmesi artmıştır [33].

Arslan ve Arslan (2018), yürüttükleri çalışmada 9 adet numune üzerinde mafsallı giriş deneyi yaparak kenetlenme boyu ve donatı çapının aderansa etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları deney sonucunda aynı kenetlenme boyu için düşük çaplı donatılarda aderans gerilmesinin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir [34].

Seis ve Beycioğlu (2017) tarafından yürütülen çalışmada, çelik donatı ve bazalt elyaf takviyeli polimer donatının aderans farkını araştırmak için C30 beton üzerinde 16 adet mafsallı giriş deneyi yapmışlardır. Yaptıkları deney sonuçlarında bağ gerilmelerinin, kullanılan her iki donatı türünde de çap ve gömme uzunluğu arttıkça azaldığı görülmüştür. Ek olarak bazalt elyaf takviyeli polimer donatının çekme dayanımının normal çelik donatıya göre 2,08 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Gömme derinliğinin donatı çapının 20 katı kadar uygulandığı deney numunelerinde, 12 mm çapında donatı kullanıldığı durumda bazalt elyaf takviyeli polimer donatı kullanılan numunede aderans gerilmesinin, çelik donatı kullanılan numuneye göre %73,9 daha yüksek olduğu görülürken; 8 mm çapında donatı kullanıldığı durumda bazalt elyaf takviyeli polimer donatı kullanılan numunede aderans gerilmesinin, çelik donatı kullanılan numuneye göre %77,3 daha yüksek olduğu görülmüştür [35].

Döndüren ve diğ. (2006) tarafından yürütülen çalışmada, hem beton sınıfının hem de etriye kullanımının aderansa etkisini çekme test yöntemi kullanarak test etmişlerdir. Deney sonuçlarına göre C25 betonun C16 betona göre %40 daha fazla aderans dayanımı sağladığı tespit edilmiştir. Ek olarak etriye kullanılan numunelerin aderans gerilmesinin, etriye kullanılmayan numunelerden %33 daha yüksek olduğu görülmüştür [36].

Sakcalı ve diğ. (2023) yürüttükleri çalışmada, düz yüzeyli çelik donatı ile yüzeyi kum ile kaplı çelik donatının aderansa etkisini eğilme deneyi ile incelemişlerdir. Yürütülen deneysel çalışma sonucunda 10 mm çapında kum kaplı çelik donatı ile donatılan betonarme kirişin sıyrılmadan taşıyabileceği yük kapasitesi, düz yüzeyli çelik donatı ile donatılan betonarme kirişten %109 daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca kum kaplı çelik donatı ile donatılan kiriş, düz çelik donatı ile donatılan kirişe göre yaklaşık 3,2 kat daha fazla düşey yer değiştirmeye ulaştığında çekme çatlağı meydana gelmiştir. Deneyler sonucunda çelik donatıların kum ile kaplanması aderansı artırdığı sonucuna varılmıştır [37].

Özkal ve Uysal (2017) yürüttükleri çalışmada sadece donatı dizilimini aderansı artıracak şekilde değiştirerek kiriş performansına etkisini araştırmışlardır. Donatı detayının belirlenmesi üzerine yaptıkları yeni tasarım ile gevrek kırılan bir numunenin sünek kırılmasını sağlamışlardır [38].

Topçu ve Boğa (2008) tarafından yürütülen çalışmada, ülkemizde kullanılan beton kaliteleri genelde 8 Mpa ve 14 MPa arasında olduğu için beton dayanımından ziyade korozyon etkisinin aderans gerilmesinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir [39].

Üstün ve Dal (2016) yürüttükleri çalışmada montaj aşamasındaki donatı hatalarını şantiye ortamındaki görsellerle destekleyerek anlatmışlardır [40].

Beycioğlu ve diğ. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, çelik donatı ile aramid lifli kompozit donatıların aderans performansı mafsallı kiriş deneyi ile karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kompozit donatıların çekme dayanımları çelik donatılara kıyasla %165 daha yüksek sonuç vermiştir. Kompozit donatılar arasında ise kumla kaplanmış ve sargılı olarak iki farklı donatı türü kullanılmıştır. Sargılı kompozit donatının çekme dayanımı standart çelik donatıya kıyasla %189 daha fazladır. Ancak deney verileri sonucunda kumla kaplanmış kompozit donatıların beton ile oluşturduğu aderans gerilmesinin, sargılı kompozit donatılara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [41].

Türk ve Başsürücü (2020) yürüttükleri bir çalışmada, beton malzemesine lif takviyesinin aderansa etkisini araştırmak amacıyla 6 adet betonarme kiriş numunesi üzerinde dört noktalı eğilme testi yöntemiyle deneyler yapmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda lif takviyeli betonarme kiriş numunelerinin aderans dayanımı, lif takviyesiz betonarme kiriş numunelerine göre %39 daha yüksek çıkarken karma lif takviyeli kiriş numunelerinin aderans dayanımı, lif takviyesiz kirişlerinkine göre %65 daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Karma lif takviyeli betonarme kirişlerde aderans gerilmesinin yüksek olmasından kaynaklı olarak genişliği küçük olacak şekilde çok sayıda kılcal çatlak oluşmuş ve numuneler sünek kırılmıştır, ancak yüksek sehim değerlerine ulaştığı görülmüştür. Lif takviyesiz kirişlerde aderans yetersiz olduğu için gevrek kırılma gerçekleşmiş olup, az sayıda ve geniş çatlaklar oluşmuştur. Gevrek kırılma gerçekleştiği için ise lif takviyesiz kirişler daha düşük sehim değerlerinde göçmüştür [42].

Ertuç ve diğ. (2018) yürüttükleri çalışmada, korozyon oranının aderansa etkisini araştırmışlardır. Korozyon oranının %3'e kadar aderansı artırarak kirişleri daha sünek hale getirdiği ve donatı sıyrılmamasının toplam deplasmana katkısının %25-30 aralığında olduğu tespit edilmiştir [43].

Tunç ve diğ. (2021) yürüttükleri çalışmada literatürdeki eksikliği gidermek amacıyla yüksek performanslı hafif betonun aderans dayanımı standart Belçika mafsallı kiriş deneyi ile incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda Belçika mafsallı kiriş deneyinde kiriş içerisinde kullanılan donatı 8 mm çapından 10 mm çapına çıkarıldığında aderans gerilmesinin %45,4 oranında azaldığı tespit edilirken gömülü uzunluğun donatı çapının 10 katından 20 katına çıkarıldığında ise aderans gerilmesinin yaklaşık %9,25 oranında arttığı görülmüştür [44].

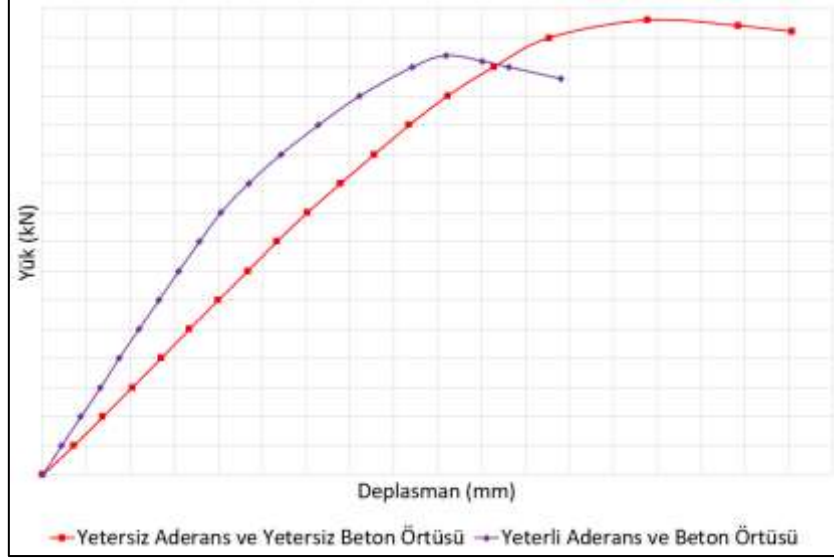
## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada betonarme kirişler üzerinde aderansı incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalar incelenmiştir. Yapılan literatür derlemesi sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Betonarme kirişlerde aderans yetersizliği olması durumunda kirişlerde daha az sayıda fakat daha geniş eğilme çatlakları oluştuğu görülmüştür.
- Kullanılan donatıların yüzeylerindeki pürüzlülüğün aderansı artırdığı tespit edilmiştir. Ek olarak aderansın yetersiz olduğu durumlarda çekme bölgesindeki donatıların daha küçük yükler altında sıyrılabileceği görülmüştür.
- Sadece donatı dizilimini değiştirerek betonarme bir kirişin gevrek kırılmak yerine sünek kırılmasının sağlanabileceği görülmüştür.
- Aderansın yeterli olduğu kirişlerde daha fazla sehim gözlenmiştir. Bunun sebebinin sünek davranış olduğu görülmüştür. Aderansın yetersiz olduğu kirişlerde ise gevrek göçme veya sıyrılmaya durumları olabileceği için daha küçük sehim değerlerinde taşıma kapasitesine ulaşacağı ön görülmüştür.
- Aynı şartlar altında düşük çaplı donatılarda aderans gerilmesinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Betonarme kirişlerde aderansı araştırmak amacıyla yapılan birçok akademik çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu aderansı etkileyen değişkenlerin itme ve çekme testleriyle ölçülmesinden oluşmaktadır. Ancak aderansın doğrudan kiriş performansına etkisini ölçmek amacıyla aderansı etkileyen değişkenleri mafsallı kiriş yöntemiyle eğilme deneyine tabi tutarak daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Çeşitli değişkenler ile yapılacak mafsallı kiriş testi deneyleriyle, aderansın kiriş performansına etkisi konusunda daha net sonuçlar elde edilecektir.

Yapılacak mafsallı kiriş test yöntemi ile aderans eğilme deneyi yapıldığı takdirde beklenen yük-sehim grafiğinin temsili olarak aşağıdaki gibi olacağı ön görülmektedir.



**Şekil 4.** Çekme bölgesindeki donatı yerleşimi ve beton örtüsünü incelemek amacıyla yapılacak eğilme deneyinin tahmini sonucu.

Şekil 4 üzerindeki temsili grafikte gösterildiği gibi yetersiz aderansa ve yetersiz beton örtüsüne sahip kirişlerin daha hızlı sehim yapma eğiliminde olacağı ve beton örtüsünün yetersizliğinden kaynaklı olarak faydalı yükseklik artacağı için taşıma kapasitesinin artacağı ön görülmektedir. Yeterli aderans ve yeterli beton örtüsü bulunan kirişlerin ise daha rijit davranarak daha geç sehim yapma eğiliminde olacağı tahmin edilmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Doğan O. ve Akgül M. (2022). An Experimental Study On the Investigation of the Negative Effects of 4% NaCl Resolusion Aggressive Curing Condition On the Mechanical and Physical Properties of Concrete and Reinforcement Address. *4. International Palandoken Scientific Studies Congress*, 931-944.
- [2] Şimşek, O. (2012). Beton ve Beton Teknolojisi. *Seçkin Press*. Ankara, Turkey.
- [3] Özer, Ş. (2012). An investigation of the effect of different cements on concrete carbonation. *Yüksek Lisans Tezi. Fırat University, Elâzığ*.
- [4] Akgül, M., Doğan, O. (2022). Determination of Reinforcement Adherence Loss by Accelerated Corrosion Test for Normal and 4%NaCl Solubility Cured Flat and Ribbed Reinforced Concretes with Different Strengths. *International Journal of Engineering Research and Development*, 14 (2), 691-704. doi: 10.29137/umagd.1092523.
- [5] THBB. Türkiye'de Sektör. 2021. Available: <https://www.thbb.org/sector/turkiyede-sektor>. (Erişim:24 Ocak 2022).

- [6] Engin, Y. (2022). Hazır Beton Üretimi ile İlgili Sıra Dışı Veriler. 2015 Available: <https://www.betonvecimento.com> (Erişim:10 Mayıs 2022).
- [7] Uygunoğlu, T. (2008). Properties of self-compacting concrete with lightweight aggregate. *Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.*
- [8] Değirmenci, A. (2006). Effect of silica fume addition on reinforcing steel bar corrosion. *Yükseklisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.*
- [9] Çakır, Ö. (2006). Effect of ground granulated balast furnace slag on the durability of concrete and reinforced concrete. *Yükseklisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.*
- [10] Çoban, Ö. (2014). Effects of usage of chrome and olivin wastes in concrete on durability properties. *Yükseklisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.*
- [11] Şimşek, O. (2021). Yapı Malzemesi – I. *Seçkin Press. Ankara, Turkey.*
- [12] ACI 408R-03 (2003). Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension, American Concrete Institute (ACI), MI, USA.
- [13] ACI 440.3R-12 (2012). Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Reinforcing or Strengthening Concrete and Masonry Structures, American Concrete Institute (ACI), MI, USA.
- [14] Tighiouart, B., Benmokrane, B., Gao, D. (1998). Investigation of bond in concrete member with fibre reinforced polymer (FRP) bars. *Constr. Build. Mater.*, 12 (8), 453–462.
- [15] Gudonis, E., Kacianauskas, R., Gribniak, V., Weber, A., Jakubovskis, R., Kaklauskas, G. (2014). Mechanical Properties of the Bond Between GFRP Reinforcing Bars and Concrete. *Mech. Compos. Mater.*, 50 (4), 457–466.
- [16] Gonzalez, J.A., Andrade, C., Alonso, C. (1995). Comparison of Rates of General Corrosion and Maximum Pitting Penetration on Concrete Embedded Steel Reinforcement. *Cement and Concrete Research*. 25 (2):257-264.
- [17] Yeğınobalı, A. (2000). Betonda Çelik Donatı Korozyonu, *THBB*. 41:54-57.
- [18] Ersoy, U., Özcebe, G. (2018). Betonarme. *Evrım Press. İstanbul, Turkey.*
- [19] Topçu, İ. B., Boğa, A. R. (2008). Effect of Corrosion On Adherence Between Reinforcement and Concrete for Reinforced Concrete. *Eng&Arch. Fac. Eskişehir Osmangazi University*. 21(1):23-38.
- [20] Atabey, V. (2019). <https://volkanatabey.com.tr/aderans-hangi-faktorlerden-etkilenir-ve-deneyler/> (Erişim:10 Mayıs 2022).
- [21] Yücel, K.T. (1997). Estimation of the pumbaplity of concretes from the mortar phase rheology. *Yükseklisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.*

- [22] Baradan S. (1997). The effect of cement type on the bond strength of concrete and reinforcement. *Yükseklisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.*
- [23] Mirza, S, M., Houde, J. (1979). Study of bond stress-slip relationships in reinforced concrete. *ACI Journal*.76(1):19-46.
- [24] Çınar, B. (2000). A experimental study on the anchorage behavior of lightweight concrete which produce from Karapınar volcanic aggregate. *Yükseklisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya.*
- [25] Jendele, L., Cervenka, J. (2006). Finite element modelling of reinforcement with bond. *Computes and Structures*. 84 (28):1780-1791.
- [26] Yerlici V., Özturan, T. (2002). Bond strenght in high- strenght concrete elements. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi*, 13(1).
- [27] Gurbuz, T., Ilki, A. (2011). Pullout Performance of Fully and Partially Bonded Retrofit Anchors in Low-Strength Concrete. *ACI Structural Journal*.108(1):61-70.
- [28] Tanyıldızı, H. (2006). The investigation of the strength effect between concrete and steel surface of concrete type and reinforcing dimensions under curing conditions. *Yükseklisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Elâzığ.*
- [29] TS 500: (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları.
- [30] Beglarigale, A., Yiğiter, H., Yazıcı, H., Aytaç, A.H. ve Sevin, H.L. (2019). Corrosion behavior of reinforced concrete specimens exposed to wetting-drying cycles in real marine environment. *10. İnternational Concrete Congress. Bursa, Turkey.*
- [31] Aydın, Ö. (2012). Investigation of measures for the prevention of corrosion of steel in concrete structures. *Yükseklisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.*
- [32] Yüksel, İ., Sakcalı, G. B. (2018). Zemin Katı Korozyona Maruz Kalmış Bir Binanın Performans Değerlendirmesi. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology B- Theoretical Sciences*, 6: 152-162. doi: 10.20290/aubtdb.489580
- [33] Başaran B. ve Kalkan İ. (2021). Comparison of Different FRP Reinforcement-Concrete Bond Test Methods According to Parameters Affecting This Bond. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, (36):3: 1581-1593.
- [34] Arslan M. E. Ve Arslan T. (2018). Kenetlenme Boyu ve Donatı Çapının Beton-Donatı Aderansına Etkisinin Mafsallı Kiriş Deneyiyle İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2018; (30):2: 1-11.
- [35] Seis M. ve Beycioğlu A.(2017). Bond Performance of Basalt Fiber-Reinforced Polymer Bars in Conventional Portland Cement Concrete: A Relative Comparison with Steel Rebar Using the Hinged Beam Approach. *Science and Engineering of Composite Materials*, 2017; 24:(6): 909-918.

- [36] Döndüren M. S., Çöğürçü M. T. Ve Altın M. (2006). Betonla Donatı Arasındaki Aderans Davranışının Deneysel İncelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21:(3-4): 57-68.
- [37] Sakcalı G. B., Yüksel İ. ve Sağıroğlu S. (2024). Beton İçindeki Düz Yüzeyle ve Kum Kaplı Donatı Çubuğu Aderans Davranışının Eğilmede Aderans Yöntemiyle Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi, *Politeknik Dergisi*, 27(2): 709-720.
- [38] Özkal F. M. ve Uysal H. (2017). Betonarme Yapı Elemanlarında En Uygun Donatı Yerleşiminin Belirlenmesi: Konsol Kiriş Örneği, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7:(2): 157-169.
- [39] Topçu İ. B. ve Boğa A. R., (2008). Betonarmede Donatı ve Beton Arasındaki Aderansa Korozyonun Etkisi. 21:(1): 23-38.
- [40] Üstün B. ve Dal M., (2016). Betonarme Donatı Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 4:(1): 8-19.
- [41] Beycioğlu A., Ünver A. F., Arslan M. E., Aydın A. ve Sarıbaş İ. (2019). Kompozit Donatılarda yüzey türünün aderans performansına etkisi-mafsallı kiriş yaklaşımı. *Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2:(1): 14-34.
- [42] Türk K. ve Başsürücü M. (2021). Uzun ve kısa çelik lif takviyeli tam ölçekli kirişlerin aderans dayanımı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27:(3): 274-280.
- [43] Ertuç İ., Yalçın H. ve Kumbasaroğlu A. (2018). Korozyon etkisine maruz bırakılmış betonarme kirişlerin eğilme davranışı. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11:(1).
- [44] Tunç E. T., Alyamaç K. E., İnce R. ve Ulucan Z. Ç. (2021). Relationship between reinforcement diameter and bond stress in high performance lightweight concrete. *European Journal of Science and Technology*, 23: 851-860.

## Şerit Tespiti Yapan Bir Sürücü Güvenlik Destek Sisteminin Çevresel Koşullar Altında Performans İncelemesi

*Muhammed Doruk ÇAPRAZ<sup>1</sup>, Doç. Dr. Ersen YILMAZ<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>E-mail: [dorukcapraz@gmail.com](mailto:dorukcapraz@gmail.com); Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa / Türkiye. ORCID ID: 0000-0003-4114-2702

<sup>2</sup>E-mail: [ersen@uludag.edu.tr](mailto:ersen@uludag.edu.tr) ; Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa / Türkiye. ORCID ID: 0000-0002-6620-655X

---

### Özet

Trafikte aktif olarak kullanılan araç sayısının artışı ile trafik kazalarında da önemli ölçüde bir artış gerçekleşmiştir. Bu kazaların alt sebepleri incelendiğinde şerit ihlali kaynaklı kazaların oranının yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Trafik kazalarının önlenmesi için akademide ve sanayide çeşitli çalışmalar yapılmaktadır ve uygulayıcı kuruluşlar da bu önleyici sistemleri araçlarda bulundurmaya zorunlu hale getirmektedirler. Bu sistemlerden biri de şerit tespit sistemidir. Bu çalışma kapsamında SGDS (Sürücü Güvenlik Destek Sistemleri)'den biri olan araç içi kamera kullanılarak bir şerit tespit sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemlerin önemli dezavantajlarından biri yolda meydana gelen bozulmalar ve çevresel etmenlerin yola etkisinin sistemleri yanıltmasıdır. Bazı durumlarda araç sürüş esnasında meydana gelen hatalı algılamaları neticesinde sürüşe müdahale ederek trafik güvenliğini riske atabilmektedir. Araç içi kameradan alınan veriler Hollanda ve Almanya otoyollarından toplanmıştır. Bu çalışmada gri tonlamalı geçiş, Canny kenar algılama ve Hough dönüşümü gibi görüntü işleme teknikleri incelenmiş ve uygulama detaylarından bahsedilmiştir. Uygulanan algoritmalar sonucunda alınan yol verileri ile sistemin performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında uygulanan görüntü işleme tekniklerinin performansı günün farklı zaman dilimlerinde ve hava koşullarında test edilerek ölçülmüştür. Bu sonuçlar ışığında sistemin hangi koşullarda daha başarılı olduğuna dair çıkarımda bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü işleme, Kenar tespiti, Sürücü güvenlik destek sistemi.

---

### Abstract

The increase in the number of vehicles actively used in traffic has led to a significant rise in traffic accidents. When examining the underlying causes of these accidents, it is noteworthy that accidents resulting from lane violations constitute a high proportion. Various studies are being conducted in academia and industry to prevent traffic accidents, and regulatory authorities requiring that vehicles incorporate accident prevention systems. One of these systems is the lane departure warning system. In this study, a lane departure detection system has been developed using an in-vehicle camera, which is one of the Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). One of the significant disadvantages of these systems is their susceptibility to be misled by road disruptions and environmental factors. In some cases, erroneous perceptions during vehicle operation may result in interventions that compromise traffic safety. Data from in-vehicle cameras were collected from highways in the

Netherlands and Germany for this study. In this work, image processing techniques such as grayscale transition, Canny edge detection, and Hough transformation were examined, and application details were discussed. Performance measurements of the system were conducted with the road data obtained from the applied algorithms. The performance of the image processing techniques applied in the study was tested and measured in different time periods of the day and weather conditions. In light of these results, inferences were made regarding under which conditions the system performs more effectively.

**Keywords:** Driver safety support system, Edge detection, Image processing.

---

---

## GİRİŞ

Günümüzde kamera teknolojisinin gelişmesi, bilgisayarların hızlanması ve küçülmesi sonucunda görüntü işlemeyi hayatımızın her alanında görmekteyiz. Bu alanlardan biri de otomotiv sektörüdür. Trafik kazalarını azaltmak için SGDS'leri devreye alındı. Örnek olarak ACC (Adaptive Cruise Control)(Adaptif hız sabitleyici), FCW(Front collision warning) (Ön çarpışma uyarısı) ve LDW(Lane departure warning)(Şeritten ayrılma uyarısı) verilebilir (Ping vd., 2019).

Türkiye'de 2022 yıllık trafik polisi raporlarına göre yaralanmalı ve ölümlü kazaların %86,29'u sürücü kaynaklı hatalardan kaynaklanıyor. Sürücü kaynaklı hataların dağılımına bakıldığında ise kazaların %10,47'sinin şerit takip ve kurallara uymamaktan kaynaklandığı görülmektedir (EGM, 2022).

Kamuya açık yollarda meydana gelen kazaların sayısını azaltmak için düzenleyici kurumlar kendi bölgelerine yönelik düzenlemeler yapmaktadır. Avrupa Birliği bölgesi, Kuzey Amerika bölgesi ve Asya'nın bir kısmı için UNECE [Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu] düzenleyici kurumdur. Karayolu araçlarına ilişkin yönetmeliği belirlemekte ve SGDS'de onların karar verdiği alanlardan biridir. AB sınırları içerisinde araç üretebilmek ve sürülebilirlik izinlerini alabilmek için tüm otomobil üreticilerinin bu mevzuatlara uyması gerekmektedir (ECE, 2020).

Bugün otomobil üreticileri, otomobillerini daha güvenli ve yol yönetmeliklerine uygun hale getirmek için çeşitli bileşenler kullanmaktadır. Üreticiler çoğu zaman tüm motorlu araçları ve korunmasız yol kullanıcılarını tespit edebilmek için kameralar ve sensörler kullanmaktadır. Daha başarılı sonuçlar için birden fazla sensör ve kameradan alınan veriler birleştirilerek kullanılmaktadır. Şeritten ayrılma sistemleri, İleri çarpışma uyarısı, Kör nokta tespiti, Adaptif hız sabitleyici otomotiv endüstrisinde en çok kullanılan SGDS bileşenleridir. Avrupa Birliği komisyonunun aldığı karara göre Temmuz 2024'ten sonra SGDS bileşenleri üzerinde bulundurmayan araçların UNECE bölgesi için üretilmesine izin verilmeyecektir (EU Official Journal, 2023).

Otomotiv endüstrisindeki otonom sürüş özerklik seviyeleri, Otomotiv Mühendisleri Derneği (SAE) tarafından L0'dan L5'e kadar derecelendirilmektedir. L0 tamamen manuel kontrol iken, L1 "ayaksız" hız sabitleyici, L2 "eller serbest" sürüş, L3 ise yine "eller serbest" sürüş iken araç aynı zamanda güvenlik açısından kritik birçok müdahaleyi de kendi başına gerçekleştirmeyi üstlenmektedir. L4 seviyesine ulaşıldığında araç sürücüyü ihtiyaç duymadan belli bir alanda ilerleyebilmekte ve sürücü isterse kontrolü tekrar ele alabilmektedir. L5 seviyesi ise aracın sürücüdün tamamen bağımsız olup tüm sürüşü

kendisinin yaptığı senaryodur. Bu senaryo aynı zamanda ulaşılmaması en zor seviyedir (Jianqiang vd., 2021).

Otomotiv sektöründe yukarıda belirtilen şartları karşılamak amacıyla sensörler kullanılmaktadır. Kamera, LIDAR sensör, radar sensör, kızılötesi sensör, ultrasonik sensör SGDS sistemlerinin ana bileşenleridir. Bu çalışmamızda şerit tespit sistemleri üzerinde durulmuştur. Bu nedenle şerit takip sistemlerinde kullanılan kameralar araştırılmıştır (Jihas, 2016).

Son yıllarda bilgisayarlı görme alanında hızlı gelişmeler yaşanmaktadır. Otomotiv sektöründe de araçlarda kameralar kendilerine yer bulmuştur. Kameralar şerit algılama sistemlerinde, yaya algılama sistemlerinde, trafik işareti tanıma sistemlerinde, park destek sistemlerinde vb. kullanılmaktadır.

SGDS sistemlerinde kamera tercihi etkili olan özelliklerin başında çözünürlük ve saniyede gösterilen kare miktarı(fps- frame per second) gelmektedir. Kameralarda çözünürlük arttıkça, daha uzakta bulunan yol unsurlarının tespitinde başarı artmaktadır. Bununla beraber saniyede gösterilen kare miktarı artışı ile çarpışma önleme ve şerit takip sistemleri gibi sistemlerin yüksek hızlardaki başarı oranı artmaktadır (Şahin 2019).

## YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan videolar 1280 x 720 piksel çözünürlüğe sahiptir. Görüntü işleme için kullanılan videolar 720p ve saniyede 29 kare olacak şekilde kaydedilmiş ve gerçek zamanlı videolarda da aynı özellikler kullanılmıştır. Video görüntüler Hollanda ve Almanya otoyollarında toplanmıştır. Görsellerin testleri GPU birimi barındıran iki farklı bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Bu bilgisayarlar, NVIDIA tarafından geliştirilen Jetson Nano ve Apple tarafından geliştirilen Macbook Pro'dur.

Çalışmalar yürütülürken Python programlama dilinden faydalanılmıştır. Python, görüntü işleme alanında giderek daha popüler hale gelen üst düzey bir programlama dilidir. Görüntü işleme için Python'un ana avantajlarından biri, kullanıma hazır kapsamlı kütüphaneleri ve araçlarıdır. Bu kütüphaneler, diğerlerinin yanı sıra görüntü işleme için çok çeşitli işlevler ve algoritmalar sağlayan NumPy, SciPy, OpenCV, Cushion ve scikit-image'ı içerir. NumPy, Python'da sayısal hesaplama için hızlı ve verimli dizi işleme yetenekleri sağlayan güçlü bir kütüphanedir. NumPy dizileri, görüntüleri temsil etmek için kullanılabilir ve görüntü verilerinin hızlı ve verimli bir şekilde değiştirilmesine olanak tanır. SciPy kitaplığı, sinyal işleme, optimizasyon ve istatistiksel analiz işlevleri dahil olmak üzere bilimsel bilgi işlem için ek işlevler sağlar. NumPy ile SciPy, filtreleme, segmentasyon ve özellik çıkarma gibi gelişmiş görüntü işleme işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılabilir (Khan vd., 2021).

OpenCV, nesne algılama, görüntü tanıma ve izleme dahil olmak üzere görüntü işleme için kapsamlı bir dizi algoritma ve araç sağlayan popüler bir açık kaynaklı bilgisayarlı görme kütüphanesidir. OpenCV, sürücüsüz arabalar ve robotik gibi gerçek zamanlı görüntü işleme uygulamaları için endüstride ve akademide yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut geniş kütüphane ve araç yelpazesine ek olarak, Python ayrıca son derece özelleştirilebilir ve genişletilebilir olup, araştırmacıların ve geliştiricilerin kendi özel görüntü işleme algoritmalarını ve araçlarını oluşturmalarına olanak tanır. Dil aynı zamanda platformlar arasındadır ve çeşitli işletim sistemlerinde görüntü işleme uygulamalarının geliştirilmesini ve çalıştırılmasını kolaylaştırır. Genel olarak Python, görüntü işleme için güçlü ve esnek bir dildir ve

gelişmiş görüntü işleme işlemleri için çok çeşitli kütüphaneler ve araçlar ile temel görüntü işleme görevleri için kullanımı kolay bir arabirim sunar (Harshada vd., 2015).

Şerit tespit sistemleri şeritleri ve yoldaki diğer nesnelere tespit etmek için kameraları kullanır. Bu sistemlerin tespit ettiği yol objeleri kapsamına trafik işaretleri, trafik lambaları ve yol kullanıcıları örnek olarak verilebilir. Aynı zamanda otomotiv üreticileri, tespit doğruluğunu artırmak için başka sensörler de kullanmaktadır. Hız sabitleyici radar sensörüne ihtiyaç duyar, park yardım sistemleri ultrasonik sensörler kullanır, nesne algılama sistemleri LIDAR sensörü kullanır vb. SGDS birden fazla sensörden gelen bilgileri birleştirerek daha güvenli sürüş sağlamak üzere geliştirilmektedir (göhring vd., 2011).

Bilgisayarla görme, makine öğrenmesi ve yapay zekanın alt kategorilerinden biridir. Bilgisayarlar, insanların bilgisayarları programlamaya ve belirli girdiler yardımıyla makine öğrenmesi adı verilen tekniklerin kullanımını yaygınlaştırması ile günlük problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ansari vd., 2017).

Bilgisayarla görmenin temel elemanı olan kameralar, sürücü güvenlik destek sistemlerinde çevresel nesnelere tespit etmek için farklı görüntü işleme teknikleri kullanmaktadır. Bu tekniklere kenar tespiti, nesne algılama, yüz tanıma, hareket ve eylem algılama ve insan poz tahmini örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada şeritleri tespit eden bir sistem üzerine çalışıldığı için, kenar tespiti için kullanılan algoritmalar detaylı olarak incelenmiştir.

Nesne tespiti uygulamalarında kullanılan araçlardan biri kenar algılamadır. Bir görüntüde taranan piksellerde ani değişimlerin olduğu ve süreksizliklerin tespit edilmeye yönelik yapılan çalışma kenar tespitidir. Bu çalışmalarda görsel sisteme girdi olarak verilir. Ardından siyah-beyaz dönüşümü gerçekleştirilir. Bu dönüşümün ardından kenar tespit algoritması çalıştırılarak çıktılar elde edilir (Shrivakshan vd., 2012).

Kenar tespiti için birçok farklı teknik mevcuttur. Bunlardan öne çıkanlar, Canny, Laplacian, Roberts, Prewitt ve Sobel'dir. Her bir algoritmanın ardında farklı matematik uygulamaları yatmaktadır (Maini vd., 2009).

**Gürültü giderme:** Araç üstünde konumlandırılan kameradan alınan giriş görüntüsü üzerinde yapılan ilk işlem gürültü giderme işlemidir. Dijital görüntülerdeki gürültü kaynakları, görüntünün elde edilmesi (sayısallaştırılması) ve iletimi sırasında ortaya çıkar. Araçlarda kullanılan sensörler ortam koşullarından etkilenebilir; iletim sırasında görüntüye gürültü eklenebilir. Gürültü giderme işlemi, görseldeki gürültüleri gidererek daha yüksek doğrulukla görüntü işleme yapmak için gereken bir adımdır. Bu işlem gerçekleştirilirken görselden mümkün olan en az seviyede bilgi kaybı hedeflenmektedir.

Bu işlem için görüntüyü bulanıklaştırma bir metot olarak kullanılmaktadır. Bilgisayarla görmede görüntü yapısını geliştirmek için Gauss yumuşatma, görüntüde mevcut olan uyarlanabilir gürültüyü ortadan kaldırmak için bir ön işleme birimi olarak kullanılan uzamsal bir filtrelemedir. Gauss filtresi uygulaması ile birlikte kenarları giriş resminin orijinalinden daha iyi koruyan, düzleştirilmiş bir görüntü üretilecektir (Rasheed vd., 2012).

**Canny kenar bulma:** Canny Kenar bulma algoritması John Canny tarafından 1986 yılında duyurulmuştur. Kenarları tespit etmeden önce resimdeki gürültüyü çıkarmak üzere tasarlanmıştır. Canny diğer metotlara göre kenar çıkarmada daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bir görseldeki çok sayıdaki kenarı tespit ederek, resimdeki gürültüyü başarılı bir şekilde ortadan kaldırmaktadır (Rong vd., 2014).

Canny algoritmasını diğer algoritmalarından ayıran avantajları, Hatayı minimize etmesi, kenar tespitini gerçekleştirirken kenar noktaya en benzeyen noktanın tespitini yapması, Tüm gerçek kenar noktalar için yalnız bir kenar tespiti yapması örnek olarak verilebilir (Ding vd., 2001).

Canny kenar algılama algoritması dört aşamada uygulanmaktadır; Bunlar; Yumuşatma, Gradyan büyüklüğünün ve yönünün bulunması, Gradyan vektörü yönünde zayıf kenar noktalarını baskılama ve Histerezis ile kenar izleme işlemleridir (Arslan, 2011). Bu işlemlerin açıklamasına bakacak olursak;

**Yumuşatma:** Canny kenar algılama algoritması yumuşatma işlemini Gauss filtresi ile gerçekleştirmektedir. Gauss filtresi Denklem (1)'de görülmektedir.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$\sigma$  sembolü standart sapmayı simgelemektedir (Deng vd., 2013).

**Gradyan büyüklük ve yön tayini:** Görselin, Gauss fonksiyonun x ve y doğrultusunda birini dereceden türevinin alınması sürecidir. Bu işlem Denklem (2) ve Denklem (3)'te gösterilmiştir.

$$f_x(x, y) = f(x, y) * \left(\frac{-x}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

$$f_y(x, y) = f(x, y) * \left(\frac{-y}{\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Bu işlemin peşi sıra büyüklük değeri tespiti için Denklem (4) kullanılmaktadır. Yön tayini işlemi için Denklem (5)'ten faydalanılır (Juneja ve Sandhu, 2009).

$$|f(x, y)| = \sqrt{(f_x(x, y))^2 + (f_y(x, y))^2} \quad (4)$$

$$\theta(x, y) = \arctg\left(\frac{f_y(x, y)}{f_x(x, y)}\right) \quad (5)$$

**Gradyan vektörü yönünde zayıf kenar noktalarını baskılama işlemi:** Üretilen görüntü bulanık kenarlarla sonuçlanır. İdeal olarak, son görüntünün ince ve keskin kenarları olmalıdır. Bu nedenle, görüntüde bir baskılama işlemi uygulanması gerekmektedir. Baskılama işlemi tespit edilen kenarda maksimum değere sahip pikseli bularak çalışır. Bu pikseller korunarak bulanıklığa neden olan pikseller silinmektedir.

Bu işlem 3 adımda gerçekleştirilmektedir; Maksimum değere sahip pikselin 8 bağlantılı komşusu  $\theta$  gradyan yönüne en yakın  $45^\circ$  'ye yuvarlanır. İlgili pikselin kenar kuvveti pozitif ve negatif gradyan

yöndeki piksellerin kenar kuvvetleriyle kıyaslanır. Gradyan yönü kuzey ise ( $\theta=90^0$ ) kuzey ve güney yönündeki pikseller kıyaslanır. İlgili piksel kenar gücü en yüksek değere sahipse, kenar kuvvetinin değeri korunmalıdır. Değil ise bu piksel kaldırılmalıdır. Böylece kenar pikselleri netleştirilirken bulanıklığa neden olan pikseller görselden uzaklaştırılacak ve net olarak kenarlar tespit edilmiş olacaktır (Tekin ve Çetin, 2019). Açıklanan süreç Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Baskılama işlemi

Görselde görüldüğü üzere neredeyse tüm pikseller kuzeyi gösteren gradyan yönüne sahiptir. Bu nedenle kuzey ve güneyindeki pikseller ile karşılaştırma işlemi yapılmaktadır. Bu örnekte maksimum olarak tanımlanan pikseller beyaz kenarlık ile gösterilmiştir. Diğer tüm pikseller bastırılarak görselde kenarlar net olarak gösterilmiş olacaktır.

İkili eşik değeri yöntemi ile kenarların birleştirilmesi işlemi: Zayıf kenar noktalarını baskılama işlemi sonrasında kalan bazı kenar pikselleri de işaretlenmektedir. Bu kalan pikseller genellikle pürüzlü yüzeylerde ve gürültülü görüntülerde meydana gelmektedir. Bu sorunun giderilmesi için kenarlar daha güçlü şekilde renklendirilmelidir. Bunun için belirli bir eşik değeri kullanılması gerekmektedir. Canny Kenar Algılama algoritması burada çift eşikleme kullanmaktadır. Yüksek eşikten daha güçlü olan kenar pikselleri güçlü olarak işaretlenir. Düşük eşik değerinden daha zayıf olan kenar pikselleri ise bastırılır. İki eşik arasında kalan piksel değerleri ise zayıf olarak işaretlenir.

Histerezis ile kenar izleme: Yukarıda gerçekleştirilen işlemlerden sonra, güçlü kenarlar keskin kenarlar olarak adlandırılmıştır. Zayıf kenarlar görüntüye yalnızca güçlü kenarlar ile bağlantılı iseler ekleneceklerdir. Mantıken gürültü ve renk gibi nedenlerin güçlü kenar ile sonuçlanma ihtimali düşüktür. Bu nedenle güçlü kenarlar yalnızca orijinal görüntüdeki gerçek kenarlar sayesinde oluşacaktır. Zayıf kenarlar ise gerçek kenarlardan veya gürültü/renk varyasyonları neticesinde tanımlanabilir.

### **Hough Dönüşümü:**

Hough kenar dönüşümü, görüntülerde düz çizgiler, çemberler ve elipsler gibi şekilleri tespit etmek için görüntü işlemede kullanılan bir özellik çıkarma tekniğidir. 1962 yılında Paul Hough tarafından bilgisayarlı analiz çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Hart, 2009).

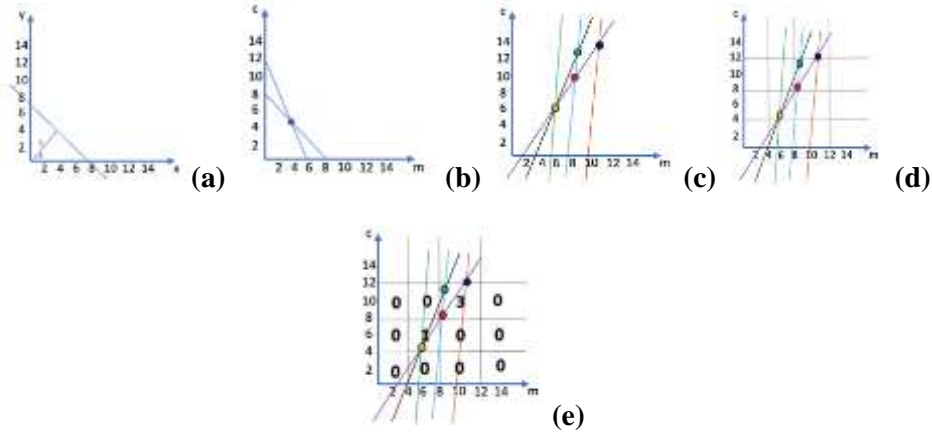
Hough dönüşümü, bir görüntüdeki şekilleri bir parametre uzayında veya Hough uzayında tanımlanabilecek parametrik denklemler olarak temsil etme fikrine dayalı olarak çalışır. Hough uzayı, görüntüdeki her noktanın Hough uzayındaki bir eğriye veya bir dizi eğriye karşılık geldiği görüntü uzayının bir dönüşümüdür. Hough dönüşümünü kullanarak çizgileri tespit etme durumunu ele alalım. Görüntü uzayında bir doğru,  $y = mx + c$  denklemiyle temsil edilebilir; burada  $m$ , doğrunun eğimidir ve

c, y-kesme noktasıdır. Ancak Hough uzayında bu denklem bir doğru yerine bir nokta (m, c) olarak gösterilebilir.

Hough dönüşümünü gerçekleştirmek için, algoritma görüntü uzayını tarar ve bulunan her kenar noktası (piksel) için, Hough uzayındaki o noktadan geçebilecek bir dizi olası çizgiyi hesaplar. Bu, olası her satır için Hough uzayındaki karşılık gelen değerleri artırarak yapılır. Sonuç, görüntüdeki en olası satırların parametrelerine (m, c) karşılık gelen en yüksek değerlerle Hough uzayında bir oy veya değer birikimidir. Kartezyen gösterim (m, c) yerine ( $\rho$ ,  $\theta$ ) parametreleriyle kutup sistemine dönüştürülebilir. Bu dönüşüm Denklem (6)'da görülür.

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (6)$$

Bunu  $\rho$ - $\theta$  uzayında çizersek veya kısaca Hough uzayı olarak adlandırırsak, düz bir çizgi yerine bir nokta elde ederiz. Şekil 2.a'da oluşturulan Kartezyen koordinat sistemi görülmektedir (Duda ve Hart, 1972).



**Şekil 2.** (a) Kartezyen koordinat sisteminde bir doğru (b) Hough uzayında elde edilen nokta (c) Birden fazla doğrunun oluşturduğu noktalar kümesi (d) Bölgelere ayrılmış Hough uzayı (e) Oylama işlemi sonrası ortaya çıkan grafik

Denklem (6)'nın yardımıyla kartezyen koordinat sistemi Hough uzayına dönüştürülür ve Şekil 2.b'de görülen örnek elde edilir. Bu işlemin ardından kartezyen uzayda bir noktada kesişen birkaç doğrunun daha koyulması ile Hough uzayında Şekil 2.c'de görülen grafik elde edilir. Şekil 2.c'de elde edilen grafik bölgelere ayrılacak olursa Şekil 2.d'de görülen grafik elde edilir. Şekil 2.d'de bölgelere ayrılan grafikte içinde bulunan bölgeye en fazla nokta düşün kare, görselde en fazla çizgi barındırma ihtimali olan bölgedir. Her bir noktanın olduğu bölgeye bir oy vererek görseldeki çizgilerin tespiti yapılır. Şekil 2.e'de görüldüğü üzere 3 nokta ile en fazla oyu olan bölge, görseldeki çizgi barındırma ihtimali en yüksek olan bölgedir. Hough dönüşümünün uygulanmasından sonra görüntüdeki çizgiler net olarak tespit edilmiş olur ve görsel üzerinde şeritler çizdirilerek kullanıcıya bilgi verilir.

### İlgi bölgesi belirleme:

Şerit algılama sistemleri, bir yoldaki şeritleri belirlemek ve bunlara göre aracın konumunu tahmin etmek için bilgisayarla görme tekniklerini kullanır. Şerit tespitindeki en önemli adımlardan biri, şeritlerin bulunması muhtemel ilgi bölgesini (ROI-Region of Interest) bulmaktır (Hej vd., 2010).

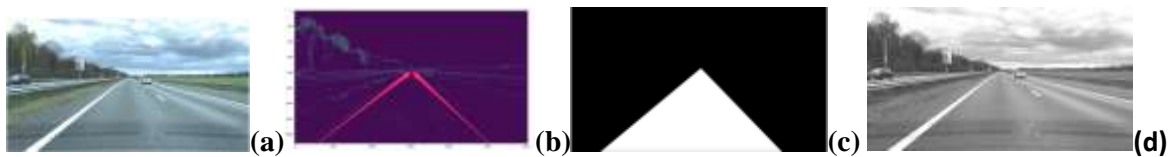
İlgi alanı, şeritlerin bulunma olasılığının en yüksek olduğu görüntü alanıdır. Bu alan, şeritlerin aracın yakınında daha geniş ve araç uzaklaştıkça daha da dar görünmesi beklendiğinden, genellikle üstte alttan daha dar olan yamuk ya da üçgen şeklinde bir bölge olarak tanımlanır. Şeklin köşeleri, şeklin koordinat sistemindeki noktalarını temsil eden üç ya da dört nokta ile tanımlanır. Bu noktalar genellikle görüntünün sol üst köşesinin (0,0) olduğu ve x ekseninin sağ ve y ekseninin aşağıyı gösterdiği piksel koordinatlarında tanımlanır.

ROI'nin belirli konumu ve boyutu, şerit algılama algoritmasına ve araçtaki kamera yerleşimine bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, ROI, yolun şeritlerin bulunması muhtemel olduğu bölgesini kapsayacak şekilde seçilmelidir ve şerit algılama sürecine gürültü veya dikkat dağıtıcı unsurlar getirebilecek alakasız alanlardan kaçınmalıdır. Örneğin, ROI gökyüzünü, ağaçları veya yoldaki diğer araçları hariç tutabilir.

ROI tanımlandıktan sonra şerit algılama algoritması, şeritleri algılamak ve izlemek için görüntünün bu alanına odaklanabilir. Algoritma, ROI içindeki şerit işaretlerini tanımlamak için kenar algılama, renk eşiği belirleme veya model tanıma gibi çeşitli teknikler kullanabilir. Aramayı ROI ile sınırlayarak, algoritma, gereken hesaplama miktarını azaltarak ve yanlış pozitifleri veya yanlış negatifleri en aza indirerek doğruluğunu ve verimliliğini artırmaktadır (Son vd., 2016). Özetle, ilgilenilen bölge, şerit algılama sistemlerinin, şeritlerin bulunma olasılığının yüksek olduğu görüntü alanını tanımlayan temel bir bileşendir. ROI genellikle üstte alttan daha dar olan ve gürültü veya dikkat dağıtıcı unsurlara neden olabilecek alakasız alanları hariç tutmak için seçilen yamuk veya üçgen şeklinde bir bölge olarak tanımlanır. ROI'ye odaklanan şerit algılama algoritması, gereken hesaplama miktarını azaltarak ve yanlış pozitifleri veya yanlış negatifleri en aza indirerek doğruluğunu ve verimliliğini artırabilir.

### BULGULAR

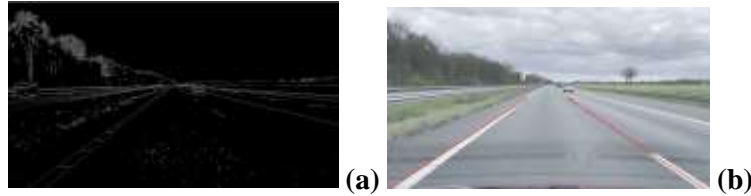
Bu çalışmada yukarıda açıklanan metotlar kullanılarak bir şerit tespit sistemi gerçekleştirilmiştir. Araç üstüne konumlandırılan kameradan elde edilen görsel ile kalibrasyon görseli oluşturulur. Kameranın araç üstündeki konumuna göre (-x ve -y koordinat) ilgi bölgesi tespit edilir. Bu sayede ilgi alanı dışında kalan bölgeler tekrar tekrar bilgisayar tarafından işlemde geçmeyecek ve işlem gücünden tasarruf sağlanmış olacaktır. İlgi bölgesi tespiti işlemi ardından gelen görsellere Gaussian Blur işlemi uygulanarak görselden daha net sonuçlar elde edilmektedir.



**Şekil 3.** (a) Kalibrasyon görseli (b) Matplotlib kütüphanesi ile “İlgi bölgesi tespiti”(c) Uygulamada kullanılacak olan ilgi bölgesi (d) Siyah beyaz dönüşümü ve Gaussian blur uygulanmış giriş görüntüsü

Araç üstünden alınan görseller ile ilgi alanının belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Kalibrasyon görseli araç üstüne yerleştirilen kameradan alınan bir anlık görüntü ile elde edilmiştir. Kullanılan kalibrasyon görseli Şekil 3.a’da görülebilir. Şekil 3.a’da görüldüğü üzere kalibrasyon görseli Matplotlib kütüphanesi ile piksel-piksel ekrana yansıtılmıştır. İlgi alanı bu görsel üzerinde 350 x 2500 pikselleri arasında olduğu görülmektedir. Ufuk çizgisine bakıldığı zaman ise 770 numaralı piksel’in seçilmesi ile ilgi alanı üçgeni elde edilebilmektedir. Şekil 3.b’de bu çalışma için elde edilen ilgi bölgesi görülebilir. Bu üçgenin dışında kalan bölgeni şerit algılama işlemi ile ilgisi olmadığından dolayı görselden çıkartılmasında herhangi bir sakınca yoktur. Aksine gereksiz işlem yükünü hafifleteceği için faydası olacaktır.

İlgi bölgesi uygulamasından sonra aracın içinde bulunmadığı şeritler ve yol kenarında bulunan ve bozucu anlamda girişim yapabilecek olan ağaçlar, bariyerler gibi etmenler elimine edilmiştir. Son adım olarak Hough çizgi dönüşümü uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm ile yolda bulunan şeritler tespit edilmekte tespit edilen noktalar kümesi koordinat sisteminde alınabilir. Bu alanlar üzerine performans başarımları ölçümü için çizgiler çizdirilerek çalıştırılan programın doğruluğu tespit edilebilmektedir. Şekil 3.d’de program çalıştırdıktan sonra uygulama esnasında alınan bir örnek görsel görülebilir. Görsel programa tanıtılarak bilgisayar üzerinden doğrulaması yapılmıştır. Kenar tespiti görseldeki farklı renklerde meydana gelen keskin geçişlerden faydalanılarak yapılmaktadır. Görseli işlerken daha yüksek performans elde edebilmek için görsel RGB (Red Green Blue)’den siyah beyaza çevrilmektedir. Bu sayede görüntü işlemede kullanılan pikseller sadece 0 ile 255 arasında değerler alacak konuma gelmektedir. Bu görüntüde yer alan piksellerin arasındaki keskin geçişler bize görüntüdeki kenarları gösterecektir. Görsele uygulanan siyah beyaz dönüşümü ve Gaussian blur işlemi sonrasında verimli bir şekilde Canny kenar dönüşümü uygulanmaya hazır hale gelmiştir.

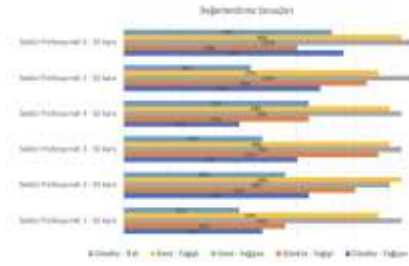


**Şekil 4. (a) Canny kenar dönüşümü uygulaması (b) Şerit tespiti uygulaması ekran görüntüsü**

Canny Kenar Dönüşümü uygulaması ile yol şeritleri ile kameranın görüş alanı içindeki tüm kenarları tespit edilmektedir. Şekil 4.a’da Canny Kenar Dönüşümü Uygulanmış görsel görülmektedir. Aynı zamanda tüm bu kenarların işlenmesi için hesaplamalar yapılmaktadır. Bu da çalışan işlemcinin işlem kapasitesinde gereksiz yer işgal etmektedir. Bunun önüne geçmek ve sadece ilgili alanları tespit etmek için “İlgi Alanı Belirleme” işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.b’de ilgi bölgesi uygulanmasından sonra görselin doğruluğunun tespit edilebilmesi için tespit edilen şeritlerin video karelerine bastırıldığı bir örnek kare verilmiştir. Çalışma kapsamında uygulama farklı yol koşullarında test edilerek otomotiv sektör profesyonelleri ile başarımları değerlendirilmiştir. Gündüz-Yağışsız, Gündüz Yağışlı, Gece-Yağışsız, Gece-Yağışlı ve Gündüz Sisli hava koşullarında kaydedilen görüntüler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Her hava durumu için rasgele olarak seçilen 50 kare sektör profesyonellerine gösterilerek şerit tespit operasyonu hakkında “Başarılı” ve “Başarısız” olarak değerlendirmeleri alınmıştır. Sektör profesyonelleri ile yapılan incelemeler esnasında alınan örnek görseller Şekil 5’te görülmektedir. Bu değerlendirmelerin sonuçları Şekil 6’da görülmektedir.



Şekil 5. Uygulama esnasında alınan ekran görüntüleri



Şekil 6. Uygulamanın farklı hava şartlarındaki değerlendirmeleri

Şekil 7’de uygulanan algoritmanın başarı oranı gösterilmektedir.



Şekil 7. Uygulamanın farklı hava şartlarındaki değerlendirmeleri

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında şerit tespiti yapan bir Sürücü Güvenlik Destek Sistemi geliştirilmiştir. 29-fps ile gerçek zamanlı olarak performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu sistem farklı hava koşullarında elde edilen yol verileri ile test edilmiş ve otomotiv sektörü profesyonelleri tarafından başarıları değerlendirilmiştir. Gece ve yağışsız havada kullanılan sistemin en yüksek doğruluğa sahip olduğu ve gündüz yağışsız günlerde ise sistemin veriminin düşük olduğu tespit edilmiştir. Burada gece aracın ön farlarının yolu aydınlattığı ve çizgileri daha belirgin hale getirmesinin büyük etkisi olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde gündüz yağışlı havalarda yolda meydana gelen kusurlar yağmur nedeniyle daha az belirgin hale gelmektedir. Şeritlerin de parlak bir görünüm kazanması sonucunda çalıştırılan algoritmanın başarı oranlarında artış gözlenmiştir. Gündüz yağışsız havalarda ise, yolda meydana gelen deformasyonlar, gölgeler ve şerit çizim hataları gibi faktörlerin sistemi daha yüksek oranda yanılttığı tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda geliştirilen sistemin %94 başarı oranı ile şeritleri tespit ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Gelecekte çalışmalar farklı gömülü platformlarda test edilerek işlemci ve uygulama arasında yüksek uyumluluğa ulaşarak optimum sistem tasarımı üzerine yoğunlaşılacaktır.

## KAYNAKÇA

- Ping EP, Hossen J, Imaduddin F, Kiong WE. 2019. “Vision-based lane departure warning framework”. *Heliyon*. 5(8), 2019.
- Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı. 2022. “Trafik İstatistik Bülteni”. Türkiye.2022.
- Economic Commision for Europe. 2020. “Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations.” 181st session. Geneva. 23-25 June. 2020.
- Official Journal of the European Union. 2023. “REGULATION (EU) 2019/2144 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL”. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2144> , (30.12.2023).
- Jianqiang W, Heye H, Keqiang L, Jun L. 2021. “Towards the Unified Principles for Level 5 Autonomous Vehicles”. *Engineering*. 7(9), Pages 1313-1325, 2021.
- Jihäs K. 2016. “Using ADAS sensors in implementation of novel automotive features for increased safety and guidance”, *2016 3rd International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*. pg 753-758. India. 11-12 2016.
- Şahin FE. 2019. “Long Range, High-Resolution Camera Optical Design for Assisted and Autonomous Driving”. *Photonics* 6,73. 2019.
- Khan AA, Laghari AA, Awan SA. 2021. “Machine Learning in Computer Vision: A Review”. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, 8(32), 1–11. 2021.
- Harshada GM, Pranaya M, Ghanate S, Kadam M, Darshana K, Shitole S. 2015. *Python Based Image Processing*. Avishkar Pune, India, 2015.
- Göhring D, Wang M, Schnürmacher M, Ganjineh T. 2011. “Radar/Lidar Sensor Fusion for Car-Following on Highways”. *Proceedings of the 5th International Conference on Automation, Robotics and Applications*. Wellington, New Zealand, Dec 6-8, 2011.
- Ansari MA, Kurchaniya D, Dixit M. 2017. “A Comprehensive Analysis of Image Edge Detection Techniques”. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 12(11), 1–12, 2017.
- Shrivakshan GT, Chandrasekar C. 2012. “A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing”. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*. 9(5), No 1, 269-276, September 2012.
- Maini R, Aggarwal H. 2009. “Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques”. *International Journal of Image Processing (IJIP)*. 3(1), 1-12, 2009.
- Rasheed S, Naeem A, Ishaq O. 2012. “Automated Number Plate Recognition Using Hough Lines and Template Matching”. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science(WCECS)*. San Francisco, USA, October 24-26, 2012.
- Rong W, Li Z, Zhang W, Sun L. 2014. “An Improved Canny Edge Detection Algorithm”. *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*. Tianjin, China, August 3 - 6, 2014.
- Ding L, Goshtasby A. 2001. “On the Canny edge detector”. *Pattern Recognition*. 34, pg. 721-725, 2001.
- Arslan E. 2011. Hücresel Sinir Ağı Sistemleri Kullanarak Hareketli Nesnelerin Görüntü İşleme Uygulamaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2011.
- Deng C,Wang G,Yang X. 2013. “ImageEdgeDetectionAlgorithm Based on Improved Canny Operator”. *Proceedings of the 2013 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*. Tianjin, China, 14-17 July, 2013



- Juneja M, Sandhu PS. 2009. “Performance Evaluation of Edge Detection Techniques for Images in Spatial Domain”. *International Journal of Computer Theory and engineering*, 1(5), 614-621, December 2009.
- Tekin M, Çetin M. 2019. “Uydu Görüntülerinden Zincir Kod Yöntemi Kullanılarak Yarı Otomatik Yol Çıkarımı”. *Veri Bilimi Dergisi*, 2(1), 61-72, 2019.
- Hart PE. 2009. “How the Hough transform was invented”. *IEEE Signal Processing Magazine*, 26(6), 18-22, 2009..
- Duda RO, Hart PE. 1972. “Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures”. *Communications of the ACM*, 15(1). 11-15, Jan. 1972.
- HeJ,RongH,GongJ,HuangW. 2010. “ALanedetectionMethod for Lane Departure Warning System”. *2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing*. 11- 12 Nov., 2010.
- Son J, Yoo H, Kim S, Sohn K. 2016. “Real-timeillumination invariant lane detection for lane departure warning system”. *Expert System with Applications*. 42(4), 1816- 1824, march 2016.



## Geçirimli Yüzey Kaplamalarında Yağış-Akış İlişkisinin İncelenmesi

Ensar KESİKBAŞ

<sup>1</sup>E-mail: [ensarkesikbas1@gmail.com](mailto:ensarkesikbas1@gmail.com) : Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Hidrolik Bölümü, İstanbul/Türkiye.

---

### Özet

Altıgen şekle sahip çim taşları ulaşım yolları, şehir içi parklar ve otoyol kenarları gibi pek çok alanda kullanılan bir Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri (SKDS) uygulamasıdır. Zemin ile bütünlük sağlayarak herhangi bir bordür gerektirmeden imal edilebilen bu yapılar estetik görünümünün yanı sıra ağırlığa dayanıklı yapısı, dolgu malzemesi olarak çim, çakıl gibi farklı türde malzemelerin kullanılmasına olanak vermesi ve yüksek miktarlarda suyun yer altına sızmasını sağlaması sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada; farklı tabaka kalınlıkları ve farklı dolgu malzemeleri (çim ve kum) birlikte kullanılarak çim taşlarının yağış-akış yönünden performansları incelenmiştir. İlk olarak, 5 dakikalık zaman aralıklı tasarım hyetografları seçilmiş ve bu hyetograflardaki yağışlar 1.3x1.5x0.7m boyutlarındaki yağış simülatöründe simüle edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda farklı kombinasyonlar için yüzeysel akış hidrografları, horton denkleminde göre yüzeysel akış katsayıları, sızma hızları, yüzeysel akış ve sızma oranları belirlenmiştir. Deneyde kullanılan 60 dakikalık 100 mm/saat sabit şiddetteki yağış altında zemin içeriği %20'si 0.2mm dane çapına sahip kum ve %80'i 0.5mm dane çapına sahip olan kum karışımının akış katsayısı 0.66 olarak bulunmuştur ve geçirimsiz kaplamaya oranla akış miktarını yaklaşık olarak %34 azalttığı görülmüştür. Ayrıca; ilk 20 dakikası 75 mm/saat sonraki 20 dakikası 100 mm/saat ve son 20 dakikası 50mm/saat olan değişken şiddetteki yağış ve aynı zemin koşullarına sahip sistemin akış katsayısı 0.70 olarak bulunmuştur ve geçirimsiz kaplamadan yaklaşık %30 daha az yüzey akışı olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri, Yağış-Akış İlişkisi, Sızma, Çim taşı

---

### Abstract

The aim of this study is to reveal the effect of precipitation-induced runoff on the runoff coefficient using permeable surface coatings. Grass stones with hexagonal shape are an Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) application used in many areas such as transportation roads, urban parks and highway sides. These structures, which can be manufactured without requiring any curbs by providing integrity with the ground, are frequently preferred due to their aesthetic appearance, as well as their weight-resistant structure, allowing the use of different types of materials such as grass and gravel as filling materials, and allowing high amounts of water to leak underground. In this study, the performance of grass stones in terms of rainfall and runoff was examined when used with different thicknesses and different filling materials (grass and sand). Design hyetographs with 5-minute time intervals will be obtained and the rainfall in these hyetographs will be simulated in a rainfall simulator with dimensions of 1.3x1.5x0.7m. As a result of the experiments, surface flow hydrographs, surface flow coefficients according to the Horton equation, infiltration rates, surface flow and infiltration

percentages were determined for different mechanisms. The flow coefficient of the mixture of soil containing 20% sand with 0.2 mm grain diameter and 80% sand with 0.5 mm grain diameter under 60 minutes of 100 mm/hour constant rainfall used in the experiment was found to be 0.66 and it was approximately 34% less flow than the impermeable coating. On the other hand, the flow coefficient of the system used in the experiment with variable rainfall and the same ground conditions, with 75mm/h for the first 20 minutes, 100mm/h for the next 20 minutes and 50mm/hour for the last 20 minutes, was found to be 0.70, and it was observed that there was approximately 30% less flow than the impermeable pavement.

**Keywords:** Sustainable Urban Drainage Systems, Rainfall-Runoff Relationship, Infiltration, Grass stone

---

## GİRİŞ

Kentlerin büyümesi ve buna bağlı olarak geçirimsiz yüzey alanlarının artması yağmursularının, doğal zemine oranla, sızma miktarını önemli ölçüde azaltmış ve yağmursuyunun bu alanlardan hızla uzaklaştırılarak akarsu, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara taşınması probleminin giderek büyümesine yol açmıştır. Özellikle, yağmursuyunun kanallarında ve alıcı su ortamlarında büyük pik debilere kısa sürelerde ulaşması, taşkın ve erozyon gibi doğal afetlerin daha sık görülmesine neden olmaktadır. Kentsel alanlardaki çatılar, kaldırımlar, yollar ve benzeri geniş sızdırmaz yüzeyler bu türden drenaj sorunlarına neden olur. Yağış zemine düştüğünde, yüzeysel akış normalde doğrudan yağmursuyu kanalizasyonuna yönlendirilir. Şiddetli sağanaklarda yağmursuyu akımı kanallardan taşarak mülklere zarar vermekte ve sokakları doldurmaktadır. Buna ek olarak, kentsel alanlardaki sızdırmaz yüzeyler, daha fazla ısıyı güneşten emerek kırsal alanlara göre daha sıcak bir ortam oluştururlar (Kentsel Isı Adası Etkisi). Şehirlerin büyümesiyle bu sorunlar daha da artmakta, daha sık ve daha şiddetli sağanak yağışlara ve ısı dalgalarına yol açmaktadır.

Gelişen şehir yaşamı ve nüfus artışı dolayısıyla konut, otopark, alışveriş merkezleri vb. yapılara olan ihtiyaçları artırmıştır. Ancak bu gelişim, kentsel alanları hidrolojik açıdan olumsuz etkilemektedir. Gelişen şehir yaşamıyla doğal bitki örtüsü kaldırılarak bunların yerini çeşitli yapılar, asfalt veya beton araç yolları, kaldırımlar, otoparklar ve meydanlar gibi geçirimsiz yüzeyler almıştır. Bu geçirimsiz alanlardan ya da doğal toprağın çeşitli inşaat faaliyetleri nedeniyle sıkıştırılmasından dolayı zeminin sızma hızları ve sızma debileri önemli ölçüde azalmaktadır. Geçirimsiz yüzeylerden gelen yüzey sularının uzaklaştırılması için yağmursuyunun doğrudan oluklara, kanallara ya da yağmursuyu hatlarına bağlanması doğal bitki örtüsü yoluyla iletiminden çok daha hızlı bir şekilde yağmursuyunun deşarj olmasına olanak tanır. Ancak bu durum, daha hızlı akışa ve daha yüksek yüzeysel pik debilere neden olmaktadır. Bu sebeple, daha çok mansap bölgelerinde olmak üzere su baskınları, erozyon ve katı madde birikimi, yeraltı su seviyesinin düşmesi gibi olumsuzluklar meydana gelmektedir (Blick vd., 2004).

Geleneksel sistemler, kentsel gelişim, iklim değişikliğinden kaynaklanan belirsizlik ve yönetilemez yağmursuyu akışına yol açar. Bu değişikliklere uyum sağlamak, belediyelerin yakın gelecekte karşılayamayacağı kadar yüksek işletme maliyetleri ve yatırımlar gerektirmektedir. Şehirleşmiş ve gelişmiş bölgelerde meydana gelen bu sorunların çözümü için şehir plancılarının, mühendislerin, yerel yönetimlerin ve halkın, toprağın ve doğanın korunması, meydana gelebilecek çevresel sorunların ve afetlerin önlenmesine dönük yeni yaklaşımlar geliştirmesi gerçeği ortaya çıkmıştır. Yağmursuyu yönetim sistemleri ekolojik, estetik ve sosyal özellikleri açısından halkın bilinçlenmesi ve sistemi kabul etmesi için etkilidir. Kentsel alanlarda kullanılan farklı zemin türleri için yağış-akış ilişkisinin belirlenmesi sürdürülebilir yağmur suyu yönetimi için büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda literatürde yapılan pek çok çalışmayla farklı kaldırım türleri, boyutları ve zemin yapıları için yağış-akış ilişkisi incelenmiştir.

Schlüter ve Jefferies (2002) İskoçya'da 20 aylık boşluklu kaldırımın yüzey akışı yönünden performansını modellemeye çalışmış ve bunun sonucunda bu kaldırımlar için kullanılan dolgu malzemelerinin geçirimsizliğinin akışa geçen toplam su hacminde önemli oranda farklılık yaratmazken, akış hızı üzerinde belirgin etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca Huang ve diğ. (2015) Kanada'da halihazırda kullanılan üç farklı geçirimsiz kaplama tipinin yüzeysel akış oranı ve su kalitesini tahmin etmek amacıyla saha ölçümlerine dayanan sayısal bir model geliştirmiştir. Sonuçlar, geliştirilen modelin geçirimsiz kaldırımın tasarımında ve performansının değerlendirilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan modelleme çalışmalarının performansını ölçmek amacıyla laboratuvar deneyleriyle kıyaslamalı olarak da literatürde çalışmalar mevcuttur. Carbone ve diğ. (2014) geçirimsiz kaldırımın hidrolojik davranışlarını tahmin etmede HYDRUS-1D yazılımının deneysel verilerle büyük oranda örtüştüğü sonucuna ulaşmıştır. Konuyla ilgili yapılan modelleme çalışmalarının yanı sıra literatürde deneysel çalışmalar gerçekleştiren pek çok araştırmacı da mevcuttur.

Wuguang ve Diğ. (2014) yaptığı çalışmada, geçirimsiz blok kaldırımın kentsel bir ortamda yüzeysel su akışının azaltılması ve geciktirilmesini araştırmışlardır. Çalışmada geçirimsiz blok kaplamanın yüzeysel akış özelliklerini ölçmek için yağış simülasyonu testi yapılmıştır. Bu çalışmada dört farklı yüzey deney kesiti oluşturulmuş ve bu yüzeylerin yüzeysel akış katsayıları elde edilmiştir. Wuguang bu çalışmada akış katsayısı değerleri geçirimsiz blok için 0.19-0.45 arasında iken geçirimsiz blok için 0.77-0.85 arasında olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bunun yanı sıra Lizhu Hou ve Diğ. (2008) yaptığı çalışmada, farklı geçirimsizliğe sahip yüzeylerin sızma katsayıları araştırılmıştır. Araştırmada sızma kapasitelerini değerlendirmek için üç adet geçirimsiz ve bir adet geçirimsiz üstyapı sistemi kullanılmıştır. Her hücrenin drenaj hacimleri izlenilmiş ve yağış yoğunluğu, çıkış ve çıkış süresi arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Sonuç olarak gözenekli kaplama sistemlerinin kentsel alanlar için değerine değinilmiştir. Ayrıca Erin A. Dreelin ve Diğ. (2006) gözenekli kaplamalar ve asfalt kaplama arasındaki akış ilişkisini incelemiştir. Bir asfalt park deney düzeneği ile içi çim dolu gözenekli deney düzeneği düşük yoğunluklu sabit yağmur altında akış yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Dreelin bu çalışmanın sonucunda içi çim dolu gözenekli deney düzeneği, asfalt deney düzeneğinden %93 daha az akış ürettiği bulgusuna rastlamıştır. Bir diğer çalışmada Mohsen Sartipi ve Diğ. (2019) ise çalışmalarında, geçirimsiz beton kaplamanın kentsel alanlarda uygulanabilirliği ve sızma suyunun sürdürülebilir kentsel drenaj sistemi (SKDS) kullanılarak depolanması amaçlanmıştır. Seçilen bölgedeki yağış ortalaması alınarak yağış-akış katsayısı belirlenmiştir. Kullanılan geçirimsiz betona ise geçirimsizlik deneyleri yapılarak bir katsayı elde edilmiştir.

Sartipi bu çalışma sonucunda 15cm kalınlığında geçirgen beton kaplama kullanıldığında yağmur suyu tutma kapasitesi 0.082L/s'ye yükseldiği görülmüştür.

Geçirimli alanlar, hem yüzeysel akışı azaltarak taşkın etkisini önemli ölçüde azaltması hem de bulunduğu bölgelere estetik görünüm kazandırması sebebiyle kentlerimiz için önemli bir sürdürülebilir yağmursuyu sistemi çözüm alternatifleri olarak değerlendirilebilir. Ancak bu alanların doğru planlanması için, bu kaplamaların yağış-akış ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da yaygın olarak kullanılan bir geçirimli kaplama türü olan çim taşının kentsel alanların planlanmasında önem arz eden yağış akış ilişkisinin deneysel belirlenmesi amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

Geçirimli kaldırım bloklar bu kapsamda hem sert yapısı hem de yağmur sularının yeraltına sızmasına izin vermesi dolayısıyla pek çok bölgede kullanılmaktadır. Bu noktada çim taşları hem bloklar içerisinde yer alan boşlukların gerek çim (Şekil 1.1) gerekse çakıl (Şekil 1.2) gibi farklı malzemelerle doldurulmasına izin veren yapısı ve estetik görünümü nedeniyle parklar ve yürüme yolları için sıklıkla kullanılan malzemelerdir.



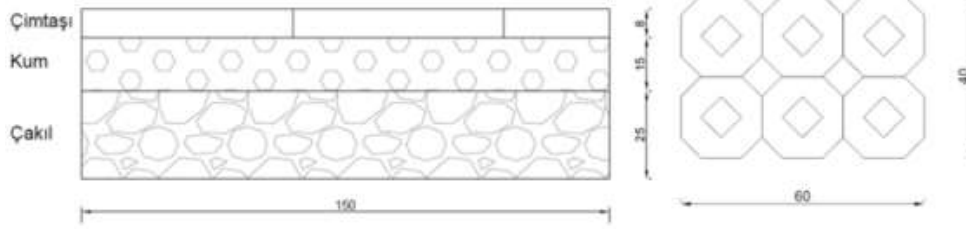
Şekil 1.1: Çim taşı (çim dolgu)



Şekil 1.2: Çim taşı (kum dolgu)

Bu malzemelerin geçirimsiz zeminlere oranla yüzeysel akışı azaltıcı etkisinin boyutunu incelemek amacıyla, önceden tanımlanmış yağışlar hem çim hem de kum dolgulu yüzeylere yağış simülatöründe simüle edilmiştir. Taban malzemesi olarak kullanılan iri çakıl, 25cm kalınlığında olup drenaj kabiliyeti çok yüksek olan kısımdır. Alt tabanın üstünde bulunan çakıl tabakanın kalınlığı ise 25cm'dir. Bir üst katmanda bulunan orta kum (dere kumu) 10 cm ve gelen yağışın sızma kapasitesini belirleyen dolgu malzemesi olan orta kum-ince kum karışımı 10cm kalınlığındadır. Geçirimli yüzey kaplama olarak kullanılan çim taşının her biri 8cm kalınlığında ve 40cm x 60cm boyutlarındadır. Dolgu malzemeleri dışında diğer deney parametrelerinde kullanılan doğal hazır çim 5cm kalınlığındadır ve kil, silt ve organik malzeme karışımından oluşmaktadır. Deney sisteminde kullanılan geçirimli yüzeyin boşluk oranı %50'dir. Deneysel çalışmada, su muhtevasının ve zemin özelliklerinin sabit tutulması, aynı zamanda kılcal boşlukların oluşmaması amacıyla deneysel çalışma zemin suya doymun haldeyken yapılmıştır. Deney sisteminde, çim taşının kare biçimindeki boşluklarına dolgu malzemesi olarak %80

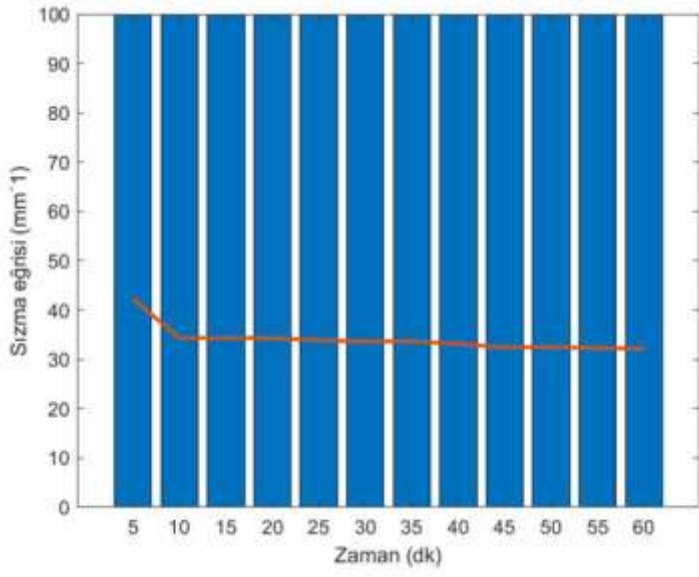




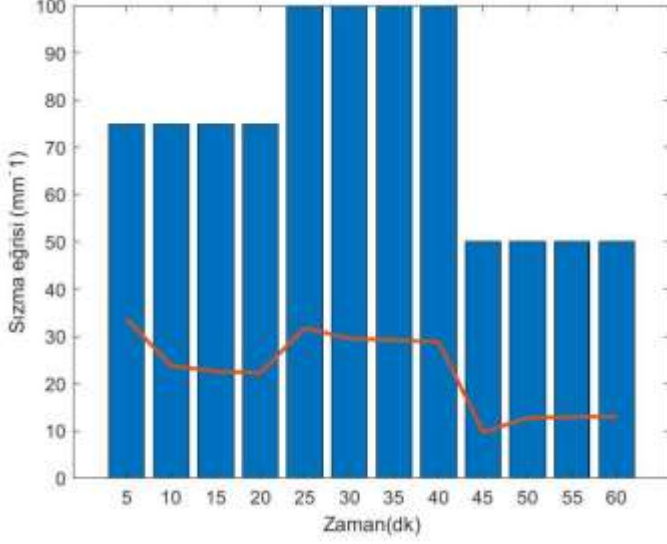
Şekil 1.4: Çalışmada kullanılan drenaj tabakaları ve geçirimli yüzey kaplama.

## BULGULAR

Deneyde kullanılan ve 60 dakika boyunca süren yağışların 5'er dakika aralıklarla ölçülerek sızma eğrisi oluşturulmuştur. Sızma eğrilerinin üstünde kalan alan akış şiddetini vermektedir. Zamana bağlı çizilen yağış hiyetografları ve sızma eğrileri Şekil 1.5 ve Şekil 1.6'da verilmiştir. Yapılan deneyde yağış şiddeti ile sızma eğrisinin üstünde kalan akış şiddetinin zamana bağlı oransal denklemi akış katsayısını vermektedir. Akış katsayıları; 60 dakikalık 100mm/saat sabit yağışta 0.66 (%66), ilk 20 dakikası 75mm/saat, sonraki 20 dakikası 100mm/saat ve son 20 dakikası 50mm/saat olan farklı hiyetografa sahip 60 dakikalık yağışta ise 0.70 (%70) olarak bulunmuştur.



Şekil 1.5: 100mm/saat'lik yağış sızma eğrisi



Şekil 1.6: 75-100-50mm/saat'lik yağış sızma eğrisi

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Geçirimli yüzey (çim taşı) kullanılarak yapılan deneysel çalışma sonucunda sabit yağış hiyetografi ve farklı yağış hiyetografına ait istatistiksel bulgular geçirimsiz yüzey ile karşılaştırılmıştır. Sabit yağış kullanılarak yapılan deneyde akış katsayısı 0.66 olarak bulunmuştur. Literatürde geçirimsiz yüzeylerin akış katsayısı 1.00 olarak kabul edilmektedir. Sabit yağış deneyinde bulunan akış katsayısı geçirimsiz yüzey akış katsayısından yaklaşık %34 daha azdır. İkinci deney olan farklı yağış kullanılarak yapılan deneyde akış katsayısı 0.70 olarak bulunmuştur. Geçirimsiz yüzey akış katsayısından yaklaşık %30 daha azdır.

Geçirimli yüzey kaplamalarının geçirimsiz yüzey kaplamalarına göre akış katsayısını, yağış şiddetine de bağlı olarak belirli ölçülerde azalttığı gözlemlenmiştir. Park, bahçe peyzajı, otoparklar ve yürüyüş yolları gibi alanlarda geçirimsiz yüzey kaplamaları yerine geçirimli yüzey kaplamaları kullanılarak, kentsel alanlardaki akış debisini azaltarak olası taşkınların önüne geçilmeli, akışın pik debisi azaltılması hedeflenmelidir.



## KAYNAKÇA

Carbone, M., Brunetti, G., & Piro, P. (2014). Hydrological performance of a permeable pavement in Mediterranean climate. 14th SGEM geoconference on water resources. Forest, marine and ocean ecosystems, 381-388.

Dreelin, E. A., Fowler, L., & Carroll, C. R. (2006). A test of porous pavement effectiveness on clay soils during natural storm events. *Water research*, 40(4), 799-805.

Gezici, K., Kesgin, E., & Agaccioglu, H. (2021). Hydrological Assessment of Experimental Behaviors for Different Drainage Methods in Sports Fields. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 147(9), 04021034.

Hou, L., Feng, S., Huo, Z., Ding, Y., & Zhang, S. (2008). Experimental study on rainfall-runoff relation for porous pavements. *Hydrology Research*, 39(3), 181-190.

Jiang, W., Sha, A., Xiao, J., Li, Y., & Huang, Y. (2015). Experimental study on filtration effect and mechanism of pavement runoff in permeable asphalt pavement. *Construction and building materials*, 100, 102-110.

Lin, W., Kim, I. T., Kim, H., & Cho, Y. H. (2014). Water runoff characteristics in porous block pavements using an accelerated pavement tester. *Journal of Hydrologic Engineering*, 19(9), 04014012.

Sartipi, M., & Sartipi, F. (2019). Stormwater retention using pervious concrete pavement: Great Western Sydney case study. *Case Studies in Construction Materials*, 11, e00274.

Schlüter, W., & Jefferies, C. (2002). Modelling the outflow from a porous pavement. *Urban Water*, 4(3), 245-253.

## Depremde Dolgu Duvarların Davranışının İncelenmesi

Anıl CEYLAN<sup>1</sup>, Nurdagül AKÇA<sup>2</sup>, Cengiz İPEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [ceylan.anil.medeniyet@gmail.com](mailto:ceylan.anil.medeniyet@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [nurdgulakca12@gmail.com](mailto:nurdgulakca12@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: [cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr](mailto:cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

Dünya genelinde depremler, toplumu etkileyen en önemli doğal afetlerin başında gelmektedir. Özellikle deprem kuşağında bulunan ülkelerde olası depremin etkileri dikkate alınmadığı durumlarda ciddi zararlara neden olabilmektedir. Dünya üzerindeki konumu gereği ülkemiz de bu deprem kuşağının içerisinde yer alan ülkelerin başında gelmektedir. Ülkemizde son yıllarda yaşanmış olan özellikle Kahramanmaraş merkezli depremler göz önüne alındığında yapıların depreme dayanıklı olması önem arz etmektedir. Yapılan hasar tespit çalışmaları sonucunda depremin büyüklüğünün etkisi altında yapıların deprem esnasında hasar görmesinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler arasında, yapıda kullanılan malzemelerin kalitesi, yapılan işçilik ve yapı yönetmeliklerine uygunluk gibi genel etkenlerin yanı sıra, yapı elemanlarının davranışı da oldukça önemlidir. Tüm bunlar göz önüne alındığında özellikle dolgu duvarların davranışı yapıların depreme karşı dayanıklılığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu çalışma kapsamında yapıların deprem performansını belirleyen faktörlerden biri olan dolgu duvarların davranışını daha detaylı bir şekilde incelemeyi hedeflemektedir. Yapıya olumlu veya olumsuz etkilerini araştırmak için 3 tip yapı modellenmiştir. 1. model olarak dolgu duvarlı çerçeve, 2. model olarak zemin katı dolgu duvarsız çerçeve ve 3. model olarak dolgu duvarsız çerçeve olarak modellenmiştir. Bu bağlamda, farklı yapı tiplerindeki dolgu duvarların deprem etkilerine karşı nasıl davrandığını anlamak için farklı tasarlanmış olan bina modellerinin analizi yapılmıştır. Bu binaların yumuşak kat düzensizliği, burulma düzensizliği ve yer değiştirme değerleri karşılaştırılmış elde edilen sonuçlar, dolgu duvarların yapıların deprem dayanıklılığı üzerindeki önemini ön plana çıkarmıştır. Bu analizler sunucunda dolgu duvarların yapının dayanımını ve rijitliğine önemli katkıları olduğu sonucunu doğurmuştur. Bu çalışma ışığında dolgu duvarların doğru bir şekilde analizi ve tasarlanması, yapıların deprem esnasında daha az hasar almasının sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, dolgu duvarlar, yapı tasarımı, deprem performansı, yapı dayanıklılığı.

---

---

## *Abstract*

Earthquakes are among the most significant natural disasters affecting communities worldwide. Especially in countries located within earthquake-prone zones, the effects of potential earthquakes can lead to serious damages when not adequately considered. Due to its location on the globe, our country is among the countries situated within this earthquake zone. Considering the earthquakes, particularly those centered in Kahramanmaraş in recent years, it is crucial for structures to be earthquake-resistant. Various factors contribute to the susceptibility of structures to damage during earthquakes, as revealed by damage assessment studies. Among these factors, the quality of materials used in construction, workmanship, compliance with building codes, and the behavior of structural elements are paramount. In light of all these considerations, the behavior of infill walls, especially, significantly influences the seismic resistance of structures. This study aims to examine the behavior of infill walls, which is one of the factors determining the seismic performance of structures, in more detail. Three types of structures were modeled to investigate their positive or negative effects: 1. frame structure with infill walls, 2. frame structure without infill walls on the ground floor, and 3. frame structure without infill walls. Accordingly, the analysis of differently designed building models was conducted to understand how infill walls in different types of structures respond to seismic effects. The soft-story irregularity, torsional irregularity, and displacement values of these buildings were compared. The results highlighted the importance of infill walls in the seismic resistance of structures. Through this analysis, it was concluded that infill walls significantly contribute to the strength and stiffness of structures. Consequently, it is inferred that the proper analysis and design of infill walls, as demonstrated in this study, can lead to reduced structural damage during earthquakes.

**Keywords:** Earthquake, infill walls, structural design, seismic performance, structural resilience.

---

## **Giriş**

Ülkemizin içinde bulunduğu konum gereği birçok diri fay hattına sahip olması nedeniyle bina tasarımı ve analizlerinde depremin etkileri önemli bir parametredir. Depremde ivme hareketleri ve yüzey dalgaları (Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015, Nalbant ve diğ. 2023, Utku ve diğ. 2024) altyapı ile ilgili deformasyonlar (Uçkan ve diğ., 2015, Makaracı ve İpek 2015) yapılar üzerinde büyük yıkımlar meydana getirmektedir. Tasarımdaki hataları (Albakour ve İpek, 2023; Ekinci ve İpek, 2023;2023), zemin problemleri (Eroğlu ve İpek, 2023) ,uygun olmayan malzeme kullanımı (Kockaya ve İpek, 2023), kat düzensizliği (Altuntaş ve İpek, 2023) çalışmalarında ele alınmıştır.

Sismik izolatörlü inşa edilen yapılarda yapısal ve yapısal olmayan elemanların (İpek ve diğ., 2015;2015) (eşyalar, mobilyalar, tesisatlar, kaplamalar, tavanlar, cephe kaplamaları, parapetler, çatılar) (Wolff ve diğ 2014;2015 İpek ve diğ., 2021) davranışı incelenmiştir. Günümüzde, betonarme yapı sistemlerinin çoğunda dolgu duvarlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu dolgu duvarlar farklı mekânları birbirinden ayırmak ve kullanım alanlarını dış ortamdan izole etmek amacıyla çeşitli tuğla, bims ve gaz beton

malzemeleri kullanılarak dolgu duvar olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de dış cephelerin doldurulması ve iç hacmin ayrıştırılması amacıyla sıklıkla kullanılan malzeme boşluklu fabrika tuğlasıdır. Kolon, perde duvar ve kirişler tarafından oluşturulan taşıyıcı sistemlerde yaşam alanları dolgu duvarlar ile bölümlere ayrılmakta ve bu şekilde kompozit çerçeveler meydana gelmektedir

Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerdeki dolgu duvar hasarı depreme bağlı maddi kaybın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Ülkemizde ve diğer bazı ülkelerde yürürlükte olan mevcut deprem yönetmeliklerinin hemen hemen hepsinde dolgu duvar panellerinin, yapının taşıyıcı sistemi üzerindeki etkileri ihmal edilmiş olup dayanım ve rijitliğe olan katkıları yedek kapasite olarak dikkate alınmıştır (Sağlıyan 2018). Dolgu duvar yapının yanal rijitliğini büyük ölçüde artırmaktadır. Diğer taraftan, planda düzensiz yerleşiminden kaynaklanan burulma etkileri, yumuşak kat oluşması ve kısa kolon davranışı gibi olumsuz etkileri de vardır.

Betonarme yapı sisteminin kütledeki ve rijitliğindeki bu artıştan dolayı dinamik etkileri ve davranışı da değişmektedir. Son yıllarda yaşanan Erzincan, Düzce ve İzmit depremlerinde dolguların yapı dayanımına ve rijitliğine büyük ölçüde etkilediği görülmektedir (Sivri ve diğerleri 2006). Yer sarsıntısı esnasında dolgu duvarların kısmi veya tümünden göçmesi, betonarme çerçevelerin yatay yük dayanımını ve deprem performansını bazı durumlarda binanın ayakta kalması ya da yıkılmasını belirleyecek ölçüde etkilemektedir. Deprem sırasında bu rijitlik artışı yapının taban kesme kuvveti istemini yükseltebilmekte ve yapıya daha büyük deprem kuvvetlerinin etkimesine neden olabilmektedir. Dolgu duvarlarda oluşan hasarlar, deprem enerjisinin sönmülmesi anlamına gelir ki bu da dolgu duvarların analitik modellerde hesaba katılmasını gerektirir (Yakut ve diğerleri 2013). Betonarme binaların tasarım ve analizlerinde genellikle dolgu duvarlar, yapıya olumlu etkileri dikkate alınarak sadece düşey yük olarak hesaplamalara dâhil edilmektedir. İlk bakışta güvenli bir yaklaşım olarak görünse de uygun değildir. Dolgu duvarların bu yaklaşımla hesaplarda dikkate alınması durumunda yapının mukavemetine katkıları ihmal edilirken dolgu ağırlığı çerçeveye taşınarak ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Garip 2023). Son zamanlarda dolgu duvarlar üzerine yapılan çalışmalar, bahsi geçen olumlu etkilerin yanı sıra, olumsuz etkilerinin de önemsenecek düzeyde olduğunu göstermektedir. Çerçeve ile sıkı iletişim içerisinde olan dolgu duvarların, yatayda ve düşeyde asimetrik yerleştirilmesi çeşitli düzensizliklerin oluşmasına sebep olabilmektedir (Sivri ve diğ., 2006, Baran, 2012). Genelde, dolgu duvarların yapının sismik davranışındaki etkileri; yapının rijitliğini artırır, yapı periyodu düşer ve bu nedenle yer hareketindeki taban kesme kuvvetlerini artırır, planda ve düşeyde yapının yanal rijitliğindeki dağılımını da değiştirir, sismik hareketin bir kısmı dolgu duvarlar tarafından taşınır ve böylece yapı sisteminin yükü azalır. Yapının enerji yutma kapasitesini de oldukça artırır (Dowrick, 19SİVRİ87, Tossios, 1984).

Bununla birlikte, dolgu duvarlı yapıların modellenmesi ve deprem etkisindeki davranışının analizi, basit ve kolay değildir. Yapı sisteminin davranışı genellikle doğrusal olmadığından dolayı deneysel verilerle doğrulanmayan analitik yöntemlerle sistem davranışını çözümlenmek hataları artıracaktır. Analizlerde dolguların etkilerini hesaba katma zorluğu; malzeme özelliklerinin değişken olması ve dolayısıyla dayanım ve şekil değiştirmelerin farklı olması, dolgu elemanlarının çerçeve elemanlar ile etkileşimi, yer hareketi sırasında hasarların büyük ölçüde düzensiz olması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Penelis ve Kappos, 1997).

Bu çalışmanın amacı yapının hasar görmesine ve göçmesine neden olan deprem yer hareketinde dolgu duvarların betonarme yapının davranışı ve performansı üzerindeki etkilerini içermektedir.

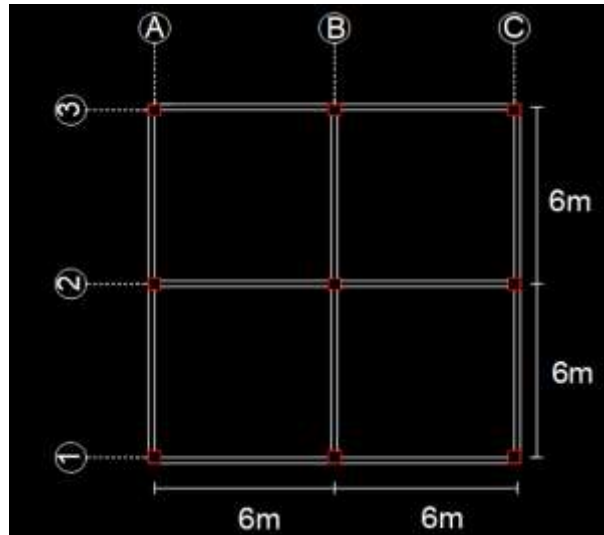
### Yöntem

Dolgu duvar ile ilgili hesaplamaları ve yapıya etkileri deprem yönetmelikleri tarafından ihmal edilmiştir. Bu doğrultuda ele alınan çalışma, dolgu duvarların yapıya olumlu veya olumsuz etkilerini araştırmak için 3 tip yapı modellenmiştir. 1.model olarak dolgu duvarlı çerçeve, 2. model olarak zemin katı dolgu duvarsız çerçeve ve 3. model olarak dolgu duvarsız çerçeve olarak modellenmiştir.

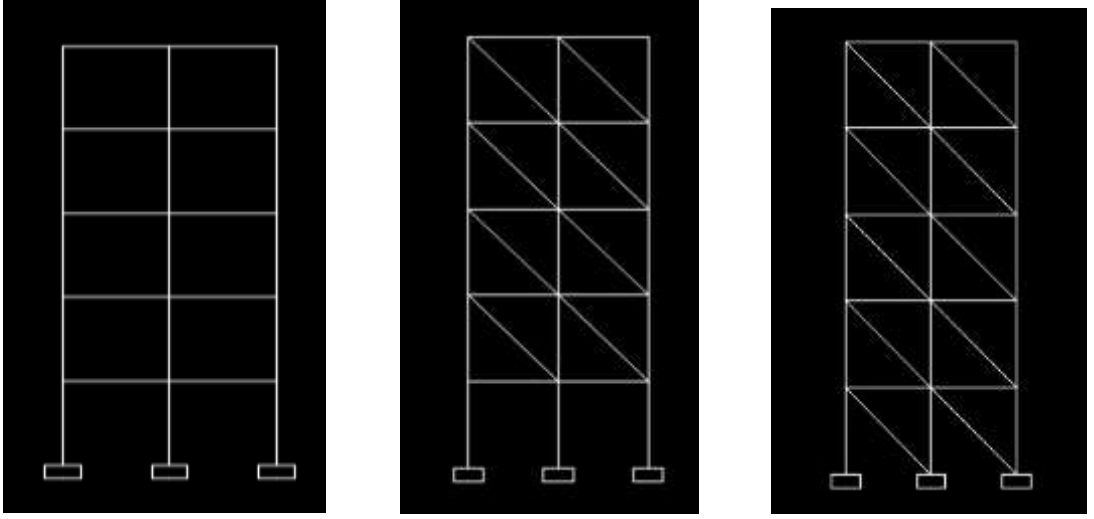
### Bulgular

Zemin katı 4m olarak kabul edilmiştir ve zemin kat ile beraber toplamda 4 katlı bir bina ele alınmıştır. Yapı ask mesafesi 6m olup 2\*2 açıklık olarak SAP2000 sonlu eleman programı ile modellenmiştir. (periyotlar,  $T_a=0,048$   $T_b= 0,24$ ) Betonarme binaların genel tasarımına ilişkin parametreler tablo 1’ de verilmiştir. Bina modeline ait veriler Şekil 1 ve Şekil 2 de verilmiştir. Kolon boyutları 50\*50 cm ve 60\*60 cm olarak belirlenmiştir. Kolon boyutlandırma hesapları ayrı ayrı hesaplanıp programa işlenmiştir. Modellemede kullanılan betonarme binanın genel tasarımı ile ilgili değerler aşağıda verilmiştir:

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS):1;Bina Yükseklik Sınıfı (BYS):5;Bina Kullanım Sınıfı(BKS):3;Bina Önem Katsayısı(I):1; Bina Taşıyıcı Sistemi:A11;Taşıyıcı Sistemin Davranış Katsayısı (R):8; Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D):3; Zemin Sınıfı: ZB; Beton Sınıfı:C30; Donatı Sınıfı: B420C



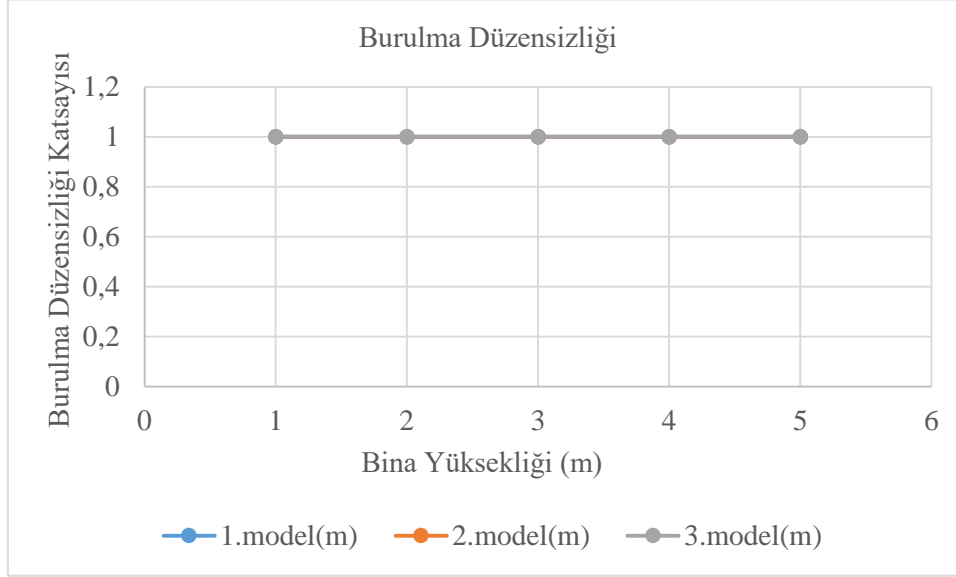
Şekil 1. Modelin kat planı



Şekil 2. 5 katlı binada dolgu duvarsız, zemin katı dolgu duvarsız ve tüm katları dolgu duvarlı yapı modelleri

Katlar	1.model(m)	2.model(m)	3.model(m)
5.kat	1	1	1
4.kat	1	1	1
3.kat	1	1	1
2.kat	1	1	1
1.kat	1	1	1

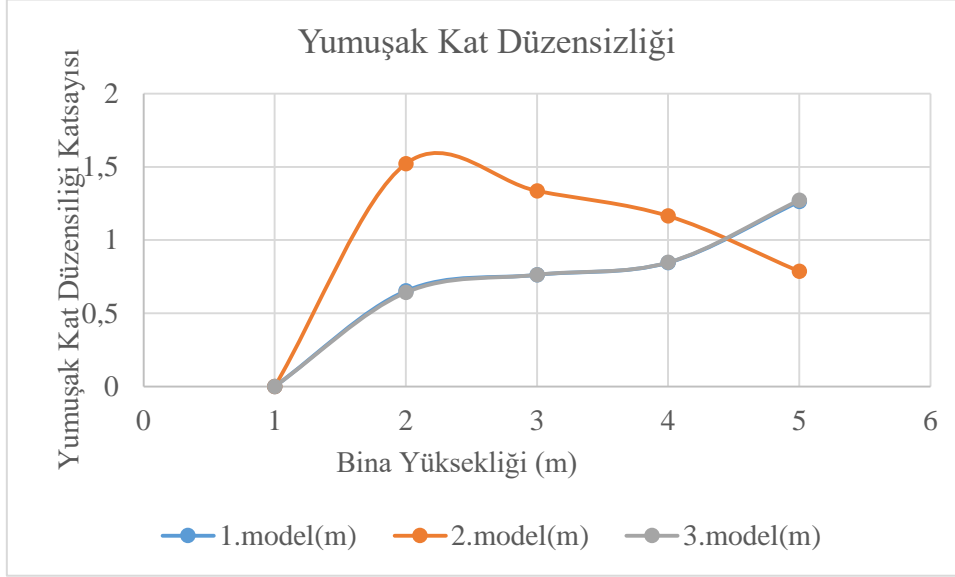
Tablo 1. Üç modelde elde edilen burulma düzensizliği kontrolü



**Şekil 3.** 3 modelde hesaplanan burulma düzensizliği

Katlar	1.model(m)	2.model(m)	3.model(m)
5.kat	-	-	-
4.kat	0,652174	1,520833	0,641892
3.kat	0,762431	1,335616	0,762887
2.kat	0,845794	1,164103	0,847162
1.kat	1,262537	0,786344	1,272222

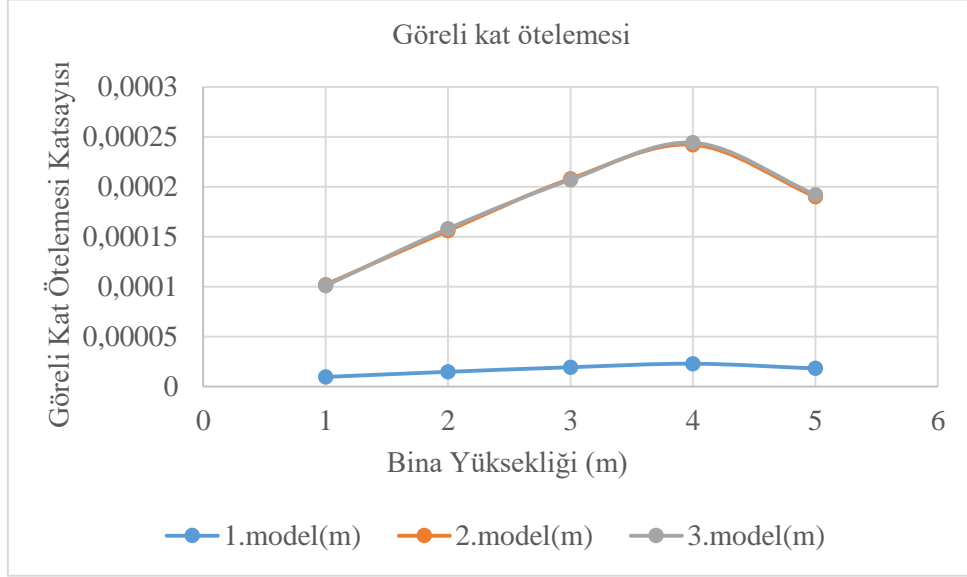
**Tablo 2.** Üç modelde elde edilen yumuşak kat değerleri



**Şekil 4.** Üç modelde hesaplanan yumuşak kat değerleri

Katlar	1.model(m)	2.model(m)	3.model(m)
5.kat	0,0000096	0,000102	0,000101
4.kat	0,00001472	0,000156	0,000158
3.kat	0,00001931	0,000208	0,000207
2.kat	0,00002283	0,000242	0,000244
1.kat	0,00001808	0,00019	0,000192

**Tablo 3.** Üç modelde elde edilen göreceli kat değerleri



**Şekil 5.** Üç model hesaplanan görelî kat değerleri

## Sonuç ve Tartışma

Beş katlı betonarme yapının dolgu duvarsız, zemin katı dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı burulma düzensizliği, yumuşak kat düzensizliği ve görelî kat öteleme değerleri Şekil(1-5) ve Tablo(1-5) verilmiştir. Bu çalışmada, modellenen beş katlı betonarme yapının üç farklı dolgu duvarlı hallerinin durumu incelenmiştir. Bunlardan birinci model dolgu duvarsız, ikinci model zemin katı dolgu duvarsız ve üçüncü model olarak dolgu duvarlı hallerinin yapının rijitliğine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen modeller üzerinde yapılan hesaplamalar ve analizler ışığında dolgu duvarsız, dolgu duvarlı model ve zemin katı dolgu duvarsız modelde burulma düzensizliğine rastlanmıştır. Üç farklı yapının simetrik olması halinde burulma düzensizliği değerleri aynı olduğu gözlemlenmiştir. Görelî kat değerleri karşılaştırılan modellerde en büyük görelî kat değerleri dolgu duvarlı yapıda ve zemin katı dolgu duvarsız yapıda görülmüştür. Bu yapılarında görelî kat değerlerinin çok yakın çıktığı gözlemlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yumuşak kat değerlerinin dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız yapıda yakın değerler çıktığı ve zemin katı dolgu duvarsız olana göre daha küçük değerler elde edildiği sonucuna varılmıştır. Bu analizler ışığında dolgu duvarın yapının davranışlarını büyük oranda etkilediğini göstermektedir. Yapının dayanımını ve güvenilirliğini değiştirmektedir. Etkilerinin ihmal edilmesi yapının güvenilirliğini analizlerden elde edilen bilgiler sonucunda azaldığını göstermektedir. Sonuç olarak yapı modellerden dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı yapının analizleri yapılmalı ve en elverişsiz koşullar altında yapı tasarlanmalıdır.

## Kaynakça

- Akbarov S. D., Ipek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinde. CMC-Computers Materials Continua, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099
- Akbarov S. D., Ipek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. Mechanics of Composite Materials, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4
- Akbarov S. D., Negin M., Ipek C., Effect of Imperfect Contact on the Dispersion of Generalized Rayleigh Waves in a System Consisting of a Prestressed Layer and a Prestressed Half Plane. Mechanics of Composite Materials, 51(3), 397-404.,2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9510-y
- Albakour A., İpek C., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı), Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, 2023, 227-237.
- Altuntaş N., İpek C., Depreme maruz betonarme yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesi. Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, 2023, 1-10.
- Baran, M. (2012) Dolgu Duvarların Betonarme Çerçevesel Yapıların Davranışı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27(2), 275-284.
- Demir, T., Sayın, E.,(2019) Betonarme Yapılarda Farklı Kat Sayıları İçin Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi, DÜMF Mühendislik Dergisi 10:3 (2019) : 1049-1060.
- Dowrick, D.J., 1987, Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects, John Wiley & Sons, New York.
- Ekinci N., İpek C., , 20223 Farklı Döşeme Tiplerine Sahip Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altında Davranışlarının İncelenmesi Conference: Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, (2023)
- Ekinci N. İpek C., Kahramanmaraş Depremlerinde Yıkılan Binaların Temel Nedenleri Ases II. Uluslararası afet kongresi 26-27 Ağustos, 2023, 46- 56, Kahramanmaraş, Türkiye
- Eroğlu İ., İpek C., [Deprem Yükleri Altında Yapı ve Zemin Etkileşimi](#), International journal of New Horizons in The Sciences (JIHSCI) Volume: 1, Issue: 1 18-27
- Ipek, C., A. H. Kuzucuoğlu, and M. R. Kıstır. "Yapısal olmayan sistemlerin deprem etkileri açısından değerlendirilmesi." IBEES2015, Burdur 7.9 (2015): 197-206.
- Ipek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Presented at 5th International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, pp. 187–199, 2015.
- Ipek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Proceedings of the Kocaeli 2015 5th International Earthquake Symposium, pp. 187–199, 2015.
- Ipek, C., Kuzucuoglu, A.H., Kıstır M.R., 2015."Evaluation of Nonstructural Systems in Terms of Earthquake Effects," International Burdur & Environment Symposium (IBEES2015), Burdur, Turkey.
- Ipek, C., Kuzucuoglu, A.H., 2016."Importance of Kocaeli Earthquake Disaster Risk Reduction (DRR)"International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management DAAYS'16, March 2-4, Karabuk University, Karabük, Turkey
- Ipek C., Wolff E.D, Constantinou M.C., Accuracy of analytical models to predict primary and secondary system response in seismically isolated buildings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2021, Doi: 10.1016/j.soildyn.2021.106944.
- Ipek C, The dispersion of the flexural waves in a compound hollow cylinder under imperfect contact between layers. Structural Engineering and Mechanics, 55(2), 335-348., 2015, Doi: 10.12989/sem.2015.55.2.335



- Ipek, C., 2016. "Impact of Nonstructural Systems on Important Structures in Earthquake" International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management DAAYS'16, March 2-4, Karabuk University, Karabuk, Turkey.
- Karaşin, İ.B. ve Karaşin, A.(2022) Türk Deprem Yönetmeliklerinde Dolgu Duvar Etkilerinin Tarihsel Gelişimi, ISSN 2602 – 4136, Diyarbakır.
- Korkmaz, A, Uçar, T., Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:8, Sayı:1 s:101-108, 2006.
- Koçkaya F., İpek C., Depremde Betonarme Yapılarda Yapı Malzemesinin İncelenmesi Incohis 2023 Spring | May 20-21, 2023 İstanbul/Türkiye | International Congress of New Horizons in Sciences
- Makaracı, M., Ipek, C., 2015."Analysis of Stresses of The Buried Pipeline as Results of Earthquake Effect" 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey
- Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaıdh, Mairead Nic; McCloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No. 3, Article 7. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1847>.
- Penelis, G.G., Kappos, A.J., EarthquakeResistant Concrete Structure, & E FN Spon, An imprint of Chapman & Hall, London.
- SAP2000, Computers and Structures Inc.. Integrated finite element analysis and design of structures. Version 7.44, Berkeley, California, 2023.
- Sivri, M., Demir, F. ve Kuyucular, A. (2006) Dolgu Duvarlarının Çerçeve Yapının Deprem Davranışına ve Göçme Mekanizmasına Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1), 109-115. doi:10,19113/sdufbed.56263
- Uckan E., Akbas B., Kaya E. S., Cakır F., Ipek C., Makaracı M., Ataoglu S., Design issues of buried pipelines at permanent ground deformation zones, Disaster Science and Engineering, 2 (2), 53-58, 2016.
- Utkucu, M., Uzunca, F., Durmuş, H. et al. The Mw = 5.8 2019 Silivri earthquake, NW Türkiye: is it a warning beacon for a big one?. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 113, 107–124 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00531-023-02359-6>
- Wolff E. D., Ipek C., Constantinou M.C., Tapan M., Effect of viscous damping devices on the response of seismically isolated structures. Earthquake Engineering Structural Dynamics, 44(2), 185-198., 2015, Doi: 10.1002/eqe.2464



## Kahramanmaraş Depremlerinde Baraj Tesisleri ve İçme Suyu Hatlarının İncelenmesi

Yusuf ARKAN<sup>1</sup>, Yusuf ALPHAN<sup>2</sup>, Cengiz İPEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [yusufarkan1301@gmail.com](mailto:yusufarkan1301@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [yusufalphan47@gmail.com](mailto:yusufalphan47@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: [cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr](mailto:cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD) göre 06.02.2023 günü, merkez üssü Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) ilçeleri olan Mw 7.7 ve Mw 7.6 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiştir. Meydana gelen depremler sıg odaklı olup 7,7 büyüklüğündeki deprem yerin 8,6 km derinliğinde meydana gelirken 7,6 büyüklüğündeki deprem yerin 7 km derinliğinde meydana gelmiştir. 7,7 büyüklüğündeki depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yeri Pazarcık/Akdemir (2,72 km) ve 7,6 büyüklüğündeki depremin merkez üssüne en yakın yerleşim yeri ise Elbistan/Gümüşdöven (1,70 km) olarak tespit edilmiştir. Bu veriler depremin oluşturabileceği hasar derecesinin büyüklüğü hakkında bilgi sahibi olmamıza olanak sağlıyor. Depremlerde 50.000'i aşan can kaybı olmuş ve 300.000'e yakın yapı, 700.000'i aşan bağımsız bölüm kullanılmaz hale gelmiş; ulaştırma, enerji, iletişim, tarımsal üretim ve şehirlerin altyapıları hasar görmüş, sanayi tesisleri ve ticari ünitelerdeki hasarlar üretimi ve tedarik zincirinde olumsuz etkiler oluşturmuştur. Baraj tesisleri tarih boyunca insanlığın suya olan gereksinimi onu suyun biriktirilmesine zorlamıştır. Başlangıçta taşkınlardan korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için inşa edilen barajlar, artan enerji gereksinimini karşılamak için elektrik enerjisi üretmek üzere tasarlanmaya başlanmış ve bu da daha yüksek barajların yapımını zorunlu kılmıştır. Yeni yapılacak barajlar için gittikçe daha az uygun yerlerin kalması, doğal olarak arazi bozuklukları ve insan hataları birleşerek büyük trajedilere neden olabilmektedir. Kahramanmaraş merkezli depremler barajlar üzerinde hasarlara sebep olmuştur. Bu amaçla deprem bölgesinde bulunan baraj tesislerinin yerinde yapılan incelemeler doğrultusunda elde edilen verilere dayanılarak ICOLD Yöntemi ve Bureau Yöntemi kullanılarak risk analizleri yapılmıştır. Mevcut deprem bölgesinde bulun içme suyu hatlarında meydana gelene hasarlar incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, baraj tesisleri, içme suyu hatları, hasar analizi, Kahramanmaraş depremi.

---

**Abstract**

According to Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), two earthquakes with magnitude Mw 7.7 and Mw 7.6 occurred on 06.02.2023 with epicenters in Pazarcık (Kahramanmaraş) and Elbistan (Kahramanmaraş) districts. The earthquakes were shallow focused and the magnitude 7.7 earthquake occurred at a depth of 8.6 km and the magnitude 7.6 earthquake occurred at a depth of 7 km. The closest settlement to the epicenter of the magnitude 7.7 earthquake was Pazarcık/Akdemir (2.72 km) and the closest settlement to the epicenter of the magnitude 7.6 earthquake was Elbistan/Gümüşdöven (1.70 km). These data provide us with information about the magnitude of the damage that the earthquake may cause. More than 50,000 lives were lost in the earthquakes, nearly 300,000 buildings and more than 700,000 independent units were rendered unusable, transportation, energy, communication, agricultural production and urban infrastructures were damaged, and damages to industrial facilities and commercial units negatively affected production and supply chains. Throughout history, humankind's need for water has forced dam facilities to accumulate water. Dams, which were initially built to protect against floods and to obtain drinking and irrigation water, began to be designed to produce electrical energy to meet the increasing energy need, which necessitated the construction of higher dams. The decreasing number of suitable places for the construction of new dams, natural land disturbances and human errors combine to cause great tragedies. The earthquake centered in Kahramanmaraş caused damage to dams. For this purpose, risk analyzes were carried out using the ICOLD Method and Bureau Method, based on the data obtained from the on-site examination of the dam facilities in the earthquake zone. Damages in drinking water lines in the current earthquake area were examined and solution suggestions were offered.

**Keywords:** : Earthquake, dam facilities, drinking water lines, damage analysis, Kahramanmaras earthquake.

---

---

## GİRİŞ

Deprem yer hareketleri kayıtların incelendiğinde,6 Şubat 2023 Mw=7.7 Kahramanmaraş-Pazarcık depreminin 6 Şubat 2023 Mw=7.6 Kahramanmaraş-Elbistan depremine göre ortaya çıkan deprem etkileri açısından daha etkili olduğu ve daha büyük enerji ürettiği görülmektedir. Depremde araştırmaları ve yüzey dalgaları(Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015, Nalbant ve diğ. 2023, Utkucu ve diğ. 2024) altyapıda meydana gelen hasarlar(Uçkan ve diğ., 2015, Makaracı ve İpek 2015) çalışılmıştır.

Oluşan deprem etkisinin barajlar ve içme suyu yapılarının üzerinde oluşturacağı hasarların tespiti önem arz etmektedir. Bu nedenle risk analizleri yapıp gerekli önlemler alınmalıdır.

Tarih boyunca insanoğlunun suya olan gereksinimi onu suyun biriktirilmesine zorlamıştır. Başlangıçta taşkınlardan korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için inşa edilen barajlar, 1900 'lü yıllardan sonra özellikle hızlı nüfus artışı, teknolojik ve kültürel gelişmelere koşut olarak artan enerji gereksinimini karşılamak için elektrik enerjisi üretmek üzere tasarlanmaya başlanmıştır.

Barajlar gövde yapısına göre iki ana grupta incelenir. Bunlar;

### **Beton Barajlar**

Beton Ağırlık Barajlar,

Beton Kemer Barajlar,

Payandalı Beton Barajlar,

### **Dolgu Barajlar**

Kaya Dolgu Barajlar,

Toprak Dolgu Barajlar,

## **YÖNTEM**

### **Baraj Yeri Risk Yöntemleri**

#### **ICOLD Yöntemi**

Barajın toplam risk faktörünü belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri, ICOLD (1989) tarafından önerilmiştir. Sismik tehlike oranı ile yapının potansiyel risk oranını ayrı ayrı değerlendiren bu yöntemde, baraj yeri sismik tehlikesi maksimum yer ivmesine bağlı olarak değerlendirilmektedir. Baraj yapısının potansiyel riski ise rezervuar kapasitesi, baraj yüksekliği, tahliye gereksinimi ve potansiyel mansap hasarına göre belirlenmekte olup detaylı bilgi aşağıda sunulmaktadır.

**Tablo 1.** Baraj tipine bağlı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranı (ICOLD, 1989)

Zemin Şartları	Tehlike Sınıfı (Tehlike Oranı)
PGA < 0.10g *	I (Düşük)
0.10g < PGA < 0.25g	II (Orta)
PGA > 0.25g Baraj yerinin 10 km yakında aktif fay yok	III (Yüksek)
PGA >0.25g Baraj yerine 10 km'den daha yakın aktif fay var	IV (Çok yüksek)

(\* ) PGA : En büyük yer ivmesi

“I. Tehlike Sınıfı” içindeki sahalar için en basit analiz yöntemleri kabul edilmelidir. Deneyimlere göre bu tehlike sınıfındaki çoğu baraj, MDE koşulunda hasar görmeyecektir. Eğer barajın MDE’ ye göre tahkiki yapılırsa, OBE veya RIE’den herhangi birisinin dikkate alınması gerekmeyebilir.

“II. Tehlike Sınıfı” içindeki alanlar için sismik değerlendirme parametreleri; barajın tipine, risk oranına ve muhtemel göçme biçimine veya biçimlerine bağlı olarak pik yer hareketi değerleri, respons spektrum veya ivme-zaman tarihçesiyle tanımlanabilir ve OBE’nin dikkate alınması gerekli değildir. Bu barajlar çok küçük hasarlarla MDE’e direnç gösterebilecek kapasitede olmalıdır.

“III. Tehlike Sınıfı” içinde yer alan alanlar için sismik değerlendirme parametreleri; respons spektrum bazı beton barajların veya baraja yakın yapıların değerlendirilmesi için yeterli olmasına rağmen, tercihen ivme-zaman tarihçeleri ile sınırlandırılır. MDE, OBE veya RIE’in ayrı olarak dikkate alınması çoğunlukla gerekmektedir.

“IV. Tehlike Sınıfı” içinde yer alan alanlar için ivme-zaman tarihçelerinin kullanılması, faya bağlı hareketin temsil edilmesi ve potansiyel kritik temel koşullarının dikkate alınması zorunludur.

### Bureau Yöntemi

Baraj güvenliğinin sorgulandığı bu yöntemde, baraj tipi, yüksekliği, rezervuar kapasitesi, mansap risk faktörü ve sismik hassasiyet ayrı ayrı değerlendirilmekte ve bu verilere bağlı olarak toplam risk faktörü tanımlanmaktadır (Bureau and Ballantine, 2002). Yapısal etki, üç ayrı faktörün toplamı şeklinde ifade edilmektedir. Bureau (2003), mansap tehlike faktörünün belirlenmesi için basit bir sınıflama kartı, sismik hassasiyet için ise baraj tipine bağlı bir değerlendirme şekli önermiştir.

**Tablo 2.** Baraj risk sınıfı tanımlamaları (Bureau, 2003)

Toplam risk faktörü (TRF)	Risk Sınıfı
(2 –25)	I (Düşük)
(25-125)	II (Orta)
(125-250)	III (Yüksek)
>250	IV (Çok yüksek)

## BULGULAR

### Çat BARAJI

**Tablo 3.** Çat Barajının özellikleri

Özellikler	Değerler
Havza	Fırat
Nehir	Abdülharap
Amaç	Sulama
Yapım Süreci	1985-1996
Set Tipi	Merkezi kil çekirdekli kaya dolgu
Dolum Hacmi	2 475 000 m <sup>3</sup>
Dere Yatağından Yüksekliği	78 m
Rezervuar Hacmi	240,0 hm <sup>3</sup>
Rezervuar Alanı	14,30 km <sup>2</sup>
Fayda/Sulama	22.091 ha

Depremin etkisiyle baraj dolgusunun birleşim yerinde ayrılmalar gözlenmiş ve dolu savak betonunda farklı oturmalar tespit edilmiştir. Dolu savak yapısı-ankreman birleşimi kısmında mansap eğiminin yakınında 40 cm'ye kadar varan farklı oturmalar tespit edilmiştir. (Şekil 1-3)

Son depremler nedeniyle toprak-kaya dolgusunda çatlaklar oluşmuş, bina derzlerinde ayrılmalar meydana gelmiş ve bazı bölgelerde kayma düzlemleri gelişmiştir. Buna ek olarak, özellikle dolu savak alanında kaya düşmeleri gözlenmiştir. Baraj gövdesinde hem yukarı hem de aşağı yönde çatlaklar gözlenmiştir. Dolgu kretinde görülen çatlaklar 25-30 cm'ye varan ayrılmalar şeklindedir ve yüzeysel incelemelerde bu ayrılmalar 30 cm'ye ulaşmıştır. Dolgunun bazı kısımlarında dönel kayma düzlemi boyunca hareket gözlemlenmiştir. (Şekil 1)



Şekil 1. Çat Barajı kretinde kayma yüzeyi boyunca gözlenen hareketler



Şekil 2. Dolgunun birleştiği yerde oluşan farklı oturma

Çat baraj yeri için güncel veriler dikkate alınarak sismik tehlike analizi yapılmıştır. Bu analizlerde, en büyük yer ivmesi değeri aşağıda özetlendiği gibi elde edilmiştir. Çat baraj yeri için probabilistik esasta

yapılan sismik tehlike analizi sonuçları da aşağıda sunulmaktadır. Analizlerde baraj yeri temel malzemesinin (üst 30 m) kayma dalga hızı, 750 m/s alınmıştır.

PGA (% 50 aşılma olasılığı) : 0.471g

PGA (% 84 aşılma olasılığı) : 0.762g

OBE: 0.322g MDE: 0.434g SEE:604g

Bu verilere dayanılarak aşağıda gösterilen iki yönteme göre risk analizi yapılmıştır.

ICOLD yöntemine Risk Faktörü 36 (Risk Sınıfı: IV) ve Risk Oranı“Çok Yüksek”;

BUREAU yöntemine göre ise Toplam Risk Faktörü 238.7 (Risk Sınıfı:III) RiskOranı “Yüksek”

Belirlenen risk analizinde, sismik tehlike sınıfı **IV** ve sismik tehlike oranı“**Çok Yüksek**” belirlenmiştir.

Yerleşim yerlerine içme ve kullanma suyunun temininden sorumlu kuruluş olan Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmaya göre deprem bölgesinde 169 km uzunluğundaki içme suyu isale hattı, 135.000 m<sup>3</sup> /gün kapasiteli içme suyu arıtma tesisi, 10.000 m<sup>3</sup> depolama hacmine sahip su deposu hasar görmüştür.



**Şekil 3.** Çelikhán-Adıyaman yolu üzerinde su borusunda gözlenen 3 metre sol yanál ötelenme

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan araştırma ve değerlendirmelerde bölgede yer alan barajların bir bölümü hasar almış ve bazılarında da kısmi çatlaklar oluşmuştur. Tüm değerlendirmeler sonucunda; bölgedeki barajlarımız ve içme suyu hatları için aşağıdaki önlemlerin alınması uygun olur.

- Bölgede yer alan ve hasar gören barajlar dikkatle takip edilmeli, dolgunun stabilitesi ile ilgili gözlem ve ölçümler yapılmalı, özellikle deprem sonrası sızma oluşmuş ise sızan suyun miktarı ile ilgili gözlem ve ölçümler yapılmalı ve sızan suyun yükü ile ilgili (bulanıklık durumu, askıdaki madde miktarı gibi) gözlemler yapılmalı ve kayıtlar gerçekleştirilmelidir. Özellikle su kaçak yollarında oluşan erozyon paterni izlenmeli ve bu esasta işletme programı düzenlenmelidir.
- Bölgede yer alan ve değişik seviyede hasar alan dolgu barajlarda hasarlar, genelde krette büyük çekme çatlakları, kayma yüzeyleri, yanal ayrılmalar ve farklı oturmalar şeklinde görülmektedir. Önümüzdeki dönemde olması beklenen yoğun yağışların bu hasarların gelişmesine neden olması kuvvetle muhtemeldir. Bu nedenle hasar gören tüm barajlarımızın kretinde, dolgunun yağıştan etkilenmemesi için gerekli yüzey koruması ilgili önlemlerin alınması uygun olur. Aksi halde baraj dolgusunu toplam göçmeye götüren sonuçlarla karşılaşmak söz konusu olabilir.
- Bölgede Sultansuyu, Kartalkaya, Sürgü, Çat, Arıklıkaş, Kalecik, Yarseli ve Reyhanlı barajları, ağır hasarlıdır. Ancak bu yapılarının tamamının dolgu tipinde olması ve yardımcı yapılarında (doluşavak, tipavak, su alma yapısı gibi) hasarın oluşmaması, ilgili yapıların kolay ve düşük maliyetle tamir edilebileceğini göstermektedir.
- Toprak ve toprak-kaya dolgu barajlarda deprem nedeniyle ortaya çıkacak enerji, üniforma yakın bir seviyede soğurulabilmekte ve zonlar arası enerji transferi de büyük yer değiştirmeler olmaksızın, sağlanabilmektedir. Ancak önyüzü beton kaplı kaya ve kum-çakıl barajlarda, farklı rijite nedeniyle zonlar içinde farklı yer değiştirmeler olabilmektedir. Bu durumda, önyüz plak performansını etkileyen sonuçlar oluşabilmektedir. Bölgede özellikle bu barajlarda dikkatli davranılmalı, özellikle derzlerin davranışı sık ve sistematik gözlemlerle takip edilmelidir. Toprak dolgu barajlarda geçirimsiz zon malzemesi kendi kendini tamir (self-repairing process) ederken, önyüzü beton kaplı barajlarda derzlerden oluşan su plaklarında ise zamanla gelişen göçme (proceeding failure) işlemi oluşabilmektedir.

- İçme suyu ve kanalizasyon altyapı işlerinde kullanılan boruların ve bağlantı yerlerinin esneklik kriterlerinin depreme dayanacak şekilde artırılması, kontrolörlük hizmetlerinde etkinliğin artırılması,
- Afet ve kriz anlarında içme suyunun hangi kaynaktan temin edileceğine dair yerleşim bazında planlama yapılması,
- Normal şartlarda ve afet anında yeraltı suyunun kirlenmesini önlemek için kanalizasyon şebekelerindeki sızıntıların izlenmesi ve önlem alınması,
- Deprem bölgelerindeki altyapıda kullanılacak malzemelerin depreme dayanımı yüksek malzemelerden oluşması gerekmektedir. Depreme dayanıklı boru malzemeleri olarak; mukavemetli sfero döküm borular (ERDIP), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borular, özel tasarım kaynaklı çelik borular, depreme dayanıklı düktil döküm borular tercih edilmesi. Büyük yer değiştirme emilimi olan ERDIP borularının ve LDAPS ünitelerinden oluşan boru hattı sistemlerinin, özellikle büyük yer değiştirme potansiyeli olan alanlarda tercih edilmesi.
- Körük tipi genişleme derzleri, GX tipi derzler gibi esnek derz sistemlerinin kullanılması
- Sismik esnek boru sistemleri için standart oluşturulması.
- Deprem bölgelerinde su şebekeleri tasarlanırken deprem anında yaşanacak ek su ihtiyacı göz önünde bulundurularak ilave su temin noktalarının oluşturulması, daha geniş boruların kullanımı gibi önlemlerin alınması.
- Deprem bölgelerinde deprem öncesi, deprem sonrası ve yeniden inşa süreçlerine dair ayrıntılı planları içerecek şekilde depreme dayanıklı altyapı tasarım prosedürünün oluşturulması.
- Deprem bölgelerine inşa edilecek altyapının güvenliğinde sıvılaşmanın kritik rol oynaması dolayısıyla altyapı tasarım ve inşasında zemin özelliklerinin dikkate alınması.
- Ülke genelinde şebeke ve atıksu altyapısının yapısal bütünlüklerinin tespit edilmesi, deprem durumunda oluşacak stres koşulları altında altyapıda meydana gelecek deformasyonlara yönelik ön çalışmaların yapılması ve gerekli bakım-onarımların sağlanmasıdır.

## KAYNAKÇA

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, (2023). <https://deprem.afad.gov.tr>
- Akbarov S. D., Ipek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinde. *CMC-Computers Materials Continua*, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099
- Akbarov S. D., Ipek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. *Mechanics of Composite Materials*, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4
- Akbarov S. D., Negin M., Ipek C., Effect of Imperfect Contact on the Dispersion of Generalized Rayleigh Waves in a System Consisting of a Prestressed Layer and a Prestressed Half Plane. *Mechanics of Composite Materials*, 51(3), 397-404.,2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9510-y
- Altinok Y., Alpar B., Özer N., Aykurt H. (2011) Revision of the tsunami catalogue affecting Turkish coasts and surrounding regions. *Natural Hazards and Earth System Sciences-Scimago*, 11(2011), 273-291
- Makaracı, M., Ipek, C., 2015."Analysis of Stresses of The Buried Pipeline as Results of Earthquake Effect" 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey
- Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaidh, Mairead Nic; Mccloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," *Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No. 3, Article 7.* <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1847>.
- ICOLD, 2010, Selecting seismic parameters for large dams. Guidelines, Revision of Bulletin 72, Committee on Seismic Aspects of Dam Design, International Commis- sion on large Dams, Paris,
- Ipek C., The dispersion of the flexural waves in a compound hollow cylinder under imperfect contact between layers. *Structural Engineering and Mechanics*, 55(2), 335-348., 2015, Doi: 10.12989/sem.2015.55.2.335
- Tosun H. Depremler ve barajlar.İçinde: Mustafa A, editör. DepremMühendisliği-Mühendislik SismolojisindenMühendislik Yapılarının OptimumSismik Tasarımına. Londra, Birleşik Krallık:IntechOpen; 2015. DOI: 10.5772/59372
- Tosun, H., 2002, Earthquake-Resistant Design for Embankment Dams. Publication of General Directorate of State Hydraulic Works, Ankara. 208 pp. (in Turkish).
- Tosun, H. (2002) "Dolgu Baraj Depremselliği ve Tasarım Esasları" DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları,Ankara,202s.[https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=O9BNgJkAAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=O9BNgJkAAAAJ:5UI4iDaHHb8C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=O9BNgJkAAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=pubdate&citation_for_view=O9BNgJkAAAAJ:5UI4iDaHHb8C)
- Uckan E., Akbas B., Kaya E. S., Cakır F., Ipek C., Makaracı M., Ataoglu S., Design issues of buried pipelines at permanent ground deformation zones, *Disaster Science and Engineering*, 2 (2), 53-58, 2016.
- Utkucu, M., Uzunca, F., Durmuş, H. et al. The Mw = 5.8 2019 Silivri earthquake, NW Türkiye: is it a warning beacon for a big one?. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 113, 107–124 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00531-023-02359-6>
- Wieland, M., 2014, Seismic hazard and seismic design and safety aspects of large dam projects. Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismol- ogy, Istanbul, Aug. 25-29, 2014

## Rüzgar Türbinlerinin Sismik Yük Altında Davranışının İncelenmesi

Resul KONUKCU<sup>1</sup>, Ceren GÖKMEN<sup>2</sup>, Cengiz İPEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>E-mail:resulknk57@gmail.com; İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimler Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail:gokmenceren715@gmail.com; İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimler Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr; İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimler Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

---

### Özet

Yenilenebilir enerji kaynaklarının, dünya nüfusunun hızla artması ve hali hazırda kullanılan enerji kaynaklarının yetersizliğiyle birlikte günümüzdeki önemi artmıştır. Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji üretiminde önde gelen bir kaynaktır. Rüzgar türbinlerinin farklı konumlarda kurulabilir olması, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi sektöründe büyüme potansiyelini artırır. Ülkemizde rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi 2024 Aralık verilerine göre kurulu türbin sayısı 4198'e yükselerek rüzgâr enerjisi kurulum gücü 11944 MW seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'deki rüzgâr enerjisi potansiyeli, genellikle deprem riski taşıyan bölgelerde bulunur. Bu nedenle, rüzgâr türbinlerinin depreme dayanıklı şekilde tasarlanması önemlidir. Bu çalışmada Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) tarafından tasarımı yapılan 5 MW enerji üretim kapasitesine sahip yatay eksenli karasal rüzgâr türbini örnek alınarak bir modelleme yapılmıştır. Model tasarımında yaklaşım olarak rüzgâr türbinleri çubuk eleman olarak tanımlanarak modellemenin yeterliliği çelik kule türbinler ile de mukayese edilecektir. Tasarımda, ülkemizde meydana gelen ve ülkemizi derinden etkileyen 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli depremlerin sismik verileri kullanılarak modele etki ettirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik kule, Kahramanmaraş depremleri, Rüzgar türbini, Sismik analiz.

---

### Abstract

The importance of renewable energy sources has increased in today's world due to rapid population growth and the inadequacy of current energy resources. Wind energy stands out as a leading source of renewable energy production. The ability to install wind turbines in different locations enhances Turkey's growth potential in the wind energy sector. In our country, electricity generation from wind energy has reached a capacity of 11,944 MW by December 2024, with the number of installed turbines rising to 4,198. Turkey's wind energy potential is mainly found in regions prone to earthquakes, emphasizing the importance of designing wind turbines to withstand seismic activity. This study involves modeling based on a 5 MW horizontal axis onshore wind turbine designed by the National Renewable Energy Laboratory (NREL). Wind turbines are defined as beam elements in the modeling approach, and their adequacy is compared with steel tower turbines. The seismic data from the February 6, 2023 earthquake centered in Kahramanmaraş, which deeply affected our country, were incorporated into the model design.

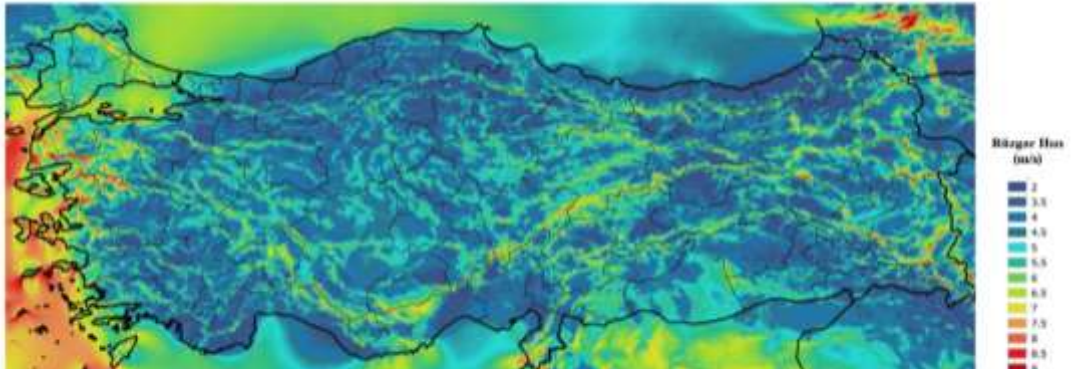
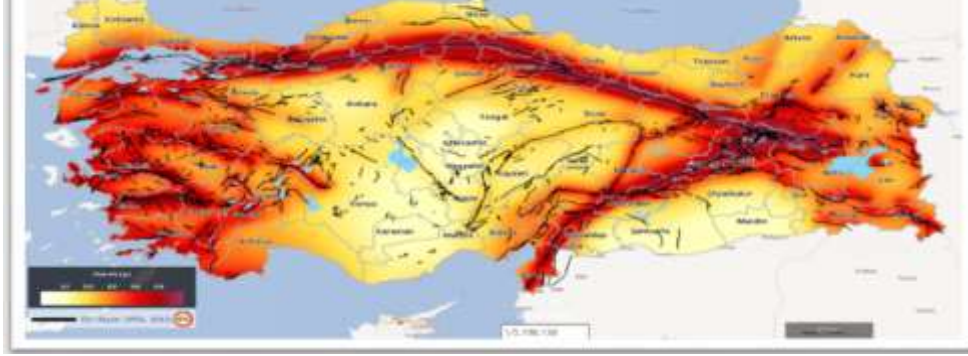
**Keywords:** Steel tower, Kahramanmaraş earthquakes, Wind turbine, Seismic analysis.

---

## GİRİŞ

Teknolojideki gelişmeler, sanayileşme, kentleşmenin günden güne artması ve dünya nüfusundaki hızlı artış enerji ihtiyacını arttırmaktadır. İnsanlık, sanayi devriminin başlangıcından günümüze uzanan zaman dilimindeki muazzam boyutlara ulaşan ekonomik büyüme ve kalkınmaya dayalı refah gelişimini fosil enerji kaynaklarına borçlu durumdadır. Bu süreçte insanoğlu bütün ekonomik sektörler için gereksinim duyduğu enerjinin neredeyse tamamını fosil enerji kaynaklarından elde etme yoluna gitmiştir (Topuz ve diğ., 2016). Küresel bağlamda günümüzde enerji ihtiyacının %80’lik kısmı halen fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının bu denli aşırı kullanımı yeni bir sorunu da beraberinde getirmiştir. Atmosferde antropojen kaynaklı sera gazı birikimi 1750 yılından beri sürekli olarak artış göstermektedir. Atmosferdeki sera gazı emisyonlarında insan kaynaklı bu artışın devam etmesi durumunda yerkürenin uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zaafa uğratarak, ısınma eğiliminin oluşmasına yol açacaktır (Türkeş ve diğ., 2000). Fosil yakıtların kullanımı karbondioksit salınımını arttırmakla birlikte karbon ayak izi oranının her geçen gün yükselmesine sebebiyet vermektedir. Fosil yakıt kullanımının çevreye verdiği zararlardan ötürü günümüzde artık enerji ihtiyacı temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en hızlı büyümeyi göstererek Dünya enerji pastasında kendine önemli bir yer edinmiştir (Lewin, 2010).Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı(The International Renewable Energy Agency:IRENA) 2021 yıl sonu verilerine göre rüzgâr santrali kurulu güç kapasitesi açısından megavat(MW) değeri olarak dünya da Çin, Amerika ve Almanya bu alanda öncü ülkelerdendir. Türkiye bu alanda gelişmekte olan ülkeler arasındadır. Avrupa’da 7’nci, Dünyada ise 13’üncü sırada bulunmaktadır. Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretimi her geçen yıl hızlı bir şekilde artmaktadır. Türkiye sismik aktivitesi ve rüzgâr potansiyeli yüksek coğrafyaya sahip ülkelerdendir. Şekil 1 de Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli haritası, Şekil 2 de Türkiye deprem tehlike haritası sunulmuştur. Rüzgâr enerji potansiyeli haritasına bakıldığında, rüzgâr enerjisi üretimi için elverişli bölgelerde deprem faaliyetlerinin fazla olduğu görülmektedir. Bu iki haritanın beraber kullanılması rüzgâr türbininin konumlandırılmasında önemli bir kaynaktır. Bu bölgelerde yapılması planlanan üretim tesislerinin deprem etkileri dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir. Enerji üretim tesislerinin depremlerden hemen sonra yapım gerekliliklerini yerine getirmesi ve enerji üretimine devam etmesi gerekir. Deprem riski yüksek bölgelerde rüzgâr türbinlerinin sismik etkilere dayanıklı bir şekilde tasarlanması sürdürülebilir rüzgar enerjisi üretimine katkı sağlamaktadır. Depremde hareketleri ve yüzey dalgaların etkisi(Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015, Nalbant ve diğ. 2023, Utkucu ve diğ. 2024) altyapı ile ilgili oluşan tahribatlar(Uçkan ve diğ., 2015, Makaracı ve İpek 2015)yapılar üzerinde yıkıcı hasarlar meydana getirmektedir.

Şekil 1. Türkiye Rüzgar Enerji Potansiyeli Haritası



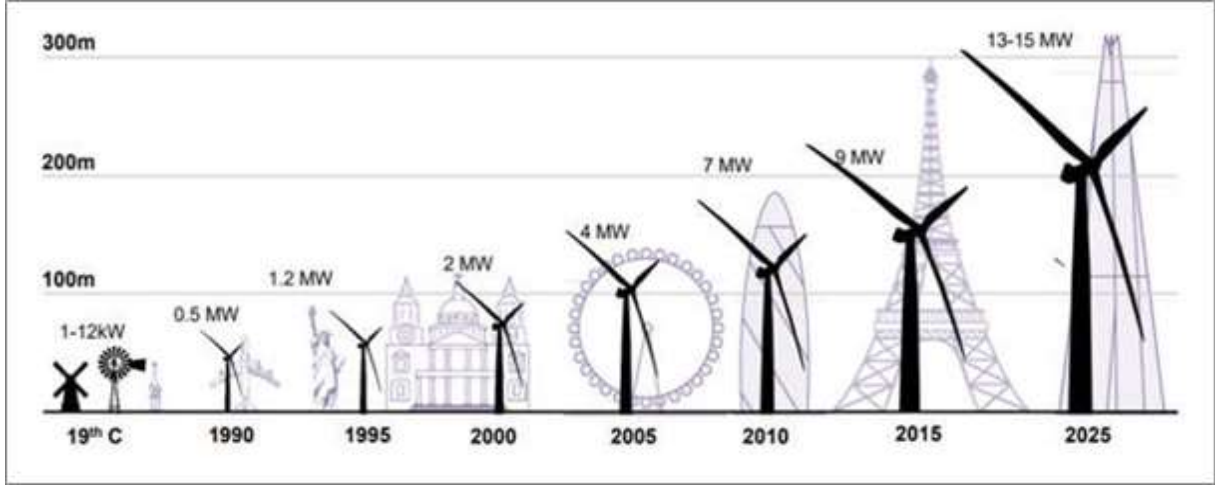
Şekil 2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Bu

araştırma makalesinin çalışma kapsamında öncelikle literatür taraması yapılarak, çalışma için gerekli olan altyapı oluşturulmuştur. Bu çalışmada rüzgâr türbininin gövde yapısını yaklaşık olarak ifade edecek bir model tasarlanarak gerekli kuvvetler etkisinde analiz çalışması yapılmıştır. Analiz sonucu sismik etkilerin yapıdaki tepkisini verir.

### Rüzgar Enerjisinin Gelişimi

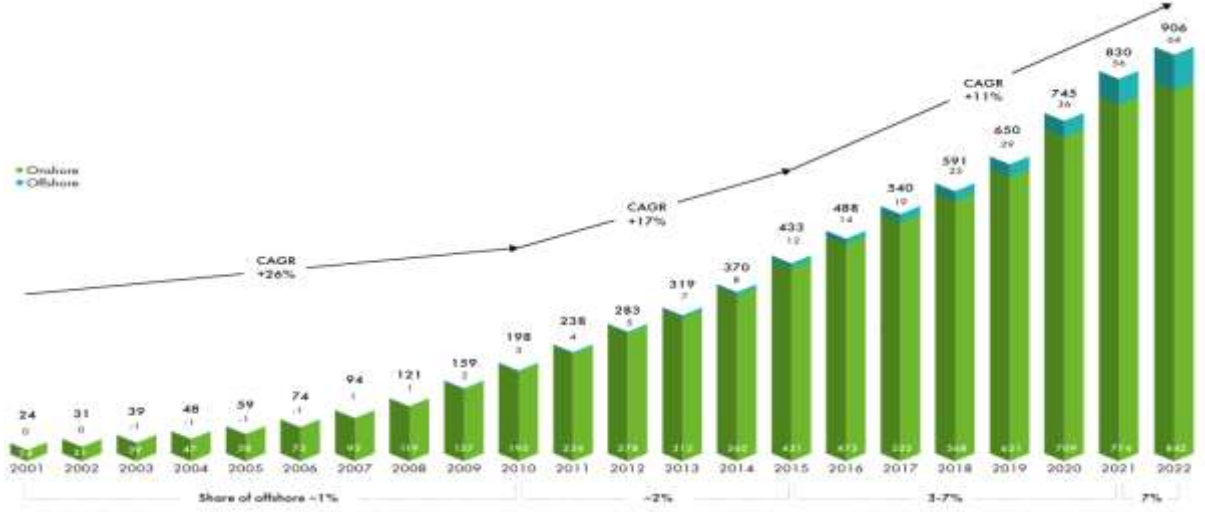
Günümüzde farklı türde rüzgar türbinlerinin kullanılmasıyla birlikte enerji üretim kapasitesi artmıştır. Kullanılan malzeme kalitesinin ve çelik sanayisinin gelişimi ile birlikte yüksek dayanıma sahip türbin elemanları üretilmiştir. Dayanımı fazla kulelerin üretilmesi daha yüksek rüzgar hızlarının enerji üretiminde kullanımını sağlamaktadır. Bununla eş zamanlı olarak pervane çaplarının artması daha fazla rüzgar alanından yararlanılmasını sağlar.



Şekil 3. Rüzgar Türbinlerinin Boyutsal Gelişimi

Yukarıda Şekil 3 te rüzgâr türbinlerinin zamana bağlı olarak boyutlarının ve kapasitesinin artışı verilmiştir. Tahmini olarak 2025 yılında kapasitesinin 13-15 MW arasında olması beklenmektedir.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı IRENA'nın 2023 yıl sonu rakamlarına göre; rüzgâr santrali kurulu güç kapasitesi bakımından toplam megavat (MW) değeri olarak dünyanın en önde gelen ülkelerini Çin, ABD ve Almanya oluşturuyor. Bu ülkeleri de sırasıyla Hindistan, İspanya ve Birleşik Krallık, Brezilya, Fransa, Kanada ve İsveç takip ediyor. Dünya'da kurulu rüzgâr enerjisi gücünün yıllara göre dağılımı ve artışı Şekil 4 deki gibidir.



**Şekil 4.** Rüzgâr Enerjisi Kurulu Güç Kapasitesi(GWEC-2023)

Türkiye rüzgâr potansiyeli olarak oldukça verimli ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'nin özellikle Ege ve Marmara bölgelerinin sahip olduğu hızlı ve yüksek rüzgâr rejimleri bu bölgelerde rüzgâr enerjisi yatırımlarının artmasına yol açmıştır. Türkiye'de ilk defa rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi 1986 yılında İzmir'in Çeşme ilçesi Altın Yunus Tesisleri'nde kurulan 55 kW elektrik üreten rüzgâr türbininden elde edildi. Uluslararası alanda ilk olarak, 1998 yılında Çeşme'de kurulan rüzgâr türbininde elektrik üretildi. Türkiye'nin rüzgâr enerji sistemlerinin gelişimi incelendiği zaman her yıl artan bir kapasite ile karşılaşılır. 2006'da 51 MW iken 2011 yılında 1.805,85 MW'a yükselmiştir. Kurulum gücü bu şekilde yükselerek 2015 yılının sonunda 4.718,30 MW'a kadar çıkmıştır. 2024 Aralık ayı verilerine göre 4198 adet kurulu türbin sayısı ile 11944 MW toplam kurulu güce ulaşılmış ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi oranı %11,11 seviyesindedir.

## YÖNTEM

Rüzgâr türbinlerinin tasarımın da birçok yöntem kullanılmaktadır. Tasarımın ve modellemenin yapılmasında tercih edilecek yöntemi kulenin yapıldığı malzeme ve kule tipi belirlemektedir. Modellemesi yapılan rüzgâr türbini çelik malzemeden oluşmakla birlikte silindirik yapıdadır. Rüzgâr türbinlerinin depreme karşı dayanıklılığını ve güvenliğini sağlamak için çeşitli analiz yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler, türbinlerin dinamik davranışlarını, titreşimlerini ve yapısal bütünlüklerini inceleyerek olası bir deprem durumunda güvenli bir şekilde çalışmaya devam etmelerini sağlar. Rüzgâr türbinlerinin depreme karşı analizinde kullanılan başlıca yöntemler: Modal Analiz, Spektrum Analizi, Zaman Tanım Alanında Analiz, Statik Eşdeğer Deprem Yüğü Analizi, Dinamik Analiz, Sonlu Elemanlar Analizi, Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi ve Performans Bazlı Tasarım Yöntemleri olarak sıralanabilir

Türbinin deprem performansını ve tasarım hedeflerini belirlemek için kullanılır. Bu yöntem, belirli bir deprem senaryosunda türbinin işlevselliğini sürdürüp sürdüremeyeceğini değerlendirir. Bu analiz yöntemleri, rüzgâr türbinlerinin depreme karşı güvenli ve dayanıklı bir şekilde tasarlanmasını sağlamak için kullanılır. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve uygulama alanları vardır ve genellikle birden fazla yöntem birlikte kullanılarak daha kapsamlı bir analiz gerçekleştirilir. Bu çalışmada yöntemlerden

analizi Modal analiz ve Spektrum analizi kullanılmıştır. Silindirik olarak tasarlanan kulenin SAP2000 programında çubuk eleman olarak modellenmesi yapılarak analiz yapılmıştır. Kahramanmaraş depremlerin de oluşan ivme kayıtları dikkate alınarak modele etki ettirilmiştir.

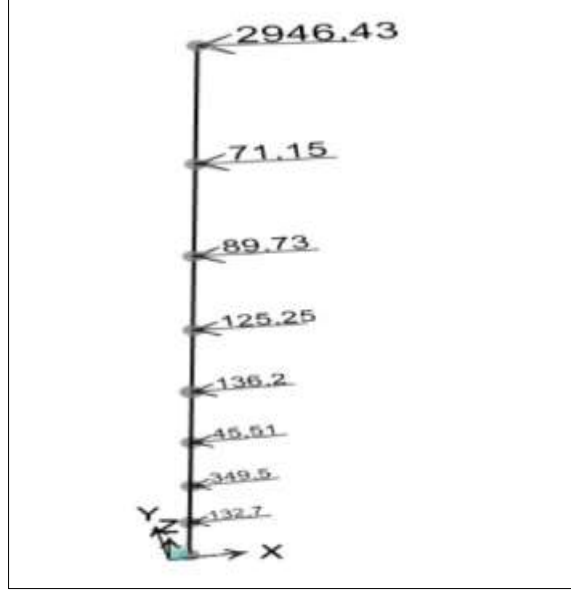
## BULGULAR

### Rüzgâr Türbini Çelik Kule Analizi

Rüzgâr türbinlerinde, kuleler pervane, nasel, rotor ve jeneratör gibi türbin bileşenlerini taşımaktadır. Rüzgâr enerjisinden daha fazla verim elde edebilmek için kulenin yüksek olması avantaj sağlamaktadır. Kule tasarımları kafes ya da dairesel olarak tasarlanabilir. Dairesel kulelerde bulunan bir iç merdiven sayesinde türbinlere güvenli bir şekilde ulaşılmaktadır. Kafes kulelerin ek bir avantajı ise maliyetlerinin düşük olmasıdır. Bu çalışmada 5MW rüzgâr enerjisi üretim kapasitesine sahip bir rüzgâr türbini dikkate alınmıştır. Bu türbinin rotor göbek çapı 126 m, göbek yüksekliği 90 m, rotor kütlesi 110 kg, nasel kütlesi 240 kg ve kule kütlesi 347.5 kg'dır. Kule taban çapı 6 m olarak alınmıştır. Kule özellikleri ile ilgili bilgiler Şekil 5 te verilmiştir. Tasarımı yapılan kule 8 farklı noktadan eş parçaya bölünerek modelleme yapılmıştır. Rüzgâr yükleri çubuk eleman olarak tasarlanan modele eksnel olarak etki ettirilmiştir. Şekil 6 da rüzgâr yüklemeleri gösterilmiştir.

5MW RÜZGAR TÜRBİNİ	
Rotor Yönelimi	Upwind
Rotor Konfigürasyonu	3 bıçaklı,61.5 metre
Rotor Göbek Çapı	126m,3m
Göbek Yüksekliği	90m
Kesme	3m/s
Rotor Kütlesi	110 kg
Nasel Kütlesi	240 kg
Kule Kütlesi	347,460 kg
Kule Taban Çapı	6m
Tepe Noktası Kesit Çapı	3,87m

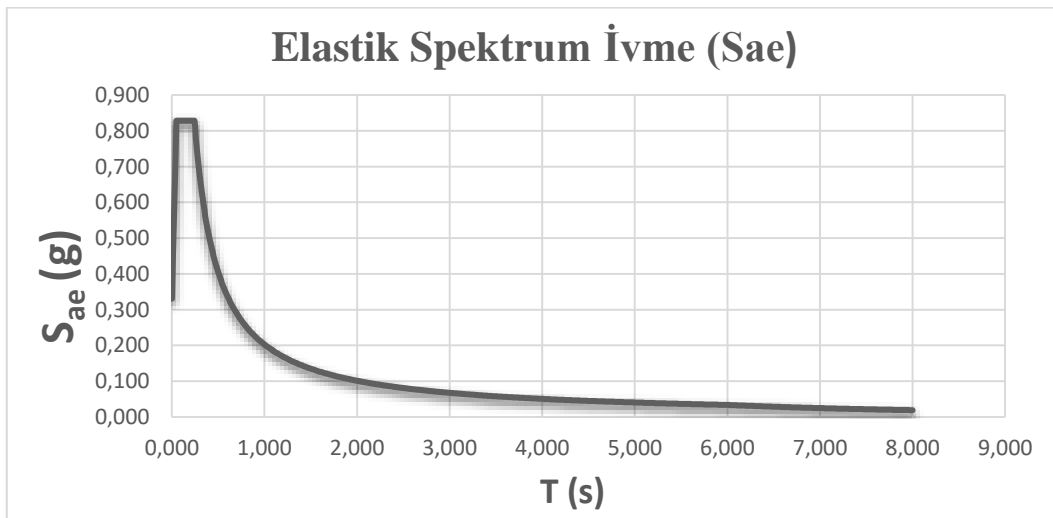
Şekil 5. Rüzgâr Türbini Özellikleri



Şekil 6. Rüzgar Yüklerinin Etki Ettirilmesi(kN)

### Tasarım Yatay Elastik Spektrumun Belirlenmesi

Deprem etkilerinin tasarımı yapılan modele etki ettirilmesi için Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen Hatay'ın Samandağ ilçesinde yer alan rüzgâr türbinlerinin konumuna göre yatay ve düşey elastik tasarım spektral ivmesi değerleri AFAD'ın deprem tehlike haritasından yararlanılarak belirlenmiştir. Modele deprem etkileri SAP2000 programında bu değerler kullanılarak response spektrumu oluşturularak modelde deprem analizi yapılmıştır. Oluşturulan modelin periyotları ve deprem etkisi altında ki deplasmanlar belirlenmiştir. Spektrum eğrisi Şekil 7 de verilmiştir.



Şekil 7. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Önceki çalışmalarda yapılan çelik kule analizi sonuçları ile çubuk eleman olarak tasarımı yapılan rüzgâr türbini deprem analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesi aşamasında bu tarz tasarımların çelik kule tasarımlarına yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Mamafih gerçeğe yakın tasarımların ve modellemelerin oluşabilmesi için farklı modelleme yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Tasarımda rüzgâr türbinlerinin temel kısımları birebir tanımlanamadığı için temel analizleri yapılamamıştır. Yapılan çalışmada analiz sonucu elde edilen açılal frekans, periyot ve frekans değerleri mod merteye sayısı farklı çıkmasına rağmen her iki analiz sonrasında da bazı modlarda birbirine çok yakın çıkmıştır.

Mode No	Açılal frekans (rad/s)	Frekans (Hz)	Periyot (s)
1	1.602	0.2549	3.923
2	1.602	0.2549	3.923
3	39.35	6.263	0.1597
4	57.43	9.141	0.1094
5	107.9	17.17	0.05824
6	107.9	17.17	0.05824

Şekil 8. Analiz Sonuçları

MODE	AÇISAL FREKANS(rad/sn)	PERİYOT(T)	FREKANS(hertz)
1	54,2	0,116	8,62
2	53,84	0,1167	8,57
3	157,1	0,04	25

Şekil 9. Çubuk Elemanının Analiz Sonuçları

Şekil 8 de verilen analiz sonuçlarında yer alan 4-5-6 modları ile Şekil 9 da verilen çubuk elemanının analiz sonuçlarında yer alan 1-2-3 modlarındaki değerlere yakındır. Son yıllarda Türkiye'de yaşanan depremler ve büyük ölçekte zarar veren Kahramanmaraş depremleri, Deprem Mühendisliği alanının önemini arttırmıştır. Depreme dayanıklı yapılar inşa etmek için bu yapıların deprem koşullarında nasıl davrandığının anlaşılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artması rüzgâr enerjisinin hem dünyada hem de ülkemizde kullanımı yaygınlaştırmıştır. Yaygınlaşan rüzgâr türbinlerinin sağlıklı bir şekilde enerji üretimine devam edebilmesi için deprem dayanımlarının ve deprem etkilerindeki davranışlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada rüzgâr türbinlerinin çubuk

eleman olarak tasarlanması bu tasarımın deprem davranışının belirlenmesi amacıyla statik itme analizi ve zaman tanım alanında dinamik analiz yapılmıştır. Kahramanmaraş merkezli depremleri ivme kayıtları kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda rüzgâr türbinlerinin çubuk eleman olarak tasarlanması, rüzgâr türbinlerinin sismik etkiler altındaki davranışını tamamen ifade edememektedir. Farklı tasarım modellerinin kullanılması tercih edilmelidir. Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremlerde rüzgâr türbinlerinin zarar görmediği fakat aktarım hatlarının ve enerji depolama tesislerinin zarar gördüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle rüzgâr türbinlerinin deprem etkilerine karşı tasarımının yanı sıra aktarım hatlarının ve enerji depolama tesislerinin deprem etkilerine karşı dayanıklı tasarımı yapılmalıdır.

### KAYNAKÇA

Akbarov S. D., Ipek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinde. CMC-Computers Materials Continua, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099

Akbarov S. D., Ipek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. Mechanics of Composite Materials, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4

Akbarov S. D., Negin M., Ipek C., Effect of Imperfect Contact on the Dispersion of Generalized Rayleigh Waves in a System Consisting of a Prestressed Layer and a Prestressed Half Plane. Mechanics of Composite Materials, 51(3), 397-404.,2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9510-y

FEMA 356., 2000, Federal Emegency Management Agency, CA, USA Haktanır, D., 2004, Hava kirlenmesini önleyebilecek yenilenebilir enerjilerle yakıt hücreleri

Hau, E. (2006). Wind Turbines - Fundamentals, Technologies, Application, Economics, New York, NY: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Korkmaz K. A., Çarhoğlu A.I., Kural M.E.,(2008).Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgâr Türbinlerinin Davranışlarının Deprem Etkisi Altında İncelenmesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi yıl:7 sayı:14

Lewin, T, J. (2010). An investigation of design alternatives for 328-ft (100-m) tall wind turbine towers. Yüksek lisans tezi, Iowa State University, Iowa, USA.

Makaracı, M., Ipek, C., 2015."Analysis of Stresses of The Buried Pipeline as Results of Earthquake Effect" 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey

Manwel, J.F., MCGowan, J.G. ve Rogers, A. L. (2009). Wind Energy Explained Theory, Design and Application Secon Edition. John Wiley & Sons, Ltd.U.K.



Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaıdh, Mairead Nı; Mccloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No. 3, Article 7. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1847>.

SAP2000, Computers and Structures Inc.. Integrated finite element analysis and design of structures. Version 7.44, Berkeley, California, 2023.

Topuz, H., Yılmaz, H., & Ersoy, H. A. (2016). Küresel Enerji Lojistiği Bağlamında Türkiye'nin Merkez Ülke Olma Arayışı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açılımında Fosil Enerji Saplattısı. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi(CİEP Özel Sayısı), 912-952.

Türkeş, M., Sümer, U., & Çetiner, G. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, (s. 1-17).3

Uckan E., Akbas B., Kaya E. S., Cakır F., Ipek C., Makaracı M., Ataoglu S., Design issues of buried pipelines at permanent ground deformation zones, Disaster Science and Engineering, 2 (2), 53-58, 2016.

Utkucu, M., Uzunca, F., Durmuş, H. et al. The Mw = 5.8 2019 Silivri earthquake, NW Türkiye: is it a warning beacon for a big one?. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 113, 107–124 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00531-023-02359-6>



## TBDY 2018'e Göre Dolgu Duvarların İncelenmesi

Mohammad EDRIS JOUANEH <sup>1</sup>, Cengiz İPEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [muidrees412@gmail.com](mailto:muidrees412@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr](mailto:cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

2018'de yayınlayan deprem yönetmeliğine göre dolgu duvarlar, yapısal mukavemeti artırmak ve binanın deprem etkilerine karşı direncini artırmak için önemli bir rol oynamaktadır . TBDY 2018'in yürürlüğe girmesiyle birlikte dolgu duvarlar için görel kat ötelemeleri sınırlandırılmıştır ve uygulamada yenilikler getirilmiştir. Bu duvarlar, betonarme binalarda kolon ve kiriş gibi ana yapısal elemanlarla birlikte kullanılarak binanın genel performansını artırır. Deprem kuvvetlerine karşı direnç göstererek binanın hasarını minimize eder. Deprem öncesinde ve sonrasında yapılan çalışmalar yardımıyla yapılan incelemeler ile dolgu duvarların yapının yapısal davranışını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Özellikle, zemin kat seviyesindeki duvarların eksikliği, binanın depreme karşı direncini azaltabilir ve yapıya zarar verebilir. Dolgu duvarların düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve yapı sistemine entegre edilmesi binanın depreme karşı daha sağlam hale getirilmesine yardımcı olabilir. Bu nedenle yapı mühendislerinin dolgu duvarların etkilerini anlamaları ve yapı tasarımında doğru bir şekilde uygulamaları gerekmektedir. Bu çalışmada dolgu duvarlarının yapı direncini nasıl artırdığını ve binaların depreme karşı daha güvenli hale getirilmesine yardımcı olduğunu amaçlamıştır. Bu çalışmada SAP2000 analiz ile karşılaştırmalar yapılarak değerlendirmeler yapılmıştır. İki adet 3 katlı yapı üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır. 1. yapıda duvar olması halinde yapının deprem davranışı incelendi. 2. yapıda ise duvar olmaması durumunda binada ne gibi davranışların olacağı incelenmiştir. Dolgu duvarların 2018 yönetmeliğine göre tasarlanması ve uygulanması binaların deprem etkilerine karşı daha sağlam hale getirilmesi için önemlidir.

**Anahtar kelimeler :** Dolgu duvarlar , Depreme dayanıklı yapı tasarımı , 2018 yönetmeliğine tasarım , Duvar rijitiği , Dolgu Duvarlarının güçlendirilmesi

---

### Abstract

According to the 2018 earthquake regulations, infill walls play an important role in increasing the structural strength and resistance of buildings against seismic effects. With the implementation of the 2018 Turkish Building Earthquake Code (TBDY), relative storey drifts for infill walls have been restricted, and innovations have been introduced in practice. These walls, when used in conjunction with main structural elements such as columns and beams in reinforced concrete buildings, enhance the overall performance of the structure. They resist seismic forces, minimizing damage to the building. Studies conducted before and after earthquakes show that infill walls significantly influence the structural behavior of buildings. Particularly, the absence of walls at ground floor levels can reduce the

building's resistance to earthquakes and cause damage to the structure. Proper installation and integration of infill walls into the building system can make the structure more resilient to earthquakes. Therefore, it's essential for structural engineers to understand the effects of infill walls and implement them correctly in structural design. This study aims to demonstrate how infill walls enhance structural resistance and contribute to making buildings safer against earthquakes. Through SAP2000 analysis, comparisons were made and evaluations were conducted using two 3-storey buildings: one with walls to examine seismic behavior and one without walls to assess the behavior in their absence. Designing and implementing infill walls according to the 2018 regulations are crucial for making buildings more resilient against earthquake effects.

**Keywords:** Infill walls, earthquake-resistant building design, design according to 2018 regulations, wall rigidity, strengthening of infill walls

---

## GİRİŞ

Yapıların çoğunda, farklı alanları birbirinden ayırmak ve dış dünyadan izole etmek için dolgu duvarlar tuğla ve gazbetondan yapılmaktadır. (Öztürkoğlu ve diğ., 2015 ; Cumhuriyet, 2022 ). Betonarme yapıların tasarım ve analiz sürecinde, taşıyıcı sistem elemanları olan perdeler, kolonlar ve kirişler tarafından tüm yükün taşındığı varsayılmaktadır (Albakour ve İpek, 2023). Bu varsayım nedeniyle, ikincil yapı elemanlarının katkıları genellikle göz ardı edilmektedir (İpek, 2015). Dolgu duvarlar ise tasarım aşamasında ikincil derecede bir yapı elemanı olarak kabul edilmekte ve analizlerde nadiren dikkate alınmaktadır. Bu durum, analiz sürecinde karşılaşılan karmaşıklık nedeniyle gerçekleşmektedir. Ancak, dolgu duvarlar binaların dinamik özelliklerini etkileyen özelliklere sahip olup, mod şekli, sönüm ve titreşim periyodu gibi faktörleri değiştirebilir. (Çavdar ve diğ., 2020; Bayükle, 2003)

Yapıların elastik ötesi statik ve dinamik analizi için birçok yöntem geliştirilmiş ve bu alandaki çalışmalar Türkiye'de hızla devam etmektedir (Atımtay, 2009). Elastik ötesi analiz yöntemlerinin temel amacı, belirli bir deprem yükü seviyesi için yapıdan beklenen deprem davranışının gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol etmektir. Deprem çalışmaları (Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015; Nalbant ve diğ., 2023) yapılmıştır Bu nedenle, bu yöntemlerin üzerinde durulması oldukça önemlidir (korkmaz; uçar , 2006).

Dolgu duvarlarla ilgili deneysel araştırmalar gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar sonucunda dolgu duvarların yanal rijitliğini artırdığı (Pardhan ve diğ.,2023; Pujol ve Fick, 2010), yanal ötelenmeleri ve görel kat ötelenmelerini azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, dolgu duvarların modellenmesinde eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımının kullanılabileceği gözlemlenmiştir (Demirel ve diğ., 2015).

Murty ve Jain (2000) tarafından yapılan deneysel çalışmalar, dolgu duvarların yanal rijitliğe ve enerji yutma kapasitesine önemli katkılar sağladığını göstermektedir (Kose,2009; Özer, 2009). Hashemi ve Mosalam (2006) ise gerçekleştirdikleri sarsma masası deneyleri sonucunda dolgu duvarların deney numunelerinin kapasitesini ve sünekliğini önemli ölçüde etkilediğini ve binaların tasarım ve analizlerinde dolgu duvarların dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, dolgu duvarların yapısal performansı üzerindeki etkilerini açıkça ( Çavdar ve diğ.,2020). Bununla birlikte, yapı davranışına duvarların etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışmalar, dolgu duvarlarının yapının deprem davranışını büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir. Bina analizinde göz ardı edilen ikincil elemanlar arasında en önemlisi, mimari olarak kullanılan dolgu (cephe ve bölme) duvarlardır (Akyürek ve diğ.,2018). Dolgu duvarlarının katkısı, dikey yükler altında sadece ağırlık ve

kütle olarak dikkate alınır. Ancak özellikle çok katlı binalarda rüzgar ve deprem gibi dinamik yatay yükler altında, dolgu duvarlarının yapının yatay rijitliğine katkısı önemli düzeydedir.

Dolgu duvarların yapıya sağladığı dayanım ve yanal rijitlik, yapıların tepe noktasının ötelenmesini ve görelî kat ötelenmelerini azalttığı, yapılan numerik çalışmalarla belirlenmiştir (Çavdar ve diğ., 2020; Kızıloğlu, 2006; Tekin ve diğ., 2007). Ayrıca, dolgu duvarların itme analizlerinde bina performans hedeflerinin gerçekleştirilmesinde, deprem etkisinin sönümlenmesinde ve yapıda mafsal oluşumuna önemli bir etkisi olduğu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Bayrak ve Bıkçe, 2019; Korkmaz ve Uçar, 2006).

TBDY 2018'in yürürlüğe girmesiyle birlikte, dolgu duvarlarının görelî kat ötelemeleri sınırlandırılmış ve uygulamada yenilikler yapılmıştır. Ayrıca, dolgu duvarların betonarme çerçeveye tamamen bitişik olması veya çerçeveden bağımsız olması durumunda iki farklı uygulama seçeneği sunulmuştur. Dolgu duvarların yatay kuvvetlere etkisi için literatürde onaylanan bir modelleme şekli olarak TBDY-2018 Bölüm 15'te gösterilen eşdeğer basınç çubukları kullanılmaktadır

### **Dolgu Duvar Analiz Yaklaşımları**

Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışı ve çerçeve sistemlere olan etkileri, birçok araştırmacı tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu araştırmaların sonucunda, çeşitli modelleme türleri ve formüller sunulmuştur. İncelenen bazı çalışmaların sonuçlarına göre, dolgulu çerçeve sistemlerinin analizi için geliştirilen yaklaşımlar, iki ana başlık altında toplanmıştır. Bu başlıklar, dolgu duvarların davranışını ve çerçeve sistemlere olan etkilerini daha iyi anlamak için önemli birer araştırma alanı olmuştur. Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışının ve çerçeve sistemlere olan etkilerinin daha iyi anlaşılması, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, dolgulu çerçeve sistemlerinin analizi ve tasarımı konusunda yapılan araştırmalar, inşaat sektöründe büyük bir öneme sahiptir.

- **Eşdeğer Basınç Çubuğu Yaklaşımı**

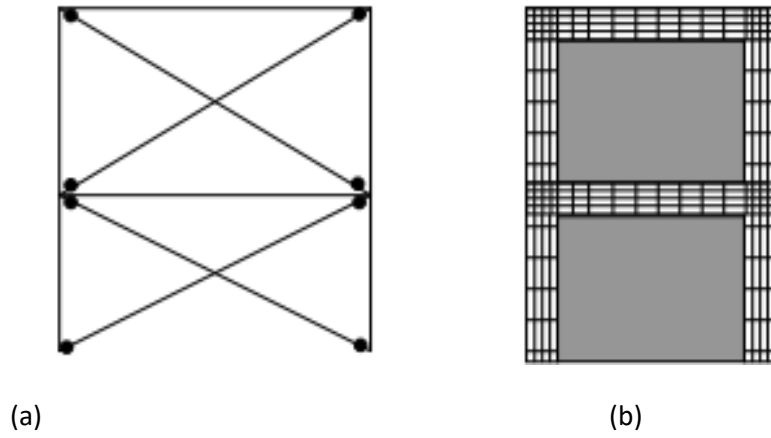
Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemi, dolgulu çerçeveler için oldukça basit bir hesaplama yöntemi sunmaktadır (Köse ve Karşlıoğlu, 2007). Bu yöntemde, yatay kuvvetler altında etkilenen dolgunun, kuvvetin etkilediği düğüm noktası ile diyagonaldeki düğüm noktası arasında bir basınç çubuğu gibi davrandığı varsayılmaktadır. Bu yaklaşım, kat hizalarına etki eden kuvvetleri hesaplamak için kullanılmaktadır.

- **Sonlu Elemanlar Yaklaşımı**

Bu yaklaşımda, sürekli bir ortam olarak kabul edilen düzlem dolgu sistemi, iki boyutlu üçgen veya dikdörtgen elemanlarla modellenir. Bu modelleme sayesinde, sistem sadece düğüm noktalarında denge ve süreklilik şartlarını sağlayan sonlu sayıda elemandan (bir veya birden fazla) oluşan çok yüksek derecede hiperstatik bir düzlem gerilme problemi olarak ortaya çıkar. Bilgisayar kullanımıyla çözülebilen bu yaklaşımda, dolgu ile çerçeve arasındaki uygunluk tam olarak sağlanabilir (Öztürkoğlu ve diğ., 2015).

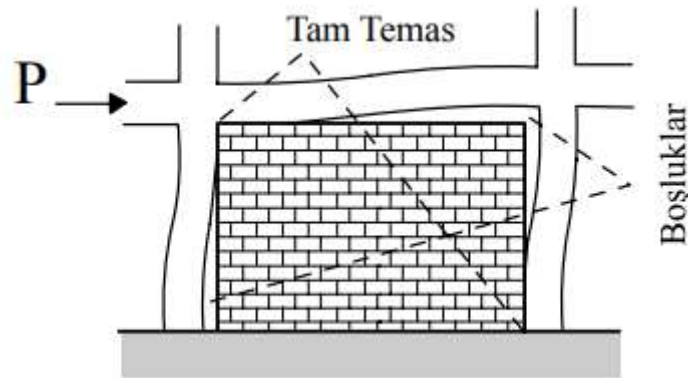
## YÖNTEM

Stafford-Smith ve Mainstone, dolgu duvarların doğrusal davranışlarını anlamak ve belirlemek amacıyla çalışmalar yapmışlardır (Beklen ve Çağatay, 2009). Yapılan çalışmalarda, dolgu duvarlı çerçeve modellerinin yatay yükler altındaki deneysel testleri gösterilmiştir (Şekil 1). Modellerin test edilmesi sırasında, panelin merkezinde diyagonal çatlaklar gözlenmiş ve modelin karşılıklı çapraz yüklenmemiş köşelerinde çerçeveyle dolgu arasında boşluklar oluşmuş, bu sırada yüklenmiş iki çapraz köşede de tam bir temas gözlenmiştir. Dolgu duvarlı çerçevelerin analizini kolaylaştırmak için dolgu duvarlarının eşdeğer basıncı çubukları olarak yerleştirildiği Şekil 2'de görülmektedir.



**Şekil 1.** Dolgu duvar modelleri (a) Diagonal eleman modeli, (b) Sürekli eleman modeli

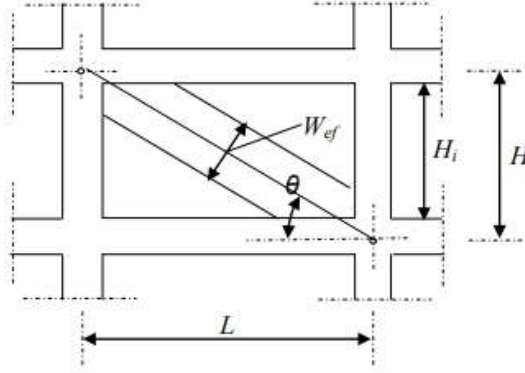
Dolgu duvarlı sistemlerin analizinde genellikle duvarlar, Şekil 1(a)'da olduğu gibi eşdeğer çubuk eleman veya Şekil 1(b)'deki gibi sürekli eleman olarak tanımlanır.



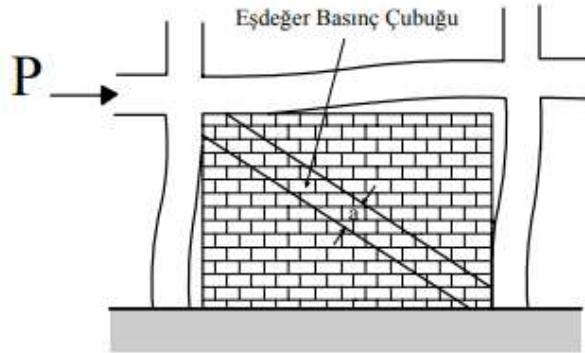
**Şekil 2.** Yatay Yük Etkisindeki Dolgu Duvar ve Betonarme Çerçeve

Eşdeğer çubuk eleman yöntemi oldukça basit olmasına rağmen, sürekli eleman modeli kadar hassas olmayabilir gerçek davranışa yakınsaklık konusunda. Dolgu duvarların çubuk elemanlarla temsil edilmesi ve doğrusal olmayan rijitliklerin belirlenmesi gibi konularda bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Diyagonal rijitlik, özellikle duvar içinde bulunan kapı ve pencereler nedeniyle değişmektedir. Ayrıca,

duvar içinde meydana gelen göçme durumunun belirlenmesi oldukça zordur. Sürekli eleman modelinde, dolgunun doğrusal olmayan davranışı, her bir sonlu elemanın özellikleriyle doğru bir şekilde tanımlanır. Malzeme ve geometri özelliklerinin uygun değerler alındığında kesin sonuçlar elde edilebilir. Ancak, modelleme ve analiz oldukça karmaşık bir süreçtir (Hao ve diğ., 2002).



Şekil 3. Dolgu Rijitliğinin Hesabında Kullanılan Değerler



Şekil 4. Dolgu Duvarın Eşdeğer Basınç Çubuğu Olarak Modellenmesi

Şekil 3'de gösterilen donatısız duvar elemanın plandaki elastik rijitliği,  $W_{ef}$  genişliğindeki eşdeğer diyagonal basınç çubuğu ile ifade edilmektedir. Dolgu duvarlarının modellenmesi sırasında, malzemenin elastisite modülü ve basınç dayanımı için çeşitli değerler literatürde önerilmektedir. Bu araştırmada, Kaltakçı ve diğerleri tarafından 2003 yılında yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen değerler kullanılmıştır. Burada tuğla elemandan oluşan dolgu duvar elastisite modülü ( $E_d$ ) 5750 MPa, basınç dayanımı ( $f_m$ ) ise 1.85 MPa olarak hesaplanmıştır. Dolgu duvarlar, diyagonal basınç çubukları kullanılarak modellenmiştir. Seçilen duvar kalınlığı, çubukların genişliği TBDY-2018 tarafından önerilen Denklem 2-4'e göre hesaplanır.

$$W_{ef} = 0.175 (\lambda_h H)^{-0.4} \sqrt{H^2 + L^2} \quad (2)$$

$$\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_i t \sin^2 \theta}{4 E_c I_c H_i}} \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{h_d}{L_d} \right) \quad (4)$$

H ve L çerçeve elemanların yüksekliği ve eni,  $E_c$  ve  $E_i$  kolon ve diagonal elemanların elastisite modülü, t dolgu panelin kalınlığı,  $\theta$  eşdeğer basınç çubuğunun yatayla yaptığı açı,  $h_d$  dolgu duvar yüksekliğini,  $I_c$  kolon elmanın atalet momenti ( $b.h^3/12$ ) ve  $H_i$  panelin yüksekliğidir. (Sivri ve diğ., 2006). Bu analizde, dolgu duvarın iki ucu mafsalı olarak kabul edilerek, çubuğun sadece eksenel kuvvete maruz kalması dikkate alınmıştır. Ayrıca, yatay yüklerin etkisi altında eşdeğer basınç çubuğunun yönünün değiştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, depremlerin etki süreleri boyunca yön değiştirmeleri nedeniyle her açıklık için iki adet çapraz diyagonal basınç çubuğu kullanılmıştır. Ayrıca, basınç çubuklarının eşdeğer eksenel yük taşıma kapasiteleri hesaplanarak, çubukların ortasına eksenel yük mafsalı tanımlanmıştır. Akyürek (2014) tarafından önerilen model, dolgu duvara ait eksenel yük mafsalı için kullanılmıştır.

## BULGULAR




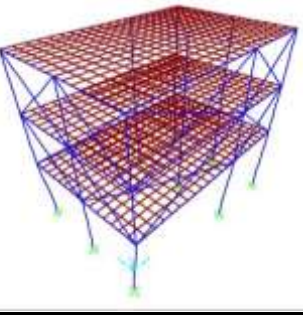
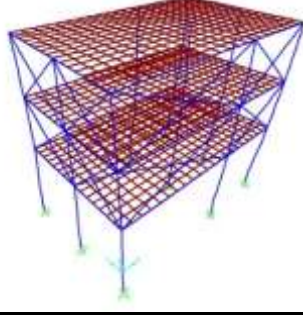
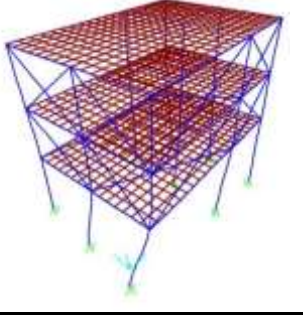
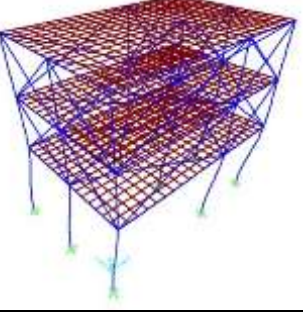
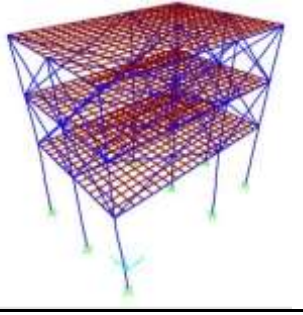
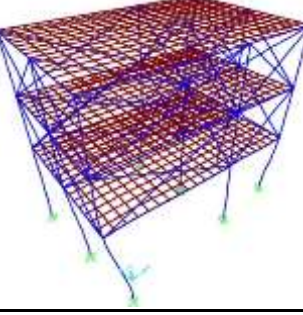
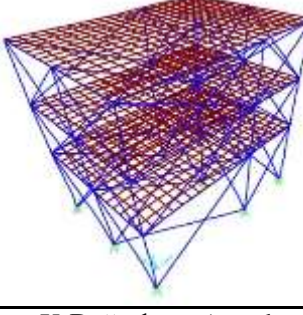
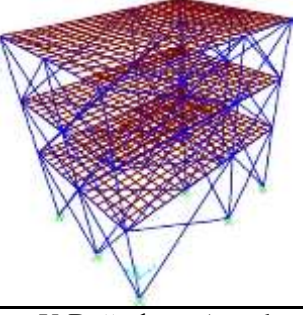
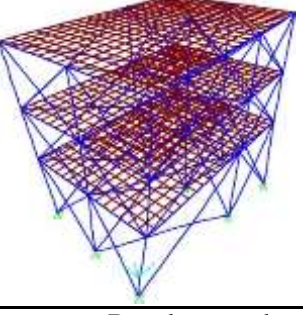
Bu çalışmada bir binadan 4 farklı model tasarlandı, model 1 duvarsız çerçevesi 3 katlı yapı, model 2 ise aynı yapının 2. ve 3. katların X ve Y yönden iki taraflı dolgu duvarlı tasarlandı, model 3 ; 2. Ve 3. Katların tamamen dolgu duvarlı olarak tasarlandı, ve model 4 ise yapının her tarafı dolgu duvarlı. 3 katlı bina 2 açıklıkla zemin kat yüksekliği 4,5 m diğer katları 3 m' dir A-B aksların arasında açıklık 6.5 m ve B-C ise 3.6 m 1-2 aksların arasında 3.2 m 2-3 ise 3.6 m' dir, giriş genişliği 30 cm ve yüksekliği 50 cm ve döşeme kalınlığı 15 cm'dir. . Kullanılan malzeme C25/S420' dir.

**Tablo 1. Kolonların boyutları (cm)**

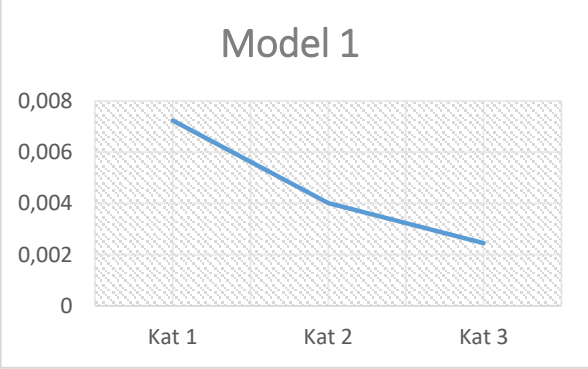
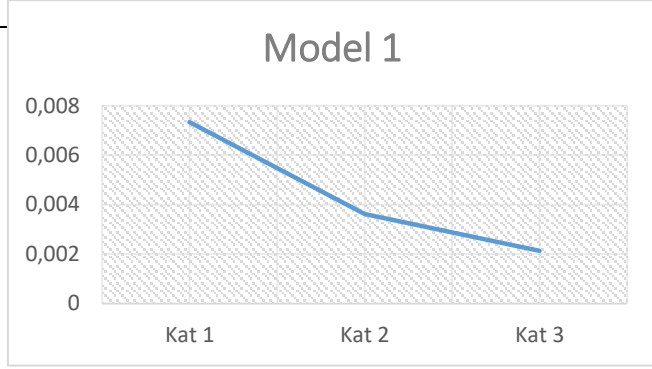
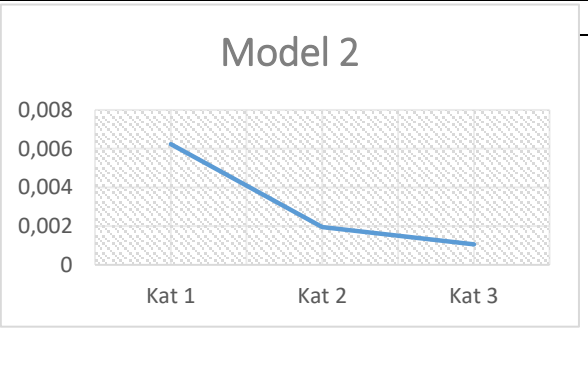
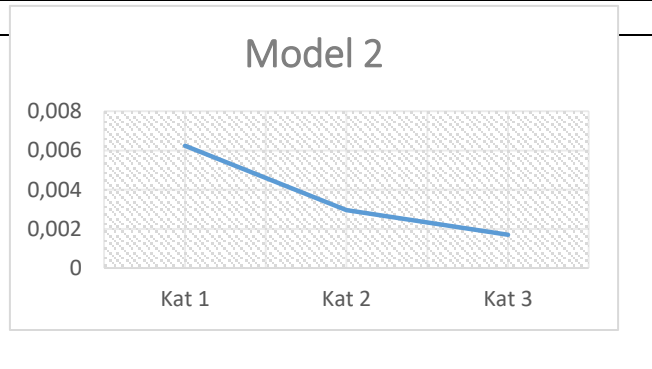
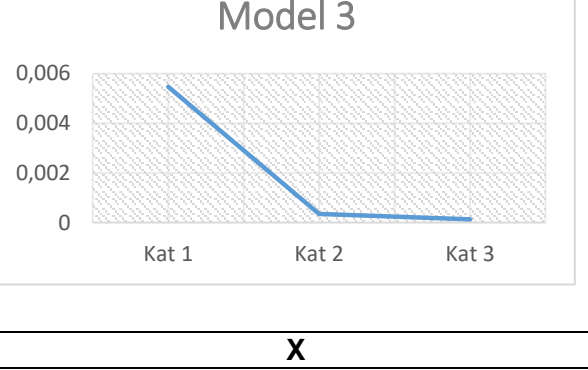
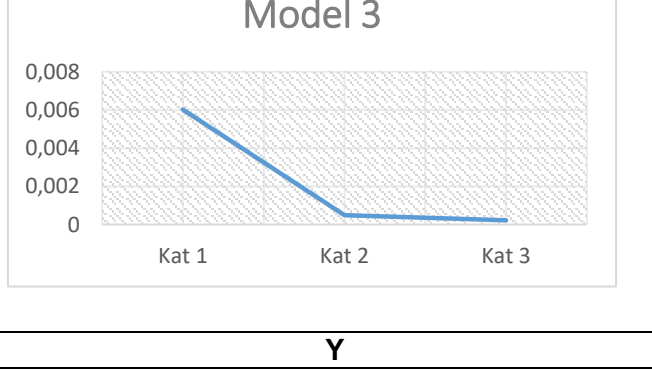
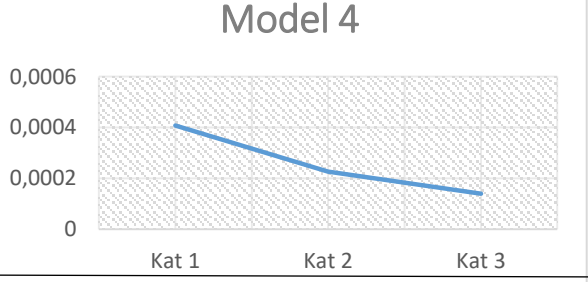
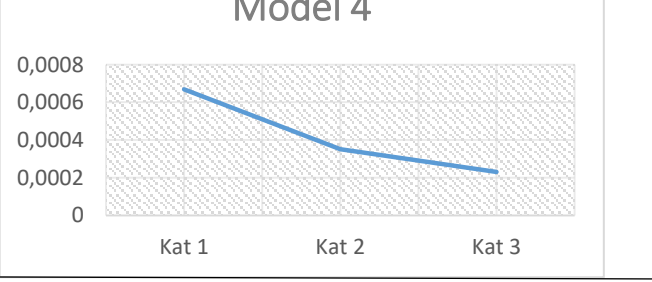
kat/kolon	kolon 1	kolon 2	kolon 3
1 ve 2	60×30	45×45	30×50
3	50×30	45×45	30×40

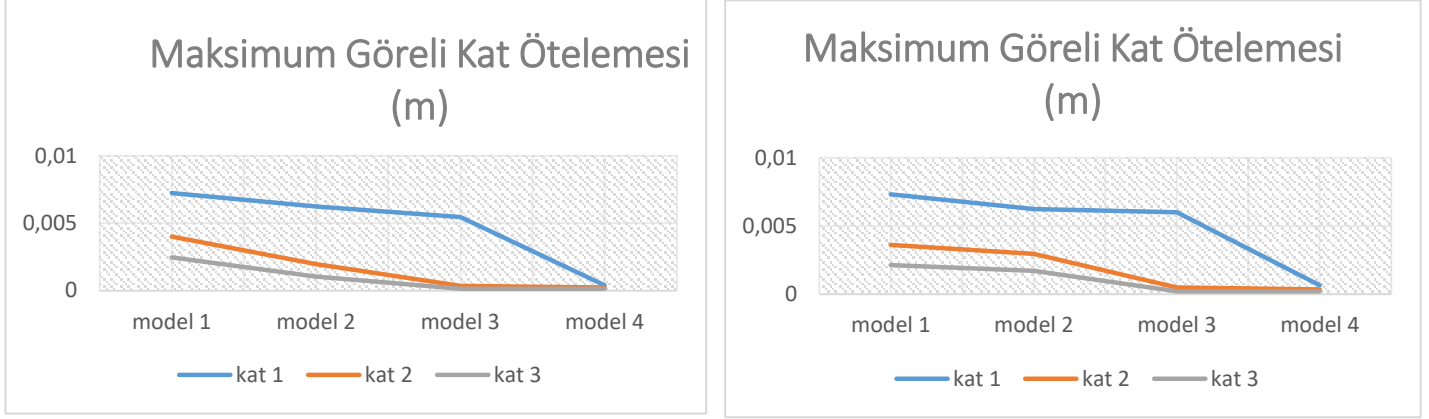
Kolonları kullanıldı. Zemin cinsi ZD ve deprem düzeyi DD2 ,  $S_s = 0.973$  ,  $S_1 = 0.225$  ,  $S_{DS} = 1.081$  ,  $S_{D1} = 0.484$  .Bu çalışmada "eşdeğer basınç çubuğu yöntemi" kullanılmıştır ve sonuçlar Tablo 2-3 te verilmektedir

**Tablo 2.** Modellerin mod şekilleri ve titreşim periyot değerleri

Model	Mod Şekilleri ve Titreşim Periyot Değerleri (Sn)		
Model-1			
	X-Doğrultusu (yanal mod) $T_1=0.57248$	Y-Doğrultusu (yanal mod) $T_2=0.5321$	Burulma modu $T_3=0.3963$
Model-2			
	X-Doğrultusu (yanal mod) $T_2= 0.4525$	Y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1= 0.5104$	Burulma modu $T_3= 0.315$
Model-3			
	X-Doğrultusu (yanal mod) $T_2= 0.414$	Y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1= 0.4299$	Burulma modu $T_3= 0.30$
Model-4			
	X-Doğrultusu (yanal mod) $T_2= 0.1399$	Y-Doğrultusu (yanal mod) $T_1= 0.1656$	Burulma modu $T_3= 0.1163$

**Tablo 3.** Modellerin maksimum görelî kat ötelemesi grafikleri

Model	Maksimum Görelî Kat Ötelemesi (birim : m)	
Model-1	<p>Model 1</p> 	<p>Model 1</p> 
Model-2	<p>Model 2</p> 	<p>Model 2</p> 
Model-3	<p>Model 3</p> 	<p>Model 3</p> 
	<b>X</b>	<b>Y</b>
Model-4	<p>Model 4</p> 	<p>Model 4</p> 



(a) X yönünde max görelî kat ötelemesi

(b) Y yönünde max görelî kat ötelemesi

**Şekil 5.** 3 kat ve 4 model için max görelî kat ötelemesi

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada TBDY-2018'e göre SAP2000 ile tasarlanan yapının analiz yaparak dolgu duvarların etkisini incelendi. Yapının periyodu ve görelî kat ötelenmesi çalışmaları yapıldı. İncelemeler sonucunda, söz konusu binanın modal analizleri yapıldığında, dolgu duvarların mod şekilleri üzerinde etkilerinin olduğu saptanmıştır. Model 2, Model 3 ve Model 4'te x doğrultusunda elde edilen titreşim periyot değerleri ile dolgu duvarsız olan Model 1 için elde edilen titreşim periyot değeri arasındaki farklılıklar sırasıyla %20.95 , %27.68 , %75.56 . Bu durum, binalarda dolgu duvar oranının artmasıyla birlikte binalardaki rijitlik seviyesinde önemli ölçüde artış olduğunu göstermektedir. Model 2, Model 3 ve Model 4 elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi oranları, dolgu duvarsız olan Model-1 için elde edilen X ve Y yönüne 1. , 2. ve 3. katların için binadaki dolgu duvarların maksimum görelî kat ötelemelerini belirgin bir şekilde etkilediğini ve dolgu duvar oranının artmasıyla birlikte görelî kat ötelemelerinde önemli ölçüde azalmalar olduğu gözlemlenmektedir.

## KAYNAKÇA

Akbarov S. D., İpek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinder. *CMC-Computers Materials Continua*, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099

Akbarov S. D., İpek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. *Mechanics of Composite Materials*, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4

Akyürek, O, (2014), Betonarme bina performansına dolgu duvarların etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta,

Akyürek O. , Tekeli H. , Demir F. , (2018) , Plandaki Dolgu Duvar Yerleşiminin Bina Performansı Üzerindeki Etkisi

Altuntaş N., İpek C., (2023) Depreme maruz betonarme yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesi. *Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri* , 1-10.

Albakour A., İpek C., (2023), Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı), *Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri*, 227-237.

- Bayükle N. , (2003) , Betonarme Yapının Dolgu Duvarı, 426
- Bayrak O. F., BİKÇE M., (2019) , Dolgu Duvarın Yapısal Düzensizliklere Ve Performansa Etkisinin Mevcut Bir Yapı Üzerinde İncelenmesi
- Beklen C. , Çağatay İ. ,(2009), Çerçevesiz Dolgu Duvar Modellerinin İncelenmesi, ISSN 1019-1011
- Cumhur A. , (2022), Esnek Bağlantılı Dolgu Duvarların Deneysel Olarak İncelenmesi,
- Çavdar Ö. , Köse G. , Sunca F. , ( 2020) Betonarme Binaların Deprem Performanslarına Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi . DOI: 10.17482/uumfd.658027
- Demirel İ. O., Yakut A., Binici B. ve Canbay E., (2015) , Betonarme Çerçevesiz Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Çalışma , 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015 – DEÜ – İZMİR
- Hashemi S. A. , (2007) , Seismic Evaluation Of Reinforced Concrete Buildings Including Effects Of Masonry Infill Walls
- Ipek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Presented at 5th International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, pp. 187–199, 2015.
- Ipek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Proceedings of the Kocaeli 2015 5th International Earthquake Symposium, pp. 187–199, 2015.
- Kose M. M. , (2009), Parameters affecting the fundamental period of RC buildings with infill walls , 93-101
- Korkmaz A. , Uçar T. , (2006) , Betonarme Binaların Deprem Davranışında Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi , 101-108
- Köse M. M. , Karşlıoğlu Ö. , (2007) , Dolgu Duvarın Bina Doğal Modal Periyot Ve Mod Şekline Olan Etkileri
- Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaidh, Mairead Nic; McCloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No. 3, Article 7.
- Özer Ö. , (2009), Betonarme Bina Analizinde Dolgu Duvarın Yatay Ve Düşey Yüklere Karşı Davranışı , yüksek lisans tezi , KONYA
- Tekin M. , Alsancak E. , Ay M. , (2007) , Betonarme Çerçevesiz Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi , ISSN 1305-1385
- Öztürkoğlu O. , Uçar T. , Yeşilce Y. , (2015) , Betonarme Yapılarda Dolgu Duvar Çerçeve Etkileşiminin İncelenmesi , Issue:51 , 109-121
- Pradhan B. , Zizzo M. , Sarhosis V. , Cavaleri L. , (2021) , Out-of-plane behaviour of unreinforced masonry infill walls: Review of the experimental studies and analysis of the influencing parameters, 4387-4406
- Pujol S. , Fick D. , (2010) , The test of a full-scale three-story RC structure with masonry infill walls , 3112-3121
- Siviri M. , Demir F. , Kuyucular A. , (2006) Dolgu Duvarlarının Çerçeve Yapının Deprem Davranışına ve Göçme Mekanizmasına Etkisi 109-115
- TBDY, (2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara

## Perde Duvarın Betonarme Yapı Davranışına Etkisi Odai ALKALEH<sup>1</sup>, Cengiz İPEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [20120707383@ismu.edu.tr](mailto:20120707383@ismu.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr](mailto:cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

Türkiye'nin önemli ve öncelikli sorunlarından biri de depreme dayanıklı olmayan bina stokudur. Depreme dayanıklı olmayan yapılar özellikle 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depreminde ciddi hasara ve can kaybına neden oldu. En büyük can kaybı depreme karşı koruma açısından yetersiz olan betonarme binalarda yaşandı. Bu sorunun çözülebilmesi için depreme dayanıksız yapıların belirlenmesi ve bu yapıların güçlendirilmesi olmak üzere iki temel konuda ciddi çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Betonarme binalarda deprem etkisine karşı perde duvar kullanımının önemi büyüktür. Tasarım aşamasında uygulamacı mühendisler, planda yerleştirilecek olan perde duvar miktarına ve yerleşimine karar verir. Bunun için öncelikle, perde duvar miktarı ve yerleşimi parametrelerinin, bina davranışı ve deprem güvenliği üzerindeki etkilerinin anlaşılması gerekmektedir. Bu araştırmada Türkiye'de inşa edilebilecek 4 katlı betonarme konut binaları için deprem yönetmeliğinde önerilen ve minimum şartları sağlayan taşıyıcı sistem karşılaştırmalı bir şekilde incelenmiştir. Yüksek süneklik sahip olan salt çerçevesiz, ve yüksek süneklik kolunlu perdeli karma taşıyıcı sistem iki farklı model olarak tasarlanmıştır. plandaki perdeler her bir doğrultuda iki adet sünekliği yüksek perdeler tasarlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen tasarım yaklaşımına göre doğrusal analizler yapılmıştır. Modeller üzerindeki perdelerin etkisi kıyaslayabilmek için iki modelin arasındaki birinci doğal periyot, bina taban kesme kuvveti ve tepe deplasmanı dağılımları karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, TBDY 2018, Taşıyıcı sistem, Bina doğal periyodu, Taban kesme kuvveti, Çatı kat deplasmanı.

---

### Abstract

One of Turkey's significant and prioritized issues is the non-seismic-resistant building stock. Non-seismically-resistant structures, particularly in the 06 February 2023 Kahramanmaraş earthquake, caused significant damage and loss of life. The most substantial loss of life occurred in reinforced concrete buildings with inadequate earthquake protection. To address this issue, serious efforts are needed in two main areas: identifying non-seismically-resistant structures and retrofitting them. The use of shear walls in reinforced concrete buildings is crucial in mitigating the effects of earthquakes. During the design phase, practicing engineers decide on the quantity and placement of shear walls on the plan. To do this effectively, it's essential to understand the impact of shear wall quantity and

placement parameters on building behavior and earthquake safety. In this study, two different structural systems, namely pure moment-resisting frames with high ductility and mixed systems with high ductility columns and shear walls, were comparatively analyzed for 4-story reinforced concrete residential buildings that could be constructed in Turkey, meeting the recommendations and minimum requirements of the earthquake code. Shear walls with high ductility were designed in each direction as per the plan. Linear analyses were conducted based on the design approach specified in the Turkish Earthquake code. To compare the effects of the shear walls on the models, the first natural period, base shear force distribution, and roof displacement between the two models were compared.

**Keywords:** Earthquake, TEC 2018 ( Turkish earthquake code ), Period, Base shear, Roof story displacement

---

## GİRİŞ

Türkiye birçok doğal afetle karşılaşan bir ülkedir ancak deprem özellikle kentlerdeki büyük kayıplar ve hasarlar nedeniyle en çok tartışılan afet türüdür. Bu ülkenin jeolojik yapısı ve coğrafi konumuyla yakından ilişkilidir (Gözükızıl, 2023)

Kahramanmaraş Depremleri, 06 Şubat 2023 tarihinde meydana gelmiş ve Türkiye'nin son yüzyıldaki en büyük felaketlerinden biri olarak kayıtlara geçmiştir. Bu depremler, özellikle Kahramanmaraş ve çevresinde büyük can kayıplarına ve yapısal yıkıma sebep olmuştur. Bölge, yüksek şiddetli ve geniş etki alanına sahip depremlerin sıklıkla yaşandığı bir konumdadır. 06 Şubat 2023'teki depremler, önce Pazarcık ve ardından Elbistan ilçelerinin merkez üssü olarak meydana gelmiştir ve 1999'daki depremden sonra Türkiye'deki en büyük depremlerden biridir. Bu olaylar, ulusal düzeyde hazırlanan afet planlarında öngörülen kötü senaryoların gerçekleşmesiyle, birden fazla kentin etkilenmesi ve ulaşımın kesintiye uğraması gibi büyük çaplı afet durumunu ortaya çıkarmıştır. Depremde hareketler ve yüzey dalgaları (Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015, Nalbant ve diğ. 2023, Utkucu ve diğ., 2024) altyapı ile ilgili hasarlar (Uçkan ve diğ., 2015, Makaracı ve İpek 2015) araştırmaları mevcuttur. Tasarımdaki hataları (Albakour ve İpek, 2023; Ekinci ve İpek, 2023;2023), zemin problemleri (Eroğlu ve İpek, 2023) ,uygun olmayan malzeme kullanımı (Kockaya ve İpek, 2023), kat düzensizliği (Altuntaş ve İpek, 2023) çalışmalarında ele alınmıştır. Sismik izolatörlü inşaa yapılarında yapısal ve yapısal olmayan elemanların (İpek ve diğ., 2015;2015 )( (Wolff ve diğ 2014;2015 İpek ve diğ., 2021) davranışı incelenmiştir.

6 Şubat 2023 Pazarcık – Elbistan (Kahramanmaraş) Mw: 7.7 ve Mw: 7.6 depremleri nedeniyle başta Kahramanmaraş olmak üzere depremden etkilenen Hatay, Gaziantep, Malatya, Diyarbakır, Kilis, Şanlıurfa, Adıyaman, Osmaniye, Adana ile 11. il olarak eklenen Elazığ illerinde olağanüstü hal ilan edilmiş, daha sonra alınan kararla Bingöl, Kayseri, Mardin, Tunceli, Niğde ve Batman illeri de afet bölgesi olarak ilan edilmiştir. Resmi rakamlara göre, deprem nedeniyle 50.783 kişi hayatını kaybederken, 115.353 kişi yaralanmıştır. 37.984 binanın yıkıldığı raporlanmıştır. Bu rakamlar içinde



bulduğumuz yüzyılda ülkemizde meydana gelmiş en büyük deprem olan 1939 Erzincan Depremi (Mw: 7.9) ve 1999 Kocaeli Depreminde (Mw: 7.6) yaşadığımız kayıplardan fazladır (Afad Deprem Kataloğu 2013).

Ülkemizde ve dünyada son yıllarda meydana gelen şiddetli depremlerin ardından binalarda yapılan incelemeler doğrultusunda perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçevesi sistemlere oranla çok daha iyi olduğu ve daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir

Betonarme yapıların deprem performansı günümüzde yapı mühendisliği alanında en önemli araştırma konularından biridir. Özellikle deprem riski yüksek bölgelerde yapıların doğru bir şekilde tasarlanması ve analiz edilmesi olası can ve mal kayıplarını en aza indirmek için kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda perde duvarların betonarme yapı davranışına etkisi yapısal mühendislik pratiği için önemli bir araştırma alanını oluşturmaktadır.

Perdeler yatay kuvvetlere karşı rijitliklerinin sağladığı avantajlar nedeniyle yatay yer değiştirme sınırlamaları açısından ideal yapı elemanları olarak kabul edilir. Özellikle tünel kalıp sistemli binalar ve prefabrik betonarme panelli yapılar gibi yapılarda perdeler tek başına kullanılarak uygulanabilir. Perdeler çerçevelerle birlikte kullanılarak yapıya süneklik kazandırır ve perde-çerçeve etkileşimi sayesinde yapıya dayanım sağlar. Ayrıca depremden zarar gören yapıların onarımı için uygun ve ekonomik bir seçenek olarak görülür (Öztürk, 2005).

Bu çalışma perde duvarların betonarme yapı davranışına etkisini anlamak ve perde duvarlı ve kolonlu çerçevesi sistemlerin karşılaştırılması yoluyla bu etkiyi analiz etmektedir. Araştırma SAP2000 programı kullanılarak yapılan detaylı analizlerle desteklenmiştir. Analizler, perde duvarlı ve kolonlu çerçevesi sistemlerin kesme kuvveti periyot ve taban deplasmanı gibi önemli parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Elde edilen bulgular yapı mühendisliği pratiğine önemli bir katkı sağlayabilir ve yapıların deprem performansını artırmak için yeni tasarım stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

## **YÖNTEM**

Araştırmanın kapsamı perde duvarlı ve kolonlu çerçevesi sistemlerin analizini içermektedir. İki farklı sistem üzerinde gerçekleştirilen detaylı analizler yapıların davranışı üzerindeki etkilerini karşılaştırmak ve değerlendirmek için tasarlanmıştır. Bu kapsamda analizlerin detaylı bir şekilde incelenmesi ve sonuçların değerlendirilmesi çalışmanın ana odak noktasını oluşturmaktadır.

## BULGULAR

### Bina özellikleri:

- Kat sayısı: 4
- Kat yüksekliği: 3m
- Bina alanı: 750m (25\*30)
- Bina taşıyıcı sistem elemanları: perdeli çerçevesi sistem (Kolon-Kiriş-perde)
- Yapı tasarımında dikkate alınacak yükler TS498 ve TS500 standartlarında verilmiştir.

Standartlar dikkate alındığında birim ağırlıklar şöyledir:

- Betonarme betonu için, 25 Mpa
- Dolu tuğla duvar için, 20 Mpa alınmıştır.

Döşeme hareketli yükü;

- Çatı döşemelerinde 1.5 kN/ m<sup>2</sup>
- Konut odalarında ve koridorlarında 2.0 kN/ m<sup>2</sup>

Kat yüksekliği konutlar için 3 m alınmıştır. Tasarımda konutlar için:

- Beton sınıfı C25
- Donatı sınıfı B420C

Akslar arası mesafe m biriminde Tablo 1' de verilmiştir

**Tablo 1.** Aks arası mesafeler

Aks Adı	Mesafe 1	Aks Adı	Mesafe 2
A-B	5	1-2	6
B-C	5	2-3	6
C-D	5	3-4	6
D-E	5	4-5	6
E-F	5	5-6	6

Perdeler boyutları (cm cinsinden) Tablo 2'te verilmiştir.

**Tablo 2.** Perde boyutları

Kod	Kalınlık	Uzunluk
Perde	30 cm	250 cm

Kolon ve kiriş boyutları (cm cinsinden) Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** *Kolon, kiriş boyutları*

Kod	D	W
Kolon	30 cm	30 cm
Kiriş	50 cm	25 cm

Döşemenin kalınlığı 12 cm olarak belirtildi ve hareketli yük değerleri 2 KN/m<sup>2</sup> olarak alınmıştır ve duvarın yükü değeri 9 KN/m alınmıştır.

#### **Çerçevesel ve çerçevesel perdeli deprem yükü:**

SAP2000 programından elde edilen verilere göre çerçevesel ve çerçevesel perdeli modellerin maruz kaldığı deprem yükleri sırasıyla 80888.401 KN ve 158361.55 KN olarak belirlenmiştir. Bu değerler arasındaki yüzdellik fark ise %95.78 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.

Bu sonuçlar çerçevesel perdeli modelin çerçevesel modele göre önemli ölçüde daha yüksek bir deprem yüküne maruz kaldığını göstermektedir. Bu durum çerçevesel perdeli yapıların daha fazla dayanıklılık ve güç gerektiren deprem koşullarında tercih edilebileceğini işaret etmektedir. Bununla birlikte, bu yüksek farkın yapısal tasarım sürecinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü bu fark yapıların güçlendirilmesi veya inşa edilmesi sırasında malzeme ve maliyet açısından önemli etkilere neden olabilir. Bu nedenle yapısal mühendislik projelerinde çerçevesel perdeli yapıların tercih edilmesi durumunda bu tür yapıların daha fazla kaynak ve dikkat gerektirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

**Tablo 4.** *Çerçevesel ve çerçevesel perdeli deprem yükü*

Deprem yükü (Çerçevesel) kN	Deprem yükü (Çerçevesel Perdeli) kN	Yüzdellik Farkı %
80888.401	158361.55	95.78

#### **Çerçevesel ve çerçevesel perdeli Periyodu:**

çerçevesel ve çerçevesel perdeli yöntemlerin üç farklı mod için periyot tahminlerini karşılaştırarak periyodik veri setlerindeki farklı yapıları belirleme yeteneklerini değerlendirilmiştir. Tablo 5.

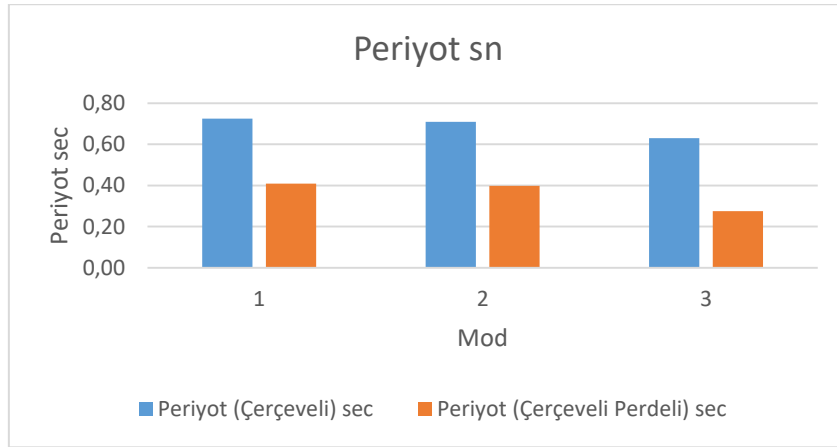
**Tablo 5.** *Çerçevesel ve çerçevesel perdeli periyot değerleri*

Mod	Periyot (Çerçevesel) sn	Periyot (Çerçevesel Perdeli) sn	Yüzdellik Farkı %
1	0.72	0.41	43.48
2	0.71	0.40	43.73
3	0.63	0.27	56.35

Çalışmada belirtilen verilere göre çerçeve ve çerçeve perdeli yöntemlerin her ikisi de üç farklı moda benzer periyot değerleri tahmin eder. Ancak çerçeve perdeli yöntemin çerçeve yönteme kıyasla daha küçük periyot değerleri tahmin ettiği gözlemlenmektedir. Örneğin 1. mod için çerçeve yöntem 0.72 saniye ve çerçeve perdeli yöntem 0.41 saniye olarak tahminler yapmaktadır. Benzer şekilde diğer modlar için de benzer farklar gözlemlenmektedir. Yüzdeler farklar incelendiğinde çerçeve ve çerçeve perdeli yöntemler arasında belirgin farklar olduğu görülmektedir. Yüzdeler farklar sırasıyla %43.48, %43.73 ve %56.35'tir. Bu çerçeve perdeli yöntemin, çerçeve yönteme göre daha büyük bir doğruluk artışı sağladığını ve veri setindeki ince detayları daha iyi yakaladığını öne sürmektedir.

### Çerçeve ve çerçeve perdeli Kat deplasmanı:

2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre taşıyıcı sistemlerin deprem sırasındaki deplasmanları ve görel kat öteleme miktarı oldukça kritiktir. Bu yönetmelikte görel kat öteleme miktarının %2'yi aşmaması gerektiği belirtilmektedir. Ancak 2018 Deprem Yönetmeliği'nde betonarme binalar için izin verilen görel kat öteleme oranı farklı bir şekilde ifade edilmiştir. Buna göre izin verilen görel kat öteleme oranı  $\%0.8/\lambda$  şeklinde tanımlanmıştır. Burada  $\lambda$  katsayısı binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hâkim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketi için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesinin DD-2 deprem yer hareketi için hesaplanan elastik tasarım spektral ivmesine oranını ifade etmektedir.

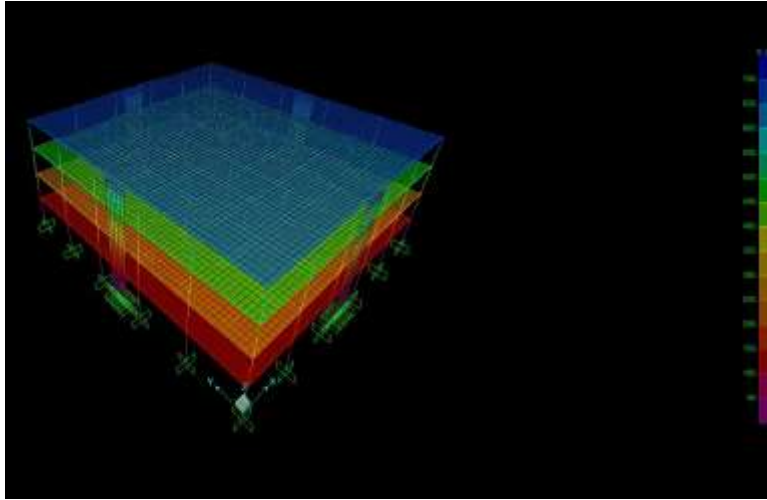


Şekil 1.Çerçeve ve çerçeve perdeli periyot diyagramı

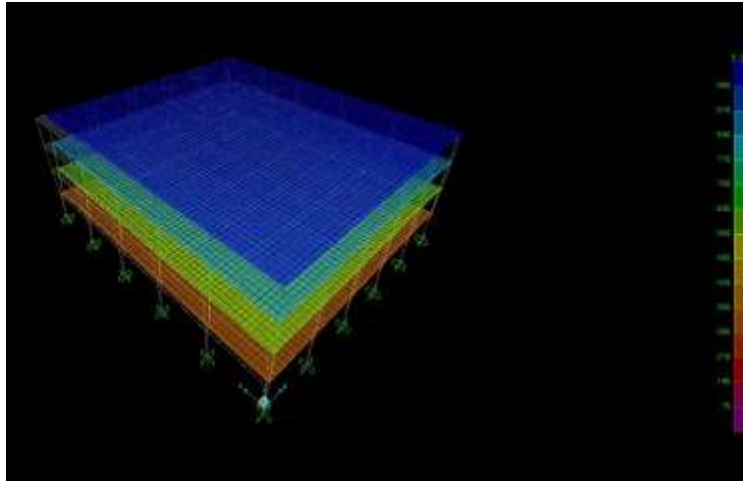
Tablo 6.Çerçeve ve çerçeve perdeli kat deplasmanı değerleri

Kat	Yükseklik m	Kat deplasmanı mm		Yüzdeler Farkı %
		(Çerçeve)	(Çerçeve Perdeli)	
4	12	980	700	28.57
3	9	770	400	48.05
2	6	490	200	59.18
1	3	280	100	64.29

Tablo 6'da. Verilen sonuçlara dayanarak çerçevesiz perdeli yöntemin çerçevesiz yöntemle kıyasla deplasman konusunda daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Özellikle düşük kat yüksekliklerinde çerçevesiz perdeli yöntemin tahmin ettiği deplasman miktarları çerçevesiz yöntemle göre belirgin bir şekilde daha düşüktür. Bu durum çerçevesiz perdeli yöntemin yapıların deprem sırasındaki deplasmanlarını daha hassas bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir. Çerçevesiz perdeli yöntemin daha iyi performans göstermesinin nedenlerinden biri bu yöntemin daha detaylı bir analiz yapabilmesidir. Çerçevesiz perdeli yöntem çerçevesiz yöntemle göre daha fazla parametreyi dikkate alarak hesaplamalarını yapar. Bu sayede yapıların dinamik davranışlarını daha doğru bir şekilde modelleyebilir ve deprem etkisi altındaki deplasmanlarını daha hassas bir şekilde tahmin edebilir. Sonuç olarak çerçevesiz perdeli yöntemin çerçevesiz yöntemle göre daha iyi deplasman tahminleri yapması yapı mühendisliği uygulamalarında önemli bir avantaj sağlar. Bu sonuçlar yapı tasarımı ve güvenliği açısından daha doğru kararlar alınmasına ve yapıların deprem performansının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir.

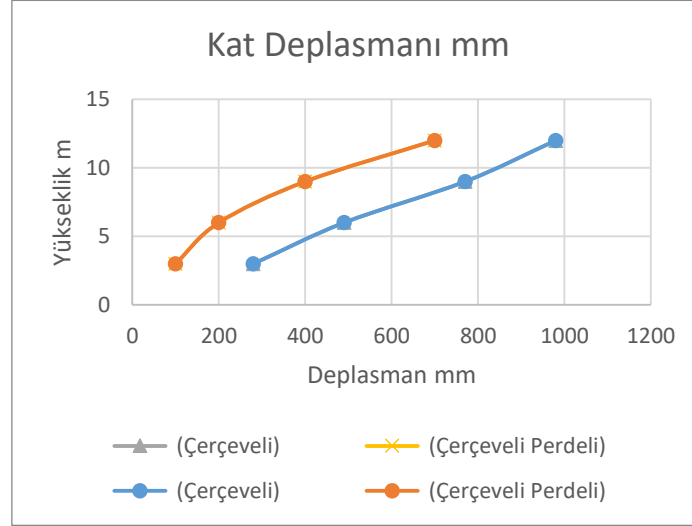


Şekil 2. Çerçevesiz perdeli modeli kat deplasmanı



Şekil 3. Çerçevesiz modeli kat deplasmanı

Şekil 4 te kat yüksekliği arttıkça deplasman miktarının da artması beklenir. Ancak çerçevesiz perdeli yöntemle hesaplanan deplasmanlar çerçevesiz yöntemle göre daha düşük olduğu için bu ilişki daha az belirgin olabilir. Bu durum çerçevesiz perdeli yöntemin yapıların deprem sırasındaki deplasmanlarını daha doğru bir şekilde tahmin edebildiğini ve bu tahminlerin daha gerçekçi olduğunu gösterir.



Şekil 4. Kat deplasmanı

### Taban Kesme Kuvveti

Taban kesme kuvveti, bir yapıyı oluşturan elemanların alt bölgesindeki kuvettir ve genellikle yapı tasarımında önemli bir faktördür. İki farklı model olan Çerçevesiz ve Çerçevesiz Perdeli modellerde elde edilen taban kesme kuvveti sonuçlarına bakıldığında dikkate değer bir fark görülmektedir. Çerçevesiz modelde taban kesme kuvveti Toplam  $F_x = 80893.296$  kN olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan, Çerçevesiz Perdeli modelde bu kuvvet Toplam  $F_x = 160944$  kN olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar arasındaki yüzdelik fark %49.74 olarak belirlenmiştir. Bu farkın büyük ölçüde perde duvarlarının etkisinden kaynaklandığı görülmektedir. Çerçevesiz Perdeli modeldeki kesme kuvveti, X-CD-1=48008kN, X-CD-6=48008kN, Y-43-A=1934kN, Y-43-F=1934kN olmak üzere toplam perdelerin kesme kuvveti 99885kN'dir. Çerçevesiz Perdeli modeldeki toplam kolonların kesme kuvveti ise 61059kN'dir. Dolayısıyla, kolonların kesme kuvveti ile perdelerin kesme kuvvetinin toplamı, Çerçevesiz Perdeli modeldeki toplam taban kesme kuvvetini oluşturur, yani 160944kN'dir. Ancak, Çerçevesiz modelde sadece toplam kolonların kesme kuvveti olduğu için bu değer, Çerçevesiz Perdeli modeldeki toplam taban kesme kuvvetine kıyasla daha düşüktür ve 80893.296kN'dir. Bu sonuçlar, perde duvarlarının yapı üzerindeki etkisini göstermektedir. Perde duvarlarının eklenmesi, yapıya daha fazla dayanıklılık sağlayarak taban kesme kuvvetini artırır. Özellikle, Çerçevesiz Perdeli modelde görülen taban kesme kuvvetinin neredeyse iki katına çıkması, bu yapısal elemanların öneminin altını çizmektedir. Sonuç olarak, yapı tasarımında perde duvarlarının taban kesme kuvvetine olan etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Çerçevesiz Perdeli model, bu etkiyi daha fazla göstermekte ve yapıya daha yüksek bir dayanıklılık kazandırmaktadır. Bu nedenle, yapı tasarımında bu tür yapısal elemanların kullanımı ve etkileri üzerine daha fazla araştırma ve değerlendirme yapılması önemlidir.

**Tablo 7.Çerçevesel ve çerçevesel perdeli Taban Kesme Kuvveti**

	Çerçevesel	Çerçevesel Perdeli	Yüzdellik Farkı %
Toplam Fx kN	80893.296	160944	49.74
Toplam Perde Duvar		Toplam Perde Duvar	
X-CD-1	-	X-CD-1	48008
X-CD-6	-	X-CD-6	48008
Y-43-A	-	Y-43-A	1934
Y-43-F	-	Y-43-F	1934
Toplam Perde Duvar	-	Toplam Perde Duvar	99885
Toplam Kolonlar		Toplam Kolonlar	
Kolonlar	80893.296	Kolonlar	61059

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen verilere göre, çerçevesel ve çerçevesel perdeli modeller arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Deprem yükleri ve taban kesme kuvvetleri açısından çerçevesel perdeli modelin daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Çerçevesel modeldeki taban kesme kuvveti 80893.296 kN iken, çerçevesel perdeli modelde bu değer 160944 kN olarak ölçülmüştür, bu da %49.74'lük bir fark yaratmaktadır. Ayrıca, periyot değerleri karşılaştırıldığında, çerçevesel perdeli modelin daha düşük periyotlar öngördüğü ve daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu bulgular, çerçevesel perdeli yöntemin yapı tasarımında daha yüksek bir doğruluk ve dayanıklılık sağladığını ve özellikle deprem etkilerine karşı daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymaktadır.

## KAYNAKÇA

AFAD Deprem Kataloğu (2013-Günümüz), T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü, Deprem Dairesi Başkanlığı, Çevrimiçi Deprem Kataloğu

Akbarov S. D., İpek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinde. CMC-Computers Materials Continua, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099

Akbarov S. D., İpek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. Mechanics of Composite Materials, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4

Akbarov S. D., Negin M., İpek C., Effect of Imperfect Contact on the Dispersion of Generalized Rayleigh Waves in a System Consisting of a Prestressed Layer and a Prestressed Half Plane. Mechanics of Composite Materials, 51(3), 397-404.,2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9510-y

Albakour A., İpek C., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı), Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, 2023, 227-237.

- Altuntaş N., İpek C., Depreme maruz betonarme yapılarda yumuşak kat düzensizliğinin incelenmesi. Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, 2023, 1-10.
- Ekinci N., İpek C., 2023 Farklı Döşeme Tiplerine Sahip Betonarme Binaların Deprem Yükleri Altında Davranışlarının İncelenmesi Conference: Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, (2023)
- Ekinci N. İpek C., Kahramanmaraş Depremlerinde Yıkılan Binaların Temel Nedenleri Ases II. Uluslararası afet kongresi 26-27 Ağustos, 2023, 46- 56, Kahramanmaraş, Türkiye
- Erdil, B., & Gündüz, Y. (2021). Betonarme binalar için perde duvar etkinliğinin belirlenmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(2), 655-669.
- Eroğlu İ., İpek C., [Deprem Yükleri Altında Yapı ve Zemin Etkileşimi](#), International journal of New Horizons in The Sciences (JIHSCI) Volume: 1, Issue: 1 18-27
- Gözükızıl, C. A., & Tezcan, S. (2023). Cumhuriyet'in yüzüncü yılında Türkiye'de afetler: 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremi. Kent Akademisi, 16(Türkiye Cumhuriyetinin 100. Yılı Özel Sayısı| İpek, C., A. H. Kuzucuoğlu, and M. R. Kıstır. "Yapısal olmayan sistemlerin deprem etkileri açısından değerlendirilmesi." IBEEES2015, Burdur 7.9 (2015): 197-206.
- İpek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Presented at 5th International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, pp. 187–199, 2015.
- İpek, C., Deprem etkisi altındaki yapısal olmayan sistemlerin incelenmesi. Proceedings of the Kocaeli 2015 5th International Earthquake Symposium, pp. 187–199, 2015.
- İpek, C., Kuzucuoglu, A.H., Kıstır M.R., 2015."Evaluation of Nonstructural Systems in Terms of Earthquake Effects," International Burdur & Environment Symposium (IBEEES2015), Burdur, Turkey.
- İpek, C., Kuzucuoglu, A.H., 2016."Importance of Kocaeli Earthquake Disaster Risk Reduction (DRR)"International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management DAAYS'16, March 2-4, Karabük University, Karabük, Turkey
- İpek C., Wolff E.D, Constantinou M.C., Accuracy of analytical models to predict primary and secondary system response in seismically isolated buildings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2021, Doi: 10.1016/j.soildyn.2021.106944.
- İpek C, The dispersion of the flexural waves in a compound hollow cylinder under imperfect contact between layers. Structural Engineering and Mechanics, 55(2), 335-348., 2015, Doi: 10.12989/sem.2015.55.2.335
- İpek, C., 2016. "Impact of Nonstructural Systems on Important Structures in Earthquake"International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management DAAYS'16, March 2-4, Karabük University, Karabük, Turkey.
- Koçkaya F., İpek C., Depremde Betonarme Yapılarda Yapı Malzemesinin İncelenmesi Incohis 2023 Spring | May 20-21, 2023 İstanbul/Türkiye | International Congress of New Horizons in Sciences Makaracı, M., İpek, C., 2015."Analysis of Stresses of The Buried Pipeline as Results of Earthquake Effect" 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey
- Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaidh, Mairead Nic; McCloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No. 3, Article 7. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1847>.
- Öztürk, T. (2005). Betonarme binalarda deprem perdelerinin yerleşimi ve tasarımı. İMO İstanbul Şubesi, Meslekiçi Eğitim Kursları.



- Uckan E., Akbas B., Kaya E. S., Cakır F., Ipek C., Makaracı M., Ataoglu S., Design issues of buried pipelines at permanent ground deformation zones, *Disaster Science and Engineering*, 2 (2), 53-58, 2016.
- Utkucu, M., Uzunca, F., Durmuş, H. et al. The Mw = 5.8 2019 Silivri earthquake, NW Türkiye: is it a warning beacon for a big one?. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 113, 107–124 (2024).
- Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018), Ankara
- Wolff E. D., Ipek C., Constantinou M.C., Leo M., Torsional response of seismically isolated structures revisited. *Engineering Structures*, 59, 462-468. 2014, Doi: 10.1016/j.engstruct.2013.11.017
- Wolff E. D., Ipek C., Constantinou M.C., Tapan M., Effect of viscous damping devices on the response of seismically isolated structures. *Earthquake Engineering Structural Dynamics*, 44(2), 185-198., 2015, Doi: 10.1002/eqe.2464.
- Special Issue for the 100th Anniversary of the Republic of Türkiye), 97-114.

## Çelik Yapıların Depreme Dayanıklılığı

Berk ZENGER<sup>1</sup>, Ömer AKGÖL<sup>2</sup>, Cengiz İPEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [berkzenger@hotmail.com](mailto:berkzenger@hotmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: omerakgol@gmail.com; İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr; İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye.

---

### Özet

Depremlerin, yapılar üzerindeki yıkıcı etkileri düşünüldüğünde, yapıların depreme karşı dayanıklı tasarlanması ve depremden minimum derecede hasar alacak şekilde tasarlanması yapı için hayati derecede önemlidir. Çelik yapı sistemi, özellikle üstyapı ağırlıklarının önemli ölçüde azalmasına olanak vermesi sebebiyle özellikle deprem riskinin yüksek olduğu ülkemizde depreme dayanıklı yapı inşası alanında önemli bir sistem olmaktadır. Öz ağırlığının bu kadar düşük olmasına karşın, topladığı toplam yük çok daha fazladır. Bu da çeliğin çok önemli bir yapı malzemesi olmasına sebep olmaktadır. Deprem sırasında yapı malzemesinin en az derecede hasar alabilmesi için sünek davranış göstermesi gerekmektedir. Çelik, sünek davranış göstermesiyle deprem için dayanıklı bir yapı malzemesi olmaktadır. Bunun yanında çok katlı çelik yapıların depreme dayanıklı hale getirilmesi en önemli hususlardan birisidir. Tasarım ve analiz yapılarak dikkatle uygulanması gereken çeşitli aşamalar içerir. Bu aşamalar öncelikle yük analiziyle başlamalıdır. Çelik yapının yapılacağı bölgenin deprem riski gözetilerek ve bölgesel yapı yönetmelikleri incelenerek yapıya etki eden yükler belirlenmelidir. Bu statik ve dinamik analiz aşamasında belirlenen yükler altında yapının nasıl davranacağı ve ne derece performans göstereceği değerlendirilir. Deprem yükleri altında yapının güvenli ve ekonomik olması esas alınarak seçilen doğru temelin belirlenmesi, çelik malzeme ve bağlantı elemanlarının seçilmesi ile tasarım gerçekleştirilir. Bu çalışma, çelik yapıların yapısal özellikleri, depreme dayanıklılığı konusunda ayrıntılı bir inceleme sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik Yapı, Çelik Yapıların Analizi, Deprem, Sünek Davranış

---

### Abstract

Considering the destructive effects of earthquakes on structures, it is vitally important for the structure to be designed to be earthquake resistant and to receive minimum damage from the earthquake. The steel structure system is an important system in the field of earthquake-resistant building construction, especially in our country where the earthquake risk is high, as it allows the weight of the superstructure to be significantly reduced. Even though its own weight is so low, the total load it collects is much higher. This makes steel a very important building material. In order for the building material to receive minimal damage during an earthquake, it must exhibit ductile behavior. Steel is a resistant building material for earthquakes due to its ductile behavior. In

addition, making multi-storey steel structures earthquake resistant is one of the most important issues. It includes various stages that must be carefully implemented through design and analysis. These stages should first start with load analysis. The loads affecting the structure should be determined by considering the earthquake risk of the region where the steel structure will be built and by examining regional building regulations. In this static and dynamic analysis phase, it is evaluated how the structure will behave and how well it will perform under the determined loads. Design is carried out by determining the correct foundation and selecting steel materials and fasteners, based on the safe and economical nature of the structure under earthquake loads. This study provides a detailed review of the earthquake resistance and design of steel structures.

**Keywords:** Analysis of Steel Structures, Earthquake, Ductile Behavior, Steel Structure

---

---

## GİRİŞ

Dünya genelinde yaşanmakta olan doğal afetler, insanların güvenliğini tehdit etmekte ve yapıların dayanıklılığını sık sık sorgulanmasına sebep olmaktadır. Özellikle depremler, yapılar üzerinde büyük yıkıcı etkilere neden olmaktadır ve binlerce insanın hayatını kaybetmesine veya yaralanmasına yol açabilir. Bu sebeple, yapıların depreme dayanıklı bir şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi hayati derecede önemlidir.

Türkiye’de ortalama 35 senede bir şiddetli bir deprem olmaktadır, başka bir deprem ülkesi olan Japonya ise ortalama beş yılda bir şiddetli depremler yaşamaktadır. Buna karşın, depremde ölen kişi sayısı ve maddi hasarlara bakıldığında dünyada Türkiye ilk sıralarda yer almaktadır. Bir deprem ülkesinde yaşadığımız gerçeği göz önünde tutulursa, bu bilinçle yeni yapıların da depreme dayanıklı olarak tasarlanıp inşa edilmesi öne çıkmaktadır.

Bir yapı malzemesi olarak çelik, yapı alanında kullanımı yaygınlaşması amaçlanmaktadır. Depreme dayanıklı yapı malzemesi olarak dünya literatüründe ilk sırada çelik gelmektedir. Çelik malzeme, sünek davranışı, hafifliği ve deprem kuvveti karşısında sağladığı dayanıklılık nedeniyle deprem bölgelerinde inşa edilecek binalar için ideal bir seçimdir. Depreme en iyi yanıt veren malzeme olan çelik, ahşaba göre 21 kat, betonarme (beton ve demir donatı) yapıya göre ise 10 kat daha fazla esneklik gösterir. Kötü zeminli bölgelerde uygunluğuyla, özgül ağırlığının taşıdığı yüke oranının düşüklüğüyle, uzama kapasitesiyle, yük altında şekil değiştirme ve yük kalktığında eski dayanımını koruma özellikleriyle sağlamlığını kanıtlamaktadır. Aynı zamanda betona kıyasla çok daha homojen ve izotrop bir yapıya sahiptir. Özellikle çelik ile beton malzeme özelliği karşılaştırıldığında, çeliğin elastisite modülünün betondan daha büyük olması öne çıkmaktadır. Bu sebeple özellikle yapının elastik davranış göstermesi gereken deprem koşullarında çelik sünek davranış gösterir ve deprem enerjisini yutma kapasitesi betona oranla daha yüksektir.

Çelik yapı sistemleri, özellikle üstyapı ağırlıklarının önemli ölçüde azalmasına olanak sağladığından, ülkemizdeki yüksek deprem riski altındaki bölgelerde depreme dayanıklı yapıların üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, yapısal çelik ve diğer tamamlayıcı yapı elemanlarının kontrollü bir

şekilde ön üretimli olarak temin edilmesini sağlayarak, çok hızlı ve sağlıklı konut üretimine imkan tanımaktadır. Özellikle yüksek deprem riski taşıyan bölgelerdeki kentsel dönüşüm projeleri ve yapı geliştirme projeleri için bu tür sistemlerin kullanılması, uygun sonuçlar doğurmaktadır.

Bu çalışmanın temel gerekçesi yeni yapılar yapılırken veya depremlerde hasar görmüş ya da yıkılmış binaların yerine yenileri yapılırken deprem kuvvetine en sağlıklı cevap verebilen yapı malzemesi olan çelik malzeme kullanımının gerekliliğine dikkat çekmektir.

## **YÖNTEM**

İlk olarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili mevcut literatür taranmıştır. Bir yapının depreme dayanıklı olması için sağlaması gereken koşullar incelenmiştir. Sonrasında çelik yapıların bu koşulları karşılayıp karşılamadığı, bu koşulların yanında sunduğu avantaj veya dezavantajlar ele alınmıştır. Çelik yapıların depreme dayanıklılığı ile ilgili mevcut literatür araştırılmış, bu alan ile ilgili güncel ve önemli çalışmalar takip edilmiştir. Özellikle çeliğin yapı malzemesi olarak özellikleri, elastisite modülü, akma ve kopma gerilmesi gibi parametreler tanımlanmıştır. Bu süreç boyunca çelik yapıların deprem performanslarını analiz eden çalışmalar incelenmiştir. Bu literatür taraması sonrasında özellikle yapı malzemesi olarak çeliğin avantajları ve dezavantajları, bu dezavantajlarının nasıl giderilebileceği belirlenmiştir.

Bir diğer önemli husus, çelik yapıların depreme ve diğer bütün koşullara karşı maksimum düzeyde dayanıklı olarak tasarlanmasıdır.

### **Depreme Dayanıklı Yapı Özellikleri**

Depreme dayanıklı bir yapı tasarlanırken öncelikle yapının hafif olması beklenmektedir. Depremden ötürü yapıya gelen yüklerin yapı ağırlığı ile doğru orantılı olmasından dolayı tasarımda hafif yapı malzemeleri seçimine özen gösterilmelidir.

Bir diğer önemli husus yapının rijitliğidir. Yapı, deprem etkileri altında esnek davranış göstererek salınım yapar ve deprem enerjisinin bir bölümünü hareket enerjisine dönüştürmektedir. Yaptığı yatay deplasmanlar belli sınırları aşmamalıdır. Hafif ve orta şiddetteki depremlerde yanal ötelenmeler büyük ve kalıcı olmamalıdır. Yeterli kadar rijitliğe sahip olmayan yapı elemanlarında hasarlar çok büyük ve kalıcı olmaktadır.

Önemli bir başka özellik ise yapının sünek oluşudur. Sünek yapılar; göçme öncesine kadar büyük salınımlar yapabilen ve plastik hasar görebilen ancak kolay bir şekilde yıkılmayan yapılardır. Enerji tüketimi, elastik sınırlar dışı oluşacak deformasyonlar ile sağlanır. Enerji tüketimine büyük deplasmanlar yapan yapının artan sönüm özelliği ve zemin-yapı etkileşimi de katkıda bulunur. Plastik deformasyonlarla sağlanan enerji tüketimi için yapı elemanlarının sünek olması gerekir.

Yapı gerekli dayanımı sağlayabilmelidir. Deprem dinamik bir olaydır ve depremin yapıya etkisi düşey yüklerin etkisinden daha farklıdır. Yapı elemanlarında depremden oluşan kesit tesirlerinin maksimum değerlerinin belirlenmesi ve yapıda gerekli boyutlamanın yapılarak dayanımının sağlanması gerekmektedir.

## Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sünekliğin Önemi

Bir yapı, deprem etkisine maruz kaldığında, depremin yapıya uygulamış olduğu enerji ve yapının bu enerjiye karşılık verdiği tepki, yapının deprem etkisi altındaki davranışını belirlemektedir. Diğer bir deyişle, depremin binaya uyguladığı enerji ile yapının kinetik enerjisi, geri dönen elastik şekil değiştirme enerjisi, viskoz sönüm enerjisi ve geri dönmeyen (tüketilmiş) enerji arasında bulunan denge, yapının deprem etkisi altında davranışını belirler. Eğer yapının sönüm enerjisi, depremin yapıdan talep etmiş olduğu enerjiye oranla daha büyük ise, o zaman bu enerji sönümle dengelenmektedir. Sönüm enerjisinin, depremin uyguladığı enerjiden küçük olması halindeyse, sönüm enerjisiyle depremin uygulamış olduğu enerji arasındaki fark, histerik enerji ile dengelenir. Bu fark yapının sünekliğini tanımlamaktadır. Bu sebeple süneklik, plastik deformasyonlar sayesinde tüketilen enerjiyi ifade etmektedir ve yapının deprem etkisine karşı koyabilme kabiliyetinin belirlenmesinde, kısacası performansının değerlendirilmesinde rijitlik ve dayanım ile birlikte kullanılan üç temel kavramdan biri olmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının plastik deformasyonlar ile harcanan histerik enerji kabiliyetinin yüksek olması, yani yapının sünekliğinin yüksek olması beklenirken, bu arada dayanım ve rijitliğin azalmaması istenir. Ancak yapının plastik davranışı, oluşan plastik deformasyon sonrası yeniden dağıtılan kesit tesirlerine bağlı olduğu için tahmin edilen göçme yüküne erişmek plastikleşen kesitlerdeki plastik mafsalların konumuyla ilgili olmaktadır. Bu sebeple, plastik mafsallın davranışı ve konumu süneklik miktarını ve dayanımı etkilemektedir. Halbuki plastik analizde istenilen, dayanımda azalma olmadan büyük dönmelerin olabilmesidir. Ancak, elemanlarda gevrek kırılma, lokal burkulma ve eğilmeli-burulmalı instabilite gibi nedenlerle büyük plastik dönmelere ulaşılamamaktadır. Bu nedenle, yapı tasarımında kesitler, plastik dönme kabiliyetine göre sınıflandırılır. Elemanların kesit tesiri-şekil değiştirme ilişkilerinin kesit ve malzeme özelliklerine göre değişmesi, sonuç olarak, yapının enerji sünekliğini etkiler. Enerji sünekliği, yapı sünekliği yani deplasman sünekliği ( $P-\Delta$ ) ile eleman sünekliği yani dönme sünekliğinin ( $M-\theta$ ) toplamı olarak ifade edilir. Eleman sünekliği ise kesit sünekliği yani eğrilik sünekliği ( $M-\theta$ ) ile malzeme sünekliği yani deformasyon sünekliğinin ( $\sigma-\epsilon$ ) toplamı olarak tanımlanır.

Bu sebeple, yapı elemanlarının malzeme ve kesit özellikleri, yapı geometrisi ve ağırlık yükleri, deprem etkisinde yapı davranışını etkileyen önemli faktörlerdir. Yapı tasarımında bu faktörlerin dikkate alınması, yapıların deprem performansını artırmak için kritiktir. Uygun malzeme ve kesit seçimi, enerji sünekliğinin optimize edilmesi için gereklidir ve bu, yapıların güvenliği ve dayanıklılığı açısından büyük önem taşır.

## BULGULAR

### Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Çelik Yapıların Avantajları

Çelik, malzeme olarak yüksek dayanımlı ve hafif bir malzeme olduğundan dolayı taşıyıcı sistemi çelik olan binalarda öz ağırlığının taşıdığı yüke oranla daha küçük olmasından dolayı yapının toplam ağırlığı azalacağından depreme oldukça dayanıklıdır. Yapı ağırlığının düşük olması deprem için istenen bir durumdur.

Betona oranla çok daha fazla esnek olan çelik malzeme deprem titreşimlerine, dinamik yüklere, stabilite sorunlarına uygun bir davranış göstermektedir.

Elastite modülü, diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında, çok yüksektir. Bu sebeple, stabilite problemlerine, dinamik yüklere, titreşimlere uygun bir davranış göstermekte ve sehim problemi olan taşıyıcı sistemlerin boyutlandırılmasında daha ekonomik kesitler elde edilmektedir.

**Tablo1.**Yapı malzemelerinin çeşitli değerleri

Sembol	Beton (C20)	Çelik (S220a)	Ahşap (Çam)	Zemin (Z1)
$f_{ck}$ (MPa)	25	220	24	
$f_{ctk}$ (MPa)	1.8	220	14	-----
E	30 000	200 000	11 000	20
$\nu$	0.2	0.3		0.30
$\gamma$ (kN/	25	78.5		18
$\alpha$ (1/C)	$10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$		

Çekme dayanımı basınç dayanımına eşit, hatta burkulma olayı göz önüne alındığında daha yüksektir. Bu özelliği, çeliğe büyük bir avantaj sağlamaktadır. Sünek bir davranış gösterdiği için büyük bir şekil değiştirme kapasitesi barındırmakta, dolayısıyla, beklenmeyen olağan dışı yük durumlarında, çürük zeminlerde oluşabilecek oturmalarda ve deprem bölgelerinde çok büyük avantaj sağlamaktadır.

Taşıyıcı sistemi çelik olan yapılarda birleşim noktalarının dönebiler olması sebebiyle dinamik enerjiyi azaltmakta ve destek olmaktadır.

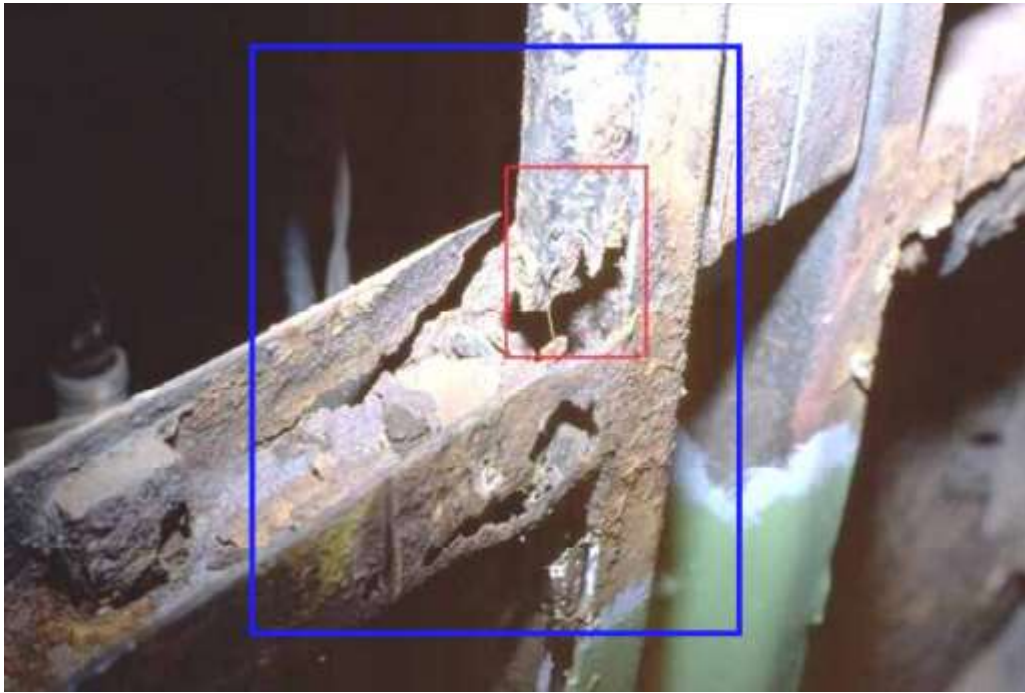
Çelik yapılar, fabrikada ön üretim yapılarak sahaya getirilir ve montaj işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirilir. Bu, projenin tamamlanma süresini önemli ölçüde azaltır ve maliyetleri düşürür. Taşıyıcı elemanların atölyelerde işlenmeleri, inşaatın montaj aşamasında hava koşullarından fazla etkilenmemesine neden olmakta ve dolayısıyla yapım süresi kısalmaktadır. Ayrıca, çelik yapılar, diğer yapı malzemelerinden daha az inşaat atığına neden olur.

Değiştirme ve takviye olanağı çok kolay olduğundan dolayı, elemanlar söküldüklerinde yeniden az bir kayıpla, veya yeniden kullanılmaları önceden planlanmışsa kayıpsız bir şekilde kullanılabilir. Hatta yapının tümüyle sökülüp başka bir yere taşınması olanağı vardır. Restorasyona açıktır ve diğer tür yapıların restorasyonunda da pek çok olanaklar sunar.

### **Çelik Yapıların Oluşabilecek Dezavantajları**

Çelik yapıların maliyeti, diğer yapı malzemelerine nazaran daha yüksektir. Bu, projenin toplam maliyetinin artmasına sebep olabilir.

Çelik, doğal olarak korozyona karşı dayanıklı olmayan bir yapı malzemesidir. Özellikle nemli ortamlarda çelik yapılar paslanma riski ile karşı karşıya kalmaktadır.



Şekil 1. Korozyon sebebiyle oluşan hasar

Çelik yapılar, betonarme yapılara kıyasla daha çok kalifiye elemana ihtiyaç duyarlar. Bu da maliyetin artmasına sebebiyet verebilir.

Çelik, yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldığında hızla yumuşar ve mukavemetini yitirir ayrıca şekil değiştirebilir. Bu, yangın güvenliği açısından bir dezavantaj teşkil eder.

### **Çelik Yapıların Dezavantajlarının Minimuma İndirilmesi**

Çelik yapıların maliyetini azaltmanın yollarından biri, tasarım ve malzeme seçiminde verimliliği arttırmaktır. Maliyeti etkileyen diğer faktörler arasında, montaj sürecindeki verimlilik, malzeme kullanımı ve yerel pazar koşulları bulunmaktadır. Çelik yapılar betonarme yapılara kıyasla, çok daha hafif ağırlıkla daha yüksek dayanım ortaya koyabilir, bu da, yapı malzemesi olarak daha yüksek maliyetli olmasına rağmen daha az malzeme kullanılmasına olanak tanıyarak maliyeti düşürme konusunda önemli bir avantaj olabilir.

Çelik yapıların korozyon riskinin önlenmesinde ise, çelik yapının tasarlanma aşamasında seçilecek uygun detaylar sayesinde bu etki minimuma indirilebilir. Çelik elemanlarda olabildiğince küçük dış yüzey alanları oluşturulmalı, girinti ve çıkıntılar olmadığı düzgün bir yüzey sağlanmalıdır. Suya maruz kalan kesitler için suyu uzaklaştıracak önlemler alınmalı, gerekirse kesit üstü kaplanmalıdır.

Çelik taşıyıcıları yangına karşı korumak için ise püskürtme, plakalarla kaplama, prefabrik levhalarla kutuya alma, kabaran boyalarla boyama, beton ile doldurma ve su ile doldurma gibi yöntemler kullanılmaktadır. Uygulanacak korunma sisteminin seçimi ise estetik görünüm, dayanıklılık, çevre ile uyum, korozyona dayanıklılık, yer gereksinimi ve maliyet gibi birçok sayıda değişkene bağlıdır.

### Çelik Yapıların Tasarlanmasında Önemli Hususlar

Çelik, ideal bir yapı malzemesi olmasına rağmen, çelik yapı sistemleri bazı zafiyetler içermektedir. Bu zafiyetleri önceden öngörüp, tasarım ve inşaat aşamalarında dikkate almamız gerekmektedir. Günümüzde çelik yapılarda yaygın olarak kullanılan iki tür taşıyıcı sistem bulunmaktadır: geleneksel kiriş-kolonlardan oluşan moment çerçeveler ve çaprazlı çerçeveler. Katlar arası deplasmanların sınırlandırılması önem taşımaktadır. Merkezi çaprazlı çelik çerçeveler, büyük yanal rijitliğe sahip iken, enerji tüketimi çaprazların burkulmasını tetikler. Dışmerkez çaprazlı çerçeveler ise her iki tehlikeyi giderir. Bu sistemlerde kullanılan bağ kirişi deprem sırasında enerjinin düzgün şekilde emilmesini sağlar. Bağ kirişleriyle yapılan çalışmalarda kısa bağ kirişlerinin kesmeye, uzun bağ kirişlerinin ise kısa bağ kirişlerinin aksine eğilmeye çalıştığı görülmüştür. Burada çelik bir bina, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-2018 yönetmeliğine göre çaprazsız çerçevelerden, merkezi çaprazlı çerçevelerden ve farklı dış merkez çaprazlı çerçevelerden oluşturularak statik itme analizine tabi tutulmuştur.

**Tablo 1.** Binaya Ait Özellikler.

Kriterler	1. Model	2. Model	3. Model	4. Model
Kat Adedi	5	5	5	5
Z. Kat Kat Yüksekliği (m)	4	4	4	4
1., 2., 3., 4. Kat Kat Yüksekliği (m)	3,5	3,5	3,5	3,5
"X" Yönü Açıklığı (m)	6	6	6	6
"X" Yönü Çerçeve Adedi	7	7	7	7
"Y" Yönü Açıklığı (m)	6	6	6	6
"Y" Yönü Çerçeve Adedi	4	4	4	4
Çerçeve Tipi	MRF	EBF	EBF	EBF
Çapraz Bağlantı Adedi	-	40	40	40
Çapraz Bağlantı Tipi	-	V	Ters V	Diyagonal

Yapılan analizler sonucu, dış merkezli çapraz bağlantıları olan binaların herhangi bir çapraz bağlantısı bulunmayan binalara oranla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Bununla beraber çapraz bağlantı türlerinin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı durumları olduğu da görülmüştür.

Öncelikle tüm bina modellerinin kesit optimizasyonu yapıldıktan sonra toplam bina ağırlığı ve kullanılan yapısal çelik malzemesi miktarı bakımından karşılaştırmaları yapılmış ve dış merkez çelik çaprazlı modellerin daha ekonomik olduğu görülmüştür.

**Tablo 2.** Ağırlık Karşılaştırmaları.

Kategoriler	1. Model	2.Model	3.Model	4.Model
1-Toplam Bina Ağırlığı (ton)	2167,60	2114,11	2002,11	2116,72
2-Kullanılan Toplam S275 Yapısal Çeliği (ton)	167,82	141,37	137,00	151,30
3-Kullanılan Toplam S355 Yapısal Çeliği (ton)	80,40	53,36	49,52	46,04
4-Kullanılan Toplam Yapısal Çelik (ton)	248,22	194,73	186,52	197,34

Tablo 2 incelendiği zaman çapraz bağlantı türlerinin de birbirinden farklı sonuçlar verdiği ve en avantajlı çapraz bağlantı sisteminin dış merkezli “Ters V” çapraz sistem olduğu görünebilir.

Bir diğer karşılaştırma kriteri olarak ise yatay yükler etkisi altında bina tepe ötelenmeleri incelenmiş ve dış merkez çelik çaprazlı modellerin daha rijit olduğu ve dış merkez “Ters V” çaprazın bina rijitliğine en çok destek sağlayan çapraz türü olduğu görünebilir. Tablo 3’ te modellerin tepe noktası ötelenme değerleri verilmiştir.

**Tablo 3.** Bina Tepe Noktası Ötelenme Değerleri.

Kategoriler	1. Model	2.Model	3.Model	4.Model
X Yönü Yatay Ötelenme (mm)	69,57	26,54	25,24	29,014
Y Yönü Yatay Ötelenme (mm)	90,76	28,31	22,13	24,54

Çaprazlı ve çaprazsız olarak gerekli yüklemeler yapılarak tasarımı yapılan çelik bir yapının analiz ve araştırma sonuçları değerlendirildiği zaman dışmerkez çaprazlı modellerin herhangi çapraz bağlantısı olmayan yapı modeline oranla çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. Çapraz bağlantıya sahip modellerin çaprazsız çelik yapı modeline oranla daha rijit olması ve dış merkezli çaprazların eksenel yük taşıma özelliği sayesinde yapısal sistem kesitlerinde küçülme gözlemlenmiş, bu sayede ekonomik ve statik açıdan daha uygun yapılar modellenebilmektedir.

Çapraz bağlantı sistemi bulunan yapı modellerinin depremin etkilerine karşı bir diğer avantajı ise sistem kesitlerinin küçülmesi sonucu toplam bina ağırlığının azalmasıyla, binaya etkiyecek deprem yüklerinin

doğru orantılı olarak azalmasıdır. Bu nedenle çapraz bağlantı sistemi bulunan yapı modellerinin depreme karşı daha dayanıklı olduğu söylenebilir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında, öncelikle depreme dayanıklı bir yapının sahip olması gereken özellikler belirlenmiştir. Özellikle ülkemiz gibi depremlerin sıkça görülebileceği ülkelerde yapı tasarlanırken en öncelikli hedef yapının depreme karşı dayanıklı olmasıdır. Yapının depreme karşı dayanıklı olması için belli başlı sahip olması gereken özellikler vardır. Çelik, yapı malzemesi olarak özellikleri bakımından bu istenen özellikleri birebir karşılamaktadır.

İnşa edilecek yapıların geliştirilen stratejiler doğrultusunda deprem yönetmeliklerine, kentsel politikalara ve yasal imarlara uyularak yapılması gerekmektedir. Bunun yanısıra deprem bölgelerine yapılacak olan binalarda yapı malzemesi seçimi kritik derecede önemlidir. Deprem bölgelerinde çelik yapı malzemesi tercih edilmesi çeliğin depreme karşı sağladığı mukavemet açısından büyük avantaj oluşturur. Ayrıca yapısal çelik hafif olması nedeniyle depremin binaya uyguladığı kuvveti en aza indirebilmektedir.

Deprem genel olarak dünyanın yer kabuğunda meydana gelen bir takım kırılmalar (fay) nedeniyle titreşimlerin oluşması ve bu titreşimlerin dalga halinde yeryüzünde yayılarak geçtiği alanları bu kuvvet ile sarsmasıdır. Sarsılan yeryüzünde çeşitli deformasyonlar oluşturabilen deprem kuvveti, mevcut yapılarda da hafif, orta dereceli ya da ağır hasarlar bırakmaktadır. Deprem kuvvetini incelediğimizde kütle ve hareketten kaynaklanan ivme deprem kuvvetini oluşturmaktadır. Bahsedilen ivme yer hareketinden dolayı binada oluşan ivmedir. Buna göre deprem kuvvetini boyutunu ivme ve kütle etkilemektedir. Bu da kütle veya ivme katsayıları azalınca depremin etki ettiği kuvvet azalması anlamına gelmektedir. Depremin ivmesini değiştirilebilmesi mümkün olmayacağı için buradaki çözüm depreme maruz kalan kütleyle değiştirmektir. Deprem kuvvetine maruz kalan yapının kütlesi büyüdükçe yapıda oluşacak olan atalet kuvveti de o kadar büyümüş olacaktır. Buradan anlaşılacağı gibi depreme dayanıklı yapılar inşa etmenin öncelikli yolu hafif binalar yapabilmektir. Yapı malzemeleri arasında en hafif olanlarından birisi çelik malzemedir. Çelik malzeme, betonarme ve ahşap yapı malzemelerine oranla çok daha hafif ve esnek bir yapıdadır. Hafif olması yukarıda bahsedilen duruma örnek teşkil etmekte ve binaya etkileyen toplam deprem kuvvetini azaltması sebebiyle depremin yıkıcı etkisini azaltabilmektedir. Bunun yanında esnek bir yapıya sahip olan çelik malzeme beton gibi kırılğan ve gevrek bir malzeme olmadığından dolayı depremin binaya etkileyen kuvvetini sönümleyebilmektedir.

Betonarme bir yapıda, yüksek büyüklükte bir deprem olduğu zaman beton ve çelik arasındaki bağ dayanamayabilir. Bu durum çelik yapılar için geçerli değildir. Çelik, yüksek deprem bölgelerinde çok daha güvenli bir seçenektir. Ayrıca, çeliğin duktal özelliği yüksektir, betonun ise düşüktür. Ancak günümüzde, çelik yapılar, daha düşük deprem duyarlılığına sahip bölgelerde bile en kötü senaryoya karşı koruma sağlamak için kullanılmaktadır. Deprem etkileri altında bir yapının enerji yutması isteniyorsa yapı malzemesinin sünek davranışı gereklidir. Çeliğin, kopmadan büyük deformasyon yapabilme özelliği yani büyük bir şekil değiştirme sığası olması ve yüksek dayanımı, malzemeyi deprem bölgelerinde inşa edilecek olan yapılar için ideal bir malzeme durumuna getirmektedir.



Çelik malzeme %100 geri dönüştürülerek kullanılabilirdiğinden dolayı sürdürülebilir bir form sağlamakta ve çevre dostu olmaktadır. Çelik elemanlardaki form zenginliği ve çelik türlerinin çeşitliliğiyle mühendislere daha yaratıcı ve estetik yapılar yapabilme olanağı tanımaktadır. Yapı ürünleri bir standarda göre üretildiği için denetimi kolaydır ve tahmin edilenin aksine çelik yapılar ekonomiktir. Çelik konstrüksiyon gökdelenler gibi çok katlı bina yapabilmeye ve geniş açıklıkları kolonsuz geçebilmeye imkan tanır.

Çelik yapılarla ilgili çok önemli bir husus çelik yapının tasarlanmasıdır. Özellikle somut veriler ışığında dış merkezli çapraz bağlantılara sahip olan çelik yapıların daha iyi performans gösterdiği açıkça görülmüştür.

Sunduğu avantajların yanında çelik yapılar bazı dezavantajlarla da karşımıza çıkmaktadır. Özellikle bu dezavantajlardan ilk olarak maliyetinden bahsedilebilir. Burada özellikle yapı malzemesi olarak daha maliyetli bir malzeme olması dikkat çekmiş olup, bunun yanında daha hafif olması ve hafif ağırlıklarda yüksek mukavemet sunması maliyeti düşürür niteliktedir. Özellikle bu konuda inşa öncesinde bir maliyet karşılaştırması gerektirdiği söylenebilir.

Bunun yanında ikinci bir büyük dezavantaj olarak korozyona uğraması gelmektedir. Bu konuda da çeşitli çözümler öne çıkmaktadır.

Bir diğer dezavantajı olarak yangına karşı dayanıksız olması örnek gösterilebilir. Bu konuda da özellikle kaplamalar bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle bu sunduğu dezavantajların minimuma indirilmesinde ve çelik yapının depreme daha da dayanıklı olması konusunda çelik yapının tasarımı ve analizi çok kritiktir.

Ülkemizin özellikle bir deprem ülkesi olduğu gerçeği göz önüne alınarak, çelik yapıların sayısının artması gerektiği bir gerçektir. Özellikle maliyeti sebebiyle tercih edilmese de önümüzde oluşabilecek depremlere hazırlık sağlanmasının en kritik yolu dayanıklı yapılar inşa etmekten geçmektedir. Bu açıdan bakıldığı zaman çelik yapıların özellikle okul, hastane gibi fazla sayıda insanın bulunduğu ve barındığı yapılarda yaygınlaşması gerekmektedir.

## **KAYNAKÇA**

Albakour A., İpek C., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı), Ases Uluslararası Afet Kongresi, Kayseri, 2023, 227-237.

Akkoç Çelik Yapı Sistemleri AŞ, 2009, Deney raporu, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

TS 648, 1980, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

ŞİRİKÇİ, İ., 2006, Çelik Bir Sistemin Elastik ve Plastik Analiz Sonuçlarının Betonarme Sistemle Maliyet Karşılaştırması. Kahramanmaraş

Hajjar F.,(2000). Concrete-Filled Steel Tube Columns Under Earthquake Loads, Minnesota



Aghayere, A. ve Vigil, J. (2015). Structural Steel Design, A Practice-Oriented Approach 2'nd Edition, Pearson Education Prentice Hall, USA

GÜNER, F., 2006, Çok Katlı Çelik Yapılarda Deprem Performansının Belirlenmesi ve Doğrusal Olmayan Davranışın İncelenmesi. İstanbul.

FAZLUR, R., New Structural Systems for Tall Buildings and Their Scale Effects on Cities. Nashville, Tennessee, ABD.

ATEŞ, A., 2006, Çelik Yapıların Deprem Analizi ve 1997 ile 2006 Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması. İstanbul.

Demirel, F. ve Özkan, E. (2003). Çelik Yapı bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(4), 89-107.

Ay, Z., Çelik, İ. D., Kıymılı, N.A. (2010). Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansı Üzerine Bazı Değerlendirmeler, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(1), 7-17

## Tarihi Yapıların Dinamik Olarak İncelenmesi

Nazif EKİNCİ<sup>1</sup>, Cengiz İPEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [38nazifekinci38@gmail.com](mailto:38nazifekinci38@gmail.com); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr](mailto:cengiz.ipek@medeniyet.edu.tr); İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

---

### Özet

Tarihi yapılarla ilgili olarak son zamanlarda hazırlanan restorasyon projeleri ile gerçekleştirilen onarım ve güçlendirme çalışmaları, inşaat mühendislerinin, bu özel konuya yaklaşımındaki yetersizliklerini ortaya çıkarmıştır. İnşaat Mühendisliği Lisans ve Lisansüstü eğitiminde “kargir yapı tasarımı ve koruma ilkeleri” kapsamlı bir konunun yer almaması ve eğitimin ötesinde bu bilincin gelişmemesi, mühendislerin anıt niteliğindeki bir yapıya, 50 yıllık sürede geliştirilen tasarım kriterlerini uygulamaya çalışması ile sonuçlanmaktadır. Tarihi yapılara ne şekilde yaklaşılması gerektiği, gerçekte çok disiplinli, kapsamlı bir çalışmayı gerektirmekte olup, tek ölçüt var olan deprem tehlikesi nedeniyle “ne olursa olsun yapı güvenliği” değildir. Bölge Kültür ve Tabiat Varlıkları Kurullarınca tescil edilmiş yapılara “eski eser”, “tescilli yapılar” ya da “tarihi yapılar” denilmektedir. Bu tür yapılarda bir restorasyon projesi kapsamında yapılacak olan her türlü onarım ve güçlendirme işlemi için ilgili Kültür ve Tabiat Varlıkları Kurulu’na bir proje ile başvurarak izin almak gerektiği açıktır.

Tarihi Süleymaniye Camii'nin yapısal sisteminin tanımlanması, deprem davranışı ve performansının belirlenmesine yönelik araştırma projesinin ilk adımı olarak, hem çevrel titreşim deneyleri ile ve hem de üç boyutlu sonlu elemanlar analiz ile yapının doğal titreşim frekansları ve modları elde edilmiştir.

**Mostar Köprüsü gerek mühendisliğiyle gerek coğrafi konumuyla gerekse de hikayesiyle günümüzde ihtişamlı bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Biz de bu yazımızda bu tarihi yapının teknik ve mimari özelliklerinden bahsedeceğiz.**

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi yapıların dinamik etkileri, Süleymaniye Camii, Mostar Köprüsü

---

### Abstract

Recent restoration projects and repair and reinforcement works on historical buildings have revealed the inadequacy of civil engineers in their approach to this particular issue. The lack of a comprehensive subject "masonry building design and conservation principles" in Civil Engineering

undergraduate and graduate education and the failure to develop this awareness beyond education results in engineers trying to apply design criteria developed over a period of 50 years to a monumental structure. How to approach historical buildings actually requires a multi-disciplinary, comprehensive study, and the only criterion is not "building safety no matter what" due to the earthquake hazard. Buildings registered by the Regional Cultural and Natural Heritage Boards are called "old works", "registered buildings" or "historical buildings". It is clear that for any repair and reinforcement work to be carried out within the scope of a restoration project in such structures, it is necessary to obtain permission by applying to the relevant Cultural and Natural Heritage Board with a project.

As the first step of the research project aimed at defining the structural system of the historical Süleymaniye Mosque and determining its earthquake behavior and performance, the natural vibration frequencies and modes of the structure were obtained by both environmental vibration experiments and three-dimensional finite element analysis.

Mostar Bridge appears as a magnificent structure today, with its engineering, geographical location and story. In this article, we will talk about the technical and architectural features of this historical building.

**Keywords:** Dynamic examination of historical buildings, Süleymaniye Mosque, Mostar Bridge

## GİRİŞ

Tarihi yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılması modern toplumların en önemli sorumluluklarından birisidir. Bu yapılar sadece kültürel miras olarak toplumsal hafızanın önemli bir unsuru olmakla kalmayıp aynı zamana turizme de ciddi katkılar sunmaktadır. Tarihi yapıların deprem, trafik, rüzgâr vb. gibi dinamik etkiler altındaki davranışlarının belirlenmesi önemli bir husustur. Yapıda oluşmuş veya oluşabilecek hasarların tespiti, koruyucu ya da onarıcı önemlerin alınması gerekmektedir. Tarihi yapıların yapısal davranışlarının belirlenmesi için birçok araştırmacı farklı yapılar üzerinde deneysel ve teorik çalışmalar yapmışlardır. (Çalık vd.2016) çalışmalarında tarihi Dürbinar Camisi'nin restorasyon öncesi ve sonrası durumlarında deneysel modal analizini gerçekleştirmişlerdir.18. yüzyılda inşa edilen caminin mod şekilleri ve malzeme özellikleri deneysel modal analiz yöntemiyle belirlenmiştir. (Köseoğlu ve Canbay ,2015) çalışmalarında tarihi Cenabı Ahmet Paşa Camisi'ni ele almışlardır. Yapının sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve çevresel yükler altında yapının davranışı belirlenmeye çalışılmıştır. Yapıda oluşan çatlakların sebepleri belirlenmiş ve onarım önerileri sunulmuştur. (Şeker, 2011) doktora tezinde Mimar Sinan Camilerinin statik ve dinamik yükler altında davranışlarını teorik olarak irdelemiştir. Bayraktar vd., (2007) çalışmalarında tarihi Trabzon Ayasofya Cami'nin minaresi üzerinde deneysel titreşim testi ile çalışmalar yapmışlar ve minarenin dinamik karakteristiklerini belirlemişlerdir. Yapılan çoğu çalışmada ele alınan tarihi yapının sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve deneysel titreşim testleri kullanılarak sonlu eleman modelleri kalibre edilmiştir. Ancak deneysel titreşim testleri, hem testlerin yapılma aşamasında oluşabilecek hatalar hem de deney düzeneğinin tedarik sorunları sebebiyle her bir yapı için bu işlemin gerçekleştirilmesi oldukça zahmetli ve pahalı bir işlem olabilmektedir. Depremde hareketleri ve yüzey dalgaların etkisi(Akbarov ve İpek, 2010;2012;2015, Akbarov ve diğ., 2015; İpek,2015, Nalbant ve diğ. 2023, Utkucu ve diğ. 2024) altyapı ile ilgili oluşan tahribatlar(Uçkan ve diğ., 2015, Makaracı ve İpek 2015)yapılar üzerinde yıkıcı hasarlar meydana getirmektedir.

Sismik olarak dünyanın en aktif bölgelerinden birisi olan Anadolu yarımadası pek çok medeniyetin izlerini taşıyan tarihi yapıya ev sahipliği yapmaktadır. Mimari kültür mirasımızın depremlerin yıkıcı etkilerinden korunabilmesi için bu yapıların dinamik davranışlarının gerçekçi yaklaşımlarla belirlenmelidir ki; bu da yapısal incelemede taşıyıcı sistem ve malzeme özelliklerinin mümkün olan en doğru şekliyle tespitini gerektirmektedir.

Çalışmada örnek olarak; İstanbul'da bulunan Süleymaniye Cami, Bosna Hersek'in Mostar şehrinden geçen nehri üzerinde bulunan Mostar Köprüsünü ele alacağız. Bu yapıların, önemli tarihi, mimari ve statik tasarımlarının yanı sıra deprem ve savaş bölgelerinde bulunması nedeniyle ya restorasyon geçirmiş ya da Mostar Köprüsü gibi baştan yapılmış olması bu çalışmada tercih sebebi olmuştur.

## YÖNTEM

### Doğal Titreşim Mod ve Frekanslarının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Hesaplanması

Süleymaniye Camii'nin doğal titreşim frekanslarının analitik olarak hesaplanabilmesi için, caminin taşıyıcı sistemi tümü ile üç boyutlu sonlu elemanlar kullanılarak idealleştirilmiş ve serbest titreşim (özdeğer) analizi yapılarak doğal titreşim modları ile bunlara karşı gelen doğal titreşim frekansları sayısal olarak elde edilmiştir. Üç boyutlu sistem idealleştirilmesinde ve serbest titreşim analizinin yapılmasında LUSAS (FEA, 1994) adlı bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. Süleymaniye Camii'nin üç boyutlu sonlu elemanlar modeli üç boyutlu "solid" ve kabuk sonlu elemanlarından oluşmaktadır. Toplam sonlu eleman sayısı 2625'tir. Yapılan serbest titreşim (özdeğer) analizi sonucunda elde edilen yanal ötelenme ve burulma modlarına ait grafik sonuçlar ile bunlara karşı gelen doğal titreşim frekansları verilmiştir. Hesaplanan frekanslar, düşey titreşim (Tablo 1) verilmiştir

Tablo 1. serbest titreşim analiz sonuçları(FEA, 1994)

Titreşim Modu	Frekans
Kuzey-Güney doğrultusunda yatay öteleme metodu	3,26 Hz
Doğu-Batı doğrultusunda yatay öteleme metodu	3,26 Hz
Kuzey-Güney doğrultusunda açılma kapanma metodu	3,26 Hz
Kuzey-Güney ve Doğu-Batı doğrultusunda açılma kapanma metodu	3,26 Hz
<b>Kuzey-Güney doğrultusunda yatay öteleme metodu</b>	<b>3,26 Hz</b>

Bu frekansların, çevrimli titreşim deneylerinden bulunan frekanslara çok yakın olduğu görülmektedir. Aradaki küçük farkların, bu denli büyük ve karmaşık bir taşıyıcı sistem ve bu

sisteme ait sonlu elemanlar modelinin karmaşıklığı göz önüne alındığında kabul edilebilir mertebede olduğu söylenebilir.

### **Doğal Titreşim Frekanslarının Gerçek Deprem Kayıtlarından Yararlanılarak Belirlenmesi**

Süleymaniye Camii'nin gerçek depremler altında performansının sürekli olarak gözlenmesi ve izlenmesi amacı ile, 1994 yılı başında camiye dokuz adet kuvvetli yer hareketi kaydedicisi yerleştirilmiştir. İki yatay ve düşey olmak üzere üç deprem bileşeni için aynı anda kayıt alabilen kaydedicilerin biri cami dışında bahçe zeminine, diğer sekiz kaydedicinin dördü fil ayaklarının tepelerine ve diğer dördü ise ana kemerlerin tepe noktalarına konulmuştur.

İstanbul'da 28 Mayıs 1994 millinde meydana gelen çok düşük şiddetli deprem, bu cihazların caminin içine yerleştirilen sekizi tarafından kaydedilmiş, ancak bahçe zeminine yerleştirilen cihaz, tetiklenemediği için kayıt alamamıştır. Örnek olarak güney kemerinin tepesine konulan cihazın kuzey-güney doğrultusunda kaydettiği deprem kaydı verilmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, Süleymaniye Camii'nin doğal titreşim frekansları bu kez de kaydedilmiş gerçek deprem kayıtlarından yararlanılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Ancak çok düşük sinyal/gürültü oranları nedeni ile ilk üç doğal titreşim modu (iki yatay öteleme modu ve burulma modu) ile düşey titreşim moduna ait frekanslar elde edilebilmiştir. Spektral analiz sonucunda doğal titreşim frekansları aşağıdaki şekilde elde edilmiştir (*Tablo 2*).

*Tablo 2. Spektral analiz analiz sonuçlar ((FEA, 1994)*

Titreşim Modu	Frekans
Kuzey-Güney doğrultusunda yatay öteleme modu	3,38 Hz
Doğu-Batı doğrultusunda yatay öteleme modu	3,42 Hz
Burulma modu	3,26 Hz
Düşey titreşim modu	3,26 Hz

Görüldüğü gibi, elde edilen doğal titreşim frekansları, bazı küçük farklar dışında, çevrel titreşim deneylerinden elde edilen frekanslarla aynıdır. Bu sonuç, gerek yapılan çevrel titreşim deneylerinin ve gerekse uygulanan analiz yönteminin sağlığı hakkında iyi bir fikir vermektedir. Süleymaniye Camii'nin yapısal sisteminin tanımlanması, deprem davranışı ve performansının belirlenmesine yönelik ilk adım olarak, yapının temel dinamik karakteristikleri olan doğal titreşim frekansları hem deneysel hem de analitik olarak elde edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında doğal frekanslar, canide yapılan çevrel titreşim deneylerinden elde edilen kayıtların işlenmesi sonucunda bulunmuştur. İkinci aşamada ise, Süleymaniye Camii'nin üç boyutlu sonlu elemanlar modeli kurulmuş ve bu model üzerinde yapılan serbest titreşim analizleri ile doğal titreşim modları ve bu modlara karşı gelen doğal titreşim frekansları analitik olarak hesaplanmıştır. İki seri sonuç arasındaki farklar kabul edilebilir mertebede olmuştur.

Nihayet, Süleymaniye Camii'ne 1994 yılı başlarında yerleştirilmiş bulunan dokuz adet kuvvetli yer hareketi kaydedicisi ile 28 Mayıs 1992'de meydana gelen küçük şiddetli bir depremin üç bileşeni de kaydedilmiş ve bu deprem kayıtlarından yararlanılarak hesaplanan doğal titreşim frekansları ile, daha önce gerek deneysel ve gerekse analitik olarak elde edilmiş bulunan frekans değerleri bir kez daha doğrulanmıştır.

## **BULGULAR**

### **Mostar Köprüsü'nün Nümerik Olarak Modellenmesi**

Yapısal davranışın sayısal olarak modellenmesinin zorlukları, diğerlerinin yanı sıra, yapıların gerçek geometrisini ve malzemelerin gerçek davranışını mümkün olduğunca doğru bir şekilde tanımlama ihtiyacında yatmaktadır. Yapıların geometrisini belirlemek için uzay (3D) modelleri en doğru olanlardır, ancak aynı zamanda en zorlu olanlardır. Bunlar, malzemelerin uygun sayısal davranış modelleri, daha basit geometri modellerine (örneğin 2D veya çubuk sistemleri) göre düzenli olarak daha az karmaşık ve daha az güvenilirdir. Yapıların davranışı, daha basit ve daha şeffaf analiz içeren basitleştirilmiş bir geometri modeli kullanılarak ilgili yükler için yeterli hassasiyetle tanımlanabiliyorsa ve özellikle malzemelerin davranışı için güvenilir bir sayısal model kullanılıyorsa, karmaşık uzay modellerinden ziyade bu tür modeller tercih edilmelidir.

Köprü düzlemindeki dikey statik yükler, sıcaklık değişimleri ve sismik ivmeler için, Eski Köprü'nün davranışı, düzlem içi bir geometri modeli (uygun genişlikte elemanlarla düzlem gerilimi) ile güvenilir bir şekilde tanımlanabilir. Bu analizde, düzlem içi yığma yapıların statik ve dinamik analizi için daha önce geliştirilmiş bir sayısal model ve ilgili bilgisayar programı kullanılmıştır. Model, yığma duvarların davranışının modellendiği bölümde kısaca açıklanacaktır. Duvarlar için farklı elastikiyet modülleri, kayma modülleri, mukavemet değerleri ve birbirine dik iki yönde sınır deformasyonları ile anizotropik bir davranış modeli kullanılabilir. Sıkıştırma duvarların plastikleşmesi ve ezilmesi, Gerilmelerde duvarlarda çatlakların açılması ve sıkıştırma kapanması, Çatlak duvarların çekme ve kesme sertliği, Kesmenin duvarların başarısızlığına etkisi gibi.

Duvarların hem makro modeli hem de mikro modeli kullanılabilir. Makro modelde, duvarların karmaşık davranışı (harçla veya başka bir bağlantı maddesiyle bağlanmış duvar blokları), temsili mekanik özelliklere sahip ikame malzeme kullanılarak açıklanmaktadır. Mikro modelde, duvar elemanları arasındaki derz (harç) seviyesinde ve ayrıca harç ile duvar elemanı arasındaki bağlantı seviyesinde simülasyon mümkündür. Plaka ve çubuk temas elemanları, farklı malzemeler arasındaki bağlantı yüzeyinde normal ve kesme gerilmeleri arasında çeşitli bağlantılarla kullanılabilir. Duvarların makro modeli ile analizi, duvar mikro model analizine kıyasla daha basit, daha şeffaf ve daha az zaman alıcıdır. Duvar makro modeli özellikle büyük boyutlu gerçek yapılar için uygundur. Mikro model yalnızca uzamsal olarak basit yapılar için uygundur.

## **SONUÇ VE TARTIŞMA**

Yöntem kısmında bahsettiğimiz Süleymaniye Camii'nin modellenmesine, bulgular kısmında ise Mostar Köprüsü'nün analizinden aldığımız sonuçlara göre tarihi yapıların korunması için dinamik etkilerini anlamak ve buna uygun önlemler alınmalıdır. Alınacak önlemler ve hesaplamalar bu çalışmada yer

almasa da bu çalışma, yapılacak çalışmalar için bir ön çalışma olacaktır. Mostar Köprüsü Tanelia taşından oluşmaktadır, teknik özellikleri Tablo 3.de verilmektedir

**Tablo 3.** *Mostar Köprüsü teknik özellikleri*

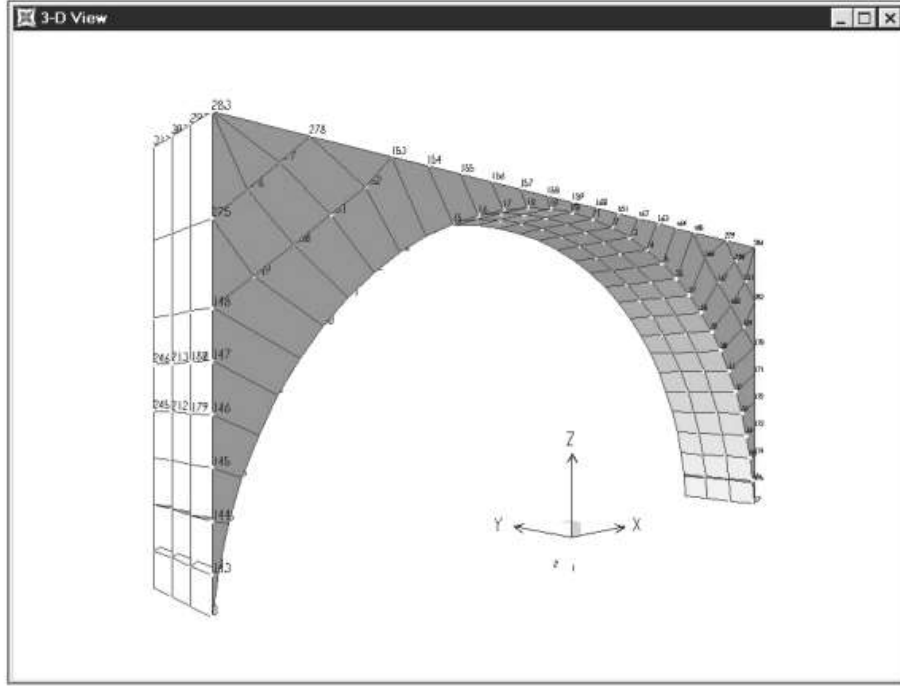
Uzay kütlesi 1977 kg/m <sup>3</sup>
Gözeneklilik 24,4 %
Su emme 9,47 % Doygunluk katsayısı 0,67
Kuru halde basınç dayanımı 32,9-45,0 MPa
Suya doymuş durumda basınç dayanımı 27,2-36,2 MPa
Donma direnci kalıcı değildir.

Malzeme özellikleri gereği, özellikle gözenekli yapısı, su emme oranı, kütle/ dayanım oranı bize köprünün düzenli olarak bakıma alınması gerektiğini göstermektedir. International Scientific Symposium'un 2008 de yaptığı çalışmaya göre köprünün deprem ve gerilme analizleri modellenmiştir. Çalışmaya bu analizler eklenerek köprünün etki altında oluşu etkiler gösterilmek istenmiştir. Silivri Köprüsü dışında bütün köprülerinde sivri kemeri tercih eden Sinan, ayak formları için ise suyun şiddetini dikkate alarak değişik uygulamalar yapmıştır. Taş kemerli köprüler kullanılan malzemenin dayanım sınırlarından dolayı karakteristik geometrik formlara sahiptirler. Özellikle açıklık ve kemer kalınlığı arasında çok belirgin bir oran vardır. Daha önce de söz edildiği gibi, taş veya tuğla yığma yapım tekniği ile inşa edilmiş yapıların yapısal analizi çok karmaşık ve özenle yürütülmesi gereken bir işlemdir.

Özellikle bu tür yapıların restorasyon ve yapısal onarım işleri için yapılan hesaplarda, doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin, taş veya tuğlanın örgü deseninin, harç veya diğer bağlayıcı malzemelerin mekanik özelliklerinin çok iyi bir şekilde tanımlanması gereklidir. Bu bilgilerin tam olarak elde edilememesi ya da göz ardı edilmesi yapılan analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği hakkında şüpheler oluşturabilir. Bu nedenle, yapının strüktürel davranışının belirlenmesi ve taşıyıcı sistemin zayıf olduğu yerlerinin saptanması amacıyla, öncelikle yapının geometrik boyutları doğru bir şekilde göz önüne alınarak elastik analiz yapılmalıdır. Bu çalışmada, taş kemerli köprüler için kolay ve hatasız yapısal analiz teknikleri geliştirmek amacıyla, açıklık yükseklik-kemer kalınlığı oranlarına göre, tipik bir taş kemerli köprü formu oluşturulmuştur. Kemer davranışını en iyi yansıtan örneklerden biri Mostar Köprüsüdür. Bu nedenle, hazırlanan prototip model Mostar Köprüsü'ne geometrik oranlar bakımından büyük benzerlikler göstermektedir.

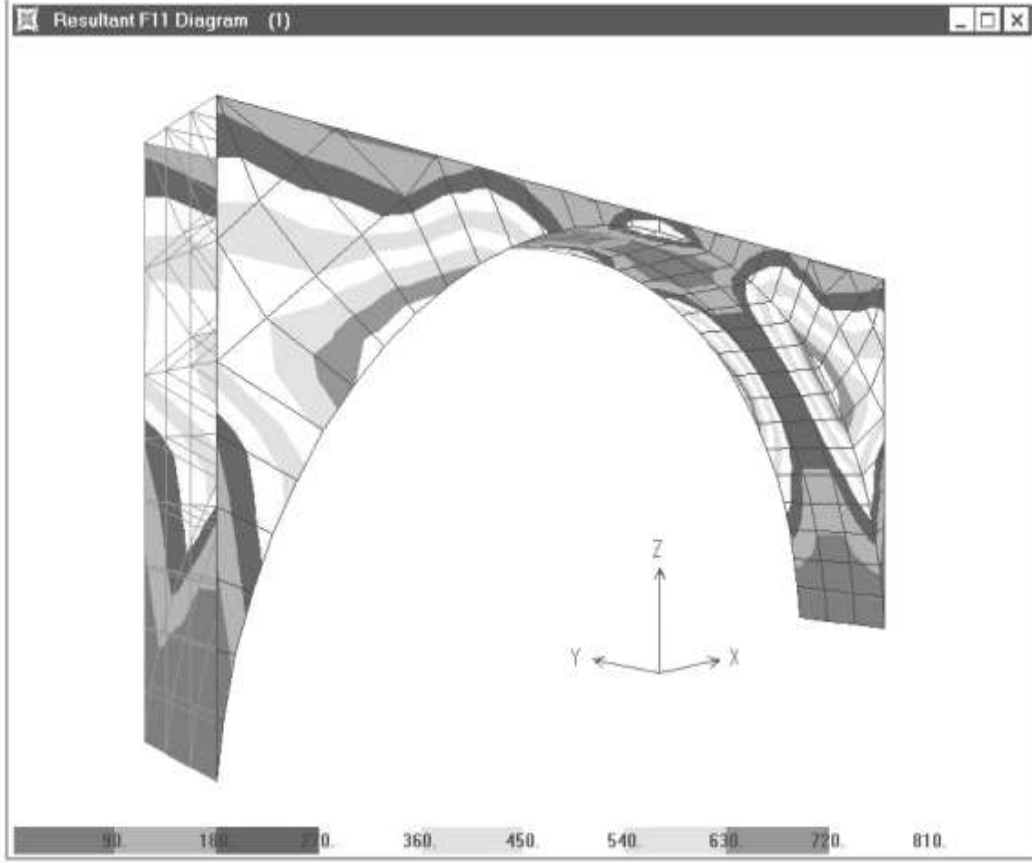
Hazırlanan prototip kemerin açıklığı 30 metre, yüksekliği 13 metre ve genişliği ise 4.5 metredir. Sonlu elemanlar modelinde, bu tür yapı örneklerinde çok sık olarak kullanılan taşın malzeme özellikleri dikkate alınarak, elastisite modülü  $E=20000$  MPa kabul edilmiştir. Prototip modelde kemer ve yan duvarlar genel kabuk (SHELL) elemanları ile modellenmiştir. Yan duvarlar arasındaki dolgu malzemesi

ise 3-boyutlu (SOLID) elemanlarla modellenmiştir. Dolgu malzemesinin, yapının yük taşıma mekanizmasına aktif olarak herhangi bir katkısı yoktur. Ancak, köprünün genel stabilitesi ve kullanım gereksinimlerinden dolayı bu dolgu malzemesinin taş kemer köprülerin yapısal davranışını etkileyen önemli bir fonksiyonu vardır. Dolgu malzemesi kesinlikle elastik ve katı malzeme özelliği göstermediğinden, bu malzemenin mekanik özellikleri, elastik analiz yönteminin ve kullanılan bilgisayar programının kabul ettiği minimum sınırlar içerisinde çok küçük bir elastisite modülü ile tanımlanmıştır. Bu yüzden, dolgu malzemesi, kütle ve ağırlık etkisinin yansız basınç gerilmelerini de ileterek köprünün çeşitli bölümlerine yükleri doğru aktarmak amacıyla kullanılmıştır. Doğrusal elastik olmayan malzeme özelliklerinin de tanımlanabildiği daha gelişmiş bilgisayar programlarında, bu tür malzemeler sadece basınç gerilmelerini alacak şekilde tanımlanabilmektedir.



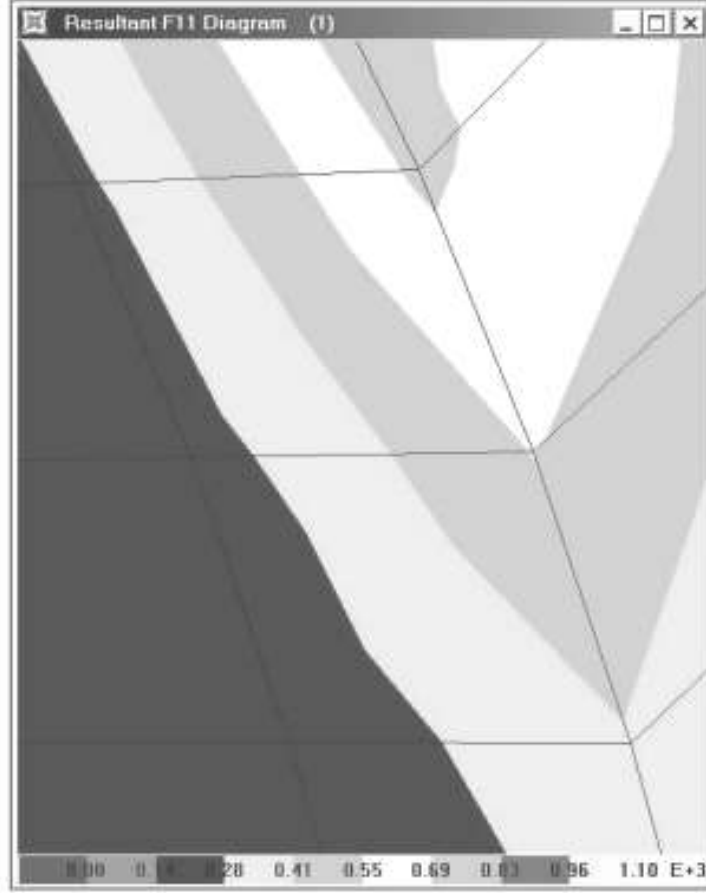
**Şekil 1.** Prototip köprünün matematiksel modeli (Glibić, 2008)

Şekil 1 de gösterilen ilk model, yapının kendi ağırlığı altında oluşan düşey yükler ve tepki spektrumu yöntemiyle elde edilen deprem kuvvetleri altında SAP2000 programı ile çözülmüştür. Doğrusal-elastik analiz yöntemi kullanılarak yapılan bu hesap sonucunda, düşey yükler altında ana kemer 0.06 MPa ile 1.02 MPa arasında değişen basınç gerilmeleri etkisi altında kalmıştır. Deprem analizinde ise, Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, özellikle kemer yüksekliğinin orta bölgesinde, yan duvarların büyük rijitlik oluşturduğu yerlerde en büyük gerilme değerleri elde edilmiştir. Doğrusal-elastik analiz yöntemi ile en büyük gerilmelerin bu bölgelerde oluşması çok normaldir. Ancak deprem ya da başka bir yatay etkiden dolayı zorlanan bu bölümlerin çatlayarak rijitliği azaltacağı göz önüne alınmalıdır. Plastik analiz veya doğrusal Elastik olmayan malzeme özelliklerinin dikkate alındığı hesap yöntemlerinde, tedricen çatlağın ilerlemesine ve buna bağlı olarak değişen rijitlik özelliklerine göre, yapıda oluşan gerçek kuvvetler ve gerilmeler elde edilebilir.



Şekil 2. Deprem analizi sonucunda oluşan çekme gerilmeler (Glibić, 2008)

Bu tür yapıların genel koruma ve restorasyon stratejilerinin belirlenmesi amacıyla, doğrusal-elastik hesap yöntemleriyle, yığma yapı sistemlerinde çatlak ilerlemesi ve genel stabilite analizleri yapılabilir. Bu analizler sonucunda yapının zayıf noktaları belirlenerek, sadece bu bölgeler için doğrusal olmayan malzeme özelliklerinin de dikkate alındığı daha ayrıntılı analizler yapılmalıdır. Çok büyük ve karmaşık geometrik boyutlara sahip olan tarihi yapılarda, yapının tamamının doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleriyle çözülmesi hata riskini artıracığından, burada önerilen bölgesel analiz yöntemi daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Matematiksel modelde çatlakların da tanımlanmasıyla yapının rijitliğindeki değişim gözlenmiştir. Ard arda yapılan analizler sonucunda yapının doğal periyodu  $T_0 = 0,1059$  saniyeden  $T_n = 0,1188$  saniyeye yükselmiştir.



Şekil 3. İlk analizinden çatlağın son aşamasına kadar gerilmelerin (Glibić, 2008)

#### KAYNAKÇA

Akbarov S. D., Ipek C., Dispersion of axisymmetric longitudinal waves in a pre strained imperfectly bonded bi layered hollow cylinde. CMC-Computers Materials Continua, 30(2), 99-114,2012., Doi: 10.3970/cmc.2012.030.099

Akbarov S. D., Ipek C., Influence of an Imperfection of Interfacial Contact on the Dispersion of Flexural Waves in a Compound Cylinder. Mechanics of Composite Materials, 51(2), 191-198., 2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9489-4

Akbarov S. D., Negin M., Ipek C., Effect of Imperfect Contact on the Dispersion of Generalized Rayleigh Waves in a System Consisting of a Prestressed Layer and a Prestressed Half Plane. Mechanics of Composite Materials, 51(3), 397-404.,2015, Doi: 10.1007/s11029-015-9510-y

Benvenuto, E., An Introduction to The History of Structural Mechanics; Part II: Vaulted Structures and Elastic Systems, Springer-Verlag, New York (1991).

Croci, G., The Conservation And Structural Restoration of Architectural Heritage, Computational Mechanics Publications, Southampton (1998).

Conex and Yeraltı Aramacılık: "Reconstruction of the Olde Bridge in Mostar", SM 001-IMR-01, 2000.

- Çulpan, C., Türk Taş Köprüleri; Ortaçağdan Osmanlı Devri Sonuna Kadar, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara (1975).
- Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: "Fotogrametrijska snimka Starog mosta u Mostaru", Zagreb, 1982.
- General Engineering: "Dijelovi glavnog projekta ponovne izgradnje Starog mosta", Firenca, 2002.
- Glibić, M.: "A possible reasons of cracks on the arch of the Old Bridge", International Scientific Symposium, Mostar, 2008.
- Gotovac, B.: "Ponovna izgradnja Starog mosta", Ceste i mostovi, Vol. 50, No 7-9, p.p. 23- 33, 2004.
- Harvey, W. J., "Application of the mechanism analysis to masonry arches", The Structural Engineer, Vol. 66, No. 5/1: 77-84, March (1998).
- Heyman, J., 1641-1659, June (1991). 6. "The Stone Skeleton: Structural Engineering of Masonry Architecture", Cambridge University Press, Cambridge (1990).
- Ipek C, The dispersion of the flexural waves in a compound hollow cylinder under imperfect contact between layers. Structural Engineering and Mechanics, 55(2), 335-348., 2015, Doi:10.12989/sem.2015.55.2.335
- Nalbant, Süleyman Sami; Bhloscaıdh, Mairead Nic; Mccloskey, John; İpek, Cengiz; and Utkucu, Murat (2023) "The Role of Stress Barriers on the Shape of Future Earthquakes in the Mentawai Section of the Sunda Megathrust," Turkish Journal of Earth Sciences: Vol. 32: No.3, Article 7.
- Karaesmen, E., Ünay, A. İ., Ilter, I., A study of the Sinan's masonry bridges, Structural Repair and Maintenance of Historical Buildings II, Computational Mechanics Publications, Southampton-Boston (1991).
- Loo, Y., Yang, Y., "Cracking and failure analysis of masonry arch bridges", Journal of Structural Engineering, Vol. 117, No.
- SAP2000, Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures, Computer and Structures Inc., Berkeley, California, USA (2023).
- Mainstone, R. J., Developments in Structural Form, Architectural Press, Oxford (1998).
- Makaracı, M., Ipek, C., 2015. "Analysis of Stresses of The Buried Pipeline as Results of Earthquake Effect" 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey
- Šaravanja, K., Čolak, I.: "Kamen za obnovu Starog mosta u Mostaru", Prvi sabor hrvatskih mostograditelja, Brijuni, VI, 2005.
- Toker, S., "Development of Arch Form; Exploring The Behavior of Masonry Arches and Arch Bridges by Finite Element Analysis", ODTÜ Mimarlık Bölümü yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ankara (2000).
- Uckan E., Akbas B., Kaya E. S., Cakır F., Ipek C., Makaracı M., Ataoglu S., Design issues of buried pipelines at permanent ground deformation zones, Disaster Science and Engineering, 2 (2), 53-58, 2016.
- Utkucu, M., Uzunca, F., Durmuş, H. et al. The Mw = 5.8 2019 Silivri earthquake, NW Türkiye: is it a warning beacon for a big one?. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 113, 107–124 (2024).  
<https://doi.org/10.1007/s00531-023-02359-6>
- Ünay, A.İ., "Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı", ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara (2001).

## Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması: Neden Mikro Rüzgâr Türbini? Comparison of Wind Turbines: Why Micro Wind Turbine?

*Yasin İÇEL<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>yasinicel@gmail.com; Adıyaman Üniversitesi, TBMYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Adıyaman / Türkiye.

---

### *Özet*

Günümüzde insanoğlunun enerji ihtiyacının giderek artması ve buna karşılık fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı olması “enerji sorununu” gündeme getirmiştir. Küreselleşen ve teknolojik olarak hızla gelişen dünyada artan nüfus ve üretim miktarları, enerji arzında artışa neden olmuştur. Ülkenin ekonomik rekabet gücünü korumak, üretimin sürekliliğini sağlamak için sanayinin temel girdisi olan enerjinin zamanında ve yeterli miktarda temin etmek zorunda olan ülkeler yenilenebilir enerji kullanımına başlamışlardır. Özellikle de yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi kullanımı son yıllarda hızlı bir artış göstermektedir. Ancak kurulum ve bakım maliyetlerinin yüksek olması, gürültü ve ışık kirliliği gibi etkenler nedeniyle bu enerji kaynaklarından istenildiği kadar yararlanılamamaktadır. Mikro rüzgâr türbinleri bu olumsuz etkileri minimize etmesi ve yerleşim alanlarında insan oğlunun yaşamının her alanında yeterli elektrik enerjisi üretmek için alternatif bir uygulama alanı sunmaktadır. Özellikle çok düşük gürültü özelliğinden dolayı mikro rüzgâr türbinleri yerleşim alanlarında geniş bir kullanım imkânı sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji üretimi, mikro rüzgâr türbinleri, yenilenebilir enerji kaynakları.

---

### *Abstract*

Today, the increasing energy needs of human beings and the limited availability of fossil-based energy resources have brought the "energy problem" to the agenda. Increasing population and production amounts in the globalizing and technologically rapidly developing world have led to an increase in energy supply. In order to maintain the economic competitiveness of the country and ensure the continuity of production, countries that have to supply energy, which is the basic input of the industry, on time and in sufficient quantities, have resorted to the use of renewable energy. In particular, the use of wind energy, one of the renewable energy sources, has increased rapidly in recent years. However, due to factors such as high installation and maintenance costs, noise and light pollution, these energy sources cannot be utilized as much as desired. Micro wind turbines offer an alternative application area to minimize these negative effects and produce sufficient electrical energy in all areas of human life in residential areas. Especially due to their very low noise feature, micro wind turbines offer a wide range of usage opportunities in residential areas.

**Keywords:** Power generation, micro wind turbines, renewable energy sources.

---

## 1. GİRİŞ

Enerji, insanoğlunun geçmişte, bugün ve gelecekte hayatının olmazsa olmazı olan ve özellikle teknoloji, sınav, sağlık, ulaşım, eğitim ve iletişim en önemlileri olarak yaptığı ve yapacağı tüm faaliyetlerin gerçekleşebilmesinin başlıca temel taşı oluşturmaktadır. Özellikle 18. ile 19. yüzyıllarda Sanayi Devriminin sonrasında buharlı makinelerin icat edilmesi ve yeni buluşlar sonucunda enerjiye olan bağımlılık artmıştır. Kısacası enerji, günümüz modern bilim ve teknoloji toplumu için vazgeçilemez bir gereksinimi olduğu gibi gelecekte de önemi katlanarak devam edecektir. Günümüzde maalesef devletler enerji gereksinimlerinin büyük bir bölümünü halen fosil kökenli kaynaklar olarak bildiğimiz petrol, kömür ve doğalgaz kaynaklarından karşılamaktadırlar. Bununla birlikte fosil kökenli enerji kaynakları tükenme ve dünyamıza verdiği olumsuz etkilerden ötürü, yerini başta rüzgâr ve güneş enerjileri gelmek üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına bırakmakta ve bu yönde yönelim de gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde dünya çapında devletler, sanayiler, üniversiteler ve çeşitli araştırma grupları ile bu alanda yürütülen araştırma ve çalışmalar artarak devam etmektedir (Köse vd, 2012; İçel, 2023).

Dünya genelinde ve özelde ülkemizde de fosil kökenli yakıt kaynaklarının kısıtlı olması, sadece dünya üzerinde belirli bölgelerde yoğunlaşmış olması ve doğa üzerindeki kötü etkileri nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde enerji kaynaklarını yenilenemeyen enerji kaynakları (petrol, kömür, nükleer enerji ve doğalgaz) ve yenilenebilir enerji kaynakları (jeotermal enerji, güneş, rüzgâr, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi vb) şeklinde sınıflandırılmak mümkündür.

Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerji, gelişmiş bir ülke olma çabalarından dolayı günden güne artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın gereksinim duyduğu yenilenebilir enerji çeşitlerinin hepsi bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rüzgâr enerjisi kullanılabilir ekonomik güç yönünden dünyamızda ilk sıradadır. Fakat kurulum maliyetlerinin yüksek olması, enerji miktarının belirlenmesinde ve planlanmasında güçlükler olması verimin fosil kaynaklı enerji santrallerine nazaran biraz daha düşük olması gibi etkenler nedeniyle bu enerji kaynaklarından istenildiği kadar faydalanılamamaktadır. Oysa ki, Türkiye coğrafi konumu açısından dünyada etkin rüzgarlar bölgelerini kapsamaktadır. Ege, Marmara, Akdeniz kıyıları dünya üzerinde rüzgâr gücü potansiyeli en yüksek olan alanlardandır. Rüzgâr enerjisi teknolojileri giderek ilerlemekte ve ileriki yıllarda rüzgâr enerjisinin bu talebi tatmin etmekte büyük rol oynayacağı açıkça görülmektedir.

## 2. RÜZGAR TÜRBİNLERİ

Rüzgâr enerjisi, insanoğlunun yaşamının ilk başlarından beri varlığını hissettirmiş ve kullanılmıştır. Tarihin tüm dönemlerinde rüzgâr enerjisi çok değişik şekil ve gayeler için kullanılmıştır. İnsanlık ilk olarak tarih öncesi (MÖ) dönemlerde rüzgâr ile çalışan yelkenlileri deniz taşımacılığında kullanmışlardır. Rüzgâr enerjisinin kullanıldığı yelkenliler, MÖ. 5000 yıllarına kadar uzanmakta ve Nil nehri üzerinde örnekleri bulunmaktadır (Hayli, 2001). Yelkenliler, buhar ile çalışan gemiler üretilene kadar deniz taşımacılığında ve ticarete de uzun süre kullanılmıştır. Toplumlar arası etkileşimler, savaş ve ticari ilişkiler rüzgâr enerjisinin yaygınlaşmasında etkili olmuştur.

İnsanlık, rüzgâr enerjisinden çok uzun yıllardan beri farklı yollarla yararlanmışır. Fakat yapı olarak ilk örnekler; rüzgâr enerjisinden mekanik enerjinin elde edildiği basit sistemler olarak kabul edilen yel değirmenleridir. Mekanik enerji elde etmek için kullanılan bu basit yapılar taşralarda veya şehir yerleşim alanlarından uzak yerlerde su pompalama, tahıl öğütme gibi fiziksel güç gerektiren farklı birçok alanda kullanılmışır. İnsanoğlunun yaşamına kolaylık getiren bu yapıların enerji üretmek için geliştirilmesi çok zaman sonra gerçekleşmiştir. Rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesi sonucunda rüzgârın kinetik enerjisinden mekanik enerji ve mekanik enerjiden de elektrik enerjisinin üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece bu enerji dönüşü süreci insanoğlunun hayatına kolaylık ve refah getirmiştir. Elektrik enerjisi üretimi sonucunda da daha teknolojik sistemler üretilmiş ve hızla kullanıma girmiştir (İlhan, 2021).

Rüzgâr enerjisi, dünyamızın en büyük enerji kaynağı olan güneş ışınlarının yer yüzeyine olan farklı ısı etkilerinden kaynaklanmaktadır. Yer yüzeyinde meydana gelen ısı farkları, hava sıcaklığında, nemde ve basınçta farklılık meydana gelmesine, bu basınç farklılıkları da hava hareketlerine neden olmaktadır. Güneşten gelen ışınlar var oldukça rüzgâr da olacaktır. Rüzgâr enerjisi diğer tüm enerjilerde olduğu gibi güneş enerjisinin bir dolaylı ürünüdür. Dünyamıza ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık % 2 kadarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2024). Rüzgâr türbinleri, rüzgârda var olan kinetik enerjiyi ilk başta mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürmekte ve temiz enerji üretimi sağlamaktadır. Dünya geneline baktığımızda rüzgâr türbinleri kullanarak enerji üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Rüzgâr türbinlerinin kurulumundan sonra türbin kanatları rüzgâr etkisiyle bağlı oldukları şaftı döndürürler. Uygun bir jeneratör yardımıyla bu hareket enerjisinden elektrik enerjisine üretilmektedir (Enerji 2023 Derneği, 2024).

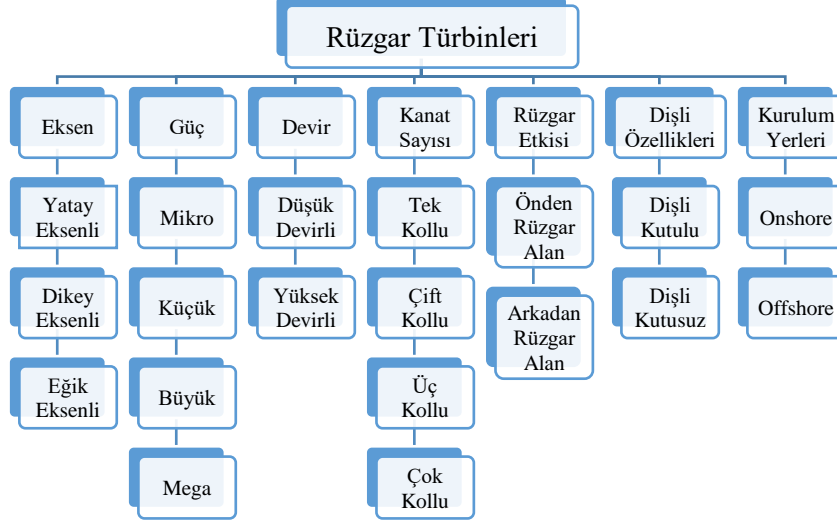
## 2.1. Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

Rüzgâr enerji santrallerinde kullanılan türbinlerden karada yerleştirilmiş olanlarına kara üstü sistemler (onshore) (Şekil 1.a), açık denizlere yerleştirilmiş olanlara ise deniz üstü sistemler (offshore) (Şekil 1.b) denilir (Güler, 2019).



**Şekil 1. a.** Kara üstü sistemler (onshore) **b.** Deniz üstü sistemler (offshore)

Her geçen gün geliştirilen rüzgâr türbinlerini dönüş eksenini, devir, güç, kanat sayısı, rüzgârın çarpma yönü ve kurulum yeri gibi özellikler dikkate alınarak sınıflandırmak mümkündür (Şekil 2). En yaygın sınıflandırma, dönme eksenini ile güç dikkate alınarak yapılmaktadır.



Şekil 2. Rüzgâr türbinlerinin sınıflandırılması (Şenol, 2017; Elibüyük ve Üçgül, 2014)

### 2.1.1. Eksenlerine Göre Rüzgâr Türbinleri

**a. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Bu türbinlerde, dönme eksenini rüzgâr yönüne paralel, türbin kanatları ise rüzgâr yönüne dik durumdadır. Bu rüzgâr türbinlerinde kullanılan rotor mili yer yüzüne paralel olacak şekilde yerleştirilmektedir (Şekil 3). Yatay rüzgâr türbinlerinin verimli çalışabilmesi için rüzgârın esme yönüne doğru bakmaları gerekmektedir. Bu türbinlerde rotorun bağlı olduğu türbin kanatlarının sayısının azalması rotor hızını arttırmaktadır. Bu türbinlerde verim yaklaşık %45'dir (Semizoğlu, 2009; Şen,2011; İlhan, 2021).



Şekil 3. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri (İlhan, 2021).

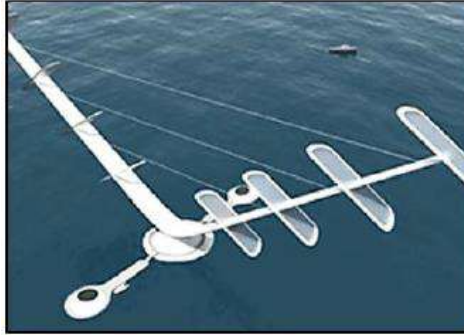
**b. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Yatay eksenli türbinlerden farklı bir pervane görünümüne sahiptirler. Dönme eksenleri ile rüzgâr yönü birbirine dik olan bu türbinler düşey kanatlara sahiptir (Şekil 4). Dikey eksenli rüzgâr türbinleri rüzgâr yönüne bağımlı olmadan çalışabilmektedirler. Rüzgârın

estiği tüm yönlerde çalışabilme özelliğine sahiptirler. Türbinler rüzgârı kaldırır ya da sürükler. Bu türbinlerde verim yaklaşık %35'dir (Nurbay ve Çınar, 2005; Şen, 2011; İlhan, 2021).



Şekil 4. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri. (a) Savonious RT (b) Darrieus RT (Şen, 2011)

**c. Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri:** Bu türbinlerde kanat dönme eksenleriyle rüzgâr esme yönü arasında bir açı vardır (Şekil 5). Bu türbinlerde kanatlar ile dönme eksenleri arasında bir açı bulunur. Türbin kanatlarının bu açısının ayarlanması ile kanatların dönme hızı ayarlanmaktadır. Böylece oluşturulan bu açı ile rüzgâr toplama kapasitesinde ve verimde artış hedeflenmektedir (Elibüyük ve Üçgül, 2014; Şenol, 2017; İlhan, 2021).



Şekil 5. Eğik eksenli rüzgâr türbinleri (Şen,2011)

### 2.1.2. Güçlerine Göre Rüzgâr Türbinleri

**a. Mikro Rüzgâr Türbinleri:** Güçleri yaklaşık olarak 0-3 kW arasında değişmektedir.

**b. Küçük Rüzgâr Türbinleri:** Güçleri yaklaşık olarak 20-60 kW arasında değişmektedir.

**c. Büyük Rüzgâr Türbinleri:** Güçleri yaklaşık olarak 200 kW-2 MW arasında değişmektedir.

**d. Mega Rüzgâr Türbinleri:** Güçleri yaklaşık olarak 5-10 MW arasında değişmektedir. Tek destek yapı üzerinde birkaç rotordan oluşmaktadır (Çerçi, 2011; İlhan, 2021).

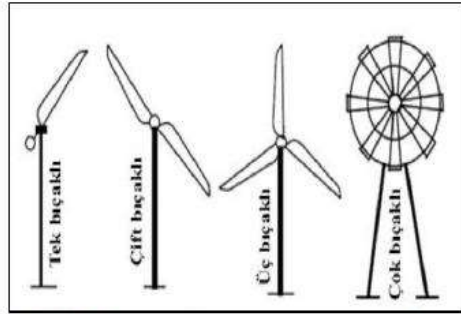
### 2.1.3. Kanat Sayısına Göre Rüzgâr Türbinleri

**a. Tek Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Tek kanatlı rüzgâr türbinleri, kanat üzerine etkiyen yüksek rotasyon hızını düşürmek için kullanılmaktadır. Bu türbinler, aerodinamik yapı yönünden düzensiz bir dönüş göstermekte ve bu düzensiz dönüşten ötürü de kanat kontrolü için ek düzenekler gerekmektedir.

**b. Çift Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Çift kanatlı türbinler, kule yatay eksenine ile bağlantılı bir atalet momenti kazanmakta ve atalet momentinin neden olduğu ekstra yüklemeye de ancak türbin göbeğine yerleştirilen salınımlı bir mekanizma ile giderilmektedir.

**c. Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Günümüz şartlarında en çok kullanılan rüzgâr türbinleri üç kanatlı olarak tasarlanmaktadır. Üç kanatlı rüzgâr türbinleri, çift kanatlı rüzgâr türbin modellerinin tersine sabit bir atalet momentine sahiptirler.

**d. Çok Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:** Çok kanatlı rüzgâr türbinlerinin çalışma hızları diğer türbinlere kıyasla oldukça düşüktür. Türbin göbeği daha fazla sayıda kanat takılabilmesi amacıyla göbekten kanat uçlarına gidildikçe artış gösteren genişlikte olacak şekilde kanatlar tasarlanmaktadır (Şekil 6) (Şenol, 2017).



Şekil 6. Kanat sayılarına göre rüzgâr türbinleri

### 2.2. Mikro Rüzgâr Türbinleri

Mikro rüzgâr türbinleri bilinen rüzgâr türbinlerinin mikro boyutlarda üretilmiş şekli olup ve 2m/s'lik gibi düşük rüzgâr hızlarında dahi elektrik enerjisi üretebilmektedirler. Klasik rüzgâr türbinlerinden elektrik enerjisi üretebilmek için 8-15 m/s'lik bir rüzgâr hızı gerekmektedir. Ancak dünya yüzeyinde standart yüksek ve normal hava şartları dikkate alındığında ortalama rüzgâr hızı 0-7 m/s'dir (Gambarota, 2022; Tuncer, 2021). Mikro rüzgâr türbinlerinin düşük rüzgâr hızlarında dahi elektrik enerjisi üretebilmeleri onları rüzgâr enerjisinde öne çıkarmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Mikro rüzgâr türbini (Tuncer, 2021)

### 2.3. Rüzgâr Türbinlerinin Karşılaştırılması

Yukarıda açıklandığı üzere rüzgâr türbin modelleri, işlevsel özelliklerinden dolayı değişik özelliklere sahiptir. Bazı türbin modelleri elektrik enerjisi üretmek için uygunken, bazı modeller ise su pompalamak için kullanılmaktadır. Bazı türbin modelleri, maliyet yüksekliğinden dolayı günlük kullanımdan kalkmış durumdadır. Kanat dizaynları görüntü veya ses kirliliğine neden olan türbin modelleri ise çok az kullanılmaktadır. Aşağıda günümüzde en çok tercih edilen rüzgâr türbin türleri ile mikro rüzgâr türbinlerinin kullanımda en çok değerlendirilen bazı özelliklerine göre karşılaştırmaları verilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Rüzgâr türbinlerinin karşılaştırılması

	Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri				Düsey Eksenli Rüzgâr Türbinleri		Mikro Rüzgâr Türbinleri
	Tek Kanatlı	Çift Kanatlı	Üç Kanatlı	Çok Kanatlı	Savanius	Darrius	
<b>Maliyet</b>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
<b>Görünüm</b>	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi	Çok İyi
<b>Gürültü</b>	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Az	Az	Çok Az
<b>Çalışma Hızı</b>	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük
<b>Kule İhtiyacı</b>	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok	Yok
<b>Bakım</b>	Karmaşık	Karmaşık	Karmaşık	Karmaşık	Karmaşık	Karmaşık	Basit
<b>Kullanılan Alan</b>	Büyük	Büyük	Büyük	Büyük	Orta	Orta	Çok Küçük
<b>Günümüzde Kullanım</b>	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az	Var

### 3. SONUÇ

Rüzgâr enerji santrallerinde kullanılan büyük ölçekli rüzgâr türbinlerinin küresel iklim üzerine olumsuz etkileri ve çevreyi etkilemeleri, bakım maliyetlerinin yüksek olması, kurulum için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, gürültü ve ışık kirliliğine neden olduğu dikkate alındığında mikro rüzgâr türbinleri bu olumsuz etkileri minimize etmesi ve yerleşim alanlarında insan oğlunun yaşamının her alanında yeterli elektrik enerjisi üretmek için alternatif bir uygulama alanı sunmaktadır. Özellikle çok düşük gürültü özelliğinden dolayı mikro rüzgâr türbinleri yerleşim alanlarında, bina çatılarında geniş bir kullanım imkânı sunmaktadır. Ayrıca mikro yapılarından dolayı birden fazla türbinin bir araya getirilmesi ile enerji üretilirken hem de çevreye görsel bir şölen sunulabilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Çerçi, S (2011). Yapı plastiğine yön veren rüzgâr türbinleri, Güney Mimarlık, 29.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr), (Erişim tarihi: 15.04.2024).
- Elibüyük, U. ve Üçgül, İ. (2014). Rüzgâr türbinleri, çeşitleri ve rüzgâr enerjisi depolama yöntemleri. *SDÜ Yekarum e-Dergi*, 2(3).
- Enerji 2023 Derneği, [www.enerji2023.org](http://www.enerji2023.org) (Erişim tarihi: 15.04.2024).
- Gambarota, L. (2022). Mikro Rüzgâr Türbin Teknolojisi, Motorwind Farms. <http://www.motorwavegroup.com/windfarm>. (Erişim tarihi: 20.04.2024).
- Güler, B. (2019). Dikey eksenli örnek rüzgâr türbini tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. İleri Teknolojiler ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir.
- Hayli, S. (2001). Rüzgâr enerjisinin önemi, dünyada ve Türkiye’de durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 1–26.
- İçel, Y. (2023). Mikro rüzgâr türbin modelleri üzerine bir araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (47), 47-52.
- İlhan, AR. (2021). Yüksek yapılarda bütünleşik rüzgâr türbinlerinin örnek yapılar üzerinden irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Köse, F., Kaya, M.N., & Berber, A. (2012). The importance of renewable energy sources for sustainable development in Turkey. 1st International Conference on Sustainable Business and Transitions for Sustainable Development, Konya, Türkiye, 227-235.
- Semizoğlu, R. (2009). Rüzgâr türbinlerinin gökdelen mimarisine etkisinin tipolojik incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Şen, İ. (2011). İzmir ili Çeşme ilçesi örneğinde rüzgâr türbinlerinin çevresel etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Şenol, Ü. (2017). Rüzgâr enerjisi ve rüzgâr enerjisi potansiyelinin yapay sinir ağları yöntemiyle tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bozok Üniversitesi, Yozgat.
- Tuncer, T. (2021). Farklı model mikro rüzgâr türbinlerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman.

## Farklı Oranlarda Leblebi ve Mısır Unuyla Zenginleştirilmiş Atıştırmalık Balık Cipslerinin Üretimi ve Kalite Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Orhan ÖZÜNLÜ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E-mail: orhan1907gfb@hotmail.com.tr; Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli / Türkiye.

---

### Özet

Bu çalışmada, balık cipslerinin üretiminde alabalık kıyması (%81), mısır nişastası (%3), tuz (%1) ve farklı oranlarda leblebi-mısır unu kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda, farklı oranlarda leblebi-mısır unu (**LM-1**: %10-5; **LM-2**: %7,5-7,5; **LM-3**: %5-10) ile zenginleştirilmiş 3 farklı balık cipsleri üretilmiştir. Farklı oranlarda leblebi ve mısır unu ile zenginleştirilmiş balık cipslerinde mısır unu miktarının artışıyla nem ve protein miktarlarında azalışlar görülürken, yağ miktarında ise önemli artışlar gözlenmiştir ( $P<0,05$ ). Balık cipslerindeki TBARS değerleri 0,30 ile 0,84 mg malondialdehit/kg seviyelerinde değişkenlik göstermiştir. Depolamanın 0., 30. ve 60. günlerinde, LM-1 ile LM-2 kodlu örneklerdeki karbonil içeriği sonuçları istatistiksel açıdan benzer bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Depolama boyunca balık cipslerinin sertlik değerlerinde azalışlar görülmesine rağmen istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ( $P>0,05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** Alabalık, kıyma, cips, paketleme, fizikokimyasal özellikler

---

### Abstract

In this study, the effect of using trout fish mince (81%), corn starch (3%), salt (1%) and different levels of chickpea-corn flour on product quality in the production of fish chips was investigated. In this sense, three different fish chips enriched with different levels of chickpea and corn flour were prepared: **LM-1** with 10% chickpea-5% corn flour added; **LM-2** with 7.5% chickpea-7.5% corn flour added; **LM-3** with 5% chickpea-10% corn flour added. Moisture and protein content declined as the increasing levels of corn flour, while fat content significantly increased ( $P<0.05$ ). TBARS values ranged from 0.30 to 0.84 mg malondialdehyde/kg. On day 0, 30 and 60, no difference was observed between LM-1 and LM-2 samples for the carbonyl content ( $P>0,05$ ). Although there was a decrease in the hardness values of fish chips during storage, there was no significant difference among the samples.

**Keywords:** Trout, mince, chips, packaging, physicochemical properties

---

## GİRİŞ

Son zamanlarda, değişen yaşam tarzları, hızlı nüfus artışı, insanların iş hayatında daha fazla vakit geçirmeleri sonucunda atıştırmalık gıdaların üretimine olan talep hızla artmaktadır. Atıştırmalık gıdalar (çerezler, cipsler, bisküviler, krakerler gibi) içerisinde, patates ve mısır cipslerin daha fazla ön plana çıktığı görülmektedir. Cipsler, ana öğün dışında tüketiminin yanı sıra sinema ve tiyatro gibi sosyal ortamlarda tüketilebilen besin değeri düşük ancak yüksek enerji değerine sahip gıdalar arasında yer almaktadır (Saygı vd., 2022; Hess ve Slavin, 2017). Bu bağlamda, bilim insanları cipslerin bu olumsuz durumunu giderip ürünü daha sağlıklı hale getirmek ve besleyici değerini artırmak için cips hamuru içerisine tavuk ve balık eti gibi proteince zengin çeşitli maddeler ilave edilmektedir.

Balık eti, omega-3 yağ asitleri, yüksek biyolojik değere sahip protein, esansiyel aminoasitler, vitaminler (A, D, B6 ve B12) ve magnezyum, kalsiyum, çinko, demir, potasyum, fosfor ve sodyum gibi minerallerce zengin önemli bir gıdadır (Nawaz vd., 2020; Liu vd., 2016; Toppe vd., 2007). Amerikan Kalp Derneği (AKD), bireylerin kardiyovasküler hastalıklardan korunması için günde en az 200 mg balık eti tüketilmesini önermektedir (Desai vd., 2018).

2016-2022 yılları arasında, ülkemizde balık eti üretiminin 548.629 tondan 800.678 tona ulaştığı ve bu artışa bağlı olarak da kişi başına düşen yıllık balık eti tüketim miktarının da 5,4 kg'dan (2016 yılı) kademeli bir şekilde 7,3 kg'a (2022 yılı) yükseldiği belirtilmiştir (TÜİK, 2023).

Günümüzde balık etleri taze olarak tüketilebildiği gibi buğday unu, patates tozu, diyet lifi, nişasta gibi maddelerle birlikte cips, kraker, makarna gibi atıştırmalık ürünlerin üretiminde ana hammadde olarak kullanılmaktadır (Nawaz vd., 2021a, Nawaz vd., 2021b; Jiang vd., 2020; Nawaz vd., 2020; Nawaz vd., 2019a).

Farklı oranlarda (%3, 5, 7 ve 9) *Pollachius virens* cinsi balık tozunun atıştırmalık ürün formülasyonunda kullanıldığı bir çalışmada, %9 balık tozu içeren atıştırmalık ürünün duyusal açıdan (koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni) çok fazla beğenilmediği görülürken %3, 5 ve 7 balık tozu içeren örneklerin ise duyusal açıdan benzer puanlara ( $P>0,05$ ) sahip olduğu belirtilmiştir (Shaviklo vd., 2011). Chudasama vd. (2019) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, balık krakerlerinin üretiminde 3 farklı un çeşidi (pirinç, sago ve tapyoka unu) kullanılmıştır. Pirinç unu katkılı balık krakerlerin diğer kraker örneklerine nazaran daha yüksek nem, protein ve kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri açısından değerlendirildiğinde ise, balık krakerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların ortaya çıktığı belirtilmiştir ( $P<0,05$ ). Ayrıca, tapyoka unu katkılı balık krakerlerin daha çok beğenildiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada, balık cipslerinin üretiminde alabalık kıyması (%81), mısır nişastası (%3), tuz (%1) ve farklı oranlarda leblebi-mısır unu kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu bağlamda, farklı oranlarda leblebi-mısır unu (**LM-1:** %10-5; **LM-2:** %7,5-7,5; **LM-3:** %5-10) ile zenginleştirilmiş 3 farklı balık cipsleri üretilmiştir. Ayrıca, depolama boyunca (oda sıcaklığında, 60 gün) balık cipslerinin fizikokimyasal özelliklerinde (pH, TBARS, karbonil içeriği ve sertlik değeri) meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

## YÖNTEM

Alabalık filetoları (2,5 kg) Denizli ilinde bulunan Metro marketten (Denizli, Türkiye), hazır cips baharatları ise ticari bir işletmeden (Zengibar Baharat Onikişubat, Kahramanmaraş, Türkiye) satın alınmıştır. Balık cipslerinin üretiminde kullanılan ham maddeler (mısır nişastası, tuz, Ayçiçek yağı, mısır unu) Migros süper marketten (Denizli, Türkiye) tedarik edilirken leblebi unu ise Genç Kuruyemiş'ten (Serinhisar, Denizli, Türkiye) satın alınmıştır. Ayrıca, balık cipslerinin paketlenmesinde alüminyumlu Doypack paketleri (n=180 adet, genişlik/uzunluk: 8,5 cm x 14,5 cm; 3 tabakalı ambalaj materyali [PET + alüminyum + polietilen]; ürün kapasitesi: 250 g) ticari bir ambalaj işletmesinden temin edilmiştir (Eska Ambalaj, Beylikdüzü, İstanbul, Türkiye).

### Cips Hamurunun Hazırlanması

Metro marketten satın alınan alabalık filetoları soğuk zincir altında (4 °C) Pamukkale Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Et ve Et Ürünleri İşleme Teknolojileri laboratuvarına getirilmiştir. Alabalık filetolarının derileri alınmıştır. Derisiz alabalık filetoları 3 mm delik çaplı aynaya sahip kıyma makinasından (Arnica Promeat Grande, Türkiye) geçirilip kıyma haline getirilmiştir. Balık kıymaları, balık cipslerinin formülasyonunda kullanılmak üzere üç eşit porsiyona ayrılmıştır. Her bir balık cipsi hamuru 300 g olacak şekilde ayarlanmıştır. Bunun için; %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz ve farklı oranlarda leblebi-mısır unu (**LM-1:** % 10-5; **LM-2:** % 7,5-7,5; **LM-3:** % 5-10) kullanılmıştır. Balık cipsi hamurları bir hamur yoğurma makinası (Karaca Mastermaid Chef Pro 1750 W, Karaca, Türkiye) kullanılarak yoğurulmuştur (3 dk). Ardından balık cipsi hamurlarından 5±0,1'er g alınıp 2 tane pleksiglas plakası arasına yerleştirilmiş ve burada basınç altında (1 dk boyunca) şekillendirilme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra, şekillendirilen balık cipsi hamurlarının (n=180, toplamda) kalınlığı ve çapı sırasıyla 1±0,03 mm ve 5±0,05 cm olarak tespit edilmiştir.

### Cipslerin Kurutulması, Kızartılması ve Paketlenmesi

Şekillendirilen balık cipsi hamurları, 50 °C'ye ayarlanmış kabin tipi bir kurutma makinasına (**hava hızı:** 0,1 m/s; **nisbi rutubet:** %19 ile 21 arasındadır; Yücebaş Makine Tic. Ltd. Şti., İzmir, Türkiye) yerleştirilmiş ve 1,5 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutma işlemi, örneklerin nem içeriği %10 seviyelerinin altına düşene kadar devam etmiştir. Kurutulan örnekler oda sıcaklığında yaklaşık 15 dk soğutulduktan sonra 180 °C'ye ayarlanmış bir fritözde kızartılmıştır (30 saniye). Ardından, kızartılan örneklerin yüzeyindeki yağlar kâğıt havlu yardımıyla alınıp oda sıcaklığında soğumaya (15 dk) bırakılmıştır. Daha sonra, balık cipsleri bir tepsi üzerine alınıp hazır cips baharatları ile manuel olarak kaplama işlemine tabi tutulmuştur.

Hazır cips baharatları ile kaplanan balık cipsleri alüminyumlu Doypack paketleri içerisine yerleştirilip paketleme makinası (Koodmax Wozlo Psf-300 Sealing Packaging machine, Koodmax, Türkiye) yardımıyla paketlenmiştir. Ardından, balık cipsleri oda sıcaklığında 60 gün boyunca depolanmış ve 15 gün aralıklarla pH değeri, TBARS değeri, karbonil içeriği ve sertlik değerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

## **Analizler**

### **Kimyasal Bileşim**

Farklı oranlarda leblebi ve mısır unu ile zenginleştirilmiş atıştırılmalık balık cipslerinde nem, protein ve kül miktarı AOAC (2006) tarafından belirlenen yöntemle göre belirlenirken yağ miktarı ise Flynn ve Brambert (1975) tarafından geliştirilen yöntem tercih edilmiştir. Ürünlerin karbonhidrat miktarı gravimetrik olarak aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir.

$$\text{Karbonhidrat miktarı} = 100 - (\text{nem} + \text{yağ} + \text{protein} + \text{kül miktarı})$$

### **pH Tayini**

Balık cipslerinin pH analizinde Crison Basic 20 (İspanya) marka dijital metre kullanılmıştır. Bunun için, 5 g balık cipsleri örnekleri alınıp küçük cam bir kavanozun içerisine (100 ml'lik) aktarılmış ve üzerine 45 ml distile su ilave edilip homojenizatörde (HG-15A, WiseTis, Daihan Scientific Co. Ltd., Wonju, Kore) 2 dk süreyle parçalanmıştır. Ardından pH probu karışımın içerisine daldırılır ve okunan değerler kaydedilir. pH ölçümünden önce pH metre sırasıyla pH:4, 7 ve 10 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiştir.

### **TBARS Değeri ve Karbonil İçeriği**

Farklı oranlarda leblebi-mısır unu ile zenginleştirilen balık cipslerinin TBARS değerleri Witte vd. (1970)'e göre geliştirilen yöntemle göre, karbonil içeriği ise Oliver vd. (1987) tarafından geliştirilen yöntemle göre gerçekleştirilmiştir.

### **Sertlik Analizi**

Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Temel İşlemler Laboratuvarı'nda bulunan Brookfield CT3 tekstür analiz cihazı (Brookfield Engineering Laboratories Inc., CT3-4500, Massachusetts, ABD) kullanılmıştır. Cips örneklerinin sertlik özelliklerini belirlemek için üç nokta testi (TA-TPB) kullanılmıştır. Her bir replikasyon için toplam on ölçüm alınmış ve ortalama değerler kaydedilmiştir. Ön test, test ve son test hızı sırasıyla 2,50 mm/s, 1,50 mm/s ve 1,50 mm/s olarak ayarlanmıştır. Tetikleyici yük 100 g'dır.

### **İstatistiksel Analiz**

Balık cipslerinde gerçekleştirilen analizler 3 paralel ve 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ölçülen değerlerin ortalamaları alınıp sonuçlar SPSS istatistik programı kullanılarak varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Cips örneklerindeki farklılıklar tek faktörlü ANOVA, depolama süresinin pH, TBARS, karbonil içeriği ve sertlik değerleri üzerindeki etkisini araştırmak için ise iki faktörlü ANOVA testi uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık %95 güven düzeyinde belirlenmiştir (P<0.05). Ortalama değerler standart sapma ( $\pm$ Standart Sapma) ile birlikte raporlanmıştır.

## BULGULAR

### Kimyasal Bileşim

Farklı oranlarda leblebi-mısır unu ile zenginleştirilmiş balık eti bazlı cipslerin kimyasal bileşim (% nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat) sonuçları Tablo-1’de verilmiştir. Balık cipslerindeki nem değerlerinin %8,83 ile 9,61 arasında değişkenlik gösterdiği ancak LM-1 ile LM-2 kodlu örnekler arasında anlamlı bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Leblebi unu, mısır ununa nazaran daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu için mısır unu artışına bağlı olarak balık cipslerindeki nem ve protein miktarının azaldığı, yağ miktarının ise önemli oranda arttığı görülmüştür. Kül miktarı açısından değerlendirildiğinde ise, gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir ( $P>0,05$ ). Balık cipslerindeki karbonhidrat miktarlarının birbirine yakın değerler aldığı görülürken LM-3 kodlu örneğin (60,18) diğer örneklerle nazaran daha yüksek karbonhidrat miktarına sahip olduğu gözlenmiştir ( $P<0,05$ ).

**Tablo 1. Alabalık Eti Bazlı Cipslerin Kimyasal Bileşim Sonuçları**

Gruplar	Kimyasal Bileşim				
	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Karbonhidrat (%)
<b>LM-1</b>	9,61±0,25 <sup>a</sup>	23,22±0,31 <sup>a</sup>	5,75±0,19 <sup>c</sup>	1,98±0,18 <sup>a</sup>	59,44±0,17 <sup>b</sup>
<b>LM-2</b>	9,27±0,24 <sup>a</sup>	22,87±0,23 <sup>a</sup>	6,49±0,17 <sup>b</sup>	2,05±0,20 <sup>a</sup>	59,32±0,19 <sup>b</sup>
<b>LM-3</b>	8,83±0,13 <sup>b</sup>	22,03±0,20 <sup>b</sup>	6,94±0,15 <sup>a</sup>	2,02±0,07 <sup>a</sup>	60,18±0,25 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup>: Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

(**LM-1:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %10 leblebi unu ve %5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-2:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %7,5 leblebi unu ve %7,5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-3:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %5 leblebi unu ve %10 mısır unu katkılı balık cipsi)

### pH, TBARS ve Karbonil İçeriği

Depolama boyunca alabalık eti bazlı balık cipslerinin pH, TBARS ve karbonil içeriği sonuçları Tablo-2’de verilmiştir. Her bir depolama periyodunda LM-1 ile LM-3 kodlu örneklerin benzer pH değerine sahip olduğu görülmüştür ( $P>0,05$ ). Depolamanın ilk on beş gününde örneklerin pH değerlerinde kısmi artışların görülmesine rağmen bu artışların anlamlı olmadığı gözlenmiştir ( $P>0,05$ ). Depolama boyunca balık cipslerindeki pH değerlerinin kademeli bir şekilde arttığı ve bu artışın alabalığın yapısında bulunan proteolitik karakterli enzimlerin faaliyetinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Hernandez vd., 2004).

Depolamanın başlangıcında, LM-1, LM-2 ve LM-3 kodlu örneklerin TBARS değerleri sırasıyla 0,30, 0,33 ve 0,35 mg malondialdehit/kg olarak bulunmuştur. 0. günden 15. güne gelindiğinde, LM-2 (0,33’ten 0,41 mg malondialdehit/kg’a) ve LM-3 (0,35’ten 0,44 mg malondialdehit/kg’a) kodlu

örneklerin TBARS değerlerinde kısmi bir artış görülmesine rağmen bu artışın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Genel anlamda, depolama süresinin örneklerin TBARS değerleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Depolama boyunca balık cipslerinin TBARS değerlerinde önemli artışlar olduğu ve oransal olarak bu artışın LM-3 (%140) kodlu örnekte yaşandığı ve bunu sırasıyla LM-2 (%133,3) ve LM-1 (%130) kodlu örnekler takip etmiştir.

Depolamanın başlangıcında balık cipslerinin karbonil içeriklerinde önemli bir farklılık saptanmamıştır. 0. gün hariç, balık cipsi örneklerinin karbonil içerikleri gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılık gösterirken ( $P<0,05$ ) benzer şekilde depolama süresinin de karbonil içeriği üzerine önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Tablo 2’de de görüldüğü üzere, balık cipslerindeki karbonil içeriği sonuçları ile TBARS değeri sonuçları arasında anlamlı bir korelasyon bulunmaktadır.

**Tablo 2.** Depolama Boyunca Alabalık Eti Bazlı Cipslerin pH, TBARS Değeri ve Karbonil İçeriği Sonuçları

pH Değeri					
Gruplar	Depolama Süresi (Gün)				
	0	15	30	45	60
LM-1	6,47±0,04 <sup>aD</sup>	6,48±0,01 <sup>abD</sup>	6,54±0,01 <sup>aC</sup>	6,60±0,01 <sup>aB</sup>	6,70±0,01 <sup>aA</sup>
LM-2	6,45±0,03 <sup>aD</sup>	6,46±0,01 <sup>bd</sup>	6,50±0,01 <sup>bc</sup>	6,55±0,01 <sup>bb</sup>	6,63±0,02 <sup>ba</sup>
LM-3	6,46±0,03 <sup>aD</sup>	6,49±0,01 <sup>aD</sup>	6,53±0,01 <sup>aC</sup>	6,59±0,01 <sup>aB</sup>	6,68±0,03 <sup>aA</sup>
TBARS Değeri (mg malondialdehit/kg ürün)					
LM-1	0,30±0,04 <sup>aE</sup>	0,38±0,03 <sup>aD</sup>	0,45±0,02 <sup>bc</sup>	0,54±0,05 <sup>bb</sup>	0,69±0,04 <sup>ca</sup>
LM-2	0,33±0,04 <sup>aD</sup>	0,41±0,02 <sup>aD</sup>	0,50±0,03 <sup>aC</sup>	0,58±0,03 <sup>bb</sup>	0,77±0,02 <sup>ba</sup>
LM-3	0,35±0,05 <sup>aD</sup>	0,44±0,04 <sup>aD</sup>	0,53±0,03 <sup>aC</sup>	0,71±0,04 <sup>aB</sup>	0,84±0,03 <sup>aA</sup>
Karbonil İçeriği (nmol karbonil/kg protein)					
LM-1	0,42±0,03 <sup>aE</sup>	0,43±0,02 <sup>bd</sup>	0,50±0,04 <sup>bc</sup>	0,60±0,04 <sup>bb</sup>	0,71±0,04 <sup>ba</sup>
LM-2	0,45±0,03 <sup>aE</sup>	0,46±0,02 <sup>aD</sup>	0,56±0,03 <sup>bc</sup>	0,68±0,03 <sup>aB</sup>	0,76±0,03 <sup>ba</sup>
LM-3	0,47±0,02 <sup>aE</sup>	0,49±0,03 <sup>aD</sup>	0,61±0,02 <sup>aC</sup>	0,74±0,05 <sup>aB</sup>	0,83±0,02 <sup>aA</sup>

<sup>a, b, c:</sup> Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

<sup>A, B, C, D, E:</sup> Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

(**LM-1:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %10 leblebi unu ve %5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-2:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %7,5 leblebi unu ve %7,5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-3:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %5 leblebi unu ve %10 mısır unu katkılı balık cipsi)

### Sertlik Değeri Sonuçları

Farklı oranlarda leblebi-mısır unu ile zenginleştirilmiş balık cipslerinin depolanması sırasında sertlik değerlerinde meydana gelen değişiklikler Tablo 3'te verilmiştir. Her bir depolama periyodunda, LM-3 kodlu örneğin en yüksek sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür. Balık cipslerin üretiminde kullanılan mısır ununun örneklerin sertlik değerini arttırdığı gözlenmiştir. Depolama boyunca, tüm örneklerin sertlik değerlerinde kısmi azalışlar görülürken bu azalışın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Dolayısıyla, balık cipslerinin paketlenmesinde kullanılan alüminyumlu Doypack kahve paketlerinin ürünü ilk günlük tazeliğinde ve gevrekliğinde koruması açısından büyük önem arz etmiştir. Ayrıca, ambalaj materyalinin su buharı ve gaz geçirgenliğinin düşük olması nedeniyle depolama sırasında balık cipslerinin sertlik değerlerinde büyük değişiklikler görülmemiştir.

**Tablo 3.** Depolama Boyunca Alabalık Eti Bazlı Cipslerin Sertlik Değeri Sonuçları

Sertlik Değeri (g)					
Gruplar	Depolama Süresi (Gün)				
	0	15	30	45	60
<b>LM-1</b>	3,017.04±13,46 <sup>cA</sup>	3,015.63±11,23 <sup>cA</sup>	3,012.11±14,03 <sup>cA</sup>	3,007.08±15,07 <sup>cA</sup>	3,004.31±13,71 <sup>cA</sup>
<b>LM-2</b>	3,049.33±14,20 <sup>bA</sup>	3,043.18±13,35 <sup>bA</sup>	3,040.29±13,06 <sup>bA</sup>	3,039.23±14,27 <sup>bA</sup>	3,033.27±12,37 <sup>bA</sup>
<b>LM-3</b>	3,145.21±20,09 <sup>aA</sup>	3,140.05±21,05 <sup>aA</sup>	3,139.47±19,51 <sup>aA</sup>	3,138.37±21,03 <sup>aA</sup>	3,134.66±19,94 <sup>aA</sup>

<sup>a, b, c:</sup> Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

<sup>A:</sup> Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

(**LM-1:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %10 leblebi unu ve %5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-2:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %7,5 leblebi unu ve %7,5 mısır unu katkılı balık cipsi; **LM-3:** %81 alabalık kıyması, %3 mısır nişastası, %1 tuz, %5 leblebi unu ve %10 mısır unu katkılı balık cipsi)

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Son zamanlarda, değişen yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler bireyleri hazır gıdalara yöneltmiştir. Hazır gıdalar arasında patates ve mısır cipsleri ön plana çıkmaktadır. Ancak patates ve mısır cipsleri, protein, vitamin ve mineral açısından oldukça fakir ürünlerdir. Bu bağlamda hem bilim insanları hem de gıda endüstrisi bu cipsleri daha sağlıklı hale getirmek için et veya meyve-sebze bazlı çeşitli cips ürünlerinin üretimine başlamışlardır.

Nawaz vd. (2019b) tarafından bir çalışmada, farklı oranlarda balık eti (0-40 g), buğday unu (10-30 g) ve patates tozu (0-40 g) katkılı atıştırmalık ürünler üretilmiştir. Balık eti miktarı arttıkça örneklerdeki protein miktarının arttığı gözlenirken atıştırmalık ürün formülasyonunda yüksek miktarda kullanılan patates tozunun ürünlerdeki su tutma kapasitesini önemli oranda arttırdığı belirtilmiştir. Buğday unu miktarı azaltılarak sazan balığı miktarının (100-300 g/kg) artırıldığı atıştırmalık ürünlerde, sazan balığı miktarının artışıyla birlikte örneklerin protein, yağ, nem ve kül miktarlarında önemli artışlar, a\* ve b\* değerlerinde ise önemli azalışların olduğu bildirilmiştir (Nawaz vd., 2019c). Nawaz vd. (2021c) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, farklı yöntemlerle (kızartma, fırınlama ve mikrodalgada pişirme) pişirilen balık eti bazlı atıştırmalık ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Buna göre, mikrodalgada pişirilen örneklerin en yüksek bir sertlik değerine sahip olduğu görülürken mikrodalgada pişirilen örneklerin en düşük karbonil içeriğine sahip olduğu gözlenmiş olup örneklerin renk değerleri (L\*, a\* ve b\*) arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir (P>0,05).

Bu çalışmada, farklı oranlarda leblebi-mısır unu kullanılarak balık cipsleri üretilerek gıda endüstrisine proteince zengin yeni bir ürünün üretimi sağlanarak depolama boyunca cipslerin kalite karakteristiklerinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Leblebi unu miktarı arttıkça balık cipslerindeki protein miktarının arttığı gözlenmiştir. Literatür incelendiğinde, et cipslerinin formülasyonunda daha çok buğday ve mısır unları kullanılmıştır. Dolayısıyla, bu çalışmada da görüldüğü üzere leblebi ununun buğday ve mısır ununa alternatif olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Depolama boyunca, balık cipslerinin TBARS değerlerinde önemli artışlar gözlenmesine rağmen depolamanın sonunda çeşitli araştırmacılar tarafından farklı et ve ürünleri için eşik sınır olarak kabul edilen 1-2 mg malondialdehit/kg seviyesinin altında kaldığı görülmüştür (Popova ve Marinova, 2013; Verme ve Sahoo, 2000). Depolama boyunca tüm örneklerin karbonil içeriklerinde önemli artışlar gözlenmiş ve bu durum lipid oksidasyonu sonuçlarıyla da benzerlik göstermiştir.

Genel anlamda, balık cipslerinin paketlenmesinde kullanılan alüminyumlu Doypack paketlerinin lipid ve protein oksidasyonunu önemli ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Balık cipslerinde sertlik analizi gerçekleştirilirken ambalaj paketi açıldığında cipslerin yüzeyinde veya yapısında herhangi bir yumuşama gözlenmemiştir. Depolama sırasında balık cipslerinin sertlik değerlerinde kısmi azalışlar gözlenmesine rağmen bu azalış istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır (P>0,05). Dolayısıyla, bu durum alüminyumlu Doypack paketlerinin başta et bazlı cipslerde olmak üzere çeşitli meyve ve sebze bazlı cipslerin paketlenmesinde de kullanılabilmesi için ön görülmektedir.



## KAYNAKÇA

Association of Official Analytical Chemists, AOAC, 'Official methods of analysis', Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), 2005 Current Through Revision 1. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA, (2006).

Chudasama, B.G., Zofair, S.M., Bhola, D.V., ve Dave, T.H. (2019). Development and characterization of fish crackers prepared from the bull's eye (*Priacanthus hamrur*, Forsskal, 1775) fish meat and different starches. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(3), 401-406.

Desai, A.S., Brennan, M.A., ve Brennan, C.S. (2018). Effect of fortification with fish (*Pseudophycis bachus*) powder on nutritional quality of durum wheat pasta. *Foods*, 7, 62.

Flynn, A. W., ve Brambert, V. D. (1975). Effects of frozen storage cooking methods and muscle quality attributes of pork loins. *Journal of Food Science*, 40, 631-633.

Hernandez, P., Zomeno, L., Arino, B., ve Blasco, A. (2004). Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. *Meat Science*, 66(3), 525-529.

Hess, J.M., ve Slavin, J.L. (2017). Healthy snacks: using nutrient profiling to evaluate the nutrient-density of common snacks in the United States. *Journal of Food Science*, 82, 2213-2220.

Jiang, S., Zhao, S., Jia, X., Wang, H., Zhang, H., Liu, Q., ve Kong, B. (2020). Thermal gelling properties and structural properties of myofibrillar protein including thermo-reversible and thermo-irreversible curdlan gels. *Food Chemistry*, 311, 126018.

Liu, T., Hamid, N., Kantono, K., Pereira, L., Farouk, M.M. ve Knowles, S.O. (2016). Effects of meat addition on pasta structure, nutrition and in vitro digestibility. *Food Chemistry*, 213, 108-114.

Nawaz, A., Alhilali, A., Li, E., Khalifa, I., Irshad, S., Walayat, N., Chen, L., Wang, P., ve Tan, Z. (2021a). The effects of gluten protein substitution on chemical structure, crystallinity, and Ca in vitro digestibility of wheat-cassava snacks. *Food Chemistry*, 339, 127875.

Nawaz, A., Khalifa, I., Walayat, N., Lorenzo, J.M., Irshad, S., Ahmed, S., Simirgiotis, M.J., Ali, M., ve Li, E. (2021b). Whole Fish Powder Snacks: Evaluation of Structural, Textural, Pasting, and Water Distribution Properties. *Sustainability*, 13, 6010.

Nawaz, A., Li, E., Khalifa, I., Walayat, N., Liu, J., Irshad, S., Zahra, A., Ahmed, S., Simirgiotis, M.J., Pateiro, M., ve Lorenzo, J.M. (2021c). Effect of Different Processing Methods on Quality, Structure, Oxidative Properties and Water Distribution Properties of Fish Meat-Based Snacks. *Foods*, 10, 2467.

Nawaz, A., Li, E., Irshad, S., Hammad, H.H.M., Liu, J., Shahbaz, H.M., Waqas, A., ve Regenstein, J.M. (2020). Improved effect of autoclave processing on size reduction, chemical structure, nutritional, mechanical and in vitro digestibility properties of fish bone powder. *Advanced Powder Technology*, 31, 2513-2520.



Nawaz, A., Xiong, Z., Li, Q., Xiong, H., Liu, J., Chen, L., Wang, P., Walayat, N., Irshad, S., ve Regenstein, J. (2019a). Effect of wheat flour replacement with potato powder on dough rheology, physiochemical and microstructural properties of instant noodles. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43, e13995.

Nawaz, A., Xiong, Z., Xiong, H., Chen, L., Wang, P.K., Ahmad, I., Hu, C., Irshad, S., ve Ali, S.W. (2019b). The effects of fish meat and fish bone addition on nutritional value, texture and microstructure of optimised fried snacks. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 1045-1053.

Nawaz, A., Xiong, Z., Li, Q., Xiong, H., Irshad, S., Chen, L., Wang, P., Zhang, M., Hina, S., ve Regenstein, J.M. (2019c). Evaluation of physicochemical, textural, and sensory quality characteristics of red fish meat-based fried snacks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 5771-5777.

Oliver, C.N., Ahn, B.W., Moerman, E.J., Goldstein, S., ve Stadtman, E.R. (1987). Aged-related changes in oxidized proteins, *Journal of Biological Chemistry*, 262, 5488-5491.

Popova, T. ve Marinova, P. (2013). Lipid and protein oxidation during cooking in meat of lambs reared indoors and on pasture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(3), 590-594.

Saygı, Y. B., Mankan, E., Ceylan, Z., Çelik, Ş. ve Uçkan Çakır, M. (2022). Snack Barlar ve Tüketim Eğilimleri, *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 607-627.

Shaviklo, G.V., Olafsdottir, A., Sveinsdottir, K., Thorkelsson, G., ve Rafipour, F. (2011). Quality characteristics and consumer acceptance of a high fish protein puffed corn-fish snack. *Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 668-676.

Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B., ve Aksnes, A. (2007). Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 146, 395-401.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), <https://www.tuik.gov.tr/>, (2023).

Verme, S. P. ve Sahoo, J. (2000). Improving the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate preblending. *Meat Science*, 56, 403-413.

Witte, V.C., Krauze, G.F., ve Bailey, M.E. (1970). A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, 35, 582-585.

## MAX ve MXene ile METİLEN MAVİSİ ADSORPSİYONU

Mustafa YEGİN<sup>1</sup>, Aytekin ÇELİK<sup>2</sup>, Özge HANAY<sup>3</sup>, Halil HASAR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>E-mail:mustafa.yegin@outlook.com;Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail:aytekincelik@firat.edu.tr;Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail:ohanay@firat.edu.tr;Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>4</sup>E-mail:hhasar@firat.edu.tr;Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

---

### Özet

2004 yılında başarılı ve etkili bir şekilde sentezlenen grafen sonrasında etkin özelliklere sahip iki boyutlu (2d) nano malzemeler membran üretimi, atık su arıtım teknolojileri gibi pek çok çevresel çalışma alanda ön plana çıkmıştır. Bu 2d malzemeler arasında MXeneler yüksek yüzey alanı ve değiştirilebilir yüzey fonksiyonel grupları, fotokatalitik özellikleri ve hidrofilitiklik gibi birçok özelliği ile ön plana çıkmıştır. Yaptığımız çalışmada MAX fazı olarak kullanılan  $Ti_3AlC_2$  Hidroflorik asit ile aşındırarak MXene sentezlenmiş sentezlenen bu MXene'in karakterizasyonu için SEM-EDS ve XRD verileri verilmiştir. Bir çok endüstriyel alanda boyar madde olarak kullanılan Metilen mavisi'in kirletici olarak sentetik bir atıksu ortamında adsorpsiyonu ile giderimi üzerine çalışma yapılmıştır. Optimum adsorpsiyon şartlarında MAX ( $Ti_3AlC_2$ ), MXene ( $Ti_3C_2Tx$ ), adsorbent performansları değerlendirmiştir. Adsorbent olarak kullanılan MAX fazında giderim istenilen düzeyde olmamıştır (yaklaşık %40) fakat MAX fazından sentezlenen MXene ile 200ppm 50 ml metilen mavisi içeren sentetik atıksuda 2 saatte %99.5 lik bir boyar madde giderimi sağlanmıştır. Sonuç olarak sentezlenen MXene etkin bir şekilde Metilen Mavisini sentetik atıksudan giderimini sağlanmıştır. MXene'ler etkin yüzey alanı ve anyonik yüzey grupları gibi üstün özellikleri sayesinde birçok kirleticinin giderimi ve çevresel alanda kullanımında gelecek vaat etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** ADSORPSİYON, MAX, METİLEN MAVİSİ, MXENE, 2 BOYUTLU NANO MALZEMELER.

---

### Abstract

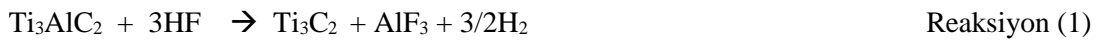
After graphene was successfully and effectively synthesized in 2004, two-dimensional (2D) nanomaterials with effective properties have come to the fore in many environmental studies such as membrane production and wastewater treatment technologies. Among these 2D materials, MXenes have come to the fore with their high surface area and many properties such as switchable superficial functional groups, photocatalytic properties and hydrophilicity. In our study, MXene was synthesized by etching  $Ti_3AlC_2$ , which was used as the MAX phase, with Hydrofluoric acid. SEM-EDS and XRD data are given for the characterization of this synthesized MXene. A study was conducted on the removal of methylene blue, which is used as a dye in many industrial areas, as a pollutant by adsorption in a synthetic wastewater environment. MAX ( $Ti_3AlC_2$ ), MXene ( $Ti_3C_2Tx$ ) adsorbent

performances were evaluated under optimum adsorption conditions. The removal in the MAX phase used as adsorbent was not at the desired level (approximately 40%), but with MXene synthesized from the MAX phase, a dye removal of 99.5% was achieved in 2 hours in synthetic wastewater containing 200 ppm and 50 ml methylene blue. As a result, the synthesized MXene effectively removed Methylene Blue from synthetic wastewater. MXenes are promising in the removal of many pollutants and their use in the environmental field, thanks to their superior properties such as effective surface area and anionic surface groups.

**Keywords:** ADSORPTION, MAX, METHYLENE BLUE, MXene, 2D NANO MATERIALS

## GİRİŞ

Grafenin sentezlenmesi ve sentez sonrasında birçok üstün özellikleri tespit edilmesiyle 2 boyutlu (2D) malzemeler bir çok çalışmaya konu olmuştur [1,2]. İki boyutlu malzemenin ne demek olduğunu açıklayacak olursak; Kalınlığı yok sayılabilecek kadar az birkaç atom veya birkaç nanometre düzlemsel olarak kabul edilen nano malzemelerdir. MXeneler MAX fazlarının bir aşındırıcı yoluyla aşındırılmasıyla sentezlenirler. MAX fazları çok katmanlı hegzagonal seramik ailesinin bir üyesidir. Yüksek erime sıcaklığı, yüksek sıcaklığa karşı dayanım ve yüksek sertlik gibi bir çok özelliğinden dolayı ısı elemanlarının tasarımı ve uzaycılık sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. MAX fazları ismin yapısında bulunan atomlardan alır M: Erken geçiş metalleri grubunu (Sc, Ti, V, Zr, Cr, Nb, Hf, Ta, Mo, vb.), A: A grubu elementlerini yani baş grubu elementlerini (Al, Si, P, S, Ga, Ge, As, Sn vb.), ve X: karbon, azot veya her ikisininide ifade eder[3]. MAX fazları MA ve MX bağlarından oluşmaktadır. MX bağları güçlüyken MA bağları zayıftır. MXeneler'in temel sentez fikri MAX fazındaki zayıf MA bağlarının seçici bir aşındırıcıyla aşındırılarak uzaklaştırılmasına dayanmaktadır. Genellikle bu aşındırma işlemi hidroklorik asit(HF) ile gerçekleştirilir [4]. Aşındırma işlemiyle MAX fazının yapısında bulunan A grubu elementi uzaklaştırılarak üretilen yeni malzemede ismini yapısındaki bulunan elementlerden alır M:Erken geçiş metali elementlerini , X : karbon, azot veya her ikisininide T<sub>X</sub>: Yüzey sonlandırma gruplarını temsil eder. Yapmış olduğumuz çalışmada MAX fazı olarak Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> Florca zengin ortamda HF ile aşındırılarak Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> sentezlenmiştir. Aşağıda MAX fazının aşındırılarak sentezlenen MXene'in kimyasal reaksiyonları verilmiştir [5].



MAX fazı aşındırılarak MXene sentezlendikten sonra MXene katmanları birbirine zayıf bir bağ türü olan Van der Waals bir arada tutunmaktadır bu bağları parçalayıp tek katmanlı MXeneler elde etmek amacıyla sonikasyon işlemi uygulanır bu işleme delaminasyon yani kompozit bir malzemeyi oluşturan katmanların ayrılmasıdır. Daha derin akordiyonik yapı ve daha büyük yüzey alanına sahip olması için interkalasyon işlemi uygulanır. İnterkalasyon işlemi için genellikle TMAOH (tetrametilamonyum hidroksit), DMSO (dimetil sülfoksit), TBAOH (n-bütülin, tetrabütülamonyum hidroksit) etanol gibi kimyasallar kullanılır [5,6]. MXenelerin özelliklerinden bahsedecek olursak MXeneler ayarlanabilir

yüzeysel kimyasal gruplara sahiptir. Bu kimyasal gruplar genellikle –O, -OH, -F grupları içerir bu gruplar sayesinde anyonik bir özellik sergiler [7]. MAX fazının yapısında bulunan A grubu elementinin aşındırılarak uzaklaştırılması sonrası oluşan boşluklar MXene’de akordiyonik bir yapı oluşturur bu akordiyonik yapı sayesinde büyük yüzey alanına sahip olurlar. MAX fazları metalik özellik gösterdiklerinden iyi iletkenlerdir fakat yüzey grupları sayesinde MXeneler yarı iletken özellik gösterirler bu sayede birçok elektronik sistemde kullanılmaya uygundur [8]. MXeneler üstün mekanik özelliklere sahiptirler. MAX fazlarıyla kıyaslandıklarında 2 katlık bir elastiklik sabiti olan  $C_{11}$  değerine sahiptirler. Muhadili olan grafenle kıyaslandığında çift eksenli eğilme analizi sonrası grafende %20 ve %24 civarında bir deformasyon gözlemlenirken MXene’de ise bu değer %9.5 gibi neredeyse yarısına denktir [9,10]. MXeneler işlevsel optiksel özelliklere sahiptir fotokatalitik proseslerde kullanılacak katalizörlerdeki en önemli parametrelerden biri görünür ve görünür olmayan UV bölgedeki ışığın adsorpsiyonudur. Bir kaç nm kalınlığına sahip MXene filmi görünür bölgedeki ışığın %91.2 lik bir geçirgenlik göstermiş ve 300 ile 500 nm arasındaki dalga boylarını adsorbladığı gözlemlenmiştir. İyi iletkenlik özellikleride göz önüne alındığında şeffaf elektrotlarda kullanılmaya uygun adaylardır [10,11]. MXeneler antibakteriyel özelliklere sahiptir bu sayede gaz transfer membranlarının yapılarında kullanılıp istenmeyen biyofilm oluşumu engellenebilmektedir [12]. Mxeneler yüzey sonlandırma grupları sayesinde hidrofilik özelliğe sahiptirler bu sayede su ve dimetilforamid (DMF) gibi çözücülerde iyi disperse olduklarından dolayı membranlarda katkı malzemesi olarak kullanılmaya aday malzemelerdir [13,14].

Genel olarak boyar maddeler amin grupları, aromatik bileşikler, ve krom, kurşun, bakır kobalt vb. ağır metal içeren toksik fonksiyonel gruplar içerir. Bu sebepten dolayı boyar maddeler su ekosistemi ve insan sağlığı için oldukça zararlı kabul edilmektedir [15]. Birçok endüstri tarafından boyar maddeler sıklıkla kullanılmaktadır. Çevreye ekosisteme bir çok zararlı etkiye sahip olan boyar maddeleri gidermek için bir çok proses geliştirilmiştir. Membran prosesler, fotokatalitik prosesler, ileri oksidasyon prosesleri, elektrokoagülasyon, ozonlama ve adsorpsiyon prosesleri geliştirilmiştir. Adsorpsiyon atıksuda çözülmüş halde bulunan kirleticilerin bir adsorbent yüzeyinde kimyasal veya fiziksel olarak toplandığı bir giderim prosesidir [16]. Ucuz bir sistem olması, yüksek giderim verimi kolay uygulanabilirlik ve yeniden kullanılabilirlik gibi sebepler boyar madde giderimi için adsorpsiyon yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [17]. Adsorpsiyon çalışmalarında en önemli parametrelerden biri adsorbent özellikleridir. Genel olarak etkin bir adsorbentten beklentiler yüksek seçicilik, yüksek yüzey alanı ve kirletici ile zıt yüke sahip olması adsorpsiyon verimini etkilemektedir. MXene yüzey sonlandırma grupları sağladığı anyonik özellik ve yüksek yüzey alanı sayesinde katyonik boyar maddeler için etkili bir adsorbent adaydır [18].

## **YÖNTEM**

### **MXene Sentezi**

MAX fazı hassas terazi yardımıyla tartılmıştır. Aşındırma çözeltisi olarak kullanılan HF istenilen konsantrasyona seyreltmek için deiyonize su kullanıldı. Reaksiyonun gerçekleştirileceği kaba aşındırma çözeltisi eklendikten MAX fazı yavaşça HF çözeltisine ilave edildi. Sabit sıcaklık sıcaklık altında 24 saat boyunca karıştırıldı. Reaksiyon esnasında hidrojen gazı açığa çıktığı için belirli aralıklarla hidrojen gazı reaksiyonun gerçekleştiği kaptan uzaklaştırılmıştır. 24 saatin sonunda kapta bulunana numune 50

ml falkon tüplerine alınarak 3100 devir/dakika hızında 4 dakika boyunca santrifüj edildi. Santrifüj sonrası falkon tüpündeki süpernatant dökülerek tekrar üzerine deiyonize edilmiş su ilave edilerek santrifüj işlemi süpernatantın pH'ı nötr olana kadar devam ettirilmiştir. Bu sayede ortamda reaksiyonda kullanılmayan artan HF uzaklaştırılmıştır. Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen çok katmanlı MXene 100 ml deiyonize su içerisinde disperse edildi ve 90 dakika boyunca sonike edilerek tek katmanlı MXene elde edilmiştir. Sonikasyon sonrası su-MXene karışımı 0.22 mikron gözenek çapına sahip membran ile vakumlu süzme düzeneğinde süzülerek membran yüzeyinde toplanan MXene bir spatül yardımıyla 14 ml falkon tüpüne alındı. 60 °C sabit sıcaklık altında 24 saat boyunca vakumlu etüv ile kurutulup kullanıma hazır hale getirildi.

### **Adsorpsiyon Çalışmaları**

Toz halde bulunan metilen mavisi hassas terazi yardımıyla tartılarak 1000 ppm lik stok çözelti hazırlandı. Yaptığımız çalışmada adsorbent olarak MAX fazı ve MXene, kirletici olarak metilen mavisi kullanılmıştır. Optimum adsorpsiyon şartlarını belirlemek amacıyla ilk etapta pH çalışılmıştır. Çalışılan pH şartları sırasıyla 2, 7, 11 dir. 100 ppm 50 ml metilen mavisi çözeltisi bir erlene alınarak pH sı 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1M NaOH kullanılarak ayarlanmıştır pH lar ayarlandıktan sonra erlenlere 0.1 gr MAX ve MXene ayrı ayrı eklenip oda sıcaklığı altında bir karıştırıcı vasıtasıyla 120 dk boyunca karıştırılmıştır. Adsorpsiyon süresi boyunca belirli aralıklarla numune alınarak spektrofotometre de 625 dalga boyunda okumaları yapılmıştır. Optimum pH belirlendikten sonra adsorpsiyona sıcaklık etkisini incelemek amacıyla 100 ppm 50 ml metilen mavisi çözeltisinin pH'ı optimum pH 'a ayarlanarak erlenlere 0.1 gr MAX ve MXene ayrı ayrı eklenerek 60 °C sabit sıcaklık altında karıştırılarak belirli aralıklarla numuneler alınarak spektrofotometre ile okuması yapılmıştır. Optimum şartlar belirlendikten sonra son olarak optimum giderim verimini incelemek amacıyla 200 ppm 50 ml metilen mavisi çözeltisinin optimum pH'a ayarlanarak erlenler üzerine 0.3 gr MAX ve MXene ayrı ayrı ilave edilip optimum sabit sıcaklıkta adsorpsiyon çalışılmış belirli aralıklarla 5.dk, 10.dk, 30.dk, 60.dk ve 120.dk numuneler alınarak spektrofotometre de okumaları yapılmıştır.

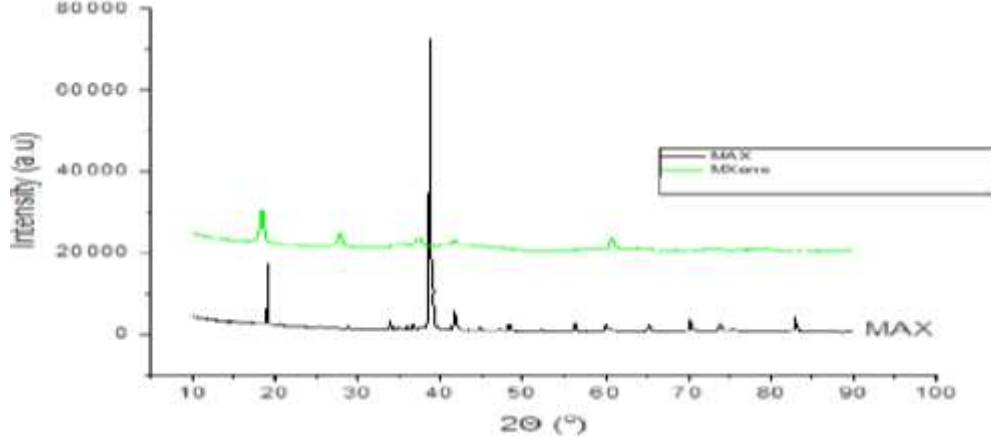
### **BULGULAR**

#### **MXene karakterizasyonu**

Sentezlenen MXene'in karakterizasyonu için XRD ve SEM-EDS analizleri yapılmıştır.

#### **XRD ANALİZİ**

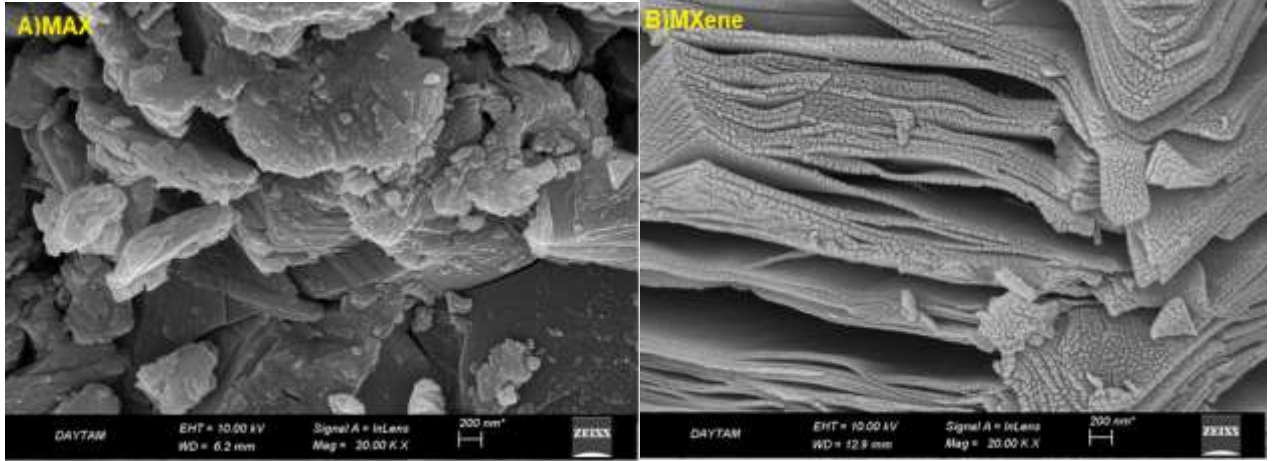
Aşağıda şekil 1 de MAX fazı ve sentezlenen MXene'in XRD grafikleri verilmiştir. 38.9 ° temsil ettiği pik MAX fazındaki A grubu elementi Al temsil etmektedir. MAX fazında oldukça büyük olan pik Sentezlenen MXene de gözlemlenmemektedir. Sonuç olarak MXene'in başarılı bir şekilde sentezlenerek MAX fazındaki A grubu elementin uzaklaştırıldığını göstermektedir.



Şekil 1. MAX ve MXene'in XRD grafiği

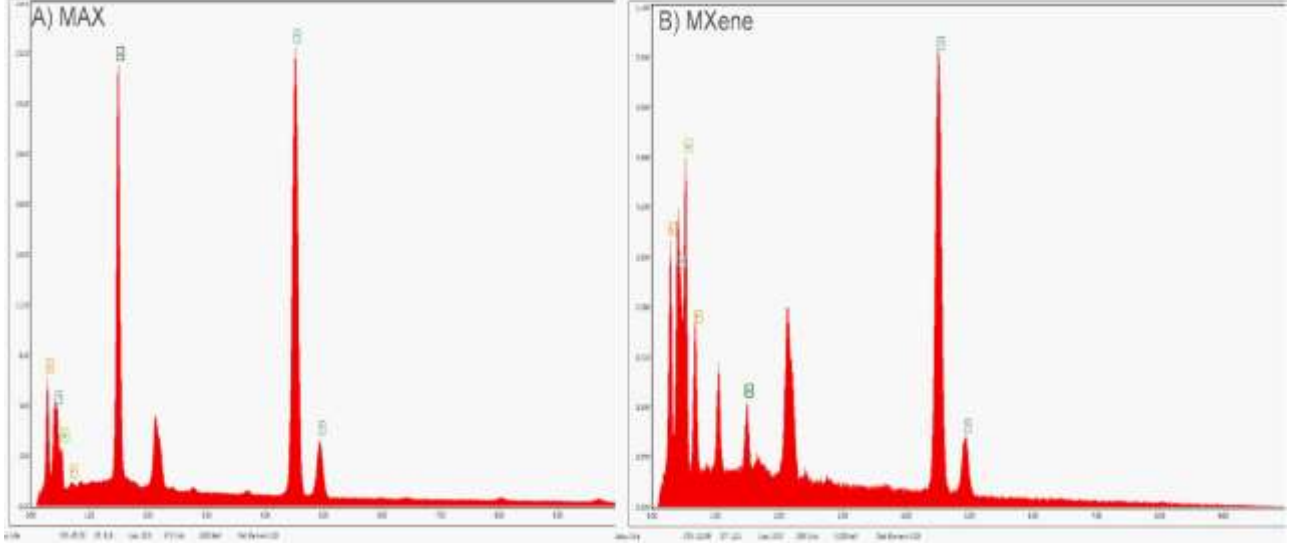
#### SEM-EDS Verileri

Sentezlenen MXene ve MAX fazlarının SEM görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. MAX fazının aşındırma işlemi sonrasında uzaklaştırılan A grubu elementi olan Al sonrası elde edilen MXenede beklendiği gibi akordiyonik yapı rahat bir şekilde gözlemlenmektedir ayrıca bu akordiyonik yapı sayesinde büyük bir yüzey alanına sahip MXene'in sentezlendiğini göstermektedir.



Şekil 2. A) MAX B) MXene SEM görüntüleri

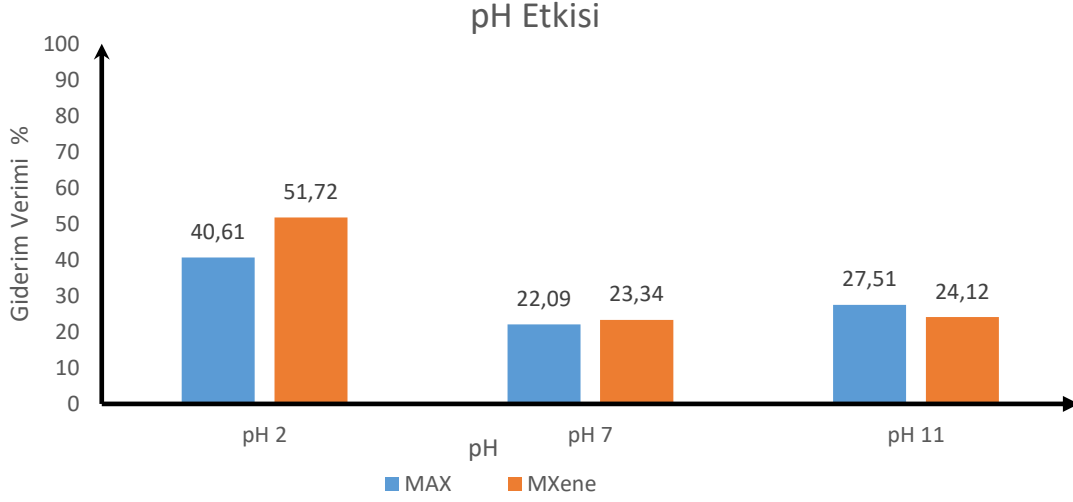
MAX fazının ve sentezlenen MXene'in EDS verileri Şekil 3.3'de verilmiştir. EDS verileri incelendiğinde XRD analizini destekler şekilde MAX fazındaki Al piki azalmış ve beklendiği gibi MXene'in yüzey gruplarında -F ve -O oluştuğu ve bu gruplar anyonik özellikte bir yüzeye sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. A) MAX B) MXene EDS verileri

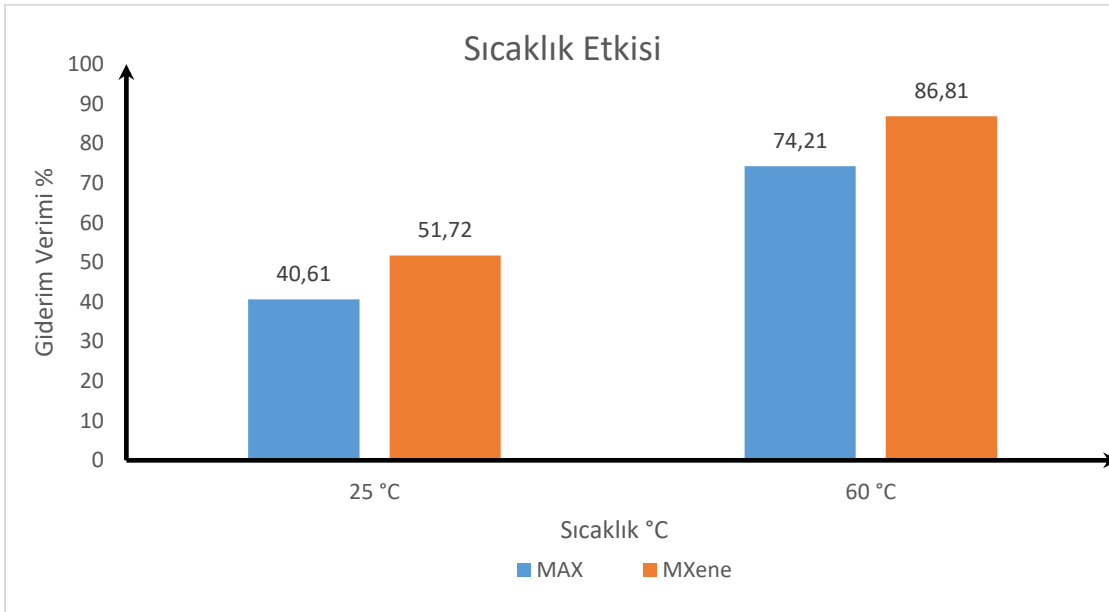
### Adsorpsiyon Sonuçları

Yapılan pH çalışmalarının verileri Şekil 4'te verilmiştir. 100 ppm 50 ml metilen mavisi ile 0.1 gr MAX ve MXene 3 farklı pH şartlarında oda sıcaklığında adsorpsiyon deneyleri yapılmış hem MAX fazı hemde MXene için en iyi giderim verimleri pH 2 de gözlemlenmiştir. MXene beklendiği gibi MAX fazından daha iyi bir giderme sahip olduğu ve 120 dakikanın sonunda %51.72 bir giderime sahip olduğu gözlemlendi.



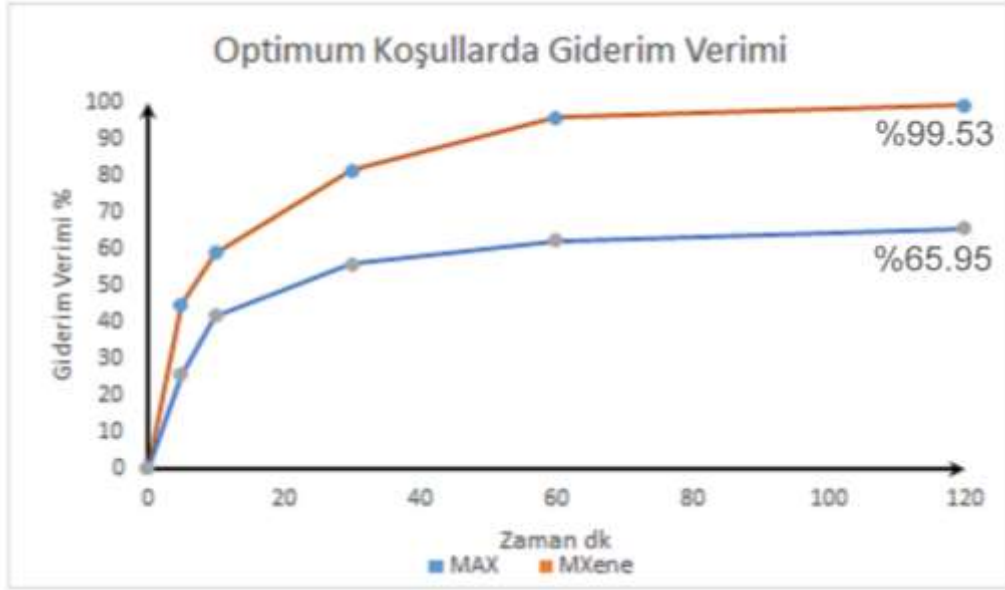
**Şekil 4.** Farklı pH şartlarında giderim verimi grafiği

Sıcaklık etkisini gözlemlemek amacıyla yapılan sıcaklık ile giderim verimleri şekil 3.5'te verilmiştir. 100 ppm 50 ml metilen mavisi ile adsorbent olarak 0.1 gr MAX ve MXene kullanılarak pH 2de 60 °C sabit sıcaklık altında 120 dakika boyunca adsorpsiyon deneyi yapıldı. MAX fazı ve MXene en iyi giderimi 60 °C de sağlamıştır . MXene 120 dakikanın sonunda %86.81 lik bir giderim verimiyle MAX fazından daha iyi bir giderim sağlamıştır. Oda sıcaklığında yapılan deneye kıyasla Sıcaklığın artırılması adsorpsiyon için olumlu bir etki yaratmıştır.



**Şekil 5.** Farklı sıcaklık şartlarında giderim verimi grafiği

Optimum şartlarda maksimum giderim için yapılan zamanla giderim verimi grafiği şekil 3.6 da verilmiştir. 200 ppm 50 ml metilen mavisi ile adsorbent olarak 0.3 gr MAX ve MXene pH 2 60 °C sabit sıcaklık altında 120 dakika boyunca adsorpsiyon yapıldı. Belirli aralıklarla alınan numuneler ile zamanla giderim verimi incelendiğinde MXene 120 dakikanın sonunda yaklaşık %100 lük bir giderim sağlarken MAX fazı 120 dakikanın sonunda %65.95 lik bir giderim sağlamıştır. Adsorpsiyon 60. Dakikanın sonunda dengeye ulaşmıştır



Şekil 3.6 Optimum şartlarda zaman ile giderim verimi

## SONUÇ VE TARTIŞMA

MAX fazından MXene başarılı bir şekilde sentezlendiği XRD grafikleri ve EDS verileri ile görülmüştür. Ayrıca EDS verileri incelendiğinde MXene'in yüzey sonlandırma gruplarında -O, -F gruplarının varlığı anyonik bir özellik kazandırmıştır. Bu sayede katyonik bir boyar maddesi olan metilen mavisi için MXene ekili bir adsorbent olarak kullanılabilmesi gözlemlendi. MAX fazı ve sentezlenen MXene'in SEM görüntüleri incelendiğinde MXene'in sahip olduğu akordiyonik yapı ve yüksek yüzey alanı sayesinde MAX fazından daha iyi bir şekilde metilen mavisini su ortamında giderdi. Yapılan adsorpsiyon çalışmasında pH ve sıcaklığın giderim verimine olan etkisi incelenerek hem MAX fazı hemde sentezlenen MXene için pH 2 ve 60 °C de en iyi giderim performansına sahip olduğu tespit edildi. MXeneler ağır metaller ve katyonik özelliğe sahip boyar maddeler için adsorpsiyon çalışmalarında umut vaat etmektedir. Ayrıca oldukça toksik bir kimyasal olan hidroklorik asit ile aşındırma işlemi yerine daha az toksik olan kimyasallar ile yeni sentez yöntemlerini üzerine çalışılması gerekmektedir.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 122Y006 projesi kapsamında yapılmıştır yazarlar TÜBİTAK'a teşekkürlerini sunmaktadır.

## KAYNAKÇA

- [1]Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D. E., Zhang, Y., Dubonos, S. V., ... & Firsov, A. A. (2004). Electric field effect in atomically thin carbon films. *science*, 306(5696), 666-669.
- [2]Ramanathan, A. A., Aqra, M. W., & Al-Rawajfeh, A. E. (2018). Recent advances in 2D nanopores for desalination. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1217-1231.
- [3]Yorulmaz, U. (2018). İki boyutlu mxene kristallerinin mekanik ve dinamik özelliklerinin temel prensiplere dayalı yöntemler ile incelenmesi ve araştırılması (Tez No. 537865) [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi]. YÖK Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- [4]Naguib, M., Mochalin, V. N., Barsoum, M. W., & Gogotsi, Y. (2014). 25th anniversary article: MXenes: a new family of two-dimensional materials. *Advanced materials*, 26(7), 992-1005.
- [5]Naguib, M., Kurtoglu, M., Presser, V., Lu, J., Niu, J., Heon, M., ... & Barsoum, M. W. (2011). Two-dimensional nanocrystals produced by exfoliation of Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub>. *Advanced materials*, 23(37), 4248-4253.
- [6]Naguib, M., Unocic, R. R., Armstrong, B. L., & Nanda, J. (2015). Large-scale delamination of multi-layers transition metal carbides and carbonitrides “MXenes”. *Dalton transactions*, 44(20), 9353-9358.
- [7]Yu, F., Zhang, X., Yang, Z., Yang, P., & Ma, J. (2021). Environmental applications of two-dimensional transition metal carbides and nitrides for water purification: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 1-28.
- [8] Anasori, B., Lukatskaya, M. R., & Gogotsi, Y. (2017). 2D metal carbides and nitrides (MXenes) for energy storage
- [9] Ganesh, P. S., & Kim, S. Y. (2022). Electrochemical sensing interfaces based on novel 2D-MXenes for monitoring environmental hazardous toxic compounds: A concise review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*
- [10] Ronchi, R. M., Arantes, J. T., & Santos, S. F. (2019). Synthesis, structure, properties and applications of MXenes: Current status and perspectives. *Ceramics International*, 45(15), 18167-18188
- [11] Berdiyrov, G. R. (2016). Optical properties of functionalized Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>2</sub> (T= F, O, OH) MXene: First principles calculations. *Aip Advances*, 6(5), 055105.
- [12] Rasool, K., Helal, M., Ali, A., Ren, C. E., Gogotsi, Y., & Mahmoud, K. A. (2016). Antibacterial activity of Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene. *ACS nano*, 10(3), 3674-3684.
- [13] Naguib, M., Come, J., Dyatkin, B., Presser, V., Taberna, P. L., Simon, P., ... & Gogotsi, Y. (2012). MXene: a promising transition metal carbide anode for lithium-ion batteries. *Electrochemistry Communications*, 16(1), 61-64.
- [14] Naguib, M., Mashtalir, O., Carle, J., Presser, V., Lu, J., Hultman, L., ... & Barsoum, M. W. (2012). Two- dimensional transition metal carbides. *ACS nano*, 6(2), 1322-1331.
- [15]Sriram, G., Bendre, A., Mariappan, E., Altalhi, T., Kigga, M., Ching, Y. C., ... & Kurkuri, M. (2022). Recent trends in the application of metal-organic frameworks (MOFs) for the removal of toxic dyes and their removal mechanism-a review. *Sustainable Materials and Technologies*, 31, e00378.
- [16] Husien, S., El-taweel, R. M., Salim, A. I., Fahim, I. S., Said, L. A., & Radwan, A. G. (2022).



Review of activated carbon adsorbent material for textile dyes removal: Preparation, and modelling. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100325.

- [17]Kavci, E. (2021). Malachite green adsorption onto modified pine cone: Isotherms, kinetics and thermodynamics mechanism. *Chemical Engineering Communications*, 208(3), 318-327.
- [18]Lan, D., Zhu, H., Zhang, J., Li, S., Chen, Q., Wang, C., ... & Xu, M. (2022). Adsorptive removal of organic dyes via porous materials for wastewater treatment in recent decades: A review on species, mechanisms and perspectives. *Chemosphere*, 293, 133464.

## MXene ile Bazik Red (46) Boyanın Adsorpsiyonu

Umay HALİSDEMİR<sup>1</sup>, Yunus AKSOY<sup>2</sup>, Yusuf KÖSE<sup>3</sup>, Halil HASAR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [umayhalisdemir@gmail.com](mailto:umayhalisdemir@gmail.com); Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [yaksoy@firat.edu.tr](mailto:yaksoy@firat.edu.tr); Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>3</sup>E-mail: [yusufkose99@hotmail.com](mailto:yusufkose99@hotmail.com); Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

<sup>4</sup>E-mail: [hhasar@firat.edu.tr](mailto:hhasar@firat.edu.tr); Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ/ Türkiye.

---

### Özet

Son yıllarda MXene'ler mükemmel mekanik, elektronik, manyetik ve kimyasal özellikleri sebebiyle çevresel alanlarda birçok bilim insanı ve araştırmacının ilgisini çekmiştir. MXene'ler inorganik ve iki boyutlu yapıya sahip bileşiklerdir. MXene'leri sentezlemek için, ana öncü malzeme olarak MAX fazları kullanılır. Bu çalışmada  $Ti_3AlC_2$  (MAX fazı), HF aşındırma yöntemiyle üretilen  $Ti_3C_2Tx$  (Titanyum Karbit MXene) ve HCl+LIF yöntemiyle elde edilen  $Ti_3C_2Tx$  (Titanyum Karbit MXene) ile sulu çözeltilerden boyar madde olan basic red (46)'nın adsorpsiyonla giderim performansı incelenmiştir. Bu MXenelerin karakterizasyonu SEM gibi analizler yardımıyla değerlendirilmiştir. Deney sonunda 100 ppm, 50 mL basic red(46) içeren sulu çözelti 90 dakikada HF aşındırma yöntemiyle üretilen  $Ti_3C_2Tx$  de %66,4 giderim verimine ulaşırken, HCl+LIF yöntemiyle elde edilen  $Ti_3C_2Tx$  de %99,9 giderim verimine ulaşmıştır. Sonuç olarak basic red (46) içeren tekstil endüstrisi atıksularının arıtımında bu MXene'ler etkin bir adsorbent olarak önerilebilir.

*Anahtar Kelimeler:* MXene, Basic Red(46) Boyar Madde, Adsorpsiyon

---

### Abstract

In recent years, MXenes have attracted the attention of many scientists and researchers in environmental fields due to their excellent mechanical, electronic, magnetic and chemical properties. MXenes are compounds with inorganic and two-dimensional structure. To synthesize MXenes, MAX phases are used as the main precursor material. In this study, the adsorption removal performance of

the dyestuff basic red (46) from aqueous solutions was examined with the Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> (MAX phase), Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> (Titanium Carbide MXene) produced by the HF etching method and Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> (Titanium Carbide MXene) obtained by the HCl+LIF method. The characterization of these MXenes was evaluated with the help of analyzes such as SEM. At the end of the experiment, the aqueous solution containing 100 ppm, 50 mL basic red(46) reached 66.4% removal efficiency in Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> produced by the HF etching method in 90 minutes, while Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> obtained by the HCl+LIF method reached 99.9% removal efficiency. As a result, these MXenes can be recommended as an effective adsorbent in the treatment of textile industry wastewater containing basic red (46).

*Keywords:* MXene, Basic Red(46), Adsorption

---

## GİRİŞ

Nüfus artışı, sınırı olan su kaynaklarının aşırı kullanması ve insan, ziraat ve endüstriyel uygulamalardan meydana gelen kirlilik, ileri tekniklerin suyu temizlemek için süratli bir biçimde tasarlanmaması halinde gelecekte bir su kıtlığına yol açacaktır [2]. Dünya Kaynakları Enstitüsü'nün (WRI) istatistiklerine göre, 2040 yılına kadar insanların ortalama yarısı orta ila yüksek ya da oldukça yüksek su stresi altında olacaktır. Örneğin tekstil endüstrisi, tekstil işleme aşamalarında kullanılan su, boyalar ve değişik naturel ve doğal olmayan kimyasalların en büyük tüketicilerinden biridir [1]. Sentetik boyalar, sentezdeki rahatlık ve maliyet etkinliklerinin haricinde son derecede kirli atık suların deşarjına yol açabilecek ışığa, sıcaklığa, deterjana ve mikrobiyal saldırılara karşı yüksek stabiliteyi sebebiyle tekstil ve boyama endüstrilerinde giderek daha çok kullanılmaktadır. Atık su özelliklerinden biri olarak renk, suyun doğasını etkiler, güneş ışığının akıntıya nüfuz etmesini engeller ve fotosentetik aktiviteyi azaltır. Ayrıca, birtakım boyalar kanserojen ve mutajeniktir ve bunlar çoğu zaman biyolojik bozunmaya karşı stabildir. Bu nedenle, çevreye tahliye edilmeden sulu çözeltilerden uzaklaştırılmaları çok önemlidir. Bu nedenle, atık sudaki boya içeriğini azaltmak için verimli, düşük maliyetli ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi gereklidir. Yeni ekonomik, mahalli olarak temin edilebilen ve oldukça etken biyosorbentler hala geliştirilme aşamasındadır. Ayrıca, sentetik boyaların sulu çözeltilerden uzaklaştırılması için birçok arıtma sistemi önerilmiştir [4]. Boyarmadde içeren atıksular, boyarmaddelerin biyobozunurluğunun düşük olması nedeniyle adsorpsiyon, kimyasal ve fotooksidasyon teknikleri gibi ileri arıtma teknolojileri gerektirmektedir. Boyar maddeler, biyolojik olarak parçalanması zor olan karmaşık kimyasal yapılara sahiptir. Adsorpsiyon, boyarmadde içermeyen yüksek kaliteli atık sular üreten atık sulardan boyarmadde giderimi için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.[3] BR46, tekstil endüstrisindeki yaygın kullanımı nedeniyle model sentetik azo boya olarak seçilmiştir. Azo boyaları, azo grubunun varlığı ile karakterize edilen bir boya sınıfıdır. Bu boyaların yoğun kullanımı nedeniyle, büyük miktarlarda renkli atık sular çevre ve su kaynaklarına deşarj edilmektedir. Azo boyalarının çevreye salınması, toksisiteyi, mutajeniteyi ve kanserojenlikleri nedeniyle endişe vericidir. Bu nedenle, azo boya maddelerinin atık sudan uzaklaştırılması önemli bir çevre sorunudur [4]. Adsorpsiyonda adsorbentlerin özellikleri de adsorpsiyon sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Adsorpsiyon için çeşitli adsorbentler vardır bu çalışmada adsorbent olarak MXene kullanıldı.2011 yılında, geçiş metali karbürleri ve nitrürler (MXene) olarak bilinen yeni bir 2D malzeme

grubu Gogotsi ve Barsoum tarafından keşfedildi ve benzersiz özellikleri nedeniyle araştırma noktaları haline geldi. MXenes, ana MAX fazından A-eleman katmanlarının aşındırılmasıyla sentezlenir. MAX'ın genel formülü  $M_{n+1}AX_n$ , M: Geçiş metalleri (Ti, Zr, Hf, V, Mo, Ta gibi): A: A grubu metaller (Al, Si, In, Ge, Ga, Sn, Pb gibi) ve X: C (karbür) ve/veya N (nitür) 'ü temsil eder. MAX fazının üç elementinden gelen kombinasyon olasılıkları göz önüne alındığında, şimdiye kadar 60'tan fazla MAX fazı üretilmiştir, ancak bugüne kadar sadece birkaç MXene rapor edilmiştir. Bunlar arasında, Ti tabanlı MXenes, örneğin  $Ti_3C_2T_x$  ve  $Ti_2CT_x$  çevresel uygulamalar için en çok çalışılan MXene'dir. Karbürlere ek olarak, nitür ve karbonitür MXenes de çeşitli alanlarda uygulanmıştır. Bununla birlikte, çevresel iyileştirmede nitür ve karbonitür MXenes'in geniş araştırmasını büyük ölçüde sınırlayan seçici asit aşındırma yöntemleriyle nitür MXenes üretmek şaşırtıcı derecede zor olmaya devam etmektedir. MXenes'in çok yönlü kimyaları onlara ilgi çekici mekanik, elektronik, manyetik ve elektrokimyasal özellikler kazandırır. MXenes'in sentezi, özellikleri, işlevselleştirilmesi ve ayarlanması geniş çapta araştırıldı ve çeşitli alanlarda beklentilerini daha da genişletti. Benzersiz özelliklere sahip MXenes, enerji depolama, çevresel iyileştirme, elektromanyetik girişim koruması ve biyomedikal uygulamalar gibi çeşitli alanlarda büyük potansiyel sergilemiştir. Son zamanlarda, MXenes'in çevresel uygulamaları hakkında birkaç inceleme yayınlandı. Araştırmalar, MXenes'in hazırlama yöntemlerindeki değişkenliğin, kristal yapılarını, yanal boyutlarını, katmanlar arası aralıklarını ve yüzey kimyalarını güçlü bir şekilde etkilediğini ve bunun da gerçek uygulamadaki performanslarını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Ancak, MXenes'in özellikleri ile performansları arasındaki ilişkiler bu incelemelerde vurgulanmamıştır. Bu nedenle, MXenes'in özellikleri ve çevresel performansları hakkında kapsamlı bir inceleme gereklidir [5].

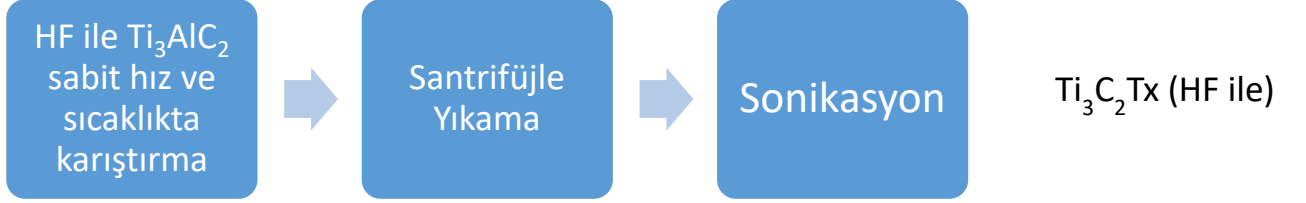
Bu çalışmada aynı MAX'dan hazırlanan iki farklı MXene ile Basic Red(46) boyar maddesinin adsorpsiyonla giderimi incelenmiştir.

## YÖNTEM

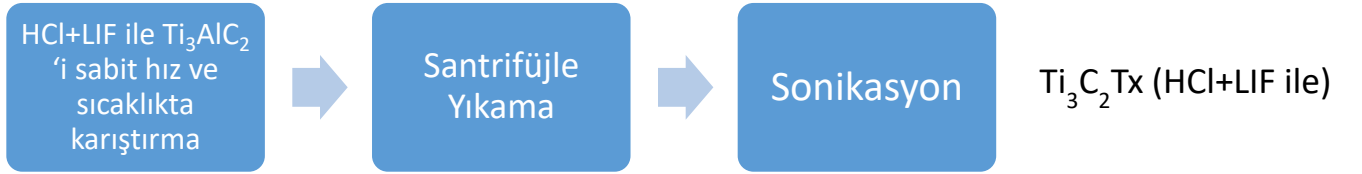
### MXene Sentezi

Bu çalışmada  $Ti_3AlC_2$  (MAX fazı), HF ve HCl+LIF ile aşındırıldı ve iki farklı MXene üretildi.  $Ti_3AlC_2$  MAX fazı HF ile orbital karıştırıcıyla sabit hız ve sıcaklıkta belirli bir süre karıştırıldı sonra santrifüj yardımıyla nötr hale gelene kadar yıkama yapıldı daha sonra sonikasyon işlemiyle daha küçük parçacıklara ayrılarak  $Ti_3C_2T_x$  (HF ile) MXene'i elde edildi. Aynı işlemler HCl+LIF ile  $Ti_3AlC_2$  MAX fazı aşındırılarak  $Ti_3C_2T_x$  (HCl+LIF ile) MXene'i elde edildi.

a)



b)



Şekil 1. a) HF ile aşındırılmış  $Ti_3AlC_2$  MAX fazından  $Ti_3C_2Tx$  MXene sentez aşamaları b) HCl+LIF ile aşındırılmış  $Ti_3AlC_2$  MAX fazından  $Ti_3C_2Tx$  MXene sentez aşamaları

### Basic Red(46) Boyar Maddesinin Adsorpsiyonu

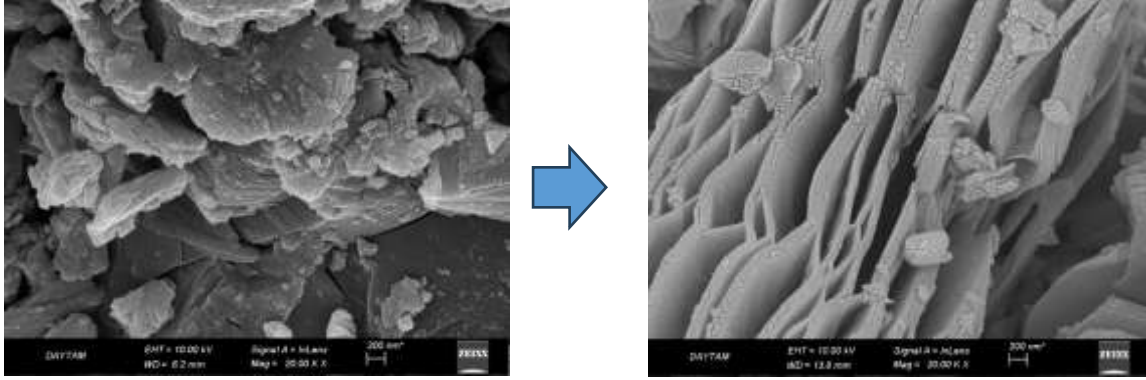
Adsorpsiyon üretilen iki MXenede de 50 ppm Basic Red (46) boyar madde içeren sulu çözeltiye pH 2-9 da ve 25-60 °C de MXene ilavesiyle belirli aralıklarda numune alınarak gerçekleştirildi. Alınan numuneler HPLC cihazında okunarak giderim verimleri hesaplandı.

## BULGULAR

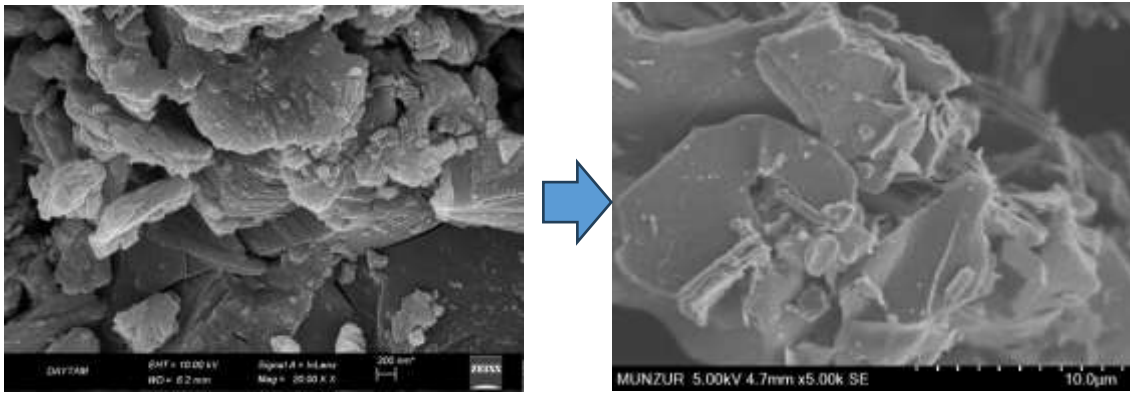
### MXene'lerin karakterizasyonu

#### SEM Analizi

a)



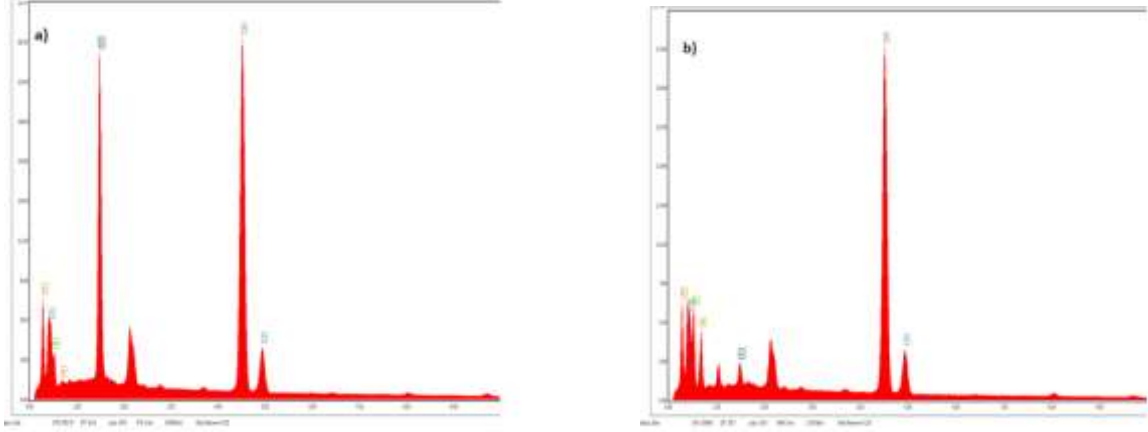
b)



Şekil 2. a) HF ile aşındırılmış Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> MAX fazından Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene'nin SEM görüntüsü b) HCl+LIF ile aşındırılmış Ti<sub>3</sub>AlC<sub>2</sub> MAX fazından Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene'nin SEM görüntüsü

Şekil 2'de SEM görüntüsünde de görüldüğü gibi MAX fazından elde edilen iki Mxenede de yüzey alanı artmış ve boşluklu yapı elde edilmiştir. Bu yüzey artışı adsorpsiyon için iyi bir adsorbent olduğunu göstermektedir.

### EDX Analizleri

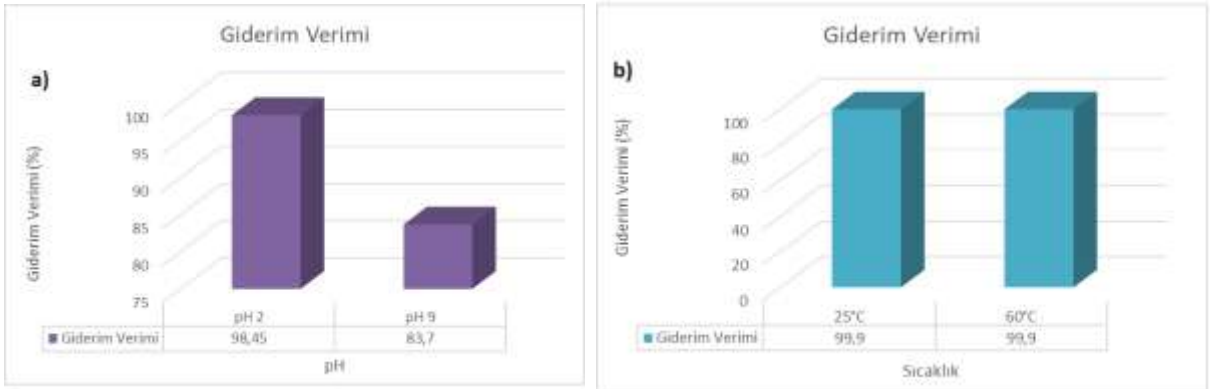


Şekil 3. a) MAX fazının EDX görüntüsü b) MXene'nin EDX görüntüsü

Şekil 3'te MAX ve MXene'e ait EDX grafiğini incelediğimizde MAX yüzeyinin aşındırılmasıyla Al pikinin ciddi bir şekilde azaldığı ve yüzeye F ve O atomlarını bağlanmasıyla anyonik bir yüzey oluşturulmuştur. Bu sebeple katyonik bir boya olan Basic Red (46) için uygun bir adsorbent olduğuna karar verilmiştir.

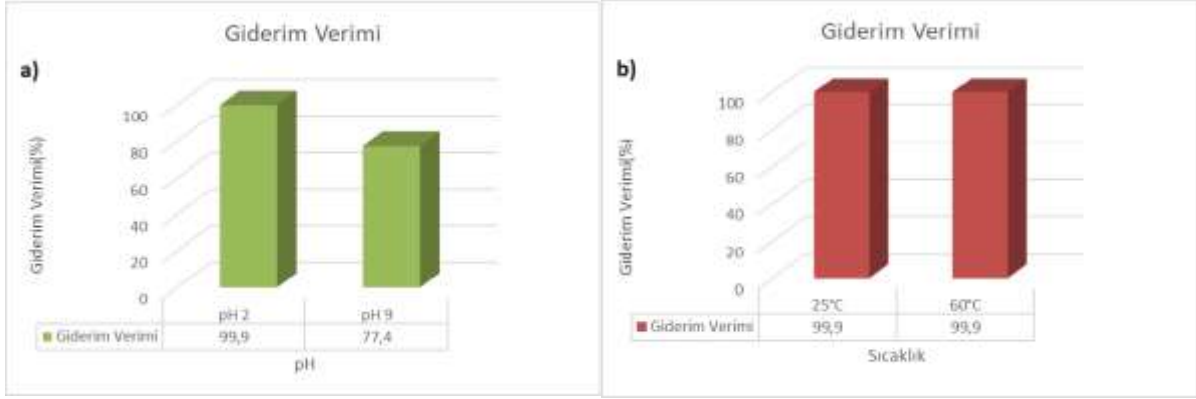
### MXene'ler ile Basic Red(46) Adsorpsiyonu

Şekil 4'te yapılan adsorpsiyon çalışmalarının sonuçları verilmiştir.



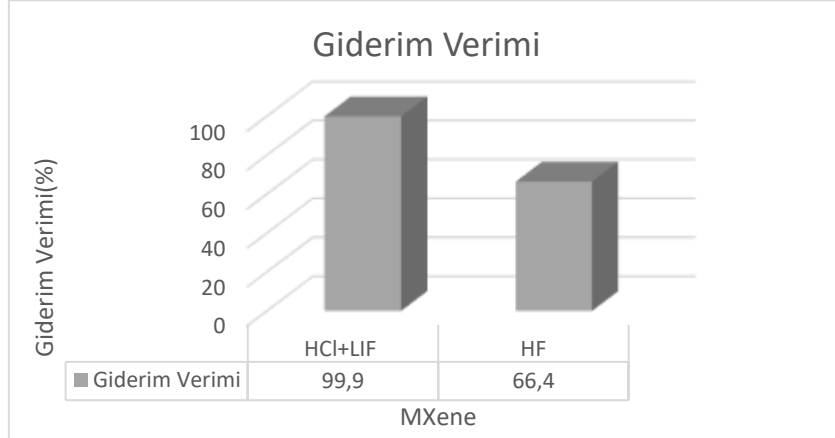
Şekil 4. a)  $Ti_3C_2Tx$  (HF ile) 50 ppm boyar madde içeren sulu çözelti gideriminde pH etkisi b)  $Ti_3C_2Tx$  (HF ile) 50 ppm boyar madde içeren sulu çözelti gideriminde sıcaklığın etkisi grafiği

Şekil 4'ten de görüleceği gibi doğrudan HF ile sentezlenen  $Ti_3C_2Tx$ 'in asidik ortamda giderim verimi yüksektir ve sıcaklığın adsorpsiyona hiçbir etkisi yoktur. Bu nedenle ideal pH 2 ve sıcaklık 25°C seçilmiştir.



Şekil 5. a)  $Ti_3C_2Tx$  (HCl+LIF ile) 50 ppm boyar madde içeren sulu çözelti gideriminde pH etkisi b)  $Ti_3C_2Tx$  (HCl+LIF ile) 50 ppm boyar madde içeren sulu çözelti gideriminde sıcaklığın etkisi grafiği

Şekil 5'ten de görüleceği gibi HCl+LIF ile sentezlenen  $Ti_3C_2Tx$ 'in de asidik ortamda giderim verimi yüksektir ve yine sıcaklığın adsorpsiyona hiçbir etkisi yoktur. Bu nedenle bu Mxenede de ideal pH 2 ve sıcaklık 25°C seçilmiştir.



Şekil 6. HCl+LIF ve HF ile sentezlenen  $Ti_3C_2Tx$  Mxene'lerin ideal şartlarda 100 ppm boyar madde içeren sulu çözeltiden elde edilen giderim verimi yüzdesi

Şekil 6'dan da görüldüğü gibi HCl+LIF ile sentezlenen Mxene doğrudan HF ile sentezlenen Mxeneden daha iyi giderim sağlamıştır.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada endüstriyel bir atık olan Basic Red (46)'nın farklı yollarla sentezlenen Mxene'ler ile giderim verimi değerlendirildi. Bu çalışma kapsamında elde edilen Mxene'lerin SEM ve EDX grafiği incelendiğinde yüzey alanının MAX halinden yüksek olması Mxene sentezinde başarılı olduğunu göstermiştir. Her iki yöntemle de üretilen Mxene için 2 ve 9 da değişen pH aralığı araştırıldı



ve ikisinde de pH 2 de yüksek giderim verimi görüldü.Çalışmada adsorpsiyon pH'a bağlı olduğunu fakat sıcaklığın bu adsorpsiyonu çok fazla etkilemediği görüldü.Çalışma kapsamında HCl+LIF ile sentezlenen Mxene'in yüzey alanı fazlalığı sebebiyle doğrudan HF ile sentezlenen MXene den daha iyi adsorpladığı görüldü.

## TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma 122Y06 adlı TÜBİTAK projesi tarafından desteklendiği için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

[1] Adel, M., Ahmed, M.A., Elabiad, M.A., Mohamed, A.A. (2022). Removal of heavy metals and dyes from wastewater using graphene oxide-based nanomaterials: A critical review, Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 18, 100719.

[2] Fallah, Z., Zare, E.N., Ghomi, M., Ahmadijokani, F., Amini, M., Tajbakhsh, M., Arjmand, M., Sharma, G., Ali, H., Ahmad, A., Makvandi, P., Lichtfouse, E., Sillanpää, M., Varma, R.S. (2021), Toxicity and remediation of pharmaceuticals and pesticides using metal oxides and carbon nanomaterials, Chemosphere, 275, 130055.

[3] Kargı F.,Özmihçi S. (2005). Comparison of adsorption performances of powdered activated sludge and powdered activated carbon for removal of turquoise blue dyestuff, Process Biochemistry, 40,2539-2544

[4] Sheshdeh R.K., Nikou M.R.K., Badii K., Limaee N.Y.,Golkarnarenji G.(2014), Equilibrium and kinetics studies for the adsorption of Basic Red 46 on nickel oxide nanoparticles-modified diatomite in aqueous solutions, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers,45, 1792-1802

[5] Wu Y., Li X., Zhao H., Yao F., Cao J., Chen Z., Huang X., Wang D., Yang Q.(2021). Recent advances in transition metal carbides and nitrides (MXenes): Characteristics, environmental remediation and challenges, Chemical Engineering Journal, 418, 12929

## Hexagonal and square type arrays of nanopillars in photovoltaic devices

Turgut TUT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E-mail: turgut.tut@agu.edu.tr; Abdullah Gül University, Faculty of Engineering, Nanotechnology Engineering, Kayseri/Turkey.

---

### Özet

Bu çalışmada, fotovoltaik cihazların silikon yüzeyinden optik yansımayı en aza indirmek için altıgen ve kare tip nanopillar dizilerinin ve silikon alt tabaka üzerine ince film dielektrik SiO<sub>2</sub> kaplamanın geometrik optimizasyonu araştırılmıştır. Nano sütunların yüksekliği, eğim açısı, çapı, nanotüp çapı parametreleri sırasıyla optimize edilmiştir. Tam alan Sonlu Fark Zaman Alanı (FDTD) yöntemi, EM alanlarını simüle etmek ve modifiye edilmiş nano yapıları alt tabaka yüzeylerinden optik yansımaları belirlemek için kullanılır ve fotovoltaik cihazların silikon aktif katmanındaki emilim 400nm-1100nm spektral aralığında hesaplanır. Nanopillar yapı için simülasyon optimizasyon tarifi açıkça sunulmuştur ve genel olarak fotonik cihazlar için faydalı genel uygulamalarda düzenli nano-pillar dizileri için kullanışlıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Nano sütunlar, kuantum verimliliği, düşük yansımaya, yüksek soğurma, fotovoltaik.

---

### Abstract

In this study, geometrical optimization of of nanopillar arrays and thin film dielectric SiO<sub>2</sub> coating on silicon substrate has been investigated in order to minimize the optical reflection from the silicon surface of photovoltaic devices. Nano pillars height, inclination angle, diameter, nanotube diameter parameters are optimized respectively. Full field Finite Difference Time Domain (FDTD) method is employed to simulate EM fields and determine the optical reflection from the modified nanostructured substrate surfaces and absorption in the silicon active layer of the photovoltaic devices are calculated in 400nm-1100nm spectral range. Simulation optimization recipe for the nanopillar structure is clearly presented and it is useful for regular arrays of nano-pillars in general applications useful for photonic devices in general.

**Keywords:** Nano-pillars, quantum efficiency, low reflection, high absorption, photovoltaics.

---

## INTRODUCTION

In general, crystalline silicon based photonic devices such as photodiodes, solar cells, phototransistors require low surface reflectance over a wide spectrum of light in order to have high external quantum efficiency and energy harvesting by external circuitry. One of the conventional methods to reduce surface reflection is to use single layer dielectric at specific wavelength, but this does not reduce reflectivity for broadband. SiO<sub>2</sub>, SiN<sub>x</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dielectric materials are the most popular thin film materials for antireflective coatings. When double dielectric layers are used for this purpose, there are

two reflection minima in the reflection spectrum. Unfortunately, to achieve broadband low-reflection, a multilayer bandpass filter should be used, but this requires many thin-film layers, which increases the manufacturing cost. This is not an optimal solution to the broadband low-reflection problem.

Surface modification is required to achieve broadband low reflection from the optoelectronic substrate surfaces. This modification can be achieved by using micro [1] or nano [2-12] sized structures on the device surfaces. To fabricate such small features, researchers have mainly used wet etching and dry etching methods. For example, industrial pyramidal surface texturing for crystalline silicon uses anisotropic wet etching. Other methods use dry etching with ionized gases in plasma vacuum chambers. For some studies, both etching methods are used in combination.

Some researchers have studied some degree of randomness [9-13] in the periodic structures to further reduce the reflection. However, for large area applications, this can have some advantages as well as disadvantages, since there is no standard way of fabrication.

The size of the structures varies in these applications. Some applications use micrometer size pillars [1] and some applications use nanometer size pillars. For applications that require thin silicon layers, nanometer size structures must be used to achieve low reflectance in the broadband region. If the pillars are tall (more than microns), this can lead to a loss of quantum efficiency due to charge recombination in the pillar structure, and the generated electron-hole pairs cannot be extracted from the devices for energy harvesting. Therefore, the height of the pillars should be optimized to achieve low reflectivity. If the height of the pillars is too short, the coupling of incident light into the silicon substrate is low. In summary, several types of surface nanostructures have been investigated recently. Moth-eye nanopillar structures, which use graded index of refraction to reduce reflection. Nanowires and nanocylinders, which use Mie resonances (scattering) to reduce overall reflection. Metallic nanoparticles use their plasmonic effect to effectively direct electromagnetic energy through the substrate and reduce reflection from the surface.

Optimization studies of nanostructured surfaces in optoelectronic devices are still popular because the energy sector is very crucial for the economy of countries. Even one percent increase in the energy efficiency of solar cells means millions of dollars of savings in the economies of countries. In order to achieve high efficiency in solar cells, low reflection from the surfaces regardless of the angle of incidence in a wide wavelength spectrum is required.

In this work, we optimized the nanopillar filling ratio, pillar height, apex angle, and calculated the weighted average reflection with respect to wavelength to obtain the overall efficiency improvement for the optoelectronic devices. We focused on square-type nanopillar arrays.

## **METHODS**

In this letter, we present the optimization of nano-pillar square arrays to achieve broadband low-reflection surfaces. Compared to a bare planar crystalline silicon wafer surface, the modified surface has a significant reduction in reflection in the 400nm-1100nm range. We used the Finite Difference Time Domain (FDTD) method to simulate photonic nanostructures. We placed monitors just below the nanopillars to calculate the transmission to the bulk substrate. We also placed a monitor above the structure to simulate the EM fields and calculate the reflected power. We also calculate the light absorbed by the nanostructure. The optical constants of the crystalline structure and the thin films are taken from [14]. We first optimized the filling ratio of the nanopillar arrays, then the height to minimize the reflection. We also varied the pillar wall angle to create truncated cones to explore the effect of the cone structure on the reflection properties. We used dielectric anti-reflection coatings with SiO<sub>2</sub> thin film to further reduce the reflection. These nano-cone truncated column structures can be fabricated using e-beam lithography and dry etching techniques. Due to the nature of the etching processes, the

vertical pillars can be obtained under special physical and chemical conditions [17, 18].

It is important to have vertical pillars to obtain optimal reflection from such structures, as the reflection starts to increase as the pillar angle gets smaller Fig.7. For large-area applications, nanoimprint lithography can be used with a pre-prepared template using nanofabrication methods. We also realized that to increase the efficiency of photonic devices, we need to increase the optical power absorbed in the bulk of the active silicon layer. The absorbed light in the nanostructured part could be lost due to recombination and cannot contribute a large percentage to the photocurrent. Therefore, we need to maximize the absorption not in the nanostructures but the optical absorption in the bulk silicon active device region.

Solar irradiance varies with wavelength. We can use the total reflection of light from the surface weighted by solar irradiance. In this way, the performance of the low reflection loss performance can be better quantified. ASTM Air Mass 1.5 direct solar irradiance is used for the calculation.

In this formulation, the irradiance is multiplied by the wavelength and the integral is taken over the wavelength. The numerator is the irradiance multiplied by the wavelength and the reflection. For a random polarization condition, both TE and TM polarizations are calculated and the average is taken to get a more realistic result. We used the formula given in equation (1) to calculate the weighted average reflection in the 400nm-1100nm wavelength range.

$$\text{Weighted Average Reflection} = \frac{\int_{400}^{1100} \frac{R_{TE}(\lambda) + R_{TM}(\lambda)}{2} I(\lambda) \lambda d\lambda}{\int_{400}^{1100} I(\lambda) \lambda d\lambda} \quad (1)$$

The novelty of our study is as follows: 1) Instead of the sweeping mode of simulation, we optimized the parameters one by one and each time the optimization is done with respect to one parameter. This saves computational time. 2) We checked whether the tilt angle affects the reflection properties. 3) The optimization is done in terms of filling ratio, height, column angle, and dielectric antireflection coating thickness. 4) We obtained the lowest average reflection loss for a regular square array of silicon nanopillars.

As a first step, we fixed the diameter of the pillars as  $d=190\text{nm}$  and pillar height as  $h=120\text{nm}$  and varied the ratio of pillar diameter to period of pillar at which is  $d/a$  and varied that from 0.4 to 1.0. Minimum weighted averaged reflection is obtained as 3.91 percent at  $d/a=0.7$  as depicted in Fig. 2. We used  $a$  to denote the period of the square nano-pillar array. Since we are dealing with the thin film device applications, we take the height range 60nm-190nm since larger and smaller height nano-pillar arrays have high reflectivity in the interested spectral region. As depicted in Fig.3, and Fig.4, we varied the height of the pillars and we found that 120nm is the optimum height especially for low reflection in 400nm-1100nm range. For large pillar heights, the reflectivity increases especially for UV region in the spectrum. For shorter pillars, the reflection increases especially for wavelengths larger than 600nm. The weighted averaged reflection calculations for the whole set of height range can be seen in Fig.4. Therefore, we fixed the pillar height at 120nm.

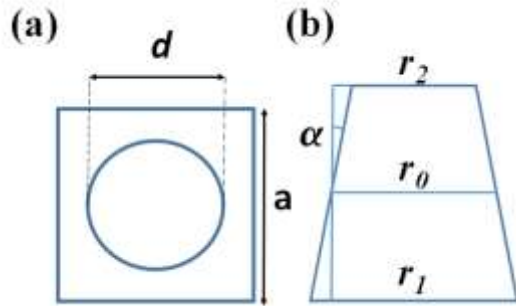


Fig.1. (a) Unit cell used in the simulation of square nanopillars, (b) Cross section of truncated pillar structure to define the pillar angle

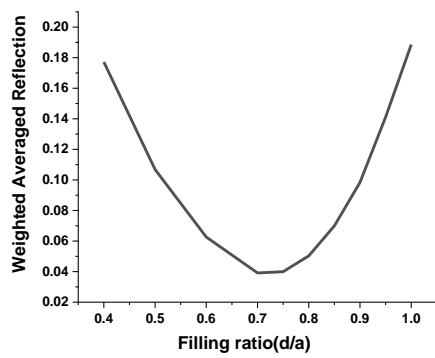


Fig.2. Weighted averaged power versus filling ratio of the pillars

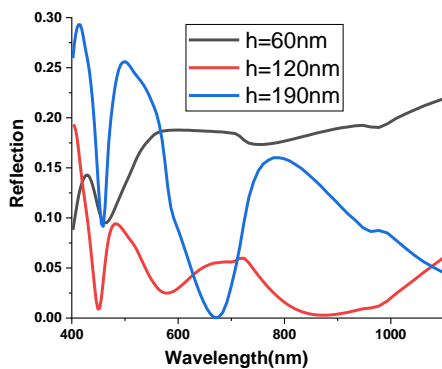


Fig.3. Height optimization of the pillars

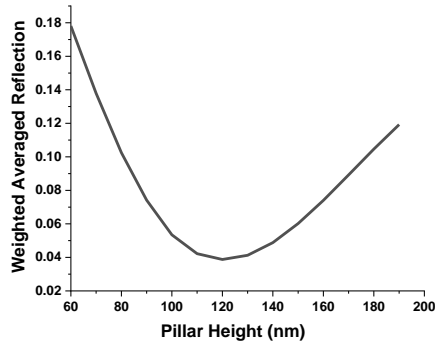


Fig.4. Weighted Averaged Reflection versus Pillar height

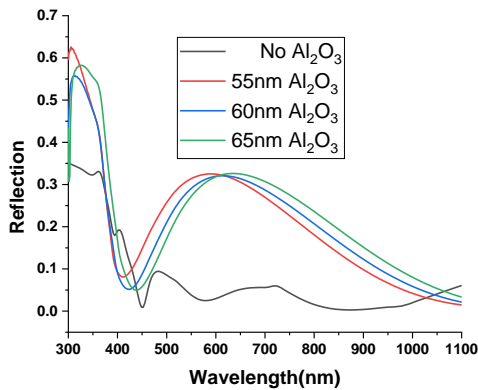


Fig.5. Anti-reflection dielectric Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film coating on the nanopillar array

We further examine the anti-reflection dielectric film Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coating. In figure 5, 55nm, 60nm, and 65 nm thick Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film added at top of the nano-pillar structures. As can be noticed, the reflection is minimum and small in about 50nm range around the minimum [15]. At other spectral wavelength range 400nm-1100nm, the reflection is even larger than we obtained when only nano pillar arrays are used Fig.5. Therefore, instead of using the concept of antireflection minimization at one point, the analysis of a range of thin film thickness is needed using FDTD simulations.

As depicted in Fig.1(b), the truncated cone architecture is used to decrease further the reflection from the surface. The angle at which the pillar walls make with the vertical varied between 0-26 degrees. As can be seen in Fig.6, for wavelengths below 550nm, the reflection decreases with pillar slope however above 550nm, the reflection increases considerably. Truncated nanopillars apex angle can be achieved with optimizing the dry etching conditions, e.g., chamber pressure, temperature, gas flow rates. When the weighted average reflection is calculated for different pillar slopes (delta r is the difference of the bottom and top truncated nanocone pillar diameters) as shown in Fig.7. The minimum weighted averaged

reflection occurs for vertical pillars therefore it is very important to obtain vertical pillars in square nanopillar arrays to obtain minimum reflection surfaces. For wavelengths smaller than 550nm, truncated nanocone arrays have lower reflections. However, for wavelengths larger than 550nm, they have higher reflections. For specific range of wavelengths, this property can be useful.

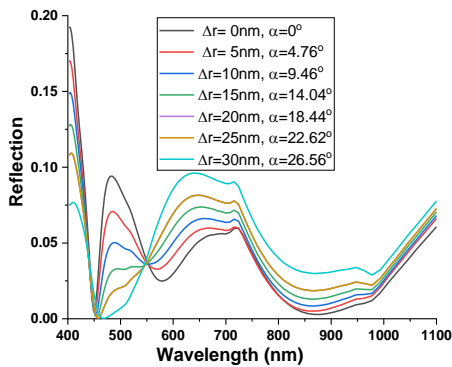


Fig.6. Reflection optimization with cone angle alpha.

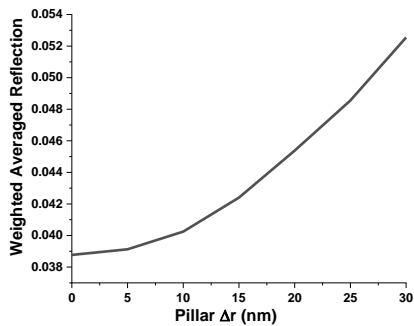


Fig.7. Total weighted reflection with solar irradiance on earth surface versus pillar angle.

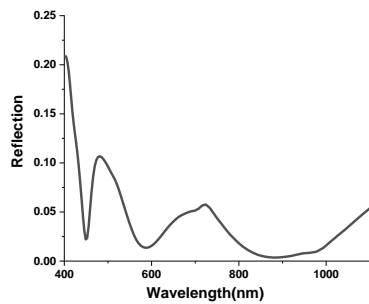


Fig.8. The optimum structure reflection versus wavelength with 5nm SiO<sub>2</sub> thin film.

It is also noticeable that the reflection is relatively high for the UV spectral region below 450nm wavelength. This is due to the fact that at small wavelengths the light rays start to ignore the nano-pillar array structure and get reflected from the bare silicon substrate surface. Therefore, reflection loss is high for UV region. Dielectric anti-reflection coating is also investigated by depositing SiO<sub>2</sub> layer on top of the all structure with thicknesses varied from 5nm to 70nm. The minimum reflection is obtained with weighted averaged reflection of 3.75 percent with 5nm thickness in 400nm-1000nm range which is one of the lowest reflection losses reported in the literature. The reflection spectra is depicted in Fig.8. When we compare the recent results from other groups, the lowest value for the average reflection from regular nanopillar square arrays is 4 % Table 1. This averaged reflection loss can be further avoided by using compound nanopillars with a scattering tip at the top of the pillar so that light can be absorbed in the substrate rather than in the pillar structures. The absorption in the UV region of the spectrum at the nano-pillar array structure is large; this is also a major concern if there is recombination in the nanostructure to extract energy from an active device. We will pursue these issues in future work. Some data are taken from our earlier study [22].

TABLE I

COMPARISON OF RECENT RESULTS FOR THE AVERAGE REFLECTIONS FROM REGULAR SQUARE NANOPILLAR ARRAYS

Author	Year	R (Average)
J. Li et al. [19]	2009	>10 %
C. Lin et al. [20]	2011	4.64 %
J. Proust et al. [21]	2016	4 %
J. Kim et al. [22]	2021	7.1%

## CONCLUSION

The reflective properties of the nanostructured silicon surfaces have been studied and physically understood by the weighted average reflection as a function of wavelength. We see that the use of truncated nanocones has potential to further reduce the total weighted reflection loss from the surface of photonic device surfaces for specific wavelength range. For broadband low reflection, vertical nanopillars should be used for square pillar arrays. We developed a simulation recipe to achieve a minimum weighted average reflection architecture of the structure in terms of pillar height, fill ratio, tilt angle, and dielectric anti-reflection coating. By depositing 5nm SiO<sub>2</sub> thin film, one of the minimum reflections is obtained for square array type nanopillar structures in the literature, which is 3.75%. To further optimize the nanopillar structure, the addition of a scattering tip structure on top of the pillars will be investigated as a future study. These modified nanostructured surfaces concept is useful for photonic device applications with thin film silicon or active absorbing semiconducting material for

optical energy harvesting through low surface reflection over a broadband optical spectrum [16]. In a broad sense, thin film solar cells, photodetectors, phototransistors applications are the potential applications of these nanostructured surfaces with low reflection.

## REFERENCES

- [1] K P. Campbell, M A. Green. "Light trapping properties of pyramidally textured surfaces." J. Appl. Phys. Vol. 62. No.1, 1987, pp 243-249.
- [2] S. Chattopadhyay, Y.F. Huang, Y.J. Jen, A. Ganguly, K.H. Chen, L.C. Chen. "Anti-reflecting and photonic nanostructures." Mater. Sci. Eng. Rep., Vol.69. No.1-3, 2010, pp 1-35.
- [3] P. Lalanne and G. M. Morris, "Antireflection behavior of silicon subwavelength periodic structures for visible light." Nanotechnology Vol. 8. No.2, 1997, pp 53–56.
- [4] Y. Kanamori, M. Sasaki, and K. Hane, "Broadband antireflection gratings fabricated upon silicon substrates." Opt. Lett. Vol.24. No.20, 1999, pp 1422–1424.
- [5] K. Hadobás, S. Kirsch, A. Carl, M. Acet, and E. F. Wassermann, "Reflection properties of nanostructure-arrayed silicon surfaces." Nanotechnology Vol.11. No.3, 2000, pp 161–164.
- [6] H. Sai, H. Fujii, K. Arafune, Y. Ohshita, M. Yamaguchi, Y. Kanamori, and H. Yugami, "Antireflective subwavelength structures on crystalline Si fabricated using directly formed anodic porous alumina masks." Appl. Phys. Lett. Vol.88, No.20, 2006, pp 201116.
- [7] S. A. Boden and D. M. Bagnall, "Tunable reflection minima of nanostructured antireflective surfaces." Appl. Phys. Lett. Vol.93. No. 13, 2008, pp 133108.
- [8] Y.-H. Pai, Y.-C. Lin, J.-L. Tsai, and G.-R. Lin, "Nonlinear dependence between the surface reflectance and the duty-cycle of semiconductor nanorod array." Opt. Express Vol.19. No. 3, 2011, pp 1680–1690.
- [9] Y.-F. Huang, S. Chattopadhyay, Y.-J. Jen, C.-Y. Peng, T.-A. Liu, Y.-K. Hsu, C.-L. Pan, H.-C. Lo, C.-H. Hsu, Y.-H. Chang, C.-S. Lee, K.-H. Chen, and L.-C. Chen, "Improved broadband and quasi-omnidirectional anti-reflection properties with biomimetic silicon nanostructures." Nat. Nanotechnol. Vol.2. No.12, 2007, pp 770–774.
- [10] H. Sai, Y. Kanamori, K. Arafune, Y. Ohshita, and M. Yamaguchi, "Light trapping effect of submicron surface textures in crystalline Si solar cells." Prog. Photovolt. Res. Appl. Vol.15. No.5, 2007, pp 415–423.
- [11] S. A. Boden and D. M. Bagnall, "Optimization of moth-eye antireflection schemes for silicon solar cells." Prog. Photovolt. Res. Appl. Vol.18. No.3, 2010, pp 195–203.
- [12] H. Sai, H. Fujii, K. Arafune, Y. Ohshita, Y. Kanamori, H. Yugami, and M. Yamaguchi, "Wide-angle antireflection effect of subwavelength structures for solar cells." Jpn. J. Appl. Phys. Vol. No. 46-6A, 2007, pp 3333–3336.
- [13] P. Seliger, M. Mahvash, C. Wang, and A. F. J. Levi, "Optimization of aperiodic dielectric structures." J. Appl. Phys. Vol. 100. No.3, 2006, pp 034310–034316.
- [14] D. F. Edwards, "Silicon (Si)," Handbook of Optical Constants of Solids, E.D.Palik, ed. (Academic, Orlando, Fla., (1985).
- [15] B. L. Sopori and R. A. Pryor, "Design of antireflection coatings for textured silicon solar cells." Sol. Cells Vol.8. No.3, 1983, pp 249–261.
- [16] D. Shir, J. Yoon, D. Chanda, J.-H. Ryu, and J. A. Rogers, "Performance of ultrathin silicon solar microcells with nanostructures of relief formed by soft imprint lithography for broad band absorption enhancement." Nano Lett. Vol.10. No.8, 2010, pp 3041–3046.
- [17] H. Park, Y. Dan, K. Seo, Y. J. Yu, P. K. Duane, M. Wober, and K. B. Crozier, "Filter-Free Image Sensor Pixels Comprising Silicon Nanowires with Selective Color Absorption." Nano Lett. Vol.14. No.4, 2014, pp 1804–1809.
- [18] T. Tut, Y. Dan, P. Duane, Y. Yu, M. Wober, and K. B. Crozier, "Vertical waveguides integrated with silicon photodetectors: Towards high efficiency and low cross-talk image sensors.", Appl. Phys. Lett. Vol.100., 2012, pp 043504.
- [19] J. Li, H.u Yu, S. M. Wong, G. Zhang, X. Sun, P. G. Lo, and D. Kwong, "Si nanopillar array optimization on Si thin films for solar energy harvesting.", Appl. Phys. Lett. Vol. 95, 2009, pp 033102.
- [20] C. Lin, N. Huang, and M. L. Povinelli, "Effect of aperiodicity on the broadband reflection of silicon nanorod structures for photovoltaics.", Opt. Express Vol. 20, No.1, 2011, pp 125-132.



- [21]J. Proust, A. Fehrembach, F. Bedu, I. Ozerov, N. Bonod, “Optimized 2D array of thin silicon pillars for efficient antireflective coatings in the visible spectrum.”, Sci. Rep. Vol. 6, 2016, pp 24947.
- [22]J. Kim, S. You, C.Kim, “Surface Texturing of Si with Periodically Arrayed Oblique Nanopillars to Achieve Antireflection.”, Materials Vol. 14, 2021, pp380.
- [23]T. TUT, “Broadband Low Reflection Surfaces with Silicon Nano-pillar Square Arrays for Energy Harvesting.” Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 10(1), 2022,pp30-34.

## IS SEVERE MUSCLE PAIN A WARNING SYMPTOM FOR MENINGITIS?

Hilal HOCAGİL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [drhocagil@gmail.com](mailto:drhocagil@gmail.com) Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Acil Tıp Bölümü, Zonguldak / Türkiye.

---

### *Abstract*

A 19-year-old male patient presented to the emergency clinic with severe widespread muscle pain, exacerbated by minimal movements. He had been trapped under snow in a car a week prior without trauma, leading to increasing muscle pain since then. Previous treatment with painkillers and muscle relaxants failed to alleviate symptoms. He also experienced vomiting. Initial suspicion included rhabdomyolysis, but blood tests showed no abnormalities except for elevated white blood cell count. Due to severe muscle pain suggestive of meningeal irritation, a cranial tomography scan was performed, followed by a lumbar puncture revealing turbid cerebrospinal fluid, confirming bacterial meningitis. The patient was then started on antibiotic and steroid therapy and hospitalized.

**Keywords:** Muscle Pain, Warning Symptom, Meningitis

---

### INTRODUCTION

Presenting this case to emphasize the potential significance of severe widespread muscle pain as an indicator of meningitis.

### CASE REPORT

A 19-year-old male patient was brought to our emergency clinic due to widespread muscle pain. During the transfer to the clinic's stretcher, it was notable that the patient exerted significant effort to maintain posture and experienced severe pain even with mild movements. It was learned that the patient had been trapped under snow in a car a week prior, without any trauma. He had been experiencing increasing widespread muscle pain since that day. Consequently, he had previously visited another hospital where nonsteroidal anti-inflammatory and muscle relaxant drugs were prescribed. However, as the medications did not alleviate his symptoms, he sought care at our clinic. The patient reported accompanying vomiting with his complaints. The vital signs of our patient, with no known medical conditions, were as follows: arterial blood pressure: 118/74 mmHg, pulse rate: 94 beats/minute, temperature: 36.7°C, respiratory rate: 14 breaths/minute, and oxygen saturation: 98%. On physical examination, the patient was conscious, oriented, cooperative, with a Glasgow Coma Scale score of 15. Due to the patient's refusal to move due to widespread muscle pain, a musculoskeletal system examination could not be performed. Other system examinations were unremarkable. Initially, rhabdomyolysis was considered due to the history of being trapped under snow a week prior. However, blood tests showed no abnormalities except for a white blood cell count of 13,000. Creatine kinase levels were within normal limits. Given the widespread muscle pain severe enough to impede movement,

suggestive of meningeal irritation, a cranial tomography scan was performed with a preliminary diagnosis of subarachnoid hemorrhage. As imaging was normal and subarachnoid hemorrhage and meningitis could not be ruled out, a lumbar puncture (LP) was planned. In the lumbar puncture, cerebrospinal fluid was found to be turbid, with a white blood cell count of 1200, protein level of 210 mg/dL, and glucose level of 35 mg/dL, leading to a diagnosis of bacterial meningitis. Antibiotic and steroid therapy were initiated, and the patient was hospitalized.

## **DISCUSSION**

Acute bacterial meningitis is a serious inflammation of the meninges and subarachnoid space caused by bacteria. The inflammation can affect the brain cortex and spinal cord (1). This disease, requiring prompt diagnosis and treatment, occurs at an approximate rate of 1.4-2.6 per 100,000 individuals annually (2). Morbidity and mortality rates are high in this infection, with clinical and physical findings varying depending on factors such as age, underlying diseases, pathogen, duration, and severity of the disease. The classic clinical triad of meningitis, including sudden onset fever, neck stiffness, and altered mental status, occurs in only 44% of cases. In addition, in patients with bacteria isolated in cerebrospinal fluid culture, at least two of the symptoms or signs of fever, headache, neck stiffness, and altered consciousness were present in 95% of cases. Headache occurs in 91% of patients but has a specificity of only 16%. Fever is present in only 30% of patients with a specificity of 58%. Kernig's and Brudzinski's signs are observed in only about 2% of patients but have a specificity of 97-98%. Neck stiffness is present in only about 13% of patients but has a specificity of around 80%(3). Although our patient was not evaluated for neck stiffness, Kernig's, and Brudzinski's signs, the decision was made to perform LP based on the assumption that the widespread muscle pain was due to meningeal irritation. The definitive diagnosis of meningitis is made by LP, but prior to this, LP should be considered based on physical examinations suggesting meningitis.

## **CONCLUSION**

Given the low sensitivity of meningitis signs and symptoms, physicians may make diagnostic errors, and meningitis should be included in the differential diagnosis in the presence of many symptoms like severe muscle pain.

## **REFERENCES**

- 1- Davis LE. Acute Bacterial Meningitis. Continuum (Minneapolis, Minn). Neuroinfectious Disease. 2018;24(5):1264-83.
- 2- Heckenberg SG, Brouwer MC, van de Beek D. Bacterial meningitis. Handb Clin Neurol. 2014;121:1361-75.
- 3- Adapted from Nakao JH, Jafri FN, Shah K, Newman DH. Jolt accentuation of headache and other clinical signs: poor predictors of meningitis in adults. Am J Emerg Med. 2014;32(1):24–28



## AĞIZ SAĞLIĞI OKURYAZARLIĞI

Dt. Özkan BÜYÜK<sup>1</sup>, Dr. Öğr. Üyesi Dr. Berşan KARADEDE<sup>2</sup>, Prof. Dr. Dr. M. İrfan KARADEDE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>E-mail: ozkanbuyuk88@hotmail.com; İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, İzmir / Türkiye. ORCID:0000-0001-7541-8135

<sup>2</sup> E-mail: dr.bersankaradede@gmail.com; Yalova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Yalova / Türkiye. ORCID:0000-0001-9500-2188

<sup>3</sup>E-mail: mikaradede@gmail.com; İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, İzmir / Türkiye. ORCID:0000-0002-4749-2167

---

### Özet

*Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tanımlamasına göre; sağlık okuryazarlığı, "bireylerin kendi sağlığını sürdürmek ve iyileştirmek amacıyla sağlıkla ilgili bilgilere ulaşması, anlaması ve bu bilgilerin kullanılması için gerekli bilişsel ve sosyal becerilere sahip olması"dır. Sağlık okuryazarlığı (SOY), kişinin hem kendi hem de toplum sağlığını iyileştirmek amacıyla doğru bilgi ve hizmete ulaşma ile bu bilgi ve hizmeti kullanabilme yeteneğini içerir.*

*Ağız sağlığı okuryazarlığı, sağlık okuryazarlığının bir parçası olarak değerlendirilir. Ağız sağlığı okuryazarlığı, bireylerin doğru sağlık kararlarını almak için gereken temel ağız sağlığı bilgilerini ve hizmetlerini öğrenme, anlama ve değerlendirme kapasitesi olarak anlaşılabilir. Burada ilk olarak bireyin temel ağız ve diş sağlığı konusunda bilgilendirilmesi, yaşadığı bölgedeki sağlık hizmetlerinden haberdar olması ve nasıl faydalanacağını bilmesi önemlidir. Toplumda ağız sağlığını iyileştirme amacıyla, kişilerin ağız sağlığı durumlarıyla ilişkili risk faktörlerini incelemek ve bu faktörler arasındaki ilişkileri kavramak önemlidir.*

*Anahtar Kelimeler: Ağız Sağlığı, Sağlık Okuryazarlığı, Diş Hekimliği*

---

### Abstract

*According to the definition of the World Health Organization (WHO), health literacy is "the ability of individuals to have the necessary cognitive and social skills to access, understand and use health-related information in order to maintain and improve their own health". Health literacy (HLS) includes the ability to access and use the right information and services to improve both one's own and the community's health.*

*Oral health literacy is considered as a part of health literacy. Oral health literacy can be understood as the capacity of individuals to learn, understand and evaluate basic oral health information and services required to make the right health decisions. Firstly, it is important that the individual is informed about basic oral and dental health, is aware of the health services in the region where he/she lives and knows how to benefit from them. In order to improve oral health in the community,*

---

*it is important to examine the risk factors associated with the oral health status of individuals and to understand the relationships between these factors.*

---

**Keywords: Oral Health, Health Literacy, Dentistry**

---

## AĞIZ SAĞLIĞI OKURYAZARLIĞI

### GİRİŞ

“Okuryazarlık” kavramının Türk Dil Kurumu (TDK) tarafından tanımlaması “okuryazar olma hali”dir. Daha genel bir tanımlamada ise “toplum tarafından anlam verilen iletişimsel simgelerin etkili bir biçimde kullanılabilme yeteneği” şeklinde açıklanmıştır (1, 2). Günümüzde giderek değer kazanan konulardan biri olan “sağlık okuryazarlığı” terimi 1974 yılında “sosyal politika olarak sağlık okuryazarlığı” isimli literatürde tarif edilmiştir (3). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ); “bireylerin kendi sağlığını sürdürmek ve iyileştirmek amacıyla sağlıkla ilgili bilgilere ulaşması, anlaması ve bu bilgilerin kullanılması için gerekli bilişsel ve sosyal becerilere sahip olması” olarak tanımlamaktadır (4). Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan “Sağlığın Teşviki ve Geliştirilmesi Sözlüğü”, Sağlık Okuryazarlığı (SOY)’nı “kişilerin, iyi sağlığı teşvik edecek ve sürdüreceği şekilde bilgiye erişme, bilgiyi anlama ve kullanma becerisi ve motivasyonunu belirleyen bilişsel ve sosyal becerileri temsil eder” olarak tanımlar (5).

Güncel olarak sağlık okuryazarlığı okuduğunu anlama, yazılı sağlık bilgilerine uygun davranma, sağlık personeliyle etkili iletişim kurma ve talimatlara uyma gibi becerileri içermektedir (6). Sağlık okuryazarlığının düzeyinin tanımlanabilmesi için toplum, sağlık ve eğitim olarak üç önemli faktör göz önüne alınmıştır. Bu konu ile ilgili önemli araştırmacılarından biri olan Don Nutbeam’in sınıflamasına göre (7):

- ✓ Fonksiyonel / Temel / İşlevsel SOY
- ✓ İletişimsel / İnteraktif SOY
- ✓ Kritik / Eleştirel SOY

Fonksiyonel sağlık okuryazarlığının aşamasında kişi, sağlık risklerini yönetme ve sağlık sistemini kullanma konusunda pasiftir (8). Kişi bu düzeyde, kendi durumu ile ilgili temel bilgi kaynaklarının erişimi ve durumunu yönetmesine yardımcı olacak sağlık sistemlerini nasıl kullanacağı konusunda zorluk yaşar (9).

İnteraktif sağlık okuryazarlığında, okuryazarlık seviyesinde bir artış gözlenir. Kişi, bu aşamada aktif bir rol üstlenir ve sağlık etkinliklerine katılır, sağlık mesajlarını anlar, değişen koşullarda sağlık bilgisini uygular gibi gelişmiş bilişsel, okuryazarlık ve sosyal yeteneklere sahip olur (10, 11).

Kritik sağlık okuryazarlığında kişi, bilişsel ve sosyal beceriler ile birlikte eleştirel yöne de sahiptir. Bu beceriler kişiye sağlık verilerini irdeleyebilmeyi, toplumun kapasitesini geliştirebilmeyi, sağlığın siyasi ve ekonomik boyutlarını özümseyip yorum yapabilmeyi sağlar (9, 12). Kişi, bu basamakta

proaktiftir. Durumları analiz etme, farkındalığı artırma ve engelleri aşma eylemine katılma yeteneğine sahiptir ve sağlığın siyasi ve ekonomik yönlerini tartışabilir (7).

Ağız sağlığı; kötü oral hijyen, kardiyovasküler hastalık, diyabet gibi metabolizma hastalıkları ve solunum hastalığı gibi kronik hastalıklar ile yakın ilişkide olması nedeniyle genel sağlık ile yakından ilişkilidir (13, 14, 15, 16). Amerikan Diş Hekimleri Birliği (ADA)'nin tanımına göre “ağız sağlığı okuryazarlığı, kişilerin ağız ve diş sağlığında uygun kararları alabilmesi için ihtiyacı olan temel sağlık bilgilerini ve hizmetlerini elde etme, bu bilgileri anlama ve işleme kapasitesine sahip olma derecesi”ni ifade etmektedir (17).

Son yıllarda, ağız sağlığı okuryazarlığı (ASOY) diş hekimliği alanında giderek daha fazla önem kazanmıştır. ASOY'un sağlık okuryazarlığı gibi ağız sağlığı eşitsizliklerini azaltma ve ağız sağlığını iyileştirme konularında etkili olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır (18). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Küresel Ağız Sağlığı Programı, ağız sağlığının dental tedavi dışındaki önemine vurgu yaparak hastalıkların önlenmesi, sağlığın teşviki ve iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Bu program, insanların ağız sağlığıyla ilgili bilgi sahibi olmalarını ve bu bilgileri günlük yaşamlarında uygulamalarını desteklemeyi hedeflemektedir (19). ASOY, sağlık okuryazarlığının bir parçası olarak değerlendirilir. Farklı bireysel ve çevresel etkenler SOY düzeyini etkilemektedir. Bu etkenler genellikle bireyin kişisel ve duruma özgü özelliklerini içerir. Kişinin görme, işitme, düşünme, konuşma ve hafızayla ilgili becerileri bu etkenler arasında önemli bir yer tutar. Ayrıca cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, genel okuryazarlık seviyesi, meslek ve sosyoekonomik durum gibi etkileyici faktörler de bulunmaktadır (20, 21).

Diş hekiminin hasta ile iletişiminde sağlık okuryazarlığı seviyesi önemli bir rol oynar. Düşük sağlık okuryazarlığı düzeyindeki kişiler problemlerini diş hekimlerine aktarırken zorluk yaşamaktadırlar. Ayrıca diş hekiminin tanımladığı diş hastalıklarını anlamakta da güçlük çekerler (22). Araştırmacılar tarafından ASOY’u değerlendirmek için kullanılan ölçekler arasında şunlar yer almaktadır (23); “Ağız Sağlığı Okuryazarlığı Aracı (OHLD)” (24); ve “Diş Hekimliğinde Yetişkin Okuryazarlığının Hızlı Tahmini (REALD)” (25), “Hong Kong Diş Hekimliğinde Yetişkin Okuryazarlığının Hızlı Tahmini (HKREALD)” (26) ve “Hong Kong Ağız Sağlığı Okuryazarlığı Değerlendirme Ölçeği (HKOHLAT - P)” (27).

ASOY’u ölçmek için ideal bir ölçek geliştirmesinde birçok engel vardır. ASOY ölçekleri, tıbbi SOY ölçeklerine benzer şekilde kelime tanıma ve okuduğunu anlama gibi temel işlevsel yönlere odaklanmıştır. TOFHLiD (Diş Hekimliğinde Fonksiyonel Sağlık Okuryazarlığı Testi) ve OHLD (Ağız Sağlığı Okuryazarlığı Aracı), Yetişkinlerde Fonksiyonel Sağlık Okuryazarlığı Testi (TOFHLD) temel alınarak geliştirilmiştir. Her iki ölçek de okuduğunu anlama ve matematiksel yetenek testlerini içermektedir. TOFHLiD, 68 soruluk bir okuduğunu anlama testi ve 12 soruluk bir sayısal yetenek testinden oluşur (29). Bu iki ölçek dışında, ilk hızlı testler Tıpta Yetişkin Okuryazarlığının Hızlı Testi (REALM) (30) ve Diş Hekimliğinde Yetişkin Okuryazarlığının Hong Kong Hızlı Testinden (HKREALD) (26) sonra modellenen REALD gibi kelime tanıma testlerini içerir (31, 32). REALD, spesifik hastalıklara odaklanarak anatomi, etiyoloji, koruyucu ve tedavi kategorilerini içeren bir ölçme aracıdır. Bu araç, North Carolina Üniversitesi Chapel Hill Diş Hekimliği'nde tedavi gören hastalar için hazırlanan broşürler ve yazılı materyallerini kullanır. Ek olarak Amerikan Diş Hekimleri Birliği Ortak



Dental Terminoloji Sözlüğü'nden de alınan kelimeler, hece sayısı ve ses kombinasyonlarının zorluk düzeyine göre artan sırayla düzenlenmiştir (32). HKOHLAT-P, Hong Kong Üniversitesi'ndeki araştırmacılar tarafından oluşturulan bir ölçektir. Bu ölçek, kişilerin çocuk diş hekimliği bağlamında ağız sağlığı okuryazarlığı düzeylerini değerlendirmeyi amaçlar. Diş Hekimliğinde Fonksiyonel Sağlık Okuryazarlığı Testi (TOFHLiD) gibi önceki ölçeklerden alınan öğelerin yanı sıra sağlık materyallerinin (broşürler, videolar, radyo ve TV materyalleri) kapsamlı bir incelemesine dayanarak geliştirilmiştir. HKOHLAT-P, bireylerin ağız sağlığı bilgilerini değerlendirmek için olgusal, işlemsel ve kavramsal olmak üzere üç tür bilişsel süreç boyutlarını içeren okuryazarlık ve matematiksel yetenekleri kullanır. (27).

## SONUÇ

Ağız sağlığı okuryazarlığı hastaların tedaviye uyumuna, diş fırçalamaya özen göstermesine, çürük oluşumunun azaltılmasına hatta diğer birçok hastalıkların önlenmesinden tedavi protokollerinin kavranıp tedaviye uyumuna kadar pek çok alanda etkili olan önemli ve güncel bir konudur. Ağız sağlığı okuryazarlığı ile ilgili eğitimler genellikle yetişkinlere yönelik olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak çocukluk ve ergenlik dönemlerinde verilecek eğitim bireyin gelecekteki sağlık davranışlarını şekillendirir. Aslında unutulmaması gereken yaşam boyu eğitimidir. Yaşam boyu eğitim hedefi ile ASOY eğitimi amaçlanmalıdır. Ayrıca halkın eğitiminin önemli bir parçası ise eğitimcilerin eğitimidir. Bu amaçla eğitim veren tüm kurumlardaki öğretmenler ve eğitimcilerin eğitimi ve onların öğrencilerin eğitimleri ASOY eğitimini güçlendirecek ve hızla toplumu geniş ölçekte kapsamasını sağlayacaktır. Halk sağlığının önemli bir konusu olarak ele alınan ağız sağlığı farkındalığı hastalıkların önlenmesinden, tedavi protokollerinin kavranıp tedaviye uyuma kadar pek çok alanda etkili olan önemli ve güncel bir konu olup çalışmalarının sayısının artırılması gerekmektedir.

## REFERENCES

1. Kress GR. Literacy in the new media age. Psychology Press, 2003.
2. ALDEMİR A. Bilgiye Erişimde Yeni Yaklaşım: Bilgi Okuryazarlığı, Bilgiye Erişimde Değişen Yollar ve II. Tıbbi Bilgi Yönetimi ve Teknolojileri Sempozyum Kitabı, 2003.
3. Simonds, S. K. Health education as social policy. Health Education Monographs, 2(1\_suppl), 1-10, 1974.
4. WHO. Track 2: Health literacy and health behaviour >7th Global Conference on Health Promotion: track themes. <https://www.who.int/healthpromotion/conferences/7gchp/track2/en/>
5. Bakanlığı, T. S., & Müdürlüğü, T. S. H. G. Sağlıkın teşviki ve geliştirilmesi sözlüğü. Bakanlık yayını, 814(1), 2011.
6. Parker, R. M., Baker, D. W., Williams, M. V., & Nurss, J. R. The test of functional health literacy in adults. Journal of general internal medicine, 10(10), 537-541, 1995.
7. Nutbeam, D. The evolving concept of health literacy. Social science & medicine, 67(12), 2072-2078, 2008.
8. Collins SA, Currie LM, Bakken S, Vawdrey DK, Stone PW. Health literacy screening instruments for eHealth applications: a systematic review. Journal Of Biomedical Informatics, 45(3), 598-607, 2012.
9. Nutbeam D. Health literacy as a public health goal: a challenge for contemporary health education and communication strategies into the 21st century. Health Promotion International, 15(3), 259-67, 2000.
10. Bass, P. F., Wilson, J. F., & Griffith, C. H. A shortened instrument for literacy screening. Journal of general internal medicine, 18(12), 1036-1038, 2003.
11. OoD, P. Promotion H. US Department of Health and Human Services: Healthy People 2010. In, 2000.
12. Nutbeam D, Kickbusch I. Advancing health literacy: a global challenge for the 21st century. Oxford University Press, 2000.
13. Lakschevitz, F., Aboodi, G., Tenenbaum, H., & Glogauer, M. Diabetes and periodontal diseases: interplay and links. Current diabetes reviews, 7(6), 433-439, 2011.
14. Friedewald VE, Kornman KS, Beck JD, Genco R, Goldfine A, Libby P, Offenbacher S, Ridker PM, Van Dyke TE, Roberts WC; American Journal of Cardiology; Journal of Periodontology. The American Journal of Cardiology and Journal of Periodontology Editors' Consensus: periodontitis and atherosclerotic cardiovascular disease. Am J Cardiol. 2009 Jul 1;104(1):59-68.

15. Azarpazhooh, A., & Leake, J. L. Systematic review of the association between respiratory diseases and oral health. *Journal of periodontology*, 77(9), 1465-1482, 2006.
16. General, U. S. P. H. S. O. o. t. S., Dental, N. I. o., & Research, C. Oral health in America: a report of the Surgeon General. US Public Health Service, Department of Health and Human Services, 2000.
17. American Dental Association. 02.05.2024  
<https://www.ada.org/resources/communityinitiatives/health-literacy-in-dentistry#.Y3ZrTfvgzUc.link>
18. Horowitz, A. M., & Kleinman, D. V. Oral health literacy: a pathway to reducing oral health disparities in Maryland. *Journal of public health dentistry*, 72, S26-S30, 2012.
19. Organization, W. H. Global Oral Health Program. Retrieved 01.05.2024 from [Http://www.who.int/topics/oral\\_health/en/](Http://www.who.int/topics/oral_health/en/)
20. Vann, W. F. J., Lee, J. Y., Baker, D., & Divaris, K. Oral health literacy among female caregivers: impact on oral health outcomes in early childhood. *J Dent Res*(89), 1395-1400, 2010.
21. Sørensen, K., Van den Broucke, S., Fullam, J., Doyle, G., Pelikan, J., Slonska, Z., & Brand, H. Health literacy and public health: a systematic review and integration of definitions and models. *BMC public health* 2012; 12(1), 80.
22. Cohen, L. A., Bonito, A. J., Eicheldinger, C., Manski, R. J., Edwards, R. R., & Khanna, N. Health literacy impact on patient-provider interactions involving the treatment of dental problems. *Journal of dental education* 2011; 75(9), 1218-1224.
23. Gong, D. A., Lee, J. Y., Rozier, R. G., Pahel, B. T., Richman, J. A., & Vann Jr, W. F. Development and testing of the test of functional health literacy in dentistry (TOFHLiD). *Journal of public health dentistry* 2007; 67(2), 105-112.
24. Sabbahi, D. A., Lawrence, H. P., Limeback, H., & Rootman, I. Development and evaluation of an oral health literacy instrument for adults. *Community dentistry and oral epidemiology* 2009; 37(5), 451-462.
25. Peker, K., Köse, T. E., Güray, B., Uysal, Ö., & Erdem, T. L. Reliability and validity of the Turkish version of the Rapid Estimate of Adult Literacy in Dentistry (TREALD-30). *Acta Odontologica Scandinavica* 2017; 75(3), 198-207.
26. Wong, H. M., Bridges, S. M., Yiu, C. K., McGrath, C. P., Au, T. K., & Parthasarathy, D. S. Development and validation of Hong Kong rapid estimate of adult literacy in dentistry. *Journal of investigative and clinical dentistry* 2012; 3(2), 118-127.
27. Wong, H. M., Bridges, S. M., Yiu, C. K., McGrath, C. P., Au, T. K., & Parthasarathy, D. S. Validation of the Hong Kong oral health literacy assessment task for paediatric dentistry (HKOHLAT-P). *International journal of paediatric dentistry* 2013;23(5), 366-375.



28. Parker, R. M., Baker, D. W., Williams, M. V., & Nurss, J. R. The test of functional health literacy in adults. *Journal of general internal medicine* 1995; 10(10), 537-541.
29. Sabbahi, D. A., Lawrence, H. P., Limeback, H., & Rootman, I. Development and evaluation of an oral health literacy instrument for adults. *Community dentistry and oral epidemiology* 2009;37(5), 451-462.
30. Davis, T. C., Long, S. W., Jackson, R. H., Mayeaux, E., George, R. B., Murphy, P. W., & Crouch, M. A. Rapid estimate of adult literacy in medicine: a shortened screening instrument. *Family medicine* 1993;25(6), 391-395.
31. Lee, J. Y., Rozier, R. G., Lee, S. Y. D., Bender, D., & Ruiz, R. E. Development of a word recognition instrument to test health literacy in dentistry: the REALD-30—a brief communication. *Journal of public health dentistry* 2007; 67(2), 94-98.
32. Richman, J. A., Lee, J. Y., Rozier, R. G., Gong, D. A., Pahel, B. T., & Vann Jr, W. F. Evaluation of a word recognition instrument to test health literacy in dentistry: the REALD-99. *Journal of public health dentistry* 2007; 67(2), 99-104.

## Bal Arılarında (*Apis Mellifera*) Yaşanan Ani Koloni Kayıplarında İmidaclopridin Rolü

Ahmet KARABULUT<sup>1</sup>, Prof. Dr. Muammer ELMAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: vet.hek.ahmetkarabulut@gmail.com; Tarım ve Orman Bakanlığı, Konya Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü, Konya / Türkiye. ORCID ID: 0000-0002-7620-2085

<sup>2</sup>E-mail: melmas@selcuk.edu.tr; Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilimdalı, Konya / Türkiye. ORCID ID: 0000-0001-9059-7151

---

### Özet

Pestisit, en genel anlamda ‘pest’ olarak adlandırılan zararlı canlılarla (böcekler, kemirgenler, mantarlar ve istenmeyen zararlı otlar) mücadelede kullanılan kimyasal maddedir. Pestisitler, tüm canlılar için potansiyel olarak zehirlidir. Pestisitler, formülasyon şekillerine, kullanıldıkları zararlı gruplarına, kullanım tekniğine, ilacın fiziki hâline, etki şekillerine, zararlıların biyolojik dönemlerine, kontrol ettiği zararlının bulunduğu yere ve bileşimindeki etkili madde grubuna göre sınıflandırılmaktadır. Tarımsal uygulamalarda organik klorlu, organik fosforlu ve karbamat türü insektisitlerin sürekli ve yaygın olarak kullanılması, zamanla duyarlılığın azalarak böceklerin bu insektisitlere karşı direnç geliştirmelerine neden olmaktadır. Bu kimyasallara alternatif olarak piretroitler ve neonikotinoid türü insektisitler geliştirilmiştir. Neonikotinoidler, topraktan bitki dokusuna geçebilen sistemik ilaçlardır. Bu ilaçların uygulandıkları vejetasyonlarda hem yabancı otlara hem de arılar gibi faydalı böceklere olumsuz etkileri olabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan neonikotinoidlerin, son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda zararlı et kileri tespit edildiğinden, kullanımlarının kısıtlanması, hatta yasaklanması yoluna gidilmiştir. Bu derlemede neonikotinoidlerin insektisitlerden imidaclopridin bal arıları üzerine etkisi irdelenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** *Apis mellifera*, imidaclopridin, neonikotinoid

---

### Abstract

A pesticide is a chemical used to control pests like insects, rodents, fungi, and weeds. These substances are toxic to all living things. Pesticides are categorized by their formulation, target pests, usage method, physical form, mode of action, pest life stages, control location, and active ingredient group. The widespread use of organic chlorinated, phosphorus, and carbamate insecticides in agriculture leads to insect resistance over time. Pyrethroids and neonicotinoid insecticides were developed as alternatives. Neonicotinoids are systemic pesticides that move from soil to plant tissues. They can harm beneficial insects, such as bees, and weeds. Due to their harmful effects, as shown by recent scientific studies, the use of neonicotinoids has been restricted or banned in many places. This study examines the impact of imidacloprid, a neonicotinoid insecticide, on honey bees, emphasizing the need for safer pest control methods.

**Keywords:** *Apis mellifera*, imidaclopridin, neonicotinoid

---

## 1. GİRİŞ

Pestisit, en genel anlamda ‘pest’ olarak adlandırılan zararlı canlılarla (böcekler, kemirgenler, mantarlar ve istenmeyen zararlı otlar) mücadelede kullanılan kimyasal maddedir. (Kaya, 2014). Pestisitler, formülasyon şekillerine, kullanıldıkları zararlı gruplarına, kullanım tekniğine, ilacın fiziki hâline, etki şekillerine, zararlıların biyolojik dönemlerine, kontrol ettiği zararlının bulunduğu yere ve bileşimindeki etkili madde grubuna göre sınıflandırılmaktadır (Çelikel ve Altındağ, 2011). Hedef aldıkları türe göre ‘akarisit’, ‘fungusit’, ‘herbisit’, ‘insektisit’, ‘rodentisit’ (WHO, 1996; Kurutaş ve Kılınç, 2003), bileşimindeki etkili kimyasal yapılarına göre ise ‘organofosfatlı pestisitler’, ‘karbamatlı pestisitler’, ‘organoklorinli insektisitler’, ‘sülfonilüre herbisitler’, ‘biyopestisitler’ (Aktaş, 2017) ve ‘piretroidler’ olarak sınıflandırılmaktadırlar (Çelikel ve Altındağ, 2011).

Tarımsal uygulamalarda organik klorlu, organik fosforlu ve karbamat türü insektisitlerin sürekli ve yaygın olarak kullanılması, zamanla duyarlılığın azalarak böceklerin bu insektisitlere karşı direnç geliştirmelerine neden olmaktadır. Bu kimyasallara alternatif olarak piretroidler ve neonikotinoid türü insektisitler geliştirilmiştir (Kovganko ve Kashkan, 2004; Jeschke, Nauen, Schindler ve Elbert, 2011; Casida ve Durkin, 2013). Neonikotinoidler, geniş spektrumları, düşük uygulama oranları, bitkilerde alım ve translokasyon gibi mükemmel sistemik özellikleri, yeni etki şekli ve uygun güvenlik profili gibi benzersiz kimyasal ve biyolojik özellikleri nedeniyle tercih edilmişlerdir (Jeschke, 2005; Motohiro Tomizawa ve Casida, 2011).

Neonikotinoidler, topraktan bitki dokusuna geçebilen sistemik ilaçlardır. Bu ilaçların uygulandıkları vejetasyonlarda hem yabancı otlara hem de arılar gibi faydalı böceklere olumsuz etkileri olabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan neonikotinoidlerin, son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda zararlı etkileri tespit edildiğinden, kullanımlarının kısıtlanması, hatta yasaklanması yoluna gidilmiştir (Authority, 2012; Krupke, Hunt, Eitzer, Andino, ve Given, 2012; Stewart ve diğerleri, 2014; Botías, David, Hill, ve Goulson, 2016; Özdemir, 2017; Bredeson ve Lundgren, 2019). Bu derlemede neonikotinoid insektisitlerden imidaclopridin bal arıları üzerine etkisi incelenmektedir.

## 2. NEONİKOTİNOİDLER

### 2.1. Tarihçesi

Neonikotinoid terimi çıkış itibarıyla imidacloprid ve etki biçimi olarak insektisidal alkaloid (S)-nikotin ile yapısal benzerlikler taşıyan ilgili insektisidal bileşenleri tanımlanmaktadır (Motohiro Tomizawa ve Yamamoto, 1993; Yamamoto, Kuhr, ve Motoyama, 1998; Motohiro Tomizawa ve Casida, 2003). Neonikotinik pestisitler ilk olarak 1970’li yıllarda Shell Development Company’s Biological Research Center in Modesto California’da kurşun bileşikler üzerine yapılan incelemede düşük insektisit etkiye sahip bileşikler olarak keşfedilmişlerdir. Bu bileşiklerden ilki ‘Nitiazin’dir (Kollmeyer ve

diğerleri, 1999; Özdemir, 2017). Nitiazin, fotokimyasal kararsızlığı nedeniyle tarım alanında çok fazla kullanılamamış ve ticarileştirilmemiştir (Jeschke, 2005).

1980’li yılların başında Japonya’da pirinç zararlısı olan Hemiptera sınıfı böcekler ile mücadele amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda, 1991 yılında ‘İmidacloprid’ bulunmuş ve Bayer AG tarafından piyasaya sunulmuştur. İmidacloprid, 2006 yılındaki zorunlu kısıtlanmasına kadar bitki koruma ve veteriner hekimliğinde dünya çapında kullanılan en başarılı, etkili ve çok satan böcek ilacı olmuştur (Jeschke ve Nauen, 2008).

## 2.2. Kimyasal Özellikleri

Genel olarak, ticarileştirilmiş veya geliştirilmiş neonikotinoid bileşikler, halka sistemlerine ve moleküler özelliklerinde farklılık gösteren siklik olmayan yapılara sahip neonikotinoidler olarak birbirinden ayrılabilir (Nauen, Ebbinghaus-Kintscher, Elbert, Jeschke, ve Tietjen, 2001). Bu ayırım, farmakofor yapılarına göre; ‘nitrometilenler’, ‘nitroguanidinler’, ‘siyanoaminidinler’, halka sistemli olarak; ‘imidacloprid’, ‘thiacloprid’, ‘tiametokzam’ ve döngüsel olmayan yapılarına göre; ‘nitenpyram’, ‘acetamiprid’, ‘klotianidin’ ve ‘dinotefuran’ şeklindedir (Jeschke, 2005).

## 2.3. Etki Mekanizması

Neonikotinoid insektisitler, böceklerin moleküler hedef bölgeleri olan nikotinic asetilkolin reseptörlerine (nAChR) seçici olarak agonist etkilidirler. nAChR’ nin merkezi sinir sistemine sahip canlılarda bulunduğu ve neonikotinoidlerin  $\alpha_4\beta_2$ ’nin (alfa-4 beta-2 nikotinic reseptörü) reseptör agonisti olduğu ifade edilmektedir. Bu etki normal bir nAChR’ ne bağlanan ACh ile aktive olurken, AChE tarafından parçalanarak ACh oktan ve koline parçalanarak inaktive edilir. Ancak nAChR’ ne agonist neonikotinoidin bağlanmasının ardından ACh’ de olduğu gibi AChE tarafından inaktive edilemez. Bu durumda sinir sisteminin aşırı uyarılması sonucunda hücrenin ölümüne sebep olacağı ifade edilmektedir (Chang, Daugherty, ve Mitchell, 2013). Omurgalılar ve böcekler arasındaki fark ise, böceklerin tüm alt birimlerinde nAChR bulunmasına karşın, omurgalılarda bu reseptör sayısı tüm birimlerin %8-10’ u kadardır. Bu nedenle neonikotinoidlerden omurgalıların daha az etkilendiği ifade edilmektedir (Motohiro Tomizawa ve Casida, 2005; Rondeau ve diğerleri, 2014; Buszewski, Bukowska, Ligor ve Staneczko-Baranowska, 2019).

## 2.4. Antidot Tedavisi

Neonikotinoid ajanlar için spesifik bir antidot bulunmamaktadır (Hung, Lin, Chou, ve Chung, 2006). Zehirlenmede tedavi esas olarak semptomatik ve destekleyicidir. Kontamine olmuş kıyafetler çıkarılarak dermal geçişi engellenmeli, temas etmiş bölgeler temizlenmelidir. Ağız yoluyla alımında, 1 saat sonrasında kadar ve büyük hacimli (100 ml’den büyük) alımda gastrik dekontaminasyon yapılabilmektedir. Hipotansiyon, zayıf glasgow koma skalası (GCS<8), hipoventilasyon veya solunum

sıkıntısı varlığında, yardımcı ventilasyon ve hemodinamik destek düşünülmelidir. Ses kısıklığı durumunda, hava yolu mümkün olduğunca erken emniyet altına alınarak ses telleri ve hava yolu mukozasının endoskopik değerlendirilmesi yapılması gerektiği ifade edilmektedir (Selvam ve Srinivasan, 2019).

## 2.5. Tarım Pazarındaki Yeri

İmidacloprid 1990 yılında neonikotinoid insektisit olarak piyasaya çıktığında, 7.942 milyon Euro'luk kimyasal tarım pazarının %43'üne organik fosforlar, %18'ine piretroitler ve %16'sına karbamatlar hâkim iken; 2008 yılında 6.330 milyon Euro'ya düşen tarım pazarında %24 neonikotinoidler, %13,6 organik fosforlar, %10,8 karbamatların pay aldığı ifade edilmektedir. Neonikotinoid insektisitlerin 1990 - 2008 yıllarında tarım pazarındaki pay değişimini eşsiz ticari başarı olduğu belirtilmektedir (Jeschke, Nauen, Schindler, ve Elbert, 2011). Dünya çapında tarım pazarında sentetik ve biyo pestisitler 2017-2022 yılları arasında yıllık %5,3 büyüme oranıyla 61,2 milyar dolardan 79,3 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Chen, 2018).

## 2.5. Kullanım Alanları

Neonikotinoidler öncelikle tarımsal alanlarda kullanılmaktadır; fakat son yıllarda farklı alanlarda da kullanıldığı bilinmektedir. Bitki koruması amacıyla tarımsal alanda; sebzeler, şeker pancarı, pamuk, yumuşak çekirdekli meyve, tahıllar ve tütün üzerindeki yaprak bitlerinde (örneğin, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Phorodon humilii*, *Rhopalosiphum padi*); patates üzerindeki böceklerde (örneğin, *Leptinotarsa decemlineata*); pirinçteki su bitinde (*Lissorhoptrus oryzophilus*); beyaz sineklerde (örneğin, *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporarium*) sebzeler, pamuk ve ktitrus üzerindeki thrips'de (örneğin, *Thrips tabaci*); yumuşak çekirdekli meyve ve turunçgiller üzerindeki mikro-Lepidoptera'da (örneğin, *Cydia pomonella*, *Phyllocnistis citrella*); şeker pancarı ve mısırdaki tel kurtlarında kullanılmaktadır (Feyereisen, Gilbert, Iatrou, ve Gill, 2005; Elbert, Haas, Springer, Thielert, ve Nauen, 2008; Ralf Nauen, Jeschke, ve Copping, 2008). Tohum kaplama için kullanılan pestisitlerin yaklaşık %80'ni neonikotinoidlerin oluşturduğu bildirilmektedir (Kartal, 2019).

Bitki korumasına ek olarak kedi ve köpek pireleri (örn., *Ctenocephalides felis*, *Ctenocephalides canis*), bitleri (örn., *Linognathus setosus*, *Trichodectus canis*) ve sinekleri (ör. *Musca domestica*) kontrol etmek için hayvan sağlığında da ektoparaziter olarak da kullanılabilirler (Griffin, Liege, ve Kreiger, 1998; Rust, Waggoner, Hinkle, Stansfield, ve Barnett, 2003).

Neonikotinoid insektisitlerin en iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan ilk ticari temsilcisi İmidacloprid'dir. Böceklerin merkezi sinir sistemindeki seçici etkisi, düşük memeli toksisitesi gibi bazı temel özellikleri, imidaclopridin takdire şayan bir böcek ilacı olmasını sağlamıştır (Jeschke, Nauen, Schindler ve Elbert, 2011). İmidacloprid, tohum kaplamada (Admire™, Gaucho®), insektisitlere karşı yaprak uygulamasında (sprey) (Confidor®, Provado®), termit kontrolünde (Premise®), permetrin ile birlikte kedi ve köpeklerdeki kenelerle mücadelede (K9 Advantix®) ve moksidektin ile birlikte kalp kurtlarıyla mücadelede (Advantage Multi®) kullanılmaktadır (Moriya ve diğerleri, 1992; Kagabu, 2003; Arther, Bowman, Slone ve Travis, 2005).

### 3. NEONİKOTİNOİDLERİN HEDEF OLMAYAN TÜRLERE ETKİSİ

Neonikotinoidlerin çeşitli zararlılara karşı veteriner, halk sağlığı ve tarımdaki yararlı etkileriyle birlikte genellikle gıda (Skretteberg ve diğerleri, 2015), su (Kwon, Chan, ve Kool, 2017), tarım arazilerinde kirlilik olarak (Sankoh, Whittle, Semple, Jones, ve Sweetman, 2016) hedef olmayan organizmalarda farklı olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir (Kimura-Kuroda, Komuta, Kuroda, Hayashi, ve Kawano, 2012). Bitkileri zararlılardan korumak için kullanılan neonikotinoidlerin, hedef olmayan organizmalardan bal arıları (*Apis Mellifera*) gibi yararlı böceklere karşı olumsuz etkileri düşük toksisitesinden dolayı önce göz ardı edilmiştir (Blacquiére, Smagghe, Van Gestel, ve Mommaerts, 2012; Tapparo ve diğerleri, 2012; Lundin, Rundlöf, Smith, Fries, ve Bommarco, 2015; Wood, Kozii, Koziy, Epp, ve Simko, 2018). Bununla birlikte, son yıllarda dünya genelindeki bal arısı kolonilerinde yaşanan hızlı kayıplar; koloni çöküş bozuklukları, mahsul üretimi ve ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler oluşturarak, dünya çapında bir krize neden olmuştur (VanEngelsdorp ve diğerleri, 2009; Potts ve diğerleri, 2010; Van der Zee ve diğerleri, 2012; Goulson, 2013). Bu olumsuz etkileri nedeniyle neonikotinoidlerin Avrupa Birliğinde, Türkiye’de ve diğer ülkelerde kullanımı kısıtlanmış ve yasaklanmıştır (Commission, 2013; Anonim, 2023). Dünya çapında yaşanan bu krize ilişkin birçok çalışma yapılmış olması yanında, Türkiye’de neonikotinoidlerin bu etkisine ilişkin mevcut veri tabanlarında herhangi bir çalışma bulunmadığı bildirilmektedir (Özdemir, 2017).

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen bir çalışmada (Jacob ve diğerleri, 2019), zararlıların kontrolünde yaygın olarak kullanılan üç neonikotinoid insektisit (asetamiprid, imidacloprid, thiacloprid), Afrika bal arısı *Apis mellifera*, yabani acısız arı *Scaptotrigona Postica*’nın oral akut toksisite düzeyleri ve bunların yürüme yetenekleri üzerindeki etkilerinin (ortalama hız, kat edilen mesafe, sürekli hareketlilik, bekleme süresi ve sıklığı) değerlendirildiği ifade edilmiştir. Her iki arı türü için de imidaclopridin en yüksek toksisiteye sahip olduğu, asetamipridin ise az toksik olduğu, tespit edilmiştir. Asetamiprid ve thiacloprid, *A. mellifera* ve *S. postica*’nın hareketliliği üzerinde en düşük etkiye sahipken, imidacloprid arıların yürüme davranışını da en çok olumsuz etkileyenin insektisit olduğu ifade edilmektedir.

İki hafta boyunca düşük veya yüksek dozlarda neonikotinoidle ile muamele edilmiş (deney grubu) ve edilmemiş (kontrol grubu) besin alan bal arılarının metabolik fizyolojilerinin incelendiği çalışmada (Cook, 2019). Kontrol grubu ile deney grubunun besin tüketimleri arasında belirgin farklılığın tespit edildiği iki neonikotinoidin de düşük dozlarda maruziyeti arı vücut ağırlığının azalmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Neonikotinoidlerin bal arısının beslenmesi ve metabolik fizyolojisinin önemli yönlerini bileşik ve doza bağlı bir şekilde değiştirdiği, bal arısının endokrin nörofizyolojik yollarına müdahale ettiği bildirilmektedir.

Suchail ve arkadaşlarının bal arılarında (*Apis Mellifera*) imidacloprid metabolizmasını incelediği çalışmada; İmidaclopridin oral yolla alınmasından bir süre sonra zehirlenmenin erken belirtileri olan hiperaktivite ve titremenin gözlemlendiği, birkaç saat sonra bu belirtilerin yavaş yavaş ortadan kaybolarak, işçi arıların hipoaktif hâle geldiği söylenmektedir. İmidaclopridin 6 saat sonra arılarda %10.5’ini, 24 saat sonra hiç tespit edilemediği belirtilmektedir (Suchail, Debrauwer, ve Belzunces, 2004).

Diğer bir çalışmada; meyve, sebze ve balda insan tüketimi için piyasada bulunan neonikotinoid kalıntılarının yaygın olarak tespit edildiği bildirilmektedir. On adet bal numunesinde yapılan analiz sonucunda, asetamiprid, clothianidin, imidacloprid, nitenpiram ve tiametoksam dâhil beş neonikotinoidin de bulunduğu, 9 örnekte ise imidakloprid bulunduğu (1.3ng/g en yüksek) bildirilmektedir. Çalışmada bildirilen tüm neonikotinoid kalıntılarının, ABD Çevre Koruma Dairesi (EPA) tarafından belirlenen maksimum kalıntı seviyelerinin veya toleransların altında olmasına rağmen, bu toleransların belirlenmesinin, en iyi saha uygulamaları ile akut ve kronik maruz kalan test hayvanlarında yapılan çalışmalara dayandığını ifade edilmektedir. Bu nedenle insan sağlığının uzun süreli düşük doz maruziyetinde yeterli bilgi sunmayacağı söylenmektedir. Neonikotinoidlerin meyve ve sebze mahsulleri üzerindeki yaygın kullanımı ve gıdalardaki mevcudiyetinin yanı sıra, memelilerde neonikotinoidlerin toksik etkileri hakkında yeni bilgiler ışığında, insanların diyetle neonikotinoid alımlarını ve sağlığını değerlendirmek için epidemiyolojik çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmektedir ( Chen, Tao, McLean, ve Lu, 2014).

Başka bir çalışmada; 2007 ve 2018 yılında Trakya bölgesinde yaşanan arı kayıplarının, arıların imidacloprid kaplı ayçiçeğinin nektarı ile beslenmesi ile ilişkili olabileceği ifade edilmektedir. 2013-2018 yılları arasında Çukurova Yöresinde (Adana ve Osmaniye’de yoğun olarak) mısır ekimi dönemlerinde yaşanan ani arı kayıplarının yaşandığını, yağmurlu havalarda ekimin yapıldığında arı kayıplarının azaldığını ya da olmadığı bildirilmektedir. Kayıpların mısır tohumu kaplamasında insektisit olarak kullanılan bir neonikotinoidin, ekim sırasında havaya karışmasının neden olabileceğinin düşünüldüğü bu durumun tespiti için alınan numulardan yaptırılan analiz sonucunda, neonikotinoid olan Clothianidin tespit edilmiş olduğu ve arı kayıplarının nedeni olduğu ifade edilmektedir. Pamuk nektarının toplanması için 2018 yılında Harran Ovasına (Şanlıurfa) arılarını getiren gezgin arıcıların %30 - %70 arasında kayıp yaşandığı bildirilmektedir. Sahada yapılan incelemelerde, gezgin arıcıların geldiği dönemde pestisit kullanımının olduğu ancak bunun kayıpların sebebi olduğuna dair kesin bir bilgi olamadığı bildirilmektedir (Oruc ve Caycı, 2019).

İspanya (Valencian Community)’da tarımsal kimyasalların bal arılarının ölümü üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada; narenciye ve çekirdekli meyve ağaçlarının çiçeklenme döneminde, 4 farklı bölgedeki kovanların girişine ölü bal arısı tuzakları konularak örnek toplanmıştır. Bu tuzaklardan elde edilen 34 adet bal arısı örneğinin LC-MS/ MS taraması sonucunda 58 adet pestisit ve bunların parçalanma ürünlerinin bulunduğu bildirilmektedir. Bu pestisitleri yaklaşık %32’ini imidacloprid oluşturmaktadır. İmidaclopridin numune alınan alanlarda kullanımın yasaklanmış olmasına rağmen yüksek düzeyde (53 ng/g)tespit edildiği bildirilmektedir. İmidaclopridin yüksek düzeyde tespitinin yasa dışı kullanımın kaynaklı olabileceği ifade edilmektedir (Calatayud-Vernich, Calatayud, Simó, Suarez-Varela, ve Picó, 2016).

#### 4.SONUÇ

Neonikotinoidler, sistemik, kimyasal, biyolojik özellikleri ve uygun güvenlik profilleri nedeniyle tercih edilen insektisitlerdendir. Ancak kullanımı sonrasında neredeyse tüm ekosistemler üzerine olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bu olumsuz etkiler, dolaylı olarak bal arıları üzerinde de tespit edilmiştir. Kitlesele arı ölümlerinin tek sebebinin neonikotinoidler olmadığı, ancak ölümlerde

önemli faktörlerden birisi olduğu yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır. Bu nedenle ülkemiz ve dünya genelinde kısıtlama ve yasaklamalar getirilmiştir. Buna rağmen, yeni yapılan çalışmalar kullanımına engel olunamadığını göstermektedir. Ekonomik göstergeler, tarım pazarında kullanılmaya başlandığı ilk günden günümüze artan bir piyasa hacmine sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle neonicotinoidlerin gelecekte de kullanımının artması beklenmektedir. Neonicotinoidler zararlılarla mücadelede tek yöntem olmasa da diğer yöntemlerle kıyaslandığında öne çıkan özellikleri, artan insan nüfusu ve besin ihtiyaçlarının karşılanmasında insektisit mücadelesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle kamu denetimlerinin daha dikkatli yapılması, konunun önemine dikkat çeken bilgilendirmelerin sektör bileşenleriyle paylaşılması karşılaşılabilecek olumsuz etkilerin azaltılması için katkı sağlayacaktır.

#### 5.KAYNAKLAR

- Aktaş, C. (2017). *Luna experience SC-400 fungusitinin sıçan karaciğer ve kan dokularında genotoksik etkisinin ve oksidatif hasar potansiyelinin araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Anonim. (2023). *Aktif Madde Yasaklanması*. Retrieved from <https://www.assets.envu.com/-/media/prfturkey/marketing-material/news/tarm-bakanlimidacloprid-karar28072023.ashx> (Erişim Tarihi: 17.05.2024)
- Arther, R. G., Bowman, D. D., Slone, R. L., ve Travis, L. E. (2005). Imidacloprid plus moxidectin topical solution for the prevention of heartworm disease (*Dirofiloria immitis*) in dogs. *Parasitology Research*, 97 (1), 76-80.
- Authority, E. F. S. (2012). Statement on the findings in recent studies investigating sub-lethal effects in bees of some neonicotinoids in consideration of the uses currently authorised in Europe. *European Food Safety Authority Journal*, 10 (6), 2752.
- Blacquiére, T., Smagghe, G., Van Gestel, C. A., Mommaerts, V. (2012). Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*, 21, 973-992.
- Botías, C., David, A., Hill, E. M., ve Goulson, D. (2016). Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects. *Science of the Total Environment*, 566, 269-278.
- Bredeson, M. M., ve Lundgren, J. G. (2019). Neonicotinoid insecticidal seed-treatment on corn contaminates interseeded cover crops intended as habitat for beneficial insects. *Ecotoxicology*, 28(2), 222-228.
- Buszewski, B., Bukowska, M., Ligor, M., ve Staneczko-Baranowska, I. (2019). A holistic study of neonicotinoids neuroactive insecticides properties, applications, occurrence, and analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 34723–34740.
- Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., Suarez-Varela, M. M., ve Picó, Y. (2016). Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on honeybee mortality in 4 experimental apiaries. *Science of the Total Environment*, 541, 33-41.
- Casida, J. E., ve Durkin, K. A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58, 99-117.
- Chang, H.-Y., Daugherty, L., Mitchell, A. (2013). Bee afraid, bee very afraid-neonicotinoids and the nAChRs family. *InterPro Protein Focus*, 1-8. Retrieved from [https://proteinswebteam.github.io/interpro-blog/potm/2013\\_9/prot\\_foc\\_13\\_09.pdf](https://proteinswebteam.github.io/interpro-blog/potm/2013_9/prot_foc_13_09.pdf) (Erişim Tarihi: 18.05.2024)
- Chen, J. (2018). *Biopesticides: Global Markets to 2022*. Retrieved from <https://www.bccresearch.com/market-research/chemicals/biopesticides-global-markets-report.html> (Erişim Tarihi: 18.05.2024)

- Chen, M., Tao, L., McLean, J., Lu, C. (2014). Quantitative analysis of neonicotinoid insecticide residues in foods: implication for dietary exposures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (26), 6082-6090.
- Commission, E. (2013). Commission Implementing Regulation (EU) No 503/2013 of 3 April 2013 on applications for authorisation of genetically modified food and feed in accordance with Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulations (EC) No 641/2004 and (EC) No 1981/2006. *Official Journal Of The European Union*, 56, L157.
- Cook, S. C. (2019). Compound and dose-dependent effects of two neonicotinoid pesticides on honey bee (*Apis mellifera*) metabolic physiology. *Insects*, 10 (1), 18.
- Çelikel, Y. (2011). *Alpha-Cypermethrin'in Daphnia magna (Straus 1820) (Cladocera, Crustacea) üzerine akut toksik etkisinin araştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., Nauen, R. (2008). Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 64 (11), 1099-1105.
- Feyereisen, R., Gilbert, L., Iatrou, K., ve Gill, S. (2005). Comprehensive molecular insect science. eds. *Gilbert LI, Iatrou K, and Gill SS*, Elsevier, Oxford, 1-77.
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50 (4), 977-987.
- Griffin, L., Liege, P., Kreiger, K. (1998). Imidacloprid: a new compound for control of fleas and flea-initiated dermatitis. *Advances in Veterinary Dermatology*, 3, 449-450.
- Hung, Y. M., Lin, S. L., Chou, K. J., ve Chung, H. M. (2006). Imidacloprid-N-methyl pyrrolidone insecticides poisoning mimicking cholinergic syndrome. *Clinical Toxicology*, 44 (5), 771-772.
- Jacob, C. R., Malaquias, J. B., Zanardi, O. Z., Silva, C. A., Jacob, J. F., Yamamoto, P. T. (2019). Oral acute toxicity and impact of neonicotinoids on *Apis mellifera L.* and *Scaptotrigona postica Latreille (Hymenoptera: Apidae)*. *Ecotoxicology*, 28 (7), 744-753.
- Jeschke, P., Nauen, R. (2008). Neonicotinoids from zero to hero in insecticide chemistry. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 64 (11), 1084-1098.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., Elbert, A. (2011). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (7), 2897-2908.
- Jeschke P., Nauen, R. (2005). Neonicotinoid Insecticides. Gilbert L. I., Iatrou K., and Gill SS (eds). *In: Comprehensive Molecular Insect Science* (pp. 53-105). Elsevier, Oxford.
- Kagabu, S. (2003). Molecular design of neonicotinoids: past, present and future. Voss G., G Ramos G., (ed.), *In: Chemistry of Crop Protection, Progress and Prospects in Science and Regulation* (pp.193-212). Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
- Kaya, S. (2014). Veteriner Toksikoloji. Kaya, S., (ed.), *In: Pestisid* (pp. 301). Medisan Yayınevi, Ankara.
- Kimura-Kuroda, J., Komuta, Y., Kuroda, Y., Hayashi, M., Kawano, H. (2012). Nicotine-like effects of the neonicotinoid insecticides acetamiprid and imidacloprid on cerebellar neurons from neonatal rats. *PLoS One*, 7 (2).
- Kollmeyer, W. D., Flattum, R. F., Foster, J. P., Powell, J. E., Schroeder, M. E., Soloway, S. B. (1999). Discovery of the nitromethylene heterocycle insecticides. In I. Yamamoto, J. E. Casida (Eds.), *Nicotinoid insecticides and the nicotinic acetylcholine receptor* (pp. 71-89): Springer.
- Kovganko, N., Kashkan, Z. N. (2004). Advances in the synthesis of neonicotinoids. *Russian Journal of Organic Chemistry*, 40 (12), 1709-1726.
- Krupke, C. H., Hunt, G. J., Eitzer, B. D., Andino, G., Given, K. (2012). Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS One*, 7 (1), e29268.
- Kurutaş, E. B., Kılınc, M. (2003). Pestisitlerin Biyolojik Sistemler Üzerine Etkisi. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 12 (3), 215-228.

- Kwon, H., Chan, K. M., Kool, E. T. (2017). DNA as an environmental sensor: detection and identification of pesticide contaminants in water with fluorescent nucleobases. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 15 (8), 1801-1809.
- Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H. G., Fries, I., Bommarco, R. (2015). Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: a systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. *PLoS One*, 10 (8), e0136928.
- Moriya, K., Shibuya, K., Hattori, Y., Tsuboi, S. I., Shiokawa, K., Kagabu, S. (1992). 1-(6-Chloronicotinyl)-2-nitroimino-imidazolidines and related compounds as potential new insecticides. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 56 (2), 364-365.
- Nauen, R., Ebbinghaus-Kintscher, U., Elbert, A., Jeschke, P., Tietjen, K. (2001). Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. *Biochemical Sites of Insecticide Action and Resistance* (pp. 77-105): Springer.
- Nauen, R., Jeschke, P., Copping, L. (2008). In focus: Neonicotinoid insecticides editorial. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 64 (11), 1081-1081.
- Oruc, H. H., Caycı, M. (2019). *Türkiye'de zehirlenme şüpheli arı ölümleri*. I. Uluslararası VI. Ulusal Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Kongresi. <http://www.vetfarmatoks.org.tr/Vetfarmatoks2019BildiriKitabi.pdf> (Erişim Tarihi: 18.05.2024)
- Özdemir, N. (2017). Neonicotinoid pestisitler ve arı sağlığına etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 17 (1), 44-48.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 (6), 345-353.
- Rondeau, G., Sánchez-Bayo, F., Tennekes, H. A., Decourtye, A., Ramírez-Romero, R., ve Desneux, N. (2014). Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites. *Scientific Reports*, 4 (1), 5566.
- Rust, M., Waggoner, M., Hinkle, N., Stansfield, D., Barnett, S. (2003). Efficacy and longevity of nitenpyram against adult cat fleas (Siphonaptera: Pulicidae). *Journal of Medical Entomology*, 40 (5), 678-681.
- Sankoh, A. I., Whittle, R., Semple, K. T., Jones, K. C., Sweetman, A. J. (2016). An assessment of the impacts of pesticide use on the environment and health of rice farmers in Sierra Leone. *Environment International*, 94, 458-466.
- Selvam, V., Srinivasan, S. (2019). Neonicotinoid Poisoning and Management. *Indian Journal of Critical Care Medicine*, 23 (4), 260.
- Skretteberg, L.G., Lyrån, B., Holen, B., Jansson, A., Fohgelberg, P., Siivinen, K., . Andersen, J.H. Jensen, B. H. (2015). Pesticide residues in food of plant origin from Southeast Asia—A Nordic project. *Food Control*, 51, 225-235.
- Stewart, S. D., Lorenz, G. M., Catchot, A. L., Gore, J., Cook, D., Skinner, J., Mueller T.C., Johnson D.R., Zawislak J., Barber, J. (2014). Potential exposure of pollinators to neonicotinoid insecticides from the use of insecticide seed treatments in the mid-southern United States. *Environmental Science & Technology*, 48 (16), 9762-9769.
- Suchail, S., Debrauwer, L., Belzunces, L. P. (2004). Metabolism of imidacloprid in *Apis mellifera*. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 60 (3), 291-296.
- Tapparo, A., Marton, D., Giorio, C., Zanella, A., Soldà, L., Marzaro, M., Vivan L., Girolami, V. (2012). Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds. *Environmental Science & Technology*, 46 (5), 2592-2599.
- Tomizawa, M., Casida, J. E. (2003). Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology*, 48 (1), 339-364.

- Tomizawa, M., Casida, J. E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 45, 247-268.
- Tomizawa, M., Casida, J. E. (2011). Neonicotinoid insecticides: highlights of a symposium on strategic molecular designs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (7), 2883-2886.
- Tomizawa, M., Yamamoto, I. (1993). Structure-activity relationships of nicotinoids and imidacloprid analogs. *Journal of Pest Science*, 18 (1), 91-98.
- Van der Zee, R., Pisa, L., Andonov, S., Brodschneider, R., Charrière, J.-D., Chlebo, R., Coffey M.F., Crailsheim K., Dahle B., Gajda A., Gray A., Drazic M.M., Higes M., Kauko L., Kence A., Kence M., Kezic N., Kiprijanovska H., Kralj J., Kristiansen P., Hernandez R.M., Mutinelli F., Nguyen B.K., Otten C., Özkırım A., Pernal S. F., Peterson M., Ramsay G., Santrac V., Soroker V., Topolska G., Uzunov A., Vejsnæs F., Shi Wei S., Wilkins S. (2012). Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008–9 and 2009–10. *Journal of Apicultural Research*, 51 (1), 100-114.
- VanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K., Frazier, M., Frazier, J., Cox-Foster, D., Chen, Y., Underwood, R., Tarpy, D.R., Pettis, J.S. (2009). Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS One*, 4 (8), e6481.
- WHO. (1996). *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 1996-1997*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/28264>. (Erişim Tarihi: 18.05.2024)
- Wood, S. C., Kozii, I. V., Kozii, R. V., Epp, T., Simko, E. (2018). Comparative chronic toxicity of three neonicotinoids on New Zealand packaged honey bees. *PLoS One*, 13 (1), e0190517.
- Yamamoto, I., Kuhr, R., Motoyama, N. (1998). Nicotine- old and new topics. *Reviews in Toxicology*, 2 (1), 61-69.

## OKUL ÖNCESİ EĞİTİMDE OYUN-OYUN ALANI ALGISI: DÜZCE HAYALİMİZ ORMAN ANAOKULU ÖRNEĞİ

Helin SARAÇ<sup>1</sup>, Aybike Ayfer KARADAĞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: helinsrcc@gmail.com; Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce/ Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: ayferkaradag@duzce.edu.tr; Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Düzce/ Türkiye.

### Özet

Oyun, çocuğun yaşamının en önemli bileşenidir. Gelişim sürecindeki en önemli eğitim aracıdır. Bu nedenle oyunun, gerçekleştiği oyun alanlarının gelişim ya da eğitim sürecine en iyi şekilde hizmet etmesi gerekmektedir. Bu bağlamda eğitimciler sürecin en önemli değerlendiricileridir. Bu çalışmada okul öncesi eğitimde, “oyun ve oyun alanı” algısı eğitmeni değerlendirmesi temelinde irdelenmiştir. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden hem teorik hem de pratik olarak yararlı bilgiler sunan olgu bilimsel yöntem kullanılmıştır. Çalışma grubunu, Düzce Hayalimiz Orman Anaokulu eğitim sürecinde çalışan 10 katılımcı oluşturmuştur. Araştırmada verilerin toplamak amacıyla, araştırmacıların geliştirdiği yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Verilerin analizinde içerik analizinden yararlanılmıştır. Analiz sürecinde belirtilen görüşlerden kodlar elde edilmiş ve kodlar bir araya getirilerek kategori, tema ve ana temalar belirlenmiştir. Kodlayıcılar arasındaki uyum oranı %86,8 olarak tespit edilmiştir. Çalışma bulguları, eğitimcilerin oyun, oyun alanı ve birbirleriyle ilişkisini yüzeysel bir yaklaşımda değerlendirdiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Oyun, oyun alanı, çocuk

### Perception of Game-Playground in Preschool Education: The Example of Düzce Hayalimiz Orman Kindergarten

#### Abstract

Play is the most important component of a child's life. It is the most important educational tool in the development process. For this reason, the game must best serve the development or education process of the playgrounds where it takes place. In this context, educators are the most important evaluators of the process. In this study, the perception of " play and playground" in pre-school education was examined on the basis of educator evaluation. The phenomenological method, which provides useful information both theoretically and practically, was used in the study. The study group consisted of 10 participants working in the education process of Düzce Hayalimiz Orman Kindergarten. In order to collect data in the study, a semi-structured interview form developed by the researchers was used. Content analysis was used to analyze the data. During the analysis process, codes were obtained from the opinions stated and the codes were brought together to determine categories, themes and main themes. The agreement rate between coders was found to be 86.8%. The study findings revealed that educators evaluated the game, the playground and their relationship with each other in a superficial approach.

**Keywords:** Game, playground, child

### GİRİŞ

Çocuk, hayatın en değerli varlıklarından biridir. Onların mutluluğu, sağlıklı gelişimi ve eğitimi, toplumun geleceği açısından büyük önem taşır. Çocukların oyun oynaması, oyun algısı ve oyunla öğrenmesi, sosyal, duygusal ve bilişsel gelişimleri için hayati bir role sahiptir. Oyun, çocukların dünyayı keşfetmelerine, deneyimlemelerine ve öğrenmelerine olanak sağlayan bir araçtır (Özer vd, 2006).

Oyun, belirli kuralları olan, genellikle rekabetçi bir etkinlik olup genellikle eğlence için yapılan bir faaliyettir. Oyunlar genellikle bir hedef veya amaca yöneliktir ve genellikle bireyler arasında

etkileşimi teşvik eder. Oyunlar, zihinsel ve fiziksel becerileri geliştirebilir, sosyal ilişkiler kurmayı teşvik edebilir ve yaratıcılığı artırabilir. Oyun ve çocuk ilişkisi, çocukların gelişiminde önemli bir rol oynar. Oyun, çocukların düşünme, duygusal, sosyal ve bedensel becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Çocuklar oyun oynarken kendilerini ifade etme fırsatı bulur, problem çözme yeteneklerini geliştirir, sosyal becerilerini pekiştirir ve yaratıcı düşünme becerilerini artırır. Aynı zamanda oyun, çocukların duygusal dünyalarını keşfetmelerine ve olumlu davranışları öğrenmelerine de yardımcı olur (Türkoğlu & Uslu, 2016). Çocuk gelişimi, çocuğun doğumundan ergenliğe kadar olan süreçte fiziksel, duygusal, sosyal ve bilişsel alanlarda yaşadığı değişimleri ifade eder. Bu süreç içerisinde çocuğun oyun oynaması, yaratıcılığını geliştirmesi, iletişim becerilerini artırması ve problem çözme yeteneğini güçlendirmesi önemlidir. Oyun, çocuğun düşünme ve hayal gücünü kullanmasına olanak sağlar ve özgüven kazanmasına yardımcı olur (Tunçeli & Zembat, 2017).

Çocuklar oyunlarını gerçekleştirebilecekleri bir alana ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaca ise çocuk oyun alanları ile cevap verilir. Çocuk oyun alanları, çocukların güvenli ve destekleyici bir ortamda oyun oynamasını sağlayan alanlardır. Bu alanlar, çocukların fiziksel, duygusal ve sosyal gelişimlerine katkıda bulunur ve onların yaratıcılıklarını geliştirmelerine olanak tanır (Yücel, 2005). Çocuk oyun alanları, çocukların fiziksel, duygusal ve sosyal gelişimine katkıda bulunan önemli bir faktördür. Oyun alanları, çocukların bedensel aktivitelerde bulunmalarını, motor becerilerini geliştirmelerini, sosyal ilişkiler kurmalarını ve yaratıcılıklarını keşfetmelerini sağlar. Ayrıca çocukların streslerini atabilecekleri, kendilerini ifade edebilecekleri ve özgürce hareket edebilecekleri bir ortam sunar (Pouya vd., 2016).

Çocuk, oyun alanlarında gelişir ve büyür. Oyun ve oyun alanları çocuk gelişimi açısından bakıldığında önemli bir eğitim araçları olarak karşımıza çıkmaktadır. Çocuklar için en iyi eğitim yöntemlerinden biri de doğal alanlarda eğitim almalarıdır. Geçmişten günümüze kadar doğa, çocukların oyununun temellerinden biri iken günümüzde ise çocukların doğadan aldığı verimin azaldığı görülmektedir, bu değişimin sebebi bir takım sorunlardan kaynaklıdır. Gezegenimiz iklim değişikliği, küresel ısınmanın, doğal kaynakların tükenmesi, temiz su kaynağın azalması gibi tehditler ile karşı karşıyadır. Tüm bunlardan habersiz olan çocuklar, çevreyi kirletici maddelerin nereden geldiğini ve nereye gittiğini, suyun kaynağının ne olduğunu bilmeden, doğal yaşamın nasıl işlediğinin farkında değildirler. Çocuğun, kendisinin doğanın bir parçası olarak görerek yetişmesini, çocukların dünyanın doğal döngüsünü ele alabilmesi, insan yaşamında iyi bir birey olarak büyümesi için ailelere ve eğitimcilere çok farklı görevler düşmektedir (Karaman & Gökalp, 2010).

Dünyada orman okulları 1950'den beri var olup oldukça yaygınlaşan bir eğitim modelidir. Avrupa'da Learning About Forest (LEAF) olarak bilinen bu model, okul öncesi dönemde 20'den fazla

görevlerini sürdürmektedir. Orman okulu kavramını Türkiye’ de ilk olarak getiren kişi İstanbul Üniversitesi’nin Cumhuriyet döneminin ilk rektörü İsmail Hakkı Baltacıoğlu’dur. Fiziksel ve zihinsel gelişimin hızlı olduğu, çocuğun eğitiminin temel yapı taşının olduğu dönemi açıklamaya çalışan bir çok eğitim modeli ve yaklaşım ön plana çıkmaktadır. Okul öncesi dönem eğitimde kullanılan eğitim modellerinde “çocuk merkezli” bir yaklaşım vardır. Orman okulu yaklaşımının ana noktasında ormanın kendi dokusu, ağaçlar, yapraklar, dallar, toprak, temiz, hava ve çocuğun hayal gücü bulunmaktadır. Bunlar, çocuğun bütünsel gelişimi açısından doğal kaynak olarak düşünülmektedir (Şen & Elma, 2022). Orman okulu yaklaşımının temel felsefesinde çocuğa doğayı sevdirmek, doğayı koruma bilincini çok küçük yaşlarda empoze etme düşüncesi yatar. Orman okulları iç mekanların sınırları dışına taşan doğal alanlarda meydana gelen pedagojik bir sürecin olmasını öneren, çocuğun bütünsel gelişimine teşvik eden bir yaklaşımdır. Orman okulu yaklaşımı, çocukların doğal çevre ile bağ kurarak öğrenmelerini sağlayan bir eğitim modelidir. Bu modelde çocuklar ormanlık alanlarda, parklarda veya çiftliklerde oyunlar oynar, doğal malzemelerle oynar, çevrelerini keşfeder ve deneyimlerini paylaşırlar. Orman okulu yaklaşımı, çocukların yaratıcılıklarını, bağımsızlıklarını, dayanıklılıklarını ve doğa sevgisini geliştirmelerine yardımcı olur (Lekies, 2017). Bu yaklaşım, çocukların doğayla iç içe olmalarını ve doğanın sunduğu olanakları keşfetmelerini sağlayan bir eğitim modelidir. Orman okullarında çocuklar, açık hava etkinlikleri yapar, doğa yürüyüşleri düzenler, oyunlar oynar ve çeşitli doğa etkinliklerine katılır. Bu yaklaşım, çocukların doğayı tanımalarına, doğa sevgisi kazanmalarına ve sağlıklı bir yaşam tarzı benimsemelerine olanak sağlar (Metcalf, 2016; Knight, 2011). Orman okulu yaklaşımının çocuk eğitimine katkısı çocukları doğal çevre ile bağ kurarak öğrenmeye teşvik etmesidir. Doğal çevrede oyun oynamak, çocukların öğrenme motivasyonunu artırır ve keyif alarak öğrenmelerini sağlar. Ayrıca doğal çevrede oynarken çocuklar fiziksel aktivitelerde bulunarak sağlıklı bir şekilde büyüme ve gelişme fırsatı bulurlar (Waller & Davis, 2017; Pyle, 1993).

Bu çalışmada okul öncesi eğitimde, “oyun ve oyun alanı” algısı eğitimci değerlendirmesi temelinde irdelenmiştir.

## **YÖNTEM**

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden hem teorik hem de pratik olarak yararlı bilgiler sunan olgu bilimsel (fenomenolojik) yöntem kullanılmıştır. Olgu bilim; bireylerin deneyimlerini derinlemesine inceleyen, deneyimlerin kişiler için anlamına odaklanan ve bu sayede deneyimlerin özüne (esasına) ulaşılacağını varsayan bir yöntemdir (Aydın Günbatır, 2019). Yönteme sağlıklı veriler toplamak amacıyla; örneklem yöntemlerinden, ölçüt örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Ölçüt örnekleme yönteminde, bir dizi ölçütü karşılayan durumlarla çalışılır (Baltacı, 2018). Araştırma kapsamında

belirlenen ölçütlerden biri “*okul öncesi eğitim programında çocuklar ile çalışmak*”, diğer bir ölçüt ise “*orman okulu eğitim modeline sahip bir okulda çalışmak*”. Ölçütlerin temel gerekçesi; katılımcıların bazı kuram ve öğretim ilkelerini, bizzat deneyimleyerek belirtmeleri amacını taşır.

Çalışma grubunu, Düzce Hayalimiz Orman Anaokulu eğitim sürecinde çalışan 10 katılımcı oluşturmaktadır.

Araştırmada verilerin toplamak amacıyla, araştırmacıların geliştirdiği yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Anket formunda betimsel özelliklere ilişkin 7 adet soru, orman okulu eğitim modeli hakkında 8 soru bulunmaktadır. Veri toplama aracının uygulanabilirliğini tespit etmek için benzer konularda, aynı yöntemi kullanan iki uzman görüşü alınmış, bir denek ile pilot uygulama olacak şekilde görüşme yapılmıştır. Görüşmeler sonucunda, soruların açık ve anlaşılır olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada ikincil materyal olarak konuyla ilgili, makale, bildiri, tez, kitap bölümü, vb. verilerden yararlanılmıştır.

Katılımcılar; gönüllülük esasına göre seçilmiş, sağlıklı verilerin toplanmak amacıyla katılımcıların belirledikleri zaman ve mekanda görüşme gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların rahatlığı önemsenmiştir. Her bir katılımcı ile 15 soru ortalama 7 dakika sürmüştür. Yapılan görüşmeler katılımcıların onayı ile ses kayıt cihazına kaydedilmiştir. Görüşme sırasında, katılımcıların odaklandığı konular not edilmiştir. Elde edilen ses kayıtları dinlenerek yazıya aktarılmıştır.

Araştırmacılar geçerlik ve güvenilirliğin sağlanması için verilerin toplanması, bulguların ortaya konulmasında, uzman görüşü temelinde verilerin analizi şeffaf bir tutumla aktarılmıştır. Ayrıca edilen veriler, araştırmacılar tarafından eş zamanlı analiz edilmiştir. Nitel verilerin analizinde Miles & Huberman (1994) güvenilirlik formülü ( $Güvenirlik = \frac{Görüş\ Birliği}{Görüş\ Birliği + Görüş\ Ayrılığı}$ ) kullanılmıştır (Aslan ve Sağlam, 2017; Özpolat ve ark., 2017). Kodlayıcılar arasındaki uyum oranı %86,8 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Araştırmanın etik izini Düzce Üniversitesi 08.05.2024 tarih ve 426853 sayılı belge olarak alınmıştır.

Verilerin analizinde içerik analizinden yararlanılmıştır. Analiz sürecinde belirtilen görüşlerden kodlar elde edilmiş ve kodlar bir araya getirilerek kategori, tema ve ana temalar belirlenmiştir. Elde edilen kodlar bir uzman tarafından kontrol edilmiştir. Araştırmacılar tarafından ayrı ayrı yapılan bu

kodlamalarda fikir birliğine varmıştır. Çalışmada verilerin görülme sıklığı olan frekanslar belirtilmiştir. Katılımcıların Ö1, Ö2, Ö3, ... Ö10 şeklinde kısaltmalar ile ifade edilmiştir.

Katılımcıların okul öncesi eğitimdeki “oyun ve oyun alanı” ile ilgili görüşleri kodlar şeklinde verilmiştir. Oyun ile ilgili belirlenen genel çatı ise bütünlük oluşturması anlamında tema olarak verilmiştir. Temalar ise daha detaylı olarak kategori, üst çatı olarak ana tema şeklinde ifade edilmiştir. Frekans ise çalışmada verilen cevap sayısıdır (Çizelge 1).

**Çizelge 1. Örnek veri analizi**

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans

## **BULGULAR**

### **Katılımcıların demografik özellikleri**

Çalışmada katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde, cinsiyet dağılımında 9 kadın ve 1 erkek olmak üzere 10 katılımcı vardır. Katılımcıların yaş dağılımına bakıldığında %50 oranla 35-40 yaş grubunun fazla olduğu görülmektedir. Bunu %40 oranla 25-30 yaş grubu takip etmektedir. Katılımcıların %70'i Çocuk Gelişimci, %20'si Okul Öncesi Öğretmeni ve %10'nu Doğa Eğitmeni olarak görev yapmaktadır. Katılımcıların %70'i Önlisans %30'u Lisans mezunudur. Deneyim süreleri ise 6-9 ve 10-12 aralıkları %40 oranla eşit değere sahipken, en az deneyim süresini kapsayan aralık olan 2-5 aralığında olan katılımcı oranı %20'dir. Katılımcıların tamamı mesleğe ilişkin memnuniyet durumlarını “çok memnun” tanımlamışlardır (Çizelge 2).

**Çizelge 2. Katılımcıların demografik özelliği**

	Özellikler	Sıklık	Oran (%)
<b>Cinsiyet</b>	<b>Kadın</b>	9	90
	<b>Erkek</b>	1	10
<b>Yaş</b>	<b>25-30</b>	4	40
	<b>35-40</b>	5	50
	<b>40-45</b>	1	10
<b>Branş</b>	<b>Çocuk Gelişim</b>	7	70
	<b>Okul öncesi Öğretmeni</b>	2	20
	<b>Doğa eğitmeni</b>	1	10
<b>Mezuniyet</b>	<b>Ön Lisans</b>	7	70
	<b>Lisans</b>	3	30
<b>Deneyim süresi (yıl)</b>	<b>2-5</b>	2	20
	<b>6-9</b>	4	40
	<b>10-12</b>	4	40
<b>Mesleğe ilişkin memnuniyet durumu</b>	<b>Hiç memnun değil</b>	0	0
	<b>Memnun değil</b>	0	0
	<b>Orta derece de memnun</b>	0	0
	<b>Memnun</b>	0	0
	<b>Çok memnun</b>	10	100
<b>TOPLAM</b>		10	100

### **Katılımcıların oyun ve oyun alanlarına ilişkin görüşleri**

Katılımcıların oyuna ilişkin tanımları incelendiğinde, 7 kişi öğretmen açısından, 3 kişi çocuk açısından tanımlama yapmıştır. Çocuk için oyunun öğrenme aracı ve iletişim aracı olduğu ifade edilmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3. Oyunun tanımı**

Ana Tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frenkans
Oyunun tanımı	Çocuk için	Öğrenme aracı	Ö2, Ö4	2
	Çocuk için	İletişim aracı	Ö9	1
	Öğretmen açısından	Temel ihtiyaç	Ö1	1
	Öğretmen açısından	İletişim aracı	Ö3, Ö6, Ö7, Ö8, Ö10	5
	Öğretmen açısından	Eğlenmek	Ö5	1

Katılımcıların okul öncesi eğitimde oyunun önemine ilişkin ifadeleri incelendiğinde, 4 kişi çocuk gelişimi açısından, 4 kişi eğitim açısından ve 2 kişi çocuk açısından tanımlama yapmıştır. Okul

öncesi dönem eğitimi için oyunun; çocuğun iletişim kurabilme yetisi, gelişimi ve öğrenebilmesi için önemli olduğu ifade edilmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** *Oyunun eğitim açısından önemi*

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Oyunun önemi	Çocuk açısından	İletişim	Ö3, Ö7	2
	Çocuk gelişimi	Gelişim aracı	Ö2, Ö4, Ö8, Ö10	4
	Eğitim açısından	Öğrenme aracı	Ö1, Ö5, Ö6, Ö9	4

Katılımcıların oyun ve eğitim ilişkisine ilişkin değerlendirmeleri incelendiğinde, 6 kişi oyun ve eğitim açısından oyun ve eğitimin bir bütün olarak, 4 kişi eğitim açısından oyunun eğitimin bir aracı olarak ifade edilmiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** *Oyun ve eğitim ilişkisi*

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Oyunun eğitim ilişkisi	Eğitim	Eğitim aracı	Ö1, Ö7, Ö9, Ö10	4
	Eğitim	Eğitimin bileşeni	Ö2, Ö3, Ö4, Ö5, Ö6, Ö8	6

Katılımcıların orman okullarında oyunun yerine ilişkin yorumları incelendiğinde, 5 kişi kaynak, 4 kişi sınır ve 1 kişi bileşen açısından tanımlama yapmıştır. Orman okulunda oyunun yeri; doğa ile bütünleşmiş duvarsız alan olarak kategorize edilmiştir (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** *Orman okullarında oyunun yeri*

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Orman okullarında “oyun” kavramı	Kaynak	Doğa	Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5	5
	Sınır	Duvarsız alan	Ö6, Ö8, Ö9, Ö10	4
	Bileşeni	Orman	Ö7	1

Katılımcıların orman okullarındaki oyun alanlarına ilişkin önerileri incelendiğinde, 10 kişi tasarım özellikleri açısından tanımlama yapmıştır. Orman Okulu'nun oyun bahçesini; 6 kişi yapılandırılmamış olmalı, 3 kişi yarı yapılandırılmış olmalı ve 1 kişi yapılandırılmış bir alan olarak tanımlamıştır. Orman Okulu Yaklaşımı ile eğitim veren bir okulun oyun bahçesi doğa temelli felsefesi açısından yapılandırılmamış ve/veya yarı-yapılandırılmış bir alan olarak ifade edilmiştir (Çizelge 7).

**Çizelge 7. Orman Okulu'nun oyun alanı**

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Oyun alanı	Tasarım özelliği	Yapılandırılmamış	Ö1, Ö2, Ö5, Ö7, Ö8, Ö9	6
		Yarı yapılandırılmış	Ö3, Ö6, Ö10	3
		Yapılandırılmış	Ö4	1

Katılımcıların çalıştığı okulu, diğer okullardan ayıran özelliği sorulduğunda, 7 kişi okul açısından, 1 kişi çocuk açısından ve 2 kişi eğitimci açıdan tanımlama yapmıştır. Orman okulu eğitim modelinin diğer eğitim modellerinden farkı; doğa temelli bir eğitim modeli oluşu, yaklaşımın özünün çocuk merkezli oluşuna ve eğitimcilerin de yaratıcılıklarını destekleyecek şekilde çocukla iletişim halinde oldukları bir model olarak ifade edilmiştir (Çizelge 8).

**Çizelge 8. Orman okullu modelinin diğer eğitim modelleri ile farkı**

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Eğitim modeli	Okul açısından	Uygulama alanı	Ö1, Ö3, Ö4, Ö6, Ö8, Ö9, Ö10	7
	Eğitimci açısından	Yaratıcılık esaslı	Ö2, Ö5	2
	Çocuk açısından	Çocuk merkezli	Ö7	1

Katılımcıların çalıştıkları okulun oyun bahçesinin ilişkin düşünceleri incelendiğinde, katılımcıların 4'ü oyun alanlarını kısmen yeterli, 3'ü yeterli ve 3'ü yetersiz bulmuştur (Çizelge 9).

**Çizelge 9. Düzce Hayalimiz Orman Anaokulu'nun oyun bahçesi**

Ana tema	Tema	Kategori	Katılımcılar	Frekans
Oyun alanının yeterliliği	Hizmet açısından	Yeterli	Ö3, Ö9, Ö10	3
		Kısmen Yeterli	Ö1, Ö6, Ö7, Ö8	4
		Yetersiz	Ö2, Ö4, Ö5	3

## SONUÇ

Çocukların gelişimlerini en iyi şekilde gerçekleştirebilmeleri için eğitim süreçlerinde, oyunu doğru tasarlanmış ve uygulanmış oyun alanlarında gerçekleştirmeleri önemlidir. Bu bağlamda eğitimciler, hem oyunun geliştirilmesinde, hem de oyun alanlarının tasarlanmasında en önemli paydaştır. Bu çalışmada çalışma da katılımcı olarak ifade edilen eğitimciler, oyun ve oyun alanlarına ilişkin görüşleri aşağıda verilmiştir.

- Katılımcılara göre oyun, öğrenci ve çocuk açısından iki türlü tanımlanmıştır. Tanımlar incelendiğinde ise çocuk için öğrenme ve iletişim aracı, öğretmen içinse temel ihtiyaç, iletişim aracı ve eğlenme olarak tanımlanmıştır. Oysaki oyun, çocuğun yaşamının ve gelişiminin en önemli bileşenidir ve katılımcıların tanımlamaları bu noktada yetersiz kalmıştır.
- Katılımcılar, oyunun önemini çocuk ve eğitim açısından bir araç olarak tanımlamışlardır. Ancak eğitimin hangi noktalarında önem arz ettiğini ifade etmemişlerdir.
- Katılımcılar, oyun ve eğitim ilişkisini, oyunun eğitimin aracı olması ve bileşeni olması noktasında ifade etmişlerdir. Çalışmaya esas olan yaş grubu için oyun eğitimin en önemli aracıdır ve katılımcılar bu bilince sahiptir.
- Katılımcılar orman okulları için oyunu, oyun alanlarının mekansal özelliği açısından değerlendirmiştir. Bu tanımlama orman okullarında oyunun mekanla (ormanla) ödeştiğini göstermiştir. Ancak orman okullarındaki eğitim uygulama mekanının ötesinde bir felsefeye sahiptir.
- Katılımcılar orman okullarındaki oyun alanını, tasarım özelliği açısından genellikle yapılandırılmamış olması gerektiği şeklinde tanımlamışlardır. Yapılandırılmamış alanların yaratıcılığı geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Ancak orman okulları tasarımsal niteliğinin ötesinde, doğadaki yaşamın eğitimin bir parçasına döndüğü alanlardır.
- Katılımcılara göre orman okullarındaki eğitim modeli okul, eğitimci, çocuk açısından tanımlanmış; bu bağlamda uygulama alanı sağladığı, yaratıcılığı desteklediği ve çocuk merkezli olduğu ifade edilmiştir. Katılımcılar araştırma kapsamında benzer ifadeler kullanmışlar, çocuk-oyun-orman okulu ilişkisini derinlemesine değerlendirmemişlerdir.
- Katılımcılar çalıştıkları kurumu hizmet açısından genel itibarıyla yeterli bulmuşlardır.

Sonuç olarak orman okulları ve oyun, katılımcılar açısından yüzeysel bir değerlendirmeyle ele alınmıştır. Oysaki eğitim, çocuğun yaşamının birçok alanına dokunan bir olgudur. Orman okullarındaki oyun mekanı ise doğal sistemin uygulama alanı ya da ana materyale dönüşmesini sağlamaktadır. Katılımcıların oyunun önemini tüm detaylarıyla bilmesi, eğitime araç olma şeklini çeşitlendirmesi, ayrıca doğayı mekan olmanın ötesinde tüm bileşenleri ve sistemleriyle eğitime dahil etmesi oyun alanlarının geliştirilmesi noktasında önemlidir.

## KAYNAKÇA

- Aslan, M., Sağlam, M. (2019). Öğretmenlik Uygulaması Dersinin Uygulama Öğretmenlerinin Görüşlerine Göre Değerlendirilmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 9 (62) 33-50.
- Aydın Günbatır, S. (2023). Olgu Bilim (Fenomenolojik Araştırma) Yöntemi (İçinde: Eğitimde Araştırma Yöntemleri), Pegem Akademi Yayınları, Ankara.
- Baltacı, A. (2018). Nitel Araştırmalarda Örneklem Yöntemleri ve Örnek Hacmi Sorunsalı Üzerine Kavramsal Bir İnceleme. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1): 231-274.
- Karaman, S., & Gökalp, Z. (2010). Küresel Isınma ve İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 59-66.



- Knight, S. (2011). "Forest School and nature kindergartens in Europe: A comparison of beliefs, philosophies and pedagogies". *Early Childhood Education Journal*, 39(6), 373-381.
- Lekies, K.S., (2017). *The Influence of Forest Kindergartens on Children's Physical Activity and the Role of the Educator*. University of Vermont Master's Thesis.
- Metcalf, L. (2016). "Forest Schools and Outdoor Learning in the Early Years". SAGE Publications.
- Özer, A., Gürkan, A. C., & Ramazanoğlu, O. (2006). Oyunun Çocuk Gelişimi Üzerine Etkileri. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4(3), 54-57.
- Pouya, S., Bayramoğlu, E., & Demirel, Ö. (2016). Doğa ile uyumlu fiziksel engelli çocuk oyun alanları. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 1(1), 51-60.
- Pyle, R. M. (1993). *The thunder tree: Lessons from an urban wildland*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Şen, S., & Elma, M. (2022). Doğa ve Çevre Dostu Kuruluşların Faaliyetleri ile Orman Okulları ve Eko-Okullarda Öğrencilerin Eğitiminde Orman Koruma ve Çevreci Yaklaşımın Katkısı. Editörün Notu/Editor's Note.
- Tunçeli, H. İ., & Zembat, R. (2017). Erken Çocukluk Döneminde Gelişimin Değerlendirilmesi ve Önemi. *Eğitim Kuram Ve Uygulama Araştırmaları Dergisi*, 3(3), 1-12.
- Turan Özpolat, E., Karakoç, B. & Kara, K. (2017). İlkokulda Verilen Ev Ödevlerine İlişkin Öğretmen ve Veli Görüşlerinin Değerlendirilmesi, *International Journal Of Eurasia Social Sciences*, 8(30): 1849-1890.
- Türkoğlu, B., & Uslu, M. (2016). Oyun Temelli Bilişsel Gelişim Programının 60-72 Aylık Çocukların Bilişsel Gelişimine Etkisi. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*(6), 50-68.
- Yücel, G. F. (2005). Çocuk Oyun Alanları Tasarımı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 55(2), 99-110.
- Waller, T., & Davis, J. (2017). *Forest School and outdoor learning in the early years*. Sage Publications.



## DEPREMİN EKOSİSTEM HİZMETLERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF EARTHQUAKE ON ECOSYSTEM SERVICES

Ecrin KAR<sup>1</sup>, Aybike Ayfer KARADAĞ<sup>2</sup>

ORCID 1: 0000-0001-8420-3822

ORCID 2: 0000-0002-7726-8756

<sup>1</sup>E-mail: ecrinkar@hotmail.com; Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye,

<sup>2</sup>E-mail: ayferkaradag@duzce.edu.tr; Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Düzce, Türkiye,

---

### Özet

Deprem günümüzde dünyayı en çok etkileyen afetlerden biridir. Son 20 yılda gerçekleşen depremlerde küresel bağlamda 125 milyondan fazla insanın etkilendiği, 750.000'den fazla can kaybının yaşandığı ve 1 milyondan fazla insanın evsiz kaldığı kayıtlara geçmiştir (WHO, 2022). Bunun yanı sıra depremlerden doğal kaynaklar da olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu etkiler ekosistemi ve tüm bileşenleri etkileyerek depremin etkisini daha farklı boyutlara ulaştırmaktadır. Bu çalışmada depremin ekosistem hizmetlerine etkileri konulu bilimsel çalışmalar irdelenmiştir. Bu kapsamda Web of Science, Scopus, EBSCO, Nature, Science Direct veri tabanları incelenmiştir. Bulgular, incelenen veri tabanlarında deprem ve ekosistem hizmetleri konulu 351 makale olduğunu, bunların 43 tanesinin depremin ekosistem hizmetlerine etkisini araştırmak amacıyla üretildiğini göstermiştir. Sonuç olarak çalışmaların yetersiz olduğu, bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal Afetler, Deprem, Ekosistem, Ekosistem Hizmetleri

---

### Abstract

Earthquakes are among the most impactful disasters affecting the world today. Over the past 20 years, earthquakes have affected more than 125 million people globally, resulted in over 750,000 deaths, and left more than 1 million people homeless (WHO, 2022). These effects affect the ecosystem and all its components, increasing the impact of the earthquake to different dimensions. In this study, scientific studies on the effects of earthquakes on ecosystem services were examined. In this context, Web of Science, Scopus, EBSCO, Nature and Science Direct databases were examined. The findings showed that there were 351 articles on earthquake and ecosystem services in the databases examined, 43 of which were produced to investigate the effects of earthquakes on ecosystem services. As a result, it turned out that the data was insufficient and more data was needed on this subject.

**Keywords** Natural Disasters, Earthquake, Ecosystem, Ecosystem Services

---

## GİRİŞ

Deprem yer kabuğundaki ani kırılma veya kayma sonucu gerçekleşen, yerin yüzeyinde ise titreşimlere yol açan doğal bir olaydır. Bu titreşimler yer kabuğunun altında birikmiş olan enerjinin aniden serbest kalmasıyla ortaya çıkmaktadır. Depremler genellikle fay hatları veya levha kırıkları boyunca gerçekleşmektedir. Depremle birlikte açığa çıkan enerji, depremin gerçekleştiği merkez üssüne veya fay hatlarına yakın bulunan yaşam alanlarında, yapılarda ve doğal alanlarda zarara yol açabilmektedir (Stein & Mazotti, 2007; USGS, 2020). Deprem günümüzde dünyayı demografik, ekonomik ve ekolojik dinamikler açısından en çok etkileyen afetlerden biridir (EMDAT, 2024). Depremlerin ekolojik alanlara etkileri ekosistem hizmetleri kapsamında değerlendirilmektedir.

Ekosistem hizmetleri, özellikle küresel kentleşme süreçlerinin ve iklim krizinin tüm dünyayı etkisi altına alan sorunlara yol açmasıyla gündeme gelmiş ve araştırmalara konu olmuş bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal ekosistemlerin insanlara sağladığı hizmet, ürün ve faydaları ifade etmektedir. Ekosistem hizmetleri uluslararası kabul gören çeşitli kaynaklara göre Düzenleyici Hizmetler, Kaynak Sağlayıcı Hizmetler, Destekleyici Hizmetler ve Kültürel Hizmetler olmak üzere dört çerçevede değerlendirilmektedir (de Groot vd., 1997; Daily vd., 1997; MEA, 2005; CICES, 2018; TEEB, 2010). Ekosistem hizmetlerinin sunduğu faydalar; tarımsal alanlardan sağlanan mahsuller; güneş, rüzgar, nükleer, fosil enerji kaynakları, biyokimyasallar ve tıbbi ürünler, sulak ekosistemlerin sunduğu su kaynakları, mineral-maden kaynakları, ormanlık alanların sağladığı hava kalitesini iyileştirme, iklim düzenleme (mikroklima), karbon tutma, erozyon önleme, taşkın kontrolü gibi düzenleyici hizmetler; atık madde-su arıtımı (akiferler), gürültü kontrolü (vegetasyon), tozlaşma, rekreasyon ve kültürel değerler olarak sıralanabilmektedir (MEA, 2005). Depremlerin ekosistem hizmetlerine etkileri ise genel bağlamda; ekosistem hizmet fonksiyonlarının bozulması ve ikincil afet riskinin artması şeklinde görülmektedir (Adger vd., 2005; Carpenter vd., 2011). Depremler ve toprak kaymaları, erozyon, tsunami, sel, heyelan gibi depremlerin neden olduğu ikincil afetler; habitat kaybı, su kirliliği, hava kirliliği, çevre ve peyzaj kalitesinin bozulması/kaybı olmak üzere ekosistemlerin yapısını ve işlevselliğini uzun vadede etkileyen ciddi sorunlar doğurmaktadır (Smith & Jones, 2021; Oliver vd., 1999; Wang vd., 2015; Birkman vd., 2010). Bununla birlikte doğal habitatların kaybı, biyolojik çeşitlilik açısından önemli olan canlı türlerinin de yok olmasına veya türlerin gerilemesine sebep olacağından ekosistemlerin dengesini bozabilmektedir (Myers vd., 2000; Liu vd., 2008). Bu nedenle depremin görünen etkilerinin ötesinde sisteme verdiği zararın boyutu oldukça büyüktür ve zaman içinde farklı boyutlar kazanmaktadır.

Bu çalışmada depremin ekosistem hizmetlerine etkisine yönelik bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Bu amaçla, Web of Science, Scopus, EBSCO, Nature ve Science Direct veri tabanları depremin ekosistem hizmetlerine etkisine yönelik çalışmalar temelinde incelenmiştir.

## YÖNTEM

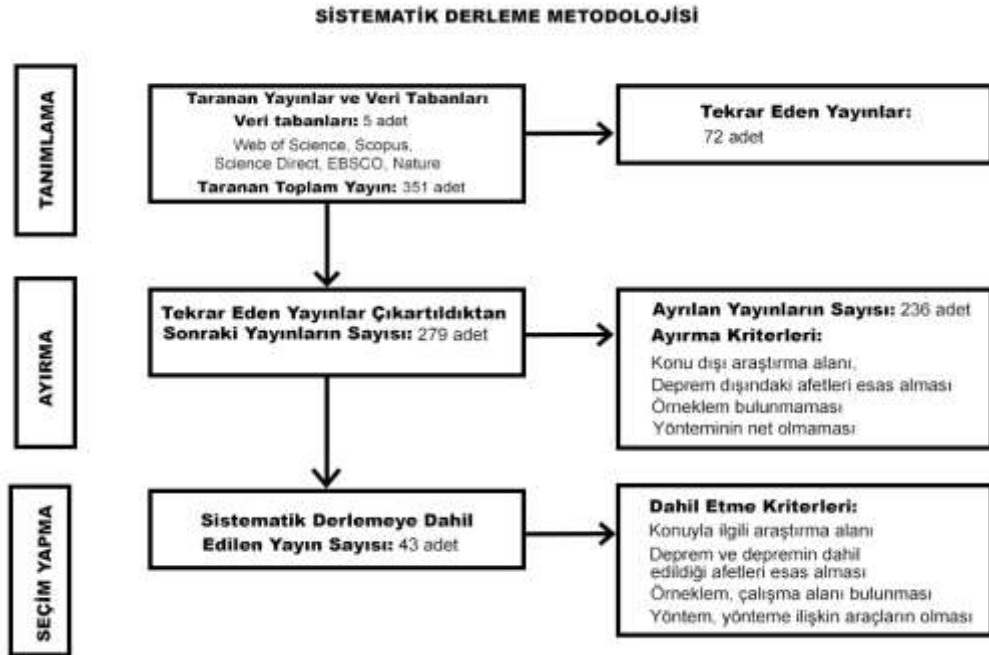
Çalışmada materyal kabul edilen veri tabanları sistematik derleme yöntemiyle irdelenmiştir. Sistematik derleme; belirlenen bir problem ya da konu çerçevesinde hazırlanmış tüm çalışmaların taranarak belirli kriterlere göre değerlendirmeye dahil edilmesi veya değerlendirme dışında bırakılması ve derlemeye alınan çalışmaların ise bulgularının sentezlenmesi olarak açıklanmaktadır (Karaçam, 2016). Anahtar kelimeler “*earthquake and ecosystem services*” ya da “*earthquake and ecosystems and*

services” olarak belirlenmiştir. “Deprem ve ekosistem hizmetleri” konularını odağına alan çalışmalar incelenmiştir. Böylece anahtar kelimeler veri tabanlarında araştırılırken Çevresel Araştırmalar, Ekoloji, Yer Bilimleri, Şehir ve Bölge Planlama, Coğrafya, Uzaktan Algılama gibi yalnızca konuyla ilgili olabilecek araştırma alanlarının seçilmesine dikkat edilmiş, hemşirelik, optik, ekonomi, mikrobiyoloji, mimarlık, matematik, sosyoloji, zooloji, kimya gibi diğer çalışma alanları hariç bırakılmıştır. Makaleler değerlendirilirken aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

Deprem ve ekosistem hizmetleri ile ilgili yayınlanan çalışmaların sistematik derlemesini yapmayı hedefleyen bu çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- Araştırmaların amaçları nelerdir?
- Depremlerin ekosistem hizmetlerine etkileri hangi araçlarla bulgulanmaktadır?
- Depremlerin ekosistem hizmetleri üzerindeki etkileri nelerdir?
- Deprem birincil faktör mü? İkincil faktörler de bulunmakta mı?
- Depremler hangi ekosistemlere/ekosistem hizmetlerine etki etmektedir?
- Yapılan çalışmaların bulgularından elde edilen önemli sonuçlar nelerdir?
- Araştırmaların sonuçlarından çıkan öneriler nelerdir?

Bu çalışma kapsamında sistematik derlemeye dahil edilen ve hariç tutulan yayınlar ile bunlara ilişkin kriterler saptanmış ardından PRISMA Flow Diagram esas alınarak ve Karaçam (2016)’dan yararlanılarak yöntem şeması oluşturulmuştur. Sistematik derleme metodolojisine ve aşamalarına Şekil 1’de yer verilmiştir.



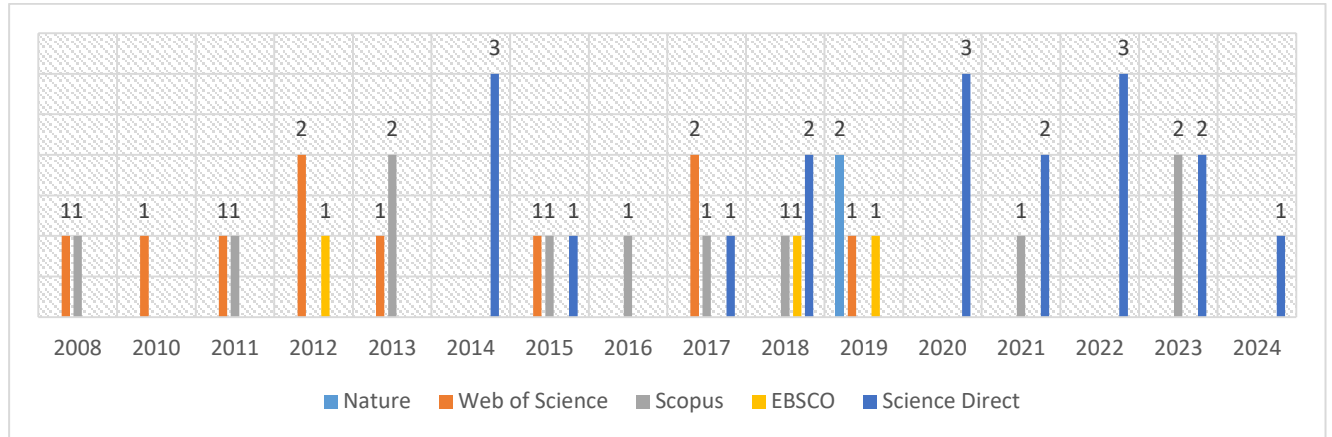
Şekil 1. Sistematik Derleme Metodolojisi (PRISMA, 2024; Karaçam, 2016)

Çalışmalar; yıllara, ülkelere, depremle birlikte ele alınan ikincil faktörlere, örneklem türüne, konularına, kullanılan araçlara, çıktılara (outputs) göre analiz edilmiş ve çıkarıma ulaşılmıştır.

## BULGULAR

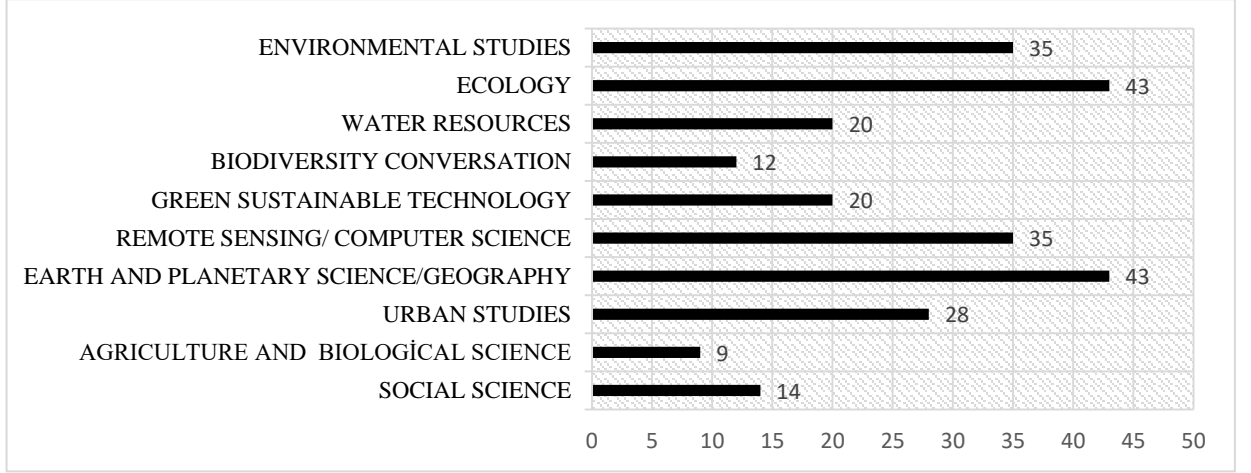
Çalışma kapsamında veri tabanları tarandığında toplamda 351 yayın bulunduğu tespit edilmiştir. Farklı veri tabanlarından bulunan aynı yayınlar (her tekrar eden yayından bir adedi dahil edilmiştir), deprem haricindeki çeşitli afetlerin (iklim değişikliği, volkanik patlamalar, heyelan, sel, yangın, tsunami, vb.) ekosistem hizmetlerine etkilerini değerlendiren, içeriğinde örneklem (mekan, bölge, kent, kırsal vb.) bulunmayan, yöntemi net olmayan (nitel ya da nicel) yayınlar hariç bırakılmıştır. Depremin ekosistemlere, ekolojik süreçlere etkilerini içeren, depremin tetiklediği çeşitli olayların ve depremle birlikte ele alınan farklı afetlerin ekosistemlere olan etkilerini ortaya koyan yayınlar ise çalışmaya dahil edilmiştir. Buna göre toplamda 351 adet yayın arasından 43 adet çalışmanın sistematik derleme için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Deprem ve ekosistem hizmetlerini odağına alan yayınların bulunduğu veri tabanlarına bakıldığında en eski tarihli veri Web of Science ve Scopus veri tabanlarında yayınlanmaktayken, konuya ilişkin en fazla yayına Science Direct veri tabanında rastlandığı görülmektedir (Grafik 1). Buna göre Nature veritabanında 2 adet, EBSCO veri tabanında 3 adet araştırma makalesi, Web of Science veritabanında 10 adet makale, Scopus veri tabanında 11 adet makale, Science Direct veri tabanında ise 18 adet araştırma makalesi bulunduğu tespit edilmiştir. Web of Science ve Scopus veri tabanlarındaki yayınların çoğunlukla sayısal hesaplamalar, GIS, uzaktan algılama ve InVEST gibi modellemelerle, uydu görüntüleri, yapay zeka gibi bilişim/yazılım temelli olduğu görülmektedir. Science Direct veri tabanındaki yayınların genel olarak SPSS, AHP, yapay zeka, PRISMA ile derleme analizi, anket, içerik analizi gibi yöntemleri içerdiği görülmektedir. Nature Journal All veri tabanında erişilebilen yayınlarda ise geçmiş durum değerlendirmesi ve geleceğe yönelik senaryo bazlı olabilirlik durumlarını, çeşitli istatistiksel projeksiyonları içeren çalışmalara rastlanmaktadır. EBSCO veri tabanında nitel ve nicel ölçüm yöntemlerini içeren yayınların yer aldığı görülmektedir.



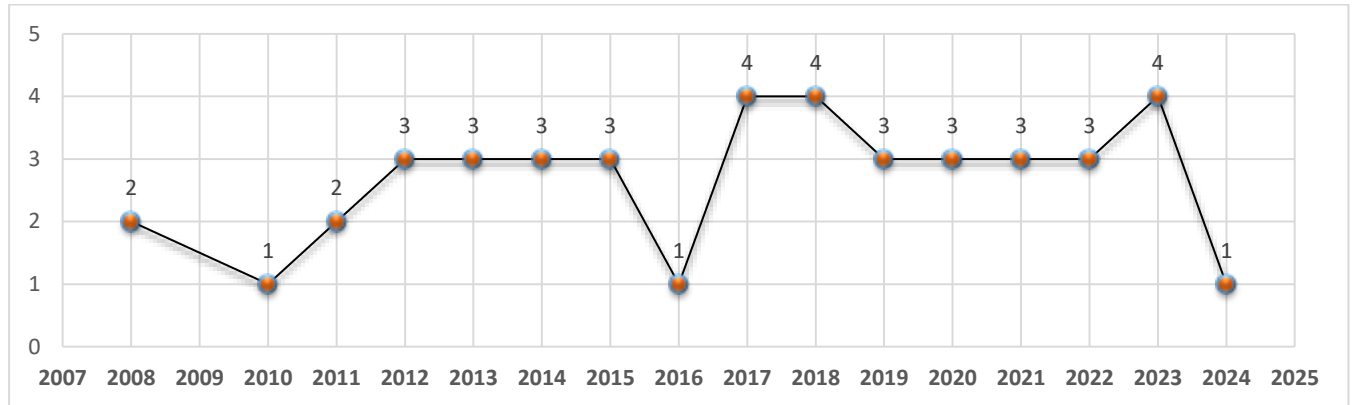
**Grafik 1.** Çalışmaların veritabanlarına ve yıllara göre dağılımı

Çalışmalara bakıldığında tüm çalışmaların ekoloji ve coğrafya alanlarında yer aldığı, 35 çalışmanın çevresel araştırmalar ve uzaktan algılama kapsamında içerik sunduğu, 28 çalışmanın kentsel araştırmalara konu olduğu, 20 çalışmanın su kaynaklarına ilişkin bulgular ortaya koyduğu söylenebilmektedir. Sistematik literatür araştırması bağlamında 43 yayının araştırma alanlarına göre dağılımı Grafik 2’deki gibidir.



**Grafik 2.** Çalışmaların araştırma alanlarına göre dağılımı

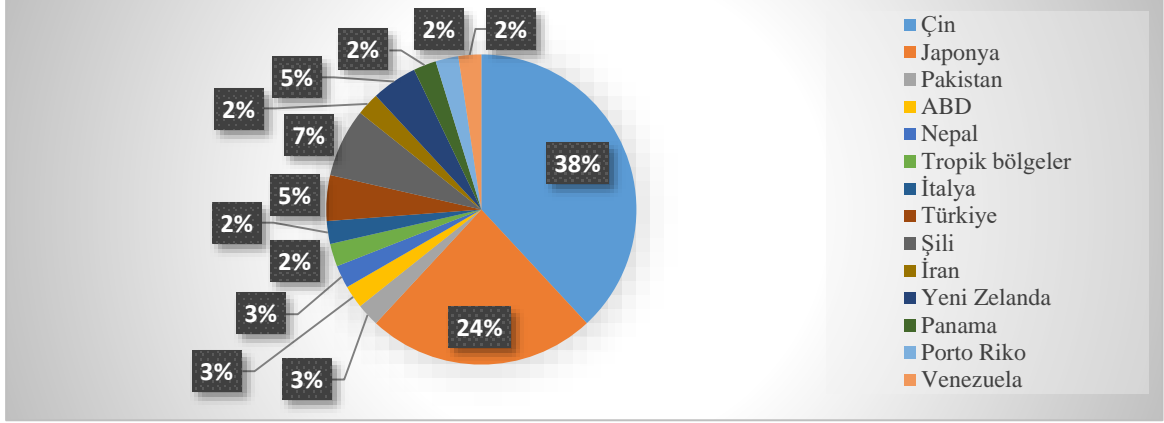
Çalışmaların yıllara göre dağılımına bakıldığında sistematik derleme kapsamında irdelenen en eski tarihli çalışmaların 2008 yılına ait olduğu görülmektedir (Grafik 3). 2008-2024 yılları arasında; sadece 2009 yılında yayınlanan herhangi bir çalışma bulunmadığı, buna ek olarak diğer yıllarda 1-4 aralığında çalışma yayınlandığı tespit edilmiştir.



**Grafik 3.** Sistematik derlemeye dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımı

Çalışmaların ülkelere göre dağılımı irdelendiğinde; 43 adet çalışmadan 16 adedi Çin’de (%38’i), 10 adedi Japonya’da (%24’ü), 3 adedi Şili’de (%7’si), 2’şer adet çalışma Türkiye’de ve Yeni Zelanda’da (%5’i), 1’er adet olmak üzere ise Pakistan, ABD, Nepal, İtalya, İran, Panama, Venezuela, Porto-Riko

ülkelerinde (%3'er) ve Tropik Bölgelerde (%3) seçilen örneklerde gerçekleştirildiği görülmüştür (Grafik 4).



**Grafik 4.** Sistematik derlemeye dahil edilen yayınların ülkelere göre yüzdelik dağılımı

Sistematik derleme kapsamında incelenen yayınlar; çalışma alanlarına/örneklerine ve örneklerin bulunduğu ülkelere göre ayrı ayrı gruplandırılmıştır. Buna göre; Çin'deki çalışmalarda; Qinghai-Tibet Platosu, Wenchuan, Sichuan eyaletleri, Dujiangyan Şehri, Yangtze nehri ve çevresi, Sanjiangyuan Milli Parkı, Sichuan'daki Lushan Dağı, Sichuan eyaleti- Jiuzhai Ulusal Miras Alanı örneklerinin (Nath, vd., 2018; Jiang vd., 2022; Vina vd., 2011; Duan, vd., 2021; Chiang, vd., 2014; Yang, vd., 2015; Qiu, vd., 2024; Zheng, vd., 2023; Wang, vd., 2012; Zhu, vd., 2018; Rao, vd., 2016; Cai & Guo, 2008; Peng vd., 2013; Wang, vd., 2008; Chen, vd., 2012; Zuo, vd., 2023; Yin, vd., 2023; Tang, vd., 2015; Zhang vd., 2021; Xiong, vd., 2022) seçildiği tespit edilmiştir.

Japonya'da gerçekleştirilen çalışmalarda; Fukushima, Futama, Sendai Körfezi, Büyük Doğu Japonya Bölgesi, Kumamoto Eyaleti, Kuzeydoğu Japonya Bölgesi, Keidanren Doğa Koruma Bölgesi, Tokyo Körfezinin iç kesimleri (Mabon, 2019; Santiago-Fandino, & Mas, 2018; Hara, vd., 2015; Sidle, vd., 2017; Koch, 2011; Takeuchi, vd., 2014; Renaud & Murti, 2013; Yamakita, vd., 2017) örneklem olarak belirlenmiş, deprem ve ekosistem hizmetleri kritiğinde değerlendirilmeler yapılmıştır. Zhao vd., (2018) çalışmasında örneklem olarak belirledikleri ABD'nin Louisiana Şehrinde UAVSAR verilerinin deprem ve ekosistem hizmetlerine olan etkisi bağlamında uygulanabilirlik analizi gerçekleştirilmiştir.

Şili'de; Tubul-Raqui Şehri, kuzey ve orta Şili, kıyı sulak alanı, Kentsel ve Kırsal Ekosistem alanları belirlenerek çeşitli bulgular ortaya konmuştur (Lagos vd., 2019; Marin, vd., 2014; Rojas vd., 2017; Barbosa & Paula, 2015).

Pakistan'ın kuzeyindeki dağlık alan örneklerinde deprem etkisiyle gerçekleşen heyelanların orman ekosistemlerinde ve orman ekosistemlerinden tedarik edilen hizmetlerde sebep olduğu değişimler değerlendirilmiştir (Peduzzi, 2010).

Nepal'de Bhandri ve Aryal (2020) tarafından yapılan bir çalışmada Sunsari-Sardhukhola havzası örneği seçilmiş, bu havzada meydana gelen depremler ve tetiklenen heyelanlar etkisiyle

arazideki ürün desenlerinin değişimi; su, tarım, orman, biyoçeşitlilik, vejetatif örtü vd. değerlendirilmiştir.

Browning ve Sawyer (2021) tarafından hazırlanan çalışmada depremler ve ekosistem hizmetleri bağlamında küresel tropik bölgeler haritalanmış ve meydana gelen depremlerin tropik ekosistem hizmetlerinde meydana getirdiği değişimleri, kayıpları ve etkileri ortaya konulmuştur.

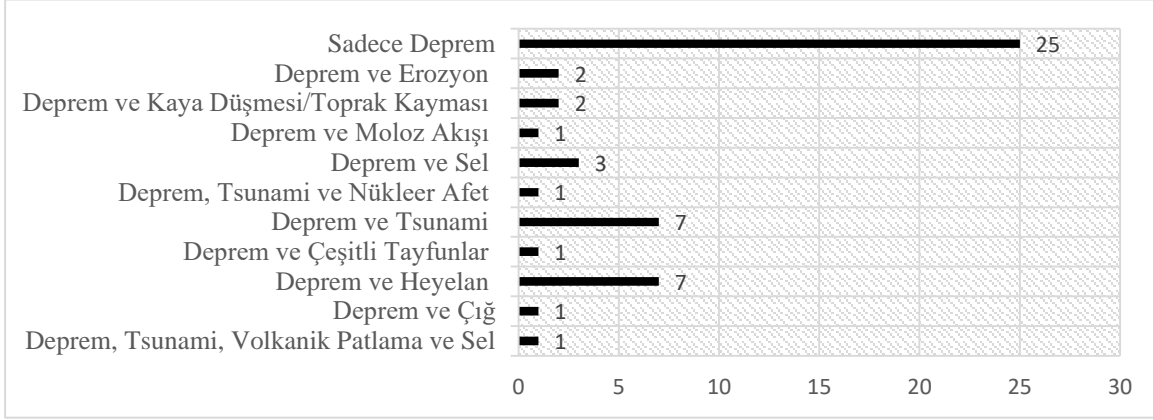
Benzer şekilde Larsen (2017) Panama, Porto Riko ve Venezuela örneklerinde tropik ormanlık bölgeleri deprem ve ekosistem hizmetleri ilişkisi bağlamında değerlendirmiştir. İtalya'da yapılan çalışmalarda Campania ve Lucania Bölgeleri örneklem olarak seçilmiştir (Saracino, 2012).

Türkiye'de Van Şehri, İstanbul Şehri depremin etkisiyle ve deprem sonrası artan kentleşmeyle ekosistemlerdeki değişimi odağına alan çalışmaların gerçekleştirildiği örneklerdir (Baylan, vd., 2014; Konukcu, 2023).

İran'da, Sabzevar Şehrinin orta kısmı; depremin etkisiyle ekosistem hizmetlerindeki değişimi irdeleyen araştırmanın yürütüldüğü örneklem olarak belirlenmiştir. (Kamanroodi, vd., 2020).

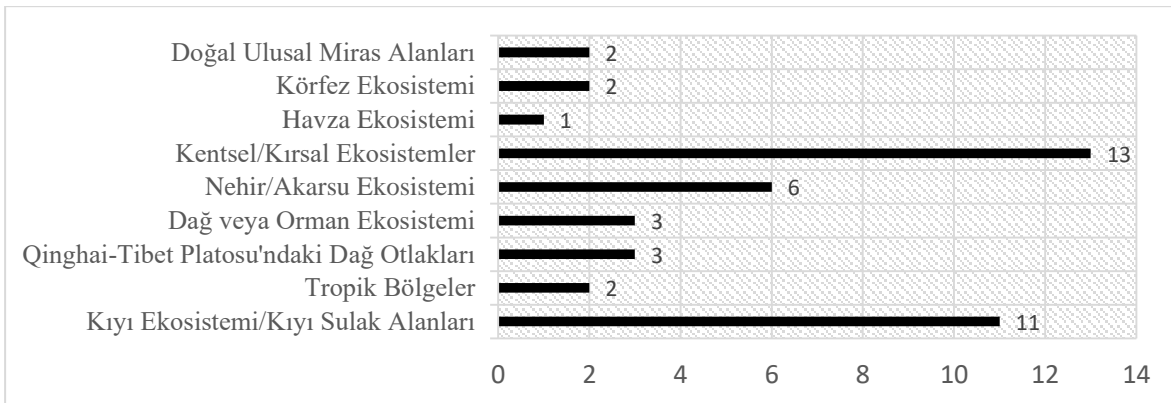
Yeni Zelanda'da ise tuzlu bataklık alanları ile ülkenin güneyindeki Kaikōura Şehri; depremin ekosistem hizmetlerine etkileri bağlamında belirlenen çalışma alanları olmuştur (Orchard, vd., 2020; Schiel, vd., 2019).

Çalışmalar, yalnızca depremin ekosistem hizmetlerine etkilerini içermesinin yanı sıra; depremlerle birlikte çeşitli afetlerin de ekosistem hizmetlerine etkilerini değerlendirmeleri yönüyle irdelenmiştir. Buna göre; 7 adet çalışmada deprem ve heyelan (Duan vd., 2021; Peduzzi, 2010; Bhandri & Aryal, 2020; Sidle vd., 2017; Liu vd., 2022; Xiong, 2022); 1 adet yayında deprem ve çeşitli tayfunlar (Chiang vd., 2014), 7 adet çalışmada deprem ve tsunami (Mabon, 2019; Hara, vd., 2015; Koch, 2011; Takeuchi vd., 2013; Renaud & Murti, 2013; Yamakita vd., 2017), 1 adet çalışmada deprem, tsunami ve nükleer afet (Mabon, 2019), 1 adet çalışmada depremlerle birlikte tsunami, volkanik patlama ve sel (Larsen, 2017), 3 yayında deprem ve sel (Hara, vd., 2015; Orchard vd., 2020; Jiang vd., 2022), 1 adet yayında deprem ve çığ (Saracino, 2012), 1 adet yayında deprem ve moloz akışı (Xiong vd., 2022), 2 adet çalışmada deprem ve kaya düşmesi/toprak kayması (Xiong vd., 2022; Schiel, 2019) ve 2 adet çalışmada ise deprem ve erozyon (Browning & Sawyer, 2021; Schiel, 2019) afetleri birlikte yer almakta ve ekosistem hizmetlerine olan etkileri çerçevesinde değerlendirilmektedir. Geriye kalan 25 çalışmada ise sadece deprem afetinin (Wang, vd., 2012; Zheng, vd., 2023; Qiu, vd., 2024; Yang, vd., 2015; Rojas, vd., 2017; Marin, vd., 2014; Vina vd., 2011; Nath, vd., 2018; Lagos vd., 2019; Zhu, vd., 2018; Zhao vd., 2018; Santiago-Fandino & Mas, 2018; Rao, vd., 2016; Cai, & Guo, 2008; Peng, vd., 2013; Wang, vd., 2008; Chen, vd., 2012; Zuo, vd., 2023; Yin, vd., 2023; Barbosa & Paula, 2015; Baylan, vd., 2014; Konukcu, 2023; Kamanroodi, vd., 2020; Tang, vd., 2015; Zhang, vd., 2021) ekosistemlere ve ekosistem hizmetlerine olan etkileri ele alınmaktadır (Grafik 5).



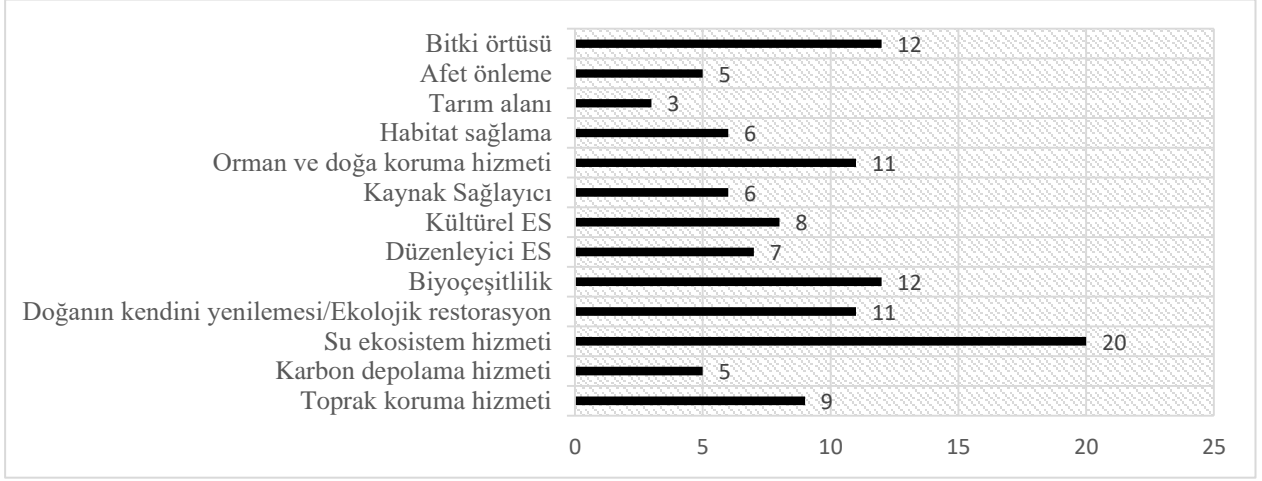
**Grafik 5.** Ekosistem hizmetlerine etkileri depremlerle birlikte değerlendirilen afetlerin yayınlara göre dağılımı

Yayımlar, çalışma alanı olarak seçilen ekosistemlere göre irdelenmiştir (Grafik 6). Dolayısıyla depremlerin etkilediği çalışma alanları ekosistemlere göre gruplandırıldığında ise; kıyı ekosistemi/kıyı sulak alanlarının örneklem olarak seçildiği 11 çalışma (Rojas vd., 2017; Marin vd., 2014; Lagos vd., 2019; Santiago-Fandino, & Mas, 2018; Hara, vd., 2015; Renaud & Murti, 2013; Browning & Sawyer, 2021; Barbosa & Paula, 2015; Schiel, 2019; Larsen, 2017; Takeuchi, vd., 2013); tropik bölgelerin/ormanlık alanların çalışma alanı olarak belirlendiği 2 çalışma (Browning & Sawyer, 2021; Larsen, 2017), Qinghai-Tibet Platosu'ndaki dağ otlaklarını örneklem seçen 3 yayı (Zuo vd., 2023; Yin vd., 2023; Qiu, 2024), dağlık alanı örneklem olarak belirleyen 3 çalışma (Qiu, vd., 2024; Duan vd., 2021; Zuo vd., 2023), nehirlerin ya da akarsu ekosistemlerinin örneklem olarak alındığı 6 çalışma (Peduzzi, 2010; Jiang vd., 2022; Bhandri & Aryal, 2020; Kamanroodi vd., 2020; Larsen, 2017; Xiong vd., 2022); şehirleri ya da kentsel ekosistemleri ele alan 13 çalışma (Rojas, vd., 2017; Duan, vd., 2021; Marin, vd., 2014; Peduzzi, 2010; Mabon, 2019; Nath, vd., 2018; Zhao vd., 2018; Peng vd., 2013; Bhandri & Aryal, 2020; Wang, vd., 2008; Saracino, 2012; Tang, vd., 2015; Konukcu, 2023); doğal ulusal miras alanları odağında depremlerin kültürel ekosistem hizmetlerine olan etkilerini irdeleyen 2 çalışma (Yin vd., 2023; Xiong vd., 2022) bulunduğu tespit edilmektedir.



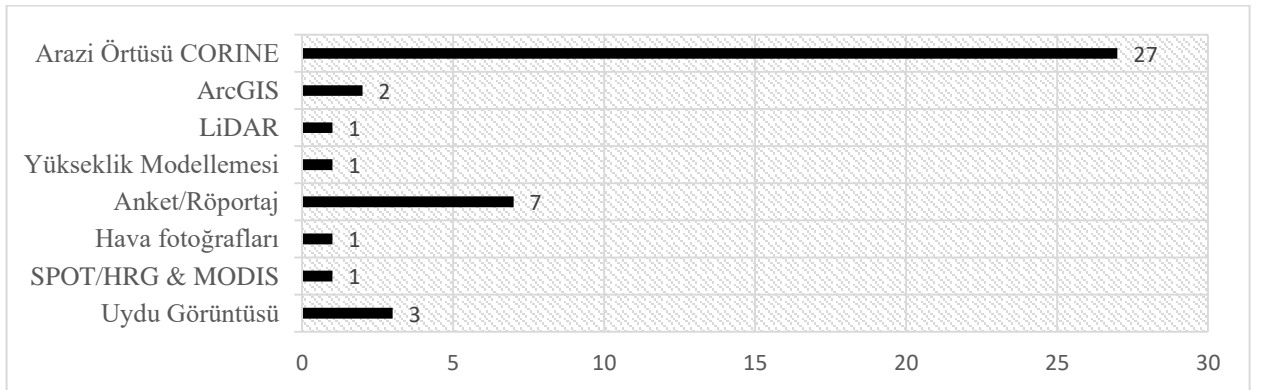
**Grafik 6.** Deprem odağında değerlendirilen ekosistemlerin dağılımı

Çalışmalar; depremlerin ekosistem hizmetlerinde meydana getirdiği sorunlar ve yayınlarda ele alınan esas konular açısından değerlendirilmiştir (Grafik 7). Buna göre; 9 adet çalışmada depremlerin toprak koruma hizmetinde ve toprak fonksiyonunda meydana getirdiği kayıplar (Wang, vd., 2012; Yang, vd., 2015; Chiang, vd., 2014; Zhu, vd., 2018; Rao, vd., 2016; Wang, vd., 2008; Saracino, 2012; Zuo, vd., 2023; Yin, vd., 2023); 5 adet çalışmada depremlerin ormanları tahrip etmesi sebebiyle karbon depolama hizmetinde meydana gelen kayıplar (Wang, vd., 2012; Yang, vd., 2015; Peng, vd., 2013; Liu, vd., 2022; Orchard, vd., 2020); 20 yayında depremin doğrudan ya da dolaylı olarak sulak alanlar, havzalar ya da akarsulardan sağlanan su tedariki ekosistem hizmetlerindeki tahribata (Wang, vd., 2012; Zheng, vd., 2023; Qiu, vd., 2024; Yang, vd., 2015; Chiang, vd., 2014; Rojas, vd., 2017; Marin, vd., 2014; Peduzzi, 2010; Jiang, vd., 2022; Lagos vd., 2019; Zhu, vd., 2018; Zhao, vd., 2018; Bhandri & Aryal, 2020; Browning & Sawyer, 2021; Wang, vd., 2008; Chen, vd., 2012; Yin, vd., 2023; Barbosa & Paula, 2015; Schiel, vd., 2019; Xiong, vd., 2022); 11 çalışmada ekolojik restorasyon hizmetinde kayıplara ve peyzaj kaybına (Qiu, vd., 2024; Yang, vd., 2015; Vina vd., 2011; Mabon, 2019; Rao, vd., 2016; Cai & Guo, 2008; Takeuchi, vd., 2014; Orchard, vd., 2020; Schiel, vd., 2019; Zhang, vd., 2021; Xiong, vd., 2022); 12 çalışmada depremlerin biyoçeşitlilikteki kayıplara, türlerin yok olmasına (Qiu, vd., 2024; Yang, vd., 2015; Rojas, vd., 2017; Marin, vd., 2014; Zhu, vd., 2018; Santiago-Fandino & Mas, 2018; Hara, vd., 2015; Wang, vd., 2008; Chen, vd., 2012; Takeuchi, vd., 2014; Schiel, vd., 2019; Zhang, vd., 2021); 7 çalışmada depremlerin düzenleyici ekosistem hizmetlerinde meydana getirdiği olumsuz etkilere (Rojas, vd., 2017; Duan, vd., 2021; Mabon, 2019; Santiago-Fandino & Mas, 2018; Bhandri & Aryal, 2020; Kamanroodi, vd., 2020; Schiel, vd., 2019); 8 çalışmada kültürel ekosistem hizmetlerinde ve kültürel miraslara yönelik hasarlara (Rojas, vd., 2017; Duan, vd., 2021; Mabon, 2019; Santiago-Fandino & Mas, 2018; Koch, 2011; Baylan, vd., 2014; Schiel, vd., 2019; Yamakita, vd., 2017); 6 yayında kaynak sağlayıcı ekosistem hizmetlerinde kayıplara (Duan, vd., 2021; Marin, vd., 2014; Mabon, 2019; Santiago-Fandino & Mas, 2018; Zuo, vd., 2023; Schiel, vd., 2019); 11 yayında depremlerin orman varlığı ve doğal miras alanlarında bıraktığı yıkıcı etkilere (Vina vd., 2011; Peduzzi, 2010; Nath, vd., 2018; Zhu, vd., 2018; Cai & Guo, 2008; Hara, vd., 2015; Saracino, 2012; Sidle, vd., 2017; Renaud & Murti, 2013; Larsen, 2017; Zhang, vd., 2021); 6 çalışmada habitat sağlama fonksiyonundaki kayıplara (Jiang, vd., 2022; Lagos vd., 2019; Renaud & Murti, 2013; Wang, vd., 2008; Yamakita vd., 2017; Schiel, vd., 2019); 3 çalışmada gıda tedarik edilen tarımsal ekosistem desenlerinin bozulmasına (Nath, vd., 2018; Zhu, vd., 2018; Zhang, vd., 2021); 12 çalışmada bitki örtüsündeki/vejetatif yapıdaki parçalanmalara (Peng, vd., 2013; Hara, vd., 2015; Wang, vd., 2008; Saracino, 2012; Sidle, vd., 2017; Liu, vd., 2022; Chen, vd., 2012; Renaud & Murti, 2013; Zuo, vd., 2023; Yin, vd., 2023; Orchard, vd., 2020; Larsen, 2017) ve 5 çalışmada ise ekosistemlerin sağladığı afet önleme hizmetinde aksamalara sebep olduğu (Baylan, vd., 2014; Kamanroodi, vd., 2020; Barbosa & Paula, 2015; Yin, vd., 2023; Konukcu, 2023) ortaya konmuştur.



**Grafik 7.** Çalışmalarda belirlenen konulara göre yayın adedinin dağılımı

Çalışmaların çoğunda bulguların nicel ve nitel olmak üzere çeşitli araçlarla desteklendiği görülmüştür. Bu bağlamda çalışmalar, kullandıkları araçlara göre de irdelenmiştir (Grafik 8). 3 çalışmada uydu görüntüsünün (Vina vd., 2011; Cai & Guo, 2008; Xiong, vd., 2022); 1 çalışmada SPOT/HRG & MODIS, LiDAR ve hava fotoğraflarının (Hara, vd., 2015); 7 çalışmada anket ve röportajlardan elde edilen yazılı, görsel, çizili materyallerin (Rojas, vd., 2017; Marin, vd., 2014; Koch, 2011; Renaud, & Murti, 2013; Barbosa, & Paula, 2015; Schiel, vd., 2019; Yamakita vd., 2017); 1 çalışmada yükseklik modellemesinin (Orchard, vd., 2020); 27 çalışmada CORINE/arazi örtüsü verilerinin (Chiang vd., 2014; Duan vd., 2021; Peduzzi, 2010; Jiang, vd., 2022; Mabon, 2019; Zhu, vd., 2018; Zhao, vd., 2018; Santiago-Fandino, & Mas, 2018; Nath, vd., 2018; Cai, & Guo, 2008; Hara, vd., 2015; Peng, vd., 2013; Bhandri & Aryal, 2020; Browning, & Sawyer, 2021; Wang, vd., 2008; Saracino & Georgofili, 2012; Sidle, vd., 2017; Chen, vd., 2012; Yin, vd., 2023; Baylan, vd., 2014; Orchard, vd., 2020; Schiel, vd., 2019; Larsen, 2017; Yamakita, vd., 2017; Qing, vd., 2015 Xiong, vd., 2022; Konukcu, 2023), 2 çalışmada ArcGIS programının (Peng, vd., 2013; Sidle, vd., 2017) kullanılan araçlar arasında yer aldığı tespit edilmiştir.



**Grafik 8.** Yönteme ilişkin kullanılan araçların yayın adedine göre dağılımı

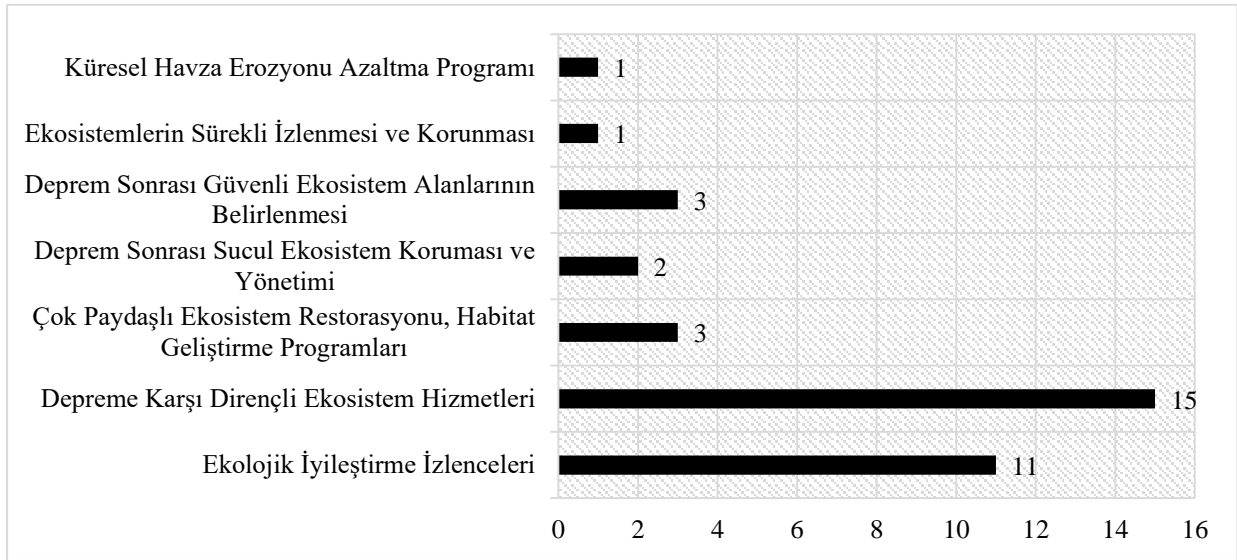
Depremlerin ekosistem hizmetlerine etkisi, çeşitli bilimsel çalışmalarla incelenmiş ve somut sonuçlar ortaya konmuştur. Depremler doğal alanlar ve insan habitata olan kentler üzerinde yıkıcı etkiler bırakmaktadır. Ekosistem hizmetleri üzerindeki etkileri ise genel bağlamda; habitat yıkımı, su ve toprak kirliliği, ekosistem fonksiyonlarının bozulması, biyolojik çeşitlilik kaybı ve afet riskinin artması şeklinde görülmektedir (Adger vd., 2005; Carpenter vd., 2011). Çalışmalar depremlerin hem doğrudan hem de tetiklediği ikincil afetlerin etkisiyle ekosistemler üzerinde uzun yıllar devam eden etkiler bıraktığını kanıtlamaktadır. Bununla birlikte depremlerin ekosistemlerden tedarik edilen çeşitli ürün, hizmet ve faydaların sekteye uğramasına sebep olduğu noktada önemli bulgulara ulaşılmıştır.

Güncel deprem vakalarına yer veren çalışmaların yer aldığı veri tabanında; genel itibariyle olası deprem senaryolarının doğal süreçler ile peyzaj üzerindeki etkilerinin neler olabileceği, meydana gelen depremlerden kaynaklı su yüzeylerindeki veya arazi desenlerindeki değişimlerin yerel ekosistemleri etkileyebileceği yönündeki bulgular tartışılmaktadır. Depremlerle ekosistem hizmetlerinin karşılıklı etkileşiminden doğan bozulmaların, kayıpların ve zararların beşeri müdahalelerle yeniden eski haline getirilmesi için öneriler öngörülmüştür (Wang, vd., 2012; Zheng, vd., 2023; Qiu, vd., 2024; Chiang, vd., 2014; Duan, vd., 2021; Marin, vd., 2014; Vina vd., 2011; Peduzzi, 2010; Jiang, vd., 2022; Mabon, 2019). Sismik açıdan hassas alanlarda yapılaşmaların engellenmesi (Nath, vd., 2018); sürdürülebilir kalkınmanın ve kentsel gelişmenin sağlanabilmesinde ekosistem hizmetlerinin büyük paya sahip olduğu bu nedenle öncelikle bu alanların olası afetler, tehlikeler ve insan etkisiyle kaybedilmesinin engellenmesi (Takeuchi, vd., 2014; Renaud & Murti, 2013); ekosistem hizmetlerindeki kayıpların ciddi ekonomik zararlarla sonuçlanacağı kanıtlandığından bu alanların sunduğu doğal özelliklerin yanı sıra ekonomik katkı sağlaması yönüyle de korunması (Chen, vd., 2012; Yin, vd., 2023); depreme karşı dirençli bir ekosistem hizmet alanı sağlanabilmesi (Kamanroodi, vd., 2020; Orchard, vd., 2020; Konukcu, 2023) gerektiği ortaya konmuştur (Grafik 9).

Ekosistemlerin korunması konusundaki gerekliliklerin gerçekleştirilmesi için uygulama, hedef ve izlenceler ise kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir.

- Ekolojik restorasyon programlarının uygulanması (Rao, vd., 2016),
- Ekosistem hizmetlerinin restorasyonunu sağlayan dengeli bölgesel stratejiler için saha çalışması ve uzaktan algılama kullanılarak sürekli izlenmesi (Hara, vd., 2015),
- Deprem kaynaklı havza erozyonlarını kapsayan küresel bir risk analizi hazırlanarak ekosistem hizmetlerine olan etkilerini azaltmaya yönelik izlencelerin belirlenmesi (Browning & Sawyer, 2021),
- Ekosistem hizmetlerinin tedarik edildiği doğal alanların korunmasına yönelik yerel yönetimler ile çeşitli kurum ve kuruluşların belirli yaptırımlar, uygulamalar ve hedefler çerçevesinde faaliyetlerini sürdürmesi (Koch, 2011),
- Habitata iyileştirilmesi için yerel halkın ve yönetim katılımlı programların yapılması (Schiel, vd., 2019),
- Depremlerin ardından gerçekleştirilen yeniden inşa sürecinde su ekosistemlerini koruma ve su ekosistemlerini kirlenmeye yönelik etkilerin yönetilmesi (Xiong, vd., 2022),
- Yoğun ormanlık alanların deprem sebebiyle meydana gelen afetlerin etkilerini azalttığı bu nedenle orman meşçeresinin ve kapalılığının muhafaza edilmesi (Saracino, 2012; Sidle, vd., 2017; Larsen, 2017),

- Sulak alanların ve yakın çevresinin deprem sonrası en kısa sürede eski haline gelen bölgeler olması sebebiyle bu alanların ekolojik koridorlar ve afet sonrası toplanma alanları olarak kullanılması (Barbosa & Paula, 2015),
- Benzer şekilde açık yeşil alanların ve yerleşim yerlerindeki ekolojik koridorların özellikle deprem sonrası güvenli toplanma alanları olarak kullanım imkanı sunması sebebiyle bu alanların geliştirilmesi (Baylan, vd., 2014),
- Deprem sonrası doğal alanlara ve ekosistem hizmetlerinden en yüksek verimlilikte yararlanmayı, riskli alanlardan uzak ve dayanıklı en uygun yerleşim yerleri belirlenmesi gerekmektedir (Tang, vd., 2015).



**Grafik 9.** Çalışmalardan elde edilen sonuçlar

## SONUÇ

Çalışma amacı ve kapsamında “*earthquake and ecosystem services*” ve “*earthquake and ecosystems and services*” anahtar kelimeleri incelendiğinde 351 yayın bulunduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmaların 43’ünün depremin ekosistem hizmetlerine etkisi odağında geliştirildiği görülmüştür.

İncelenen makalelerde kentsel ekosistemlere, kıyı sulak alanı ekosistemlerine ve akarsu ekosistemlerine yoğunlaşıldığı görülmüştür. Buna karşın tarım, mera, orman ekosistemleri gibi karasal ekosistemlere ilişkin araştırmalara nispeten daha az ağırlık verilmiştir. Dolayısıyla yaygın olarak seçilen bu örneklemeler depremlerin en fazla kentsel ya da kırsal ekosistemlere, kıyı sulak alanı ekosistemlerine ve akarsu ekosistemlerine zarar verdiği çıkarımını desteklemektedir. Çalışmalarda ele alınan ana konuların su tedarigi, biyoçeşitlilik, doğanın kendini yenileme potansiyeli, bitki örtüsü/vejetasyon fonksiyonu, orman koruma, habitat sağlama hizmetlerinde meydana gelen kayıplara yönelik olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda çalışma desenlerinin güncel problemler ve eğilimler doğrultusunda gerçekleştirildiği söylenebilmektedir. Çalışmaların ortak gayesi depremlerin etkisiyle ekosistemlerde gerçekleşen ağır tahribatı somut verilere dayanarak ortaya koymak ve ekosistemlerdeki sorunların çözülmesine yönelik izlemler oluşturmaktır. Çalışmalar depremin doğal alanlara uzun vadede kalıcı

veya iyileştirilmesi güç etkiler bıraktığını kanıtlar niteliktedir. Yayınların ağırlıklı olarak CORINE arazi örtüsü verisine göre şekillendiği anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra çalışmalar kullanılan yaygın araçların dışında UAVSAR, HEC-RAS, LiDAR gibi insansız hava araçlarının ya da drone aygıtlarının da kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Dolayısıyla yüksek çözünürlüklü uydu verileri ile çeşitli ölçeklerde (havza, bölge, ulusal) ekosistem izleme araçlarına ilişkin çalışmaların geliştirilme aşamasında olduğu kanısına varılmaktadır.

Sonuç olarak deprem ve ekosistem hizmetleri konusunda yürütülen çalışmaların yetersiz ya da gelişme aşamasında olduğu görülmüştür. Depremler ve ikincil afetler tüm ekolojik sistemi etkileyecek düzeyde etkiler bırakmaktayken; çalışmalarda bu etkilerin bir ya da birkaç tanesi değerlendirilmiştir. Nitekim depremlerin ekosistemlerde meydana getirdiği erozyon kontrolü, sel ve taşkın düzenleme işlevi, karbon depolama fonksiyonu, gıda sağlama, biyokimyasal ve tıbbi ürün tedariği, genetik kaynaklar, atık ve su arıtımı, pestisit ve zararlı kontrolü, doğal ve kültürel çeşitlilik, rekreasyon ve turizm/ekoturizm gibi fonksiyonlardaki kayıplar; endemik türlerin, flora ile fauna varlığının, biyolojik çeşitliliğin yitirilmesi; hava, su, toprak gibi doğal kaynak kirliliklerinin baş göstermesi, insan refah standartlarının ve çevre kalitesinin bozulması gibi konuların bütüncül yaklaşımla ele alınmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra ekosistemlerde görülen deprem ve ikincil afetlerin olası etkilerine yönelik risk analizlerine yer veren oldukça kısıtlı envanterler bulunmaktadır. Bu çalışmayla birlikte depremin doğal alanlara etkilerini tüm yönleriyle ele alan ve daha üst ölçekte inceleyen, multidisipliner ve çok paydaşlı çalışmaların yürütülmesine ihtiyaç duyulduğu ortaya konmuştur.

## KAYNAKÇA

Barbosa, O., ve Villagra, P. (2015). Socio-ecological studies in urban and rural ecosystems in Chile. *Earth stewardship: linking ecology and ethics in theory and practice*, 297-311.

Baylan, E., Şatır, O., Aslantaş, P., Aşur, F., ve Alp, Ş. (2014). Effects Of Earthquakes (2011) In The City Of Van In Respect To Urban Green Ecosystem Services. Conference: International Environmental Sciences Conference of Van

Bhandari, M. R., ve Aryal, K. (2020). Status of water sources and its impact on livelihood practices in Sardhukhola watershed of eastern Nepal (Sunsari). 19-31.

Brown, L., ve Green, R. (2020). "Restoration Strategies for Ecosystems Affected by Earthquakes." *Environmental Restoration Journal*, 25(3), 45-62.

Browning, T. N., ve Sawyer, D. E. (2021). Vulnerability to watershed erosion and coastal deposition in the tropics. *Scientific Reports*, 11(1), 885.

Cai, L., ve Guo, L. (2008). A research of land-cover change of Wenchuan Earthquake before and after based on object-oriented method. *Acta Ecologica Sinica*, 28(12), 5927-5937.



Chen, L., Wu, F., Yang, W., ve Zhang, J. (2012). A comparison on ecosystem services before/after “5.12” Wenchuan earthquake. *Acta Ecologica Sinica*, 32(5), 271-273.

Chiang, L. C., Lin, Y. P., Huang, T., Schmeller, D. S., Verburg, P. H., Liu, Y. L., ve Ding, T. S. (2014). Simulation of ecosystem service responses to multiple disturbances from an earthquake and several typhoons. *Landscape and Urban Planning*, 122, 41-55.

Duan, Y., Di, B., Ustin, S. L., Xu, C., Xie, Q., Wu, S., ... ve Zhang, R. (2021). Changes in ecosystem services in a montane landscape impacted by major earthquakes: A case study in Wenchuan earthquake-affected area, China. *Ecological Indicators*, 126, 107683.

García-Rangel, S., ve Martínez-Yrizar, A. (2018). "Assessment of Ecosystem Services in Post-Earthquake Scenarios: Case Studies from Latin America." *Ecosystem Services Review*, 5(2), 113-128.

Hara, K., Zhao, Y., Harada, I., Tomita, M., Park, J., Jung, E., ... ve Hirabuki, Y. (2015). Multi-scale monitoring of landscape change after the 2011 tsunami. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 805-809.

Jiang, F., Dai, X., Xie, Z., Xu, T., Yin, S., Qu, G., ... ve Hou, Z. (2022). Flood inundation evolution of barrier lake and evaluation of regional ecological spatiotemporal response—a case study of Sichuan-Tibet region. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(47), 71290-71310.

Kamanroodi, M., Solemani, M., ve Ghasemi, M. (2020). The survey of the role of land use in vulnerability of decay texture city against earthquake-Case study: the central part of Sabzevar. *Journal of Spatial Analysis Environmental hazards*, 6(4), 37-52.

Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26-33.

Koch, P. (2011). A Study of the Perceptions of Ecosystems and Ecosystem-Based Services Relating to Disaster Risk Reduction in the Context of the Great East Japan Earthquake and Tsunami. *THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE 11 MARCH 2011*, 59.

Konukcu, E. B. (2023). Istanbul Resilience Approach Against Earthquake. In *Geohazards and Disaster Risk Reduction: Multidisciplinary and Integrated Approaches* (pp. 427-456). Cham: Springer International Publishing.

Lagos, N. A., Labra, F. A., Jaramillo, E., Marín, A., Fariña, J. M., ve Camaño, A. (2019). Ecosystem processes, management and human dimension of tectonically-influenced wetlands along the coast of central and southern Chile. *Gayana*, 83(1), 57-62.



Larsen, M. C. (2017). Contemporary human uses of tropical forested watersheds and riparian corridors: Ecosystem services and hazard mitigation, with examples from Panama, Puerto Rico, and Venezuela. *Quaternary International*, 448, 190-200.

Liu, J., Fan, X., Tang, X., Xu, Q., Harvey, E. L., Hales, T. C., ve Jin, Z. (2022). Ecosystem carbon stock loss after a mega earthquake. *Catena*, 216, 106393.

Mabon, L. (2019). Enhancing post-disaster resilience by 'building back greener': Evaluating the contribution of nature-based solutions to recovery planning in Futaba County, Fukushima Prefecture, Japan. *Landscape and urban planning*, 187, 105-118.

Marín, A., Gelcich, S., ve Castilla, J. C. (2014). Ecosystem services and abrupt transformations in a coastal wetland social-ecological system: Tubul-Raqui after the 2010 earthquake in Chile. *Ecology and Society*, 19(1).

Nath, B., Niu, Z., ve Singh, R. P. (2018). Land Use and Land Cover changes, and environment and risk evaluation of Dujiangyan city (SW China) using remote sensing and GIS techniques. *Sustainability*, 10(12), 4631.

Orchard, S., Hughey, K. F., ve Schiel, D. R. (2020). Risk factors for the conservation of saltmarsh vegetation and blue carbon revealed by earthquake-induced sea-level rise. *Science of the Total Environment*, 746, 141241.

Peduzzi, P. (2010). Landslides and vegetation cover in the 2005 North Pakistan earthquake: a GIS and statistical quantitative approach. *Natural hazards and earth system sciences*, 10(4), 623-640.

Peng, Y., Wang, Y. K., Fu, B., ve Ma, F. (2013). Spatial distribution of carbon storage function and seismic damage in wenchuan earthquake-stricken areas. *Acta Ecol Sin*, 33(3), 798-808.

Qiu, D., Zhang, H., Ren, Y., ve Zhu, Y. (2024). The lost biodiversity and degraded alpine wetlands caused by strong earthquake on the Qinghai-Tibet Plateau did not self-restore in the short term. *Global Ecology and Conservation*, e02830.

Rao, E., Xiao, Y., Ouyang, Z., ve Zheng, H. (2016). Changes in ecosystem service of soil conservation between 2000 and 2010 and its driving factors in southwestern China. *Chinese geographical science*, 26, 165-173.

Renaud, F. G., ve Murti, R. (2013). Ecosystems and disaster risk reduction in the context of the Great East Japan Earthquake and Tsunami: a scoping study Report to the Keidanren Nature Conservation Fund.



Rojas, O., Zamorano, M., Saez, K., Rojas, C., Vega, C., Arriagada, L., ve Basnou, C. (2017). Social perception of ecosystem services in a coastal wetland post-earthquake: A case study in Chile. *Sustainability*, 9(11), 1983.

Santiago-Fandiño, V., ve Mas, E. (2018). The coastal environment and the reconstruction process after the Great East Japan Earthquake: A few notes. *The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration: Insights and Assessment after 5 Years*, 291-338.

Saracino, A. (2012). Beech forests in the Regions of Campania and Lucania: uses and forest types. 61-72

Schiel, D. R., Alestra, T., Gerrity, S., Orchard, S., Dunmore, R., Pirker, J., ... ve Thomsen, M. (2019). The Kaikōura earthquake in southern New Zealand: Loss of connectivity of marine communities and the necessity of a cross-ecosystem perspective. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(9), 1520-1534.

Sidle, R. C., Gomi, T., Akasaka, M., ve Koyanagi, K. (2018). Ecosystem changes following the 2016 Kumamoto earthquakes in Japan: Future perspectives. *Ambio*, 47, 721-734.

Smith, J., ve Jones, A. (2021). "Earthquake Impacts on Ecosystem Services: A Review of Recent Studies." *Journal of Natural Disaster Research*, 10(2), 87-104.

Stein, R.S., ve Mazzotti, S. (2007). The 2004 Sumatra-Andaman earthquake and the Indian Ocean tsunami: What happened and why? *Pure and Applied Geophysics*, 164(2-3), 239-254.

Takeuchi, K., Elmqvist, T., Hatakeyama, M., Kauffman, J., Turner, N., ve Zhou, D. (2014). Using sustainability science to analyse social–ecological restoration in NE Japan after the great earthquake and tsunami of 2011. *Sustainability Science*, 9, 513-526.

Tang, Q., Li, Y., ve Xu, Y. (2015). Land suitability assessment for post-earthquake reconstruction: A case study of Lushan in Sichuan, China. *Journal of Geographical Sciences*, 25, 865-878.

United Nations. (2019). "The Role of Ecosystem Services in Post-Disaster Recovery." UN Environment Programme.

USGS. (2020). Earthquake Glossary- USGS Earthquake Hazard Program. Erişim: <https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/?term=earthquake>

Vina, A., Chen, X., McConnell, W. J., Liu, W., Xu, W., Ouyang, Z., ... ve Liu, J. (2011). Effects of natural disasters on conservation policies: the case of the 2008 Wenchuan Earthquake, China. *Ambio*, 40, 274-284.



- Wang, Y. K., Fu, B., ve Xu, P. (2012). Evaluation the impact of earthquake on ecosystem services. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 954-966.
- Wang, W., Pan, Y., Xu, W., Wang, J., ve Bai, X. (2008). Analysis of ecosystem destruction and the ecological impact caused by an earthquake in Wenchuan, Sichuan Province. 110-116
- Xiong, Y., Du, J., ve Qiu, G. (2022). Conserving the unique aquatic ecosystem of the Jiuzhai National Heritage Site after the 2017 earthquake: Achievements and challenges. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 99018
- Yang, W., Dietz, T., Kramer, D. B., Ouyang, Z., ve Liu, J. (2015). An integrated approach to understanding the linkages between ecosystem services and human well-being. *Ecosystem health and sustainability*, 1(5), 1-12.
- Yamakita, T., Matsuoka, Y., ve Iwasaki, S. (2017). Impact Of The 2011 Tohoku Earthquake On The Use Of Tidal Flats A Case Study In Inner Tokyo Bay. *Journal Of Environmental Information Science*, 2017(1), 25-36.
- Yin, C. L., Zhou, Q., Liu, F. G., Chen, R. S., ve Meng, F. (2023). Mechanism and damage assessment of the impact of earthquakes on the ecological environment of Sanjiangyuan National Park. *JOURNAL OF NATURAL RESOURCES*, 38(6), 1588-1601.
- Zhang, B., Hou, P., Xu, H. T., Zhao, Y. H., Bai, J. J., ve Liu, X. L. (2021). The spatiotemporal evolution analysis of ecosystem pattern in Wenchuan (Magnitude 8.0) earthquake disaster area, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2490.
- Zhao, J., Niu, Y., Lu, Z., Yang, J., Li, P., ve Liu, W. (2018). Applicability Assessment of Uavsar Data in Wetland Monitoring: A Case Study of Louisiana Wetland. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 2375-2378.
- Zheng, S., Li, S., Zhou, X., Fan, N., Cao, H., Nie, R., ve Zeng, Y. (2023). Relationships between morphological quality and macroinvertebrate diversity in a degrading gravel-bed river following the magnitude 8.0 Wenchuan earthquake, China. *Geomorphology*, 438, 108821.
- Zhu, J. Y., Lu, H., Wang, H., Yan, Y., ve Tang, L. (2018). Ecosystem health assessment of the Wenchuan earthquake hard-hit disaster areas during the recovery period. *Acta Ecologica Sinica*, 38(24), 9001-9011.
- Zuo, H., Shen, H., Dong, S., Wu, S., He, F., Zhang, R., ... ve Xiao, J. (2023). Potential short-term effects of earthquake on the plant–soil interface in alpine grassland of the Qinghai–Tibetan Plateau. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1240719.

## CUMHURİYET ÖNCESİ YAKIN DÖNEMDEN GÜNÜMÜZE KADAR KENTSEL DEĞİŞİM ve DÖNÜŞÜMÜN TÜRKİYE’DEKİ GELİŞİMİ

Beyza GÖKKAYA<sup>1</sup>, Erdal Onur DİKTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>[beyzagokkaya\\_1902@hotmail.com](mailto:beyzagokkaya_1902@hotmail.com) ; Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Kentsel Tasarım Yüksek Lisans, İzmir/ Türkiye.

<sup>2</sup>[erdal.diktas@deu.edu.tr](mailto:erdal.diktas@deu.edu.tr) ; Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Doç. Dr. Öğretim Üyesi, İzmir/Türkiye

---

### Özet

Kentler, sosyal, kültürel, politik, ekonomik ve çevresel çok boyutlu faktörlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan dinamik ve karmaşık mekânlardır. Kentin karakterini oluşturan ideolojik ve morfolojik bileşenlerde yaşanan değişimler kentsel dönüşüm pratiğini doğrudan etkilemektedir. Kentte meydana gelen değişim ve dönüşümler kimi zaman yaşam kalitesini arttıracak mekânsal iyileşmelere sebep olurken kimi zaman da sosyal ya da fiziksel bozulmaların yaşanmasına yol açmaktadır. Kentsel dönüşüm uygulamaları gerek dünyada gerekse Türkiye’de işlevini kaybetmiş kent mekânlarının yeniden işlevsel hale getirilmesi, bozulmaların giderilmesi, kentin büyüyen dokusunda meydana gelen sorunlara ve ihtiyaçlara göre kent parçalarının geliştirilmesi ve daha iyi hale getirilmesi amacıyla başvurulmaktadır. Kentlerin fiziksel yapısı ve toplumsal sorunları arasındaki ilişkinin kurulmasını sağlayan dönüşüm uygulamaları kapsamlı strateji ve eylemlerin bütünüdür. Kentlerin kendine ait coğrafyası, dokusu, kültürü ve tarihi, güncel gelişmeleri ile her toplumda farklı şekilde cereyan etmektedir. Bu çalışmada ise kentsel dönüşümün kavramsal ve kuramsal değerlendirilmesi yapılarak Türkiye’deki gelişim süreci ve izlediği yol dönemselsel olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kentleşme; Kentsel Dönüşüm, Türkiye’de Kentsel Dönüşüm

---

### Abstract

Cities are dynamic and complex spaces that emerge from the combination of social, cultural, political, economic and environmental multidimensional factors. Changes in the ideological and morphological components that make up the character of the city directly affect the urban transformation practice. While the changes and transformations occurring in the city sometimes cause spatial improvements that will increase the quality of life, sometimes they lead to social or physical deterioration. Urban transformation applications are used both in the world and in Turkey to re-function urban spaces that have lost their functions, to eliminate deterioration, and to develop and improve city parts according to the problems and needs occurring in the growing fabric of the city. While transformation practices that enable the establishment of the relationship between the physical structure of cities and their social problems constitute a comprehensive set of strategies and actions, the cities' own geography, texture, culture and history, as well as current developments, occur differently in each society. In this

study, the development process and the path it followed in Turkey were evaluated periodically by making a conceptual and theoretical evaluation of urban transformation.

**Keywords:** Urbanization; Urban Transformation, Urban Transformation in Turkey

---

## GİRİŞ

Kentler, sosyal, kültürel, politik, ekonomik ve çevresel çok boyutlu faktörlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan dinamik ve karmaşık yapılardır. Dinamiklik özellikle değişime/dönüşüme açık bir karakter olarak açığa çıkar. Söz konusu dönüşüm süreci kendiliğinden ya da rasyonel planlama/tasarlama aygıtları tarafından ortaya konan bir pratik ile gerçekleşebilmektedir. Süreçte kentin karakterini oluşturan ideolojik ve morfolojik bileşenlerde yaşanan değişimler birer girdi olarak kentsel dönüşüm pratiğini de doğrudan etkilemektedir (Akkar, 2016). Kentte meydana gelen bu değişim ve dönüşümler kimi zaman yaşam kalitesini arttıracak mekânsal iyileşmelere sebep olurken kimi zaman da sosyal ya da fiziksel bozulmaların yaşanmasına yol açabilmektedirler. Dile getirilen Kentsel dönüşüm pratiği gerek dünyada gerekse Türkiye’de işlevini kaybetmiş kent mekânlarının yeniden işlevsel hale getirilmesi, kentte meydana gelen bozulmaların giderilmesi, kentin hızla büyüyen dokusunda meydana gelen sorunlara ve ihtiyaçlara göre kent parçalarının yeniden geliştirilmesi ve daha iyi hale getirilmesi amacıyla başvurulan bir araçtır. Kentlerin fiziksel yapısı ve toplumsal sorunları arasındaki ilişkinin kurulmasını sağlayan dönüşüm uygulamaları kapsamlı ve bütünlük strateji ve eylemlerin bütünü oluştururken kentlerin kendine ait coğrafyası, mevcut dokusu, kültürü ve tarihi, güncel gelişmeleri ile her toplumda farklı şekilde cereyan etmektedir (Polat & Dostoğlu, 2007).

## YÖNTEM

Bu çalışmada Türkiye’de gerçekleştirilen kentsel dönüşüm uygulamaları, tarihsel olarak Cumhuriyet öncesi yakın dönemden günümüze, Anadolu kentleriyle sınırlı olarak ele alınmıştır. Dönüşüm süreçlerinin hangi olay ve olgulardan etkilendiği, söz konusu pratiğin hangi sorunlar karşısında çözüm olarak görüldüğü önemsenmiştir. Kentsel dönüşüm, uygulama alanları, yasal ve yönetsel açıdan mevzuattaki yeri, fiziksel ve toplumsal süreç içerisindeki değişimler doğrultusunda konuya ilişkin literatür taramaları yapılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

## KENTSEL DÖNÜŞÜM VE TÜRKİYE’DE KENTSEL DÖNÜŞÜME DÖNEMSEL BAKIŞ

Türkiye’de de kentler, göç, savaş, doğal afetler, küresel politikalar ve çeşitli doğal ve beşerî etmenlerin çevresinde dönemin şartlarına göre şekillenirken sosyal, siyasal, ekonomik ve çevresel çeşitli nedenlerden ötürü kentlerde yenileme ve dönüşüm uygulamaları kaçınılmaz hale gelmiştir (Genç, 2008). Dünyadakine benzer biçimde eskimiş, terkedilmiş, çöküntü haline gelmiş ve köhneleşmiş kent alanlarında bölgenin şartlarına uygun ve dönemin ihtiyaçlarına cevap verebilecek

nitelikte kentsel yenileme adı altında çalışmalar yürütülerek tekrar kente kazandırılması amaçlanmaktadır (Özden, 2000). Türkiye özelinde, mevcut kentleşmenin kendine özgü özelliklerinin sebep olduğu sorunlardan ötürü daha özgül yaklaşımlara da gereksinim duyulmaktadır. Nüfusun kitleler halinde belirli bölgelerde yığılması, yerleşime uygun olmayan bölgelerin seçilmesi, kaçak yapıların ve sağlıksız ortamların meydana gelmesi ya da afet riskiyle karşı karşıya kalan kent mekânlarında gerçekleştiren yapılaşmalar ve çok çeşitli nedenlere bağlı olarak yaşanan sorunlara yönelik gerçekleştirilen kentsel dönüşüm/yenileme çalışmaları dönemsel olarak farklılık göstermektedir (Yaman, 2000). Çalışma kapsamında ise Türkiye’de gerçekleştirilen kentsel dönüşüm uygulamaları toplamda beş tarihsel aralık çerçevesinde değerlendirilmiştir.

### **A. Cumhuriyet Öncesi Dönem**

Osmanlı Devleti’nde kentsel dönüşüm adı altında gerçekleştirilen eylemlerden birisi kentlerdeki yangın alanlarının düzenlenmesine yönelik olmuştur. Osmanlı’da konutların yapımında temel malzeme olarak çokluk ahşap tercih edilmiştir. Ahşabın kolay tutuşabilme özelliği ve bu durumun yangınların çıkmasına ortam hazırlaması nedeniyle başta İstanbul olmak üzere diğer illerde de dönüşüm kapsamında düzenlemeye alınmıştır (Yenice, 2014). Sadece fiziksel olarak gerçekleştirilen bu imar planları, Osmanlı Devleti’nin son dönemlerinde yangın riskiyle karşı karşıya kalan bölgelerine yönelik gerçekleştirilen uygulamalar söz konusu dönemin önemli gelişmelerindedir (Yaman, 2000). Bu kapsamda önce 1854 yılında yaşanan Aksaray yangını ve daha sonra 1864 yılında meydana gelen Hocapaşa yangınının ardından ‘yangın sahası haritaları’ hazırlanmış ve dönüşümler daha sistematik bir hale gelmiştir (Tekeli, 2010). Yangınların artması ile birlikte yangın bölgelerinin planlanmasına yönelik daha kapsamlı çalışmalar gündeme gelmiştir. Nitekim İstanbul özelinde başlayan ve kent merkezlerinin dönüştürülmesi için kurulan “İslahat-ı Turuk Komisyonu” eliyle dönüşüm uygulamalarının yürütülmesi aynı zamanda kent planlama anlayışının gelişmesi yönünde önemli bir adım olmuştur (Yaman, 2000). Yaşanan gelişmeler belirli bölgelerin dönüşümünü kapsayan mevzii imar planların uygulanmasına elverişli olurken kentin bütününe kapsayacak planlar için yetersiz kalmış, yangınların önüne geçilmesi adına yangın yeri planlarının daha sık yapılmasını zorunlu kılmıştır (Tekeli, 1978).

Dönem şartlarında yürütülen kentsel dönüşüm uygulama alanlarından bir diğeri ise hayvanlarla gerçekleştirilen ulaşım altyapısının gelişen yeni ulaşım modlarına elverişli olmamasından ötürü olmuştur. Dar, dolambaçlı ve çıkmaz sokaklar özellikle motorlu taşıtlar için gerekli koşulları sağlamamıştır. Bu nedenle tramvay da dâhil olmak üzere yeni ulaşım araçlarının kullanımının sağlanabilmesi için gerekli yol genişlikleri ve sokak düzenlemelerine gidilmek istenmiştir (Yenice, 2014). Osmanlı Devleti’nde başta yangın alanlarının dönüşümüyle ilk örneklerine rastladığımız kentsel dönüşüm çalışmaları daha sonraları kültür ve tabiat varlıklarını koruma anlayışı içinde geliştirilmiş (Genç, 2004). Ebniye Kanunu’nun 1882’de çıkarılmasıyla kentlerin merkezlerine kimlik kazandırılmış, insan-hayvan ölçeğinde sağlanan ulaşım geliştirilerek yeni ulaşım modlarına elverişli hale gelecek çalışmalar yürütülmüş, mevcut yapıların yıkılıp yeniden imara açılması yerine yeni iskân edilecek alanlar belirlenerek halkın tepkisini çekmeyecek kentsel dönüşüme yönelik eylemler dönemin şartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Tekeli, 2001). Yasal ve yönetsel boyutlarıyla da kentsel dönüşümün desteklendiği dönemde Asar-ı Atika Nizamnameleri ile kültürel yapıların korunması için yasal bir düzenlemeye gidilmiş ve Muhafaa-i Asar-ı Atika Encümeni kurularak denetimin sağlanması

hedeflenmiştir (Dinçer & Akın, 1994). Yaşanan bu gelişmeler Osmanlı Devleti'nde kentsel dönüşümün diğer bir ayağı olan kentsel koruma planlamasının temellerin de atıldığına ilişkin bir göstere olmuştur.

## **B. Erken Cumhuriyet Dönemi (1923-1945)**

Osmanlı'da başta İstanbul, Bursa ve İzmir gibi ticari ilişkilerin daha gelişmiş olduğu kentlerde mahalle bazında gerçekleştirilen ve bir modernite çalışması olarak gerçekleşen dönüşümler Cumhuriyet'in ilan edilmesiyle farklı yönde ivme kazanmıştır. Parçacıl olarak az sayıda kentte gerçekleşen bu dönüşümlerin 1923 yılından sonra tüm kentlerde uygulanabilmesi amacıyla çalışmalar yürütülmüştür (Polat, 2015). Osmanlı İmparatorluğundan Cumhuriyet rejimine geçilmesi ile yönetim sistemi değişmiş ve bu durum çeşitli alanlarda köklü değişimlerin gerçekleşmesine ortam hazırlamıştır (Yaman, 2000). Bu dönemde karşılaşılan sorunlar değerlendirildiğinde savaş sırasında kentlerin uğradığı ağır hasar ve tahribat sonrası zarar gören kent alanlarının yeniden imara açılması ve kente kazandırılması yönünde endişeler ilk sırada yer almıştır (Polat, 2015). Cumhuriyetin ilanından II. Dünya Savaşının sonuna kadar olan bu süreç içerisinde hem kentsel dönüşüm için hem de kent planlaması için çok önemli üç kritik gelişme yaşanmıştır. Bu olaylardan ilki 1923 yılında başkentin İstanbul'dan Ankara'ya taşınması, ikincisi ülkenin 'demir ağlarla' örülmesi yönünde kararların alınması ve sonuncusu ise 1929 yılında yaşanan Ekonomik Kriz sonrasında devletçilik politikasının uygulamaya alınması olmuştur (Tekeli, 2009).

Asırlar boyunca birçok medeniyete başkentlik yapmış İstanbul'dan sonra yeni bir örgütlenme ve Ulus-Devlet anlayışının uygulanabilmesi amacıyla Ankara'nın başkent ilan edilmesi beraberinde birçok sorunu ve endişeyi de getirmiştir. Kentin imarının iyi durumda olmaması ve kentsel hizmetlerde yaşanan yetersizlikler dönemin önemli gündem maddelerinden birisi olmuştur (Kartal, 2019). Nitekim Ankara için hazırlanan yeni planlar ve imar çalışmaları sonucunda elde edilecek başarı rejimin de başarısı olacağı için 1923-1927 yılları arasında Ankara yoğun bir yapılaşma sürecine girmiştir (Tankut, 1988). Uygulanmak istenen mekânsal organizasyonların tek bir elden planlı şekilde yürütülebilmesi amacıyla 1924 yılında Ankara Şehremaneti kanunu yürürlüğe girmiştir. Eski ve Yeni kent olarak ayrılan Ankara'da 'Lörcher Planı' olarak geçen Yenişehir Planı Ankara Şehremaneti tarafında onaylanıp 1924-1925 yıllarında uygulamaya sunulmuştur (Kartal, 2019). 1927 yılına gelindiğinde ise düzenlenen uluslararası bir yarışma ile Ankara'nın imarı için Alman mimar Herman Jensen'ın planı kazanmıştır (Yenice, 2014). Devlet 1927 yılına kadar, daha çok kamu ve devlet binaları inşa ederek kurumsal çerçevenin oturtulmasına ve yönetsel açıdan daha programlı ilerlemesi yönüne ağırlık vermiştir (Kartal, 2019).

Erken Cumhuriyet Döneminde kentsel yenilemeye/dönüşüme yön veren stratejilerden bir diğeri ise ülkeyi 'demir ağlarla' örmek için yapılan çalışmalar ve planlar olmuştur. Osmanlı Döneminden kalan demir yolları hem ülkenin bütününe ulaşmamakta hem de yabancı devletlerin kontrolü altında kopuk halde bulunmasından ötürü bu durumun düzeltilmesi yeni hükümetin üzerinde yoğunlukla durduğu konulardan birisi olmuştur (Tekeli, 2009). Bu amaçla merkezi Ankara'da bulunan bir demiryolu şebekesi kurularak hem yeni demiryolu ağları açılmış hem de yabancı yatırımcıların elinde bulunan mevcut hatlar devletleştirilerek ülke içerisinde bütünlük sağlanması hedeflenmiştir.

Amerika’da başlayan 1929 Krizinin yansımaları Türkiye’de de etkisini göstermiştir. Türkiye ekonomi piyasasında olumsuz sonuçlar doğuran kriz sonucunda devletçi politikalar ağırlık kazanmış ve devletin müdahaleleri artarak tarımdan sanayiye doğru teşvikler ve çalışmalar hız kazanmıştır (Açıkgöz & Özkan, 2009). Dönem içerisinde yaşanan bu krize karşı konulan devletçilik politikası sonucu sanayi planlarının başta Anadolu kentleri olmak üzere birçok ilde uygulamaya koyulması ve bu planların demiryolu güzergâhları üzerinde belirlenmesi gerçekleştirilmek istenen modernite projesinin de bir parçası haline gelmiştir (Tekeli, 2009). Krize karşı Türkiye’nin aldığı önlemlerden birisi de I. Beş Yıllık Sanayi Planının 1934 yılında yürürlüğe girmesidir. Bu planla birlikte Sümerbank ve Etibank gibi önemli yatırımları gerçekleştiren bankalar açılmış; İzmir’de Kâğıt Fabrikası (1936), Karabük’te Demir Çelik Fabrikası (1939), Isparta’da Kükürt Fabrikası (1935) gibi birçok alanda kalkınmayı sağlayacak yatırımlar yapılarak hem kentlerin gelişimini etkileyecek mekânsal stratejiler ve yönelimlerin temeli hazırlayan sanayi kentleri yaratılmış hem de devletçilik ilkesi yönünde önemli başarılar elde edilmiştir (Ezer, 2010).

### **C. 1945 ve 1980 Arası Dönem**

İkinci Dünya Savaşının bitmesiyle birlikte Türkiye’de de kentleşme hız kazanmış, kırdan kente yaşanan göçler artmıştır. 1950’li yıllardan itibaren çok partili hayata geçilmesi ile devletçilik politikası yerini liberal ekonomi politikalarına bırakarak önemli yapısal değişimlere uğramıştır (Köktürk, 2013). Süreçte özellikle sanayi alanında atılan adımlar giderek hız kazanmış, tarımda makineleşmenin artmasıyla üretimden kopan insanlar için kentler istihdam yönünden önemli fırsatları barındıran mekânlar haline gelmiş ve yoğun göçleri beraberinde getirmiştir. Kentlerde nüfus yığılmaları yaşanmış ve kentsel donanımların bu yükü karşılamada yetersiz kalması sonucunda konut ve altyapı sorunları ortaya çıkmıştır (Korkmaz, 2013). Kentlerde bu süreçte yeni merkezler ortaya çıkarken aynı zamanda kentlerin gelişim yönleri değişime uğramış, apartman mantığıyla inşa edilen yapılar çoğalmış, kent yakınındaki tarım alanlarının yerini konutlar almış ve kentler hem nüfus hem de yapılaşma olarak yoğun ve karmaşık mekânlar haline gelmiştir (Kesinkinok, 2001).

Mevcut konutların talebi karşılayamaması sonucunda devlet kontrolünden uzak, plansız ve kaçak yapılar özellikle kentlerin çeperlerinde ortaya çıkmış ve bu durum karşısında merkezi yönetimler kentleşmede disiplini sağlayamamışlardır (Köktürk & Köktürk, 2007). İmar planlarına uygun olmayan ve genellikle yasa dışı kesimlerin etkinliğinde ortaya çıkan, daha sonraki yıllarda ise ‘gecekondu’ ismini alan bu kaçak yapıların yaygınlaşması sağlıklı kentleşme yönündeki eğilimlerin zeminini hazırlamıştır. (Korkmaz, 2013). Yasalara aykırı olarak gelişen bu gecekondu alanlarıyla mücadele topluma mal edilememiş, kırdan göçen nüfus yoksulluğu kentlere taşıyarak kentsel yoksulluğun derinleşmesine sebebiyet vermiştir (Köktürk & Köktürk, 2007). Plansız olarak gelişen kentlerde tarihi ve kültürel değerlerin zarar görmesine, doğal yapının bozulmasına, afet riskinin göz önünde bulundurulmadan yapılaşmaların gerçekleşmesine neden olmuş ve bu durum kentlerin geleceğine doğrudan zarar vermiştir (Genç, 2008). Kapitalizmin etkisiyle gelişen kentlerde rantsal kaygılar ve sermaye ön planda tutularak hem doğal hem de tarihi yapı çok katlı binaların istilasına uğramış, kalıcı çözümler ve istikrarlı politikalar geliştirilememiştir (Korkmaz, 2013).

Bu dönem içerisinde kentleşmeyi ve kentsel dönüşümün geleceğini etkileyen bir diğer gelişme ise 27 Mayıs 1960 yılında yaşanan Askeri Darbedir. Darbe yaşandıktan sonra 1961 yılında çıkarılan 1961 Anayasası ile refah ve sosyal devlet olgusu gündeme gelmiş ve kentlerde yaşayan yoksul kesimin hem

korunmasına ve hem de konut ihtiyacının karşılanmasına yönelik yasal alt yapı hazırlanmıştır (Yaman, 2000). Anayasa çerçevesinde ülke kaynaklarının daha akılcı yöntemlerle yönetilmesi amacıyla Devlet Planlama Teşkilatı kurulmuş ve planlı kalkınma yolunda önemli yol katedilmiştir. Refah devleti anlayışıyla birlikte kentlerde yapsatçı uygulamaya ek olarak kooperatifler eliyle konutların inşası yaygınlaştırılmaya çalışılmıştır (Tekeli, 2009). Yürürlüğe 1966 yılında giren 775 sayılı Gecekondu Yasasının gecekondu sorununa çözüm üretmesi hedeflenirken beklenen sonuca ulaşamamıştır (Yenice, 2014). Yürürlüğe giren bir diğer kanun ise 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu olmakla birlikte düşük sermayeye sahip konut üreticileri tarafından mevcut konut stokunun yıkılarak apartman mantığıyla yapıların inşasına imkân vermiş ve parçalı mülkiyet yapısının gelişmesine sebep olmuştur (Yıldırım, 2006).

Kent formunun değişiminde önemli rol oynayan etmenlerin başında gelen otomobil sahibi kişilerin sayısında 1970’li yıllarda yaşanan artış ve Türkiye’de otomobil üretilmeye başlamasıyla birlikte hem kent içinde hem de ulaşım da sağlanan kolaylıkla birlikte kentlerin dışına doğru yönelme yaşanmıştır. Özellikle daha yüksek gelir grubuna mensup kişiler kentin dışında alt kentlerde yaşamaya başlamışlardır. Eş zamanlı olarak 1960’lı yılların sonlarına kadar küçük işletmelerin bir arada bulunduğu merkezi iş alanlarında gerçekleştirilen üretim ve ticari ilişkilerin ‘70’li yıllarda kent merkezlerinde yığılmalara, çevre kirliliği ve trafik gibi çeşitli problemlere yol açması nedeniyle bazı bölgeler trafiğe kapatılıp yayalaştırılarak çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Sanayideki ilerleyiş ise 1975’li yıllardan itibaren daha da hız kazanmış ve organize sanayi bölgeleri kurulmuştur. Bunun yanında 1965 yılında kurulan ODTÜ’den sonra yükseköğretim kurumlarının sayısı artmış; sağlık, eğitim, güvenlik ve sosyal kuruluşlara yönelik kamu hizmetleri kentlerde geliştirilmiştir (Tekeli, 2009). Bu dönemde bütüncül planlama yaklaşımı uygulanmış ve 1973-1977 yılları arasında *Yeni Belediyecilik Hareketi* ile kentleşmenin sebep olduğu problemler çözülmek istenmiştir (Ataöv & Osmay, 2007).

#### **D. 1980-1999 Arası Dönem**

1980’li yıllar hem kentlerin geleceğinin şekillendiği hem de kentsel dönüşümün uygulanma sınırlarının çizildiği bir dönemdir. Bu dönemde gerçekleşen 12 Eylül Askeri Darbesi ve 24 Ocak Kararlarının alınması ülke içi siyasette görülen değişimlere ek olarak tüm dünyada etkisini göstermeye başlayan neoliberal ekonomi politikalarının benimsenmesi ile kentler için bir dönüm noktası olmuştur (Tekeli, 2009). 1980’lerin başında yaşamaya başlanan küreselleşme süreci içerisindeki liberalleşme ve özelleşme yönündeki eğilimler ise ruhsatlı ve ruhsatsız konutların artmasına, kıyı ve limanların dönüşüme uğramasına ve özel sektöre verilen ayrıcalıkların gündeme gelmesine sebep olmuştur (Yıldırım, 2006). Küreselleşme sürecinde ise Türkiye’nin 1980 yılına kadar uygulamış olduğu içe dönük kalkınma modelinin yerine dış pazarlara yönelik ekonomi politikaları benimsenmiştir. Türkiye’nin dışa açıldığı bu yeni kalkınma modeli ile küreselleşme sürecinde dünya pazarlarıyla rekabet ortamının oluşmasına ortam hazırlamıştır (Tekeli, 2009). Bu durum neticesinde sermayenin ülke sınırlarını aşması ile kentler yeni finans merkezleri haline gelmiş ve bu durum kentte gelir eşitsizliğinin daha belirgin bir hal almasına ortam hazırlamıştır. Toplumda ve kent mekânlarında yaşanan bu değişimleri sanayi alanlarının kent merkezlerinden uzaklaşarak kentin dışına taşınması ve kentlerde hizmet sektörüne yönelik yatırımların artması takip etmiştir (Yolcu, 2021).

Bu süreçte kentsel dönüşüm projeleri yasalar ile güvence altına alınmış ve mevzuat genişletilmiştir (Yıldız, 2013). Özellikle 3194 Sayılı İmar Yasası ile belediyelere plan yapma yetkisi verilmiş ve belediyelerin bütçesi arttırılarak kentsel dönüşümün en etkili aktörlerinden biri haline gelen belediyeler önemli bir görev üstlenmişlerdir (Yenice, 2014). Siyasi düzenin oturmasıyla birlikte 1983-1988 yılları arasında artan gecekondular ve ruhsatsız yapılar yönelik çözüm arayışları hızlanmıştır. Bu kapsamda 1983 yılında 2805 Sayılı İmar ve Gecekondular Mevzuatına Aykırı Yapılara Uygulanacak Bazı İşlemler ve 6785 Sayılı İmar Kanununun Bir Maddesinin Değiştirilmesi Hakkında Kanun; 1984 yılında yürürlüğe giren 2981 Sayılı İmar ve Gecekondular Mevzuatına Aykırı Yapılara Uygulanacak Bazı İşlemler ve 6785 Sayılı İmar Kanununun Bir Maddesinin Değiştirilmesi Hakkında Kanun; 1986 tarihli 3290 Kanun; 1987 tarihli 3366 Sayılı Kanun ve 1988 tarihli 3414 Sayılı Kanun kentsel dönüşümüne yönelik düzenlemeler arasında yer almaktadır (Yenice, 2014). Bu yasalara ek olarak 1983 yılında yürürlüğe giren 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu kentsel dönüşümüne yeni bir boyut kazandırmıştır. 1984 yılında çıkarılan 2985 sayılı Toplu Konut Yasası ile Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve kooperatiflerin dar ve orta gelir grubuna mensup vatandaşlarına yönelik toplu konut inşasının gerçekleştirilmesi sağlanırken Türkiye Emlak Bankası aracılığıyla da yüksek gelir grubuna yönelik toplu konut alanlarının yapımı gerçekleştirilmiştir (Yıldırım, 2006). Sağlanan fonlar ve konut kredileri sayesinde toplu konutların yapımı için mali destek bu yasa kapsamında sağlanırken 1990 yılında Toplu Konut İdaresi ayrı bir birim olarak örgütlenmiştir (Yılmaz, 2016). Özellikle bu dönem içerisinde gecekondulara yönelik çıkarılan beş adet imar affı yaşanan önemli gelişmelerdendir. Afflar kapsamında yürürlüğe giren 2981 ve 3290 sayılı yasalar ve “imar ıslah planları” dönüşüm uygulamalarının bütünsellikten uzak olmaları sebebiyle planlı kentsel dönüşümüne bir örnek teşkil etmemişlerdir (Keleş, 2012). Çıkarılan bu yasalar sayesinde gecekondular ve ruhsatsız yapılar kabul edilmiş ve süreçte apartman olarak dönüşümüne uğramışlardır. Nitekim yaşanan bu düzenleme sonrasında gecekonduların yatırım amaçlı kullanılmaya başlanmasıyla, gecekondular ticari özellik kazanmış ve sermaye mekanizmasının bir ürünü haline gelerek rant odaklı dönüşümlerin merkezinde kalmışlardır (Yolcu, 2021).

Dönemin literatürüne bakıldığında ise iyileştirme, sağlıklaştırma, rehabilitasyon gibi kavramların öne çıktığı görülmektedir (Yenice, 2014). Yapılan dönüşümler ve çalışmalar başlangıçta kentlerin merkezlerine yakın gecekondular alanlarında gerçekleştirilmeye çalışılırken serbest piyasa koşullarında özel sektörün de ortaklığı ile uygulamaya alınmıştır. 1984 ve 1989 yılları arasında Ankara Portakal Çiçeği Vadisi ve 1989-1994 yılları arasında Dikmen Vadisi kentsel dönüşüm projeleri dönemin en önemli örneklerinden olmuştur (Yaman, 2022).

#### **E. 2000'lerden Günümüze**

2000'li yıllarda özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyük kentlere göç artmaya devam etmiştir. Gelen nüfusu karşılamada güçlük çeken kent mekânları kentin dışına doğru saçaklanarak geniş alanlara yayılmıştır. Bu durum karşısında ulaşım, altyapı ve hizmetler sektörü kentlilerin ihtiyaçlarını karşılamada güçlük çekmeye başlamıştır (Ataöv & Osmay, 2007). Süreçte gecekondular sorununa çözümler aranmaya devam edilirken, neoliberal politikaların etkisinde hızla büyüyen kentler hem ulusal hem de küresel ölçekte bir yarışın içine girmiş ve rekabet ortamının odağında kalmıştır. Markalaşma sürecine yönelen bu dönemde önceden daha küçük ölçekte gerçekleşen metalaşma artık kentlerin bütününe kapsayıp kent mekânlarının açık pazar haline gelmesine neden olmuştur. Bu

rekabet ortamında yatırımların merkezi olan metropollerde birbiri ardına büyük projeler gerçekleştirilmiştir (Polat, 2015). Özellikle gecekondü bölgelerinde gerçekleştirilen bu dönüşümler 2002 yılından sonra TOKİ ve özel sektör ortaklığında uygulamaya konulmuştur. Daha sonra ise 2004 yılında çıkarılan 5393 sayılı Belediye Kanunu ve 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile kentsel dönüşümün yasal sınırları çizilmiş ve yapılan düzenlemelerle TOKİ'nin hakları genişletilirken belediyelerin yetkilerini devretmesi yasallaştırılmıştır (Yaman, 2000). Süreçte kentin merkezinden çeperlerine doğru artan eski ve kaçak yapıların önüne geçilmesi adına ise mevcut alanlarda iyileştirme ve sağlıklılaştırma çalışmalarının yapılması ihtiyacı gündeme gelmiştir (Ataöv & Osmay, 2007). Kentsel dönüşüme olan ihtiyacın giderek artmasıyla TOKİ ve belediyelere ek olarak inşaat sektörü de sürecin önemli aktörlerinden birisi haline gelmiştir. Öte yandan katılımcı koruma politikaları, çok paydaşlı karar alma süreçleri ile stratejik planlama yaklaşımına dair söylemler kentsel dönüşüm projelerinde daha görünür hale gelmiştir (Yolcu, 2021).

1999 yılında önce İzmit ve çevresinde ardından Düzce'de yaşanan depremler sonucunda afet bölgelerinde gerçekleştirilecek olası can ve mal kayıplarına karşı riski en aza indirmek amacıyla kentsel dönüşüm bir kez daha gündeme gelmiştir. Yaşanan depremler afet yönetimi açısından kentlerde alınabilecek önlemlerin gerekliliğini ortaya koymuştur. Kentsel dönüşüm 2004 yılında 'Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Tasarısı' adı altında yasallaştırılmıştır. Yasada ilkel olarak kentin eskiyen dokularının ve yerleşim alanlarının niteliksel kentsel mekânlara dönüştürülmesi, tarihi ve kültürel dokunun ise koruma kullanma dengesi içerisinde yenilenerek kullanılması amaçlanmıştır (Doğanay, 2016). 2004 yılında yürürlüğe giren 5104 sayılı Kuzey Ankara Girişi Kentsel Dönüşüm Projesi Kanunu doğrudan kentsel dönüşümle ilgili çıkarılan ilk kanundur ve amacı 'kuzey Ankara girişi ve çevresini kapsayan alanlarda kentsel dönüşüm projesi çerçevesinde fiziksel durumun ve çevre görüntüsünün geliştirilmesi, güzelleştirilmesi ve daha sağlıklı bir yerleşim düzeni sağlanması ile kentsel yaşam düzeyinin yükseltilmesidir' şeklinde belirtilmektedir. Yine aynı dönemde çıkarılan 5216 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu ve 5393 Sayılı Belediye Kanunu ile ilk kez belediyelere kentsel dönüşüm konusunda yetki verilmiştir. Önce 1999 yılında yaşanan Marmara Depremi ardından 2011 yılında gerçekleşen Van Depremi kentlerde afetlere yönelik tedbirlerin yanında dayanıksız yapı stokunun tasfiyesi gereksinimini de ortaya çıkarmıştır. Bu kapsamda 2012 tarihinde 6306 Sayılı "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun" yürürlüğe girmiştir. Bu yasayla hem kentler hem de kırsal alanlar planlı olarak mekânsal dönüşüme açılmış ve mekânsal dönüşüm kentlere özgü olmaktan çıkarılmıştır (Polat, 2015). Söz konusu yasal düzenlemeler ve gelişmelerle birlikte afet alanlarında yaşanabilecek risklerin en aza indirilmesi, işlevini yitirmiş kent alanlarında ve çöküntü bölgelerinde iyileştirme ve canlandırma çalışmaları yapılarak kente tekrar kazandırılması, kentin tarihi ve kültürel dokusunun korunması ve bu sayede kentsel alanın fiziksel ve çevresel durumunun daha iyi hale gelmesiyle birlikte sağlıklı bir yaşam çevresi sunulması hedeflenmektedir.

## **SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

Tarihsel süreçte Anadolu'da yaşanan toplumsal/ekonomik/politik değişim/dönüşüm sürecinin mekânsal bir karşılığının olması kaçınılmazdır. Süreçte, çalışmada görüldüğü gibi dönüşümü gerektiren ya da hızlandıran kimi eşiklerin bulunduğunu söylemek olanaklıdır. Cumhuriyet öncesi dönemde başta yangın bölgelerinin dönüşümüne yönelik başvuru kentsel yenileme/dönüşüm uygulamalarının yanı sıra dönemde yaşanan erişime yönelik teknolojik gelişmeler doğrultusunda, kentlerde, insan-hayvan ölçekli yolların genişletilerek yeni ulaşım modlarına elverişli hale getirilmesi

amacıyla düzenlemelerin yapıldığı görülmektedir. Cumhuriyetin ilanı ile siyasi yaşamda görülen değişiklikler kent mekânlarını da etkilemiştir. Ankara'nın başkent olarak imar süreci ya da savaş sonrası hasar görmüş kentsel bölgelerin imarı öncelikli kentsel dönüşüm konularından olmuştur. Dönem şartlarında sanayiye yönelik geliştirilen atılımlar ve ülkeyi 'demir ağlarla' örme stratejisi kentlerin de geleceğini şekillendirmiştir. Dönem içinde yaşanan Askeri Darbe (1960) ve sonrasında 1961 Anayasası ile sosyal devlet kavramı ağırlık kazanmıştır. 1980 sonrasında yasalarda daha çok yer edinmeye başlayan kentsel dönüşüm projeleri kentlerin geleceğini güvenceye almak için başvuru bir araç olurken aynı zamanda küresel ölçekte boy göstermeye başlayan neoliberal ekonomi ve politikaların ekseninde kentler sermaye piyasasının bir ürünü haline gelmiştir. 1980 sonrası dönemde koruma ve yenileme yaklaşımları birlikte kullanılırken 2000 ve sonrası dönemde koruma, yenileme, sağlıklaştırma ve seçkinleştirme stratejileri kullanılmıştır. 1999 Marmara depremi ile kentlerin afet risklerine karşı planlanması 2000'li yıllar ve sonrası için kentsel dönüşümün temel endişesi olmuş ve 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkındaki Kanun ile yasalarda da yerini bulmuştur.

Türkiye'de kentsel dönüşüm deneyiminin tarihsel analizini içeren bu araştırma kapsamında Cumhuriyet öncesi dönemden günümüze kadar kentlerin geçirdiği sosyo-kültürel, siyasi, ekonomik, yasal ve yönetsel, politik, ideolojik ve morfolojik değişimlerin kentsel dönüşüm pratiği üzerindeki etkileri olabildiğince geniş bir literatür taraması ile incelenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda kentsel dönüşüm olgusunun daha iyi anlaşılabilmesi ve kentlerde doğru uygulanabilmesi için öncelikle kentleri meydana getiren sosyal dokunun, fiziksel yapının, tarihinin, yasal ve yönetsel süreç içerisindeki yerinin, mevcut kaynaklarının neler olduğunun kavranılmasının, ardından kendi içindeki olanakları ve sınırları kapsamında değerlendirilmesinin gerekliliği bir kez daha belirginlik kazanmıştır.

## KAYNAKÇA

- Açıkgöz, Ö. ve Özkan, B. (2009). 1929 Ekonomik Buhranı ve Türkiye Ekonomisine Etkileri. *Mevzuat Dergisi*, 12 (136).
- Akkar, M. (2006). *Kentsel Dönüşüm Üzerine Batı'daki Kavramlar, Tanımlar, Süreçler ve Türkiye. Planlama Dergisi*, ODTÜ.
- Ataöv, A. ve Osmay, S. (2007). *Türkiye'de Kentsel Dönüşüme Yöntemsel Bir Bakış. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.*
- Diñer, İ. & Akın, O. (1994). *Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kapsamında Koruma Planı ve İdari Yapısı. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, (19), 176-196.
- Doğanay, G. (2016). *Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Politikaları (2002-2014 Dönemi).*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Ezer, F. (2010). 1929 Ekonomik Krizinin Türkiye'ye Etkileri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20, (1), 427-442.
- Genç, N. (2008). *Türkiye'de Kentsel Dönüşüm: Mevzuat ve Uygulamaların Genel Görünümü. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15, (1), Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

- Kartal, C. (2019). Cumhuriyet'in Başkentinin Mekânsal Dönüşümü ve 1928-1930 Dönemi Hâkimiyet-i Milliye Gazetesine Yansımaları. *Üsküdar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (9), 306-344, İstanbul.
- Keleş, R. (2012). Türkiye'de Yerel Yönetimlerde Kentsel Dönüşüm Yönetim Süreci. *Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü Türkiye'de Yerel Yönetimlerde Kentsel Dönüşüm Süreci Çalıştayı*, Ankara.
- Keskinok, Ç. (2001). 17 Ağustos Depremi, Kentleşme ve Planlama Sorunları Üzerine Düşünceler. *Planlama Dergisi*, 2001 (3), 33-39.
- Korkmaz, H. (2013). Yerel Politikalarda Kentsel Dönüşüm Uygulamaları: Kayseri İli Örneği. *Yerel Politikalar Dergisi*.
- Köktürk, E. (2003). Türkiye'de 'Gecekondu ve İmar Affı' Üzerine Bir İnceleme. *Jeodezi Jeoinformasyon Arazi Yönetimi Dergisi*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Yayını.
- Köktürk, E. ve Köktürk, E. (2007). Türkiye'de Kentsel Dönüşüm ve Almanya Deneyimi. 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- Özden, P. (2000). Kentsel Yenileme Uygulamalarında Yerel Yönetimlerin Rolü Üzerine Düşünceler ve İstanbul Örneği, İstanbul Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi.
- Polat, S. ve Dostoğlu, N. (2007). Kentsel Dönüşüm Kavramı Üzerine: Bursa'da Kükürtlü ve Mudanya Örnekleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12, (1), 61-76, Bursa.
- Polat, Y. (2015). Türkiye'de Kentsel Dönüşüme Dönemsel Bakış: Elazığ Örneği. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, (21), 185-201, Elazığ.
- Tekeli, İ. (2001) "Kentleri Dönüşüm Mekânı Olarak Düşünmek", *Kent, Kentli Hakları, Kentselleşme ve Kentsel Dönüşüm*. TOMBŞ Şehir Plancıları Odası.
- Tekeli, İ. (2009). Türkiye'de Cumhuriyet Döneminde Kentsel Gelişme ve Kent Planlaması. 75 Yılda Değişen Kent ve Mimarlık Dergisi, 136-134, Ankara.
- Tekeli, İ. (2010). Türkiye'nin Kent Planlama ve Kent Araştırmaları Tarihi Yazıları. *Tarih Vakfı Yurt Yayınları*, İstanbul.
- Tekeli, İ. ve Ortaylı, İ. (1978). Türkiye'de Belediyeciliğin Evrimi. *Türk İdarecileri Derneği*, Ankara.
- Üstün, G. (2008). Kentsel Dönüşüm. *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Yaman, M. (2000). Kentsel Dönüşümün Mevcut Durumu ve Güncel Gelişmeler.
- Yenice, M. (2014). Türkiye'nin Kentsel Dönüşüm Deneyiminin Tarihsel Analizi. *BAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16,(1) ,76-88.
- Yıldırım, A. (2004). Kentleşme ve Kentleşme Sürecindeki Göçün Suç Olgusu Üzerindeki Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara Üniversite.
- Yıldız, S., Kıvrak, S., & Arslan, G. (2018). Kentsel Dönüşümde Yapılı Çevre Tasarımı ve Sürdürülebilirlik İlişkisi. *Çağdaş Yerel Yönetimler Dergisi*, 27, (1), 53-75.



Yılmaz, İ. (2015). Gecekondü Direnişii: Dikmen Vadisi Örneği. Mülkiye Dergisi, 39, (2), 309 – 314, Ankara.

Yılmaz, O. (2018). Gelişmiş Ülkelerde Ekonominin Geliştirilmesine Yönelik Gerçekleştirilen Kentsel Dönüşüm Uygulamaları. Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 8, (15).

Yolcu, F. (2021). Türkiye'de Kentsel Dönüşümün Yasalar ve Aktörler Üzerinden Dönemsel Olarak Değerlendirilmesi. Planlama Dergisi, 31, (3), 393–401.

Yüksel, Y. (2017). Architecture of the City in the Posturban Transformation. İstanbul Teknik Üniversitesi.

## 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi Sonrası Bayraklı İlçesi Yapı Hasar Durumlarının Kentsel Gelişim Biçimi Üzerinden Değerlendirilmesi

Sultan BOZ<sup>1</sup>, Hayat ZENGİN ÇELİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>[ssultanboz@gmail.com](mailto:ssultanboz@gmail.com) ; Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kentsel Tasarım Yüksek Lisans, İzmir / Türkiye.

ORCID: 0009-0001-4575-8152

<sup>2</sup>[hayat.zengin@deu.edu.tr](mailto:hayat.zengin@deu.edu.tr) ; Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Prof. Dr. Öğretim Üyesi, İzmir / Türkiye.

---

### Özet

İzmir kenti, tarihsel süreç içerisinde gerçekleşen nüfus artışı, göç, kaçak yapılaşmalar ve izlenen yanlış kentsel politikalar temelinde afetler ve özellikle de deprem açısından önemli risklerle karşı karşıya gelmiştir. 30 ekim 2020 Ege Denizi depremi ile kentin pek çok ilçesi ciddi biçimde hasar alırken, bu durum kentin yerleşimi ve yapılaşma özelliklerinin sorunlu içeriğini ortaya koymuştur. Veriler Ege denizi depreminden en çok etkilenen ilçenin Bayraklı ilçesi olduğunu göstermiştir. Deprem sonrası yapılan hasar tespit çalışmalarında en yüksek hasarı Bayraklı İlçesi almıştır. Bayraklı ilçesinin mekânsal gelişme sürecinde göç ve gecekondulaşma önemli bir yer tutmaktadır. Bayraklı'nın gecekondu ile özdeşleşen dokusunun önüne geçebilmek amacı ile 1980 yılı sonrası yapılan imar planları ile kooperatifleşme teşvik edilmiştir. Böylece süreç içerisinde ilçenin kuzey ve güney çeperlerinde site ve blok yapılaşmalar yoğunluk kazanmıştır. Sonrasında yeni kent merkezinin bu bölgeye taşınmazı ile yapılaşma düzeni ve yoğunluğu farklı bir boyut kazanmıştır. Hasar tespit verileri incelendiğinde hasarın yoğunlaştığı bölgelerin Bayraklı'da planlı yapılaşma alanı olarak nitelendirilebilecek ruhsatlı, çok katlı, site-blok yapılaşmasının olduğu bölgelerde yoğunlaşması dikkat çekicidir. Bu noktadan hareketle çalışmanın amacı hasar verileri ile yerleşmenin mekânsal gelişme süreci arasında ilişki kurarak, yapılaşma özelliklerinin deprem hasarlarındaki etkisini tartışmaya açmaktır. Bu doğrultuda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kayıtlarındaki hasar verileri ve mevcut yapısal veriler CBS ortamında mekansallaştırılarak ilişkiyel değerlendirilmeler ve analizler gerçekleştirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** 30 Ekim Ege Denizi Depremi, Bayraklı İlçesi, Mekansal Gelişme Süreci, Yapı Hasar Durumu, Yapılaşma Özellikleri

---

### Abstract

The city of Izmir has faced significant risks in terms of disasters and especially earthquakes, based on population growth, migration, illegal construction and wrong urban policies throughout history. While many districts of the city were seriously damaged by the Aegean Sea earthquake of 30 October 2020, this situation revealed the problematic content of the city's location selection and construction

features. Data showed that the district most affected by the Aegean sea earthquake was Bayraklı district. In the damage assessment studies carried out after the earthquake, Bayraklı District received the highest damage. Migration and slum settlement have an important place in the spatial development process of Bayraklı district. In order to prevent the texture of Bayraklı identified with slums, cooperative formation was encouraged with the development plans made after 1980. Thus, in the process, site and block constructions increased in the north and south sides of the district. Subsequently, with the immovable property of the new city center in this region, the construction order and density gained a different dimension. When the damage assessment data is examined, it is noteworthy that the areas where the damage is concentrated are in the areas where there is licensed, multi-storey, site-block construction, which can be described as a planned construction area in Bayraklı. Starting from this point, the aim of the study is to establish a relationship between damage data and the spatial development process of the settlement and to discuss the effect of construction features on earthquake damage. In this regard, damage data and existing structural data in the records of the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change will be spatialized in the GIS environment and relational evaluations and analyzes will be carried out.

**Keywords:** 30 October Aegean Sea Earthquake, Bayraklı District, Building Damage, Building Features, Spatial Development Process

---

## GİRİŞ

İzmir, tarih boyunca çeşitli medeniyetlere ev sahipliği yapmış ve sürekli olarak gelişen bir kentleşme süreci yaşamıştır. 20. yüzyılın ortalarından itibaren hızlanan sanayileşme ve göç dalgaları, kentin çehresini değiştirmiş ve nüfus yoğunluğunu artırmıştır. Bu hızlı kentleşme süreci, plansız yapılaşmayı ve alt yapı eksikliklerini beraberinde getirerek, İzmir'i deprem riskine açık hale getirmiştir. 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi'nin yaşanmasıyla birlikte İzmir'in birçok ilçesi hasar almış fakat %65,70 oranıyla en çok hasarı Bayraklı almıştır. Bu durum İzmir'in 1950 sonrası yerleşimin Bayraklı'da yoğunlaşması ve konumu itibarıyla kente yüklenen sorumlulukların ani bir şekilde artmış olması ile doğrudan ilişkilidir.

## BAYRAKLI'NIN KENTLEŞME SÜRECİ

İzmir'de ilk kentsel oluşum M.Ö. 3000'li yıllara dayanan Antik Smyrna olarak da bilinen Bayraklı'da kurulmuştur. Smyrna geçmiş yıllarda üç tarafı denizlerle çevrili olan Bayraklı'da bir höyük üzerinde yer almaktadır. Ancak zaman içinde, Meles Irmağı'nın taşıdığı alüvyonlar deniz kenarındaki bölgeleri doldurmuş ve Smyrna'nın bulunduğu alan da bu mil ile kaplanmıştır. Bu durum, antik dönemde deniz kenarındaki bölgelerin giderek karaya dönüşmesine ve Smyrna'nın coğrafi yapısının değişmesine neden olmuştur. Höyüğü zaman içerisinde birçok gezgin ziyaret etmiş ve yazılarında bölgenin bataklık olduğuna yer vermişlerdir (İzmir Ticaret Odası, 2008). Bayraklı İlçesi, 2008 yılında 20 mahallesi Karşıyaka'dan ve 3 mahallesi Bornova'dan olan 23 mahallenin birleşmesi ile oluşmuştur. Bayraklı'nın geçmişi İzmir'in ilk yerleşmesi olarak bilinen Smyrna Antik kenti, geleceği ise İzmir için oldukça stratejik bir öneme sahip olan Yeni Kent Merkezini oluşturmaktadır. Bayraklı İzmir'de bilinen en eski

yerleşim yeri olmakla birlikte zaman içerisinde planlı yerleşim alanı, liman kenti, gecekondu bölgesi, yeni kent merkezi ve kentsel dönüşüm gibi önemli kentsel konularda başrol olmayı sürdürmüştür.

### **A. 1950 Sonrası Ani Göç Hareketi ve Bayraklı’da Gecekondulaşma**

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sanayi sektörünün gelişmesi ile birlikte İzmir’in kent nüfusunda hızlı bir artış yaşanmıştır. Bu nüfusun özellikle İzmir’e ilk varış noktası olan Bayraklı’da yoğunlaştığı açıkça fark edilmektedir. 1950’lerden 1990’lara kadar olan dönemde İzmir’e yönelik göç oranı ciddi şekilde artmıştır. Örneğin, 1950 yılında %17,1 olan göç oranı, 1990 yılında %42,7’ye yükselmiştir. Bu süreçte, İzmir’deki nüfusun hızlı artışıyla birlikte konut talebi de artmıştır. Bu durum, İzmir’de konut açığının gittikçe artmasını sağlamıştır (Karadağ ve Mirioğlu, 2012; Mutluer, 2000). Konut açığını gidermenin en hızlı yolu olarak halk gecekonduya yönelmiş ve kaçak yapılaşmalar ciddi oranda baş göstererek kısa süre içinde Bayraklı en büyük gecekondu bölgelerinden biri haline gelmiştir. 1980’li yıllarda yapılan toplu konut projeleri ve düzenleme çabaları, gecekondulaşmayı tamamen engelleyememiş ve bu sürecin önüne geçilememiştir. Gecekondu alanlarının düzenlenmesi ve kentsel dönüşüm çalışmaları devam etse de, hızlı kentleşme ve göç gibi etmenler gecekondulaşmanın devam etmesine neden olmuştur (Karadağ ve Mirioğlu, 2011).

### **B. 1980 Sonrası İmarlı Yerleşim ve Kooperatifleşme**

1980’lerin başında Türkiye’de ekonomi ve inşaat sektörü büyük bir durgunluk yaşamıştır. Bu dönemde, inşaat sektörünün diğer sektörleri canlandırma gücünden yararlanmak ve ekonomik koşullar nedeniyle konut ihtiyacını karşılamak için çeşitli arayışlar başlamıştır. Bu süreçte, 1981’de kabul edilen 2487 sayılı Toplu Konut Kanunu ve sonrasında 2985 sayılı Toplu Konut Kanunu gibi yasalar yürürlüğe girmiştir. Özellikle 1984 sonrasında kabul edilen 2985 sayılı Toplu Konut Yasası, devletin konut sektörüne müdahalesinde önemli bir adım olmuştur. Yasaların bir sonucu olarak, Toplu Konut Fonu ve Toplu Konut İdaresi gibi yapılar oluşturulmuştur. Kanun ve yönetmeliklerde, konut yapımında kooperatiflerin rolü belirgin bir şekilde öne çıkmış ve koşulların sağlanmasıyla birlikte, konut kooperatiflerinin sayısında büyük bir artış yaşanmıştır. Bu durum, kooperatifler aracılığıyla inşa edilen konutların ruhsatlı konut sunumu içindeki paylarının da artmasını sağlayarak ve hem inşaat sektörünü canlandırmaya hem de konut ihtiyacını karşılamaya yönelik önemli bir adım olmuştur (Koç, 2022). 1980 sonrası inşaat sektöründe doğru yönelim amacı imar planlarına da yansımıştır. Yapılan imar planlarında kooperatife teşvik etmek amacı ile ‘Y Koşulu’ belirtilmiştir. Y koşulu kadastral parsel üzerinden tanımlanan bir inşaat alanı hesabıdır. Hesaplamalardaki farklılaşmayı ve 1980’li yıllarda Bornova ve Karşıyaka’da yürürlüğe giren uygulama imar planlarında ‘*kooperatiflere taks veya kaksta kullanılacak %10 artış veya 1 kat artışı*’ ifadesinden faydalanarak konutlarını yapanların daha sonra hak kaybına uğramaması amacıyla yapılan bir çalışmadır (İzmir Karşıyaka Belediyesi, Plan ve Proje Müdürlüğü,2021).

### **C. Bayraklı Yeni Kent Merkezi**

İzmir geçmişten bu yana bir liman kenti olması ile anılmaktadır. İzmir Liman Bölgesi, kentin merkezine yakın ve stratejik açıdan önemli bir konuma sahiptir. Bu bölge, Turan-Alsancak arasında yer almakta olup 550 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Kent merkezinde var olan yoğunluğu bir alana



yaymak ve yeni bir merkez oluşturarak bu yükü hafifletmek hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, 2001 yılında Uluslararası Kentsel Tasarım Proje Yarışması düzenlenmiştir. Yarışmada başarılı olan projelerde yer alan veriler ile mevcut veriler sentezlenerek 2003 yılında İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından 1/5000 ölçekli Nazım İmar Planı üretilmiştir (Erdik ve Kaplan, 2009). Erdik ve Kaplan “*İzmir Yeni Kent Nazım İmar Planında ‘yapılarda en düşük zemin geriliminin esas alınacağı’ belirtilmektedir. Denizden kara yönüne gidildikçe kat yüksekliklerinin artacak olması, sıvılaşma olasılığının ve deprem riskinin yüksek olduğu Bayraklı ve Salhane bölgesinde mevcut tehditleri azaltmayacaktır.*” şeklinde çarpıcı bir yorum yapmıştır.

İzmir Yeni Kent Merkezi Planı'nda deprem riski ve sıvılaşma olasılığı gibi önemli tehditlere yeterince odaklanılmamış ve proje çalışmalarında bu konulara oldukça az yer verilmiş ve herhangi bir deprem senaryosu üretilmemiştir. Ayrıca, jeolojik etütlerle toprakla ilgili veriler ayrıntılı olarak belirtilmiş, ancak bu verilerin bina yükseklikleri gibi kritik unsurlar üzerindeki etkileri net değil. Bu nedenle, bölgenin doğal yapısına ve ekolojik süreçlerine dayalı kısıtlamaların belirlenerek nazım imar planının yönde yönlendirilmesi gerekirdi. Bu durumun olası bir deprem afetinde hayati bir önem ile karşımıza çıkması oldukça yüksek bir olasılıktır (Erdik ve Kaplan, 2009).

#### **D. 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi Sonrası Hasar Durumu**

30 Ekim 2020 tarihinde, saat 14.51'de Ege Denizi Seferihisar açıklarında Mw 6,9 (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) olan bir deprem meydana gelmiştir. Yerin 16,54 km. derinliğinde gerçekleşen bu depremde ana şoktan sonra çok sayıda artçı sarsıntı yaşanmış ve birçok ilçede ciddi hasarlar meydana gelmiştir (İzmir Depremi Değerlendirme Rapor, İTÜ,2020).

**Tablo 1.** 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi Sonrası İzmir ili Hasar Durumu (Çşb 2020 verileri kullanılarak hazırlanmıştır.)

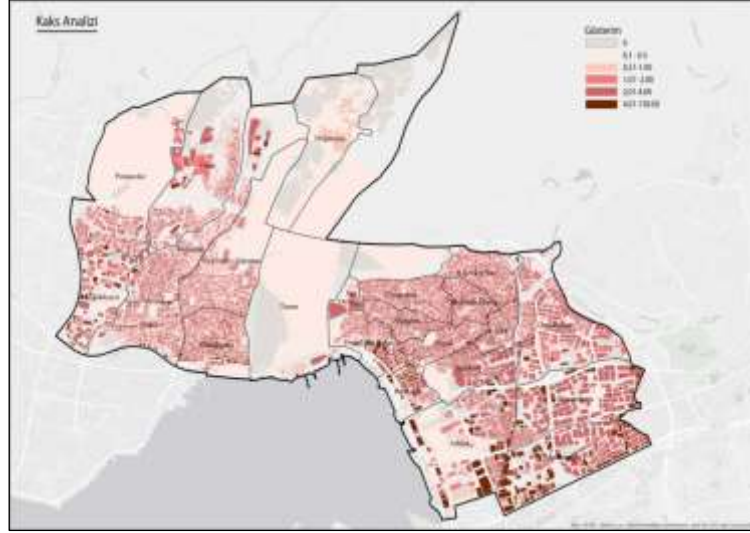
İlçe	Yıkılmış	Acil Yıkılacak	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Toplam
<b>Bayraklı</b>	12	30	133	129	1248	1552
<b>Bornova</b>	6	2	51	52	879	990
<b>Seferihisar</b>	1	0	24	28	311	364
<b>Karşıyaka</b>	4	0	27	84	1158	1273
<b>Aliğa</b>	6	0	10	22	157	195
<b>Buca</b>	2	2	35	32	440	511
<b>Karaburun</b>	1	0	60	6	134	201
<b>Menderes</b>	1	0	21	40	287	349
<b>Menemen</b>	2	0	12	14	227	253
<b>Çeşme</b>	0	0	7	2	65	74
<b>Çiğli</b>	4	0	17	46	209	276
<b>Diğer</b>	26	1	221	204	2182	2634
<b>Toplam</b>	65	35	618	659	7297	8672

30 Ekim 2020 Ege Denizi depremi sonrasında hasar durumlarına bakıldığında toplam yıkılmış, acil yıkılacak ve ağır hasarlı 718 adet bina ve 5032 adet bağımsız bölüm olduğu görülmektedir. Depremde en çok hasarı %65,70 oranıyla Bayraklı ilçesi almıştır. Bayraklı İlçesinde toplamda yıkılmış, acil yıkılacak ve ağır hasarlı 175 adet bina ve 3306 adet bağımsız bölüm olduğu görülmektedir (İzmir Depremi Sonrası Çalışmalar, Çşb, 2020).



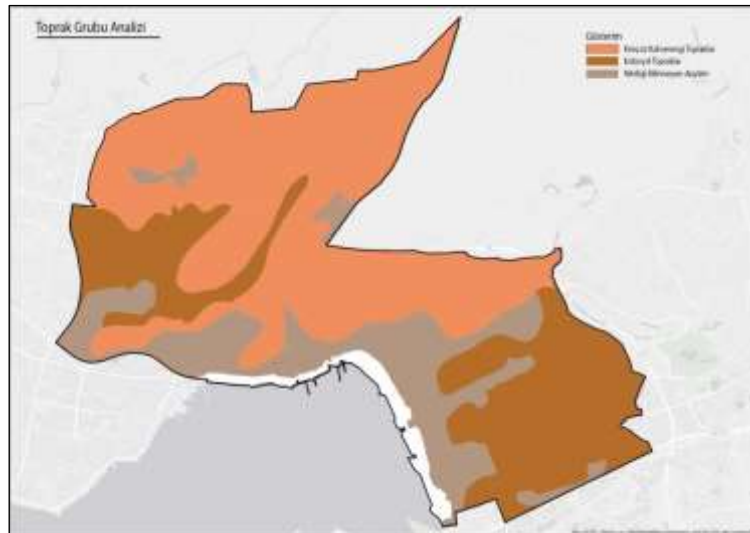


500 ki/ha, 501-750 ki/ha, 750 ve üzeri ki/ha yoğunlukta olduğu görülmektedir. 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi sonrası yaşanan hasarın yoğunluğu en fazla olan bölgelerde yaşandığı görülmektedir.



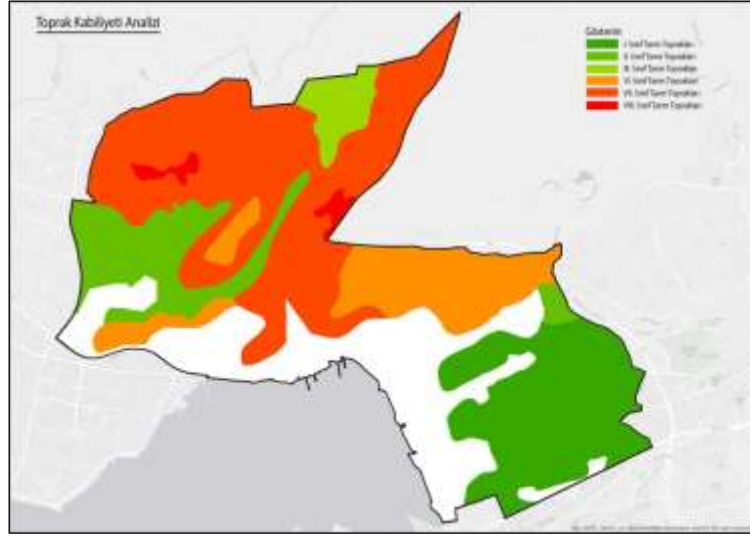
**Şekil 5.** Bayraklı İlçesi Kat Alanları Kat Sayısı Analizi (Çşb 2022 verileri kullanılarak hazırlanmıştır.)

Bayraklı İlçesi özelinde yapılmış olan Kat Alanı Kat Sayısı Analizine göre ilçe genelinde binaların kat alanı kat sayıları 1,01-2.00 aralığındadır. Kat alanı kat alanı kat sayısının en yüksek olduğu bölgeler 30 Ekim 2020 Ege Denizi depreminde en çok hasara ait yapının bulunduğu Adalet, Mansuroğlu ve Manavkuyu mahalleleridir.



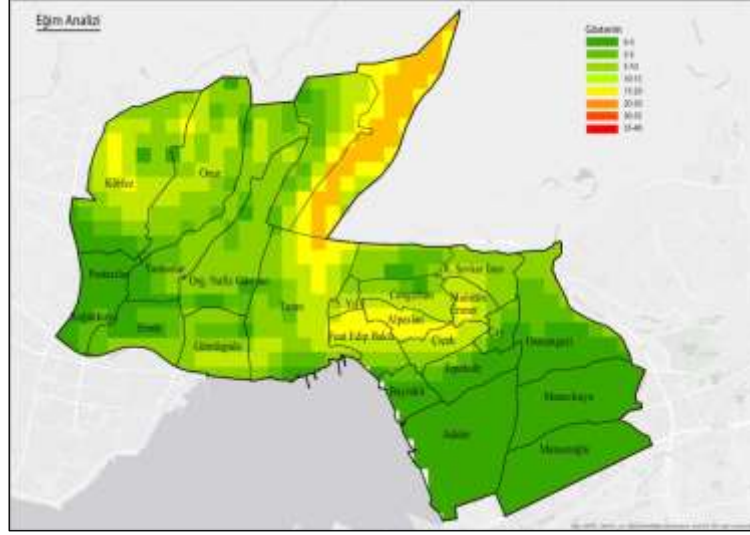
**Şekil 6.** Bayraklı İlçesi Toprak Grubu Analizi (Çşb 2022 verileri kullanılarak hazırlanmıştır.)

Kolüvyal topraklar dağlık alanların yamaçlarında sel ve sularında etkisiyle ufalanan malzemenin birikmesiyle oluşan topraklardır. Bu alanlarda tarımın oldukça elverişli olmasıyla birlikte yumuşak zemin olmasından ötürü yerleşim için çokta uygun olmamaktadır. Kolüvyal toprakların 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depreminden sonra yoğunlukla hasar alan yapıların zeminini oluşturduğu da ayrıca dikkat çekmektedir.



**Şekil 7.** Bayraklı İlçesi Toprak Kabiliyeti Analizi (Çşb 2022 verileri kullanılarak hazırlanmıştır.)

Bayraklı İlçesine baktığımızda ilçenin güneydoğusu ve kuzeybatısında I. sınıf tarım arazileri yer almaktadır. Bu alanlar bütünüyle verimli araziler olup yerleşim yapılmaması gereken alanlardır. Ayrıca geçmişte bu bölgelerin özellikle bamya tarlası olarak kullanılması ve bataklık alanlar olması yerleşim içinde büyük risk alanları oluşturmaktadır. Nitekim 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremindeki en büyük hasarı yine bu bölgeler almıştır.



**Şekil 8.** Bayraklı İlçesi Eğim Analizi (Çşb 2022 verileri kullanılarak hazırlanmıştır.)

Bayraklı dağ yamacına kurulmuş bir kenttir bu sebeple merkezinde eğimin fazla olduğu zamanla dağdan kopan parçalar ile kara kısmının su ile birleşen yerlerinde genişlemeler olmuştur. Bu durum aslında eğimsiz yerlerin zemin açısından daha riskli olduğu yorumunu yapmamıza ortam sağlamış ve yaşanan 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi daha çok kentin az eğimli olan alanlarında hasara sebep olarak bunu destekler niteliktedir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Dünya nüfusunun giderek artması ile birlikte kentler git gide büyümektedir. Bu büyüme ile beraber artan ihtiyaçları karşılamak adına düzensiz yapılaşmalar ve sağlıklı kent planları ortaya çıkmaktadır. Düzensiz yapılaşmalar kenti oluşturabilecek her türlü tehlike karşısında dirençsiz bırakmakta ve hayati risk oluşturmaktadır bununla birlikte düzenli yapılaşmanın hedeflendiği alanların iyi analiz edilmesi ve uygun planların oluşturulması bu tehlike durumlarını en aza indirmenin en güvenilir yoludur.

İzmir 1950 yılı ve takip eden yıllar içerisinde sanayileşmenin de etkisi ile kırdan kente göç eden nüfusun yoğunlaştığı kentlerin başında gelmektedir. Kentin ani göç hareketine karşı savunmasız olması birçok gecekondu alanlarının oluşmasına sebep olmuştur. Giderek büyüyen bu sağlıklı gecekondu yerleşiminin önüne geçme amacı ile kentsel anlamda birçok girişim yapılmış, bu girişimler özellikle 1980 -2000 yılları arasında toplu konut ve yapı kooperatifi yönünde harekete geçmiştir. 1980'li yıllarında başlayan bu çalışmalar imar planlarında 'Y Koşulu' ile belirtilen alanda ilave taks ve kaks alanlarında %10 artış ile desteklenmiştir. Öte yandan bölgenin gelişmesine yönelik 1978 yılında yapılan planda yeni kent merkezi olarak gündeme gelmiştir. Yapılan bu çalışmalar alanda var olan yoğunluğun daha da artmasına, düzenli ve düzensiz olarak ayrıışan bir kentsel yapı ortaya çıkmasına sebep olmuştur.



Alanın cazibesini arttırmak amacı ile yapılan çalışmalar mevcutta deprem riskini taşıyan ve zeminde sivilaşmaların yer aldığı bölgede kat artışları, inşaat alanlarında artışların olması bölgedeki mevcut deprem riskini artırması göz ardı edilmiştir. Bu gelişmelerin kente yansıdığı yıllar çoğunlukla 1990'ların sonu ve 2000'lerin başıdır. Alandaki yerleşimlerden sonra ilk büyük deprem 30 Ekim 2020 tarihinde yaşanmıştır. 6,9 büyüklüğünde olan depremde İzmir'in birçok ilçesinde can ve mal kaybına sebep olmuştur.

İzmir'de en çok hasarı %65,70 oranıyla Bayraklı ilçesi almıştır. Hasar alan mahalleler incelendiğinde yoğunluğun Adalet, Manavkuyu ve Mansuroğlu Mahallerinde olduğu görülmektedir. Yapı hasar durumu sonuçlarına bakıldığında sağlıklı ve düzensiz yapılaşma olarak belirttiğimiz gecekondu bölgesinde hasar yok denilebilecek kadar azdır öte yandan 1980 sonrası imarlı yerleşim olarak belirtilen alanlarda ciddi oranda hasar olduğu görülmektedir. Planlama geçmişi ile doğal ve mekansal yapı analizleri incelendiğinde düzenli yapılaşmaya teşvik etmek amacı ile verilen taks ve kaks alanlarındaki %10 artış, yeni kent merkezi arkasında yer alan mahallelerde kat sayısı artışları ve alana ağır gelen bir yoğunluğa sebep olduğu ayrıca antik geçmişinde deniz olan bu alanların zamanla dolup kara sınırlarına eklenmiş olması bu sebeple bataklık olarak nitelendirilen alanlarda yerleşimin yer alması bu hasarların oluşmasına ciddi anlamda zemin hazırladığı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKÇA

- Akyüz Levi, E. E. ve Genç, U. D. (2018). 19. Yüzyıldan Günümüze İzmir'in Morfolojisindeki Değişimde Tarihi Dokuların Yeri. II. Kentsel Morfoloji Sempozyumu, İstanbul, Turkey.
- Erdik, A. ve Kaplan, A. (2009). İzmir Liman Bölgesinde Proje Yarışmasından Nazım İmar Planına Dönüşüm Sorunu. Ege Coğrafya Dergisi, sayı.18, ss. 49-58.
- İzmir Depremi Değerlendirme Raporu.(2020). İstanbul Teknik üniversitesi.
- İzmir Kentsel Dönüşüm Yol Haritası 1.Safha Raporu. (2022). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, KEYM Kentsel Yenileme Merkezi
- İzmir Depremi Sonrası Çalışmalar. (2021). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. TOKİ.
- Karadağ, A. ve Mirioğlu, G. (2011). Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Politikaları ve Uygulamaları Üzerine Coğrafi Değerlendirmeler: İzmir Örneği. Ege Coğrafya Dergisi, sayı.2, ss. 41-57.
- Karadağ, A. ve Mirioğlu, G. (2012). Bayraklı Kentsel Dönüşüm Projesi Üzerine Coğrafi Değerlendirmeler. Türk Coğrafya Dergisi sayı.57, ss. 21-32.
- Koç, H. A. (2022). Forgotten Organization in Urban Housing Supply: Housing Cooperatives. İdealkent, vol.13, no.37, pp.1517-1548.



Mutluer, M. (2000). Kentleşme Sürecinde İzmir’de Toplu Konut Uygulamaları ve Sorunlar. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları. No. 99. İzmir

Yeni Kurulan Bayraklı İlçesi Değerlendirmesi Raporu. (2008). İzmir Ticaret Odası.

## Kent Hakkı Kavramının Peyzaj Mimarlığı Bağlamında Değerlendirilmesi

Beyza Ece EMEKSİZ<sup>1</sup>, Ayça Yeşim ÇAĞLAYAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [beceemeksiz@gmail.com](mailto:beceemeksiz@gmail.com) ; İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul / Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [ayesim@iuc.edu.tr](mailto:ayesim@iuc.edu.tr) ; İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul / Türkiye.

---

### Özet

Bu çalışma, kentlerde yaşayan bireylerin “kent hakkı” kavramı çerçevesinde eşit katılım, sağlıklı çevrede yaşama hakkı ve kamusal alanlara erişim haklarına odaklanarak sürdürülebilir kentleşme hedeflerine katkı sağlamaktadır.

Peyzaj mimarlığı özelinde yapılabilecek çalışmalarla ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Bu bağlamda kent hakkı kavramı sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir kentleşme kavramlarıyla ilişki kurularak peyzaj mimarlığı kapsamında incelenmiştir.

Çalışma, kentlerde yaşayan bireylerin kent hakkına, sağlıklı çevrede yaşama hakkına ve kamusal alanlardan faydalanma hakkına eşit şekilde sahip olması gerekliliğini vurgulamaktadır.

Çalışmada, belediyelerin stratejik kalkınma planları hazırlanırken peyzaj mimarları ile iş birliği yapılması, yeşil alan ve kamusal alan zorunluluklarının belirlenmesi, farklı meslek disiplinlerinin ortak karar mekanizmaları oluşturması, sosyal adaletin sağlanması ve erişilebilirlik ilkelerinin kentsel alanlarda zorunlu kılınması gibi öneriler yer almaktadır.

Sonuç olarak, peyzaj mimarlarının sürdürülebilir kent politikalarının oluşturulmasında etkin rol alabileceği ve kent hakkı kavramının peyzaj mimarlığı bağlamında değerlendirilmesinin toplumsal refahın artırılması ve sürdürülebilir kentleşme hedeflerine katkı sağlayabileceği vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kent hakkı, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir kentleşme, peyzaj mimarlığı

---

### Abstract

This study contributes to sustainable urbanization goals by focusing on the rights of individuals living in cities to equal participation, the right to live in a healthy environment and access to public spaces within the framework of the concept of "right to the city".

A literature study was conducted on the studies that can be done in landscape architecture. In this context, the concept of right to the city was examined within the scope of landscape architecture by establishing a relationship with the concepts of sustainable development and sustainable urbanization.

The study emphasizes that individuals living in cities should equally have the right to the city, the right to live in a healthy environment and the right to benefit from public spaces.

The study includes recommendations such as cooperating with landscape architects while preparing strategic development plans of municipalities, determining green space and public space

requirements, creating joint decision mechanisms of different professional disciplines, ensuring social justice and making accessibility principles mandatory in urban areas.

In conclusion, it is emphasized that landscape architects can play an active role in the creation of sustainable urban policies and that the evaluation of the concept of right to the city in the context of landscape architecture can contribute to the goals of increasing social welfare and sustainable urbanization.

**Keywords:** Urban rights, sustainable development, sustainable urbanization, landscape architecture

---

## GİRİŞ

Küreselleşen dünyada teknolojik gelişmeler her geçen gün hız kazanmaktadır. Bu hızlı değişim, aslında sağlıklı bir çevre oluşturma potansiyeli sunsa da, ülkelerin kapitalist politikaları sonucunda toplumlar arasındaki ekonomik uçurumları arttırmaktadır. Böylelikle sermaye sahiplerinin kaliteli yaşama ve sağlıklı çevreye ulaşımı kolaylaştırmakta, sermaye sahibi olmayan ve toplumun büyük çoğunluğunu oluşturan bireylerin ise mevcut koşulları daha sağlıklı bir hale getirmektedir.

Bu sistem içerisinde kentlilerin her geçen gün yeni bir sorunla karşılaşmasının kaçınılmaz olması sonucunda bazı hak talepleri ortaya çıkmaktadır. Bu hak talepleri doğrultusunda “kent hakkı” kavramı öne çıkmaktadır. Kent hakkı kavramının çerçevesini çizdiği kentlilerin eşit katılım hakkı, kentsel kararlar ve mekanlara erişim hakkı önem kazanmaktadır.

Kentlilerin talepleriyle ilişkili politikalar ortaya koymasıyla sürdürülebilir kalkınmanın üç anahtar kelimesi “sürdürülebilirlik, ekoloji ve ekonomi” kentliler için sağlıklı çevre ve adil bir kent sistemi için ideal çözümlere zemin hazırlamaktadır.

Kent yaşamını planlayan ve inşa eden mekanizmaların içinde bulunan peyzaj mimarları kentsel politikalara önderlik etme ve kentsel stratejileri geliştirme konusunda rol almalıdır. Bu çalışmanın amacı süregelen kapitalist sistemin sonuçları doğrultusunda ortaya çıkan eşitsizlik ve sağlıklı çevre koşullarının ortadan kaldırılmasına; peyzaj mimarlığı bağlamında, kent hakkı kavramını irdeleyerek, katılımcı çözümler ile birlikte kent stratejileri ortaya koyulmasına sürdürülebilir kentleşme hedefleri çerçevesinde katkı sunmaktır.

## YÖNTEM

Ele alınan kent hakkı kavramı doğrultusunda peyzaj mimarlığı özelinde yapılabilecek çalışmalarla ilgili detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasının yanı sıra yerel yönetimlerin stratejik kalkınma planları, uluslararası sözleşmeler ve iklim değişikliği konusu ile ilgili kaynaklar incelenmiştir. Sonuç olarak üzerinde durulması gereken konunun sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir kentleşme kavramları olduğu tespit edilerek kent hakkı kavramı peyzaj mimarlığı bağlamında bu kavramlarla birlikte değerlendirilmiştir.

## **BULGULAR**

### **1. Kent Hakkı**

Kent Hakkı kavramını ilk kez 1968 yılında Henri Lefebvre dile getirmiştir. 1990 yılında ise Avrupa’da kent ve çevre hareketleri doğrultusunda David Harvey bu kavramı yeniden yorumlamıştır. Kent Hakkı’ını Lefebvre kapitalizmin uzantısı olarak kent yaşamının tahrip edilmesiyle doğan bir talep olarak tanımlamıştır.

Hem Lefebvre hem de Harvey’in görüşlerinde en önemli noktalardan biri, her ikisinin de kapitalizmin kendi devamlılığını sürdürmesinde kentleşmenin rolünü ele almalarıdır. Her iki yazar için de kentleşme kapitalist sistemin basit bir çıktısı ya da sonucu değildir. Kapitalizm kentleşme süreci ile kendisini yeniden üreten ve bu şekilde devamlılığını sağlayan bir sistemdir. (Dinçer,2016).

Kapitalist sistemde kentsel mekanlar ve toplumsal ilişkiler de yeniden üretilerek kendi kendini döndüren bir çarka evrilmiştir. Kent sorunlarını kapitalizm üretmekte ve kent sorunlarından bazılarını da kapitalizm sonuca kavuşturarak yeni sorunlar üretilmesine önayak olmaktadır.

Harvey’e göre kapitalizm, krizlerini “uzamsal çözümler” üreterek aşmaktadır, bunu hem sınırlarını coğrafi olarak genişleterek, hem de kendine uygun coğrafyayı yeniden yaratarak gerçekleştirmektedir. Alanları işgal ederek ve düzenleyerek, altyapı, iletişim ve ulaşım için üretilmiş alanlar kurarak, adaletsiz mekansal gelişimi ve uzamsal ilişkileri üreterek kendi dinamiklerine uygun coğrafya ve yerler yaratarak devamlılığını sağlamaktadır. Hatta kimi zaman kendi ürettiği bu alanları yıkarak yeniden düzenlemektedir (Harvey, 2008).

Bu bağlamda kent hakkı kavramın kentlerin yalnızca fiziksel yapılarının değil bununla birlikte toplumsal, kültürel ve politik yapılarının da önemli olduğunu anlatan bir kavramdır. Kentsel planlama ve politika yapımında demokratik katılım ve adaletin sağlanması gerekmektedir.

Lefebvre’nin görüşleri, kent hakkını, kentte yaşayan tüm bireylerin eşit katılım hakkına, kentsel kararlara ve mekanlara erişim hakkına dayalı olarak tanımlar. Kent hakkı, kentsel yaşamın planlanması, düzenlenmesi ve kullanılmasında yurttaşların etkin katılımını ve demokratik karar süreçlerini içermelidir.

Lefebvre’ye göre kent hakkı sadece fiziksel olarak düşünülemez, aynı zamanda kentsel mekanın kullanımı, sosyal etkileşim, çeşitlilik ve toplumsal adalet gibi olguları da içinde barındırır. Ona göre, kent hakkı, insanların şehirde sadece barınma hakkına değil, aynı zamanda kendilerini ifade etme, sosyal etkileşim içinde olma ve kent yaşamını etkileyen kararlara katılma hakkına da sahip olmalarını içerir.

Temelde kent hakkının ortaya çıkması direkt olarak kapitalizm ile ilişkilidir. Kent hakkı ile talep edilenlerin elde edilebilmesi de kapitalizmin devamlılığının son bulmasıyla mümkün olabilecektir.

Kentleşme sürecinde aksi yönde çabalara rağmen etkin olan hala sermaye mantığıdır. Bunun sonucu olarak da sadece yerel yönetim ya da devletlerin yapacağı yasal düzenlemelerle ve planlama ile sermaye ve rant sisteminin değişmesi olası değildir. Bu nedenle kent hakkı kavramı, barınma, sağlık, eğitim, temiz su, temiz çevre, kent yönetimine katılma, yoksulluk ve ayrımcılığın önlenmesi gibi hakların çok üstünde bir haklar bütünü temsil etmektedir. Kentleşme sürecinde hakim olan sermaye olgusuna karşı toplumda yaşayan bireylerin haklarını temel alacak bir kentleşme sürecini koyarak kent hakkı, kentsel sistemde ve onu üreten ilişkilerde tamamen bir değişim önermektedir (Dinçer,2016).

### **2. Sürdürülebilir Kalkınma**

Sürdürülebilir kalkınma kavramı üç zorunluluğu beraberinde getirmektedir: insanların ihtiyaçlarını karşılamak, sosyal eşitliği sağlamak ve çevresel sınırlara saygı göstermek. Sürdürülebilir kalkınmanın

bu zorunlulukları doğrultusunda ortaya üç başlık çıkmaktadır. Bunlar sürdürülebilirlik, çevre ve ekonomidir.

Sürdürülebilir kalkınma; doğal çevreyi, sosyal eşitliği koruyarak geliştiren ekonomik ve sosyal kalkınma türlerini içinde barındırmaktadır. Oldukça geniş olan bu tanım temelde üç yönün: ekolojik, ekonomik ve sosyal olduğunu ortaya koymaktadır. Ekolojik yön ve sosyal eşitlik birincildir. Bunun yanı sıra, bu tanımla birlikte bahsi geçen üç temel yön arasından birini elde etmek için diğerinden vazgeçmek de gerekmemektedir. Her türlü sosyal ve ekonomik kalkınma, çevreyi ve sosyal eşitliği koruyarak geliştirdiği sürece bu tanım doğrultusunda sürdürülebilirdir. Kalkınma, sosyal ve ekonomik gelişmeyi kapsamaktadır. Ekonomik büyüme şartı aranmamaktadır. (Gedik, 2020).

### 3.Sürdürülebilir Kentleşme

Marvin ve Guy (1999) sürdürülebilir kent kavramını iki farklı şekilde açıklamaktadır. Birincisi kentsel dinamiklerde fiziksel ölçütlerin ön planda olması gerektiğini savunan tekilci görüştür. Tekilci görüşteki dinamikler tamamlandıktan sonraki süreçte ikinci görüşe göre çoklu yaklaşım devreye girmektedir. Bu doğrultuda bir kentin sürdürülebilir olması için aşağıdan yukarıya politikalar belirlenmelidir.

Sürdürülebilir kalkınmanın temel hedeflerini tekilci görüş oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma için fiziksel ölçütler yani kirliliğin azaltılması, arazinin çevreyle uyumu önemlidir. Bu doğrultuda bu politikalar geliştirilerek, sürdürülebilir kentleşme kavramını üç temel şartta incelemektedir. İlk şart, kentlilerin miras bırakacağı alanları gelecek kuşaklara sağlıklı bir biçimde taşınmasıdır. İkinci şart kentteki yaşam kalitesinin geliştirilmesi atırılmasıdır. Üçüncü şart ise kentsel yönetim araçlarının oluşturulması gerekliliğidir (Akpınar, Öktem, Küçük, 2019).

Sürdürülebilir kentleşme kavramı 27 Mayıs 1994 tarihinde ortaya çıkmıştır. Danimarka'nın Aalborg kentinde gerçekleştirilen Avrupa Sürdürülebilir Kent ve Kasabalar Konferansı'nda tanımlanmıştır

Bu kapsamda Aalborg Şartı incelendiğinde sürdürülebilirliğin ve yerel karar verme sürecinin öneminin tanımlanmaktadır. Doğanın taşıma kapasitesine uygun yaşam koşullarının iyileştirilmesi hedef alınmıştır. Bu şart doğrultusunda sürdürülebilirlik açısından kentsel politikalar şu şekildedir;

-Kentlerin birbirlerinden farklı pek çok değişkeni bulunduğundan kentler sürdürülebilirlik için kendilerine uygun özgün politikalar ortaya koymalıdır.

-Kent ve kasabalar sorunlarını sınırlarının dışına ve gelecek kuşaklara aktarmamalıdır.

-Ekonomik gelişmeyi sınırlayan etkenin doğal serveti olduğunun kabul edilmesi ve bu servetin korunması gerekmektedir.

-Sosyal adalet sağlanmalıdır. Özellikle çevre sorunlarından en fazla ölçüde etkilenen ve bu sorunları çözme yeterliliği daha az olan bireylerin durumu iyileştirilmelidir. Tüketime teşvik etmektense yurttaşların hayat kalitelerinin niteliğinin artırılmalıdır. Uzun vadeli istihdam olanaklarının oluşturulmalıdır.

-Arazi kullanım ve "imar planlamasında" stratejik çevre etki değerlendirmesinin gereklidir.

-Erişilebilirlik artırılarak toplumsal refah ve şehirdeki ulaşım ihtiyacının azaltılmalıdır.

-Yenilenebilir enerji kaynaklarının tek sürdürülebilir seçenek olduğu kabul edilerek, yerel yönetimlere yeterli otoritenin verilmelidir ve iyi bir yönetim biçimi ortaya konulmalıdır.

-Anahtar aktör olarak toplumun etkin katılımının sağlanacağı kentsel yönetim araçlarının oluşturulmalıdır.

Bu bağlamda bir kent ekonomik ve fiziksel olduğu kadar sosyal, çevresel, politik ve kültürel hedefleri de karşılamalıdır. Böyle bir kent;

Temel yerel hizmetler, sanat ve mimari, yaratıcılık, kaynak verimliliği ve asgari düzeyde ekolojik etkiler, kolay iletişim olanakları, erişilebilirlik, toplumsal gruplar, çeşitlilik gibi konularda eşit giriş hakkına sahip olmalıdır (Akpınar, Öktem, Küçük, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir kentleşme kavramlarının zeminine oturmuş olan sürdürülebilirlik, çevre/ ekoloji ve ekonomi kavramları kent hakkında olduğu gibi kapitalizmin sonucunda ortaya çıkan sorunlarla ilintilidir. Ancak sürdürülebilir kentleşme kavramı ile ilgili Aalborg şartında ortaya koyulan politikalar değerlendirildiğinde kentlinin hak talebine cevap verebilecek kentlerin inşası mümkün olabilmektedir.

### **SONUÇ VE TARTIŞMA**

Bu çalışmada irdelenen kent hakkı kavramı, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir kentleşme kavramlarıyla değerlendirildiğinde; bireylerin sağlıklı bir çevrede yaşayabilmesi ve sosyal adaletin uygulanabilmesi doğrultusunda peyzaj mimarlığı bağlamında bazı sonuçlar ortaya çıkmıştır.

“Kent hakkı kendini üstün bir hak biçimi olarak ortaya serer: özgürlük hakkı, toplumsallık içinde bireyselleşme hakkı, habitat hakkı ve mesken hakkı” (Lefebvre, 1967).

Aynı zamanda Türkiye Cumhuriyeti 1982 Anayasası'nın 56. maddesinin 1. fıkrasına göre, “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir”; 2. Fıkrasına göre ise “Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir”. Bu bağlamda kentte yaşayan bütün bireyler aynı oranda kent hakkına, sağlıklı çevrede yaşam hakkına ve kamusal alandan faydalanma hakkına sahiptir. Dolayısıyla kent hakkı gasp edilen kentliler için sürdürülebilir kent politikaları benimsenerek sağlıklı bir çevre, uygun kamusal alan sağlamak mümkün olabilecektir.

İncelenen kavramlar doğrultusunda doğru hamleleri yapmak için yalnızca peyzaj mimarlarına değil diğer meslek disiplinlerine de görev düşmektedir. Farklı meslek disiplinlerinin iş birliği ve ortak karar mekanizmasıyla, ortaya koyacakları stratejiler ve kent modelleriyle adil hak dağılımı ve sağlıklı bir çevre oluşturmak mümkün olacaktır. Bu bağlamda oluşturulacak stratejilerin de devlet tarafından desteklenmesi, anayasa doğrultusunda devletin görevidir ve sosyal adaletin sağlanması için gereklidir. Sonuç olarak gelecekte etkilerinin daha çok hissedileceği ve daha çok gündeme gelecek; iklim değişikliği, çevre felaketleri ve çevre sorunlarının zararlarını en aza indirmek ve toplumsal olarak bilinç sağlamak daha büyük felaketlerin önüne geçecektir. Felaketlerden toplumdaki bütün bireylerin en az biçimde etkilenmeleri sağlanacaktır.

Bu çalışmanın sonucu olarak peyzaj mimarlarının rol alabileceği bazı öneriler ortaya koyulmuştur:

- Belediyelerin stratejik kalkınma planları hazırlanırken peyzaj mimarlarıyla ortak çalışma zorunluluğu olmalıdır.

-Stratejik planlarda yerel yönetimlerin alanlarına oranlanarak yeşil alan ve kamusal alan zorunlulukları getirilmelidir. Bu alanların planlanmasında peyzaj mimarları ve peyzaj mimarlığı öğrencileri diğer meslek disiplinleriyle etkin rol almalıdır.

-Yerel yönetimler karşılaştığı kent sorunlarını kent meclislerinde şehir planlamacıları, inşaat mühendisleri, mimarlar, peyzaj mimarları, çevre mühendisleri gibi meslek grupları ve kentlilerle birlikte tartışmalı çözüm önerileri oylanarak uygulamaya koyulmalıdır.

- Su rezervleri, toprak, biyolojik çeşitlilik korunmalı, yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı azaltılmalı ve doğal servete yapılacak zararlar suç kapsamında değerlendirilerek yaptırım uygulanmalıdır.

-Sosyal adalet, yeniden gelir dağıtımı gibi konular farklı meslek disiplinlerinden ve kentlilerden temsilcilerle ülke meclisinde tartışılmalıdır.

-Erişilebilirlik artırılmalı ve herkes için tasarım ilkeleri kentsel alanların yapımında zorunlu kılınmalıdır.

-Erişilebilirlik ulaşım açısından da değerlendirilerek yaya, bisiklet yolları ve kaldırımlarla ilgili düzenlemeler yapılmalıdır. Kentleri araçlar için değil insanlar için erişilebilir hale getirmek üzerine politikalar benimsenmelidir.

-Sağlık, çevre, iklim, sürdürülebilirlik, sosyal adalet gibi konularda eğitim programları düzenlenmeli. Sürdürülebilir kent atölyeleri düzenlenmelidir.

Sonuç olarak kentsel sorunların çözümü ancak doğal servetin öneminin anlaşılması, korunması ve sosyal adaletin sağlanmasıyla mümkün olacaktır.

#### **KAYNAKÇA**

AKPINAR, I. E., ÖKTEM, M. K., & KÜÇÜK, H. (2018). Bra ve Vize Yavaş Şehirlerinin Melbourne İlkeleri Bağlamında Karşılaştırılması. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 18(36), 275-307.

ARSLAN, A. S. (2013). Kent Hakkı Bağlamında Kamusal Alanın Yeniden Talebi ve Kamusal Alanda Sanat. *İDEALKENT*, 4(10), 86-107.

ÇETİNKAYA,Ç. (2013). Eko-Kentler: Kent ve Doğa İlişkisinde Yeni Bir Sistem Tasarımı. *Derleme*, 6(1), 12-16.

DİNÇER, Ö. (2016). Sürdürülebilir Kentleşme Tartışmaları Ve Kent Hakkı. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(10), 73-84.

GEDİK, Y. (2020). Sosyal, Ekonomik ve Çevresel Boyutlarla Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma. *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, 3(3), 199-211.

HARVEY, D., (2008) *Umut Mekanları* (Z. Gambetti, Çev.), İstanbul: Metis Yayınları

## İstasyonlar ile İlişkili Meydanların Mekânsal Değişimine Yönelik Bir İrdeleme: İstanbul'da Sirkeci-Yedikule Raylı Sistem Hattı İstasyonları

Nilay DAĞLAR ÖZCAN<sup>1</sup>, Cenk HAMAMCIOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: nilaydaglar@gmail.com; Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Mekân Organizasyonu ve Tasarımı Programı, İstanbul / Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: chamamcioglu@gmail.com; Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

İstasyon yapıları ile ilişkili meydanlar mekânı, kamusal kullanımı ve sosyal yaşantıyı şekillendirici unsurlar olarak mahallelerin ve yer aldıkları bölgelerin kimliğinde büyük öneme sahiptir. Tarihsel süreç içinde çeşitli nedenlerle bazı meydanların gerek istasyonlar gerekse yer aldıkları mahalleler ile ilişkileri ve mekânsal bütünlükleri zedelenmiştir. Günümüzde yeniden işlev kazanmaya başlayan tarihi raylı sistem hatları bağlamında istasyonlarla ilişkili meydanların mekânsal sürdürülebilirliğin sağlanması ve kamusal yaşama geri kazandırılması konusunda bakış açısı ve stratejiler geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Bu bağlamda, bildirinin amacı, öncelikle kavramsal açıdan istasyon ve meydan ilişkisinin anlaşılması ve bu ilişkide etkili unsurların ortaya konulması, ardından mekânsal değişimin nedenleriyle birlikte araştırılması önem arz etmektedir. Bu bildiri kapsamında örnek çalışma alanı olarak, geçmişte Sirkeci-Halkalı banliyösünün bir parçası olan ve bugün ise Sirkeci-Kazlıçeşme tramvay hattı üzerinde bulunan Cankurtaran, Kumkapı, Kocamustafapaşa, Yedikule istasyonları ile ilişkili meydanlara / açık alanlara işaret edilerek değişen yapısı tarihi haritalardan yararlanılarak ve günümüz hava fotoğrafları ile karşılaştırılarak analiz edilmiş, değişimin ardında yatan nedenler ve günümüzdeki kullanımları ile irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İstasyon Meydanları, Mekânsal Değişim, Sirkeci-Kazlıçeşme Raylı Sistem Hattı, İstanbul Tarihi Yarımada

---

---

## *Abstract*

The squares associated with station buildings have a great importance in the identity of the neighborhoods and regions where they are located, as elements that shape the space, public use and social life. In the historical process, for various reasons, the relationship and spatial integrity of some squares with both the stations and the neighborhoods in which they are located have been damaged. There is a need to develop perspectives and strategies to ensure the spatial sustainability of the squares associated with the stations, in the context of the historic railway lines that are now beginning to recover their function, and to bring them back into public life.

In this context, the aim of this paper is, firstly, to understand the relationship between the station and the square from a conceptual point of view and to identify the effective elements in this relationship, and then to investigate the reasons for the spatial change. Within the scope of this paper, as a case study area, the squares/open spaces associated with Cankurtaran, Kumkapı, Kocamustafapaşa and Yedikule railway stations, which used to be part of the Sirkeci-Halkalı suburb and are now located on the Sirkeci-Kazlıçeşme tram line, are identified and their changing structure is analysed by using historical maps and overlapping with today's aerial photographs, and the reasons behind the change and their current uses are examined.

**Keywords:** Station Squares, Spatial Change, Sirkeci-Kazlıçeşme Railway Line, Istanbul Historic Peninsula

---

## **GİRİŞ**

Sanayi devriminin şehir ve kent üzerindeki etkileri oldukça fazladır. Tarıma dayalı ekonomiden sanayiye dayalı ekonomiye geçiş yeni bir yaşam anlayışıyla birlikte ulaşım sistemlerinde ve kentlerde birçok yeniliğin de önünü açmıştır. İnşa edildikleri yıllarda hammadde ve iş gücü taşımacılığıyla ön planda olan demiryolları ağırlıklı olarak mühendislik alanına konu olurken; kent üzerindeki mekânsal ve sosyolojik etkileriyle şehirciliğin ve inşa edilmeye başlanan gar ve istasyon yapıları ile mimarlığın da gündemine girmeye başlamıştır.

Raylı sistemlerin uğrak noktaları olarak çevreleriyle ilişkilerini sağlayan mekânlar olarak istasyon yapıları, yalnızca kent merkezleri ile bağlantı sağlamamış, ilişki kurduğu ya da çevresinde gelişmesine vesile olduğu mahallelerin mekânsal ve sosyal karakterini, ayrıca yaşam kültürünü de şekillendiren birer unsurlar olmuştur. Bununla birlikte kent ve/veya mahalle ölçeğinde giriş kapısı niteliğine sahip olan istasyonların, mekânsal açıdan entegre olmalarında, bitişik/komşu veya yakın bir mesafede ilişki kurdukları açık alanların ve meydanların rolü oldukça önemlidir. Dolayısıyla, 'istasyon meydanı' kavramı, sanayi devrimi sürecinde yaygınlaşan demiryolları ile kentlerin gündemine taşınmıştır (Taşçı, 2012). Literatürde yer alan çalışmalarda, istasyonlar ile ilişkili meydanlar 'istasyon meydanları' olarak

ifade edilmektedir. Gökğür (2008) meydanları konumları itibariyle tasnif ederken ‘istasyon meydanları’ kavramına yer vermiş, bunu destekler bir tanım Taşçı (2012) tarafından yapılmış ve istasyon meydanları “istasyon önlerinde giden ve gelen yolcular için bir bekleme, karşılama ve karşılaşma mekânı” olarak tanımlanmıştır. Mahalle ölçeğinde ele alındığında bu alanlar; dağılım ve buluşmaların gerçekleştiği bir odak olması, sosyal açıdan canlı kentsel mekânlar oluşturması, arazi kullanımında farklı işlevlerin yer seçtiği karma kullanımlı alanlar yaratması, insan ölçeğinde tasarıma sahip olması, güvenli ve çekici kamusal alanlar oluşturması gibi özelliklere sahiptirler (Olgun, vd., 2020). Ancak buna rağmen istasyon meydanlarının mahalle ölçeğindeki varlığının önemi, kurduğu mekânsal ilişkiler ve etkilerinin değerlendirilmesine literatürde pek fazla yer verilmemiştir. Bu bağlamda istasyonlar ile ilişkili meydanlar, mahalle ölçeğinde sahip olduğu etki ve önem sebebiyle bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır.

Tarihsel süreç içinde, çeşitli nedenlerle bazı istasyon meydanlarının gerek istasyonlar gerekse yer aldıkları mahalleler ile ilişkileri zedelenmiş ve mekânsal bütünlükleri bozulmuştur. Günümüzde yenilenen veya yeniden işlev kazanmaya başlayan raylı sistem hatları bağlamında istasyonlarla ilişkili meydanların kamusal yaşama geri kazandırılması ve tarihsel süreçten gelen hafızanın ve mekânsal sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda bakış açısı ve stratejiler geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, öncelikle kavramsal açıdan istasyon ve meydan ilişkisinin anlaşılması ve bu ilişkide etkili unsurların ortaya konulması, ardından mekânsal değişimin örnek istasyon alanlarında, nedenleriyle birlikte araştırılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada örnek istasyonlar olarak; Osmanlı demiryolu sisteminde önemli bir yer tutan ve Avrupa’ya bağlantısını sağlayan Rumeli Demiryolu Hattı’nın bir parçası olan, bununla birlikte uzun yıllar İstanbul’da Batı Yakası’nın banliyö hattı (Sirkeci-Halkalı) olarak da işletilmiş olan, bugün ise Sirkeci-Kazlıçeşme arasında tramvay hattı olarak hizmete açılan kesimi üzerinde yer alan Cankurtaran, Kumkapı, Kocamustafapaşa, Yedikule istasyonları ele alınmıştır.

Geç Osmanlı döneminde yapımına başlanan demiryolu hatları, Türkiye’nin kuruluş döneminde en temel kalkınma araçlarından biri haline gelmiştir. 19.yy ortalarından itibaren başlamış olan ulaşımaya yönelik yatırımlar sonucunda Avrupa’dan Ortadoğu’ya kadar uzanan bir ulaşım ağı kurulmuştur (Ünal, 2009). Demiryolu çalışmalarının başladığı Geç Osmanlı döneminde İstanbul’u İmparatorlukta birinci derece ulaşım merkezi haline getiren Anadolu ve Rumeli demiryolu hatlarının günümüzde olduğu gibi tarihsel süreçte olan önemi de yadsınamaz düzeydedir. Anadolu demiryolunun bir etabı olan Haydarpaşa-Pendik Banliyö Hattı ve Rumeli Demiryolu hattının bir etabı olan Sirkeci-Yedikule Banliyö Hattı 19. yüzyılda kenti şekillendiren ana omurgalar olmuşlardır (Olgun, ve diğerleri, 2020). Her iki hatta da yer alan banliyö istasyonlarının pek çoğu yer aldığı bölgedeki kentsel gelişmeyi tetiklemiş ve mahallelerin nüvelerini oluşturmuşlardır. İstanbul’un Batı Yakası’nda yer alan Bakırköy ve Yeşilköy istasyonları bunun başlıca örneklerindedir (Tekeli, 1999). İstanbul Tarihi Yarımada’nın çok eski dönemlerden itibaren yerleşim yeri olması, Sirkeci-Yedikule Banliyö Hattı üzerinde yer alan istasyonlarda farklı bir gelişim gerçekleşmesine neden olmuştur. Buna göre, mahalleler istasyonların etrafında şekillenmemiş, aksine istasyonlar yapılı çevre içinde kendilerine yer bulmuşlardır, bir başka ifade ile, istasyonlar mevcut yapılı çevreye eklemlenmişlerdir.



**Şekil 1.** Solda 1918 yılına ait İstanbul kentinin yapılaşmış alanları görülmektedir; sağda banliyö hattı ve istasyonunun ilişki kurduğu yerleşme örneği: Yenimahalle banliyö istasyonu (Erkan-ı Harbiye-I Umumiye Haritası 1918)

Hat üzerinde yer alan istasyonlarda mahalle ve istasyonlar arasında yer alan ilişkinin en keskin dönüm noktalarından biri 2013 yılında hizmete açılan Marmaray Hızlı Tren Hattı projesi olmuştur. Marmaray projesi; İstanbul’da yer alan iki banliyö hattının yüksek hızlı ve modern bir ulaşım hattına dönüştürülmesi projesidir. Proje kapsamında; Rumeli Demiryolu hattının bir parçası olan Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı ve Anadolu Demiryolu hattının bir parçası olan Haydarpaşa-Gebze Banliyö Hattı boğazın 58 metre altından geçen bir tüp ile birbirine bağlanmış ve hatlar üzerinde yer alan istasyonların pek çoğu yeni sisteme entegre edilerek Marmaray Hızlı Tren Hattı istasyonları olarak hizmet vermeye başlamışlardır (Görsel 2). Proje kapsamında İstanbul Tarihi Yarımada’ya Sirkeci ve Yenikapı olmak üzere iki noktada yeni istasyonlar inşa edilerek Sirkeci-Yedikule Banliyö Hattı’nın istasyonları sistem dışında bırakılmıştır. 2024 yılının Şubat ayında yaya-bisiklet yolları ve yeşil alanlar entegre edilerek yeniden kullanıma sunulmak üzere açılışı yapılan hat, yerel bir ulaşım aracı olarak bölge sakinlerine hizmet verirken, bu bölgede çalışanlar, hizmet almaya ve kenti ziyarete gelenler için de İstanbul Tarihi Yarımada’ya dahil olabilecekleri yeni kapılar oluşturmaktadır.



**Şekil 2.** ;Eski Halkalı-Sirkeci Banliyö Hattı (Cankurtaran – Sirkeci bağlantısı yazar tarafından düzenlenmiştir), Eski Haydarpaşa-Gebze Banliyö Hattı ve Halkalı-Gebze Marmaray Hattı (Olgun, vd., 2020)

Ancak, zaman içindeki değişimler ve demiryollarındaki dönüşüm süreçleri, istasyonların mahalle ile bağlantısını sağlayan istasyon meydanlarının işlevselliğini ve mekânsal özelliklerini etkilemiştir. Bu meydanların kamusal yaşama geri kazandırılarak mekânsal sürdürülebilirliğin sağlanması ve istasyon-mahalle ilişkisinde yeniden güçlü bağların kurulması konusunda bakış açısı ve stratejiler geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu bağlamda kentsel mekân organizasyonu bakış açısıyla, bu alanların değişen yapısını, nedenleriyle birlikte anlamak ve tarihsel referanslarını ortaya çıkartmak istasyonlarla ilişkili meydanları sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

## YÖNTEM

Çalışma, tarihsel araştırma ve örnek alan çalışması yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Örnek çalışma alanı olarak, geçmişte Sirkeci-Halkalı banliyösünün bir parçası olan ve bugün ise Sirkeci-Kazlıçeşme Tramvay Hattı üzerinde yer alan Cankurtaran, Kumkapı, Kocamustafapaşa, Yedikule istasyonları ile ilişkili meydanlara / açık alanlara işaret edilerek değişen yapısı 1875 tarihli Ayverdi haritası ve 1913 tarihli Alman Mavileri haritalarından yararlanılarak ve günümüz hava fotoğrafları ile karşılaştırılarak analiz edilmiş, değişimin ardında yatan nedenler ve günümüzdeki kullanımları ile irdelenmiştir.

Demiryolu hattının açıldığı tarihteki mekânsal durumu incelemek üzere 1875 Ayverdi haritası temel alınmıştır. Salt arşiv üzerinden erişilen A3, A4, B3, C3, D2, D3, E1 ve E2 numaralı paftalar birleştirilerek Sirkeci, Cankurtaran, Kumkapı, Kocamustafapaşa ve Yedikule istasyonlarını kapsayan bütüncül bir harita elde edilmiştir. 1913 Alman Mavileri Haritası'na İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Atatürk Kitaplığı üzerinden erişilmiş; 2024 uydu görüntüleri ise İBB Şehir Haritaları üzerinden elde edilmiştir.

## BULGULAR / ÖRNEK ALAN İNCELEMESİ: SİRKECİ-YEDİKULE RAYLI SİSTEM HATTI İSTASYONLARI

Osmanlı İmparatorluğu'nu Rumeli'ye ve Avrupa'ya bağlayan Rumeli Demiryolu hattının ilk etabı Küçükçekmece-Yedikule arasında 1871 yılında hizmete açılmıştır. 1872 yılında hattın ilk durağı Sirkeci'ye kadar uzatılmış ve Kocamustafapaşa, Yenikapı, Kumkapı, Cankurtaran ve Sirkeci istasyonları hatta eklenmiştir. Tren hattının Saray-ı Humayun'un bahçesinden geçecek olması büyük itirazlara neden olsa da dönemin padişahı Sultan Aziz'in "Memlekette şimendüferler yapılınsın da isterse burnumun dibinden geçsin" sözleriyle itirazlar son bulmuştur (Toydemir, 1951). Uzun yıllar Sirkeci'deki geçici gar binasıyla hizmet veren hat, 1890 yılında Sirkeci Gar'ının inşa edilmesiyle tamamen tamamlanmıştır. 1955 yılında hat elektrifikasyona uğrayarak yakın tarihte bildiğimiz haliyle B1 İstanbul Banliyösü ismini almış ve Sirkeci-Yedikule arasında hizmet vermeye başlamıştır.

Göçlerin, askeri sevklerin, gurbetçilerin de sembolü olan Sirkeci-Halkalı Banliyö Hattı ve devamında Avrupa'ya demiryolu ile ulaşımı sağlayan bu hat, pek çok yazı, şiir ve filmlere konu olmuş ve kent belleğinde önemli yerler edinmiştir. Hat, inşasından sonra bölgenin kıyı-kent ilişkisinde İstanbul Tarihi Yarımada Marmara Denizi Surları'ndan sonra ikinci bir sınır/eşik elemanı olarak yer almıştır. Mahalle dokusu ve kıyı arasında hattın alt geçitleri aracılığıyla bağlantılar sağlanmış ve çoğu suya/denize açılan sahildeki sur kapılarına yakın olarak konumlanmıştır. İlerleyen yıllarda sahil dolgularının artması ve bu dolgu alanlarında sahil yolları ve çok şeritli transit araç yollarının da yer bulacak olması sınırlı olarak

kurulan bu ilişkinin kopmasındaki en büyük darbe olmuştur. 2013 yılına kadar hizmetine devam eden hattın seferlerine Marmaray projesiyle birlikte son verilmiştir. Yaklaşık 11 yıl süren âtil kalma sürecinin ardından 2024 yılının Şubat ayında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından yaya-bisiklet yolları ile yeşil alanların da entegre edilmesinin planlandığı Kazlıçeşme-Sirkeci arasındaki hat, tramvay hattı olarak yeniden hizmete açılmıştır. 2024 yılı itibarıyla henüz yeni olan bu hatta sistemin türü üzerinde tartışmalar sürmekle birlikte, UAB tarafından raylı sistem olarak tanımlanarak U3 olarak isimlendirilirken, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından tramvay olarak tanımlanıp T6 olarak isimlendirilmiştir.

### Cankurtaran İstasyonu:



**Şekil 3.** Soldan sağa: 1875 Ayverdi haritası, 1913 Alman Mavileri haritası ve 2024 uydu görüntüsü

Cankurtaran İstasyonu, Topkapı Sarayı'nı da içinde barındıran Cankurtaran Mahallesi'nde, İstanbul Tarihi Yarımada'nın güneydoğusunda yer almaktadır. 1980'lere kadar konut ağırlıklı özellik gösteren bölge, günümüzde daha çok turizm nitelikli özellik göstermektedir (Kıraylar Akgün, 2011). Bölgede konut dokusuyla birlikte ağırlıklı olarak turistik amaçlı işletmeler, dükkânlar ve oteller yer almaktadır. Sirkeci ve Kumkapı istasyonları arasında yer alan Cankurtaran İstasyonu, Marmara Denizi Surları ve Sur-u Sultani'nin kesişiminde konumlanmaktadır. Cankurtaran İstasyonu'nun komşuluğunda Cankurtaran Meydanı bulunmaktadır. Bu meydanı çevreleyen yapılar ağırlıklı olarak sivil mimarlık örnekleridir. Demiryolu hattı Cankurtaran Meydanı'nın güneyinde yer alan Marmara Deniz Surları'na paralel olarak uzanmakta, Sur-u Sultani'nin ise içinden geçmektedir.

Cankurtaran meydanı (eski ismi ile Ahırkapı Meydanı); demiryolu hattı geçmeden önce Sur-i Sultani'nin Otluk Kapısı ve Marmara Surları'nın Ahır Kapısı arasında organik biçimde yer almaktadır. Ahırkapı meydanı, kıyıda doğrudan Ahırkapı iskelesine açılmaktadır. Meydanın doğusunda yer alan İshakpaşa Caddesi üzerinden Ayasofya ve Sultan Ahmet Çeşmesi'ne ulaşılmaktadır. Bu doğrultuda meydanın 'bölge meydanı - istasyon meydanı - sur kapısı - iskele' akışına sahip olduğu söylenebilir. Meydanın yakın çevresinde cami, mektep ve hamam yapılarının yer aldığı görülmektedir. 1875 tarihli Ayverdi haritasında meydanı çevreleyen yapı adası günümüzdeki hali ile yer almaktadır. 1870 yılında Rumeli Demiryolu Hattı Ahırkapı Meydanı'nın içinden geçmektedir. Demiryolu hattının duvarları Ahırkapı Meydanı'nı keskin olarak ikiye ayırmakla birlikte, meydan ile kıyı arasında yer alan ilişkiyi de sınırlandırmıştır. 1913 tarihli Alman Mavileri haritası incelendiğinde; meydan günümüzdeki formu ve sınırlarındadır (Şekil 3).

Cankurtaran Meydanı'nın günümüzde gelinen noktadaki kullanım dinamikleri incelendiğinde yoğun araç baskısı altında bir ulaşım odağı haline gelmiştir. İstasyon çıkışının da açıldığı peyzaj alanı, sahip olduğu değerden bağımsız olarak bir park/peyzaj alanı olarak kullanılmaktadır. Meydanı çevreleyen yapı adalarının formunun tarihsel süreç boyunca değişmediği, yalnızca meydanın kendi içindeki biçimlenişinin araç yoğunluğu altında parçalandığı görülmektedir. Tarihsel süreçte iskele ve sur kapısı aracılığıyla kurulan meydan-kıyı bağlantısı, yer yer sur üzerinden geçirilmiş olan demiryolunun mahalle ve kıyı arasında bir sınır/set/eşik oluşturması sebebiyle zedelenmiş, demiryolu hattının güneyinde Marmara Denizi'ne doğru dolgu alanlar üzerine inşa edilen çok şeritli sahil yolunun da yapılmasıyla ve sahip olduğu araç trafiği yoğunluğuyla bu ilişki kopma noktasına gelmiştir.

### **Kumkapı İstasyonu:**



**Şekil 4.** Soldan sağa:1875 Ayverdi haritası, 1913 Alman Mavileri haritası ve 2024 uydu görüntüsü

Kumkapı İstasyonu, Cankurtaran ve Yenikapı istasyonları arasında yer alan istasyondur. Marmara Denizi Surları'nın beşinci kapısı olan Kum Kapısından ismini alan bölge, İstanbul Tarihi Yarımada'nın güneyinde bulunmaktadır. İstasyon, Konstantinopolis şehrinin limanı olan ve altıncı yüzyıldan Osmanlı Dönemi'nin başlarına kadar aktif olan Kontoskalion Limanı'nın (Osmanlı'da Kadırga Limanı olarak adlandırılan) bulunduğu alanda konumlanmaktadır. Günümüzde ise istasyon, sahilde yer alan transit araç yolu ve Kumkapı Meydanı arasındadır.

Kumkapı İstasyonu'nun ilk açıldığı yıllarda kentsel dokuda istasyon ile ilişkili bir meydan görülmemektedir. Cankurtaran bölgesinden farklı olarak mevcut bir meydana entegre edilmemiş, meydan oluşumu istasyon sonrasında gerçekleşmiştir.1875 Ayverdi haritasına bakıldığında istasyon ile ilişkili açık alanda tıpkı Cankurtaran'da da olduğu gibi 'bölgenin meydanı (Kumkapı Meydanı) - istasyon meydanı - sur kapısı ve iskele' akışı bulunmaktadır. Açık alanın yakın çevresinde iskele, mektep, çeşme ve kilise fonksiyonları yer almaktadır ve alan Kumkapı İskelesi ve meydanı ile doğrudan ilişkilidir. 1913 Alman Mavileri haritasında meydanın günümüzdeki sınırlarında olduğu ve batısında Tavaşii Süleyman Ağa Camii'nin varlığı görülmektedir. Meydanı diğer yönlerde yapı adaları ve Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) binaları sınırlamaktadır. Kumkapı Meydanı'ndan iskeleye açılan sokakta demiryolunda alt geçit yer aldığı ve kıyı kesimi ile bağlantının devam ettirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Tarihi haritalarda karakol ve hamam yapısı görülmemektedir.

Kumkapı İstasyonu ile ilişkili meydan/açık alan, günümüzde sınırlarını ve TCDD'ye ait endüstri mirası olan yapılarını korumakla birlikte, çoğunlukla araçların park alanı olarak kullanıldığı işlevsiz bir açık alan olarak yer almaktadır. Tarihsel süreçte iskele ve sur kapısı aracılığıyla kurulan mahalle-kıyı

bağlantısı, demiryolu ile zedelenmiş, günümüzde yer alan kıyı dolguları ve bu alandan geçen transit araç yolu sebebiyle geri dönülmez düzeyde tahribata uğramıştır. Kontoskalion Limanı sınırlarında yer alan dolayısıyla belleğinde kıyı ile çok güçlü ilişkiler barındıran alanın bugün kıyı ile herhangi bir ilişki ve bağlantısı ne yazık ki bulunmamaktadır.

### Kocamustafapaşa (Samatya) İstasyonu:



**Şekil 5.** Soldan sağa: 1875 Ayverdi haritası, 1913 Alman Mavileri haritası ve 2024 uydu görüntüsü

Yenikapı ve Yedikule istasyonları arasında yer alan istasyondur. Kocamustafapaşa İstasyonu, Marmara Denizi Surları'nın Samatya Kapısı ile ve tarihi Samatya İskelesi ile ilişkili konumlanmaktadır. Kocamustafapaşa İstasyonu'nun ilk açıldığı tarihleri gösteren Ayverdi haritasına bakıldığında, istasyonun iskele meydanı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. İstasyon, tıpkı Cankurtaran ve Kumkapı'da olduğu gibi 'bölgenin meydanı (Samatya Meydanı) - istasyon meydanı - sur kapısı ve iskele' ilişkisini sürdürmektedir. Meydan güneyde kıyı, kuzeyde ise demiryolu hattı duvarları ve Marmara Denizi Surları ile sınırlanmaktadır. Meydanın çevresinde TCDD'ye ait lojman yapıları yer almaktadır. Meydan güneyde iskele meydanına açılırken, kuzeyde doğrudan Marmara Deniz Surları'nın Samatya Kapısı'na açılmakta ve günümüz Samatya Meydanı'na bağlanmaktadır. İstasyonun yakın çevresinde çeşme, kilise ve cami fonksiyonları görülmektedir. 1913 tarihli Alman Mavileri haritasına bakıldığında günümüz Samatya meydanının ada olarak bugünkü sınırlarıyla varlığı görülmekte ve 1875 haritasında yer alan fonksiyonların varlığını sürdürerek koruduğu, istasyonun açıldığı iskele meydanının aynı sınırlarda varlığını sürdürdüğü okunmaktadır.

Günümüzde, istasyon ile ilişkili açık alan olarak bahsedilen tarihi iskele meydanının bulunduğu alanın sınırları korunduğu, ancak otopark olarak işlevlendirildiği görülmektedir. Meydan etrafında yer alan TCDD yapıları varlığını sürdürmekle birlikte kullanım amacı bilinmemektedir. Kıyı dolgu alanları ve transit araç yolu sebebiyle Kocamustafapaşa İstasyonu ile ilişkili meydanın kıyı ile olan ilişkisinin yok olduğu söylenebilir.

### Yedikule İstasyonu:



**Şekil 6.** Soldan sağa: 1875 Ayverdi haritası, 1913 Alman Mavileri haritası ve 2024 uydu görüntüsü

Yedikule İstasyonu, Kocamustafapaşa ve Kazlıçeşme istasyonları arasında yer almaktadır. 1870 yılında hat inşaatı Küçükçekmece’de tamamlanmak üzereyken ilk istasyonun konumu henüz belirlenmemiştir. Toydemir (1951)’in aktarımına göre; hattın ilk istasyonunun yeri sonradan tayin ve tespit edilmek üzere sur dahilinde Narlıkapı Ermeni Kilisesi’nin yakınındaki günümüzdeki konumu belirlenmiştir. Demiryolu geçmeden önce fotoğraflar ve haritalar doğrultusunda alanın bostan alanı olduğu tespit edilmiştir. Yedikule İstasyonu ile ilişkili meydanın hem tarihsel süreçte hem de günümüzde, Cankurtaran, Kumkapı ve Kocamustafapaşa istasyonları meydanlarından farklı bir mekânsal organizasyonu bulunmaktadır. Lokomotif ve vagonların monte edildiği, hattın bakım işleri için kullanılan Cer Atölyeleri Yedikule İstasyonu’yla ilişkili olarak yer almaktadır. Endüstri mirası kapsamında korunması gereken önemli yapılar olan atölyeler, yaklaşık kırk dört dönüm bir alan üzerinde, kıyı ve gazhane ile doğrudan ilişkili olarak konumlanmıştır. Lokomotiflerin ve vagonların denizyolu ile gelmesi sebebiyle alan kıyı ile doğrudan ilişkilidir. İstasyon ve istasyon meydanı önünde yer alan İstasyon Caddesiyle birlikte Yedikule Meydanı’na bağlanmaktadır. Dolayısıyla incelenen diğer istasyonlarda olduğu gibi Yedikule’nin de ‘bölge meydanı (Yedikule Meydanı)– istasyon meydanı – sur kapısı – iskele’ akışına sahip olduğu söylenebilir.

Demiryolu hattının ilk açıldığı tarihleri gösteren Ayverdi haritasında, istasyon ve atölyeler arasında kalan bölgenin ‘İstasyon Meydanı’ olarak isimlendirildiği görülmektedir. İstasyon meydanı, paralelinde yer alan istasyon caddesi ile Yedikule Meydanı ve Yedikule Hisarı’na bağlanmaktadır. Meydanın yakın çevresinde çeşme, hamam, mescit, kilise, sur kapıları ve karakol fonksiyonları yer almaktadır. Meydan, doğrudan ilişkili olmamakla birlikte Marmara Deniz Surları’nın Narlıkapı’ya yakın konumda yer almaktadır.

Yedikule istasyon meydanı, istasyonun atıl kaldığı süreç zarfında özelleştirilmiş ve bugün konut alanı olarak kullanılmaktadır. Atölyelerin bir kısmı korunarak restorasyonları gerçekleştirilmiş ve konut projesi kapsamında ‘loft konut’ olarak satışa çıkmıştır. Günümüzde tekrar hizmete başlayan istasyonun atölyeler ve tarihi meydana açılan çıkışı konut projesine çıkması nedeniyle kapatılmıştır. Dolayısıyla tarihsel süreçte var olan istasyon meydanı, bugün varlığını sürdürememektedir. İstasyonun kuzey çıkışı ise doğrudan istasyon caddesine ve TCDD binalarına açılmakta, buradan Yedikule Meydanı’na ulaşmaktadır. Yedikule İstasyonu ve meydanının geçmiş-bugün sürekliliğini koruyamadığı ve önemli ölçüde varlığını yitirdiği görülmektedir.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında ele alınan eski İstanbul'un Batı Yakasında yer alan İstanbul Banliyösü hattının bir parçası olan hat, yakın zamanda yenilenecek İstanbul Tramvayı olarak hizmet vermeye başlamıştır. Tekrar hizmete açılmış olan hat yerel bir ulaşım aracı olarak bölge sakinlerine hizmet vermekle birlikte, kenti ziyarete gelenler için de Tarihi Yarımada'ya dâhil olabilecekleri yeni noktalar ve yeni bir güzergâh oluşturacaktır. Tarihsel süreç içinde işlevlerini yitirmekle birlikte meydan olma niteliklerini kaybetmiş, hizmet ettikleri mahalleler ile ilişkileri bozulmuş olan istasyon ile ilişkili meydanların/açık alanların yeniden değerlendirilme sürecinde; değişimlerini anlamak, bellekteki izlerine erişmek ve meydan olma niteliğini kaybetme sebeplerinin ortaya konulması sürdürülebilir kentsel tasarım açısından önemli bir konudur. Bu amaç doğrultusunda incelenen istasyonlarda ulaşılan sonuçlar bir araya getirildiğinde:

1. Cankurtaran ve Samatya istasyonları tarihi meydanlara (Ahırkapı Meydanı ve İskele Meydanı) entegre olurken; Kumkapı ve Yedikule istasyonları ile ilişkili meydanların / açık alanların oluşumunun demiryolundan sonra gerçekleştiği,
2. Cankurtaran, Kumkapı ve Samatya istasyonları ile ilişkili meydanların/açık alanların işlevlerini yitirerek günümüzde yoğun araç baskısı altında otopark ve ulaşım adası haline geldiği; Yedikule istasyon meydanının ise günümüzde konut projesi içinde yer aldığı,
3. İşlevlerini kaybetmekle birlikte Kumkapı ve Samatya istasyonları ile ilişkili meydanlarının/açık alanlarının günümüze sınırlarını koruyarak ulaşırken, Cankurtaran istasyonu ile ilişkili olan meydanın bütüncül sınırlarını korumakla birlikte çeşitli sebeplerle kendi içinde parçalanmalara uğradığı ve Yedikule istasyon meydanının ise bugün varlığını sürdürmediği,
4. Mekânsal organizasyonları değerlendirildiğinde Yedikule istasyonu meydanı hariç büyük oranda değişiklik meydana gelmediği,
5. Tarihsel süreçte her bir istasyonun bölgenin meydanıyla ve sur kapısıyla / tarihi iskelesi ile ilişkili olduğu ve mekânsal olarak 'bölge meydanı – istasyon meydanı – sur kapısı – iskele' akışına sahip olduğu,
6. Meydanların tamamının sur kapıları ile ilişkili konumlanmaları sebebiyle kıyı ve kent arasında güçlü bir etkileşim alanı oldukları,
7. İstasyonların tamamının yakın çevresinde geçmişte ve günümüzde; cami/kilise, mektep/okul, çeşme, hamam, kolluk/karakol, iskele fonksiyonlarının ortak olarak yer aldığı,

tespit edilmiştir.

Bu analizler ve tespitler doğrultusundan meydanın kullanıma planlı olarak yeniden sunulması sürecinde bölgenin geçmiş ve günümüz dinamikleri göz önünde bulundurularak bir SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda; meydanların tamamının kolektif bellekte güçlü izler barındırması, anıtsal nitelikli tarihi odaklarla ilişkili olması ve önemli bir turizm aksı üzerinde yer almaları güçlü özellikleri olarak belirlenirken; geçmiş-bugün sürekliliklerini kaybetmeleri ve özellikle tarih boyunca kıyı ve su ile kurdukları ilişkileri bugün transit yollar ve dolgu alanlarıyla aşılamayacak düzeyde kaybetmeleri zayıf özellikleri olarak belirlenmiştir. Tarihi Yarımada'ya dâhil olunabilecek yeni kapılar açan istasyonlar ve meydanları bir karşılama ve ilk imaj alanı olacaktır. Bu nedenle İstanbul Banliyösü hattının turistik ve rekreasyonel bir hat olarak tekrar hizmet vermeye başlamış olması ve bu



meydanların doğrudan bölgenin meydanı, iskelesi ve tarihi sur kaplılarıyla ilişkili olması önemli bir fırsattır.

Tarihi banliyö hattının bugün yeniden açılmış olması, istasyonların yeniden işlev kazanması açısından güçlü bir yön ortaya koymuştur. Müdahaleye uğramış veya ulaşım alanları olarak kullanılan istasyonlarla ilişkili meydanların bu bağlamda yeniden ele alınarak, yaya odaklı kamusal alana dahil edilmesine yönelik düzenleme potansiyelleri bulunmaktadır.

### KAYNAKÇA

- Gökgür, P. (2008). *Kentsel Mekânda Kamusal Alnın Yeri*. İstanbul: Bağlam Yayınları.
- Ünal, M. (2009). *Endüstri Mirası Kapsamında İstanbul Yedikule TCDD Atolyelerinin Mimarisi ve Koruma Sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Edirne.
- Kıraylar Akgün, Ö. (2011). *Tarihi Yarımada Cankurtaran Mahallesi'nde Yapı Adası Ölçeğinde Cephe Rehabilitasyonu ve Arkeolojik Alan Değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Olgun, İ., Dinç, S., Altın, D., Kayan, H. Z., Papatya Seçkin, N., & Turgut, E. (2020). *Kentsel Tasarım Rehberinde Mahalle Ölçeği ve İstasyon Meydanları*. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yayınları.
- Taşçı, H. (2012). *Kent Meydanı ile Kent Kimliği İlişkisi Üsküdar Meydanı Örneği*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tekeli, İ. (1999). 19.Yüzyılda İstanbul Metropol Alanının Dönüşümü. P. Dumont, & F. Georgeon içinde, *Modernleşme Sürecinde Osmanlı Kentleri*. İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- Toydemir, S. (1951, 09 15). *Rumeli Demiryolu Nasıl Yapıldı?* Salt Research: <https://archives.saltresearch.org/handle/123456789/25500> adresinden alındı

## Mekân – Strüktür İlişkisinin Tarihsel Süreçteki Gelişiminin İncelenmesi

Canberk ÖZCAN<sup>1</sup>, Prof. Dr. Muzaffer Tolga AKBULUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: ozcanberk.cb@gmail.com; Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimari Tasarım Yüksek Lisans Programı, İstanbul / Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: takbulut@fsm.edu.tr; Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul/ Türkiye.

---

### Özet

Mekân ve strüktür arasındaki ilişki hem yapısal hem de algısal açıdan önemli etkileşimleri içerir. Yapının taşıyıcı unsurlarını tanımlayan strüktürün, teknolojiye bağlı olarak gelişen ve değişen koşullarda mekân üzerindeki etkisi ve rolü farklılaşmıştır. İlk örneklerinde mekânda yalnızca taşıyıcılık görevi üstlenen bir öge olarak yer alırken, tarihsel süreç içinde sistemin formunu ve organizasyonunu da şekillendiren kritik bir öge haline gelmiştir. Tarihsel perspektifte mekânı doğrudan etkileyen strüktürel gelişimlerin ortaya konulması, değişen strüktür – mekân ilişkisinin yapısını anlamak konusunda önem arz etmektedir.

Bu bildiri kapsamında, mekân üzerinde etkisi olduğu düşünülen strüktürel gelişmeler göz önünde bulundurularak; tarihi öncesi dönem, Antik Yunan, Antik Roma, endüstrileşme, modernizm ve çağdaş dönem olmak üzere altı periyot altında strüktür ve mekân ilişkisini irdeleyen bir inceleme sunulmuştur. Sonuç bölümünde, tarihsel süreçte strüktürün mekândaki rolü ve etkisinin dönemsel karşılaştırılmasının bir değerlendirmesi yapılmakta ve varılan sonuçlar ortaya konulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mekân, Mekânın Değişimi, Strüktür, Strüktürel Gelişim

---

### Abstract

The relationship between space and structure involves important interactions both structurally and perceptually. The effect and role of the structure, which defines the load-bearing elements of the building, on the space has differentiated under developing and changing conditions depending on technology. While in the first examples it was only a carrier element in the space, in the historical process it has become a critical element that shapes the form and organization of the system. Revealing the structural developments that directly affect the space in historical perspective is important in understanding the nature of the changing structure-space relationship.



Within the scope of this declaration, considering the structural developments that are thought to have an impact on the space; An analysis examining the relationship between structure and space is presented under six periods: prehistoric period, Ancient Greece, Ancient Rome, industrialization, modernism and the contemporary period. In the conclusion section, an evaluation is made of the periodic comparison of the role and impact of the structure on the space throughout the historical process and the conclusions are presented.

**Keywords:** Space, Change of Space, Structure, Structural Development

---

## GİRİŞ

Mekânı, sınırlayan, örten anlamlarıyla bütünleşen, sınırlayıcı öğelerle insanın algılayabildiği boşluk olarak tanımlamak mümkündür. Mekânı sınırlayan öğelerin en önemlisi de strüktürdür. Mekânsal bir sınır ögesi olan strüktürün, teknolojinin gelişmesi ile kullanım amacı değişmiş ve mekânın sınırı tekrar sorgulanmaya başlanmıştır. Bu sorgulamada strüktür yalnızca fiziki mekânla ilintili bir sınırlandırıcı değil, aynı zamanda algısal bir sınırlandırıcı ve şekillendirici öge olarak ele alınmaya başlanmıştır.

Mekân ve strüktür arasındaki ilişki araştırmacılar tarafından pek çok araştırmaya konu edinilmişse de tarihsel bir perspektifle mekân ve strüktürün ilişkiselliğinin algısal etkisini örnekler üzerinden ortaya koyan bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Konu hakkındaki bu boşluktan yola çıkarak, bu araştırma strüktür ve mekân ilişkisi üzerine yapılan çalışmaları ortaya koymaktadır. Değiştiği noktalar ile tarihsel süreçte değişen ve gelişen strüktürün mekânın fiziksel ve algısal olarak edindiği yeni rollerini ve sınırlarını araştırmaktadır.

Bu bildirinin amacı, mekân ve strüktür arasındaki ilişki üzerine yapılan çalışmalardan farklılaşarak tarihsel süreçte strüktürün mekân üzerindeki etkilerini incelemektir. Ayrıca mekânın hem fiziksel hem algısal olarak edindiği yeni rolleri ve sınırları sorgulayarak dönemsel olarak karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın ana sorusu, tarihsel süreç içinde gelişen strüktürün mekân üzerindeki etkisinin neler olduğudur. Araştırma sorusuna cevap oluşturabilmek adına bu çalışmada; mekân ve strüktür kavramları ve aralarındaki ilişkisellik irdelenmiş, tarihsel süreçteki değişen ve gelişen strüktür sistemlerinin mekân üzerindeki etkisi dönemsel örnekler üzerinden karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir.

## **YÖNTEM**

Bu çalışma kapsamında örnek çalışma yöntemi kullanılmıştır. Strüktürel gelişmeler göz önünde bulundurularak; tarihi öncesi dönem, Antik Yunan, Antik Roma, endüstrileşme, modernizm ve çağdaş dönem olmak üzere altı periyot altında strüktür ve mekân ilişkisini irdelenerek bu dönemlere ait strüktürel sistemlere örnek oluşturabilecek yapılar üzerinden karşılaştırmalı bir analiz sunulmuş ve varılan sonuçlar değerlendirme kriterleriyle birlikte bir tablo üzerinden ortaya konulmuştur.

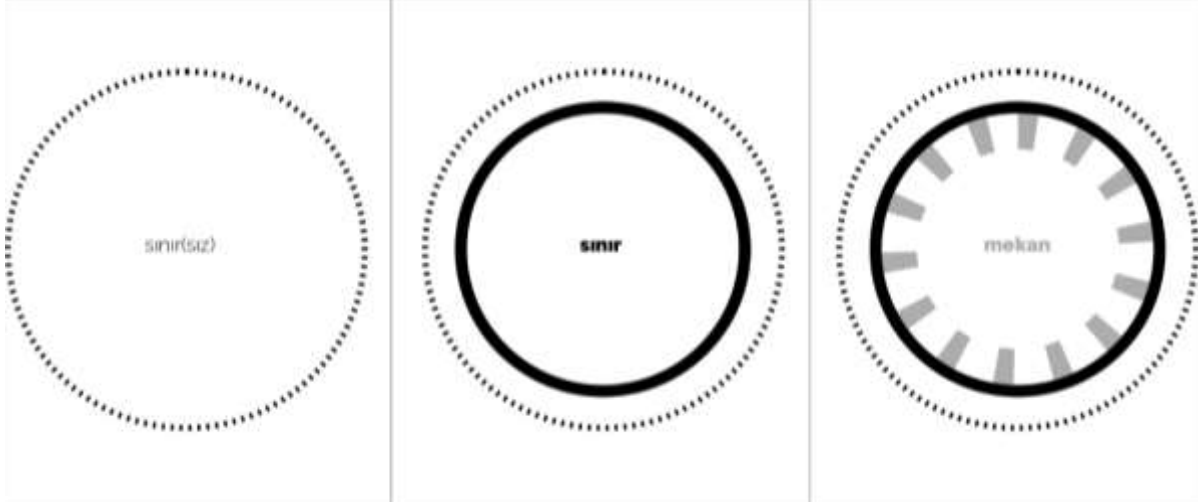
## **BULGULAR**

Mekân, Türk Dil Kurumu (TDK)'nda yer, bulunulan yer, ev, yurt ve gök bilimde uzay olarak karşılık bulmaktadır. “İnsanların içinde hareket edebileceği, eylemde bulunabileceği, ya düzlem elemanlarının bir araya gelmesiyle, ya da üç boyutlu kütlelerin oyulmasıyla elde edilen kavramsal bir varlıktır (Göler, 2009). Hasol (2014) tarafından mimarlık sözlüğünde; “Kişiyi çevreden belli bir ölçüde ayıran ve içinde çeşitli eylemlerini sürdürmesine elverişli olan bir boşluktur.” şeklinde tanımlanmıştır. Öznenin belirli bir alanda sınırı belirginleştirmesi ile mimari mekân kavramı oluşmaktadır.

Strüktür, TDK'de ‘yapı’ olarak tanımlanmıştır. Demirel (2017) tarafından çatki olarak tanımlanan strüktür, yapısal anlamda yapının ayakta durmasını sağlayan sistemdir. Hasol (2014), strüktürü biçimi ayakta tutacak olan sistem olarak tanımlar. Strüktür kavramı; mühendislikte herhangi bir yapısal sistemin işlevselliğini sağlayan, en temelde bir yapıyı ayakta tutan ve taşıyan unsurları ifade etmektedir. Yapısal sistemin fiziksel sınırlarını belirleyen strüktür, aynı zamanda mimari özellikleri de şekillendirir. Özcan (2017) strüktürün en önemli özelliklerinden birisini ‘mekân yaratma’ olarak vurgulamıştır.

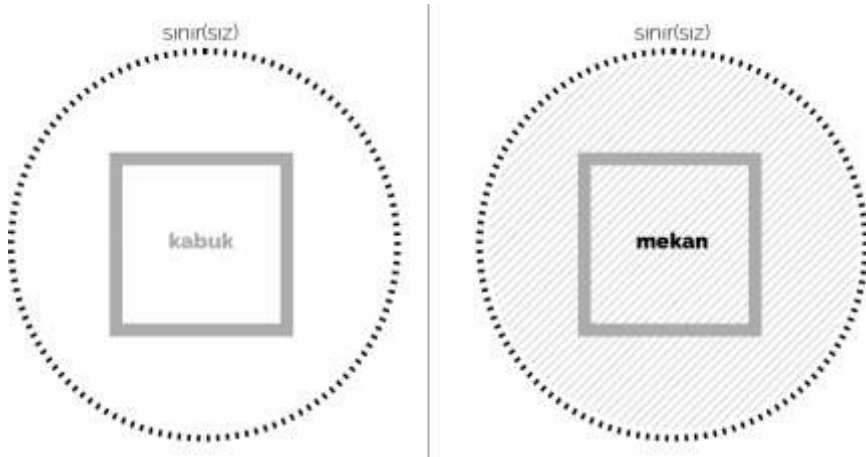
Mekân ve strüktür arasındaki ilişki hem yapısal hem de algısal açıdan önemli etkileşimleri içerir. Yapısal sistemlerin taşıyıcı unsurlarını tanımlayan strüktür, tarihsel süreçte bir yapının yalnızca taşıyıcılık görevini üstlenen bir öge olmaktan çıkmış, aynı zamanda sistemin formunu ve organizasyonunu da belirleyen bir öge olarak yer almaya başlamıştır. Strüktürde yer alan yapısal unsurların düzeni, mekânın atmosferi, görsel ve duygusal deneyimlerini şekillendirmektedir. Mekân ve strüktür arasında yer alan bu etkileşim strüktürün yalnızca teknik bir çözüm değil kullanıcıların mekânı algılaması ve deneyimlemesini şekillendirici önemli bir tasarım ögesi olarak düşünülmesini gerektirmektedir.

Çevrelenmişlik ve korunmuşluk duyguları ile ortaya çıkan bir kavram olan mekânın oluşumunda sınırlayıcı ögeler içindeki alan ve dışında kalan alanda sınırlı ve sınırsız mekânları oluşur. Başka bir deyişle sınırsız bir alanda belirli sınırlayıcı ögelerle sınırlandırıldığında (sınırlı) mekân hissi oluşturur (Altan, 2012).



**Şekil 1.** Sınırsız yerde sınırın mekân oluşturmasının diyagramatik anlatımı

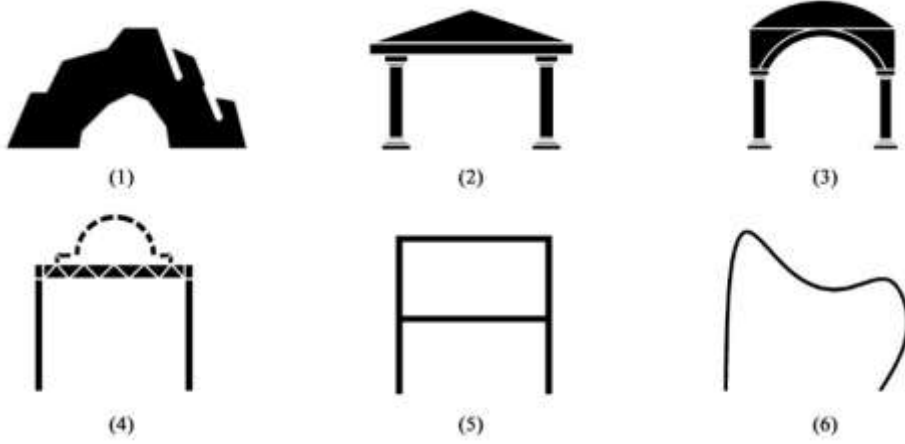
Mekân, sınırlandırıcı öğelerine göre doğal ve yapay mekân olarak tanımlanır. Doğal mekânı sınırlandıran öğeler ağaçlar, çalılar, bulutlar vb. olarak ifade edilirken mimari mekânı sınırlandıran öğeler ise temelde kabuk ve strüktürdür (Altan, 2012). Strüktür, kabuk ile mekân arasındaki sınır elemanı olarak mekânı sınırlar. Kabuk, biçim (form) ile şekillenir ve mekân da tıpkı form gibi strüktür ile var olur. Kabuğu oluşturan öğeler içerisindeki en önemli parça strüktürdür.



**Şekil 2.** Sınırlayıcı öğe olan kabuğun mekânlaşmasının diyagramatik anlatımı

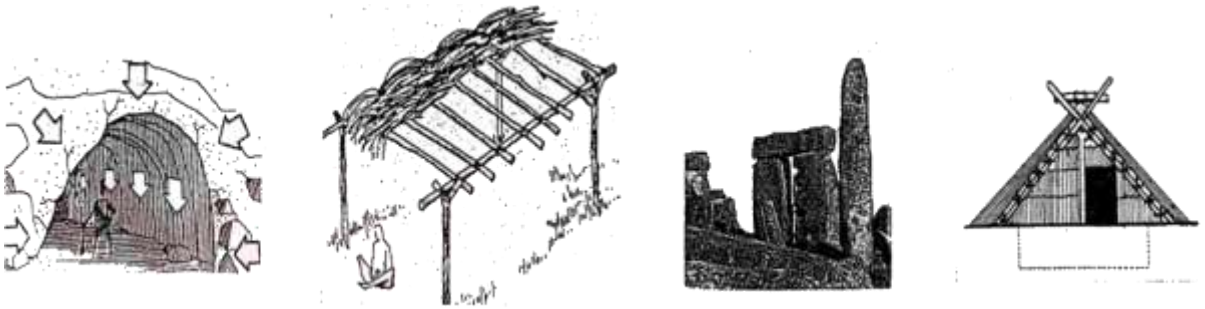
Strüktürün, teknolojiye bağlı olarak gelişen ve değişen koşullarda mekân üzerinde etkisi ve rolü farklılaşmıştır. İlk zamanlarda mekân içerisinde algılanması zorunluluk gereği olarak yer bulurken, daha sonraları estetik algının bir gerekliliği olarak süsleme aracı olarak da kullanılmış ve günümüzde gelinen noktada gelişen malzeme ve teknolojiler sonucu mekânın algılanmasını doğrudan etkileyen bir öğe olarak mekâna yansımıştır. Bu yansımaları tarihsel perspektifte örnekler üzerinden okumak mümkündür. Bu çalışmada fiziksel olarak doğrudan mekânın sınırlarını ve algısını etkilediği tespit edilen strüktürel gelişmeler göz önünde bulundurularak; (i) tarih öncesi dönem, (ii) Antik Yunan, (iii) Antik Roma, (iv) endüstrileşme, (v) modernizm ve (vi) çağdaş dönem olmak üzere altı başlık altında bir

inceleme sunulmuştur. Yapılan tarihsel incelemeye dört temel gelişme üzerinden ele alınmıştır. Bunlardan birincisi tarih öncesi dönemde deneyimsel olarak ortaya çıkan spontane sistemlerdir. Strüktürün ilk örneklerinin verildiği bu dönemi lentolu sistemler, kemer-tonoz-kubbe sistemleri ve iskelet (karkas) sistemler takip etmiştir. (Gökçe, 1977)



**Şekil 3.** Strüktürün tarihsel gelişiminin kavramsal anlatımı. (1) Tarih Öncesi Dönem, (2) Antik Yunan, (3) Roma, (4) Endüstrileşme (5) Modernizm, (6) Çağdaş Dönem,

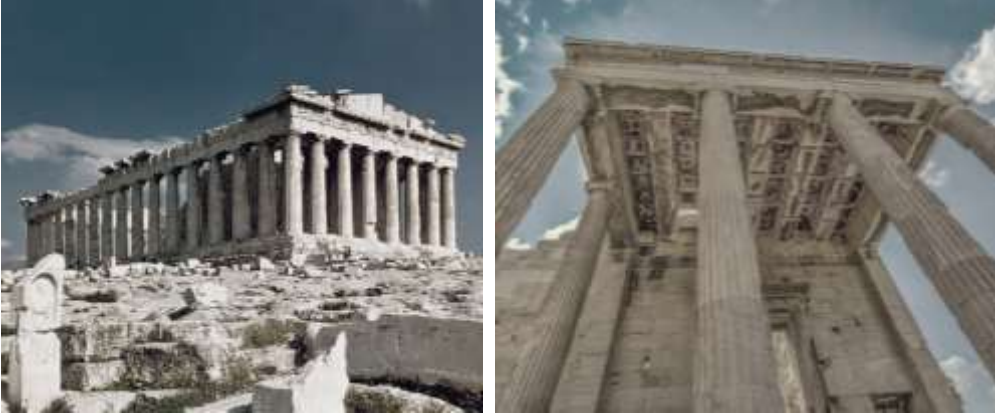
**Tarih öncesi dönem:** İnsanoğlunun yaşamı boyunca barınma ihtiyacı var olmuştur. Bunu tarih öncesi dönemlerde mağaraları oyarak, ağaçları çatarak ve taşları üst üste yığarak gerçekleştirmiş ve strüktürün ilk örneklerini vermişlerdir. Bu dönemde ortaya koyulan mekânlar, ihtiyaçlar doğrultusunda ve sahip olunan malzemelere bağlı olarak şekillenmiştir. Tarih öncesi dönemde ilk örnekler oyulmuş sistemin bir ürünü olan mağaralardır. Strüktürünün ve inşasının basit olmasından dolayı dairesel biçimli kulübeler ortaya çıkmıştır. Bu kulübeler genellikle kazılan bir çukurun üzerine ağaçları çatarak inşa edilmişlerdir. İnsanoğlunun yerleşik hayata geçmesiyle birlikte yapılar çoğunlukla piramit benzeri formlardaki hacimlerden oluşmuştur.



**Şekil 4.** Strüktürün anlatımı (Say, 1998)

**Antik Yunan Dönemi:** Strüktürün işlevsel amacının ötesinde estetik ve algısal teknikler içermesi, dönemin mimari anlayışının ve strüktür tarihinin önemli bir kırılma noktasıdır. Malzemenin kerpiçten taşa geçtiği bu dönemin öne çıkan en önemli özellikleri; düzen, simetri ve oran kavramlarının ön planda olmasıdır. Antik Yunan mimarisinde lentolu sistemler sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Lentolu sistem,

yatay taşıyıcı elemanlar ile açıklıkların geçildiği kolon veya duvar gibi düşey elemanların kullanıldığı yığma sistemlerdir (Gökçe, 1977). Açıklıklar malzemelerin boyutları ile sınırlıdır. Bu sistem, yapıların iç mekanlarının geniş açıklıklarla geçilmesine olanak sağlamakla birlikte özellikle tapınaklar ve diğer anıtsal yapılarda özgür iç mekanlar oluşturmuştur. Strüktür, kolon ve kiriş sistemine dayalıdır ve cephede açıkça okunmaktadır. Yapılar ölçek olarak her ne kadar büyük olsalar da oluşturulan bu düzen ve simetri sayesinde sade ve algılanabildiler.



**Şekil 5.** *Lentolu sisteme örnek olarak Parthenon, Atina. Solda (URL-1), Sağda (URL-2)*

**Antik Roma dönemi:** Roma imparatorluğunun geniş coğrafyalara yayılmasına bağlı olarak farklı yapım tekniklerinde gelişmişlerdir. Roma mimarisinin öne çıkan en önemli özelliklerinden biri tonoz, kemer ve kubbe sistemlerinin kullanımınıdır. Yapılarda çoğunlukla kireç ve kum harcı, ile çakıl taşları karıştırılarak elde edilen dayanıklı ve yekpareleşen bir yapı malzemesi olan puzzolan çimentosu kullanılmıştır. Bu yapı elemanları yeni bir strüktür oluşturmanın ötesine geçerek yeni bir mimari biçim oluşturmuşlardır. Aşağıdan yukarıya doğru yayılan kemerler ve büyük, yuvarlak kubbeler, mimari yapıların dayanıklılığını artırmış ve büyük açıklıkların geçilmesine olanak sağlamıştır. Bu dönemde sütunlar bir yapı elemanı olmaktan ziyade bir cephe süsleme elemanına (plastır) dönüşmüşlerdir.



**Şekil 6.** *Tonoz, Kemer, Kubbe sisteme örnek olarak Pantheon, Roma (URL-3)*

**Endüstrileşme Dönemi:** Sanayi Devrimi'nin etkileriyle karakterize edilen bu dönem günümüzdeki mimari ve inşaat uygulamalarını da derinlemesine etkileyen gelişmeler bu dönemde ortaya çıkmıştır. Endüstri devrimi öncesi strüktürler ağırlıklı olarak taş ve ahşaba bağlı gelişme gösterirken endüstrileşme ile yeni bir malzeme olan çelik hayatımıza girmiştir. Çelik, çekme ve basınca diğer malzemelere oranla kıyaslanamayacak oranda mukavemet göstererek strüktürel tasarıma yeni açıklık ve kesit boyutları getirmiştir. Çelik kullanımının artması ve yapım tekniklerinde sağladığı kolaylık yüksek yapıların inşasını mümkün kılmıştır. Çeliğin sunduğu bu özellikler doğrultusunda endüstriyel dönemde iskelet sistem gelişerek kullanımı popüler hale gelmiştir.



**Şekil 7.** Çelik ile yapılan iskelet sisteme örnek olarak *Crystal Palace, Londra, (URL-4)*

**Modernizm:** Kullanımı eski çağlara kadar uzanan betonun sağlamlık ve dayanıklılığını arttırmak adına çelik donatı yerleştirilmesiyle elde edilen sistem, endüstriyel dönemin ilerlemesiyle daha yaygın hale gelmiş ve modern mimari döneminin şekillenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Strüktür diğer yapı elemanlarından koparak özgür kullanılmış ve farklı bir mekânsal kurgu ortaya çıkmıştır. Taşıyıcı ve bölücü duvarlar arasında net bir ayrım yapılmış, basit geometrik formlardan biçimler oluşturulmuştur. Modern mimari dönemde esnek mekân kurgusu, serbest plan ve cephe düzeni ön planda tutulmaktadır. Temiz ve düz hatlara sahip olan, dekoratif öğelerden kaçınan strüktürel elemanlar mekânı daha net algılanan bir hale getirmiştir.



**Şekil 8.** Modern döneme örnek olarak *Bauhaus Dessau Foundation, Almanya. (URL-5)*

**Çağdaş Dönem:** Çağdaş döneme gelindiğinde mimari ve strüktürel gelişmeler büyük ölçüde teknolojik ilerlemeler, sürdürülebilirlik, küreselleşme ve değişen yaşam tarzları etrafında şekillenmiştir. Zamanla gelişen malzeme kalitesi sonucu, özel formlu kabuk sistemler ile mekânlar örtülmeye başlanmıştır. Daha geniş ve özgün mekanlar oluşturmaya olanak sağlayan yapıların daha hafif, esnek ve estetik açıdan çekici olmasını sağlamıştır. Teknolojik gelişmeler ve bilgisayar destekli tasarımlarla birlikte karmaşık strüktürlerin inşası mümkün olmuştur. Tüm bu yenilikçi strüktürel sistemler, mimari estetiği ve mekânsal algıyı zenginleştirerek, insanların yapılarla etkileşimini arttırmış ve çağdaş mimariyi daha dinamik hale getirmişlerdir.



**Şekil 10.** Çağdaş döneme örnek olarak Bauhaus Harbin Opera Evi, Çin. (URL-6)

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu incelemeler doğrultusunda tarihsel dönemlerin karşılaştırıldığı Tablo.1’de strüktür ve mekân kavramları sekiz başlık altında bir karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Bu karşılaştırma kriterleri; ‘strüktürü tanımlayan sistem, yapıma yöntemi, malzemesi ve buna bağlı olarak strüktürün boyutları strüktürün geçtiği mesafe(açıklık), mekânın form/biçimi, planı ve mekânda strüktürün oluşturduğu oran/düzen’ olarak belirlenmiştir. Bu başlıklar doğrultusunda altı periyotta incelemesi yapılan strüktürel gelişmeler ve mekâna olan yansımalarına dair elde edilen veriler sunulmuştur.

**Tablo 1. Mekân – Strüktür İlişkisinin Tarihsel Süreçte Karşılaştırması**

	Strüktür					Mekân		
	Sistem	Yöntem	Malzeme	Boyut	Açıklık	Form	Plan	Oran
<b>Tarih Öncesi Dönem</b>	Spontane	İlkel	Sahip Olunan Her Şey	-	-	Piramit	Serbest	Yok
<b>Antik Yunan</b>	Lento	Yığma	Taş	Büyük	Sınırlı	Üçgen Prizma	Dikdörtgen	Var
<b>Antik Roma</b>	Kemer Tonoz Kubbe	Yığma	Taş Tuğla Beton	Büyük	Geniş	Kemer Tonoz Kubbe	Kare Dikdörtgen	Var
<b>Endüstri Dönemi</b>	İskelet	Birleştirme	Çelik	Küçük	Geniş	Serbest	Serbest	Var
<b>Modernizm</b>	İskelet	Karma	Betonarme	Büyük	Geniş	Serbest	Serbest	Var
<b>Çağdaş Dönem</b>	İskelet Kabuk	Karma	Çelik Betonarme Ahşap Plastik	Küçük	Çok Geniş	Serbest	Serbest	Var Yok

Sonuç olarak; ortaya konulan dönemsel örneklemelerle birlikte, strüktürün gelişiminin mekânsal kurguyu doğrudan etkilediği, teknolojik gelişmeler ile gelişen malzemenin strüktüre boyut ve açıklık olarak yansıdığı ve bununla birlikte mekânsal genişlemelerin olduğu ve serbest mekânsal formların olduğu açıkça görülmektedir. Ek olarak, strüktürün endüstri dönemine kadar olan süreçte mekânın boyutlarıyla doğrudan ilişkisi bulunurken, endüstri dönemi ile birlikte strüktürün mekândan bağımsızlaştığı tespit edilmiştir. Bu dönemden sonra strüktür mekânı sınırlayan bir öge olmanın dışında algısal olarak estetik bir öge haline gelmiş ve mekânın algılanabilirliğini ve ilişkiselliğini farklı ve yeni



bir anlayışla ortaya koymuştur. Tüm bu çıkarımlarla birlikte gelecek dönemlerde mekân ve strüktür ilişkisinin nasıl olacağını bugünün tanımlarıyla açıklamak oldukça zordur.

## KAYNAKÇA

- Altan, İ. (2012). Mimarlıkta Mekan Kavramı. Psikoloji Çalışmaları, 19, 75-88.
- Demirel, E. (2017). Strüktür Neden Gereklidir? İstanbul: Janus Yayıncılık.
- Gökçe, G. (1977). Başlangıçtan Günümüze Mimaride Strüktür. Yapı Dergisi(23), 26-48.
- Göler, S. (2009). Biçim, Renk, Malzeme, Doku ve Işığın Mekan Algısına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Hasol, D. (2014). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü (13. b.). İstanbul: YEM Yayınevi.
- Özcan, N. (2017). Fütürizm ve Çit Örücülüğünün Tekstil Tasarımında Tekstür, Strüktür ve Form Oluşumuna Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Tekstil Tasarımı Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Say, F. N. (1998). Çağdaş Yapılarda Strüktür - Biçim İlişkisi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Balıkesir.
- URL-1 [https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:The\\_Parthenon\\_in\\_Athens.jpg](https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:The_Parthenon_in_Athens.jpg) (Erişim tarihi: 01.05.2024)
- URL-2 [https://journalspress.com/ejournal/ejournal\\_LJRHSS\\_Vol\\_22\\_Issue\\_18.pdf](https://journalspress.com/ejournal/ejournal_LJRHSS_Vol_22_Issue_18.pdf) (Erişim tarihi: 01.05.2024)
- URL-3 [romamimarligi.wordpress.com/2020/12/10/bir-sir-kubbesi-pantheon](http://romamimarligi.wordpress.com/2020/12/10/bir-sir-kubbesi-pantheon) (Erişim tarihi: 01.05.2024)
- URL-4 <https://www.arkitektuel.com/kristal-saray/> (Erişim tarihi: 01.05.2024)
- URL-5 <https://www.arkitektuel.com/dessau-bauhaus/> (Erişim tarihi: 01.05.2024)
- URL-6 <https://www.arkitektuel.com/harbin-opera-binasi/> (Erişim tarihi: 01.05.2024)

## Soru Tipolojisi Basamakları ve Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamaklarına Uygun Fen bilimleri Soru Örnekleri

Kübra DURAN<sup>1</sup>, Murat GÖKDERE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>E-mail: [kubraduran0605@gmail.com](mailto:kubraduran0605@gmail.com); Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen ve Matematik Bölümü, Amasya/Türkiye.

<sup>2</sup>E-mail: [murat.gokdere@amasya.edu.tr](mailto:murat.gokdere@amasya.edu.tr); Amasya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü, Amasya/Türkiye.

---

### Özet

Bu araştırmada, 1998 yılından 2022 yılına kadar MEB tarafından uygulanmış olan liselere geçiş sınavlarında sorulan fen dersine ait sorular Soru Tipolojisi ve Piaget'in Soyut Operasyonel Basamaklarına göre incelenmiştir. Yapılan araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden biri olan Doküman İnceleme Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 615 soru, Soru Tipolojisi ve Piaget'in Soyut işlemler Basamaklarına göre incelenmiştir. Her bir soru basamağını en iyi temsil eden sorular seçilmiş ve gerekçeleri ile birlikte tablolar haline getirilerek sunulmuştur. Ölçme ve değerlendirme çalışmaları sadece eksiklerin belirlenmesinde ya da sonuç değerlendirme olarak kullanılmamalıdır. Çocuklardan üst düzey düşünme basamaklarını kullanmalarını beklerken sorduğumuz her sorunun bu durumu destekleyeceğini de göz ardı etmemeliyiz. Bu nedenle soru sormak hatta doğru sorular sormak her evrede önem teşkil etmektedir. Bu çalışmanın özellikle üst düzey düşünme becerilerini ölçmeyi amaçlayan öğretmen ve öğretmen adaylarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fen Bilimleri, Merkezi Sınav, Soru, Soru Tipolojisi, Soyut Dönem.

---

### Abstract

In this research, the science course questions asked in the high school transition exams implemented by the Ministry of National Education from 1998 to 2022 were examined and analyzed according to Question Typology and Piaget's Abstract Operational Steps. Document Review Analysis Method, one of the qualitative research methods, was used in the research. Within the scope of the study, a total of 615 questions were classified according to Question Typology and Piaget's Abstract Operational Steps, and sample questions suitable for the question steps were explained in detail and presented in the findings section. Measurement and evaluation studies should not only be used to identify deficiencies or as a result evaluation. While we expect children to use higher order thinking steps, we should not ignore that every question we ask will support this situation. For this reason, asking questions and even asking the right questions is important at every stage. It is thought that this study will contribute to both prospective teachers and teachers.

**Keywords:** Abstract Period, Central Exam, Question, Question Typology, Science.

---

## GİRİŞ

Yeni öğretim programları, toplumun ihtiyaçlarına önem veren, üreten, öğrencileri merkeze alarak öğrenme sürecinde aktif olmalarını hedefleyen, araştıran, sorgulayan ve öğretmenin de öğrenciye rehberlik yapmasını isteyerek farklı bir eğitim felsefesi ortaya koymuştur (Özmantar, Bingölbali, Demir, Sağlam & Keser, 2009). Belirlenen hedeflerin, kazanımların ne derece kazandırıldığı belirlenmesi eğitimin her aşamasında aktif rol almaktadır. Eksiklerin belirlenmesi, öğrenmenin ölçülmesi, öğretilenlerin ne kadarının öğrenildiği ve hangi boyutlarda öğrenilmiş olduğu öğretimin en önemli aşamalarından biridir. Burada ölçme ve değerlendirmenin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Ölçme ve değerlendirme çalışmaları ihtiyaçlara cevap vermek için, programların yenilenen ve hızla değişen yaşama uyumlu olarak hazırlanması açısından her zaman gereklidir. Yapılan ölçme ve değerlendirmelerin, programlarda yer alan hedef ve kazanımlar ile uyumlu olması gerekmektedir (MEB'den aktaran Sincar, 2022).

Fen bilimleri programı, öğrenciyi merkeze alan ve aktif olmasını isteyen bir programdır. Bu bağlamda soru sorma fen bilimleri dersinin sadece değerlendirme aşamasında kullanılmayıp, dersin işlenişi ve konu sonu tekrarı gibi aşamalarında da ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Çakıcı, Ürek & Dinçer, 2012). Sorulan soruların niteliği oldukça önemlidir. Çünkü çocukların üst düzey bilişsel alanda gelişmesini beklerken sürekli alt düzey nitelikte sorular sormak hedeflerimizle bir süre sonra tutarsızlık gösterecektir. Kullandığımız soruların hangi bilişsel basamakta olduğunu belirleyerek her düzeyde sorular sormak daha sağlıklı olacaktır (Güleryüz & Erdoğan, 2018). Bilişsel basamakların sınıflandırılmasında kullanılan ölçütler mevcuttur. Bu ölçütler hakkında yeterli donanıma sahip olmak süreç boyunca daha sağlıklı ilerlememize yardımcı olacaktır. Bu alanda kullanılan en önemli ölçütlerden birisi de Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamakları'dır. Bu alanda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Fakat ulusal literatürde soru tipolojisi basamakları ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu bağlamda liselere geçiş sınavlarında sorulmuş sorular arasından seçilen ve bu iki soru basamağının birbiri ile olan ilişkisini gösteren soru örneklerinin bulunduğu çalışmanın, hem öğretmenler hem de öğrenciler için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu bağlamda önce Piaget'in formal operasyon dönem basamakları, devamında ise Soru tipolojisi basamaklarının detaylarını açıklamakta fayda vardır.

Piaget'e göre soyut dönem 11-14 yaş aralığını kapsamakta ve 6 basamaktan oluşmaktadır. Bu basamaklar sırasıyla;

- a) **Hipotez Kurma:** Karşılaşılan sorunlara çözüm üretmek amacıyla olaylar arasında ilişki kurarak bir sonuca, çözüme ulaşmayı hedefleyen bir süreçtir.
- b) **Oranlı Düşünme:** Değişkenler arasındaki ilişkilerin daha çok nicel olarak ifade edilmesidir.
- c) **Değişkenleri Belirleme ve Tanımlama:** Hipotez veya deneylerin test edilme sürecinde durumu etkileyen bağımlı, bağımsız değişkenlerin belirlenerek tanımlanması sürecidir.
- d) **Olasılıklı Düşünme:** Bir deney veya hipotezin uygulama aşamasından sonuç aşamasına kadar her basamakta meydana gelebilecek her türlü olasılığı düşünme yeteneğidir.
- e) **Kombinezonlu Düşünme:** Bir durumu ispatlamak ya da tanımlamak için belirli bir ilişki doğrultusunda deney, etkinlik ya da teorik bilgileri belirleme sürecidir.
- f) **Korelasyonel Düşünme:** İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Değişkenler arasında ilişkinin pozitif veya negatif olabilir. Bu durum sonuç hakkında bize bilgi verir. Eğer değişkenler arasında herhangi bir ilişki yoksa burada korelasyon sıfır kabul edilir.

Öğrencilere, soru sorarken bu düşünme basamaklarını göz önünde bulundurmalıyız. Çünkü sorulan sorulara cevap ararken yaptığımız ilk eylem düşündürmektir. Düşüncelerimiz bizi cevaplara götürür. Öğrencilerden üst düzey düşünme basamaklarını kullanmalarını beklemekteyiz. Bu basamaklara geçişi sorduğumuz sorularla desteklemeliyiz. Sorduğumuz soruların düşünmeye, araştırmaya, merak uyandırmaya, öğretilen konu ve kazanım çerçevesine uygunluğuna önem vermekteyiz. Sorulan soruların, oluşturulma basamakları, düşünmeyi ve anlamayı etkileme düzeyleri ve öğrenileni pekiştirmesi açısından son derece önemlidir (Ed. Taber & Çev. Ed. Gökdere, 2017). Her öğrenci her soruya aynı performansta cevap veremeyebilir. Özellikle düşünmenin derinleştiği, üst düzey soru basamaklarına çıkıldıkça soru cevaplama oranı giderek düşmektedir. Bazı öğrenciler, problemi gördüklerinde bildikleriyle ilişki kurarak soruyu çok rahat çözebilirken, bazı öğrenciler için bildikleri yetersiz gelebilir (Ed. Taber & Çev. Ed. Gökdere, 2017). Bu durum düşünme basamaklarında olduğu gibi soru basamaklarında da bir hiyerarşi ortaya çıkarmıştır. Ancak, Watts & Pedrosa de Jesus yaptıkları çalışma sonucunda; soru türleri arasında her ne kadar hiyerarşi olsa da her bir basamağın ayrı bir çerçeve ve anlayışa dayandığını savunmuşlardır (Ed. Taber & Çev. Ed. Gökdere, 2017).

Bu bağlamda, Soru Tipolojisi basamakları ise 5 basamaklıdır. Bu basamaklar sırasıyla;

- a) **Kazanım Soruları:** Bilgi ve güvenceyi test eden, gerçeklere bağlı kalan sorulardır. Örnek verme, tanım yapma... Bu tür sorularda, öğrenciler konuyu sonuca ulaştırmaya, netleştirmeye ve açıkların geçerliğini onaylamaya çalışırlar.
- b) **Uzmanlaşma Soruları:** İlk konuya dair ilişkiler kurar ve bu konunun anlamını anlamaya ve yorumlamaya çalışır. Öğrenci bu basamakta kendi bilgisinin bir üstüne geçer. Ayrıntılı bilgiler arasında ilişki kurarak yeni bir anlayış geliştirirler.
- c) **Bütünleştirici Sorular:** Kalıpların özgün kalıplar biçiminde yeniden organize edilmesi ve ilkelerin yeni veya farklı uygulamalarıyla ilgili hipotez kurulmasıdır. Farklı anlayışları ortak bir noktada birleştirmeyi, karmaşık fikirleri ve anlaşmazlıkları çözmeyi amaçlar.
- d) **Organizasyonel Sorular:** Nasıl olduğunu bilmekle ilgili prosedürel bilgiyi bir araya getiren ve bu bilgiye öncülük eden sorulardır. Bu tür sorular öğrencilere kendi çalışmalarını hazırlamada, tanımlamada, uygulama ve değerlendirmede rehberlik eder.
- e) **Yansıtıcı Sorular:** Kişisel önem taşıyan bazı konulardaki duyguları, inançları, değerleri ifade eden sorulardır. İçsel olarak derin düşünmenin en belirgin olduğu basamaktır. Yansıtıcı sorular düşünme biçimlerinin ve soruların hangi yollarla ilerlediği hakkında fikir sunar.

## YÖNTEM

Bu araştırma nitel araştırma tekniklerinden biri olan doküman inceleme yöntemi ile yürütülmüştür. Örneklem, evreni temsil eden belirli sayıda kişi, olay ya da olgulardan oluşur (Yıldırım & Şimşek, 2018). Yapılan çalışmada; 1998 yılından günümüze kadar gerçekleştirilen 28 merkezi sınavda (liseye geçiş sınavları) bulunan toplamda 615 fen bilimleri dersine ait sınav sorusu incelenmiş ve ilgili basamaklara uygun en iyi örnek sorular tespit edilmiş ve hangi basamakta oldukları ayrıntılı bir şekilde tablo halinde sunulmuştur.

## ARAŞTIRMA SÜRECİ VE VERİ TOPLAMA

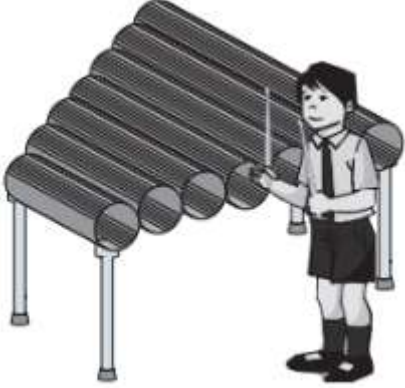
Araştırma verilerini MEB resmi sayfasında yayınlanmış olan Merkezi Ortak Sınavlarında yer alan Fen Bilimleri soruları oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında hem soru tipolojisi hem de Piaget'in formal

dönemlerine uygun sorular her iki sınıflandırma basamağına göre incelenmiş ve soru örnekleri kullanıcılar için gerekçelendirilerek sunulmuştur.

## BULGULAR

Mevcut 615 soru örneğinin içinden her bir soru basamağını en iyi temsil eden 10 soru örneği seçilmiştir. Soru Tipolojisi Basamakları ve Piaget'in Soyut Operasyonel Dönem Basamaklarını en iyi temsil ettiği düşünülen sorular ve gerekçeleri tablo halinde verilmiştir ve açıklamaları tablo altlarında sunulmuştur.

**Tablo 1. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2010		Organizasyonel Sorular: Nasıl olduğunu bilmekle ilgili prosedürel bilgiyi bir araya getiren ve bu bilgiye öncülük eden sorulardır.	Hipotez Karşılaşılan sorunlara çözüm üretmek amacıyla olaylar arasında ilişki kurarak bir sonuca, çözüme ulaşmayı hedefleyen bir süreçtir.	Kurma: sorunlara amacıyla ilişki kurarak bir sonuca, ulaşmayı hedefleyen bir süreçtir.
	<p>İlker, tasarlamak istediği müzik aleti için yedi adet aynı cins plastik boruyu yukarıdaki gibi monte etmiştir. Kullandığı borulardan her birinin bir notaya karşılık gelmesini isteyen İlker, elindeki sopalarla borulara vurarak çıkan sesleri dinlemiştir. Bu işlem sonunda boruların boyunun kısalması ile sesin giderek inceldiğini fark etmiştir.</p>			Değişkenleri Belirleme ve Tanımlama: Hipotez veya deneylerin test edilme sürecinde durumu etkileyen bağımlı, bağımsız değişkenlerin belirlenerek tanımlanması sürecidir.
	<p>Tasarladığı müzik aletinde önce en uzun boruya sert bir şekilde vuran İlker, daha sonra en kısa boruya yavaş bir şekilde vurursa çıkan seste nasıl bir değişim gözlemler?</p>			
	<p>A) Yüksekliği azalır, genliği artar.</p> <p>B) Yüksekliği artar, genliği azalır.</p> <p>C) Yüksekliği ve genliği artar.</p> <p>D) Yüksekliği ve genliği azalır.</p>			

Verilen soruda İlker, notaları bilmektedir ve her borudan çıkan sesin bir notaya gelmesi için boruları farklı uzunluklarda kullanır ve boruların boyu değiştiğinde sesin de değiştiğini fark ederek bir düzenek

kurar. Bu durum “organizasyonel soru” basamağında olduğunu gösterir. İlker, yaptığı çalışma sonucunda boruların kısaltıkça sesin incelendiği sonucuna varmıştır. Bu durum “hipotez kurma” basamağı ile ilgilidir. Soru bize en kısa boruya yavaş bir şekilde vurulduğunda çıkan sesin durumunu sormaktadır. İlker öncesinde uzun boruya sert bir şekilde vurmıştır. Bu iki durum arasındaki ilişkiyi belirleme bize sorunun “değişkenleri belirleme ve tanımlama” basamağı ile ilgili olduğunu göstermektedir.

**Tablo 2. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2010

Periyodik Tablo									
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A		
1 H							2 He		
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		

Uzmanlaşma Soruları: İlk konuya dair ilişkiler kurar ve bu konunun anlamını anlamaya ve yorumlamaya çalışır.

Olasılıklı Düşünme: Bir deney veya hipotezin uygulama aşamasından sonuç aşamasına ulaşana kadar her basamakta meydana gelebilecek her türlü olasılığı düşünebilme yeteneğidir.

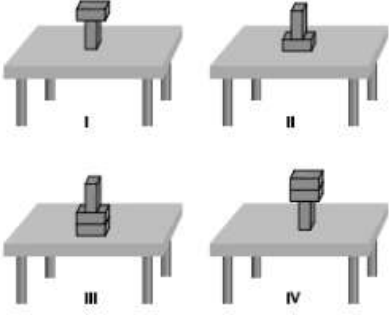
Magnezyum (Mg) elementinin, 2.periyot 6A grubunda bulunan element ile yaptığı bileşiğin formülü ve bağ türü aşağıdakilerden hangisidir?

Korelasyonel Düşünme: İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

- | Bileşik formülü | Bağ türü     |
|-----------------|--------------|
| A) MgO          | İyonik bağ   |
| B) MgS          | İyonik bağ   |
| C) MgS          | Kovalent bağ |
| D) MgO          | Kovalent bağ |

İyonik bağ, metal ve ametal atomları arasında gerçekleşen bağ türüdür. Kovalent bağ ise, ametal atomlar arasında gerçekleşir. Öğrenci bu iki bilgiye ve periyodik tabloda hangi elementin metal ya da ametal olduğu bilgisine sahiptir. Bu bilgilerden yola çıkarak şıklar arasında ilişki kurar. Bu da bize sorunun “uzmanlaşma sorusu” olduğunu gösterir. Şıklara baktığımızda “Mg” elementinin birden fazla durumda olma ihtimali vardır. Öğrenci tüm olasılıkları değerlendireceği için soru “olasılıklı düşünme” basamağındadır diyebiliriz. Periyodik tablodaki elementlerin aralarındaki metal-metal, metal-ametal ilişkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu da sorunun “korelasyonel düşünme” olduğunu gösterir.

**Tablo 3. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2011	Özdeş tuğlalar yatay bir masa üzerine dört farklı şekilde konulmuştur.	Uzmanlaşma Soruları: İlk konuya dair ilişkiler kurar ve bu konunun anlamını anlamaya ve yorumlamaya çalışır.	Oranlı Düşünme: Değişkenler arasındaki ilişkilerin daha çok nicel olarak ifade edilmesidir.  Korelasyonel Düşünme: İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.
			
Buna göre, hangi şekildeki tuğlaların masaya uyguladığı basınç en büyüktür?			
A) I. B) II. C) III. D) IV.			

Öğrenci konuya dair yüzey alanı ve ağırlığın basınca etkisini önceden bilir. Bildiği bu bilgilere göre masalara uygulanan basınçların büyüklükleri hakkında yorum yapabilir. Bu durumda sorunun “uzmanlaşma sorusu” olduğunu gösterir. Basınç ağırlık/yüzey alanı formülünden hesaplanır. Öğrenci bu formülü kullanarak basınç büyüklükleri hakkında sonuca ulaşabilir. Soru bu durumda “oranlı düşünme” basamağındadır. Yüzey alanı ve ağırlık basıncın büyüklüğünü etkileyen iki etkendir. Soru incelendiğinde masaların üzerindeki tuğlaların toplam ağırlık ve yüzey alanlarında değişiklik olduğu görülmektedir. Bu da bize sorunun “korelasyonel düşünme” basamağını desteklediğini gösterir.

**Tablo 4. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2012	Doğal süreçlere ait bazı kavramlar ve bu kavramların tanımları aşağıdaki gibidir:	Kazanım Bilgi ve güvenceyi test eden gerçeklere bağlı sorulardır. Örnekleme, yapma...	Soruları: Örnekleme, yapma...	Kombinezonlu Düşünme: Bir durumu ispatlamak ya da tanımlamak için belirli bir ilişki doğrultusunda deney, etkinlik ya da teorik bilgileri belirleme sürecidir.
------	---	---	-------------------------------	--



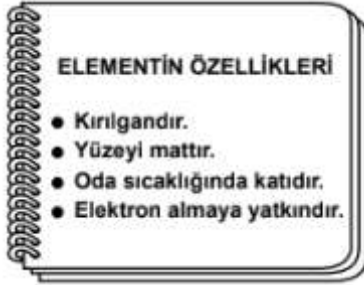
Her bir kavram kendi tanımı ile eşleştirildiğinde hangi kavram dışarıda kalır?

- A) Artçı deprem B) Öncü deprem  
C) Şiddet D) Büyüklük

Soruda kavram ve tanım eşleştirilmesi verilmiştir. Kazanım soruları bilgiyi test eder. Soru direkt olarak “kazanım sorusu” dur diyebiliriz. Bir durumu tanımlama “kombinezonlu düşünme” ile ilişkilidir. Soru da bu basamağa uygundur.

**Tablo 5. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2012

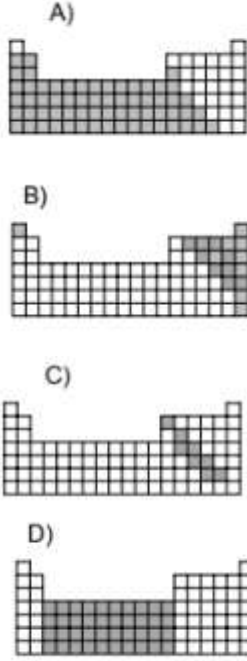


Kazanım Soruları: Bilgi ve güvenceyi test eden gerçeklere bağlı sorulardır. verme, yapma...

Örnek tanımlama...

Kombinezonlu Düşünme: Bir durumu ispatlamak ya da tanımlamak için belirli bir ilişki doğrultusunda deney, etkinlik ya da teorik bilgileri belirleme sürecidir.

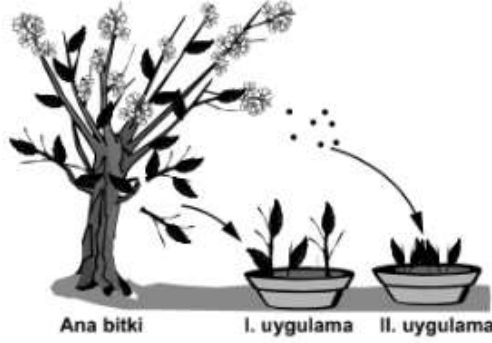
Özellikleri verilen element, aşağıdaki hangi periyodik tabloda koyu renkle belirtilen bölgede yer alır?



Soru incelendiğinde bize metallerin temel özelliklerini bilgi olarak sunmuştur. Öğrenci metallerin özelliklerini ve tablodaki yerlerini önceden bilir. Öğrenci sorudaki özellikleri okuduğunda bunun metal olduğunu anlar ve periyodik tablodaki yerini bulmaya çalışır. Soru bu durumda “kazanım sorusu” dur diyebiliriz. Soruda bize direk metallerin özelliklerini ve periyodik tablodaki yerini sorduğu için soru “kombinezonlu düşünme” basamağı ile ilişkilidir.

**Tablo 6. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2012	Bir bitkinin şekildeki gibi dalları toprağa dikilerek (I. uygulama), tohumları da toprağa ekilerek (II. uygulama) yeni bitkiler elde ediliyor.	Bütünleştirici Sorular: Kalıplar özgün kalıplar biçiminde yeniden organize edilmesi ve ilkelerin yeni veya farklı farklı uygulamalarıyla ilgili hipotez kurulmasıdır.	Değişkenleri Belirleme ve Tanımlama: Hipotez veya deneylerin test edilme sürecinde durumu etkileyen bağımlı, bağımsız değişkenlerin belirlenerek tanımlanması sürecidir.
------	--	---	--



Bu bitkilerin genetik yapısıyla ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi söylenebilir?

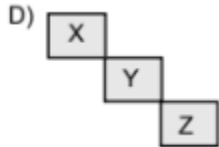
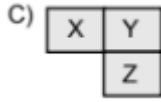
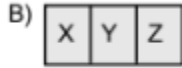
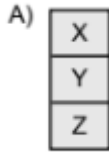
- A) Her iki uygulamadan elde edilen yeni bitkilerin hepsinin genetik yapısı aynıdır.
- B) Her iki uygulamadan elde edilen yeni bitkilerin ve ana bitkinin genetik yapısı birbirinden farklıdır.
- C) I. uygulamadan elde edilen bitkilerin genetik yapısı, ana bitkininkiyle aynıdır.
- D) II. uygulamadan elde edilen bitkilerin genetik yapısı, ana bitkininkiyle aynıdır.

Soru, var olan genetik ilkesinin farklı durumlara uyarlanmış halini temsil eder ve farklı uygulamalar sonucunda bir hipotez oluşturulmuştur. Bu durumlar şıklarda verilmiştir. Bu nedenle sorunun “bütünleştirici soru” olduğu kanısına varabiliriz. Soruda aynı bitkiye ait fidan ve tohumunun gelişmesiyle genetik yapısının değişip değişmeyeceği incelenmek istenmiştir. Bu nedenle soru “değişkenleri belirleme ve tanımlama” basamağındadır.

**Tablo 7. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2013	X, Y ve Z elementlerinin atomları hakkında, aşağıdaki bilgiler veriliyor: <ul style="list-style-type: none"><li>• Son katmanlarında 2 elektron bulunur.</li><li>• X iki, Y üç, Z dört katmana sahiptir.</li></ul>	Uzmanlaşma Soruları: İlk konuya dair ilişkiler kurar ve bu konunun anlamını anlamaya ve yorumlamaya çalışır.	Kombinezonlu Düşünme: Bir durumu ispatlamak ya da tanımlamak için belirli bir ilişki doğrultusunda deney, etkinlik ya da teorik bilgileri belirleme sürecidir.
------	---	--	--

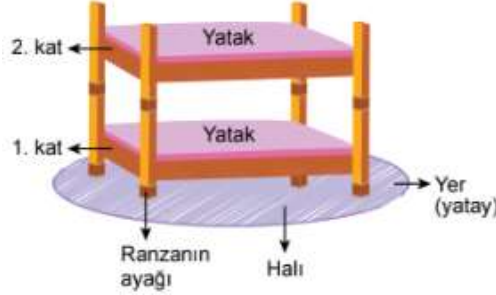
Buna göre elementlerin periyodik sistemdeki gösterimi, aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?



Öğrenci, periyodik tabloda elementlerin grup ve periyotlarının nasıl bulunacağına dair temel bilgileri önceden bilir. Soru da bize elementlerin kaç katmandan oluştuğunu ve son katmanlarında kaç elektron olduğunu vermiştir. Öğrenci verilen bilgilerle kendi bilgilerini birleştirerek cevaba ulaşır. Bu nedenle soru “uzmanlaşma soru” basamağındadır. Bir durumu tanımlama “kombinezonlu düşünme” ile ilişkilidir. Soru da bu basamağa uygundur.

**Tablo 8. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2020	<p>Bir odada bulunan şekildeki ranzanın ayakları, üzerinde bulunduğu halı zeminde derin bir iz bırakmıştır.</p>	<p>Bütünleştirici Sorular: Kalıplar özgün kalıplar biçiminde yeniden organize edilmesi ve ilkelerin yeni veya farklı farklı uygulamalarıyla ilgili hipotez kurulmasıdır.</p>	<p>Değişkenleri Belirleme ve Tanımlama: Hipotez veya deneylerin test edilme sürecinde durumu etkileyen bağımlı, bağımsız değişkenlerin belirlenerek tanımlanması sürecidir.</p> <p>Korelasyonel Düşünme: İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.</p>
------	---	--	---



Buna göre aşağıda verilenlerden hangisi yapılırsa ranza ayaklarının halı zeminde bıraktığı izin derinliği artar?

- A) Ranzanın birinci katındaki ayaklarının altına genişliği, ayakların genişliğinden daha fazla olan bir tahta parçası koyulursa
- B) Ranzanın ikinci katında bulunan yatak daha ağır olanı ile değiştirilirse
- C) Ranzanın birinci katında bulunan yatak bulunduğu yerden çıkarılırsa
- D) Ranzanın ikinci katı alınıp başka bir yere koyulursa

Öğrenci konuya dair yüzey alanı ve ağırlığın basınca etkisine yönelik temel bilgileri önceden bilir. Bildiği bu bilgilere göre şıkları değerlendirdiğinde basınçların büyüklükleri hakkında yorum yapabilir ve izin derinlik büyüklüğünü belirleyebilir. Bu durumda sorunun “uzmanlaşma sorusu” olduğunu gösterir. Farklı durumları deneyerek halı zemindeki izin derinliği hakkında yorum yapılabilir. Farklı durumları test etmek ve bu durumu tanımlamak sorunun “değişkenleri belirleme ve tanımlama” basamağı ile ilgili olduğunu göstermektedir. Yüzey alanı ve ağırlık basıncın büyüklüğünü etkileyen iki etkidir. Soruda verilen şıklar incelendiğinde toplam ağırlık ve yüzey alanların da değişiklik olduğu görülmektedir. Bu da bize sorunun “korelasyonel düşünme” basamağında olduğunu gösterir.

**Tablo 9. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2021	Bir öğrencinin, asit yağmurları konusuyla ilgili hazırladığı sunumda yer alan bilgilerden bazıları kartta verilmiştir.	Kazanım Bilgi ve güvenceyi test eden gerçeklere bağlı sorulardır. verme, yapma...	Soruları: Hipotez Kurma: Karşılaşılan sorunlara çözüm üretmek amacıyla olaylar arasında ilişki kurarak bir sonuca, çözüme ulaşmayı hedefleyen bir süreçtir.
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><p>◆ Asit yağmurları, yapısında <math>\text{CaCO}_3</math> (kalsiyum karbonat) bulunan mermer gibi maddelerden yapılan heykelleri aşındırabilir.</p><p>◆ Asit yağmurları, pH değeri 5'in altında olan yağmurlardır, bu yağmurların pH değeri 2'ye kadar düşebilir.</p></div>		Korelasyonel Düşünme: İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin belirlenmesidir.

Sadece bu karttaki bilgilere göre aşağıdaki çıkarımlardan hangisi doğrudur?

- A) Asit içerikli maddeler tüm yüzeyleri aşındırır.
- B) pH değeri 5'ten büyük olan tüm maddeler asit özelliği gösterir.
- C) Yağmur sularındaki asit oranı değişebilir.
- D) Kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) asit özelliği gösteren bir maddedir.

Soru incelendiğinde bize asitlerin temel özelliklerini bilgi olarak sunmuştur. Öğrenci asitlerin genel özelliklerinden yola çıkarak cevaba ulaşabilir. Soru bu durumda “kazanım sorusu” dur diyebiliriz. Soruda bize asit yağmurlarının mermer yüzeylerini aşındırdığını vermiştir. Bu açıklama ile şıklar arasında ilişki kurularak eleme yapılabilir. Bu durum “hipotez kurma” basamağı ile ilgilidir. Soru bize asitlerle ilgili birden fazla özelliğin farklı durumlar üzerindeki ilişkisine ulaşmamızı istemiştir. Bu da bize sorunun “korelasyonel düşünme” basamağında olduğunu gösterir.

**Tablo 10. Soru Tipolojisi ve Soyut Dönem Basamaklarına Göre Örnek Soru Analizi**

2022	<p>İnsanlar beslenme, giyinme, barınma, ısınma ve enerji elde etme gibi nedenlerle çeşitli kaynakları kullanır.</p> <p>Ekolojik ayak izi; bir birey, şehir veya ülke için gerekli ürün ve kaynakların tümünün üretilmesi, meydana gelen tüm atıkların da etkisiz hâle getirilmesi için gereksinim duyulan toplam verimli kara ve su alanlarını ifade eder.</p> <p>Bu açıklama dikkate alınarak dört öğrencinin bireysel davranışlarına ilişkin aşağıdaki ifadelerinden hangisi, ekolojik ayak izinin azaltılmasına yönelik olarak kabul edilemez?</p> <p>A) Yakın mesafedeki yerlere yürüyerek giderim.</p> <p>B) Eski defterlerimin boş sayfalarını da kullanırım.</p> <p>C) Bozulduğu için damlatan muslukların tamir edilmesini sağlarım.</p> <p>D) Günlük yaşamımda tüm yeni teknolojik ürünleri alırım ve kullanırım.</p>	<p>Yansıtıcı Sorular: Kişisel önem taşıyan bazı konulardaki duyguları inançları değerleri ifade eden sorulardır.</p>	<p>Kombinezonlu Düşünme: Bir durumu ispatlamak ya da tanımlamak için belirli bir ilişki doğrultusunda yapılabilecek deney, etkinlik ya da teorik bilgileri belirleme sürecidir.</p> <p>Değişkenleri Belirleme ve Tanımlama: Hipotez veya deneylerin test edilme sürecinde durumu etkileyen bağımlı, bağımsız değişkenlerin belirlenerek tanımlanması sürecidir.</p>
------	--	--	---

Soruda verilen açıklamalar ve şıklar okunduğunda bireysel olarak yapmamız gereken sorumluluklar ön planda tutulmuştur. Yansıtıcı sorular kişisel önem taşıyan duygu ve değerleri ifade eden sorulardır. Bu nedenle sorumuz “yansıtıcı soru” basamağındadır. Soruda yapılan açıklamayla ilgili bir ilişki kurmak ve bir durumu ispatlamak sonuçlandırmak istenmiştir. Bu nedenle soru “kombinezonlu düşünme” basamağındadır. Soruda bize ekolojik ayak izinin azaltılmasına yönelik yapılabilecekler sorulmuştur. Ekolojik ayak izinin azaltılması bağımlı değişkendir. Bu durumu tanımlamak sorunun “değişkenleri belirleme ve tanımlama” basamağı ile ilgili olduğunu göstermektedir.

### SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- Bu çalışma kapsamında soru tipolojisi basamakları ayrıntılı bir biçimde tanıtılmış ve soru örnekleri detaylı bir şekilde sunulmuştur.
- Daha önce ulusal literatürde Bloom taksonomisi ve Piaget’in formal dönem basamakları ile ilgili soru inceleme çalışmaları olmasına rağmen, çalışmamıza konu olan soru tipolojisi basamaklarına ilişkin bir çalışmanın ve aydınlatıcı bir çalışma mevcut değildir. Bu bakımdan sunulan soru örnekleri orijinallik göstermektedir.
- Bu çalışmanın, yeni nesil soruların önem kazandığı günümüzde, üst düzey beceri ölçmek isteyen öğretmen ve öğretmen adaylarına yardımcı bir materyal olarak katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmadan hareketle;

Bu çalışmada hazırlanan rehber materyal kullanılarak, merkezi sıvaların soru analizleri yapılabilir ve yıllara göre değişimi yorumlanabilir.

- ❖ 8. Sınıf Fen Bilimleri dersinde sorulan okul sınavları ve MEB tarafından uygulanan liselere giriş sınavlarında sorulan fen sorularının Soru Tipolojisine göre analizi yapılarak, iki sınavda sorulan soruların benzerlikleri karşılaştırılabilir. Ayrıca bu çalışma başka dersler içinde uygulanabilir.
- ❖ Ders esnasında öğrencinin ve öğretmenin sorduğu sorular tespit edilerek Soru Tipolojisi basamaklarına göre analizi yapıldıktan sonra, öğrenci ve öğretmenin sorduğu sorular arasındaki ilişkiye bakılabilir.
- ❖ Fen derslerinde öğrencilerin üst bilişsel düzeyde düşünüp sorgulayabilecekleri etkinlikler yapılabilir. Bu etkinlikler neticesinde ölçme değerlendirme sürecinde bu çalışmadan faydalanılabilir.

## KAYNAKÇA

- Çakıcı, Y., Ürek, H. & Dinçer, E.O. (2012). İlköğretim Öğrencilerinin Soru Oluşturma Becerilerinin İncelenmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 43-68.
- Gülyüz, H. & Erdoğan, İ. (2018). Orta Okul Fen Bilimleri Dersi Sınav Sorularının Bloom'un Bilişsel Alan Taksonomisine Göre Değerlendirilmesi: Muş İli Örneği. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 43-49.
- Özmantar, M. F., Bingölbali, E., Demir, S., Sağlam, Y. & Keser, Z. (2009). Değişen Öğretim Programları ve Sınıf İçi Normlar. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 6(2).
- Sincar, B. (2022). Fen Bilimleri Ders Kitabında Bulunan Kimya Ünitelerindeki Bölüm Sonu Sorularının Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Elazığ Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2018). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Watts, M. & Jesus, H. P. (2017). Fen Derslerinde Soru Sormak. Keith S. Taber (Ed.) & Murat Gökdere (Çev. Ed.). *Üstün Yetenekliler İçin Fen Eğitimi* (1. Baskı) içinde (139-158). Ankara: Pegem Akademi.