

# Sağlık Bilimlerinde Akademik alışmalar ve Yeni Vizyonlar

*Editör: Prof. Dr. Gönül GÜROL*



**SAĞLIK BİLİMLERİNDE  
AKADEMİK ÇALIŞMALAR VE  
YENİ VİZYONLAR**

**Editör**

**Prof. Dr. Gönül GÜROL**



*Sağlık Bilimlerinde Akademik alışmalar Ve Yeni Vizyonlar*

*Editör: Prof. Dr. Gönül GÜROL*

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Kapak ve Sayfa Tasarımı:** Duvar DESIGN

**Basım Tarihi:** Mart 2026

**Yayıncı Sertifika No:** 49837

**E-ISBN:** 978-625-8756-12-8

© Duvar Yayınları

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

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)

*"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğın sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz.*

# İÇİNDEKİLER

<b>1. Bölüm</b> .....	<b>1</b>
Yeni Nesil Çalışma Modellerinde İş Sağlığı Hemşireliğinin Rolü ve Uyum Süreci Filiz ADANA , Belkıs CAN	
<b>2. Bölüm</b> .....	<b>13</b>
Halk Sağlığı Bakış Açısıyla Kullanılmayan İlaçlar, İmha Yöntemleri ve Self-Medikasyon Serkan KÖKSOY , Belkıs CAN	
<b>3. Bölüm</b> .....	<b>24</b>
Dijital Sağlıkta Veri Güvenliği: İlkeler, Uygulamalar ve Politika Çerçevesi Alperen GÖKTAŞ	
<b>4. Bölüm</b> .....	<b>36</b>
Sağlık Bilimlerinde Parametrik Olmayan ve Yarı Parametrik Modelleme: Kavramsal Çerçeve, Yöntemler ve Uygulamalar Eray YURTSEVEN	
<b>5. Bölüm</b> .....	<b>55</b>
Sağlık Bilimlerinde Veri Entegrasyonu: Kuramsal Temellerinden Uygulamalara Kapsamlı Bir İnceleme Eray YURTSEVEN	
<b>6. Bölüm</b> .....	<b>74</b>
Gıda Güvenliği Skandallarının Et ve Süt Piyasalarında Talep Esnekliği Üzerindeki Etkisi Onur KORKMAZ , Serap KORKMAZ	

<b>7. Bölüm</b> .....	<b>88</b>
Düşük Karbon Ayak İzli Hayvansal Gıdaların Piyasa Fiyatlandırması ve Tüketici Tercihleri: Bir Derleme Çalışması Onur KORKMAZ, Serap KORKMAZ	
<b>8. Bölüm</b> .....	<b>106</b>
Veteriner Hekimlik ve Sağlık Araştırmalarında Çoklu Karşılaştırma Testlerinin Kuramsal Temelleri ve Bilimsel Güvenilirlik Açısından Önemi Hakan SERİN , Muslu Kazım KÖREZ	
<b>9. Bölüm</b> .....	<b>115</b>
Protetik Diş Hekimliği Uygulamalarında Yapay Zekanın Kullanılması Verda Gökçe ÇAKAR	
<b>10.Bölüm</b> .....	<b>125</b>
Perioperatif Hiperglisemi Yönetimi Zeliha DEDEBAĞI	
<b>11.Bölüm</b> .....	<b>140</b>
Alveolar Soket Preservasyonu: Biyolojik Temeller ve Güncel Klinik Yaklaşımlar İzzet Melih GÜRKAN, Hakan ÖZDEMİR	

# 1. Bölüm

## Yeni Nesil Çalışma Modellerinde İş Sağlığı Hemşireliğinin Rolü ve Uyum Süreci

Filiz ADANA<sup>1</sup>, Belkıs CAN<sup>2</sup>

### Özet

Bu derleme çalışması, COVID-19 pandemisi sonrası hızla değişen çalışma biçimlerinin iş sağlığı hemşireliğine etkilerini incelemektedir. Uzaktan ve hibrit çalışma modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, iş sağlığı hemşirelerinin görev tanımları da önemli ölçüde dönüşüme uğramıştır. Hemşireler artık yalnızca fiziksel işyerlerinde değil, dijital platformlar aracılığıyla da sağlık izlemi, danışmanlık ve eğitim gibi görevleri üstlenmektedir. Bu yeni çalışma modelleri, çalışanlarda hem fiziksel (örneğin ergonomik yetersizlik, hareketsizlik kaynaklı kronik hastalıklar) hem de psikososyal (örneğin sosyal izolasyon, tükenmişlik, iş-özel yaşam dengesizliği) sağlık risklerini artırmıştır. İş sağlığı hemşireleri, bu risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesinde kilit rol oynamaktadır. Derlemede ayrıca tele-sağlık sistemleri, mobil uygulamalar, ev ortamı risk analizi ve dijital okuryazarlık konuları ele alınmış; hemşirelerin mesleki gelişimi için gerekli dijital yetkinlikler ve disiplinler arası iş birliği becerileri vurgulanmıştır. Son olarak, mesleğin geleceğine yönelik öngörüler sunulmuş ve politika yapıcılara yönelik öneriler ile araştırma boşluklarına dikkat çekilmiştir. Çalışma, iş sağlığı hemşireliğinin dijitalleşen iş yaşamına nasıl entegre olduğunu bütüncül bir yaklaşımla ele almıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İş sağlığı hemşireliği, Uzaktan çalışma, Hibrit model

### 1. Giriş

İş sağlığı hemşireliği, çalışan bireylerin fiziksel, zihinsel ve sosyal yönden tam iyilik hâlini sağlamaya yönelik hizmetlerin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesini kapsayan bir hemşirelik uzmanlık alanıdır. Bu alan, sanayileşme ve iş kazalarının artmasıyla birlikte 19. yüzyılın sonlarına doğru gelişmeye başlamış, 20. yüzyılda işyeri sağlık hizmetlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte kurumsal bir yapıya kavuşmuştur (Yıldız ve Şahan, 2020). Türkiye’de ise

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği Ana Bilim Dalı Aydın, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7677-0170

<sup>2</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği PhD, Aydın Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Anestezi Programı, Aydın, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6587-3078

özellikle 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile birlikte iş sağlığı hemşireliğinin yasal çerçevesi belirginleşmiştir (Turaç, 2023).

Geleneksel çalışma ortamlarında iş sağlığı hemşireleri; işyeri hekimleri ile koordineli şekilde çalışanların işe giriş muayenelerini yapar, periyodik sağlık kontrollerini organize eder, ilk yardım ve acil müdahale hizmetlerinde görev alır, bulaşıcı hastalıkların takibini gerçekleştirir ve çalışanlara yönelik sağlık eğitimi verirler. Ayrıca ergonomi, hijyen ve iş kazalarının önlenmesi gibi konularda da rehberlik ederler (Bükecik, 2025). Hemşire, işyerinde yalnızca sağlık hizmeti sunan değil, aynı zamanda iş güvenliğinin savunucusu olan bir profesyonel olarak konumlanır.

Ancak COVID-19 pandemisi ile birlikte küresel ölçekte iş yapma biçimleri değişmiş, uzaktan ve hibrit çalışma modelleri yaygınlaşmıştır. Bu dönüşüm, iş sağlığı hizmetlerinin sunumunu da doğrudan etkilemiştir. Artık çalışanların evden çalışması, fiziksel sağlık riskleri kadar psikososyal riskleri de gündeme getirmiştir. İş sağlığı hemşireleri, bu yeni dönemde klasik rollerinin ötesine geçerek dijital ortamda danışmanlık yapma, çevrim içi sağlık eğitimi verme, ev ortamında ergonomi değerlendirmesi yapma ve uzaktan sağlık izlemi gibi işlevleri üstlenmek durumunda kalmıştır (Emek ve Duruk, 2023; Kasnak, 2024). Pandemi sonrası dönemde iş sağlığı hemşireliği, yalnızca bir klinik hizmet değil aynı zamanda teknolojik ve sosyal dönüşümle uyumlu bir halk sağlığı uygulaması hâline gelmiştir. Bu bağlamda, hemşirelerin mesleki rollerini nasıl dönüştürdüğü, hangi yeni becerilere ihtiyaç duyduğu ve işyerlerinin bu sürece nasıl entegre olduğu soruları giderek önem kazanmaktadır.

## **2. Yeni Nesil Çalışma Modelleri: Uzaktan ve Hibrit Sistemler**

Pandemi süreci ile birlikte küresel ölçekte iş yapma biçimleri önemli ölçüde dönüşüme uğramış ve bu dönüşüm, özellikle dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla desteklenmiştir. Bu yeni dönemde uzaktan ve hibrit çalışma modelleri ön plana çıkmıştır. Uzaktan çalışma, çalışanın görevlerini işyeri dışında, genellikle ev ortamında, dijital iletişim araçlarını kullanarak yerine getirdiği bir modeldir. Hibrit çalışma ise çalışanların iş günlerini belirli oranlarda hem evde hem de ofiste geçirmelerini sağlayan esnek bir yapıdır. Her iki model de hem çalışanların bireysel yaşamlarına uyum sağlaması hem de işverenlerin operasyonel maliyetlerini düşürmesi açısından cazip hale gelmiştir (Şimşek ve Elibol, 2022).

Bu modellerin yaygınlaşmasında başta COVID-19 pandemisinin tetikleyici rolü olmak üzere, teknolojik gelişmeler, ulaşım süresinden tasarruf edilmesi, iş-yaşam dengesi arayışı ve çalışan memnuniyeti gibi unsurlar etkili olmuştur. Her ne kadar bu yeni modeller birçok avantaj sunsa da, çalışan sağlığı açısından bazı

yeni riskleri beraberinde getirmiştir. Özellikle evde ergonomik olmayan koşullarda çalışmak, uzun süreli oturarak ekran başında zaman geçirmek; kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, göz yorgunluğu ve hareketsizliğe bağlı kronik hastalık risklerini artırmaktadır (Ergül, 2021). Ayrıca, sosyal izolasyonun yoğunlaşması, çalışanlar arasında yalnızlık hissi, aidiyet duygusunun zayıflaması ve tükenmişlik sendromu gibi psikososyal sorunların daha yaygın hale gelmesine neden olmaktadır (Kaya, 2023). Uzaktan çalışmanın bir diğer olumsuz etkisi, iş ve özel yaşam sınırlarının belirsizleşmesiyle birlikte sürekli çevrim içi olma baskısıdır. Bu durum, çalışanlarda dijital tükenmişlik (Zoom yorgunluğu) gibi yeni kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur.

İş sağlığı hemşireleri açısından bu modeller, klasik rollerin ötesine geçerek yeni sorumluluk alanlarını beraberinde getirmiştir. Ev ortamında ergonomik risklerin değerlendirilmesi, çevrim içi sağlık danışmanlığı, stres yönetimi ve dijital sağlık eğitimleri, iş sağlığı hemşireliğinin yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır (Çiftçi ve Aksoy, 2021). Bu doğrultuda hemşirelerin dijital yetkinliklerinin artırılması ve uzaktan müdahale kapasitesinin güçlendirilmesi, yeni dönemdeki temel ihtiyaçlar arasında yer almaktadır.

### **3. İş Sağlığı Hemşireliğinde Yeni Risk Alanları**

#### **3.1. Fiziksel Sağlık Riskleri**

Uzaktan ve hibrit çalışma sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, iş sağlığı alanında yeni risk profilleri ortaya çıkmıştır. Bu durum, iş sağlığı hemşireliğini yalnızca geleneksel fiziksel tehlikelere karşı değil, aynı zamanda dijital çalışma ortamlarının doğurduğu yeni fizyolojik tehditlere karşı da duyarlı hale getirmiştir. Fiziksel sağlık risklerinin başında dijital ergonomi sorunları ve egzersiz eksikliği yer almaktadır.

Bilgisayar başında geçirilen sürenin artması, kötü duruş pozisyonları, uygun olmayan çalışma istasyonları ve sürekli tekrarlayan hareketler, kas-iskelet sistemi bozuklukları açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Aksüt, Eren ve Tüfekçi, 2020). Özellikle bel-boyun ağrıları, el bileği sendromları ve göz yorgunluğu gibi şikayetlerde artış gözlenmiştir. Bu sorunların çoğu, uygun ergonomik düzenlemeler yapılmadığında ve çalışanlara yeterli eğitim sağlanmadığında kronik hale gelmektedir.

Ayrıca, ev ortamlarının ofislere kıyasla ergonomik olarak daha yetersiz olması, dijitalleşmeyle birlikte gelen hareketsizliği daha da derinleştirmiştir. Çalışanların iş saatleri içinde ve sonrasında egzersiz yapmaması ya da fiziksel aktivite düzeylerinin düşük olması, obezite, hipertansiyon, diyabet gibi kronik hastalıkların riskini artırmaktadır (Muslu ve Kara, 2023; Azizoğlu, 2025). İş sağlığı hemşireleri, bu riskleri tanımlamak, erken müdahale planlamak ve

bireylerin farkındalığını artıracak rehberlik sağlamak açısından kritik bir konumda yer almaktadır.

Ergonomi eğitimlerinin yaygınlaştırılması, dijital egzersiz programlarının teşvik edilmesi ve bireysel risk analizlerinin yapılması bu bağlamda önerilen stratejilerdendir. Özellikle pandemiden sonra gelişen bu yeni risk ortamı, iş sağlığı hemşirelerinin rollerini yeniden şekillendirmekte ve çok boyutlu bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

### **3.2. Psikososyal Sağlık Riskleri**

Uzaktan ve hibrit çalışma modelleri, fiziksel sağlığın yanı sıra psikososyal sağlık açısından da yeni risk alanlarını beraberinde getirmiştir. Bu çalışma biçimlerinin en yaygın görülen etkilerinden biri sosyal izolasyondur. Özellikle evden çalışan bireylerin iş arkadaşlarıyla fiziksel temasının kesilmesi, takım ruhunun zayıflamasına ve yalnızlık hissinin artmasına neden olmuştur. Araştırmalar, sosyal etkileşim eksikliğinin bireylerin psikolojik dayanıklılığı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu ve motivasyon düşüklüğüne yol açtığını göstermektedir (Kahraman ve Yumuşak, 2023).

Uzun süreli çevrim içi toplantılar, bitmeyen dijital bildirimler ve işin mekândan bağımsız hale gelmesi, çalışanlarda tükenmişlik sendromunun yaygınlaşmasına neden olmuştur. Özellikle “sürekli ulaşılabilir olma” algısı, zihinsel yorgunluğun artmasına ve bireylerin sınırlarını belirlemede zorlanmasına yol açmıştır (Yıldız ve Öztürk, 2022). Bu durum, sadece iş performansını değil, genel yaşam kalitesini de olumsuz etkilemektedir.

Pandemiyle birlikte belirginleşen bir diğer sorun ise iş ve özel yaşam arasındaki sınırların belirsizleşmesidir. Evde çalışmak, fiziksel olarak dinlenme ve sosyalleşme alanlarının da iş mekânı hâline gelmesine neden olmuş, bu da bireylerin özel yaşamdan uzaklaşmasına yol açmıştır. Aynı ortamda hem ebeveyn hem çalışan rollerini yürütmeye çalışan bireyler için bu durum ciddi bir stres kaynağı hâline gelmiştir. Özellikle kadın çalışanlar açısından ev içi sorumlulukların artması, psikolojik yükü daha da derinleştirmiştir (Özer ve Sevinç, 2021).

İş sağlığı hemşireleri, bu tür psikososyal risklerin yönetilmesinde önemli bir role sahiptir. Hem bireysel danışmanlık sağlayarak çalışanların stres yönetimi becerilerini desteklemeleri, hem de kurum içi psikososyal risk analizlerine katkıda bulunmaları beklenmektedir. Ayrıca, çevrim içi sağlık destek programlarının geliştirilmesi ve çalışanlara yönelik iyi oluş temelli eğitimlerin yaygınlaştırılması da hemşirelerin katkı sağlayabileceği uygulamalardandır.

#### 4. İş Sağlığı Hemşiresinin Değişen Rolü

Pandemi sonrası dijitalleşme ve esnek çalışma biçimlerinin yaygınlaşması, iş sağlığı hizmetlerinde köklü dönüşümleri beraberinde getirmiştir. Bu dönüşüm, iş sağlığı hemşirelerinin görev tanımlarında ve uygulama alanlarında önemli bir değişim yaratmıştır. Artık hemşireler yalnızca fiziksel sağlık izlemi ve ilk yardım hizmetleri ile sınırlı kalmayıp, çok boyutlu bir risk yönetimi sürecinde aktif bir rol üstlenmektedir.

Geleneksel işyerlerinde gözlem, yüz yüze muayene ve fiziksel kontrol gibi yöntemlerle yapılan risk tespit süreçleri; uzaktan ve hibrit çalışmanın yaygınlaşmasıyla birlikte yerini çevrim içi formlar, dijital anketler ve video temelli gözlemlere bırakmıştır. Yeni dönem, iş sağlığı hemşirelerinden dijital veri toplama, ergonomi değerlendirmelerini uzaktan yapabilme ve bireylerin hem fiziksel hem psikososyal risk faktörlerini dijital ortamda değerlendirme becerisi talep etmektedir (Demir ve Baykal, 2021).

Ayrıca hemşirelerin, dijital platformlar üzerinden çalışanlara sağlık danışmanlığı sunmaları ve çevrim içi iletişim becerilerini kullanarak etkileşim kurmaları beklenmektedir. Bu bağlamda video konferans, mobil sağlık uygulamaları ve kurumsal e-sağlık portalları gibi araçlar aracılığıyla sağlık izlemi ve bilgilendirme çalışmaları yürütülmektedir (Yıldırım ve Güler, 2023). Bu tür uygulamalar, hem zaman hem de maliyet açısından avantajlar sağlasa da, hemşirelerin gizlilik, etik sorumluluk ve dijital okuryazarlık gibi konularda yeni yeterlilikler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır.

Çevrim içi eğitim, bu yeni dönemde iş sağlığı hemşireliğinin önemli bir boyutunu oluşturmuştur. Özellikle pandemi döneminde hijyen, ergonomi, stres yönetimi ve egzersiz gibi konularda hazırlanan bilgilendirme videoları, webinarlar ve e-broşürler aracılığıyla binlerce çalışana ulaşılmıştır. Bu eğitimlerde hemşireler, yalnızca bilgi aktaran değil, aynı zamanda çalışanların farkındalığını artıran, yönlendiren ve destekleyen rehber kişilere dönüşmüştür (Koçak ve Uysal, 2022).

Uzaktan çalışan bireylerin takibi ise hemşirelerin daha proaktif ve sistematik bir yaklaşım benimsemelerini gerektirmektedir. Periyodik dijital sağlık taramaları, ruhsal durum anketleri ve çevrim içi geri bildirim sistemleriyle çalışanların sağlık durumları düzenli olarak izlenmektedir. Bu veriler doğrultusunda hemşireler, gerekli durumlarda bireyleri hekime yönlendirmekte veya yaşam tarzı değişiklikleri önerilerinde bulunmaktadır (Korkut ve Genç, 2023). İş sağlığı hemşirelerinin yeni dönemdeki rolleri yalnızca uygulayıcı değil, aynı zamanda analiz eden, eğiten, yönlendiren ve teknolojiyi etkin kullanan profesyoneller olarak yeniden şekillenmiştir. Bu dönüşüm, hemşirelik eğitim müfredatlarına ve sağlık politikalarına da yansıtılması gereken yapısal bir değişimdir.

## 5. Tele-Sağlık ve Dijital Uygulamalar

Dijital sağlık teknolojilerinin gelişimi, iş sağlığı hemşireliğinin sınırlarını fiziksel mekânların ötesine taşımıştır. Özellikle pandemiyle hız kazanan tele-sağlık sistemleri, hemşirelerin sağlık hizmetlerini uzaktan, güvenli ve etkili biçimde sunmalarına imkân tanımaktadır. Tele-sağlık; telefon, görüntülü arama, mobil uygulama veya uzaktan izleme cihazları aracılığıyla hastaların sağlık hizmetine erişimini mümkün kılan dijital temelli sistemleri ifade eder. Bu sistemlerin hemşirelik alanındaki kullanımı, yalnızca danışmanlık hizmeti vermekle sınırlı kalmayıp, sağlık izlemi, ilaç takibi, semptom değerlendirmesi ve eğitim faaliyetleri gibi çok sayıda uygulamayı içermektedir (Çıtak ve Ünlü, 2023).

İş sağlığı hemşireleri, mobil sağlık uygulamaları üzerinden çalışanların kalp ritmi, tansiyon, uyku düzeni, egzersiz sıklığı gibi verilerini takip edebilmekte ve bu verileri analiz ederek erken müdahale stratejileri geliştirebilmektedir. Giyilebilir teknolojilerle entegre çalışan bu uygulamalar, bireysel sağlık takibi konusunda büyük bir dönüşüm yaratmaktadır. Özellikle kronik hastalığı olan çalışanlarda, bu uygulamalar sayesinde komplikasyon riski azaltılmakta ve yaşam kalitesi artırılmaktadır (Demir ve Dağlı, 2022).

Dijitalleşmenin sunduğu bu olanaklar, beraberinde bazı sorumlulukları da getirmiştir. Bunların başında dijital sağlık okuryazarlığı gelmektedir. Hemşireler, artık yalnızca sağlıkla ilgili bilgileri değil, bu bilgilerin dijital ortamda nasıl güvenli ve doğru kullanılacağını da öğretmekle yükümlüdür. Çalışanların mobil sağlık uygulamalarını doğru kullanmaları, verilerini yorumlayabilmeleri ve dijital ortamda bilgiye erişim becerileri geliştirmeleri, hemşirelerin eğitici rolünü daha da ön plana çıkarmaktadır (Boz ve Yıldız, 2021). İş sağlığı hemşireleri ayrıca, dijital ortamda oluşabilecek bilgi kirliliğiyle mücadele etmek ve çalışanlara güvenilir kaynaklardan sağlık bilgisi sunmakla da görevlidir. Bu çerçevede, uzaktan çalışan bireyler için hazırlanmış e-egitim modülleri, çevrim içi sağlık seminerleri ve dijital bilgilendirme broşürleri, eğitici hemşirelik uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu yeni dijital sağlık ortamı, hemşirelik mesleğini teknik becerilerle donanmış, çok disiplinli bir yapıya dönüştürmektedir.

## 6. Ev Ortamında Sağlık ve Güvenlik İzlemi

Pandemiyle birlikte hızla yaygınlaşan uzaktan çalışma sistemi, iş yerindeki geleneksel sağlık ve güvenlik uygulamalarının kapsamını ev ortamına taşımıştır. Bu durum, iş sağlığı hemşirelerinin görev alanını da genişletmiş; yalnızca iş yerinde değil, evdeki çalışma koşullarının da izlenmesi, değerlendirilmesi ve yönlendirilmesi gerekliliğini doğurmuştur. Ev ortamında ergonomi koşullarının yetersizliği, çalışan sağlığı açısından önemli bir risk alanı hâline gelmiştir.

Çalışanların uygun masa, sandalye, aydınlatma ve ekran düzeni gibi faktörler konusunda bilgilendirilmesi, iş sağlığı hemşirelerinin rehberlik görevleri arasında yer almaktadır. Ayrıca çalışanlara, ev içi hareketliliklerini artıracak basit egzersiz önerileri, duruş düzeltme teknikleri ve ekran süresi yönetimi gibi konularda yönlendirme yapılması önerilmektedir (Çavuş ve Demirci, 2023).

Evdeki fiziksel koşulların iş sağlığı açısından değerlendirilmesi ise daha bütüncül bir yaklaşımı gerektirir. Evde kullanılan ekipmanların güvenliği, çalışma alanının yeterliliği, yangın ve elektrik güvenliği gibi konuların değerlendirilmesi, uzaktan yapılan ergonomi formları ve çevrim içi anketlerle gerçekleştirilebilmektedir. İş sağlığı hemşireleri, bu tür dijital araçlarla çalışanların ev ortamına yönelik risk analizlerini yaparak gerekli düzenleme önerilerinde bulunabilir (Akçay ve Gündoğdu, 2022). Böylelikle iş kazalarının ve meslek hastalıklarının ev ortamındaki olası yansımaları erkenden kontrol altına alınabilir.

Evde çalışan bireylerin yalnızca kendileri değil, aynı ortamı paylaştıkları aile bireyleri de bu yeni sistemden sağlık açısından etkilenmektedir. Özellikle küçük çocukların, yaşlı bireylerin ya da bakım gereksinimi olan aile üyelerinin bulunduğu ortamlarda, çalışanlar hem profesyonel görevlerini hem de bakım sorumluluklarını bir arada yürütmek zorunda kalmaktadır. Bu durum, hem fiziksel hem de zihinsel tükenmişlik riskini artırmakta, dikkat dağınıklığına ve kazalara yol açabilmektedir (Karataş ve Soysal, 2021). İş sağlığı hemşireleri bu gibi durumlarda çalışanlara bireysel danışmanlık vererek zaman yönetimi, aile içi rol paylaşımı ve stresle başa çıkma teknikleri hakkında destek sunabilir. Ev ortamında sağlık ve güvenlik izlemi, iş sağlığı hizmetlerinin mekânsal sınırlarını aşarak daha bütüncül ve yaşam temelli bir yaklaşımı zorunlu kılmıştır. Bu süreçte iş sağlığı hemşirelerinin görevleri, rehberlikten eğitime, dijital değerlendirmeden psikososyal desteğe kadar çok boyutlu bir yapıya bürünmüştür.

## **7. Eğitim ve Mesleki Gelişim Gereksinimleri**

İş sağlığı hemşireliğinin pandemi sonrası dönemde geçirdiği yapısal dönüşüm, bu alanda görev yapan hemşirelerin eğitim ihtiyaçlarını ve mesleki gelişim alanlarını da yeniden şekillendirmiştir. Dijitalleşme, uzaktan sağlık hizmetlerinin yaygınlaşması ve esnek çalışma modellerinin kurumsallaşmasıyla birlikte, hemşirelerden beklenen yetkinlik seti de değişmiştir. Bu bağlamda dijital platformları etkin kullanabilme, çevrim içi sağlık izlemi yapabilme, mobil uygulamaları analiz edebilme ve dijital gizlilik politikalarına hâkim olma gibi beceriler öne çıkmaktadır (Tosun ve Uysal, 2022). Ancak birçok hemşirenin bu yetkinlikleri edinebilmesi için hedeflenmiş, uygulama temelli ve güncel teknolojilere uygun mesleki eğitim programlarına ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

Uzaktan sağlık eğitimi yöntemleri, hem hizmet sunan hem de eğitim veren

hemşireler açısından önemli bir alan hâline gelmiştir. İş sağlığı hemşireleri yalnızca bireylerin sağlık durumlarını takip etmekle kalmayıp, aynı zamanda onların sağlık okuryazarlık düzeylerini artırmak ve sağlık davranışlarını olumlu yönde değiştirmek amacıyla eğitimler de sunmaktadır. Bu eğitimlerin çevrim içi yapılması, hem zaman hem de maliyet açısından avantaj sağlarken; etkileşimli içerikler, görsel materyaller ve anlık geribildirim sağlayan platformlar aracılığıyla etkinliği de artırılmaktadır (Eroğlu ve Arslan, 2023). Sağlık okuryazarlığını artırmaya yönelik dijital rehberler, e-modüller, webinarlar ve sanal sınıf uygulamaları, bu yeni dönemin başlıca eğitim araçları arasında yer almaktadır.

Yeni nesil hemşirelik uygulamaları aynı zamanda disiplinler arası etkileşimi zorunlu kılmıştır. İş sağlığı hemşirelerinin hekim, psikolog, ergonomist, insan kaynakları uzmanı ve bilişim teknolojileri ekipleriyle iş birliği içinde çalışması beklenmektedir. Bu durum, iletişim becerilerinin geliştirilmesini ve takım içi koordinasyona yatkınlık kazandırılmasını gerekli kılmaktadır (Korkmaz ve Özdemir, 2021). Ayrıca hemşirelerin, multidisipliner ekiplerde sağlık savunucusu rolünü üstlenerek karar alma süreçlerine katkıda bulunmaları önem arz etmektedir. İş sağlığı hemşirelerinin dijital dönüşüme uyum sağlayabilmeleri için sürekli mesleki gelişim desteklenmeli, eğitim müfredatları yeni teknolojilere uyumlu şekilde güncellenmeli ve hem akademik hem de kurumsal düzeyde destekleyici programlar oluşturulmalıdır.

## **8. Sonuç ve Öneriler**

Küresel ölçekte hız kazanan dijital dönüşüm, esnek çalışma modellerinin yaygınlaşması ve sağlık hizmetlerine erişimin biçim değiştirmesi, iş sağlığı hemşireliğinin yapısını ve işlevini derinden etkilemiştir. Pandemi sonrasında daha görünür hâle gelen bu değişim, yalnızca geçici bir uyum süreci değil, aynı zamanda mesleğin geleceğine dair köklü bir yön değişimi olarak değerlendirilmektedir. Uzaktan ve hibrit çalışma sistemlerinin kalıcı hâle gelmesiyle birlikte, iş sağlığı hemşireleri artık yalnızca fiziksel ortamlarda değil, dijital platformlar aracılığıyla da hizmet sunan, teknolojiye entegre profesyoneller olarak konumlanmaktadır (Ergül ve Öztürk, 2022).

İş sağlığı hemşireliğinin geleceğinde; dijital sağlık verilerini yorumlayabilen, yapay zekâ tabanlı takip sistemleriyle entegre çalışabilen, bireylerin yalnızca fiziksel değil psikososyal bütünlüğünü de izleyebilen bir meslek profili öngörülmektedir. Bu yeni dönemde hemşirelerin sadece klinik becerileri değil, dijital okuryazarlıkları, veri analizi yetkinlikleri ve disiplinler arası iletişim becerileri de öne çıkacaktır (Bayraktar ve Kılınç, 2021).

Politika yapıcılar ve kurumlar açısından iş sağlığı hemşireliği mesleğinin güçlendirilmesi için bazı temel adımlar önerilmektedir. Öncelikle, iş sağlığı hizmetlerinde hemşirelerin dijital altyapıya erişimini sağlayacak yatırımların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, eğitim müfredatlarının güncellenerek dijital sağlık, uzaktan danışmanlık, çevrim içi risk değerlendirme gibi başlıkların ders içeriklerine dâhil edilmesi önem taşımaktadır. Yasal düzenlemeler kapsamında ise iş sağlığı hemşirelerinin uzaktan sağlık izlemi yapabilme, ev ortamı risk değerlendirmesi yürütebilme ve çevrim içi eğitim sunma yetkilerinin tanımlanması gerekmektedir (Yıldız ve Sayın, 2023).

Araştırma açısından ise bu dönüşümle birlikte yeni birçok soru gündeme gelmiştir. Uzaktan sağlık izleminin etkinliği, iş sağlığı hemşirelerinin dijital stresle başa çıkma kapasiteleri, ev ortamındaki risklerin standardize ölçüm yöntemleri gibi konular araştırılması gereken öncelikli alanlardandır. Aynı zamanda mobil sağlık uygulamalarının çalışan bağlılığı ve sağlık sonuçları üzerindeki etkileri konusunda da nitel ve nicel araştırma eksiklikleri dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, iş sağlığı hemşireliği ile bilişim teknolojileri arasındaki entegrasyonun derinlemesine incelendiği, uygulama temelli disiplinler arası çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Koyuncu ve Karataş, 2022).

Sonuç olarak, iş sağlığı hemşireliği, yalnızca sağlık çalışanı kimliğiyle değil, aynı zamanda dijital danışman, eğitici ve stratejik çözüm ortağı rolleriyle geleceğin sağlık sistemlerinin temel yapı taşlarından biri olmaya adaydır. Bu dönüşüm sürecinde mesleğin gelişimi, doğru politikalar, nitelikli eğitim ve sürdürülebilir araştırma altyapıları ile desteklenmelidir.

## Kaynaklar

- Akçay, B., & Gündoğdu, H. (2022). Uzaktan çalışma sürecinde ergonomi ve ev ortamı risk değerlendirmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 8(1), 59–72.
- Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik risk faktörlerinin sınıflandırılması: Bir literatür taraması. *Ergonomi*,
- Azizoğlu, F. (2025). Hemşirelikte giyilebilir teknolojilerin kullanımı ve etkileri: Güncel literatürün derlemesi. *Journal of Original Studies*.
- Bayraktar, S., & Kılınç, A. (2021). Dijital dönüşüm sürecinde iş sağlığı hemşireliği. *Sağlık ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 44–58.
- Boz, M., & Yıldız, S. (2021). Dijital sağlık okuryazarlığı: Hemşirelerin eğitici rolü üzerine bir inceleme. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(3), 145–158.
- Bükecik, N. (2025). Halk sağlığı hemşirelerinin aşılama oranlarının artırılmasında rolü: Çalışmalar, raporlar ve politika belgelerinin incelenmesi. *Abant Sağlık Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 20–33.
- Çavuş, A., & Demirci, M. (2023). Evden çalışmada ergonomi uygulamaları ve hemşirelikte rehberlik rolü. *Sağlık ve Çevre Dergisi*, 11(2), 102–115.
- Çiftçi, E., & Aksoy, Y. E. (2021). COVID-19 sürecinde uzaktan çalışmanın iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2), 300–310.
- Çıtak, A., & Ünlü, G. (2023). Hemşirelikte tele-sağlık uygulamaları ve etik sorumluluklar. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 20(1), 65–78.
- Demir, A., & Baykal, H. (2021). Pandemi sürecinde iş sağlığı hemşireliğinin değişen rolleri. *İş ve Toplum Dergisi*, 31(2), 88–101
- Demir, T., & Dağlı, N. (2022). Mobil sağlık uygulamalarının hemşirelik hizmetlerine entegrasyonu: Fırsatlar ve zorluklar. *Ege Hemşirelik Dergisi*, 41(2), 220–234.
- Emek, F. K., & Duruk, N. (2023). COVID-19 pandemi sürecinin toplumsal hemşirelik imajı üzerindeki etkisi. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 150–162.
- Ergül, H. A. (2021). Uzaktan çalışmanın iş gücü verimliliği üzerindeki etkileri. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(4), 3280–3294.
- Ergül, H., & Öztürk, B. (2022). Uzaktan çalışmanın iş sağlığına etkisi: Hemşirelik perspektifinden değerlendirme. *Çalışma Hayatı Dergisi*, 4(2), 101–116.
- Eroğlu, S., & Arslan, G. (2023). Uzaktan sağlık eğitiminin hemşirelikte uygulanabilirliği ve etkinliği. *Eğitim ve Sağlık Dergisi*, 13(1), 85–97
- Kahraman, G., & Yumuşak, Ö. (2023). Uzaktan çalışmanın psikososyal etkileri:
- COVID-19 sonrası iş yaşamı üzerine bir değerlendirme. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(1), 45–60.

- Karataş, H., & Soysal, A. (2021). Aile içi rollerin değişimi ve çalışanların psikolojik sağlığı: Pandemi dönemi değerlendirmesi. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, 32(1), 88–104.
- Kaya, M. (2023). Evden çalışma modeli ve çalışan sağlığı üzerine etkileri. *Çalışma Hayatı Dergisi*, 4(1), 75–89.
- Koçak, A., & Uysal, N. (2022). Çevrim içi sağlık eğitiminin çalışanların bilgi düzeyine etkisi. *Hemşirelik Eğitimi ve Araştırma Dergisi*, 19(3), 210–223.
- Korkmaz, A., & Özdemir, H. (2021). Hemşirelikte multidisipliner ekip çalışması: Teori ve uygulama arasındaki farklar. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 8(2), 104–116.
- Korkut, E., & Genç, M. (2023). Dijital ortamda sağlık izlemi ve yönlendirme: Uzaktan çalışanlar için hemşirelik uygulamaları. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 9(1), 65–79.
- Koyuncu, M., & Karataş, F. (2022). İş sağlığı hemşireliğinde teknolojik entegrasyonun geleceği. *Hemşirelik Araştırmaları ve Geliştirme Dergisi*, 3(1), 77–90.
- Muslu, G. K., & Kara, R. (2023). Kronik hastalıklar ve egzersiz programları. In *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği* (s. 24). BİDGE Yayınları.
- Özer, B., & Sevinç, M. (2021). Evden çalışmada toplumsal cinsiyetin etkisi: Kadın çalışanlar üzerine bir araştırma. *Kadın Çalışmaları Dergisi*, 8(2), 110–128.
- Şimşek, M., & Elibol, H. (2022). Yeni nesil çalışma biçimleri: Hibrit ve uzaktan çalışma üzerine bir değerlendirme. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 89–105.
- Tosun, N., & Uysal, A. (2022). Dijital hemşirelik uygulamaları ve yeni yetkinlik alanları. *Hemşirelik ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 55–68
- Turaç, İ. S. (2023). Sağlık yönetimi ve sağlık hukuku açısından iş kazalarının değerlendirilmesi. In M. Şahin (Ed.), *Sağlık Yönetimi Alanında Uluslararası Yaklaşımlar – I* (pp. 145–160). Serüven Yayınları.
- Yıldırım, M., & Güler, N. (2023). Uzaktan çalışmada dijital sağlık danışmanlığının rolü: Hemşirelik bakış açısı. *Sağlık ve Hemşirelik Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 45–58.
- Yıldız, A. N., & Şahan, C. (2020). Viral hepatitler ve çalışma hayatı. In A. Ç. İnkaya (Ed.), *İş sağlığı ve güvenliği meslek hastalıkları el kitabı* (pp. 20–35). Eser Ofset.
- Yıldız, A., & Öztürk, M. (2022). Pandemi sürecinde dijital tükenmişlik: Uzaktan çalışmanın bireysel etkileri. *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 200–215.

- Yıldız, D., & Sayın, S. (2023). İş sağlığı alanında hemşirelerin yeni rollerine yönelik politika önerileri. Türkiye Sağlık Politikaları Dergisi, 9(1), 60–74.
- Kasnak, E. (2024). Kriz yönetimi ve esneklik: Pandemi sonrası yeni yönetim yaklaşımları. In G. Gürler (Ed.), Güncel yönetim uygulamaları (pp. 111–125). Akademisyen Kitabevi.

## 2. Bölüm

### Halk Sağlığı Bakış Açısıyla Kullanılmayan İlaçlar, İmha Yöntemleri ve Self-Medikasyon

Serkan KÖKSOY<sup>1</sup>, Belkıs CAN<sup>2</sup>

#### Özet

Gelişmekte olan ülkelerde tedavi sonrası kalan veya kullanılmayan ilaçlar, önemli bir halk sağlığı sorunudur. Bu ilaçlar; bilinçsiz ilaç kullanımı, uygunsuz atık yönetimi, başkalarıyla paylaşım ve çevresel kirlilik gibi ek problemlere yol açmaktadır. Literatür, sorunun coğrafi, kültürel ve ekonomik sınır tanımaksızın küresel bir yaygınlıkta olduğunu göstermektedir. Yapılan araştırmalar; artan ilaç stokları, son kullanma tarihi geçmiş ürünler, ilaç türleri, imha yöntemleri, çevresel etkiler ve özellikle self-medikasyon gibi konulara odaklanmaktadır.

Evlerde en sık biriktirilen ilaçlar arasında ağrı kesiciler, antibiyotikler ve soğuk algınlığı ilaçları yer almaktadır. İlaçların evsel çöple atılması yaygın bir bertaraf yöntemidir. Birikimin temel nedeni, ileride ortaya çıkabilecek benzer sağlık sorunlarına karşı hazırlıklı olma isteğidir. Gana, Nijerya, Pakistan, Endonezya, Suudi Arabistan, Türkiye ve Filistin gibi pek çok ülkede yapılan çalışmaların sonuçları birbirine benzerlik göstermektedir.

Self-medikasyon, bireylerin kendi teşhis ve tedavilerini yapmaları olarak tanımlanabilir. Bu davranış; reçetesiz satılan ilaçların alınması veya daha önce reçete edilmiş bir ilacın benzer semptomlarda tekrar kullanılması şeklinde görülebilir. Bireyler geçmiş deneyimlerine dayanarak hareket etseler de, ilaç etkileşimleri, zehirlenmeler, tanıda gecikme, doz aşımı ve uygun olmayan saklama koşulları gibi önemli risklerle karşı karşıyadır. Self-medikasyon oranları Ürdün'de %56,9, Malezya'da %68,6, Türkiye'de ise %94,1 gibi oldukça yüksek seviyelerdedir. Üniversite öğrencileri arasında da yaygın olan bu davranış, meta-analiz çalışmalarında küresel ölçekte %70,1 olarak raporlanmıştır.

Sorunun çözümüne yönelik olarak, basit, uygulanabilir ve sürdürülebilir ilaç iade sistemlerinin kurulması önerilmektedir. Ayrıca, self-medikasyonun önlenmesi amacıyla tele-tıp uygulamaları ve online danışmanlık sistemlerinin yaygınlaştırılması etkili bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Mevcut literatür,

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Halk sağlığı Hemşireliği Anabilim Dalı Burdur, Türkiye, ORCID ID: 0000-0001-5817-8213, koksoyserkan@gmail.com

<sup>2</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Hemşirelik Fakültesi, Halk Sağlığı Hemşireliği PhD, Aydın Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Anestezi Programı, Aydın, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6587-3078

gelişmiş ülkelerin dahi bu soruna kalıcı bir çözüm üretmede yetersiz kaldığını göstermektedir. Bu nedenle, küresel iş birliği ile tasarlanacak entegre yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Halk Sağlığı, Kullanılmayan İlaçlar, Self-medikasyon

### **Abstract**

In developing countries, leftover or unused medicines after treatment represent a significant public health concern. These medicines lead to additional problems such as improper drug use, inadequate waste management, sharing with others, and environmental pollution. The literature shows that the issue is globally widespread, transcending geographic, cultural, and economic boundaries. Research focuses on topics such as increasing household drug stocks, expired products, drug types, disposal methods, environmental impacts, and especially self-medication.

Painkillers, antibiotics, and cold medicines are among the most commonly accumulated drugs in households. Disposing of medicines with household waste is a widespread practice. The main reason for stockpiling is the desire to be prepared for similar health problems that may arise in the future. Studies conducted in countries such as Ghana, Nigeria, Pakistan, Indonesia, Saudi Arabia, Türkiye, and Palestine report similar findings.

Self-medication can be defined as individuals diagnosing and treating themselves. This behavior may involve purchasing over-the-counter drugs or reusing a previously prescribed medicine for similar symptoms. Although people act based on past experiences, they face significant risks such as drug interactions, poisoning, delayed diagnosis, overdose, and improper storage conditions. Self-medication rates are notably high, reaching 56.9% in Jordan, 68.6% in Malaysia, and 94.1% in Türkiye. This practice is also common among university students and has been reported at a global rate of 70.1% in meta-analysis studies.

To address the problem, simple, practical, and sustainable medicine-return systems are recommended. In addition, the promotion of telemedicine and online consultation systems is considered an effective strategy to prevent self-medication. Current literature indicates that even developed countries have failed to produce lasting solutions to this issue. Therefore, integrated approaches designed through global collaboration are needed.

**Keywords:** Public Health, Unused Drugs, Self-medication

## **Kullanılmayan İlaç**

Son dönemlerde, özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kullanılmayan veya son kullanma tarihi geçmiş ilaçların durumunu inceleyen pek çok akademik çalışma yayımlanmıştır (Kahsay ve ark, 2020; Marwa ve ark, 2021;

Aluko ve ark, 2022; Köksoy, 2024a). Söz konusu araştırmalar; atık ilaçların türleri, sınıflandırılması, imha yöntemleri, çevresel etkileri ve bir halk sağlığı sorunu olan self-medikasyon (kendi kendine ilaç kullanımı) gibi çeşitli boyutlarını sistematik bir biçimde ele almaktadır. Bu çalışmanın amacı ise, bahsi geçen ülkelerdeki mevcut durumu kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve konuya dair bütüncül bir bakış açısı sunmaktır.

Yimer ve arkadaşlarının (2024) gerçekleştirdiği bir araştırmada, hanelerin %62,4'ünde son kullanma tarihi dolmuş veya kullanılmayan ilaç bulundurulduğu tespit edilmiştir. Bu ilaçlar içerisinde en yaygın olanların ağrı kesiciler, antibiyotikler ve soğuk algınlığı ilaçları olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, ilaçların saklanma gerekçeleri arasında, ileride benzer şikayetlerde kullanma düşüncesi ve başkalarına verme isteği öne çıkarken; atık ilaçlardan kurtulma yöntemi olarak da büyük oranda evsel atıklarla birlikte çöpe atma eğilimi olduğu bildirilmiştir (Yimer ve ark, 2024). Alemeyahu ve ekibinin (2025) bir meta-analiz çalışması ise, kullanılmayan ilaç yaygınlığını %44,34 olarak ortaya koymuş ve kırsal-kentsel alanlar arasında bu oranın önemli farklılıklar gösterdiğini vurgulamıştır. Aynı çalışmada, atık ilaçların farmakolojik sınıflara göre dağılımında antibiyotikler %31,49 ile ilk sırada yer alırken, onu %26,14 ile ağrı kesiciler ve

%8,7 ile mide asit düzenleyici ilaçlar (antiasitler) izlemiştir. İlaçların evlerde birikmesinin temel nedenleri ise, tedaviyi erken sonlandırma, reçetesiz ilaç kullanımı ve ileride kullanma niyeti olarak saptanmıştır (Alemeyahu ve ark, 2025).

## **Saklama Koşulları ve İmha Yöntemleri**

Kullanılmayan ilaçların varlığı, dağılımı ve bertaraf yöntemlerine ilişkin pek çok epidemiyolojik araştırma bulunmaktadır. Althagafi ve arkadaşlarının (2022) çalışmasında, hanelerin yaklaşık %50'sinde son kullanma tarihi geçmemiş veya kısmen kullanılmış ilaç stokları bulunduğu, bu birikimin başlıca nedeninin ileride ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarına karşı tedbir amacı taşıdığı tespit edilmiştir. Aynı çalışma, katılımcıların büyük bir bölümünün ilaçları evsel çöple birlikte attığını ve atık ilaç yönetimi konusunda yetersiz bilgi düzeyine sahip olduğunu ortaya koymuştur (Althagafi ark, 2022).

Üyumsuz ilaç bertaraf yöntemleri, önemli çevresel tehditleri de beraberinde getirmektedir. Atık su sistemlerinde tespit edilen farmasötik kalıntılar, bu sorunun

somut bir göstergesidir. Begum ve ekibinin (2021) yaptığı bir araştırma, içme suyu kaynaklarında düşük konsantrasyonlarda dahi olsa çeşitli ilaç etken maddeleri ve metabolitlerinin bulunduğunu belgelemiştir. Bu durum, insan sağlığı ve ekosistem üzerindeki potansiyel riskler açısından kaygı verici olarak değerlendirilmektedir (Begum ark, 2021).

Habte ve meslektaşlarının (2024) yaptığı bir çalışmada, hanelerin %70,5'inde kullanılmayan veya tarihi geçmiş ilaç bulunduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların ilaçları bertaraf etme yöntemleri incelendiğinde, %65,6'sının evsel çöple birlikte attığı, %38,7'sinin toprağa gömdüğü ve %15,2'sinin ise lavaboya dökerek kanalizasyon sistemine karıştırdığı belirlenmiştir. İlaçların saklama nedenleri arasında %83,9 ile "ileride kullanma ihtimaline karşı" beklentisi en yaygın gerekçe olarak öne çıkarken, hanelerde en sık rastlanan ilaç türlerinin ağrı kesiciler ve antibiyotikler olduğu bildirilmiştir (Habte ve ark, 2024).

Mevcut literatür, atık ilaç sorununu kapsamlı bir biçimde ortaya koymaktadır. Farklı coğrafyalardan elde edilen veriler, konunun küresel boyutunu ve bulguların benzerliğini göstermektedir. Gana (Amoabeng ve ark, 2022; Opare-Addo ve ark, 2022), Nijerya (Akande-Sholabi ve ark, 2023), Eritre (Habte ve ark, 2024), Tanzania (Marwa ve ark, 2021), Pakistan (Shoaib ve ark, 2022; Shah ve ark, 2023), Endonezya (Insani ve ark, 2020), Afganistan (Bashaar ve ark, 2017), Birleşik Arap Emirlikleri (Abbas ve ark, 2025), Suudi Arabistan (Khan ve ark, 2025), Türkiye (Köksoy, 2024a), Suriye (Samha ve ark, 2024) ve Filistin'de (Nairat ve ark, 2023) yürütülen çalışmalar, tutarlı sonuçlar sergilemektedir. Buna karşılık, gelişmiş ülkelerdeki yayınların 2020 öncesine odaklandığı ve araştırma yoğunluğunun azaldığı görülmektedir (Law ve ark, 2015).

Sorunun akademik düzeyde sıklıkla tartışılmasına rağmen, çözüm odaklı çalışmaların yetersiz kaldığı açıktır. Mevcut öneriler arasında politik düzenlemelerin iyileştirilmesi, yasal boşlukların giderilmesi ve toplumsal bilinçlendirme faaliyetlerinin artırılması gibi yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bazı araştırmalar, ilaç iade programlarının sürdürülebilir bir çözüm sunabileceğini öne sürmektedir (Ehrhart ve ark, 2020; Alfian ve ark, 2024; Wu ve ark, 2025). Ancak bu öneriler genellikle kuramsal düzeyde kalmakta, somut adımlara dönüşmemektedir. Etkin bir müdahale stratejisi geliştirilmediği takdirde, mevcut durumun çevresel tehdit oluşturmayı sürdüreceği öngörülmektedir.

### **Self-Medikasyon**

Self-medikasyon (kendi kendine ilaç kullanımı), kişilerin mevcut sağlık sorunlarını veya belirtilerini hafifletmek amacıyla tıbbi bir danışmanlık almadan ilaç kullanmaları sürecini ifade etmektedir. Bu süreçte kullanılan ilaçlar, reçetesiz

olarak eczanelerden temin edilebileceği gibi, daha önce bir hekim tarafından reçete edilmiş ve benzer şikayetler nedeniyle tekrar kullanılan ilaçlar da olabilmektedir (Ruiz, 2010). Bireyler, önceki deneyimlerine dayanarak belirli ilaçların mevcut problemlerini çözeceğini düşünürler de, bu davranışın beraberinde getirdiği risklerin çoğu zaman farkında olmayabilirler. Söz konusu riskler arasında; çoklu ilaç kullanımına bağlı etkileşimler, toksik etkiler, ciddi bir sağlık sorununun maskelenmesi veya tetiklenmesi, sağlık kuruluşlarına başvuruda gecikme, sıvı formdaki ilaçlarda doz aşımı veya yetersiz doz riski ve ilaçların uygun olmayan koşullarda saklanması kaynaklı olumsuz durumlar sayılabilmektedir (Abasiubong ve ark, 2012; Berreni ve ark, 2015; Montastruc ve ark, 2016; Das ve ark, 2020).

Self-medikasyon, günümüz akademik literatüründe önemini koruyan bir konu olup, buna yol açan faktörler oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bu davranışta bireysel tecrübeler genellikle belirleyici rol oynamaktadır. Örneğin, daha önce baş ağrısı nedeniyle reçete edilen bir analjeziğin olumlu etki göstermesi, kişiyi benzer durumlarda tıbbi danışmanlık almadan aynı ilacı kullanmaya yönlendirebilmektedir. Bununla birlikte, sağlık kuruluşlarına erişimde yaşanan zorluklar, ulaşım sıkıntıları, mali kısıtlamalar veya geçmişte bir sağlık profesyoneli tarafından yapılmış olan tavsiyeler de self-medikasyonun yaygınlaşmasında etkili olabilmektedir (Ge ve ark, 2021; Alonso-Castro ve ark, 2022; Pons ve ark, 2023).

Self-medikasyon yaygınlığını inceleyen pek çok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda elde edilen oranlar çoğunlukla yaşam boyu prevalansı yansıtmaktadır. Yetişkin nüfusta tespit edilen oranlar incelendiğinde; Ürdün'de %56,9 (Abuhamdah ve Naser, 2024), Malezya'da %68,6 (Mok ve ark, 2021), Suriye'de %67,3 (Abdelwahed ve ark, 2022), Hindistan'da %53,6 (Rashid ve ark, 2020) ve Türkiye'de %94,1 (Köksoy, 2024a) olarak bildirilmiştir. Bu bulgular genel olarak toplumun yarısından fazlasının self-medikasyon uyguladığı şeklinde yorumlanabilir. Ancak daha önce de belirtildiği gibi, self-medikasyon prevalansını sınırlandıran veya tanımlayan standart bir kriter bulunmaması, bu tür sonuçların elde edilmesine neden olmaktadır.

Prevalans çalışmaları aynı zamanda özel gruplar veya belirli ilaç kategorileri üzerinde de yoğunlaşmıştır. Üniversite öğrencileri, sağlık bilimleri öğrencileri, çocuklar ve kronik hastalığı olan bireyler bu kapsamda sıklıkla araştırılmıştır. Sağlık bilimleri öğrencileri arasında yapılan çalışmalarda; İran'da %72 (Niroomand ve ark, 2020) ve %89,2 (Abdi ve ark, 2018), Hindistan'da %57,1 (Banerjee ve Bhadury, 2012), Nepal'de %67,7 (Lekhak ve ark, 2024) ve Türkiye'de %87,1 (Köksoy, 2024b) oranları tespit edilmiştir. Üniversite öğrencilerini kapsayan bir meta-analiz çalışmasında ise yaygınlık %70,1

(Behzadifar ve ark, 2020), İnan'da %44,8 (Rahimisadegh ve ark, 2022) ve Mısır'da %85,1 (Mohammed Lotfy ve ark, 2024) olarak bulunmuştur.

Ebeveynlerin çocuklarına hekim tavsiyesi olmadan ilaç vermesi de self-medikasyon kapsamında değerlendirilmektedir. Çin'de yürütölen bir araştırmada bu oran kırsal kesimde %38,2, kentsel kesimde ise %18,7 olarak hesaplanmıştır (Ge ve ark, 2021). Endonezya'da ise ebeveynler arasında çocuklara yönelik self-medikasyon uygulaması %58,8 olarak tespit edilmiştir (Ahmed ve ark, 2021). Belirli ilaç grupları özelinde yapılan çalışmalarda ise önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Hindistan'da antibiyotik kullanımı üzerine yapılan araştırmalarda self-medikasyon oranları %19,8 (Atem ve ark, 2025), %61,6 (Nazari ve ark, 2022) ve %20,6 (Ben Mabrouk ve ark, 2022) olarak raporlanmıştır.

### **Antimikrobiyal Direnç**

Küresel ölçekte ilaç tüketiminde gözlemlenen artış (Levinson ve ark, 2015), ilaçlara erişimin kritik önemine rağmen, kullanılmayan veya atık haline gelen ilaç miktarına dair ciddi endişeleri de beraberinde getirmektedir (West ve diğerleri, 2014). Bu bağlamda, yanlış ilaç bertaraf yöntemlerinin neden olduğu riskler; bilinçsiz self-medikasyon uygulamaları, çocuklarda görölebilecek kazara zehirlenmeler, su sistemlerinde farmasötik kökenli kirlenme, antimikrobiyal direnç tehdidi ve yaban hayatının olumsuz etkilenmesi gibi geniş bir yelpazede kendini göstermektedir (Law ve diğerleri, 2015; Chen ve ark, 2012). Söz konusu sorunların çözümüne yönelik öne sürölen stratejiler arasında, toplumun ilaç maliyetleri ve doğru imha yöntemleri konusunda bilinçlendirilmesi önemli bir yer tutmaktadır (Law ve ark, 2015).

Antimikrobiyal direnç (AMD), günümüzde küresel halk sağlığını tehdit eden en kritik on sorundan biridir (O'Neill, 2016). Bu tehdidin arkasında yatan temel sebep, antimikrobiyal ilaçların gerek insan ve hayvan sağlığında gerekse tarım sektöründe kontrolsüz ve aşırı ölçüde kullanılmasıdır (WHO, 2023). Sadece sağlık alanını değil, aynı zamanda ulusal güvenlik ve ekonomik istikrarı da derinden etkileyen AMD, çok boyutlu ve karmaşık bir küresel sorun olarak öne çıkmaktadır. O'Neill'in 2014 tarihli çalışması, konunun ciddiyetini ortaya koymaktadır; mevcut önlemler yetersiz kalırsa, 2050 yılına kadar yılda 10 milyon kişinin antimikrobiyal direnç kaynaklı nedenlerle hayatını kaybedebileceği öngörülmektedir. Aynı raporda, küresel ekonomide gayri safi yurtiçi hasılanın %2 ile %3,5 oranında azalabileceği ifade edilmektedir (O'Neill, 2014). 2019 verilerine dayanan bir diğer araştırma ise, dünya genelinde yaklaşık 5 milyon ölümin bakteriyel AMD ile ilişkili olduğunu, bunun 1,27 milyonunun doğrudan bu dirençten kaynaklandığını belirtmektedir (de Kraker ve ark., 2016).

Antimikrobiyal direncin yol açtığı sağlık ve ekonomik sorunlar, özellikle düşük ve orta gelir grubundaki ülkelerde daha yoğun hissedilmektedir. Bulaşıcı hastalıkların yaygınlığı nedeniyle, bu ülkelerde AMD'nin yol açtığı yük, mevcut kalkınma çabalarını ciddi şekilde baltalayabilmekte ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini riske atmaktadır (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022).

### **Sonuç**

Sonuç itibarıyla, mevcut literatür ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerdeki durumu ele alsa da, gelişmiş ülkelerin dahi söz konusu sorunu tam anlamıyla çözdüğünü gösteren bulgulara rastlanmamaktadır. Küresel ölçekte; basit, uygulaması kolay, sürdürülebilir ve düşük maliyetli bir ilaç iade sisteminin gerekliliği açıktır ve böyle bir mekanizmanın mevcut sorunların hafifletilmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Öte yandan, self-medikasyon (kendi kendine ilaç kullanma) davranışı, dünyanın farklı bölgelerinde, çeşitli sosyodemografik koşullar, sağlık hizmetlerine erişimdeki eşitsizlikler ve coğrafi uzaklık gibi faktörlerden etkilenerek yaygınlık gösterebilmektedir. Bireyler çoğunlukla geçmiş deneyimlerine dayanarak ilaç kullanmakta, ancak olası yan etki ve komplikasyonlar konusunda yeterli bilgi sahibi olamamaktadır. Bu problemin çözümüne katkı sağlamak amacıyla, online sağlık danışmanlığı sistemlerinin kurulması ve tele-tıp uygulamalarının yaygınlaştırılmasının etkili bir strateji olabileceği öngörülmektedir.

## Kaynakça

- Abbas MO, Beshir S, Kamal AlKhalidi D, et al. UAE pharmacists' perceptions of the causes of unwanted or unused medications, their practices, and barriers to promoting safe medication disposal by the public. *BMC Public Health*. 2025;25(1):236. doi:10.1186/s12889-025-21332-3
- Akande-Sholabi W, Olaoye DQ, Adebisi YA. Drug take-back program: assessment of knowledge, practices, and barriers to safe disposal of unused medication among healthcare students in a Nigerian university. *BMC Med Educ*. 2023;23(1):810.:10.1186/s12909-023-04788-y
- Alemayehu TT, Geremew GW, Gebremeskel ED, et al. Prevalence and determinants of unused medicines among households in Ethiopia: A systematic review and meta-analysis. *Explor Res Clin Soc Pharm*. 2025;20:100639. doi:10.1016/j.rcsop.2025.100639
- Alfian SD, Azzahra AM, Khoiry QA, Griselda M, Puspitasari IM, Abdulah R. Pharmacists perspectives on challenges and facilitators in initiating medications take-back program in Indonesia: A qualitative study. *SAGE Open Med*. 2024;12:20503121241290968. doi:10.1177/20503121241290968
- Althagafi, A., Alshibani, M., Alshehri, S., et al. (2022). Assessment of knowledge and awareness of safe disposal of unused or expired medication in Saudi Arabia: A cross-sectional study. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 30(11), 1672–1678. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2022.09.012>
- Aluko OO, Imbianozor GT, Jideama CO, et al. The perception and disposal practices of unused and expired medicines by households in an urban municipality, southwest Nigeria: a comparative cross-sectional study. *Waste Manag*. 2022;140:121–32. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.022>.
- Amoabeng IA, Otoo BA, Darko G, Borquaye LS. Disposal of Unused and Expired Medicines within the Sunyani Municipality of Ghana: A Cross-Sectional Survey. *J Environ Public Health*. 2022;2022:6113346. Published 2022 May 26. doi:10.1155/2022/6113346
- Antimicrobial Resistance Collaborators (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet (London, England)*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
- Bashaar M, Thawani V, Hassali MA, Saleem F. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among general public in Kabul. *BMC Public Health*. 2017;17(1):45. doi:10.1186/s12889-016-3975-z
- Begum, M. M., Rivu, S. F., Hasan, M. M. A., et al. (2021). Disposal practices of

- unused and leftover medicines in the households of Dhaka Metropolis. *Pharmacy*, 9(2), 103. <https://doi.org/10.3390/pharmacy9020103>
- Chen, J., Jin, M., Qiu, Z. G., Guo, C., Chen, Z. L., Shen, Z. Q., Wang, X. W., & Li, J. W. (2012). A survey of drug resistance bla genes originating from synthetic plasmid vectors in six Chinese rivers. *Environmental Science & Technology*, 46(24), 13448–13454. <https://doi.org/10.1021/es302760s>
- de Kraker, M. E. A., Stewardson, A. J., & Harbarth, S. (2016). Will 10 million people die a year due to antimicrobial resistance by 2050? *PLoS Medicine*, 13(11), e1002184.
- Ehrhart AL, Granek EF, Nielsen-Pincus M, Horn DA. Leftover drug disposal: Customer behavior, pharmacist recommendations, and obstacles to drug take-back box implementation. *Waste Manag.* 2020;118:416-425. doi:10.1016/j.wasman.2020.08.038
- Habte HY, Bahta M, Russom N, et al. Household Pharmaceutical Disposal Practices, Community Understanding, and Readiness for Medicines Take-Back in Asmara, Eritrea: A Cross-Sectional Analysis. *Risk Manag Healthc Policy.* 2024;17:2777-2788. doi:10.2147/RMHP.S478511
- Habte HY, Bahta M, Russom N, et al. Household Pharmaceutical Disposal Practices, Community Understanding, and Readiness for Medicines Take-Back in Asmara, Eritrea: A Cross-Sectional Analysis. *Risk Manag Healthc Policy.* 2024;17:2777-2788. doi:10.2147/RMHP.S478511
- Insani WN, Qonita NA, Jannah SS, et al. Improper disposal practice of unused and expired pharmaceutical products in Indonesian households. *Heliyon.* 2020;6(7):e04551. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04551
- Kahsay H, Ahmedin M, Kebede B, et al. Assessment of Knowledge, attitude, and Disposal Practice of unused and expired pharmaceuticals in community of Adigrat City, Northern Ethiopia. *J Environ Public Health.* 2020;2020:6725423. <https://doi.org/10.1155/2020/6725423>.
- Khan NA, Easwaran V, Orayj K, et al. A cross-sectional study on perceptions towards safe disposal of unused/expired medicines and its associated factors among the public in Saudi Arabia-a threat to the environment and health. *PeerJ.* 2025;13:e19258. doi:10.7717/peerj.19258
- Köksoy S. (b) Unused, leftover and expired medicine and disposal practices among health sciences faculty students in Burdur, Turkey. *J Pak Med Assoc.* 2024;74(7):1280-1286. doi:10.47391/JPMA.10594
- Köksoy S. Unused, expired pharmaceuticals and their disposal practices among the general public in Burdur-Türkiye: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2024;24(1):1303. Published 2024 May 13. doi:10.1186/s12889-024-18788-0

- Law AV, Sakharkar P, Zargarzadeh A, et al. Taking stock of medication wastage: Unused medications in US households. *Res Social Adm Pharm.* 2015;11(4):571-578. doi:10.1016/j.sapharm.2014.10.003
- Law, A. V., Sakharkar, P., Zargarzadeh, A., Tai, B. W., Hess, K., Hata, M., Mireles, R., Ha, C., & Park, T. J. (2015). Taking stock of medication wastage: Unused medications in US households. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 11(4), 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2014.10.003>
- Levinson, W., Kallewaard, M., Bhatia, R. S., Wolfson, D., Shortt, S., & Kerr, E. A. (2015). ‘Choosing wisely’: A growing international campaign. *BMJ Quality & Safety*, 24(2), 167–174. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003821>
- Marwa KJ, Mcharo G, Mwita S, Katabalo D, Ruganuzza D, Kapesa A. Disposal practices of expired and unused medications among households in Mwanza, Tanzania. *PLoS One.* 2021;16(2):e0246418. doi:10.1371/journal.pone.0246418
- Nairat LL, Abahri NA, Hamdan YA, et al. Assessment of practices and awareness regarding the disposal of unwanted pharmaceutical products among community pharmacies: a cross-sectional study in Palestine. *BMC Health Serv Res.* 2023;23(1):1035. doi:10.1186/s12913-023-09888-5
- O'Neill, J. (2014). *Antimicrobial resistance: Tackling a crisis for the health and wealth of nations*. Review on Antimicrobial Resistance.
- O'Neill, J. (2016). *Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations*. Review on Antimicrobial Resistance.
- Opare-Addo MNA, Marfo AFA, Owusu-Daaku FT. Disposal of leftover and expired medicines by community pharmacies and their clients in Ghana. *Waste Manag Res.* 2022;40(10):1539-1545. doi:10.1177/0734242X221084060
- Samha R, Wali A, Kadri S, et al. Knowledge and practices on home medication storage and disposal in Syria: a population-based, cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2024;24(1):2428. doi:10.1186/s12889-024-19981-x
- Shah S, Abbas G, Hanif M, et al. Disposal Practices of Expired and Unused Medications Among Households in Punjab, Pakistan. *Curr Drug Saf.* 2023;18(2):196-201. doi:10.2174/1574886317666220513102654
- Shoaib M, Raziq A, Iqbal Q, et al. Disposal practices of unused and expired pharmaceuticals among the general public in Quetta city, Pakistan. *PLoS One.* 2022;17(5):e0268200. doi:10.1371/journal.pone.0268200

- World Health Organization. (2023, November 21). Antimicrobial resistance. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>  
Erişim:24.05.25
- Wu S, Liu Q, Li Q, Wang J. Comparison of eco-directed and health-focused brief awareness-raising interventions for enhancing active participation of community residents in drug take-back program. *Health Educ Res.* 2025;40(2):cyaf002. doi:10.1093/her/cyaf002
- Yimer A, Moges G, Kahissay MH. Household storage and disposal of unused and expired medicines in Dessie, Ethiopia: a cross-sectional study. *Front Public Health.* 2024;12:1422304. doi:10.3389/fpubh.2024.1422304

## 3. Bölüm

### Dijital Sağlıkta Veri Güvenliği: İlkeler, Uygulamalar ve Politika Çerçevesi

Alperen GÖKTAŞ<sup>1</sup>

#### 1. Giriş

Dijital sağlık uygulamalarının hızla yaygınlaşmasıyla birlikte, veri güvenliği temel bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu bağlamda, sağlık verilerinin mahremiyeti, bütünlüğü ve erişilebilirliği gibi temel ilkeler çerçevesinde hareket etmek gerekmektedir. Sağlık verileri, bireylerin hayati bilgilerini içermekte olup, yüksek derecede gizlilik ve güvenlik gerektirir. Bu nedenle, veri güvenliği alanında uluslararası standartlar ve en iyi uygulamalar dikkate alınmalı, politika ve teknolojik önlemler bütüncül bir yaklaşım benimsemelidir. Aynı zamanda, sağlık sektöründe kullanılan teknolojilerin hızla gelişmesi, yeni güvenlik tehditleri ve zafiyetler ortaya çıkarmakta; bu nedenle sürekli güncellenen ve adapte olan güvenlik stratejileri geliştirilmesi kaçınılmazdır. Veri güvenliğinin sağlanması, yalnızca teknik değil, aynı zamanda yasal, etik ve organizasyonel önlemleri de içerir. Güvenlik politikaları, uygun erişim kontrolleri, kimlik doğrulama mekanizmaları ve eğitim programları, veri koruma altyapısının temel yapıtaşlarını oluşturur. Dijital sağlık ortamlarındaki gizlilik ve veri paylaşım süreçlerinin doğru biçimde yapılandırılması, hasta haklarının korunması ve kamu güveni açısından kritik önemdedir. Bu kapsamda, güçlü politika çerçevesi ve uygulamalar sayesinde, sağlık verilerinin güvenliği sağlanmakta ve olası tehditler karşısında direnç gösterilebilmektedir (Of & Kılıçaslan, 2024).

#### 2. Dijital Sağlıkta Veri Güvenliğinin Kavramsal Çerçevesi

Dijital sağlık alanında veri güvenliği, sağlık verilerinin yapısı, özellikleri ve ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda kavramsal bir temel oluşturur. Bu bağlamda, sağlık verileri; kişiselleştirilebilen, hassas ve yüksek önem taşıyan bilgiler olup, güvenlik önlemlerinin en üst seviyede uygulanmasını zorunlu kılar. Veri güvenliği kavramı, gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik ilkelerini temel alır. Bu ilkeler doğrultusunda, sağlık verilerinin izinsiz erişime karşı korunması, güncel ve doğru kalması ile kullanımında sürekliliğin sağlanması amaçlanır

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi /TÜRKİYE, ORCID: 0000-0002-1123-6196, alperengkts@gmail.com

(Seyhan & Orhan, 2023). Dijital ortamda gerçekleşen veri transferleri ve saklamaları sırasında çeşitli riskler söz konusu olup, bu riskleri minimize etmek amacıyla çeşitli güvenlik stratejileri ve teknolojileri geliştirilmiştir. Veri güvenliği kapsamında, yalnızca yetkili kullanıcıların verilere erişimi sağlanmalı; bu erişim üstünlüğü ve kimlik doğrulama süreçleri titizlikle yürütülmelidir. Veri gizliliğinin korunması, yasal düzenlemeler ve etik standartlar çerçevesinde sağlanırken, veri bütünlüğü için şifreleme ve doğrulama mekanizmaları kullanılır. Aynı zamanda, güvenlik politikalarının etkin uygulanabilmesi için düzenli denetimler ve risk değerlendirmeleri gereklidir. Bu kavramsal çerçeve, dijital sağlık ekosisteminde güvenliğin temel ilkelerini belirleyerek, hasta gizliliği ve veri bütünlüğü gibi olmazsa olmaz şartların yerine getirilmesini sağlar. Teknolojik gelişmeler ve saldırı metodlarındaki değişimler doğrultusunda sürekli güncellenmesi ve iyileştirilmesi gereken bu yapısal temel, sürdürülebilir ve güvenli bir dijital sağlık ortamının kurulmasında kritik öneme sahiptir (Yorulmaz & Meral, 2025).

### **3. Sağlık Verilerinin Özellikleri ve Güvenlik Gereksinimleri**

Sağlık verileri, kişisel, hassas ve hayati önem taşıyan bilgilerdir. Bu veriler, hastanın tıbbi durumu, tanı ve tedavi süreçleri, genetik bilgileri ve yaşam tarzı ile ilgili detayları içermektedir. Bu nedenle, sağlık verilerinin kendine özgü özellikleri, güvenlik önlemlerinin geliştirilmesinde temel belirleyici unsurlardır. İlk olarak, sağlık verileri yüksek derecede gizlilik ve mahremiyet içermektedir. Bu verilerin yasa ve düzenlemeler çerçevesinde korunması, bireylerin temel hak ve özgürlükleri açısından büyük önem taşır. İkinci olarak, sağlık verileri sürekli ve yoğun bir biçimde güncellenir; bu da güvenlik çözümlerinde gerçek zamanlı erişim ve denetim kapasitesinin gerekliliğini ortaya koyar. Üçüncü olarak, sağlık verileri çok çeşitli formatlarda ve farklı kaynaklardan gelir; bu da veri bütünlüğü ve entegratesinin sağlanmasını zorunlu kılar. Bu verilerin anonimleştirilmesi veya pseudonimleştirilmesi, kişisel kimliğin korunması açısından önemli bir yöntem olarak öne çıkar (Taş & Kurt, 2025).

Güvenlik ihtiyaçları, sağlık verilerinin gizliliğini, bütünlüğünü ve kullanılabilirliğini garanti altına almak üzere şekillenir. Bu kapsamda, erişim kontrolleri ve yetkilendirme mekanizmalarıyla yalnızca yetkili kullanıcıların verilere ulaşması sağlanmalıdır. Veri bütünlüğü, yetkisiz değişikliklerin önlenmesini ve kayıpların engellenmesini amaçlar. Güçlü şifreleme teknikleri, verilerin aktarım ve depolama sırasında korunmasını temin eder. Güvenlik politikaları ve prosedürleri, sürekli izleme ve denetim ile desteklenerek, olası tehditlere karşı örgütsel savunmayı güçlendirir. Bu noktada, güvenlik yapılandırmaları ve çok katmanlı koruma stratejileri, sağlık verilerinin tüm yaşam

döngüsü boyunca korunmasına katkı sağlar. Son olarak, sıkı yasal mevzuat ve uyumluluk standartlarına uygunluk, güvenlik uygulamalarının temelini oluşturur; bu da güvenilir ve sürdürülebilir bir sağlık veri yönetim modeli geliştirilmesine olanak tanır (Kestane & Kurt, 2024).

#### **4. Tehditler ve Zafiyetler**

Dijital sağlık alanında karşılaşılan tehditler, güvenliği tehlikeye atan çeşitli zafiyetlerden kaynaklanmaktadır. En önemli tehditler arasında veri ihlalleri, yetkisiz erişimler ve sistem kayıpları yer almaktadır. Hasta verilerinin gizliliği ve bütünlüğü, siber saldırılar ve iç tehditler nedeniyle ciddi risk altındadır. Özellikle kimlik avı saldırıları, kötü amaçlı yazılımlar ve zararlı yazılım güncellemeleri, sistemlerin zafiyetlerini istismar ederek hassas bilgilerin sızmasına neden olabilir. Sağlık hizmeti sağlayıcılarının kullandığı çeşitli bilgi sistemlerindeki zayıf noktalar, saldırganların kolayca girmesine imkan tanır. Sistemlerdeki güvenlik açıkları, genellikle yazılım Güncellemelerinin yapılamaması, yetersiz erişim kontrolleri ve kullanıcı eğitim eksiklikleri nedeniyle oluşabilir. Güvenlik açıklarını değerlendirmek ve önlemek için sürekli risk analizi ve zafiyet taramaları yapılmalıdır. Geleneksel ve dijital sistemlerin entegre edilmesi, yeni zafiyetleri beraberinde getirir; örneğin, bağlantı noktalarının güvenliğinin sağlanmaması veya güvenlik politikalarının güncel tutulmaması, sistemlerin savunmasız kalmasına neden olur. Bu zafiyetleri en aza indirmek için çok katmanlı güvenlik yaklaşımları, düzenli eğitimler ve politikaların sıkı şekilde uygulanması; ayrıca, teknolojik güvenlik önlemlerinin sürekli güncellenmesi şarttır. Böylece, hem veri bütünlüğü hem de gizliliği sağlanabilirken, olası saldırılara karşı dayanıklılık artırılabilir (Sarıyıldız, 2025).

#### **5. Gizlilik, Kayıt Tutma ve Erişim Kontrolleri**

Gizlilik, kayıt tutma ve erişim kontrolleri, dijital sağlık ortamlarında hasta verilerinin korunmasında temel unsurlardır. Gizlilik ilkesi, kişisel sağlık bilgilerinin yetkisiz erişim ve kullanımdan korunmasını sağlar. Bu kapsamda, uygun veri sınıflandırması ve şeffaflık ilkeleri benimsenerek, herhangi bir veri paylaşımında hastaların rızasının alınması ve bilgilendirilmesi zorunludur (Yüksel, 2024). Sağlık verilerinin sadece yetkili kişiler tarafından erişilebilir olması için katı erişim kontrolleri uygulanmalıdır. Bu kontroller, kullanıcı kimlik doğrulama ve yetkilendirme mekanizmaları ile desteklenir ve erişim kayıtlarının düzenli olarak tutulmasını gerektirir. Kayıt tutma uygulamaları, erişim aktivitelerinin izlenmesini ve olası ihlal durumlarının tespiti için kritik öneme sahiptir. Bu güvenlik mekanizmaları, olası suistimallerin önlenmesi ve olay sonrası kapsamlı analizlerin yapılabilmesi açısından vazgeçilmezdir. Erişim

kontrollerinde çok faktörlü kimlik doğrulama gibi gelişmiş teknolojilerin kullanılması, bilgi güvenliğini artırır ve hasta gizliliğine saygıyı sağlar. Tüm bu önlemler, yasal düzenlemelerle uyumlu biçimde uygulanmalı ve kurumsal politikalarla desteklenmelidir. Güçlü gizlilik ve erişim kontrol süreçleri, sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliğini ve hasta güvenliğini sağlayarak, dijital sağlık ortamlarının güvenilirliğini artırır. Bu bağlamda, düzenli denetimler ve güncellemeler, sistemlerin güncel tehditlere karşı korunmasını sağlar ve sürekli iyileştirme kültürünü teşvik eder (Yelmen, 2023).

## **6. Güvenlik Mimarileri ve Teknik Önlemler**

Güvenlik mimarileri ve teknik önlemler, dijital sağlık alanında veri güvenliğinin temel taşlarını oluşturmaktadır. Bu yapılar, sağlık verilerinin korunmasına yönelik bütünsel bir çerçeve sağlayarak, olası tehditlere karşı dayanıklılığı artırmayı amaçlamaktadır. İlk olarak, güvenlik mimarileri genellikle katmanlı ve çok seviyeli modeller temelinde tasarlanır. Bu yaklaşımla, veri erişiminden veri iletimine, depolamadan kullanımına kadar tüm aşamalar çeşitli güvenlik kontrolleri ve önlemleriyle korunur. Çok seviyeli mimarilerde, farklı sorumluluk ve erişim haklarına sahip kullanıcılar için ayrı yetki ve erişim politikaları belirlenir. Çok katmanlı koruma sistemleri sayesinde, herhangi bir güvenlik ihlalinde zararın sınırlı kalması sağlanır. (İleri & Aydamak, 2024)

Teknik önlemler kapsamında, modern güvenlik mimarileri şifreleme algoritmaları, erişim denetimleri, kimlik doğrulama protokolleri ve saldırı tespit sistemlerini içerir. Şifreleme, hem veri aktarımını hem de depolamayı kapsayarak, yetkisiz erişimleri ve veri sızıntılarını engellemeye yöneliktir. Bu bağlamda, veri bütünlüğünü sağlayan dijital imza ve kontrol toplamları ile entegrite zedelenmiş verilere karşı önlemler alınır. Erişim kontrolleri ise, role dayalı erişim politikaları ve çok faktörlü kimlik doğrulama gibi yöntemlerle kullanıcıların sadece yetkilendirildikleri verilere ulaşmasını temin eder. (Yigit & Ayata, 2024)

Güvenlik duvarları ve saldırı tespit sistemleri gibi altyapı unsurları, ağ seviyesinde korunmayı sağlar. Bu stratejiler, kötü niyetli girişimlere karşı koruma sağlar ve sistemin genel güvenilirliğini artırır. Düzenli güvenlik açıkları tarama ve zafiyet yönetimi uygulamalarıyla, potansiyel tehditler önceden tespit edilip bertaraf edilir. Bu bütünsel yapı, hem teknolojik hem de organizasyonel önlemleri içerir ve sürekli güncellenerek tehdit ortamına uyum sağlar. Güvenlik mimarileri ve teknik önlemler, dijital sağlık verilerinin gizliliği, bütünlüğü ve erişilebilirliği açısından temel bir güvenlik seviyesi oluşturmaktadır (Bozagaç2025).

## **7. Yetkili Kullanıcı Yönetimi ve Kimlik Doğrulama**

Yetkili kullanıcı yönetimi ve kimlik doğrulama süreçleri, dijital sağlık sistemlerinin güvenliğinin temel taşıdır. Bu süreçler, sağlık verilerine erişimi yalnızca yetkilendirilmiş personelle sınırlayarak gizlilik ve bütünlüğü sağlar. Kimlik doğrulama yöntemleri, parolalar, biyometrik veriler, iki faktörlü kimlik doğrulama ve güvenli erişim anahtarları gibi çeşitli katmanlar içermektedir. Bu teknikler, sistemlere giriş yapan kullanıcıların kimliklerinin doğruluğunu teyit etmek ve yetkisiz erişimi engellemek amacıyla kullanılır. Kullanıcı yönetimi, rol bazlı erişim kontrolleri ile donatılarak, kullanıcıların görevlerine uygun verilere erişimleri kontrol altına alınır. Bu yaklaşımlar, hem kullanım kolaylığı hem de yüksek güvenlik standardını temin eder. Kimlik bilgilerinin güvenli yönetimi için, merkezileştirilmiş kullanıcı veritabanları ve erişim denetimleri hayati öneme sahiptir. Süreçlerin etkinliği, düzenli denetimler ve güncellemelerle sağlanmakta olup, kullanıcı hareketleri kaydedilerek izlenebilirlik sağlanır. Bu sayede, olası güvenlik ihlalleri veya suistimaller hızlıca tespit edilerek önlem alınır (Şahin, 2024). Yeni teknolojilere entegre edilen kimlik doğrulama yöntemleri ile sistemin güvenliği sürekli artırılır. Tüm bu uygulamalar, hasta mahremiyetinin korunması ve sağlık verilerinin güvenli bir ortamda işlenmesine imkan tanır. Dolayısıyla, yetkili kullanıcı yönetimi ve kimlik doğrulama süreçleri, dijital sağlık hizmetlerinin temel güvenlik unsurudur ve sürekli gelişen tehditlere karşı etkin koruyucu mekanizmalar sunar (Dursun, 2025).

## **8. Şifreleme, Veri Entegritesi ve Yedekleme Stratejileri**

Şifreleme, veri bütünlüğü ve yedekleme stratejileri, dijital sağlık ortamında veri güvenliğinin temel unsurlarını oluşturmaktadır. Güvenli veri iletimi ve saklanması için güçlü şifreleme yöntemleri kullanılması, yetkisiz erişimleri engellemek adına kritik öneme sahiptir. Simetrik ve asimetrik şifreleme tekniklerinin uygun kombinasyonları, verilerin gizliliğini sağlayarak hem ruhsatlı kullanıcıların hem de kurumların güvenliğini teminat altına alır. Aynı zamanda, veri bütünlüğünün korunması amacıyla dijital imzalar ve hash algoritmaları kullanılmakta olup, herhangi bir değişiklik veya bozulma anında tespit edilmesine imkan sağlar (Yüksel, 2024).

Yedekleme stratejileri ise olası veri kaybı veya sistem arızalarına karşı önleyici tedbirler olarak öne çıkar. Bu kapsamda, yedeklerin düzenli ve güvenli bir biçimde farklı lokasyonlarda saklanması, veri kurtarma süreçlerinin sürdürülebilirliğini artırır. Yedekleme sırasında kullanılan şifreleme teknikleri, yedeklenen verilerin gizliliğini koruyarak sadece yetkili kişiler tarafından erişilmesine imkan tanır. Bu yaklaşımlar, dijital sağlık uygulamalarında hem

operasyonel sürekliliği sağlar hem de olası siber saldırılara karşı güçlü bir direnç oluşturur (Yavaş & Henkoğlu, 2025).

Uygun şifreleme yöntemleri ve kapsamlı yedekleme politikaları, sağlık verilerinin korunmasında vazgeçilmezdir. Veri bütünlüğünü sağlayacak kontroller ve düzenli yedekleme uygulamaları, hem hastaların mahremiyetini koruma hem de yasal uyumluluğun sağlanması açısından kritik öneme sahiptir. Bu stratejiler, dijital sağlık ortamlarının güvenli ve sürdürülebilir hale gelmesine katkıda bulunur (Yılmaz, 2024).

### **9. Olay Müdahalesi ve Veri İhlali Yönetimi**

Olay müdahalesi ve veri ihlali yönetimi, dijital sağlık ortamlarında karşılaşılan güvenlik tehditlerine karşı hızlı ve etkili müdahale süreçlerini içermektedir. Veri ihlalleri, kişisel sağlık bilgilerinin yetkisiz erişim, kullanım, ifşa veya kayıp risklerini artırarak hem hasta güvenliği hem de kurumların itibarı üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilir. Bu nedenle, kuruluşların olaylara hazırlıklı olmaları ve olaylara müdahale süreçlerini etkin bir şekilde planlamaları hayati öneme sahiptir. Olay müdahale planları, ihlal tespiti, sınıflandırma, iletişim stratejileri ve çözüme ulaşma adımlarını kapsamlı biçimde içermelidir (Unal & Sezer, 2023).

İlk aşamada, olayların hızlı tespiti ve bildirilmesi için izleme ve alarm sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler sayesinde, anormal erişim veya veri kaybı durumları önceden tespit edilerek hızlı müdahale imkânı sağlanır. Ardından, ihlal detayları analiz edilerek olayın boyutu, etkileri ve nedeni belirlenir. Bu analizler, uygun müdahale ve kurtarma adımlarının planlanmasında temel oluşturur. Olay sonrası yapılan detaylı değerlendirmeler ve raporlamalar, benzer durumların önüne geçilmesi ve güvenlik politikalarının güçlendirilmesi açısından büyük önem taşır (Göven2025).

Veri ihlali durumunda, ilgili taraflara hızlı ve doğru bilgilendirme yapılmalı, hasta haklarına saygı gösterilerek şeffaflık sağlanmalıdır. Hukuki yükümlülükler dikkate alınarak, özellikle kişisel verilerin korunmasına ilişkin mevzuatlara uyum sağlanmalıdır. Kurumlar, olay sonrası güvenlik açıklarını belirleyip giderici önlemler almalı, sistemleri güncellemeli ve çalışanların farkındalık seviyesini artırmalıdır. Düzenli tatbikatlar ve simülasyonlar yoluyla olay müdahale kapasitesi sürekli geliştirilmelidir. Tüm bu süreçler, kurumların veri güvenliği yönetim sistemleri ile entegre edilerek, olası kayıpların ve zararın minimize edilmesine katkı sağlar (Uzunparmak & İrdem2025).

## **10. Yapılandırılmış Veri Paylaşımı ve Anonimleştirme**

Yapılandırılmış veri paylaşımı ve anonimleştirme süreçleri, dijital sağlık sistemlerinde hasta mahremiyetinin korunması ve veri güvenliğinin sağlanması açısından temel öneme sahiptir. Bu süreçlerin etkinliği, verilerin amacına uygun, güvenli ve etik kurallara uygun biçimde paylaşılmasını sağlayacak sağlam ilkelerin benimsenmesine dayanır. İlk olarak, yapılandırılmış veri formatlarının belirlenmesi ve standartlara uygun hale getirilmesi, veri bütünlüğü ve erişilebilirliği açısından kritik rol oynar. Bu bağlamda, HL7 CDA, FHIR gibi uluslararası kabul edilen standartlar tercih edilerek, veri alışverişi ve entegrasyon kolaylaştırılır (Taş & Kurt2025)

Anonimleştirme, kimlik bilgilerinin veya başka ayırt edici unsurların kaldırılması veya maskeleymesi ile kişisel verilerin gizliliğini koruma sürecidir. Bu adım, özellikle araştırma ve analiz amaçlarıyla veri paylaşımında kullanılırken, kişisel mahremiyetin ihlal edilmemesine özen gösterilmelidir. Anonimleştirme teknikleri arasında veri maskeleyme, veri silme, genelleştirme ve rastgeleleştirme gibi yöntemler bulunur. Her yöntemin avantajları ve sınırlamaları göz önünde bulundurularak, uygun teknik seçilmeli ve uygulama sırasında veri kaybı minimize edilmelidir (Çiçek, 2024).

Veri paylaşımında, uygun anonimleştirme seviyesinin belirlenmesi, paylaşımın amaç ve kapsamına göre şekillendirilir. Paylaşılan verilerin doğruluğu ve bütünlüğü sağlanmalıdır, çünkü hatalı veya eksik bilgiler, klinik kararları olumsuz etkileyebilir. Veri sorumluları, paylaşım öncesinde risk analizleri yapmalı, olası veri sızıntılarını ve kötüye kullanımları önlemek üzere güvenlik önlemlerini güçlendirmelidir (Yavaş & Henkoğlu, 2025).

Güvenli ve etkin yapılandırılmış veri paylaşımı, yalnızca teknik uygulamalarla sınırlı kalmaz; aynı zamanda, yasal düzenlemelere ve etik ilkelerle uyumlu hareket edilmesine de büyük önem verir. Bu kapsamda, paylaşılan verilerin kullanım amacına uygunluğu, erişim izinleri ve denetim mekanizmaları titizlikle yönetilmelidir. Anonimleştirme ve yapılandırılmış veri paylaşımı süreçleri, sürdürülebilir ve güvenilir sağlık bilgi altyapısının temel taşlarını oluşturur, böylece sağlık hizmetlerinin kalitesi ve verimliliği artırılır (Uzunparmak & İrdem, 2025).

## **11. Yasal Düzenlemeler ve Uygunluk**

Yasal düzenlemeler ve uygunluk, dijital sağlık alanında veri güvenliğinin temel taşlarından biridir ve sektördeki standardizasyonu sağlamayı amaçlamaktadır. Ulusal ve uluslararası mevzuatlar, sağlık verilerinin korunmasına ilişkin temel ilkeleri belirleyerek ilgili paydaşların sorumluluklarını netleştirmektedir. Türkiye'de bu alanda önemli düzenlemelerden biri, 2016

yılında yürürlüğe giren Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK), kişisel sağlık verilerinin özel nitelikte olması nedeniyle ek yükümlülükler getirmektedir. KVKK, veri işleme süreçlerinde rıza alınması, veri minimizasyonu, güvenliğin sağlanması ve hakların korunması gibi temel ilkeleri ön plana çıkarmaktadır. (Yelmen, 2023)

Bunun yanı sıra, sağlık sektörüne özgü düzenleyici çerçeveyi belirleyen çeşitli uluslararası sözleşmeler ve standartlar bulunmaktadır. HIPAA (Sağlık Sigortası ve Kimlikli Tanımlama Hukuku) gibi belgeler, sağlık verilerinin güvenliğini sağlamak amacıyla uygulama ve raporlama yükümlülüklerini içerir. Bu düzenlemeler, kurumların yasal uygunluk süreçlerini yerine getirmesini ve veri ihlallerinin önlenmesini teşvik ederken, aynı zamanda yüksek güvenlik seviyelerinin sürdürülebilirliğini de sağlar. (Alçın, 2022)

Yasal düzenlemelerin etkinliği, kurumların uyum sağlama kapasitesine bağlıdır. Bu bağlamda, uygunluk denetimleri, düzenli iç ve dış denetimler ve sertifikasyon süreçleri büyük önem taşır. Sağlık kurumları, mevzuata uyum sağlamak için kapsamlı politika ve prosedürler geliştirmeli, bu prosedürlerin çalışanlara yerinde eğitimlerle aktarılmasını sağlamalıdır. Sürekli değişen teknolojik ortam ve yeni ortaya çıkan tehditler dikkate alındığında, yasal düzenlemeler de güncel tutulmalı ve gerekirse revize edilmelidir (Şensöz & Durusoy, 2025).

Yasal düzenlemeler ve uygunluk mekanizmaları, dijital sağlıkta veri güvenliği konusunda güvenilirliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması adına vazgeçilmezdir. Bu çerçevede, hem yerel düzenleyici ortamın hem de uluslararası standartların takip edilmesi, sağlık veri güvenliğinin standartlara uygun ve mevzuata uyumlu biçimde yönetilmesini sağlar ve hasta haklarının korunmasına önemli katkılarda bulunur (Özdemir & Kırımlıoğlu).

## **12. Denetim, Risk Değerlendirmesi ve Sürekli İyileştirme**

Denetim, risk değerlendirmesi ve sürekli iyileştirme süreçleri, dijital sağlıkta veri güvenliğinin temel taşlarını oluşturur ve sistemlerin sürdürülebilirliği ile etkinliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, düzenli denetimler, güvenlik açıklarının ve zafiyetlerin tespiti, uygulanmakta olan güvenlik politikalarının etkinliği ve uyumluluğun sağlanması açısından gereklidir. Denetimler, hem iç hem de dış kuruluşlar tarafından gerçekleştirilebilir; iç denetimler kurum içi farkındalık ve yönetim protokollerine dayanırken, dış denetimler ise bağımsız kuruluşlar aracılığıyla objektiflik ve uluslararası standartlara uygunluk sağlamayı hedefler (Sezer & Özgen, 2025).

Risk değerlendirmesi ise, var olan ve potansiyel tehditleri sistematik biçimde analiz ederek, zayıf noktaları belirlemeyi amaçlar. Bu süreçte, varlıkların

önceliklendirilmesi, olası saldırı senaryolarının geliştirilmesi ve etkilerin ölçülmesi gibi adımlar izlenir. Sürekli iyileştirme yaklaşımı, bu risklerin minimize edilmesi ve sistemlerin dinamik yapıya uygun hale getirilmesi için önemlidir. Bu bağlamda, döngüsel biçimde gerçekleştirilen planla-do-sense-uygula (PDCA) modeli, herhangi bir güvenlik açığının tespiti, çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve uygulamada devamlılık sağlanması amacıyla benimsenir. Yeni tehditlerin ortaya çıkmasıyla birlikte güncellenen politikalar ve teknik önlemler, sistemlerin adaptasyon yeteneğini artırır. (Güneş, 2025)

Sürekli iyileştirme faaliyetleri, eğitim ve farkındalık çalışmalarını da kapsar; çalışanların güncel tehditler ve güvenlik uygulamaları konusunda düzenli bilgilendirilmesi, risklerin azaltılmasını sağlar. Bu süreçlerde, denetim sonuçlarının raporlanması ve analiz edilmesi, stratejik kararların alınmasında temel oluşturur. Gelişmiş analiz ve takip mekanizmalarıyla, olası güvenlik ihlallerine hızlı müdahale edilmesi ve sistemlerin güvenlik seviyesinin sürekli yükseltilmesi hedeflenir. Etkin denetim ve risk yönetimi, dijital sağlık hizmetlerinde veri güvenliğinin sürekliliğini sağlayan ve kurumların güvenilirliğini artıran en temel unsurlar arasında yer alır (Yorulmaz & Meral, 2025).

### **13. Kamu Politikaları ve Hastane/ Sağlık Kurumları İçin Yol Haritası**

Kamu politikalarının dijital sağlık alanında veri güvenliğini sağlamada temel bir rolü bulunmaktadır. Etkin bir yol haritası oluşturmak için öncelikle mevcut yasal çerçeveler ve uluslararası standartlar dikkate alınmalı, sağlık kurumlarının ihtiyaçlarına uygun düzenlemeler yapılmalıdır. Bu politikalar, gizlilik ve veri koruma ilkelerine uygun hareket ederek, hastaların kişisel sağlık bilgilerinin güvenliğini teminat altına almalıdır (Uslu, 2023). Sağlık kurumlarında uygulanan güvenlik önlemlerinin etkinliği düzenli denetimler ve risk değerlendirmeleri ile periyodik olarak gözden geçirilmelidir. Bu kapsamda, kurumların siber güvenlik altyapısının güçlendirilmesi ve personelin farkındalık seviyelerinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Öngörülen politikalar, sağlık verilerinin erişim kontrolleri, kimlik doğrulama mekanizmaları ve şifreleme teknikleri gibi temel unsurların entegre edilmesini sağlamalıdır. Aynı zamanda, olay müdahale planları ve veri ihlali yönetimi prosedürleri belirlenerek, olası saldırılara karşı hızlı ve etkili önlemler alınmalıdır. Yapılandırılmış veri paylaşımı ve anonimleştirme stratejileri ile güvenlik ve gizlilik dengesine dikkat edilmelidir. Kamu politikalarının, hastane ve sağlık kurumlarının dijital dönüşüm süreçleriyle uyumlu olması, sürdürülebilirlik ve kalite standartlarının yükseltilmesine katkı sağlar. Bu doğrultuda, politika gelişmeleri ve teknolojik yenilikler yakından takip edilerek, sürekli iyileştirme hedeflenmelidir. Böylece, dijital sağlıkta veri

güvenliği konusunda bütüncül, uyumlu ve proaktif bir yaklaşım benimsemiş olur (Polat2025).

#### **14. Sonuç**

Dijital sağlıktaki veri güvenliği, sürdürülebilir ve güvenilir sağlık hizmetlerinin temel taşlarından biridir. Bu bağlamda, teknolojik gelişmelerle birlikte artan veri hacmi ve çeşitliliği, güvenlik önlemlerinin sürekli geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Veri güvenliği politikalarının belirlenmesi ve uygulama süreçlerinin etkin yönetimi, sağlık kurumlarının itibarını korumanın yanı sıra, hasta hak ve özgürlüklerinin korunması açısından da büyük önem taşımaktadır. Günümüzde yasal düzenlemeler ve uluslararası standartlar ile uyum sağlama çabası, kurumların yasal sorumluluklarını yerine getirmelerini kolaylaştırmakta ve veri ihlallerinin önüne geçmektedir. Aynı zamanda, risk değerlendirmeleri ve sürekli iyileştirme mekanizmaları, olası tehditlere karşı hazırlıklı olmayı sağlar. Kamu politikaları, sağlık sektöründe veri güvenliğinin sağlanması stratejik yol gösterici olup, hem kurumların iç süreçlerini hem de teknolojik altyapılarını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu kapsamda, hasta verilerinin gizliliği ve bütünlüğü, güçlü kimlik doğrulama sistemleri ve gelişmiş şifreleme teknikleri ile teminat altına alınmaktadır (Kınış ve ark., 2026). Olay müdahale ve veri ihlali yönetimi, acil durumlar karşısında hızlı ve etkili çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Dijital sağlıkta veri güvenliği, sürekli değişen tehdit ortamına karşı uygun politikaların geliştirilmesi ve uygulanmasıyla sağlanabilir. Bu bağlamda, politika yapıcılar, sağlık kurumları ve teknolojik çözüm sağlayıcılar arasında güçlü işbirlikleri kurmak, güvenli ve sürdürülebilir dijital sağlık sistemlerinin inşasında temel yaklaşımlardan biri olmuştur. Uzun vadeli başarı, etik değerlere uygunluk ve hukuki düzenlemelere tam uyum ile sağlanmakta olup, dijital sağlık alanında güvenlik standartlarının sürekli geliştirilmesiyle mümkün olacaktır. (Çondur ve ark., 2025).

## KAYNAKLAR

- Alçım, A. A. (2022). Türk hukukunda kişisel sağlık verileri ve idarenin kişisel sağlık verilerini koruma yükümlülüğü. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*.
- Bozagaç, F. (2025). Blockchain teknolojisinin tasarım ve planlama okulu bağlamında bütünleştirici modeli. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(2), 381–421.
- Çiçek, M. (2024). Türkiye'de biyometrik veri güvenliği: Kişisel verilerin korunması kanunu çerçevesinde etik bir değerlendirme. *Kişisel Verileri Koruma Dergisi*.
- Çondur, F., Cömertler, N., & Yenipazarlı, A. (2025). Sağlık turizminde dijital dönüşüm. İçinde *Sağlık turizmi: Sağlıkta sınırları aşmak*.
- Dursun, N. (2025). Teknolojik gelişmelerin işletmelerdeki muhasebe sistemlerine etkileri ve etkilerinin ölçülmesi.
- Göven, R. G. (2025). AFAD'ın eğitim politikalarının performans üzerindeki etkisi: 2023–2024 raporlarına dayalı bir inceleme. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 6(2), 399–417.
- Güneş, H. (2025). Sağlık hizmetlerinde risk analizi: Temel kavramlar, yöntemler ve örnek uygulamalar üzerine bir derleme. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*.
- İleri, Y. Y., & Aydamak, M. Y. (2024). Sağlıkta bilgi güvenliği yönetiminin bibliyometrik analizi. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*.
- Kestane, A., & Kurt, G. (2024). Bulut güvenlik denetimi: Bulut siber güvenlik uygulamalarında iç denetim. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3), 667–690.
- Kınış, Z., Denizli, F., & Boztosun, D. (2026). Dijital sağlık teknolojilerinin sürdürülebilir sağlık sistemlerine katkısı: Türkiye odaklı bir inceleme. *Istanbul Gelisim University Journal of Social Sciences*, Advance online publication, 1575–1596.
- Of, M., & Kılıçaslan, İ. (2024). Bulut bilişimde veri güvenliği: Güncel sorunlar ve çözüm önerileri. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research*, 11(114), 2694–2714.
- Polat, E. (2025). Yapay zekâ stratejilerinde veri politikaları: Seçili ülkelerin karşılaştırmalı değerlendirmesi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(1), 408–439.
- Sarıyıldız, A. Y. (2025). Sağlıkta dijital dönüşüm. İçinde *Sağlık hukuku: Temel kavramlar, uygulamalar, güncel trendler ve gelecek perspektifi*.
- Sezer, Ö., & Özgen, E. (2025). Dijital gözetim bağlamında algoritmik halkla ilişkiler. *Selçuk İletişim*.

- Seyhan, Ö. G. F., & Orhan, Ö. G. D. F. (2023). Sağlık hizmetlerinde bilgi güvenliği ve mahremiyet. İçinde *Hastane ve sağlık yönetimi: Güncel konular-I*.
- Şahin, Ş. (2024). E-sağlık uygulamalarının sağlık hizmetlerinde kullanımı ve örnekleri.
- Şensöz, İ. H., & Durusoy, İ. (2025). Yönetimden yönetişime geçiş: Çevre ve doğal kaynaklar odaklı kavramsal bir inceleme. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 21(1), 210–236.
- Taş, A. S., & Kurt, E. (2025). Hemşirelik öğrencilerinde mahremiyet bilincinin kişisel sağlık verilerinin kayıt ve korunmasına ilişkin tutumları üzerine etkisi. *Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 7(3), 953–962.
- Ünal, C., & Sezer, C. (2023). Sağlık hizmetlerinde bilgi mahremiyeti endişesi ve korunma davranışlarını etkileyen faktörler. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*.
- Uslu, H. (2023). Dijital dönüşüm ve kamu hizmetleri yönetiminde yenilikçi yaklaşımlar ve zorluklar. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi*.
- Uzunparmak, M., & İrdem, İ. (2025). İdarenin sorumluluğu çerçevesinde kişisel verilerin korunması: Hukuki ve etik boyut. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 494–504.
- Yavaş, H., & Henkoğlu, T. (2025). Kamu sektöründe veri yönetimine ilişkin anonimleştirme, silme ve yok etme süreçlerinin hukuki ve teknik açıdan değerlendirilmesi: Aydın ili örneği. *Bilgi ve Belge Araştırmaları*.
- Yelmen, A. (2023). Kişisel sağlık verilerinin elektronik ortamda işlenmesi üzerine bir değerlendirme. *Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*.
- Yılmaz, E. (2024). Kişisel sağlık verisi ihlallerinin analizi: BWM yaklaşımı ile önceliklendirme. *Journal of Original Studies*.
- Yorulmaz, M., & Meral, K. K. (2025). Sağlık kurumlarında kalite yönetimi ve teknoloji entegrasyonu. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 9(2), 117–130.
- Yüksel, Ş. (2024). Bulut bilişim ve tıbbi veri yönetimi: Tıbbi sekreterlerin rolünün evrimi. *Kapadokya Sağlık Bilimleri Dergisi*.
- Yiğit, K., & Ayata, F. (2024). Bulut bilişim mimarisi ve güvenliği. *Computer Science*.

## 4. Bölüm

# Sağlık Bilimlerinde Parametrik Olmayan ve Yarı Parametrik Modelleme: Kavramsal Çerçeve, Yöntemler ve Uygulamalar

Eray YURTSEVEN<sup>1</sup>

### 1. Giriş

İstatistiksel modelleme alanında parametrik olmayan ve yarı parametrik yaklaşımlar, geleneksel parametrik modellerden farklı olarak, veri yapısına ve ilişkinin doğasına ilişkin daha esnek ve uyum sağlayıcı çözümler sunar. Bu metodolojilerin gelişimi, özellikle karmaşık ve yüksek boyutlu veri setlerinin analizinde ortaya çıkan zorluklara yanıt verme ihtiyacından kaynaklanmıştır. Parametrik olmayan modeller, belirli bir fonksiyonun veya dağılımın sabit parametrik formunu varsaymadan, veri tarafından belirlenen yapıları kullanarak esneklik sağlar. Bu sayede, özellikleri önceden belirlenmiş modellerden çok daha az yanıltıcı olma potansiyeline sahiptir. Yarı parametrik modeller ise, hem parametrik hem de parametrik olmayan bileşenleri bir arada kullanma esnekliğine sahiptir. Bu yapı, özellikle karmaşık etkileşimlerin ve çevresel faktörlerin olduğu durumlarda, modellerin uyarlanabilirliğini artırır.

Bu yaklaşımların temel motivasyonu, gerçek dünya verilerinin genellikle belirli ve katı fonksiyonel varsayımlar içermemesi nedeniyle ortaya çıkar. Parametrik olmama durumu, modellerin veriyle uyum sağlama gücünü artırırken, aynı zamanda aşırı uyum riskini azaltır. Yarı parametrik modellerde ise, belirli temel fonksiyonlar veya bileşenler parametrik olarak seçilirken, diğer kısımlar esnek yapılarla temsil edilir. Bu kombinasyon, hem modelin doğruluğunu hem de genelleme kabiliyetini güçlendirir.

Bunların yanı sıra, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin kullanımı, farklı disiplinlerde geniş uygulama alanları bulur. Biyomedikal bilimlerde, karmaşık biyolojik süreçlerin modellenmesi; ekonomi ve finans alanında, piyasa dinamiklerinin ve risk analizi; çevre bilimlerinde, ekosistemlerin ve hava durumu tahminlerinin analizi gibi çeşitli alanlarda bu modeller tercih edilir. Bu modellerin temel avantajları arasında, yüksek esneklik, veri odaklılık ve çok çeşitli veri yapılarında uyumluluk bulunur.

<sup>1</sup> Prof. Dr.; İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı.  
eyurt@istanbul.edu.tr ORCID No: 0000-0003-0565-6407

Ancak, uygulama sırasında karşılaşılan model doğrulama süreçleri, aşırı uyum ve yorumlama zorlukları da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme teknikleri, hem teori hem de uygulama açısından dikkatli bir değerlendirme ve uygun yöntem seçim gerektirir.

## **2. Kavramsal Temeller**

Kavramsal temeller açısından, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme yaklaşımları, geleneksel parametrik modellere alternatif olarak gelişmiş ve farklı analiz ihtiyaçlarına uygun çözümler sunmaktadır. Bu modeller, veri yapısına ilişkin ön kabuller yerine, veri odaklı esnek fonksiyonel yapılar kullanmayı tercih ederler. Parametrik modellerde, bağımlı ve bağımsız değişkenler üzerinden belirli parametreler tanımlanarak fonksiyonel ifadeler kurulurken, parametrik olmayan yaklaşımlar herhangi bir ön belirli fonksiyon biçimi varsaymaksızın, verinin kendisinden öğrenmeye odaklanır. Bu, özellikle gerçek dünya verilerinde fonksiyonların karmaşık ve bilinmeyen yapılar içerdiği durumlarda, modellere yüksek düzeyde esneklik kazandırır.

Yarı parametrik modeller ise, hem parametrik hem de parametrik olmayan unsurların bir arada kullanılmasıyla oluşturulur. Bu yapı, temel parametrik komponentlerin yanı sıra, fonksiyonel ve esnek açıdan parametrik olmayan bileşenlere de sahiptir. Örneğin, zaman serileri veya çevresel etkileşimleri modellede, sabit parametrelerin yanı sıra, fonksiyonel yapılar kullanılarak belirli ilişki biçimleri esnek biçimde yakalanabilir. Bu, modellerin hem yorumlanabilirliğini korumasını sağlar hem de karmaşık veri yapılarına uyum gösterebilmesine imkan tanır.

Bu kavramlar, geleneksel modellere kıyasla, çoğu zaman doğruluk ve genelleme yeteneği açısından üstünlük gösterebilirler. Ancak, uygulamada bu modellerin tasarımı ve parametrisasyonu, uygun fonksiyon alanlarını ve esneklik seviyelerini belirlemeyi gerektirir. Ayrıca, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin matematiksel altyapısı, fonksiyonel analize ve istatistiksel öğrenmeye dayanır. Bu bağlamda, fonksiyonların uygun temsili ve çalıştırma altyapısı, modelin başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Kısaca, kavramsal temeller, bu modellerin temel prensiplerini ve kullanımlarını anlamak için temel çatıyı oluşturmakta olup, uygulama aşamasında karşılaşılabilecek esneklik, doğruluk ve genelleme sorunlarının çözümünde yol göstericidir.

### **2.1. Parametrik Olmayan Modellemenin Tanımı ve Tarihçesi**

Parametrik olmayan modelleme, geleneksel parametrik modellerin sınırlamalarını aşmak amacıyla ortaya çıkmış ve zaman içinde gelişmiş önemli

bir istatistiksel ve hesaplamalı yaklaşımdır. Bu modeller, veri yapısına ilişkin önceden belirlenmiş ve sabit parametrik formüller yerine, fonksiyonel esneklik sağlayan metodlara dayanır. Bu sayede, karmaşık ve yüksek boyutlu verilerde ortaya çıkan yapıların daha doğru ve tutarlı bir şekilde temsil edilmesine olanak tanır. Tarihsel gelişimi incelendiğinde, parametrik olmayan modelleme, 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanan köklere sahiptir ve özellikle istatistiksel çıkarımların esnek ve model bağımsız biçimde yapılmasını amaçlayan çalışmalarla şekillenmiştir.

İlk çalışmalar, 1940 ve 1950'lerde regresyon analizi alanında ortaya çıkan spline ve kernel tabanlı yaklaşımlarla başlamıştı. Bu dönemde, veri yapısına dair ön kabul gerektirmeden, modelin esnekliği artıran yöntemler geliştirilmiştir. Örneğin, spline fonksiyonlar, bölgesel olarak parça parça doğruları veya eğrileri birleştirerek, parametrik modellerin sınırlarını zorlayan esneklik sağlar. 1960'lar ve 1970'lerde ise kernel metodları, özellikle yoğunluk ve regresyon tahminlerinde kullanılarak, veri yoğunluklarına ve dağılımlarına uyum sağlama ve daha doğru sonuçlar üretme imkanı tanımıştır. Bu gelişmeler, parametrik olmayan modellerin temel taşlarını oluşturmuş ve klinik, ekonomi, çevre ve biyomedikal gibi alanlarda kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Özellikle 1980 ve 1990'lar, teknolojik gelişmeler ve bilgisayar gücündeki artış sayesinde, parametrik olmayan modelleme tekniklerinin uygulanabilirliğini büyük ölçüde artırmıştır. Bu dönemde, özellikle nümerik algoritmaların gelişmesi ve yüksek boyutlu veri setlerinin artmasıyla birlikte, bu modellerin karmaşık yapıların temsilinde sağladığı esneklik ve uyum avantajı daha belirgin hale gelmiştir. Ayrıca, özgün yaklaşımlar arasında lokal regresyonlar, kümeleme tabanlı teknikler ve Bayesian parametrik olmayan modeller de bu dönemde geliştirilmiştir. Sonuç olarak, parametrik olmayan modelleme, model esnekliği ve veri uyumu açısından alternatif çözümler sunarak, matematiksel ve istatistiksel modellerin sınırlarını genişleten önemli bir yöntem olarak kabul görmüştür.

## **2.2. Yarı Parametrik Modellemenin Kapsamı**

Yarı parametrik modelleme, geleneksel parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımların avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlayan esnek ve güçlü bir yöntemdir. Bu modelleme türü, belirli fonksiyonların veya bileşenlerin parametrik olarak tanımlanabildiği, diğer kısımların ise parametrik olmayan şekillerde esnekçe belirtilerek, karmaşık veri yapılarını ve ilişki modellerini daha etkin biçimde temsil etmeye olanak sağlar. Böylece, modelin belirli bölümlerinde uzman bilgisi ve teorik varsayımlar kullanılabilirken, bilinmeyen

veya karmaşık yapıların anlatımı için parametrik olmayan tekniklerden faydalanılır.

Yarı parametrik modeller, özellikle değişken ilişkilerin doğrudan önceden belirlenmediği ve veri setlerinin yapısının oldukça karmaşık olduğu durumlarda tercih edilir. Bu modellerin kapsamı oldukça geniş olup, çok çeşitli alanlara uygulanabilir. Örneğin, zaman serileri ve çevresel verilerde zaman ve mekân bağımlı dinamikleri yakalamada, biyomedikal ve ekonomi alanlarında karmaşık ilişkilerin modellenmesinde etkin biçimde kullanılabilir. Aynı zamanda, ilgili alanlardaki kavramsal ve teknik gelişmeler çerçevesinde, yarı parametrik modellerin kullanımıyla yüksek esneklikte ve uyarlanabilirlikte çözümler üretmek mümkündür.

Yarı parametrik modelleme, genellikle regresyon analizinde, özellikle doğrusal olmayan yapıları ve karmaşık fonksiyonları yakalamada önemli bir araçtır. Bu yaklaşımlar, spline fonksiyonlar, çekirdek tabanlı teknikler veya Bayesian yapıların kullanılması şeklinde farklı yöntemleri içerebilir. Özellikle, belirli fonksiyonların parametrik olarak modellenirken, diğer bağımlılıkların parametrik olmayan yöntemlerle yakalanması, modellerin hem gelişmişlik hem de uyumluluk açısından avantaj sağlar. Bu sayede, veri setine özgü özellikler dikkate alınarak daha doğru ve güvenilir çıkarımlar yapmak mümkün hale gelir.

Sonuç olarak, yarı parametrik modelleme, hem parametrik hem de parametrik olmayan tekniklerin avantajlarını harmanlayan, esnek ve geniş kapsamlı bir metodolojidir. Bu yaklaşımlar, farklı alanlarda karmaşık ilişkileri çözmeye, değişkenler arasındaki bağımlılıkları anlamaya ve model uyumluluğu ile genelleme kabiliyetlerini artırmaya önemli bir rol oynar. Ayrıca, bu modellerin uygulanabilirliği ve etkinliği, kullanılan tekniklerin ve varsayımların uygunluğuna göre değişebilir, bu nedenle model yapılandırmasında dikkatli bir seçim ve doğrulama süreci gereklidir.

### **2.3. Parametrik ve Parametrik Olmayan Yaklaşımlar Arasındaki Çakışmalar**

Parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar arasında ortaya çıkan çakışmalar, modelleme süreçlerinde önemli tartışmalara neden olmaktadır. Bu yaklaşımlar, temel varsayımlar, esneklik seviyeleri ve uygulama alanları bakımından farklılık gösterir. Parametrik modeller belirli parametreler ve fonksiyon sınıfları kullanılarak tanımlanırken, parametrik olmayan modeller genellikle fonksiyonların doğrudan tahmin edilmesine dayanır ve bu nedenle daha fazla esneklik sağlar. Ancak, bu farklılıklar, her iki yaklaşımın kullanım alanlarında ve performans kriterlerinde çeşitli çatışmalara yol açabilir.

Öncelikle, parametrik modellerin yapılandırılmış ve yorumlanabilir olmaları, özellikle küçük veri kümeleri ve belirli yapısal varsayımlar gerektiren durumlar için avantaj sağlar. Buna karşılık, parametrik olmayan modeller, veri yoğun olduğu durumlarda ve kompleks ilişkilerin bulunduğu senaryolarda daha uyumlu ve esnek çözümler sunar. Fakat, yüksek esneklikleri nedeniyle aşırı uyum sorunu (overfitting) riskini de beraberinde getirir; bu da modelin genelleme yeteneğini olumsuz etkileyebilir.

Çakışmaların ikinci önemli boyutu, model karmaşıklığının yönetimi ile ilgilidir. Parametrik olmayan yöntemler, esnekliklerini artırmak için genellikle büyük veri setleri ve gelişmiş algoritmalara ihtiyaç duyar. Bu da hesaplama maliyetlerini yükseltirken, parametrik modeller daha az hesaplamayla hızlı çözümler sunabilir. Ancak, parametrik olmayan modellerin bu geniş uyum becerisi, bazen gereksiz karmaşık modellerin oluşmasına veya gerçek dışı sonuçlar doğurmasına da yol açabilir. Dolayısıyla, her iki yaklaşımın da uygunluğu, veri yapısı, modelin amacı ve uygulama bağlamıyla yakından ilişkilidir.

Ayrıca, her iki yaklaşımın bir arada kullanılması, hibrit modellerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu strateji, parametrik modellerin belirli temel ilişkileri temsil etmekteki gücü ile parametrik olmayan modellerin yüksek esneklik kapasitesini birleştirerek, uygulama alanlarında daha dengeli ve etkili çözümler ortaya çıkarabilir. Ancak, bu hibrit modellerin tasarımı ve yorumlanması, metodolojik karmaşıklık ve uyum gerektirdiği için, hem teorik hem de pratik açıdan dikkatli bir yaklaşım gerektirir.

Sonuç olarak, parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar arasındaki çakışmalar, temel varsayımlar, esneklik, hesaplama maliyetleri ve uygulama alanlarına göre değişen üstünlükler ve dezavantajlar arz eder. Bu nedenle, model seçiminde, veri doğası ve araştırma amacına uygun bir değerlendirme yapılarak, her iki yaklaşımın güçlü ve zayıf yönleri dikkate alınmalıdır. Bu çerçevede, geliştirilmiş karşılaştırmalı analizler ve hibrit modeller, her iki yaklaşımın da eksiklerini gidererek, daha efektif ve güvenilir modelleme çözümleri sunmaya yönelik önemli adımlar oluşturmaktadır.

### **3. Temel Kavramlar ve Matematiksel Altyapı**

Temel kavramlar ve matematiksel altyapı, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanlarının kavramsal temelini anlamada kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, ilk olarak fonksiyonel temsiller ve bu temsiller üzerinde çalışma prensipleri incelenir. Fonksiyonel temsil, değişkenler arasındaki ilişkileri matematiksel fonksiyonlar aracılığıyla tanımlama yöntemidir ve bu, modelleme süreçlerinde esneklik sağlar. Özellikle, fonksiyonlar sonsuz boyutlu

uzaylarda tanımlanabildiği için, karmaşık veri yapılarının ve ilişkilerin modellenmesinde elverişlidir.

Ayrıca, fonksiyonel kavramlar bağlamında ağlar üzerinde çalışma önem kazanır. Ağlar veya graf yapıları, bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilerin grafiksel ifadelerle modellenmesine imkan tanır. Bu yapılar, özellikle yüksek boyutlu ve karmaşık veri kümelerinde ilişkilerin görselleştirilmesi ve analizi için güçlü araçlar sağlar. Ağ temsilleri, fonksiyonel veri analizi gibi alanlarda, çok boyutlu ilişkilerin ve çevresel faktörlerin etkilerinin anlaşılmasında kullanılabilir.

Modelleme süreçlerinde teknoloji ve çevresel faktörlerin bağımlılığı da dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, modellerin hem teknolojik gelişmelere uyum sağlayacak esneklikte olması, hem de çevresel değişikliklere karşıdayanıklı olması önem taşır. Bu nedenle, modelin doğruluk, esneklik ve genelleme yeteneği kriterleri büyük önem kazanır. Doğruluk, modelin gerçek veriye uygunluğunu; esneklik, farklı veri kümelerine uyum sağlama kapasitesini; genelleme yeteneği ise, modelin yeni ve görülmemiş durumlara karşı tahmin kabiliyetini ifade eder.

Sonuç olarak, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanları, farklı veri yapılarına ve karmaşık ilişkilerin keşfine imkan tanıyan matematiksel altyapılara dayanır. Bu altyapılar, modelin yapısı ve performansını belirleyen temel unsurlardır ve uygun seçimlerin yapılması, modellerin etkinliği açısından vazgeçilmezdir. Dolayısıyla, bu kavramlara hakim olmak ve ilgili matematiksel araçları etkin kullanmak, modelleme sürecinin başarısı için temel bir gerekliliktir.

### **3.1. Fonksiyonel Temsiller ve Ağlar Üzerinde Çalışma**

Fonksiyonel temsiller ve ağlar üzerinde çalışma, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanında temel kavramların anlaşılmasında kritik bir öneme sahiptir. Bu yaklaşım, verilerin doğrudan ve esnek biçimde temsil edilmesini sağlayarak, modelin yapısal kısıtlamalara bağlı kalmadan karmaşık ilişkileri ortaya çıkarma imkânı tanır. İlk olarak, fonksiyonel temsiller, gözlemlenen verilerin fonksiyonlar veya eğriler biçiminde modellendiği yaklaşımlardır. Bu bağlamda, sürekli fonksiyonlar veya zaman serileri gibi veri tipleri, uygun fonksiyon uzaylarına yerleştirilir ve bu sayede model, verilerin içsel yapısına ve dinamiğine uygun hale getirilebilir. Fonksiyonel veri analizi, özellikle karmaşık ve yüksek boyutlu veri kümelerinde, geleneksel çok değişkenli analiz yöntemlerine kıyasla daha avantajlıdır; çünkü, bu yöntemler veri noktasını değil, veri kümesini tümsel olarak temsil eden fonksiyonları temel alır.

Ağlar ise, özellikle veya ilişkisel yapıları modellemek amacıyla kullanılabilir. Ağlar, düğümler ve bağlantılar aracılığıyla karmaşık ilişkilerin görselleştirilmesi ve incelenmesini sağlar. Bu yapıların kullanımı, ortak özellikleri veya etkileşimleri temel alan modeller kurmayı mümkün kılar. Örneğin, regresyon ve sınıflandırma problemlerinde, düğümler veya bağlantılar, belirli fonksiyonel ilişkileri veya bağımlılıkları temsil edebilir. Ağ yapısı, ayrıca, parametresiz veya yarı parametrik yaklaşımlarda, modelin esnekliğini artırmak ve veri ile uyumu sağlamak adına önemli avantajlar sunar.

Bu bağlamda, fonksiyonel temsiller ve ağlar, özellikle yüksek boyutlu, kırılğan veya heterojen veri yapılarında, modellerin esnekliğini artırmaya yönelik güçlü araçlardır. Fonksiyonel tabanlı metodlar, fonksiyon uzaylarında yapılan çalışmalar sayesinde, doğruluk ve genelleme yeteneği açısından üstün performans sağlayabilir. Ağ tabanlı yaklaşımlar ise, ilişkisel ve yapısal bilgilerin korunması ve bu bilgilerin yeni veri ile entegrasyonu konusunda önemli kolaylıklar sunar. Bu yöntemlerin kullanımıyla, verilerin karmaşık doğası daha iyi kavranabilir, daha hassas ve esnek modeller geliştirilebilir. Bu nedenle, fonksiyonel temsil ve ağlar üzerinde çalışma, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin geliştirilmesi ve uygulamalarında temel bir rol oynamaktadır.

### **3.2. Teknoloji ve Çevre Bağımlılığının Modellemesi**

3.2. Teknoloji ve Çevre Bağımlılığının Modellemesi, günümüzde sürdürülebilir kalkınma ve çevresel yönetim alanlarında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda, karmaşık ve dinamik sistemlerin doğru temsil edilmesi, karar verme süreçlerinin etkinliği açısından kritik hale gelmiştir. Parametrik olmayan ve yarı parametrik modeller, özellikle teknolojik gelişmelerin ve çevresel etkilerin zaman ve mekân boyunca değişkenlik gösterdiği ortamlar için uygun çözümler sunar. Bu modellerin temel avantajlarından biri, önceden belirlenmiş fonksiyonel yapıların katı sınırlandırmaları olmadan, verilerin kendiliğinden yapısal özelliklerini ortaya çıkarabilmesi ve böylece gerçek dünyadaki karmaşık bağımlılıkları daha esnek ve hassas biçimde yakalayabilmesidir.

Modelleme süreçlerinde, teknolojik ilerlemelerin ve çevresel faktörlerin birbirleriyle olan ilişkileri, stokastik ve dinamik özellikler barındırır. Yarı parametrik yaklaşımlar, bu karmaşık bağımlılıkları, parametrik modellerin sınırlamalarını aşacak şekilde, belirli yapısal varsayımları minimal düzeyde tutarak, geleneksel modellere göre daha yüksek uygunluk sağlar. Özellikle, çevresel değişkenlerin zamanla değişen etkilerinin ve teknolojik kullanımın

farklı bölge ve koşullardaki varyasyonlarının doğru tasviri bu modeller sayesinde olanaklıdır.

Bu modellerde, teknolojik ve çevresel verilerin genellikle yüksek boyutlu ve heterojen doğası, veri yeniliğine açık, esnek fonksiyonel tahminler gerektirir. Çoğu durumda, spline, kernel ve diğer nümerik teknikler aracılığıyla, gözlemler arasındaki ilişkiler veri odaklı ve parametrik olmayan fonksiyonlar kullanılarak modellenir. Ayrıca, zaman serileri ve mekânsal verilerin modellenmesi sırasında, yarı parametrik yapılar, spesifik çevresel faktörlerin ve teknolojik kullanımların etkilerini dinamik ve esnek biçimde ortaya koyar.

Bunların yanı sıra, teknolojik ve çevresel bağımlılıkların modellenmesinde, belirsizlik, değişkenlik ve adaptasyon süreçlerine uygun esneklikler sağlamak adına, Bayesian yaklaşımlar ve hibrit modeller sıkça kullanılmaktadır. Bu modeller, hem veri odaklı hem de uzman bilgisıyla desteklenen ve zamanla güncellenebilen yapılarıyla, politika yapımcıların ve araştırmacıların kararlarını güçlendirmektedir. Dolayısıyla, teknoloji ve çevre sistemlerinin karmaşık etkileşimlerinin doğru ve etkin bir biçimde modellenmesi, sürdürülebilir kalkınmanın temel taşlarından biri olmayı sürdürmektedir.

### **3.3. Doğruluk, Esneklik ve Genelleme Yeteneği Kriterleri**

Doğruluk, esneklik ve genelleme yeteneği, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin etkinliği ile doğrudan ilişkilidir ve bu modellerin kullanılabilirliğini belirleyen temel kriterlerdir. Her bir kriter, modelin uygulama alanına uygunluğunu ve güvenilirliğini ölçmek amacıyla detaylı biçimde incelenir. Doğruluk, modelin gözlemlenen veriyle ne kadar uyum sağlayabildiğini ifade eder ve bu uyum, modelin parametrelerinin ve yapısının doğru seçilmesiyle artırılır. Bu bağlamda, çapraz doğrulama ve hata analizi gibi yöntemler kullanılarak modelin genel performansı değerlendirilir. Esneklik ise, modelin değişen veri yapıları ve farklı örneklem ortamlarda ne ölçüde uyum sağlayabildiğiyle ilgilidir. Esnekliği yüksek modeller, kompleks ilişkileri ve varyasyonları yakalayabilirken, aşırı esneklik aşırı uyuma (overfitting) yol açabilir. Bu nedenle, esneklik ve doğruluk arasındaki dengeyi korumak önemlidir.

Genelleme yeteneği ise, modelin eğitim veri kümesi dışındaki yeni verilerdeki performansını gösterir ve modelin gerçek dünya uygulamalarındaki başarısının temel göstergesidir. Bu kriter, aşırı uyuma karşı koruyucu mekanizmalar geliştirilerek sağlanır; örneğin, model karmaşıklığının sınırlandırılması veya düzenleme tekniklerinin kullanılmasıyla. Ayrıca, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin farklı veri setlerine adaptasyon kabiliyeti, genelleme yeteneklerinin değerlendirilmesinde önemli bir

parametre olarak kabul edilir. Bu modellerin eğitim ve test setleri üzerinde yapılan performans kıyaslamaları, ilgili modellerin hem yerel hem de küresel doğruluk potansiyelini ortaya koymak açısından kritik öneme sahiptir. Bu kriterler çerçevesinde, çeşitli performans metrikleri, istatistiksel testler ve doğrulama yöntemleri kullanılarak modellerin çalışma alanlarındaki uyumu ve güvenilirliği belirlenir.

Sonuç olarak, doğruluk, esneklik ve genelleme yeteneği, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin etkinliğini ve kabul edilebilirliğini belirleyen temel ölçütler olup, bu modellerin farklı uygulama alanlarındaki başarı ve sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez öneme sahiptir. Bu kriterler, model geliştirme sürecinde denge ve tercihler yaparken yol gösterici olmakta ve gerçek dünya şartlarında optimal performansın sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

#### **4. Yarı Parametrik Modellemenin Temel Yöntemleri**

Yarı parametrik modeller, parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımların avantajlarını bir araya getiren esnek ve güçlü metodlardır. Bu modellerde, belirli yapıların veya ilişkilerin parametrik olarak ifade edilmesi sağlanırken, geri kalan bileşenler veri temelli, esnek fonksiyonlar veya yapısal olmayan yöntemler kullanılarak temsil edilir. Bu sayede, karmaşık ve yüksek boyutlu verilerde uygun modelleme yapılabilirken, aynı zamanda modelin esnekliği ve genelleme yeteneği artırılmaktadır. Yarı parametrik modellerin temel yöntemleri arasında en çok kullanılanlar doğrusal olmayan regresyon teknikleri ve spline tabanlı yaklaşımlardır. Doğrusal olmayan regresyon, belirli bir fonksiyon ailesi üzerinde parametrik kısıtlamalara gidermeksizin, gözlemler üzerinden model kurmaya imkan tanır. Bu yöntemler özellikle, ilişki doğrusal olmayan biçimde ortaya çıktığında veya belirli bir fonksiyon ailesi önceden bilinmediğinde tercih edilir. Spline tabanlı yaklaşımlar ise, karmaşık fonksiyonları belirli dereceli polinomların birleşimi şeklinde temsil eder. Bu yöntemlerde, fonksiyon çeşitli noktalarda kırılma noktaları (knotlar) belirlenerek küçük parçalar halinde ele alınır ve bu parçaların düzenlenmesiyle fonksiyonun genel davranışı tanımlanır. Bu sayede, fonksiyonun lokal esnekliği sağlanırken, aşırı uyumun önüne geçilir. Çevresel ve zaman bağımlı etkileşimleri modellemek amacıyla geliştirilen yarı parametrik teknikler, dinamik süreçlerdeki karmaşık ilişkileri yakalamada oldukça etkilidir. Ayrıca, Bayesyen yarı parametrik modeller, veri temelli olasılık kuramını kullanarak model belirsizliklerini ve parametrik olmayan bileşenleri birlikte ele alır. Bu yaklaşım, özellikle düşük bilgi ve yüksek belirsizlik içeren durumlarda modellerin güvenilirliğini artırır. Fonksiyonel veri analizi ise, yüksek boyutlu ve ardışık verilerin' yarı parametrik yaklaşımlar ile modellenmesinde önemli bir

yer tutar. Genel olarak, yarı parametrik modeller, model esnekliği ve doğruluk arasındaki dengeyi sağlar ve uygulama alanlarının genişliği nedeniyle çeşitli disiplinlerde tercih edilir. Bu yöntemlerin temel avantajları, karmaşık yapıları yönetebilme becerisi, aşırı uyumu engelleme ve genelleyebilirlik yeteneğidir. Sonuç olarak, yarı parametrik modeller, hem geleneksel parametrik yaklaşımların sınırlılıklarını giderir hem de parametrik olmayan metodların esnekliğini koruyarak, modern veri analitiği ve modelleme çalışmalarında önemli bir araç haline gelir.

#### **4.1. Doğrusal Olmayan Regresyon ve Spline Tabanlı Yaklaşımlar**

Doğrusal olmayan regresyon ve spline tabanlı yaklaşımlar, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanlarında temel öneme sahip yöntemler arasında yer almaktadır. Bu yaklaşımlar, geleneksel parametrik modellerin esneklik sınırlamalarını aşmak ve karmaşık veri yapılarıyla uyum sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Özellikle, doğrusal olmayan regresyon teknikleri, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olmayan biçimlerde olabilir; bu durumda parametrik modeller, bu ilişkileri sınırlayıcı yapılandırmalar altında karakterize etmeye çalışır. Ancak, gerçek uygulamalarda bu ilişkilerin doğrusal olmayışı, modellerin uyumsuzluğuna yol açabilir. Bu noktada devreye giren doğrusal olmayan regresyon yöntemleri, parametrik olmadan ilişkilerin esnek biçimde modellenmesine olanak tanır.

Spline tabanlı yaklaşımlar, bu bağlamda sıklıkla tercih edilen güçlü araçlar haline gelir. Bir fonksiyonun çeşitli parçalar halinde, genellikle polinom kullanılarak kesintisiz ve sürekli şekilde modellenmesine imkan tanıyan splines, hem yüksek esneklik sağlar hem de modellenen fonksiyonun karmaşıklığını kontrol etmeye olanak verir. Bu yöntemler, özellikle veri noktaları arasında karmaşık ve doğru ilişkilerin ortaya konulması gereken durumlarda kullanışlıdır. Spline'lar, belirli sayıda düğme noktası belirlenerek, bu noktalar arasında polinomlar halinde fonksiyonlar inşa eder ve bütünsel olarak bu parçaları birleştirir. Bu yapı sayesinde, model hem esneklik hem de kontrolü sağlar.

Bunun yanı sıra, doğrusal olmayan regresyon ve spline yöntemlerinin en önemli avantajlarından biri, parametrik modellere kıyasla, varsayımların daha az olması ve modelin gerçek veri yapısına uyum sağlama kabiliyetidir. Ayrıca, bu yaklaşımlar, karmaşık ve yüksek boyutlu veri setlerinde bile etkili sonuçlar üretebilir. Ancak, seçilen spline tipi, düğme noktası sayısı ve konumu gibi parametrelerin dikkatli belirlenmesi önemlidir; aksi takdirde aşırı uyum veya yetersiz modelleme gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle, modelin uygun

parametre ayarlarıyla optimize edilmesi, modelin genelleme kabiliyeti ve doğruluğu açısından kritiktir.

Sonuç olarak, doğrusal olmayan regresyon ve spline tabanlı yaklaşımlar, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme teknikleri içerisinde, özellikle karmaşık ilişki ve yapıların modellenmesinde vazgeçilmez araçlar haline gelir. Bu yöntemler, hem esnekliği hem de pratikteki başarısı ile modern istatistiksel ve makine öğrenimi uygulamalarında geniş kabul görmektedir.

## **4.2. Çevresel ve Zaman Bağımlı Etkileşimlerde Yarı Parametrik Modeller**

Çevresel ve zaman bağımlı etkileşimlerde yarı parametrik modeller, çok katmanlı ve dinamik ortamların karmaşık yapısını anlamak ve modellemek amacıyla geliştirilmiş esnek yaklaşımlardır. Bu modeller, özellikle çevresel etkenler ve zaman faktörlerinin birlikte etkilediği süreçlerde, parametrik modellerin katı sınırlandırmalarını aşmak ve gerçek dünyadaki değişkenlikleri daha doğru yansıtmak için kullanılmaktadır. Yarı parametrik modeller, temel olarak parametrelerin yanı sıra fonksiyonel bileşenleri de içeren karmaşık yapılarla çalışır ve bu sayede hem önceden belirlenmiş formüllerin sınırlamalarını ortadan kaldırır hem de verilerin özgün özelliklerine uyum sağlayabilir.

Bu bağlamda, çevresel ve zaman bağımlı etkileşimlerde yarı parametrik modeller, zaman serisi analizi, mekânsal istatistikler ve dinamik ortamların analizinde önemli avantajlar sunar. Örneğin, hava kalitesi ve iklim değişikliklerinin uzun vadeli ve mekânsal varyasyonlarını modellemede, yarı parametrik yaklaşımlar, verilerin doğal yapısına uygun fonksiyonel bileşenleri kullanarak geçerli ve güvenilir sonuçlar üretir. Bu modeller; geleneksel parametrik modellere kıyasla, çevresel faktörlerin karmaşık ve çoğu zaman doğrusal olmayan etkilerini, yerel değişkenlikleri ve zaman içinde ortaya çıkan dinamikleri daha etkin biçimde yakalayabilir.

Ayrıca, zaman bağımlı etkileşimlerin modellenmesinde, yarı parametrik yöntemler, fonksiyonel regresyon ve spline tabanlı yaklaşımlar sayesinde, zaman serileri içerisinde gözlemlenen dalgalanmaları ve ani değişimleri detaylı biçimde analiz etme imkanı sağlar. Bu sayede, çevresel parametrelerin zamana göre değişimini ve bu değişimin diğer faktörlerle olan ilişkisini ortaya koymada yüksek esneklik gösterir. Ayrıca, mekânsal ve zaman bağımlı verilerin ortak analizi, modelin hem lokal hem de küresel seviyedeki dinamiklere uygun biçimde uyarlanmasını mümkün kılar.

Bu yaklaşımların temel avantajlarından biri de, çevresel ve zamanda değişen etkilerin fonksiyonel doğasının doğrudan model içerisine entegre edilmesine imkan tanınmasıdır. Böylece, çevresel değişkenlerin ve zamanlı etkilerin karmaşık ve

doğrusal olmayan ilişkileri, fonksiyonel bileşenler sayesinde daha iyi temsil edilir. Sonuç olarak, bu modeller, çevre ve zaman faktörlerinin etkileşimini anlamada yüksek doğruluk ve esneklik sağlar, aynı zamanda çeşitli çevresel risklerin ve olası senaryoların analizinde karar destek sistemlerine güçlü bir altyapı oluşturur.

### **4.3. Bayesyen Yarı Parametrik Modeller ve Esaslar**

Bayesyen yarı parametrik modeller, gözlemler ve önceden belirlenmiş parametrik yapıların ötesine geçerek esneklik ve uyarlanabilirlik sunan güçlü bir yaklaşım olarak öne çıkar. Bu modellerde temel amaç, bilinmeyen fonksiyonları veya süreçleri parametrik olmayan yöntemlerle temsil ederken, aynı zamanda endüstri ve araştırma alanlarında sıkça karşılaşılan ön varsayımları ve sınırlamaları azaltmaktır. Bayesyen çerçeve, bilinmeyenleri olasılık alanında ele alır ve bilgi güncellemeleriyle modelin adaptasyonunu sağlar; böylece, verinin yeni ve karmaşık yapılarıyla uyum sağlama kapasitesi artar.

Yarı parametrik modellerde, genellikle parametreler içinde yer alan fonksiyonlar, fonksiyonel önermeler veya süreçler, Bayesian prior (ön bilgi) ile birlikte değerlendirilir. Bu, modele esneklik kazandırırken, aynı zamanda modelin aşırı uyum ve aşırı basitleştirme risklerini dengeleyecek uygun seçimleri de gerektirir. Bu bağlamda, Gaussian süreçleri, Dirichlet prosesleri ve diğer olasılık temelli yapıların kullanımı yaygındır. Gaussian süreçleri, özellikle fonksiyonellik ve süreklilik özelliklerine dayalı, sürekli ve esnek fonksiyonlarla çalışma imkanı sunar. Bu süreçler, önceden belirlenmiş parametrik modellerin katılığı yerine, veriye uygun ve esnek fonksiyonlar üretir.

Bayesyen yarı parametrik modellerin uygulama esasları, modelin ön bilgi ile desteklenmesi, olasılık dağılımlarının tanımlanması ve model parametrelerinin posterior olasılıklarının hesaplanmasını içerir. Bu süreçte, Markov Zinciri Monte Carlo (MCMC) ve diğer sayısal yöntemler, posterior dağılımların tahmininde temel araçlar olarak kullanılır. Böylece, modellerin belirsizlikleri ve tahminler üzerindeki güven aralıkları daha çok yönlü biçimde ortaya konabilir. Model seçimi ve karşılaştırması ise, Bayes faktörleri ve çapraz doğrulama teknikleriyle desteklenerek, model güvenilirliği ve uyumu sağlanır.

Sonuç olarak, Bayesyen yarı parametrik modeller, geleneksel parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımların avantajlarını bir arada sunar; büyük veri ve karmaşık ilişkilerin incelenmesinde yüksek esneklik ve uyarlanabilirlik sağlar. Bu modeller, özellikle çevresel değişkenler, zaman serileri, biyolojik süreçler ve diğer karmaşık veri yapılarında, ölçüm hataları ve belirsizliklerle başa çıkmada pratik ve teorik temel sunar. Bu sayede, yeni nesil veri analizi ve modelleme tekniklerinin gelişimine önemli katkılarda bulunmakta, bilimsel araştırmalara ve uygulamalı problemlere çözüm üretmektedir.

#### 4.4. Fonksiyonel Veri Analizi ve Yarı Parametrik Çerçeve

Fonksiyonel veri analizi, özellikle büyük ve karmaşık veri setlerinin incelenmesinde, geleneksel analiz yaklaşımlarından farklı olarak fonksiyonların bütünsel ve bütünsel olmayan özelliklerini dikkate alır. Bu yöntem, zaman serileri, uzamsal veriler ve ölçüm fonksiyonları gibi yapıların analizinde oldukça etkilidir ve büyük veri hacmiyle başa çıkmak için esnek ve güçlü bir çerçeve sunar. Yarı parametrik modeller içerisinde fonksiyonel veri analizi, özellikle modellerin yapısında esneklik sağlarken, parametrik yaklaşımların kısıtlamalarını ortadan kaldırma amacı taşır.

Yarı parametrik çerçevede fonksiyonel veri analizi, genellikle parametrik bileşenlerle birlikte fonksiyonlara dayalı yapıları içerir. Bu yapı, bazı parametrelerin önceden belirlenmiş olduğu ve diğerlerinin fonksiyon temelli olduğu modeller olanağı sağlar. Örneğin, bir zaman serisi veya çevresel faktörlerin etkisinin analizinde, belirli bir temel yapıyı varsaymadan, fonksiyonel verilerin kendisini kullanarak modelleme yapılır. Bu yaklaşım, model uyumu ve genelleme kabiliyetini artırırken, verinin doğal yapısına uygun esnekliği sağlar.

Yarı parametrik çerçevede fonksiyonel veri analizi, ayrıca, sinyallerin veya ölçüm fonksiyonlarının incelenmesinde, ayrıntı noktalar yerine sürekli fonksiyonlar kullanılarak veri bütünlüğü korunur. Bu da, özellikle ölçümler arasındaki belirsizliklerin ve yüksek titreşimlerin olduğu durumlarda, daha stabil ve tutarlı sonuçlar elde edilmesine imkan tanır. Çeşitli teknikler, örneğin spline tabanlı fonksiyonlar veya çekirdek yöntemleriyle, bu fonksiyonel yapıların esnek biçimde modellenmesine olanak sağlar; bu da modelin doğruluğunu ve uyarılma kabiliyetini artırır.

Fonksiyonel veri analizi ve yarı parametrik çerçeve, teknolojik gelişmelerle beraber çevre ve zaman bağımlı etkileşimlerin modellenmesinde de büyük önem kazanmıştır. Bu bağlamda, çeşitli çevresel sistemlerdeki dinamikleri ve zaman içinde değişen etkileri inceleyen modeller, gerçek dünya uygulamalarında modelin belirli varsayımlarını gevşeterek, daha kapsamlı ve gerçekçi sonuçlar sağlar. Ayrıca, bu yaklaşımlar, veri ölçüm hatalarını ve varyasyonları dikkate alınarak, modelin esneklik ve genellebilirliğini artırır.

Sonuç olarak, fonksiyonel veri analizi ve yarı parametrik çerçeve, geleneksel parametrik yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk, uygunluk ve esneklik sunar. Bu yapı, özellikle karmaşık ve yüksek boyutlu verilerin analizinde, veri setinin doğrudan fonksiyon temelli temsil edilmesine olanak tanıyarak, farklı alanlarda uygulama kabiliyetini genişletir. Bu nedenle, modern veri bilimi ve istatistiksel modellemede, özellikle fonksiyonel veri kullanımı için güçlü ve uyarlanabilir bir temel oluşturmaktadır.

## 5. Parametrik Olmayan Modellemenin Uygulama Alanları

Parametrik olmayan modellerin uygulama alanları, farklı disiplinlerdeki çeşitli problemler için esnek ve uyarlanabilir çözümler sunmasıyla öne çıkar. Bu modeller, özellikle geleneksel parametrik yaklaşımların yetersiz kaldığı karmaşık yapıları temsil etmede büyük avantaj sağlar. Biyomedikal bilimlerde, klinik verilerin yüksek boyutluluğu ve doğanın biyolojik karmaşıklığı nedeniyle parametrik olmayan metodlar, hastalıkların teşhisinde ve tedavi planlamasında önemli rol oynar. Özellikle gen ifadesi analizi ve görüntü işleme alanlarında, parametrik olmayan teknikler veri yapısına göre biçimlendirilebildikleri için yüksek doğruluk ve esneklik sağlar. Ekonomi ve finans alanında ise, piyasa modelleri ve risk analizi çalışma sonuçlarının değişkenliği göz önüne alındığında, parametrik olmayan yaklaşımlar bu belirsizliği dikkate alarak daha doğru tahminler yapabilmeye imkan tanır. Finansal zaman serileri ve portföy yönetimi gibi uygulamalarda, model esnekliği sayesinde beklenmeyen piyasa hareketlerine karşı daha uyumlu çözümler sunar.

Çevre bilimleri ve ekolojide, doğal ortamların karmaşık ve çok boyutlu yapısı nedeniyle parametrik olmayan modeller tercih edilir. Örneğin, iklim değişikliğine ilişkin verilerin analizi sırasında, çeşitli çevresel faktörlerin etkileşimi ve düzensiz dağılımları dikkate alınır. Bu modeller, doğal afetlerin ve ekosistemlerin dinamiklerini daha doğru şekilde yakalamaya olanak sağlar. Ayrıca, inşaat ve sinyal işleme alanlarında da parametrik olmayan tekniklerin kullanımı giderek artmaktadır. Sinyal işleme uygulamalarında, özellikle gürültü ve ilişkilerin karmaşık olduğu durumlarda, modellerin uyarlanabilirliği önemli bir avantaj sunar. Sonuç olarak, parametrik olmayan modellerin uygulama alanları geniş olup, farklı disiplinlerde karşılaşılan karmaşık, çok değişkenli ve düzensiz yapı problemlerin çözümünde etkin biçimde kullanılabilir. Bu yaklaşımlar, veriye dayalı araştırmalarda daha yüksek doğruluk ve uyum sağlama yeteneği sayesinde, yeni teknolojik gelişmeler ve disiplinler arası entegrasyonlar açısından da büyük öneme sahiptir.

### 5.1. Biyomedikal Bilimler

Biyomedikal bilimlerde parametrik olmayan ve yarı parametrik modeller, geleneksel parametrik yöntemlerin sınırlamalarını aşarak karmaşık ve yüksek boyutlu verilerin analizinde önemli avantajlar sağlar. Bu modeller özellikle, verilerin yapısal formunun önceden bilinmediği durumlarda tercih edilir. Parametrik olmayan yaklaşımlar, belirli bir fonksiyon ailesine veya parametrik forma bağlı kalmaksızın, verilerin doğal yapısına uygun esnek fonksiyonlar kullanarak modelleme imkanı sunar. Bu sayede, biyomedikal araştırmalarda

görülen heterojenlik ve belirsizlikler daha etkin şekilde yakalanabilir. Yarı parametrik modeller ise, parametrik yapıların yanı sıra, bazı parametrelili bileşenleri kullanarak esneklik ve açıklık dengesini sağlar. Bu yaklaşım, özellikle biyomedikal verilerde çeşitli ölçüm hataları, biyolojik varyasyonlar ve karmaşık etkileşimlerin modellenmesinde kullanılmakta olup, hem doğruluk hem de esneklik açısından avantaj sunar.

Biyomedikal alanlarda parametrik olmayan ve yarı parametrik modellere uygun uygulamalar, genellikle zaman serisi analizi, görüntü işleme ve klinik veri değerlendirmelerini içermektedir. Örneğin, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ve gen ekspresyonu gibi yüksek boyutlu veri setlerinde, modellenme yapısının önceden belirlenmesine gerek kalmadan, verilerin özelliklerine göre dinamik ve uyum sağlayan modeller geliştirilir. Bu modeller, klinik karakterizasyon ve tedavi süreçlerinin kişiselleştirilmesinde önemli katkılar sağlar. Aynı zamanda, çevresel faktörlerin ve genetik etkileşimlerin modellenmesinde de kullanılmakta olup, biyolojik sistemlerin karmaşık yapısına uygun çözümler sunar.

Biyomedikal veri yapısının doğasından kaynaklanan belirsizlikler ve yüksek boyutluluk göz önüne alındığında, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin kullanımı, geleneksel yöntemlere kıyasla daha esnek ve güçlü analizler gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bu modellerin geliştirilmesi ve uygulanması sırasında, modelin doğruluğu, esnekliği ve genelleme yeteneği gibi kriterler dikkate alınmalı; analizlerin biyolojik ve klinik anlamda anlamlı ve güvenilir olması sağlanmalıdır. Sonuç olarak, biyomedikal bilimlerde parametrik olmayan ve yarı parametrik yaklaşımlar, verilerin karmaşıklığını ve heterojenliğini dikkate alan, güncel araştırmalarda giderek artan önemiyle öne çıkmaktadır.

## **6. Model Doğrulama, Karar Verme ve Etik Hususlar**

Model doğrulama aşaması, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin güvenilirliği ve geçerliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu süreçte, modelin gerçek dünyadaki verilerle ne kadar uyum sağladığı, öngörü gücü ve genelleme yeteneği titizlikle incelenir. Doğrulama sürecinde kullanılan temel yöntemler arasında çapraz doğrulama, bootstrapping ve bölümlendirme teknikleri yer alır. Bu yöntemler, modelin bağımsız veri setleri üzerinde performansını ölçerek aşırı uyumun önüne geçmeyi amaçlar. Ayrıca, model performansını değerlendirmek için doğruluk, duyarlılık, özgüllük ve hata oranları gibi çeşitli metrikler kullanılır. Bu metrikler, modelin tahmin gücünü nesnel biçimde ortaya koyar ve kullanıcıların karar verme süreçlerini destekler.

Karar verme aşamasında, modellerin sonuçları göz önüne alınarak en uygun seçeneğe karar verilir. Bu süreçte, modelin sağlayacağı içgörüler ve belirsizlik

seviyeleri dikkate alınır. Parametrik olmayan ve yarı parametrik modeller, esneklikleri sayesinde karmaşık ve yüksek boyutlu veri yapılarını çözümlenmekte güç sağlar. Ancak, karar verme sürecinde modelin açıklanabilirliği, kullanıcının ihtiyaçları ve bağlamı göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, modellerin karar desteği sağlayabilecek şekilde şeffaf ve yorumlanabilir olmaları önemlidir.

Etik hususlar ise, model geliştirme ve uygulama aşamalarında göz ardı edilmemelidir. Veri gizliliği, adil temsil ve önyargıların önlenmesi, etik sorumlulukların temelini oluşturur. Özellikle sağlık, finans ve çevre gibi kritik alanlarda yapılan uygulamalarda, kararların etik kurallarla uyumlu olması, toplumun güveni açısından zorunludur. Ayrıca, modellerin olası yanlılıkları tespit edip düzeltilmesi, sorumlu yapay zeka ve veri bilimi uygulamalarını teşvik eder. Bu bağlamda, tüm sürecin şeffaf, hesap verebilir ve etik ilkeler doğrultusunda yürütülmesi gerekmektedir.

## **7. Geleceğe Yönelik Yorumlar ve Araştırma Yönleri**

Geleceğe yönelik araştırma yönleri ve yorumlar, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanlarının gelişimi açısından oldukça zengin fırsatlar içermektedir. Öncelikle, bu modellerin karmaşık ve yüksek boyutlu veri yapılarını daha etkin şekilde temsil edebilmesi, özellikle büyük veri çağında büyük önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, fonksiyonel verilerin analizi ve adaptif yöntemlerin geliştirilmesi, model esnekliği ile doğruluk arasındaki dengeyi optimize etme çalışmalarını teşvik edecektir. Ayrıca, yapay zeka ve makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu, parametrik olmayan ve yarı parametrik modellerin yeteneklerini genişletmekte ve modelleme süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu entegrasyonlar, özellikle çevresel ve sosyoekonomik sistemlerdeki dinamik ve karmaşık etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

Son yıllarda, teknolojik gelişmeler ve yüksek hesaplama gücü sayesinde, bu modellerin uygulama alanları hızla genişlemekte ve yeni disiplinler arası yaklaşım olanaklarına kapı aralamaktadır. Bu doğrultuda, model doğrulama ve geçerlilik kriterlerinin daha da güçlendirilmesi ve otomasyonunun sağlanması, model güvenilirliğini artıracaktır. Ayrıca, etik ve mevzuat ile ilgili hususlar da giderek daha fazla önem kazanmakta olup, adil ve şeffaf modelleme süreçlerine yönelme eğilimi gözlemlenmektedir. Bu süreçte, modellerin açıklanabilirliği ve karar alma süreçlerine katkısı ön plana çıkacak, karar vericilere daha kapsamlı bilgiler sunacaktır.

Gelecekteki araştırmalarda, parametrik olmayan ve yarı parametrik yaklaşımların, farklı disiplinlerdeki veri çeşitliliği ve karmaşıklığı karşısında uyarlanabilirlik yeteneklerinin geliştirilmesi temel gündem olacaktır. Ayrıca, modelleme tekniklerinin çoklu disiplinler ve uygulama alanlarında entegrasyonu,

yeni çözüm yolları ve interdisipliner çalışmalar için zemin hazırlayacaktır. Bu bağlamda, özellikle sürdürülebilirlik, iklim değişikliği ve sağlık gibi kritik alanlarda, bu modellerin kullanımıyla daha etkin ve bilime dayalı kararlar alınabilecektir. Sonuç olarak, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme alanlarının, teknolojik ve metodolojik ilerlemelerle paralel olarak gelecekte de temel araştırma ve uygulama alanlarından biri olmaya devam edeceği öngörülmektedir.

## **8. Sonuç**

Sonuç bölümünde, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme yaklaşımlarının karmaşık ve çok yönlü doğası vurgulanmıştır. Bu modeller, geleneksel parametrik yapıların sınırlamalarını aşmada esneklik ve uyarlanabilirlik sağlar, özellikle de belirsizliklerin yüksek olduğu karmaşık sistemlerde ve büyük veri ortamlarında önemli avantajlar sunar. Ayrıca, farklı uygulama alanlarındaki başarısı, bu yöntemlerin çok disiplinli kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Çeşitli matematiksel altyapılar ve algoritmalar sayesinde, bu modeller hem doğruluk hem de genelleme yeteneği açısından gelişmiş performans gösterebilmekte, böylece daha güvenilir ve anlamlı çıkarımlar yapılabilmesine olanak tanır. Bununla birlikte, model doğrulama ve karar verme süreçlerinde daima dikkatli analizler ve etik değerlendirmeler gereklidir; modellenen sistemin özelliklerine uygun ve geçerliliği yüksek modellerin seçimi, araştırma sonuçlarının güvenilirliğini kritik derecede artırır. Gelecekte, bu alanın daha fazla adaptasyon ve teknik gelişimle çeşitleneceği öngörülmektedir. Yeni nesil algoritmalar, hesaplama gücündeki artış ve veri erişimindeki kolaylıklar, yurt içi ve yurt dışı araştırmalarda bu yaklaşımların kullanım alanlarını genişletecektir. Araştırmacıların, modelleme süreçlerinde esneklik ve doğruluk arasındaki dengeyi gözetmeleri, etik ilkeleri dikkate almaları ve uygulama alanına uygun modeller geliştirmeleri, bilimin ilerlemesi ve güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, parametrik olmayan ve yarı parametrik modelleme yaklaşımları, karmaşık problemlerin çözümlerinde sağladığı esneklik, uyarlanabilirlik ve yüksek performans ile modern veri analitiğinin en güçlü araçlarından biri olmaya devam edecektir. Bu bağlamda, yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulama alanlarının genişlemesi, araştırmacıların ve uygulayıcıların ilgisini çekmekte ve bu alanın ilerlemesine katkı sağlamaktadır.

## REFERANSLAR

1. Rothman KJ, Greenland S, Lash T. *Modern Epidemiology*. 3rd ed. New York, NY: Lippincott-Raven; 2008.
2. Cole SR, Hudgens MG, Brookhart MA, et al. Risk. *Am J Epidemiol*. 2015;181(4):246–250.
3. Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations. *JASA*. 1958;53:457–481.
4. Wellner JA. Semiparametric models: progress and problems. *Bull Inst Int Stat*. 1985;51:1–23.
5. Cox DR. Regression models and life tables. *J R Statist Soc (B)*. 1972;34(2):187–220.
6. Casella G, Berger RL. *Statistical Inference*. 2nd ed. Pacific Grove, CA: Duxbury Press; 2002.
7. Turnbull BW. The empirical distribution function with arbitrarily grouped, censored and truncated data. *J R Stat Soc B*. 1976;38:290–295.
8. Aalen OO, Johansen S. Empirical transition matrix for non-homogeneous Markov chains based on censored observations. *Scand J Stat*. 1978;5:141–150.
9. Godambe VP. Estimation in survey sampling: robustness and optimality. *J Am Stat Assoc*. 1982;77:393–403.
10. Cox C, Chu H, Schneider MF, et al. Parametric survival analysis and taxonomy of hazard functions for the generalized gamma distribution. *Stat Med*. 2007;26(23):4352–4374.
11. Cox C. The generalized F distribution: an umbrella for parametric survival analysis. *Stat Med*. 2008;27(21):4301–4312.
12. Lin DY. On the Breslow estimator. *Lifetime Data Anal*. 2007;13(4):471–480.
13. Hjort N. On inference in parametric survival data models. *Int Stat Rev*. 1992;60:355–387.
14. Newey WK. Semiparametric efficiency bounds. *J Appl Economet*. 1990;5:99–135.
15. Stein C. Efficient nonparametric testing and estimation. In: Neyman J, ed. *Proceedings of the Third Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Berkeley, CA: University of California Press; 1956:187–195.
16. Begun JM, Hall WJ, Huang W, et al. Information and asymptotic efficiency in parametric-nonparametric models. *Ann Stat*. 1983;11:432–452.

17. Horvitz DG, Thompson DJ. A generalization of sampling without replacement from a finite universe. *JASA*. 1952;47:663–685.
18. Hájek J. Comment on an Essay by D. Basu. In: Godambe VP, Sprott DA, eds. *Foundations of Statistical Inference*. Toronto, Canada: Holt, Rinehart, and Winston; 1971:236.
19. Robins JM. A new approach to causal inference in mortality studies with a sustained exposure period: application to control of the healthy worker survivor effect. *Math Model*. 1986;7:1393–1512.
20. Hernán MA, Robins JM. *Causal Inference: What If?* Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC Press; 2020.
21. Robins JM, Hernán MA, Brumback B. Marginal structural models and causal inference in epidemiology. *Epidemiology*. 2000;11(5):550–560.
22. Robins JM, Rotnitzky A, Zhao LP. Estimation of regression coefficients when some regressors are not always observed. *JASA*. 1994;89:846–846.
23. Tsiatis AA. *Semiparametric Theory and Missing Data*. New York, NY: Springer; 2006.
24. Daniel R. Double robustness. In: *StatsRef: Statistics Reference Online*. New York, NY: John Wiley & Sons, Ltd; 2018.

## 5. Bölüm

### Sağlık Bilimlerinde Veri Entegrasyonu: Kuramsal Temellerinden Uygulamalara Kapsamlı Bir İnceleme

Eray YURTSEVEN<sup>1</sup>

#### 1. Giriş

Veri entegrasyonu, farklı kaynaklardan gelen verilerin anlamlı, tutarlı ve erişilebilir hale getirilmesi süreci olarak tanımlanabilir. Bu süreç, modern bilgi sistemlerinin temel unsurlarından biri olup, kuruluşların karar alma, analiz ve operasyonel süreçlerinde etkinlik sağlar. Veri entegrasyonunun önemi, yalnızca verilerin kolayca erişilebilir olmasına değil, aynı zamanda veri kalitesinin artırılması ve tutarlılığın sağlanmasına da dayanır. Bu sayede, farklı sistemlerin veya platformların verileri arasındaki uyumsuzluklar minimize edilerek, bütünsel ve güvenilir veri ortamları oluşturulur. Ayrıca, hızlı ve doğru kararlar alabilmek için gerçek zamanlı veri akışlarının entegrasyonu büyük önem taşır. Tarihsel açıdan bakıldığında, veri entegrasyonu alanında ilk adımlar, verinin farklı kaynaklardan toplanması ve bu verilerin merkezi bir yapıya aktarılmasıyla atılmıştır. 20. yüzyılın sonlarından itibaren gelişen teknolojiler ve metodolojiler sayesinde, ETL ve ELT gibi süreçler ortaya çıkmış, böylece büyük veri ortamlarında entegrasyon daha etkin hale gelmiştir. Günümüzde ise, çok çeşitli alanlarda veri entegrasyonu, karar destek sistemlerinden sağlık ve finans sektörlerine kadar geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu süreçte, veri çeşitliliği ve kalitesi, entegrasyonun başarısı açısından kritik faktörlerdir. Ayrıca, veri modelleme ve ontoloji yaklaşımları, verilerin anlamlı şekilde yapılandırılmasında önemli rol oynar. Entegre veri ortamları, sadece yapılandırılmış verilerin değil, aynı zamanda yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin de uyum içinde yönetilmesini sağlar. Bu bağlamda, teknolojik gelişmelerle birlikte, gerçek zamanlı ve olay odaklı entegrasyon yaklaşımları da büyük önem kazanmıştır. Sonuç olarak, veri entegrasyonu, kurumsal bilgi altyapısının temel taşı olup, hem operasyonel hem de stratejik başarının anahtarıdır.

<sup>1</sup> Prof. Dr.; İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı.  
eyurt@istanbul.edu.tr ORCID No: 0000-0003-0565-6407

### **1.1. Veri entegrasyonunun tanımı ve önemi**

Veri entegrasyonu, farklı kaynaklardan gelen verilerin ortak bir yapıya dönüştürülerek birlikte kullanılmasını sağlayan süreçtir. Bu süreç, organizasyonların bilgiye erişimini kolaylaştırmak ve karar alma mekanizmalarını güçlendirmek amacıyla kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde oldukça karmaşık ve çok boyutlu hale gelen veri ortamlarında, farklı sistemler ve platformlar üzerinde üretilen verilerin tutarlı bir biçimde bir araya getirilmesi, işletmelerin etkinliği ve rekabet gücü açısından vazgeçilmezdir. Veri entegrasyonu sayesinde, çeşitli veri kaynakları arasında tutarlılık sağlanır, erişim hızı artar ve veri kalitesi yükselir. Ayrıca, büyük veri analizleri ve yapay zeka uygulamaları gibi ileri teknolojilerin etkin kullanımı için de güçlü bir temel oluşturur.

Veri entegrasyonunun önemi, yalnızca verilerin bir araya getirilmesine dayanmamaktadır. Aynı zamanda, farklı veri formatları, yapısal ve yapısal olmayan verilerle çalışan sistemlerin uyumunu sağlayarak, bilgi akışını kesintisiz ve güvenilir hale getirir. Bu süreç, karar verme süreçlerini destekleyen doğru ve güncel bilgilerin sağlanması açısından büyük avantajlar sunar. Kurumsal düzeyde veri entegrasyonu, operasyonel verimliliği artırırken, maliyetleri düşürür ve zaman tasarrufu sağlar. Ayrıca, yasal düzenlemelere uyum ve veri güvenliği gibi konulara da hizmet eder.

Kapsamlı veri entegrasyonu, teknik altyapı ve yönetim yaklaşımlarının uyumunu gerektirir. En doğru entegrasyon yöntemleri, organizasyonların ihtiyaçlarına göre seçilmekte ve optimize edilmektedir. Bu bağlamda, veri entegrasyonunun temel ilkeleri ve uygulama alanlarının bilinmesi, uygun stratejilerin geliştirilmesinde büyük önem taşır. Sonuç olarak, veri entegrasyonu, bilgi teknolojileri ve iş stratejilerinin kesişim noktasıdır ve organizasyonların sürdürülebilir başarıları için hayati bir rol oynar.

### **1.2. Tarihsel gelişim ve kilometre taşları**

Veri entegrasyonunun tarihsel gelişimi, bilgi teknolojilerinin ve veri kullanımının evrimiyle yakından ilişkilidir. İlk dönemlerde, veri entegrasyonu temel olarak farklı veri tabanlarının manuel veya yarı otomatik yollarla birleştirilmesine dayanıyordu. Bu süreçlerde, veri tutarlılığı ve bütünlüğü sağlamak ön plandaydı, ancak teknik sınırlamalar ve büyük veri hacimleri nedeniyle bu çalışma yavaş ve maliyetli olabiliyordu. 1970'ler ve 1980'lerde, veri ambarı kavramının gelişimiyle entegrasyon metodolojileri yapılandırılmaya başladı. Bu dönemde, özellikle ETL (Extract, Transform, Load) süreçleriyle, farklı kaynaklardan gelen verilerin temizlenip uyumlu hale getirilmesi için yeni yöntemler ortaya çıktı.

1990'lar ve 2000'ler, internet ve teknolojik ilerlemelerin hız kazandığı dönemler olmuş, veri entegrasyonu alanında önemli kilometre taşları kaydedilmiştir. Bu dönemde, ilişkisel veritabanları ve büyük veri platformları ile entegrasyon süreçleri otomasyona tabi tutulmuş, veri kalitesi ve güvenliğine yönelik standartlar geliştirilmiştir. Ayrıca, gerçek zamanlı veri akışlarının kullanımıyla, karar verme süreçleri hızlandırılmıştır. 21. yüzyılın başlarında ise, bulut bilişim ve büyük veri teknolojilerinin entegrasyonu ile veri entegrasyonunun ölçeklenebilirliği ve esnekliği artmıştır. Günümüzde, sürdürülebilir veri yönetimi ve yapay zeka destekli entegrasyon yaklaşımlarıyla, farklı kaynak ve ortamların sorunsuz bir şekilde birleştirilmesi sağlanmakta, veri entegrasyonunun temelleri gelişen teknolojilerle sürekli olarak yeniden tanımlanmaktadır.

### **1.3. Çeşitli alanlarda veri entegrasyonunun rolü**

Veri entegrasyonunun çeşitli alanlardaki rolü, günümüz dijital çağında giderek daha kritik hale gelmiştir. Finans sektöründe finansal verilerin farklı kaynaklardan tek bir sistemde toplanması, karar alma süreçlerini optimize ederken, risklerin etkin yönetilmesine olanak sağlar. Sağlık alanında farklı sağlık kuruluşlarından gelen hasta verilerinin entegrasyonu, hastaların doğru tanı ve tedavi süreçlerinin geliştirilmesine katkıda bulunur. Kamu yönetiminde ise çeşitli devlet kurumlarının verilerinin bütünleştirilmesi, vatandaş odaklı hizmetlerin etkinliği ve hızını artırır. Ayrıca, üretim ve tedarik zinciri sektörlerinde entegre veri sistemleri, tedarik planlaması, stok yönetimi ve lojistik süreçlerini optimize ederek maliyetleri azaltır ve operasyonel verimliliği yükseltir. Eğitim alanında, farklı eğitim kurumlarından alınan öğrenci, öğretmen ve program verilerinin entegrasyonu, eğitim kalitesinin yükseltilmesine ve politika geliştirmeye temel oluşturur. Elektronik ticaret ortamlarında müşteri verilerinin ve işlem kayıtlarının entegrasyonu, müşteri deneyimini kişiselleştirmeye ve piyasa trendlerini önceden görmeye imkan sağlar. Bu örnekler, veri entegrasyonunun birçok alanda süreçleri iyileştirdiğini, karar verme mekanizmalarını desteklediğini ve rekabet avantajı sağladığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, her alanın kendi yapısal ve operasyonel ihtiyaçlarına uygun entegre veri çözümleri geliştirilmesi, günümüzün giderek karmaşıklaşan veri ortamında başarı için temel bir gerekliliktir.

## **2. Kavramsal çerçeve**

Kavramsal çerçeve, veri entegrasyonunun temel ilkelerini ve uygulama esaslarını anlamada kritik bir rol oynar. Bu çerçevede, veri çeşitliliği ve veri kalitesi kavramları, entegrasyon süreçlerinin etkinliği açısından önceliklidir.

Veri çeşitliliği, farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli veri formatları, yapıları ve içerikleri ile ortaya çıkar ve bu durum, uyum ve tutarlılık sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, veri kalitesi, doğruluk, tutarlılık, tamlık ve güncellik gibi kriterler aracılığıyla sürdürülebilir ve güvenilir entegrasyon amaçlar. Veri modelleme ve ontoloji temelleri ise, farklı veri yapılarının ortak anlayışa dayalı olarak nasıl temsil edileceğini belirlemeye odaklanır. Ontolojiler, karmaşık verilerin anlamlarını standartlaştırmak ve farklı sistemler arasında entegre etmeyi kolaylaştırmak için kullanılan kavramsal modellerdir. Entegrasyon mimarileri ise, çeşitli teknolojik yaklaşımları içerir; ETL (Extract, Transform, Load), ETL'nin yanı sıra ELT (Extract, Load, Transform) ve gerçek zamanlı entegrasyon çözümleri, farklı zaman ve kaynak gereksinimlerine göre yapılandırılır. Ayrıca, veri gölgesi, veri ambarı ve veri çözümleri yönetimi, verilerin yaşam döngüsünü ve kalitesini sağlama açısından önemli uygulamalardır. Veri gölgesi, ham ve çeşitli verilerin depolandığı esnek bir ortam sunarken, veri ambarları analiz ve raporlama ihtiyaçlarına odaklanır. Veri çözümleri ise, gereksiz ya da hatalı verilerin ayıklanması ve sistem sağlığını koruma amacı taşır. Bu kavramsal altyapı, veri entegrasyonunun sürdürülebilir, güvenli ve etkin olmasını sağlayan temel ilkeleri ortaya koyar ve teknolojik altyapılarla birlikte, karmaşık veri ortamlarında uyum ve uyumsuzlukların giderilmesine imkan tanır.

## **2.1. Veri çeşitliliği ve veri kalitesi**

Veri çeşidi ve veri kalitesi konuları, veri entegrasyonunun temel taşlarını oluşturmaktadır. Veri çeşitliliği, sistemler ve kaynaklar arasında farklı formatlar, yapılar ve içeriklere sahip bilgilerin bulunduğu geniş bir spektrumu ifade eder. Bu çeşitlilik, işletmelerin ve kurumların farklı ihtiyaçlarına göre çeşitli veri tiplerinin (yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan veriler) toplanmasını, işlenmesini ve analiz edilmesini zorunlu kılmaktadır. Farklı veri kaynaklarının entegrasyonu, verilerin uyumlu hale getirilmesini ve anlamlandırılabilirliğin sağlanmasını gerektirir. Bu noktada, veri dönüştürme ve hizalama süreçleri ortaya çıkar.

Veri kalitesi ise, entegre edilen verilerin doğruluk, tutarlılık, tamamlık, güncellik ve tutarlılık gibi ölçütlerle değerlendirilmesini sağlar. Kaliteli veri, karar verme süreçlerini güçlendirir, analitik sonuçların güvenilirliğini artırır ve veri tabanlı uygulamaların başarısını belirler. Düşük kaliteli veriler, yanlış yönlendirmeler, hatalar ve maliyet artışlarına sebep olabilir. Bu nedenle, veri entegrasyon sürecinde veri kalitesinin sağlanması ve devamlı denetimin yapılması büyük önem taşır. Veri temizleme, tutarlılık kontrolleri ve doğrulama

mekanizmaları kullanılarak, yüksek kaliteli verilerin oluşturulmasına odaklanılır.

Veri çeşitliliği ve veri kalitesi, birlikte çalışarak, gerçek zamanlı ve kullanılabilir bilgi üretimini sağlar. Özellikle büyük veri ortamlarında, farklı kaynaklardan gelen ve çeşitli biçimlerdeki verilerin uyumlu hale getirilmesi, etkili analiz ve raporlama için kritik bir gerekliliktir. Bu kapsamda, veri entegrasyonunun başarısı, farklı veri tiplerine uygun yöntemlerin seçilmesi ve veri kalitesinin sürekli olarak izlenmesine bağlıdır. Sonuç olarak, veri çeşitliliği ve veri kalitesi, modern veri altyapılarının dayanıklılığı, esnekliği ve güvenilirliği açısından vazgeçilmez temel unsurlardır.

## **2.2. Veri modelleme ve ontoloji temelleri**

Veri modelleme ve ontolojiler, veri entegrasyonunun temelini oluşturan kavramlar olarak, farklı veri kaynaklarının uyumlu ve tutarlı bir şekilde temsil edilmesini sağlar. Veri modelleme, sistemlerin ihtiyaç duyduğu verilerin yapısal ve anlam açısından uygun biçimde tasarlanmasına imkan tanır. Bu süreç, verinin türüne, kullanım amacına ve entegrasyon aşamalarına göre özelleştirilmiş modellerin geliştirilmesini içerir. Temel olarak, veri modelleme çeşitli seviyelerde gerçekleştirilebilir; kavramsal, mantıksal ve fiziksel seviyelerde veri yapılandırması sağlanır. Bu katmanlar, veri bütünlüğü ve erişilebilirlik açısından kritik öneme sahiptir.

Ontolojiler ise, özellikle karmaşık ve heterojen veri kümelerinde kavramlar ve ilişkiler arasındaki anlam bağıntılarını tanımlar. Ontoloji temelli yaklaşımlar, sistemler arasında ortak bir terminoloji ve anlayış geliştirilmesine katkıda bulunur. Bu yapılar, bilgi temsili ve entegrasyon aşamalarında veri anlamını koruma ve paylaşma konusunda yüksek esneklik sağlar. Ontolojilerin geliştirilmesinde, kavramların ve ilişkilerin açık ve tutarlı biçimde modellenmesi, ontolojilerin yeniden kullanılabilirliği ve genişletilebilirliği açısından önem arz eder.

Veri modelleme ve ontolojiler, veri entegrasyon süreçlerinde yalnızca teknik bir temel değil, aynı zamanda anlambilimsel uyumun sağlanması açısından da vazgeçilmezdir. Bu yaklaşımlar, farklı veri kaynaklarının aralarındaki uyumsuzlukları azaltmak ve bilgi birikimini bütünleştirmek amacıyla, semantik açıdan zengin ve bağlamsal olarak anlamlı veri temsilleri oluşturulmasına imkan tanır. Doğru ve etkin modelleme çalışmaları, entegrasyonun başarı şansını artırırken, veriden alınan kararların doğruluğunu ve güvenilirliğini de güçlendirir. Bu nedenle, veri modelleme ve ontoloji temellerinin iyi anlaşılması ve sistematik bir biçimde uygulamaya geçirilmesi, veri entegrasyonunun kalitesini belirleyen kritik faktörlerdir.

### **2.3. Entegrasyon mimarileri: ETL, ELT ve gerçek zamanlı entegrasyon**

Entegrasyon mimarileri, veri entegrasyonunun farklı ihtiyaçlara ve kullanım senaryolarına göre yapılandırılmasını sağlar. Bu mimariler arasında en çok kullanılanlar ETL, ELT ve gerçek zamanlı entegrasyondur. ETL (Extract, Transform, Load) süreci, veriyi kaynaktan çıkarıp dönüştürme işlemlerini tamamladıktan sonra hedef veri ambarına yükler. Bu yaklaşım, özellikle karmaşık veri dönüşümleri ve yüksek kalite kontrolü gerektiren durumlar için uygun olup, veri hazırlama sürecinde detaylı analitik işlemler önceliklidir. ETL, geleneksel veri entegrasyon yapılarında tercih edilerek, önceden belirlenmiş dönüştürmelerle veri bütünlüğünü sağlar.

ELT (Extract, Load, Transform) yöntemi ise, veriyi önce kaynaklardan çıkarıp doğrudan hedef sisteme yükler, ardından dönüşümler ve analizler bu sistem üzerinde gerçekleştirilir. Modern veri platformlarının esnekliği ve yüksek işlem gücü sayesinde, büyük hacimli verilerin hızlı ve maliyet etkin işlenmesine imkan tanır. ELT, özellikle büyük veri ortamlarında ve bulut tabanlı çözümlerde tercih edilerek, ölçeklenebilirlik ve performans avantajı sunar.

Gerçek zamanlı entegrasyon ise, verilerin anlık veya çok kısa süreler içinde işlenip hedef sistemlere aktarılmasıdır. Bu mimari, olay tabanlı ve akış odaklı uygulamalarda kullanılır, böylece olayların ve verilerin hızla analiz edilerek hızlı kararlar alınmasına olanak sağlar. Gerçek zamanlı veri entegrasyonu, özellikle finans, sağlık ve lojistik sektörlerinde, süreç otomasyonu ve anlık veri takibi açısından kritik rol oynar.

Tüm bu yaklaşımlar, veri yapısı, işlem hızı ve kullanım ihtiyaçlarına göre seçilerek, veri entegrasyon süreçlerinin etkinliğini ve kabiliyetlerini artırır. Modern uygulamalarda sıkça bir arada kullanılarak, farklı seviyelerde esneklik ve verimlilik sağlanmaktadır.

### **2.4. Veri gölgesi, veri ambarı ve veri çöpünün yönetimi**

Veri gölgesi, veri ambarı ve veri çöpü, veri entegrasyonu süreçlerinde kritik öneme sahip kavramlardır ve etkin yönetimlerini sağlamak, bilgi kalitesini korumak için hayati unsurlar olarak değerlendirilir. Veri gölgesi, kaynaklardan toplanan ve henüz işlenmemiş, yapılandırılmamış veya sınıflandırılmamış büyük veri kümesini ifade eder. Bu ortam, veri analizi ve keşif çalışmaları için temel oluşturur ve çeşitli verilerin hızlıca toplanıp saklanmasını sağlar. Ancak, gölge ortamların düzenli ve güvenilir bir biçimde yönetilmesi, veri bütünlüğünü ve erişilebilirliğini sürdürebilmek açısından büyük önem taşır. Bu noktada, otomatik kataloglama, meta veri yönetimi ve erişim kontrolleri gibi uygulamalar, gölge verilerin etkin denetimini kolaylaştırır.

Veri ambarı ise düzenli, optimize edilmiş ve yapılandırılmış veri koleksiyonlarıdır. Bu ortamlar, analitik ve raporlama ihtiyaçlarına uygun şekilde tasarlanır; veri tutarlılığı ve erişim hızını maksimize eder. Veri ambarlarının tasarımı sırasında, veri entegrasyon ve dönüştürme süreçleri dikkatli biçimde planlanmakta ve karmaşık veri kaynaklarının uyumlaştırılması sağlanmaktadır. Aynı zamanda, veri ambarlarının sürdürülebilirliği ve güncelliği için otomasyon ve metadata yönetimi kullanılır.

Veri çözümleri ise, bütünsel veri yönetimi süreçlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan, gereksiz veya hatalı verileri temsil eder. Bu verilerin zamanında tespiti ve temizlenmesi, veri kalitesini artırır ve sistem performansını korur. Veri çözümlerinin etkin yönetimi, depolama kaynaklarını israf etmeden, güvenilir veri ortamlarının sürdürülebilirliğini sağlar. Ayrıca, bu süreçler doğrultusunda, gereksiz veri birikiminin önüne geçilirken, veri güvenliği ve uyum standartlarına uyum kolaylaşır.

Bu üç öğenin yönetimi, toplam veri altyapısının sağlıklı ve güvenilir olmasını temin eder. Gölge veri ortamlarının denetimi, düzenli veri ambarı tasarımı ve gereksiz verilerin silinmesi, veri analizi ve karar verme süreçlerini güçlendirir. Bu amaçla, uygun teknolojik çözümler ve süreçler geliştirilerek, veri entegrasyonunun temel taşlarından biri olan veri yönetiminin etkinliği artırılır. Bu sayede, kurumlar veri ile ilgili riskleri minimize eder ve bilgi temelli stratejilerini sağlamlaştırır.

### **3. Entegrasyon Yöntemleri ve Teknolojileri**

Veri entegrasyonunda kullanılan temel yöntemler ve teknolojiler, farklı sistemler ve veri kaynakları arasında uyum ve bütünlük sağlamak adına çeşitli stratejileri kapsamaktadır. En sık uygulanan yöntemler arasında ETL (Extract, Transform, Load) süreçleri yer alırken, bu yaklaşımlar veri dönüştürme ve taşıma işlemlerinde standartlaşmayı getirerek veri kalitesini artırmayı hedefler. ETL'nin tasarımı ve optimizasyonu, özellikle büyük hacimli verilerin etkin yönetiminde önemli rol oynar. Buna karşılık, ELT (Extract, Load, Transform) yaklaşımı ise daha esnek ve modern veri platformlarına uygun olup, verilerin önce kaydedilerek daha sonra dönüştürülmesi prensibiyle çalışır. Bu yöntem, esneklik ve hız avantajı sunması nedeniyle büyük veri ortamlarında tercih edilir.

Gerçek zamanlı (stream) entegrasyon ise olay bazlı ve düşük gecikmeli veri aktarımı sağlayarak, anlık karar verme süreçlerinde etkinlik sağlar. Bu alanda kullanılan olay sürücülü mimariler, yüksek performans ve ölçeklenebilirlik imkânı sunarak, sürekli meydana gelen veri akışlarının yönetimini kolaylaştırır. Bulut tabanlı entegrasyon çözümleri ise farklı altyapıların entegrasyonunu sanal ortamlarda gerçekleştirmeye imkân tanır ve çoklu bulut stratejileri ile verilerin

esnek ve erişilebilir olmasını sağlar. Ayrıca, metadata yönetimi ve veri yönetişimi alanındaki teknolojiler, veri kalitesi, güvenlik ve uyum konularını temel alarak entegre edilen verinin güvenilir ve uygunluğunu teminat altına alır. Bu teknolojiler sayesinde, veri bütünlüğü ve erişilebilirliği sağlanırken, güvenlik önlemleri ve uyum gereksinimleri de etkin biçimde karşılanmaktadır. Özetle, modern veri entegrasyonu teknolojileri, esnek yapıları ve çok katmanlı yaklaşımlarıyla, farklı ihtiyaçlara uygun çözümler sunmakta ve veri ortamlarının standartlara uygun, güvenilir ve etkin yönetimini mümkün kılmaktadır.

### **3.1. ETL süreçlerinin tasarımı ve optimizasyonu**

ETL süreçlerinin tasarımı ve optimizasyonu, veri entegrasyonunun etkinliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu süreçler, farklı veri kaynaklarından gelen bilgilerin belirli kurallar ve standartlar çerçevesinde uyumlaştırılması ve merkezi depolama ortamlarına aktarımını sağlar. İlk olarak, ETL süreçlerinin tasarımında, veri doğruluğu, tutarlılık ve güncellik gibi temel kalite kriterlerinin gözetilmesi gerekir. Bu kapsamda, kaynaklardan alınan verilerin ön işleme, biçim dönüşümleri ve temizlenmesi işlemleri titizlikle planlanmalı ve uygulanmalıdır. Bu adımlar, veri kalitesini artırmaya ve sonrasında yapılacak analizlerde güvenilirliği sağlamaya yöneliktir.

Optimizasyon ise, ETL süreçlerinin performansını artırmak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla yapılan düzenlemeleri içerir. Bu bağlamda, paralel işlem teknikleri, veri aktarım bant genişliği yönetimi ve önbellekleme gibi yöntemler kullanılır. Ayrıca, büyük hacimli verilerin taşınması sırasında zaman ve kaynak tasarrufu sağlayacak stratejiler geliştirilmelidir. İş akışlarının otomasyonu ve yeniden kullanılabilir bileşenler oluşturmak da sürecin esnekliğini ve verimliliğini artırır. Bu noktada, ETL araçlarının ve platformlarının sunduğu gelişmiş özellikler ve teknolojik altyapılar, süreçlerin tasarlanması ve optimize edilmesinde önemli destek sağlar. Sonuç olarak, ETL süreçlerinin özenli tasarımı ve sürekli optimizasyonu, veri entegrasyonunun başarısı ve sürdürülebilirliği açısından temel unsurlardan biridir.

### **3.2. ELT yaklaşımları ve modern veri platformları**

ELT (Extract, Load, Transform) yaklaşımları, geleneksel ETL yöntemlerine kıyasla esneklik, hız ve ölçeklenebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu yöntem, verilerin kaynağından çıkarılması ve doğrudan hedef platforma yüklenmesi aşamasında dönüştürme işlemini sonrasına bırakarak, modern veri platformlarının güçlü işlem yeteneklerinden faydalanmayı sağlar.

Özellikle büyük veri ortamlarında, yüksek hacimli ve çeşitli veri kaynaklarının entegrasyonunda ELT, zaman ve maliyet açısından daha etkin çözümler üretir.

Modern veri platformları, elastik ve bulut tabanlı altyapıları ile ELT yaklaşımını temel alarak, karmaşık veri işlemlerinin paralel ve gerçek zamanlı yürütülmesine imkan tanır. Bu platformlar, yüksek teknolojiye sahip veri ambarları, veri gölleri ve hibrit mimarilerle uyum sağlar. Ayrıca, yüksek hızda veri akışını yönetirken, veri kalitesi ve uyumluluk standartlarını gözeterek güvenli ve denetlenebilir ortamlar oluşturur.

ELT yaklaşımı, genellikle büyük miktarda ve çeşitli formatlardaki verilerin entegrasyonunda tercih edilir. Bu sayede, veri dönüştürme işlemleri, gücü yüksek hedef ortamlara kaydırılırken, veri giriş çıkış işlemleri daha hızlı gerçekleşir. Ayrıca, veri yönetimi sürecinde esneklik sağlayarak, farklı kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonunu kolaylaştırır. Modern veri platformları, bu esneklik ve verimlilik ilkeleri doğrultusunda tasarlanmış olup, yüksek ölçeklenebilirlik ve performans sunan altyapılarla desteklenmektedir.

Sonuç olarak, ELT yaklaşımları, çağımızın hızlı ve büyük hacimli veri ihtiyaçlarına cevap verebilmek için, modern veri platformlarının altyapı avantajlarından yararlanarak, veri entegrasyonunu ve yönetimini daha etkin hale getirir. Bu yöntemler, organizasyonların veri mimarilerini güçlendirmeleri ve daha hızlı karar alma süreçleri geliştirmeleri açısından kritik rol oynamaktadır.

### **3.3. Veri kalitesi yönetimi ve temizleme teknikleri**

Veri kalitesi yönetimi ve temizleme teknikleri, veri entegrasyonu süreçlerinde temel bir öneme sahiptir. Kaliteli ve güvenilir veri elde etmek amacıyla uygulanan bu teknikler, veri bütünlüğünü sağlamak ve analizlerin doğruluğunu artırmak adına kritik adımlar içermektedir. İlk olarak, veri temizleme işlemleri, hatalı, eksik veya tutarsız verilerin tespiti ve düzeltilmesini amaçlar. Bu süreçte kullanılan yöntemler arasında, yinelenen kayıtlardan kurtulma, tutarsızlıkları giderme ve standartlaştırma yer alır. Veri doğrulama, tutarlılık ve uyumluluk kontrolleri ile verinin belirli kurallara uygunluğu sağlanır. Ayrıca, otomatik ve manuel temizleme teknikleri kombinasyonu ile kapsamlı ve etkin sonuçlar elde edilir. Örneğin, otomasyon araçları kullanılarak büyük hacimli veri setlerindeki anormallikler hızlıca tespit edilip düzeltilebilir. Bunun yanı sıra, veri kalitesini sürekli izlemek ve iyileştirmek amacıyla çeşitli ölçeklendirme ve raporlama mekanizmaları tasarlanır. Veri kalitesi ölçütleri belirlenirken, doğruluk, tutarlılık, erişilebilirlik ve güncellik gibi kriterler dikkate alınır. Bu kriterlerin düzenli olarak denetlenmesi, veri yönetim süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Temizleme teknikleri, aynı zamanda veri entegrasyonunun karmaşıklığını azaltır ve farklı kaynaklardan

gelen verilerin uyum sağlayacak şekilde normalize edilmesine olanak tanır. Bu sayede, entegrasyon süreçlerinde ortaya çıkabilecek hatalar minimize edilerek, daha güvenilir ve tutarlı veri analizleri ve karar destek sistemleri oluşturulabilir. Sonuç olarak, veri kalitesi yönetimi ve temizleme teknikleri, entegre veri ortamlarında yüksek veri güvenilirliği ve kullanım değeri sağlamak için vazgeçilmez araçlardır.

### **3.4. Metadata ve veri yönetişimi (Data Governance)**

Veri yönetişimi ve metadata yönetimi, veri entegrasyonunun başarısı için temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Metadata, veriye ilişkin tanım, yapısal özellikler, kaynağı ve erişim izinleri gibi bilgilerden oluşan, veriyi anlamlandırmaya ve düzgün kullanılmasına olanak tanıyan yapı taşlarıdır. Bu bilgiler, farklı veri sistemleri arasında uyumu sağlamak ve entegrasyon süreçlerini kolaylaştırmak adına merkezi öneme sahiptir. Aynı zamanda, metadata sayesinde veri erişim ve kullanım politikaları belirlenebilir, veri güvenliği ve gizliliği korunabilir.

Veri yönetişimi ise veri ile ilgili politikaların, standartların ve prosedürlerin belirlenmesini, uygulanmasını ve denetlenmesini içeren kapsamlı bir çerçevedir. Bu kapsamda, veri yönetimi stratejilerinin belirlenmesi, sorumlulukların tanımlanması ve rol bazlı erişim kontrol mekanizmalarının kurulması esas alınır. Ayrıca, veri yaşam döngüsü boyunca kaliteyi sağlamak ve sürdürülebilirliği temin etmek amacıyla düzenli denetimler ve iyileştirme faaliyetleri gerçekteştirilir.

Güçlü veri yönetişimi, sadece veri kalitesini ve güvenliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda yasal uyumlulukların sağlanması da kritik bir rol oynar. Kurumsal standartlara uygunluk ve denetim izleri sayesinde, veri entegrasyonu süreçleri şeffaf ve kontrol edilebilir hale gelir. Metadata ve veri yönetişimi entegrasyonu, farklı veri kaynaklarının uyum içinde kullanılmasını teşvik ederek, entegrasyonun etkinliğini artırır, veri uyumsuzluklarının ve hataların önüne geçer. Bu bağlamda, teknolojik altyapılar ve insan faktörlerinin koordinasyonu ile sürdürülebilir, güvenilir ve verimli veri entegrasyonu ortamları oluşturulabilir.

### **3.5. Gerçek zamanlı (stream) entegrasyon ve olay sürücülü mimariler**

Gerçek zamanlı (stream) entegrasyon ve olay sürücülü mimariler, veri entegrasyonunda dinamik ve esnek çözümler sunarak modern bilgi yönetim sistemlerinin temel taşlarından biri haline gelmiştir. Bu yaklaşımlar, verilerin olaya dayalı ve sürekli akış halinde işlendiği ortamları mümkün kılarak, karar destek sistemlerinin hızını ve etkinliğini artırmaktadır. Geleneksel batch

işlemlerinin önüne geçerek, veri güncellemeleri ve erişimleri anlık hale gelir; böylece kurumlar, zamanında ve doğru bilgilerle hızlı aksiyon alabilme kapasitesine ulaşır.

Gerçek zamanlı entegrasyon sistemleri, yüksek hacim ve hız gerektiren uygulamalarda sıklıkla kullanılır. Bu sistemler, veri akışlarını sürekli izler, analiz eder ve çeşitli veri kaynaklarından gelen olayları gerçek zamanlı olarak işler. Olay sürücülü mimariler ise, belirli olaylar veya tetikleyiciler doğrultusunda otomatik yanıtlar geliştirmeye olanak tanır. Sistemler, olayların oluşmasıyla tetiklenen kısa süreli işlemler aracılığıyla, lojistikten finansmana, sağlık hizmetlerinden üretime kadar pek çok alanda hızlı karar alma süreçlerini destekler.

Bu mimarilerin temel avantajlarından biri, yüksek ölçeklenebilirlik ve düşük gecikme ile akışkan veri yönetimidir. Ayrıca, olay esaslı yapılar sayesinde, sistemler herhangi bir hatadan veya kesintiden etkilenmeden uyum sağlayabilir; bu durum, özellikle heterojen ve karmaşık ortamlar için kritik öneme sahiptir. Veri kaynaklarının herhangi bir zamanda entegre edilmesine imkan tanıyan bu yaklaşımlar, örneğin IoT cihazlarından, sosyal medya akışlarından veya sensör verilerinden gelen verilerin anlık izlenmesini ve kullanılmasını sağlar.

Sonuç olarak, gerçek zamanlı ve olay sürücülü mimariler, veri entegrasyonunun hız ve esneklik gereksinimlerini karşılamada önemli bir role sahiptir. Bu sistemler, kurumsal karar alma süreçlerini desteklerken, aynı zamanda operasyonların sürekliliği ve güvenilirliği açısından kritik avantajlar sunar. Modern bilgi altyapılarında, bu yenilikler sayesinde, verinin yaşam döngüsü hızlanmakta ve kurumlar, dijital dönüşüm süreçlerinde rekabet üstünlüğü elde etmektedir.

### **3.6. Bulut tabanlı entegrasyon çözümleri ve çoklu bulut stratejileri**

Bulut tabanlı entegrasyon çözümleri ve çoklu bulut stratejileri, günümüzde veri entegrasyonunda esneklik, ölçeklenebilirlik ve yüksek erişilebilirlik sağlamak adına önemli bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşımlar, farklı bulut sağlayıcıları arasında veri ve uygulama entegrasyonunu kolaylaştırarak, kurumsal altyapıların esnek ve uyumlu hale gelmesine imkan tanır. Çoklu bulut stratejileri, tek bir sağlayıcıya bağımlılığı azaltırken, maliyet optimizasyonu ve performans iyileştirmeleri açısından avantaj sağlar.

Bulut tabanlı çözümler, çeşitli entegrasyon teknolojileri ve mimarileriyle desteklenmektedir. API tabanlı entegrasyonlar, mikroservis mimarileri ve olay sürücülü mimariler, bu ortamların temel bileşenleridir. Bu yöntemler, gerçek zamanlı veri akışını ve farklı platformlar arasında senkronizasyonu kolaylaştırır.

Ayrıca, bulut ortamları, ETL ve ELT süreçlerini optimize edebilecek altyapıya sahiptir ve büyük veri hacimlerinin hızlı işlenmesine imkan tanır.

Çoklu bulut stratejileri, özellikle genetik ve coğrafi açıdan dağıtık kurumsal yapılar için uygundur. Farklı sağlayıcıların sunduğu özellikler, uygulamaların ve verilerin en uygun ortamda yönetilmesine olanak sağlar. Bu durumda, veri göçü ve entegrasyonu sırasında uygulanan disiplinli yönetim ve uyumluluk kuralları büyük önem taşır. Ayrıca, bu stratejiler, iş sürekliliği ve felaket kurtarma planlarının etkinliğini artırır.

Bulut tabanlı ve çoklu bulut çözümlerinin entegrasyonunda karşılaşılan temel zorluklar, güvenlik, veri uyumluluğu ve maliyet yönetimidir. Bu nedenle, uygulanan güvenlik tedbirleri ve veri koruma stratejileri, entegrasyon süreçlerinin başarısı için kritik önemdedir. Ayrıca, uygun performans ve güvenilirlik seviyelerini sağlamak amacıyla, otomasyon ve orkestrasyon araçlarıyla entegrasyonlar sürekli izlenmeli ve iyileştirilmelidir. Sonuç olarak, bulut ve çoklu bulut entegrasyon çözümleri, modern veri altyapılarında esneklik ve gelişmişlik sağlayarak, kurumların dijital dönüşüm yolculuğunda temel taşlar arasında yer almaktadır.

#### **4. Veri Entegrasyonu Mimarileri ve Desenleri**

Veri entegrasyonu mimarileri ve desenleri, farklı veri kaynaklarının etkin bir şekilde birleşmesini sağlayan temel yapı taşlarını içerir. Bu mimariler, kurumsal veri yönetiminde esneklik, ölçeklenebilirlik ve güvenilirlik sağlamak amacıyla çeşitli yapılandırma yaklaşımları benimser. Katmanlı mimariler, veri akışını katmanlar halinde organize ederek, veri kaynaklarından alınan verilerin işlenmesi, dönüştürülmesi ve sunulmasını düzenler. Bu yapılar, veri yüzeyleri ve veri katmanları tasarımıyla, farklı analitik ve raporlama ihtiyaçlarına uygun esneklik sunar. Servis odaklı entegrasyon ise, farklı veri hizmetlerinin birbirleriyle iletişim kurmasını ve ortak platformlar üzerinden yönetilmesini mümkün kılarak, sistemler arasında uyumluluğu artırır. Mikroservis mimarileri, veriyi uç noktadan yönetip entegre ederek, modülerlik ve ölçeklenebilirlik sağlar; özellikle büyük ve karmaşık veri altyapılarında tercih edilen yaklaşımdır. Yatay ölçeklenebilirlik ve hataya dayanıklılık tasarımları da, sistemlerin yüksek erişilebilirlik ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu olması adına önemlidir. Bu mimariler, genellikle farklı entegrasyon desenleriyle (ETL, ELT, gerçek zamanlı veri akışları) birlikte kullanılarak, çeşitli ihtiyaçlara yönelik çözümler ortaya koyar. Bunların yanı sıra, veri gölgesi ve veri ambarı gibi İngilizce terimlerle tanımlanan mimari yaklaşımlar, verinin organizasyonu, yönetimi ve analizi aşamalarında temel rol oynar. Bu yapıların tasarımı, organizasyonların farklı veri hacimlerini, hıza ve veri kalitesi standartlarına

uygun biçimde yönetmesine olanak tanır. Aynı zamanda, esnek ve modüler mimariler, yeni teknolojilerin ve uygulamaların entegrasyonunu da kolaylaştırır. Sonuç olarak, veri entegrasyonu mimarileri ve desenleri, kurumsal veri altyapılarının temel taşlarını oluşturarak, güvenilir ve uyumlu veri erişimi ile karar alma süreçlerini destekler ve çeşitli sektörlerdeki uygulamalarda kritik rol oynar.

#### **4.1. Katmanlı mimariler ve servis odaklı entegrasyon**

Katmanlı mimariler ve servis odaklı entegrasyon yaklaşımları, veri entegrasyonunun temel yapı taşlarını oluşturan önemli mimari paradigmaları temsil eder. Bu yaklaşımlar, farklı veri kaynaklarının ve sistemlerinin uyum içinde çalışmasını sağlamak amacıyla çok katmanlı yapılar ve bağımsız servisler üzerinde kapsamlı çözümler sunar. Katmanlı mimarilerde, veriler çeşitli katmanlar aracılığıyla sistematik bir biçimde işlenir; bu katmanlar genellikle veri toplama, dönüştürme, depolama ve sunum aşamalarını içerir. Her katman, belirli fonksiyonlara odaklanarak sistemdeki karmaşayı azaltır ve yönetilebilirliği artırır. Ayrıca, bu yapı sayesinde veri akışları ve dönüşümler belirli kurallar ve standartlar çerçevesinde yönetilir, bu da entegrasyonun güvenilirliğini ve tutarlılığını sağlar.

Servis odaklı mimariler (SOA), çeşitli sistemlerin ve uygulamaların hizmetler biçiminde birbirleriyle iletişim kurmasını temel alan bir yaklaşımdır. Bu mimaride, her bir işlem veya veri erişim ihtiyacı, bağımsız ve yeniden kullanılabilir servisler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu servisler, genellikle web servisleri veya API'ler üzerinden erişilebilir durumda olup, esneklik ve ölçeklenebilirlik kazandırır. Ayrıca, servis tabanlı entegrasyonlar, farklı teknolojik ortamlar ve platformlar arasında uyumsuzluk sorunlarını minimize ederek, veri paylaşımını ve etkileşimi kolaylaştırır. Bu mimari yapıların avantajları arasında, sistemlerin modülerliği, bakım ve güncelleme süreçlerinin hafifliği ile yeni entegrasyonların hızlıca gerçekleştirilebilmesi bulunur.

Her iki yaklaşım da, karmaşık veri ortamlarını yönetirken esneklik ve uyum sağlama imkanlarını artırır. Katmanlı mimariler, belirli bir düzen ve denetim mekanizmasıyla, veri akışlarının ve dönüşümlerinin kontrol edilmesine olanak tanırken; servis odaklı yapılar, farklı sistemler arasında taşınabilirlik ve hızlı adaptasyon sağlar. Bu iki mimari, uygun koşullarda birlikte kullanılarak büyük ve çok boyutlu veri projelerinde bütünsel ve sağlam bir entegrasyon altyapısının temelini oluşturur. Sonuç olarak, katmanlı mimarilerin yapısal düzen ve standartlara vurgu yapması, servis odaklı mimarilerin ise esneklik ve modülerlik sunması, modern veri entegrasyon stratejilerinde kritik rol oynar.

## **4.2. Mikroservisler ve verinin uç noktadan entegrasyonu**

Mikroservis mimarileri, günümüzde veri entegrasyonunda önemli bir rol oynamaktadır ve özellikle verinin uç noktadan doğrudan entegrasyonu açısından yüksek esneklik ve ölçeklenebilirlik sunmaktadır. Mikroservisler, bağımsız ve modüler yapıdaki hizmetler olarak tasarlandığından, her biri kendi verisini yönetebilir ve diğer servislerle hafif protokoller aracılığıyla iletişim kurar. Bu yapısal yapı, verilerin merkezi olmayan bir biçimde toplanması ve dağıtılması sürecini kolaylaştırır. Uç noktadan entegrasyon, özellikle gerçek zamanlı ve yüksek hacimli veri akışlarının yönetiminde mikroservis mimarilerinin avantajlarını ortaya koyar. Bu modelde, veri toplama işlemi doğrudan mikroservislerin uç noktasında gerçekleşir, böylece veri iletiminde gecikme ve veri kaybı riskleri azaltılır. Ayrıca, mikroservisler arasındaki bağımsızlık, farklı veri kaynaklarının entegre edilmesini ve gerektiğinde farklı teknolojilerle uyumlu hale getirilmesini sağlar. Bu sayede, entegrasyon süreçleri daha dinamik ve esnek hale gelir. Mikroservis mimarisi, veri güvenliği ve erişim kontrolü gibi konularda da avantajlar sunar; her mikroservis kendi güvenlik protokollerini uygulayabilir ve yetkilendirme süreçleri bölümlere ayrılmış şekilde gerçekleştirilebilir. Ayrıca, mikroservislerin yatay ölçeklenebilirliği, yüksek hacimli veri akışlarının yönetiminde sistem performansını artırır ve tek bir noktadan gerçekleştirilen entegrasyonlar nedeniyle oluşabilecek hata ve kesintilere karşı dayanıklılık sağlar. Sonuç olarak, mikroservisler ve uç noktadan entegrasyon, veri entegrasyonunun esnek, ölçeklenebilir ve güvenli bir biçimde gerçekleştirilmesine imkan tanıyacak temel teknolojik yaklaşımlardan biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemler, özellikle karmaşık ve değişen ihtiyaçlara hızla yanıt verme gereksinimi duyan modern veri yönetimi ortamlarında giderek artan bir öneme sahiptir.

## **4.3. Veri yüzeyleri ve veri katmanı tasarımı**

Veri yüzeyleri ve veri katmanı tasarımı, veri entegrasyonunun temel yapıtaşlarını oluşturan kritik unsurlardandır. Veri yüzeyleri, farklı veri kaynaklarından gelen verilerin sistem içerisinde tanımlanması, erişimi ve kullanılabilirliğini sağlayan ara katmanlardır. Bu yüzeyler, çeşitli platformlar ve uygulamalar arasında tutarlı veri akışını temin ederken, veri bütünlüğünü ve kalitesini korumanın da anahtar yollarıdır. Veri katmanı ise, verinin fiziksel depolanmasını, yönetimini ve optimize edilmesini sağlayan altyapıdır. Bu katman, genellikle veri ambarları, veri gölleri veya veri platformları şeklinde yapılandırılır ve farklı veri yüzeylerinin üzerine yerleştirilir.

Veri yüzeyleri tasarımı, çeşitli boyutlarıyla dikkate alınır; bunlar arasında kullanılabilirlik, performans, ölçeklenebilirlik ve güvenlik ön plandadır.

Tasarım aşamasında, hangi veri özelliklerinin gösterileceği, bu verilerin hangi formatlarda sunulacağı ve erişim kontrollerinin nasıl sağlanacağı belirlenir. Ayrıca, verinin entegrasyonu sürecinde karşılaşılan uyumsuzluk sorunlarına çözüm getiren dönüşüm ve eşleştirme mekanizmaları önemlidir. Veri yüzeyleri, farklı veri kaynaklarının yapısal farklılıklarını göz önünde bulundurarak, uyum ve bütünlük sağlar. Bu bağlamda, sürekli değişen veri gereksinimlerine uyum sağlayacak esnek tasarım yaklaşımları benimsenir.

Veri katmanının tasarımı ise, büyük hacimli verileri etkin şekilde depolamak, erişilebilir hale getirmek ve sıkıştırmak gibi fonksiyonları içerir. Veri katmanları, genellikle ölçeklenebilir ve performans odaklı mimariler kullanılarak yapılandırılır. Veri ambarları, yapılandırılmış veriyi merkezi bir ortamda toplarken, veri gölleri ise yapılandırılmamış ya da yarı yapılandırılmış veriyi depolama imkânı sağlar. Bu yapılar, farklı veri yüzeylerinin ihtiyaçlarına uygun özellikler taşımaları ve güvenlik, yedekleme ve veri bütünlüğü gibi unsurlarla desteklenmelidir. Veri katmanının tasarımı sırasında, aynı zamanda, yüksek erişilebilirlik ve hataya dayanıklılık ilkeleri gözetilerek, sistem sürekliliği sağlanır.

Sonuç olarak, veri yüzeyleri ve katman tasarımı, veri entegrasyonunda ulaşılmak istenen bütünsel ve uyumlu veri mimarisinin temel taşlarıdır. Etkin tasarlandığında, bu yapıların sistemi hem güvenlik ve kullanılabilirlik açısından güçlendirir, hem de farklı veri kaynaklarının entegrasyonunu kolaylaştırır. Bu sayede, organizasyonların karar verme süreçleri hızlanır ve veri odaklı adımlar atması sağlanır.

#### **4.4. Yatay ölçeklenebilirlik ve hataya dayanıklılık tasarımları**

Yatay ölçeklenebilirlik ve hataya dayanıklılık tasarımları, veri entegrasyonunun başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Bu tasarımlar, sistemlerin artan veri hacmi ve işlem yoğunluğu karşısında performansını koruyabilmesini sağlayarak, büyüme ve değişimlere uyum sağlamasında temel bir rol oynar. Yatay ölçeklenebilirlik, sistem bileşenlerinin sayısının artırılmasıyla kapasitenin genişletilebilmesini ifade eder. Bu yaklaşım, özellikle dağıtık mimarilerde, yeni bağlantı noktaları ve düğümler eklenerek yük dengeleme ve işlem sürekliliği sağlar. Bu sayede, yoğun trafik ve veri akışları altında performans kaybı minimuma indirilir ve sistemin direnç gücü artırılır.

Öte yandan, hataya dayanıklılık tasarımları, olası arızalara karşı sistemin devamlılığını temin edici özellikleri içerir. Bu bağlamda, çoğaltma (replication), yedekleme ve otomatik yük devretme mekanizmaları gibi teknikler kullanılır. Bu sayede, bir bileşenin arızalanması durumunda, sistem diğer yedek bileşenlerle kesintisiz hizmet sunmaya devam eder. Ayrıca, veri çoğaltma ve

bölümlendirme stratejileri, verinin entegrasyon sürecinde tutarlılığı ve erişilebilirliği sağlar. Bu tasarım yaklaşımlarında, ağ iletişimindeki gecikmeler ve veri tutarsızlıkları gibi olası sorunlar dikkate alınır ve çözüm yolları planlanır.

Yatay ölçeklenebilirlik ve hataya dayanıklılık, modern veri entegrasyon mimarilerinde yüksek erişilebilirlik ve performans garantisi sunar. Sistemlerin esnekliği, değişen iş ihtiyaçlarına hızlı yanıt verme ve beklenmedik arıza durumlarına karşı direnç gösterme kapasitesini artırır. Bu kapsamda, mikroservis mimarileri ve bulut tabanlı çözümler, bu tasarım ilkelerinin uygulamasında sıklıkla tercih edilen yaklaşımlardır. Sonuç olarak, bu iki temel tasarım stratejisi, veri entegrasyonunun sürdürülebilirliği ve güvenilirliği açısından vazgeçilmez unsurlar olarak öne çıkar.

## **5. Kalite, Güvenlik ve Uyum**

Kalite, güvenlik ve uyum unsurları, veri entegrasyonunun sürdürülebilirliği ve etkinliği açısından temel taşlar olarak kabul edilir. Veri kalitesi, envanterdeki verilerin doğruluğu, bütünlüğü, tutarlılığı ve güncelliği gibi ölçütlerle sağlanır ve sürekli denetim mekanizmalarıyla korunur. Bu doğrultuda, veri kalitesi göstergeleri belirlenir ve düzenli olarak izlenerek olası hatalar veya sapmalar tespit edilir. Güvenlik ise, verinin yetkisiz erişim, sızıntı ve suiistimalini engellemek adına erişim kontrolü, şifreleme yöntemleri ve güvenlik duvarları kullanılarak sağlanır. Ayrıca, veri güvenliği politikaları ve protokolleri geliştirilerek kurumların bilgi varlıkları korunur. Bu kapsamda, kimlik doğrulama ve yetkilendirme süreçleri teminat altına alınırken, sızma testleri ve tehdit analiziyle güvenlik zafiyetleri giderilir. Uyumunu sağlamak ise, yasal düzenlemelere ve sektör standartlarına uygunluk gerekliliklerini yerine getirmeyi içerir. Bu bağlamda, denetim izleri ve raporlama mekanizmaları sayesinde uyum süreçleri takip edilir ve belgelendirilir. Ayrıca, veri gizliliği ve etik konularında farkındalık artırılır. Tüm bu unsurların etkin bir şekilde yönetilmesi, veri entegrasyonunun güvenilirliğini artırırken, organizasyonların uyum ve güvenlik açısından karşılaşılabileceği riskleri minimize eder. Böylece, yüksek veri kalitesi ve sıkı güvenlik önlemleriyle uyum sağlanırken, kurumların yasal ve etik sorumluluklarını yerine getirmeleri mümkün olur.

## **5. Sonuç**

Veri entegrasyonunun başarısı, kuramsal temellerin doğru uygulanması ve pratikteki uyumluluğu ile yakından ilişkilidir. Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalar, veri çeşitliliği, kalite yönetimi ve entegrasyon mimarilerinin geliştirilmesi gibi temel unsurların sürekli olarak güncellenmesini ve

iyileştirilmesini gerektirmiştir. Ayrıca teknolojik gelişmeler ışığında bulut tabanlı çözümler ve gerçek zamanlı entegrasyon ortamları ön plana çıkmış, organizasyonların veri yönetimi süreçlerini optimize etmelerine olanak tanımıştır. Kalite ve güvenlik standartlarının sağlanması, mevzuata uygunluk ve uyum gereksinimleri ise veri bütünlüğünün korunmasında ve sistemlerin güvenilirliğinde kritik rol oynamaktadır. Diğer yandan, farklı sektörlerde uygulanan en iyi pratikler ve karşılaşılan zorluklar, alanın genel gelişimini şekillendirmektedir. Başarı kriterlerinin belirlenmesi ve performans ölçüm araçlarının kullanılması, sürecin etkililiğini artırmakta ve yönetim stratejilerinin güçlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Gelecekte yapay zeka ve makine öğrenimi gibi teknolojilerin entegrasyona entegre edilmesi, çoklu kaynaklar ve çok ortamlı veri yapılarını uyumlu hale getirme çalışmaları önem arz etmektedir. Bu gelişmeler, veri entegrasyonunun hem teknik hem de yönetsel açıdan daha etkin hale gelmesine ve yeni nesil çözümlerle zenginleştirilmesine olanak tanıyacaktır. Sonuç olarak, veri entegrasyonu alanındaki ilerlemeler, organizasyonların bilgi akışını daha güvenilir ve esnek kılacak şekilde devam edecektir. Bu bağlamda, kuram ile pratiğin birleştiği noktada, sürdürülebilir ve uyumlu veri yönetimi sistemleri oluşturulmaya devam edecektir.

## REFERANSLAR

1. A. Aldoseri, K. N. Al-Khalifa, and A. M. Hamouda, "Re-thinking data strategy and integration for artificial intelligence: concepts, opportunities, and challenges.," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 2, p. 7082, 2023.
2. Althati, Chandrashekar, M. Tomar, and L. Shanmugam, "Enhancing Data Integration and Management: The Role of AI and Machine Learning in Modern Data Platforms.," *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)*, vol. 1, no. 20, pp. 3006-4023, 2024.
3. Antunes, A. Lorrão, E. Cardoso and J. Barateiro, "Incorporation of ontologies in data warehouse/business intelligence systems-a systematic literature review," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 2, no. 2, p. 100131, 2022.
4. Boehm, K. M., E. A. Aherne, L. Ellenson, I. Nikolovski, M. Alghamdi, I. Vázquez-García and D. Zamarin, "Multimodal data integration using machine learning improves risk stratification of high-grade serous ovarian cancer.," *Nature Cancer*, vol. 3, no. 6, pp. 723-733, 2022.
5. Devan, Munivel, L. Shanmugam and M. Tomar, "AI-Powered Data Migration Strategies for Cloud Environments: Techniques, Frameworks, and Real-World Applications," *Australian Journal of Machine Learning Research & Applications*, vol. 1, no. 2, pp. 79-111, 2021.
6. Galvão, João, A. Leon, C. Costa, M. Y. Santos and Ó. P. López, "Automating data Integration in adaptive and data-intensive Information systems," *European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference on Information Systems*, pp. 20-34, 2020.
7. Himeur, Yassine, M. Elnour, F. Fadli, N. Meskin, I. Petri, Y. Rezgui, F. Bensaali, and A. Amira, "AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges, and future perspectives," *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, no. 6, pp. 4929-5021, 2023.
8. J. P. Bharatiya, "The role of machine learning in transforming business intelligence," *International Journal of Computing and Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 16-24, 2023.
9. J. Smith and I. A. Elshnoudy, "A Comparative Analysis of Data Warehouse Design Methodologies for Enterprise Big Data and Analytics," *Emerging Trends in Machine Intelligence and Big Data*, vol. 15, no. 10, pp. 16-29, 2023.
10. L. Hanzhe, X. Wang, Y. Feng, Y. Qi, and J. Tian, "Integration Methods and Advantages of Machine Learning with Cloud Data Warehouses," *International Journal of Computer Science and Information Technology*,

- vol. 2, no. 1, pp. 348-358, 2024.L. Theodorakopoulos, A. Theodoropoulou, and Y. Stamatiou, "A State-of-the-Art Review in Big Data Engineering: Real-Life Case Studies, Challenges, and Future Research Directions," Eng 5, vol. 3, pp. 1266-1297, 2024.
11. M. Khan, S. Saqib, T. Alyas, A. Rehman, Y. Saeed, A. Zeb, M. Zareei and E. Mohamed, "Effective demand forecasting model using business intelligence empowered with machine learning," IEEE Access, vol. 8, pp. 116013-116023, 2020.
  12. N. Muhammad, T. Jamal, J. Diaz-Martinez, S. A. Butt, N. Montesano, M. I. Tariq, E. De-la-Hoz-Franco and E. De-La-Hoz-Valdiris, "Trends and future perspective challenges in big data," In Advances in Intelligent Data Analysis and Applications: Proceeding of the Sixth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications, pp. 309-325, 2019.
  13. R. Sekhar., "A review of data warehouses multidimensional model and data mining," Information Technology in Industry 9, vol. 3, pp. 310-320, 2021.
  14. V. Geest, Maarten, B. Tekinerdogan and C. Catal, "Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0.," Computers in industry, vol. 124, p. 103343, 2021.

## 6. Bölüm

### Gıda Güvenliği Skandallarının Et ve Süt Piyasalarında Talep Esnekliği Üzerindeki Etkisi

Onur KORKMAZ<sup>1</sup>, Serap KORKMAZ<sup>2</sup>

#### Özet

Gıda güvenliği skandalları, et ve süt piyasalarında talep yapıları üzerinde dramatik ve çok boyutlu etkiler yaratmaktadır. Bu kapsamlı derleme çalışması, gıda güvenliği krizlerinin talep esnekliğini nasıl değiştirdiğini ampirik kanıtlar ışığında incelemektedir. Sistematik literatür taraması sonuçları, BSE (deli dana hastalığı) gibi major skandalların sığır eti tüketimini %11-26 oranında azalttığını ve fiyat talep esnekliğini inelastikten daha elastik yapıya doğru değiştirdiğini göstermektedir. Et ürünlerinin geri çağırılması (recall) olaylarının talep üzerindeki etkileri istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte, fiyat ve gelir etkilerine kıyasla küçük kalmaktadır. Çin'deki 2008 melamin sütü skandalı gibi ciddi krizler, tüketici güveninde kalıcı hasarlara yol açmış ve pazar yapısını köklü şekilde değiştirmiştir. Medya kapsamının genişliği ve yoğunluğu, skandal etkisinin büyüklüğünü önemli ölçüde belirlemektedir. Talep şokları yalnızca etkilenen ürünle sınırlı kalmayıp, çapraz esneklik mekanizmaları yoluyla ikame ürünlere de yayılmaktadır. Ekonomik kayıplar çok katmanlıdır ve tüketici refahı kaybı, üretici gelir düşüşü, ticaret akışlarının kesilmesi ve marka değeri erozyonunu içermektedir. ABD'deki 2003 BSE krizi sonrasında sığır endüstrisinin 3.2-4.7 milyar dolar zarar görmesi, bu etkilerin büyüklüğünü somutlaştırmaktadır. Çalışma ayrıca, talep esnekliğinin zaman içinde değişken bir yapı sergilediğini ve kriz sonrası toparlanma süreçlerinin pazar karakteristiklerine, tüketici algılarına ve politika müdahalelerine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda güvenliği skandalı, talep esnekliği, et piyasası, süt piyasası, BSE, tüketici davranışı, ekonomik kayıp

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Erciyes Üniversitesi, Rektörlük  
ORCID: 0000-0003-1712-2015, E-mail: onurkorkmaz@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü  
ORCID: 0000-0002-8119-8471  
E-mai: serap.korkmaz@kayseri.edu.tr

## 1. Giriş

Gıda güvenliği skandalları, modern gıda sistemlerinin en kritik kırılma noktalarını oluşturmaktadır. Görünmez tehlikeler ve gıda kaynaklı riskler hakkında eksik bilgi, gıda güvenliğini patlayıcı bir meseleye dönüştürmekte ve piyasaları altüst edip çiftlik girdi tedarikçilerinden tüketicilere kadar herkes için önemli ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Tarihsel perspektiften bakıldığında, 20. yüzyılın başlarında meydana gelen skandalların tetiklediği ilk nesil gıda güvenliği politikaları, komuta ve kontrol biçimlerine dayanan düzenleyici sistemler kurmuştur. Ancak son yirmi yılda yaşanan bir dizi kriz, bu sistemlerin yetersizliğini açığa çıkarmış ve bilime dayalı risk yönetimi sistemlerine doğru bir paradigma kaymasını zorunlu kılmıştır.

1990'lar ve 2000'ler boyunca, özellikle et ve süt sektörlerinde meydana gelen çok sayıda gıda güvenliği krizi, tüketicilerin gıda güvenliği ve gıda zinciri hakkındaki endişelerini küresel ölçekte artırmıştır. İngiltere'de BSE (Bovine Spongiform Encephalopathy - deli dana hastalığı) salgını, Belçika'da hayvan yemine dioksin kontaminasyonu, ABD'de E. coli salgınları, Çin'de melamin ile kirletilmiş süt skandalı ve Avrupa'da at eti sahteciliği olayı, bu dönemin en yankı uyandıran krizlerini oluşturmaktadır. Bu olayların her biri, sadece halk sağlığı krizleri olarak değil, aynı zamanda ilgili piyasaların talep yapılarını köklü şekilde değiştiren ekonomik şoklar olarak tezahür etmiştir.

Et ve süt ürünleri, gıda güvenliği açısından özellikle hassas kategorilerdir çünkü hayvansal kökenli olmaları mikrobiyal kontaminasyon, zoonotik hastalık bulaşması ve hayvan hastalıklarından kaynaklanan riskler açısından onları yüksek risk grubuna yerleştirmektedir. Aynı zamanda bu ürünlerin talep yapıları, tüketici algılarına ve güven dinamiklerine son derece duyarlıdır. Bir gıda güvenliği krizi ortaya çıktığında, tüketiciler risk aversion (riskten kaçınma) davranışı sergilerler ve bu da talep fonksiyonunun yapısında önemli değişikliklere yol açar.

Talep esnekliği, ekonomik analiz için kritik bir kavramdır çünkü fiyat veya diğer faktörlerdeki değişikliklere tüketici tepkisinin büyüklüğünü ölçer. Gıda güvenliği skandalları bağlamında, talep esnekliğinin nasıl değiştiğini anlamak, kriz yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi, politika müdahalelerinin tasarlanması ve ekonomik etkilerin öngörülmesi için hayati öneme sahiptir. Örneğin, bir skandal sonrasında talebin daha elastik hale gelmesi, fiyat değişikliklerinin tüketim miktarını çok daha fazla etkileyeceği anlamına gelir ve bu durum pazar dengesini yeniden şekillendirir.

Bu derleme çalışması, gıda güvenliği skandallarının et ve süt piyasalarında talep esnekliği üzerindeki etkilerini sistematik olarak incelemektedir. Çalışmanın temel amaçları şunlardır: (1) major gıda güvenliği krizlerinin talep

fonksiyonlarını nasıl değiştirdiğini ampirik kanıtlarla değerlendirmek, (2) fiyat ve çapraz fiyat talep esnekliklerindeki değişimleri nicel olarak analiz etmek, (3) medya etkisinin ve bilgi yayılımının rolünü incelemek, (4) ekonomik kayıpların büyüklüğünü ve dağılımını değerlendirmek, (5) toparlanma süreçlerinin dinamiklerini anlamaktır.

## 2. Metodoloji

Bu derleme çalışması, sistematik literatür taraması metodolojisi ile gerçekleştirilmiştir. Web of Science, Scopus, PubMed, EconLit ve Google Scholar veri tabanları kullanılarak 1995-2025 yılları arasında yayınlanmış hakemli makaleler, meta-analizler ve ekonomik raporlar taranmıştır. Arama terimleri "food safety scandal", "demand elasticity", "meat market", "dairy market", "BSE", "food recall", "consumer response", "market impact" ve bunların çeşitli kombinasyonlarını içermiştir.

Dahil edilme kriterleri olarak şu parametreler belirlenmiştir: (1) hakemli ekonomik dergilerde yayınlanmış ampirik çalışmalar, (2) talep esnekliği tahminleri içeren nicel analizler, (3) et veya süt piyasalarına odaklanan araştırmalar, (4) belirli bir gıda güvenliği olayını veya krizini inceleyen alışmalar. Hariç tutulma kriterleri ise (1) sadece tüketicici tutum anketleri olan ancak talep tahminleri içermeyen çalışmalar, (2) metodolojik detay eksikliği olan yayınlar, (3) diğer gıda kategorilerine odaklanan araştırmalar olarak belirlenmiştir.

İlk tarama 243 makale sonucu vermiş, başlık ve zet incelemesi sonrası 98 makale detaylı incelemeye alınmış, nihai derlemeye 61 makale ve rapor dahil edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan temel ekonometrik yöntemler Almost Ideal Demand System (AIDS), Rotterdam Demand Model, Error Correction Model (ECM) ve çeşitli regresyon tabanlı yaklaşımları içermektedir.

## 3. Teorik ereve: Talep Esnekliği ve Gıda Güvenliği şokları

Talep esnekliği, bir malın talep edilen miktarının, fiyat veya diğer belirleyicilerdeki yüzde değişimine gösterdiği yüzde değişim oranı olarak tanımlanır. Fiyat talep esnekliği ( $\epsilon_p$ ), kendi fiyatındaki değişime karşı talebin duyarlılığını ölçerken, çapraz fiyat esnekliği ( $\epsilon_c$ ) ikame veya tamamlayıcı malların fiyat değişimlerine olan duyarlılığı gösterir. Gelir esnekliği ( $\epsilon_y$ ) ise gelir değişikliklerine karşı tketicim tepkisini ler.

Standart tüketicici teorisinde, talep fonksiyonu fiyat, gelir, zevk ve tercihlere bağlıdır. Ancak gıda güvenliği bağlamında, talep fonksiyonuna bir ek boyut eklemek gerekir: algılanan gıda güvenliği veya kalite düzeyi. Lancaster'ın (1971) karakteristik yaklaşımı, gıdanın çoklu ve ayrılmaz nitelikler kümesi

olduğunu vurgular ve güvenlik bu niteliklerden biridir. Gıda güvenliği skandalı, tüketicilerin bu nitelik hakkındaki algılarını değiştirir ve dolayısıyla talep fonksiyonunun yapısını etkiler.

Gıda güvenliği şokunun talep üzerindeki etkisi, teorik olarak iki mekanizma üzerinden işler. İlk olarak, doğrudan talep kayması meydana gelir çünkü tüketiciler artık ürünün daha az güvenli olduğuna inanırlar ve her fiyat düzeyinde daha az tüketmek isterler. Bu etki, talep eğrisinin sola kayması olarak grafiksel olarak gösterilir. İkinci olarak, talebin yapısı değişebilir, yani talep esnekliği farklılaşabilir. Örneğin, bir skandal öncesi fiyat değişikliklerine görece duyarsız olan tüketiciler, skandal sonrası çok daha fiyat duyarlı hale gelebilirler çünkü güven kaybı markasal bağlılığı zayıflatır.

Protection Motivation Theory (Koruma Motivasyonu Teorisi), tüketicilerin gıda güvenliği tehditlerine nasıl tepki verdiklerini açıklamak için kullanılabilir. Bu teoriye göre, tehdit algısı (perceived threat) ve başa çıkma değerlendirme (coping appraisal) birleşerek koruyucu davranışı tetikler. Gıda skandalları bağlamında, yüksek tehdit algısı tüketicilerin riskli olarak algılanan ürünlerden kaçınmasına neden olur. Ancak bu kaçınma davranışının şiddeti ve süresi, tehdidin ciddiyeti, medya kapsamı, alternatif ürünlerin erişilebilirliği ve tüketicilerin risk tutumları gibi faktörlere bağlıdır.

#### **4. BSE (Deli Dana Hastalığı) Krizinin Et Piyasasına Etkiler**

BSE krizi, gıda güvenliği skandallarının piyasa dinamikleri üzerindeki etkilerini anlamak için en kapsamlı şekilde incelenmiş olaylardan biridir. 1986 yılında İngiltere'de ilk kez tespit edilen BSE, başlangıçta bir hayvan sağlığı sorunu olarak görülmüştür. Ancak 1996 yılında İngiliz Hükümeti'nin BSE ile insanlarda görülen variant Creutzfeldt-Jakob Hastalığı (vCJD) arasında olası bir bağlantı olduğunu duyurması, krizi hayvan sağlığı düzeyinden insan sağlığı krizine yükseltmiştir. Bu dönüm noktası, sığır eti talebinde dramatik değişikliklere yol açmıştır.

İngiltere'de yaşanan talep şoku, hem büyüklük hem de süre açısından olağanüstüdür. 1996 yılının ilk iki çeyreğinde, sığır eti tüketimi %24 oranında düşmüştür. Hanehalkı düzeyinde sığır eti tüketimi, bir önceki yılın seviyesinden %26 azalmış ve İngiltere'deki sığır eti ürünlerinin yurt içi satışları %40 düşmüştür. Bu dramatik talep düşüşü, sadece kısa dönemli bir panik tepkisi değildir, BSE krizi İngiltere sığır eti endüstrisini uzun yıllar etkisi altında bırakmış ve hala tam olarak toparlanmamıştır. Salgının zirvesinde, 1993 yılında haftada binden fazla BSE vakası bildirilirken, İngiltere 3.7 milyon sığırı itlaf etmek zorunda kalmıştır.

BSE krizinin talep esnekliği üzerindeki etkileri, çeşitli ekonometrik çalışmalarla ölçülmüştür. Burton ve Young (1996) tarafından İngiltere için yapılan çalışma, AIDS modeli kullanarak medya raporlarının BSE salgını hakkındaki bilgilerin sığır etinin pazar payını azalttığını göstermiştir. Verbeke ve Ward (2001) ise, AIDS modeli kullanarak, potansiyel sağlık riskleri ile ilgili çok sayıda olumsuz medya raporunda et talebinin düşük duyarlılık gösterdiğini bulmuştur. Ancak bu düşük duyarlılık, uzun süre devam eden ve yoğun medya kapsamı altında zayıflamış ve talep daha elastik hale gelmiştir.

ABD'de 2003 yılındaki ilk yerli BSE vakasının keşfi, ABD sığır eti piyasasında farklı bir dinamik yaratmıştır. Pritchett ve diğerlerinin (2007) perakende tarayıcı verilerini kullanarak yaptıkları araştırma, BSE olaylarının kıyım ve chuck roast talebini negatif etkilediğini, ancak domuz eti pirzolası talebini pozitif etkilediğini göstermiştir. Çapraz esneklik mekanizması burada açıkça görülmektedir: tüketiciler riskli olarak algılanan sığır etinden domuz etine kaymıştır. Dummy variables (kukla değişkenler) ile medya endeksleri karşılaştırıldığında, dummy değişkenlerin et bütçe paylarındaki varyasyonu açıklamada daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Stewart ve diğerlerinin (2024) yaptığı daha güncel çalışma, zaman içinde değişen esneklikler kullanarak BSE salgınlarının 1997-2022 döneminde ABD'de sığır eti, domuz eti ve tavuk eti talebi üzerindeki etkisini incelemiştir. Rotterdam model ile genişletilmiş tahminler, BSE salgınlarının sığır eti tüketimini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Bu tepkiler gerçekten zaman içinde değişkendir ve 2003'te %1.312'den 2005'te %1.212'ye kadar değişmiştir. İlginç olan, tepkilerin büyüklüğünün salgının şiddetiyle orantılı olmasıdır. İlk BSE vakası 2003 yılında keşfedildiğinde, et endüstrisinin duyarlılığı beklentilerle tutarlıydı çünkü ABD'de bilinen ilk vakaydı ve Kanada'dan ithal edilen bir ineğin tespit edilmesiyle ortaya çıkmıştı. Bu durum, hem yurt içi hem de uluslararası tedarik zincirinde büyük aksaklıklara yol açmış ve ABD sığır eti ihraç edemez hale gelmiştir.

BSE krizinin ekonomik kayıpları muazzamdır. İngiltere için, krizin ilk yılındaki (1996) toplam ekonomik hasar 740 milyon ile 980 milyon Pound Sterling arasında tahmin edilmiştir. ABD için, 2004 yılında sığır eti ve sakatat ihracatının kaybindan kaynaklanan toplam ABD sığır endüstrisi kayıpları 3.2 milyar ila 4.7 milyar dolar arasında tahmin edilmiştir. İthalat yasakları ABD sığır eti ihracatını çöktürdü ve Meksika ve Kanada gibi bazı önemli pazarlar 2004 boyunca yeniden açılrsa da, yıl için ihracat miktarları 2003 seviyesinin %82 altına düşmüştür.

BSE krizinin talep esnekliği üzerindeki etkileri, sadece kısa dönemle sınırlı kalmamıştır. Uzun dönem etkileri de önemlidir. Lloyd ve diğerlerinin (2001)

çalışması, üretici-perakende fiyat arasında uzun dönem bir ilişkinin var olduğunu ve BSE kriziyle birlikte bir yapısal kırılma meydana geldiğini göstermiştir. Bu yapısal kırılma, fiyat marjını kilogram başına 1 Pound'dan fazla artırmıştır. Sanjuán ve Dawson (2003) tarafından yapılan nicel analiz, 1996 İngiliz BSE krizinin perakendeciler ve üreticiler üzerinde farklı etkileri olduğunu göstermiştir. Üretim düzeyindeki fiyatlar, perakende düzeyindekilere kıyasla iki katından fazla düşmüştür. Bu asimetrik etki, talep şokunun tedarik zincirinin farklı düzeylerinde nasıl farklı şekilde yayıldığını göstermektedir.

Devadoss ve diğerlerinin (2005) genel denge modeli kullanarak yaptıkları analiz, ABD'de deli dana hastalığından kaynaklanan dış ve iç talep şoklarının etkilerini üç senaryo altında değerlendirmiştir. %90 dış talep düşüşü ve %10 iç talep azalması içeren senaryo, deli dana hastalığı salgını sonrası gerçek sonuçlarla tutarlı sonuçlar üretmiştir. Yalnızca iç talep önemli ölçüde düşerse, ABD sığır ve sığır eti endüstrisindeki ekonomik sıkıntı çok büyük olacaktır. Bu bulgu, iç pazarın dayanıklılığının kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır. Gerçekten de, ABD et tüketicileri Avrupa ve Japonya tüketicilerinin yaptığı gibi BSE keşiflerinden sonra sığır eti yemeyi terk etmemiştir, en azından sınırlı dönemler için. Bu tüketici direnci, ABD sığır endüstrisinin kayıpları daha iyi absorbe etmesini sağlamıştır.

### **5. Et Geri Çağırma Olaylarının Talep Üzerindeki Etkileri**

Et ürünlerinin geri çağırılması (meat recall) olayları, BSE gibi büyük krizler kadar dramatik olmasa da, düzenli olarak meydana gelmekte ve talep yapıları üzerinde kümülatif etkiler yaratmaktadır. Marsh ve diğerlerinin (2004) öncü çalışması, Food Safety Inspection Service (FSIS) et geri çağırma olaylarının ABD'de tüketici talebi üzerindeki etkisini ampirik olarak test etmiştir. Çalışma, sığır eti, domuz eti, kanatlı ve diğer tüketim mallarına yönelik talep üzerindeki etkiyi incelemiştir.

Araştırma için, 1982-1998 dönemi boyunca hem FSIS'in et geri çağırma olaylarından hem de gazete raporlarından sığır eti, domuz eti ve kanatlı geri çağırma endeksleri oluşturulmuştur. Önceki ürün geri çağırma çalışmalarını takip ederek, geri çağırma endeksleri tüketicilerin talep fonksiyonlarına kayma değişkenleri olarak dahil edilmiştir. Rotterdam talep modelinin mutlak fiyat versiyonu tahmin edilerek elde edilen bulgular, FSIS'in et geri çağırma olaylarının talebi önemli ölçüde etkilediğini, ancak gazete raporlarının etkilemediğini göstermiştir.

Bu bulgu, bilgi kaynağının önemini vurgulamaktadır. Resmi FSIS duyuruları tüketici davranışını etkilerken, gazete raporları aynı etkiye sahip değildir. Bu durum, tüketicilerin resmi kamu kurumlarından gelen bilgilere daha fazla

güvendiğini ve bu bilgilere dayanarak satın alma kararlarını ayarladıklarını göstermektedir. Ancak, geri çağırma olaylarıyla ilgili esneklikler istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte, fiyat ve gelir etkilerine göre büyüklük olarak küçüktür. Önemli bir gözlem, küçük esnekliklerin mutlaka alakasız ekonomik etkiler anlamına gelmediğidir. Tablo verilerine göre, belirli bir çeyrekte ortalama et ürünü geri çağırma sayısı yaklaşık 2'dir. Bu nedenle, belirli bir çeyrekte birkaç ek geri çağırma olayı, geri çağırma değişkeninin ortalamasından %100'ün üzerinde bir değişim oluşturabilir ve alakalı bir ekonomik etki yaratabilir.

Ayrıca, bir et türü için geri çağırmanın olumlu etkileri, et ikamelerinin talepleri üzerindeki daha genel bir olumsuz et talebi etkisiyle dengelenmektedir. Başka bir deyişle, sığır eti geri çağırma olayı sadece sığır eti talebini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda genel olarak et kategorisine olan güveni zayıflatır ve domuz eti ve kanatlı gibi ikame ürünlere olan potansiyel pozitif etkiyi kısmen nötralize eder. Bu bulgu, gıda güvenliği şoklarının yayılma etkilerine (spillover effects) sahip olduğunu göstermektedir.

Piggott ve Marsh'ın (2004) çalışması, gıda güvenliği bilgilerinin ABD et talebini etkileyip etkilemediğini incelemiştir. Ürün geri çağırma bilgilerini içeren gıda güvenliği endeksleri oluşturulmuştur. Cari dönem gıda güvenliği esneklikleri raporlanmış ve bunların büyüklükleri ürün geri çağırma esneklikleriyle benzerdir. Gıda güvenliği etkilerinin, fiyat ve gelir etkilerine göre büyüklük olarak küçük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, her et türü için negatif doğrudan gıda güvenliği own-effects (kendi etkileri) raporlanmıştır. Bu, bir et türündeki gıda güvenliği sorununun o et türünün talebini doğrudan ve negatif yönde etkilediği anlamına gelir.

Salin ve Hooker (2001) tarafından yapılan hisse senedi piyasası tepkisi çalışması, gıda geri çağırmalarının et işleme firmalarının hisse senedi fiyatları üzerindeki etkisini incelemiştir. Olay çalışması (event study) metodolojisi kullanılarak, geri çağırma duyurularının anormal getiriler yarattığı gösterilmiştir. Firmalar, geri çağırma olaylarından sonra hisse senedi değerinde düşüşler yaşamıştır. Bu finansal etkiler, gıda güvenliği olaylarının sadece ürün talebini değil, aynı zamanda firma değerlemelerini de etkilediğini göstermektedir.

## **6. Süt Piyasasında Gıda Güvenliği Skandalları: Çin Melamin Krizi**

Çin'deki 2008 melamin ile kirlenmiş bebek formülü skandalı, gıda güvenliği krizlerinin en yıkıcı örneklerinden birini oluşturmaktadır. Sanlu Group, Çin'in o dönem iflas ilan etmeden önce en büyük ve en popüler bebek formülü üreticilerinden biriydi ve sütü, protein içeriği açısından daha yüksek görünmesi

ve standart testleri geçmesi için melamin ekleyerek kirletmiştir. Melamin, ABD'de plastik ürünlerin endüstriyel imalatı için onaylanmış bir kimyasal bileşiktir, ancak yüksek melamin maruziyeti böbrek taşlarının gelişimi ve diğer sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu etik dışı ve sorumsuz eylemler, şirketin tüketici sağlığı üzerinden karlılığı önceliklendirmesini yansıtmaktadır ve bu gıda sahtekarlığı sonuçta en az 300,000 çocuğu hastalandırılmış ve altı bebeğin ölümüne neden olmuştur.

Melamin süt skandalının ekonomik etkileri, hem mikro hem de makro düzeyde yıkıcı olmuştur. Sanlu Group iflas etmiş, diğer birçok süt şirketi ciddi gelir kaybı yaşamış ve Çin süt endüstrisi uzun yıllar sürecek bir güven krizine sürüklenmiştir. Tüketici güveni öylesine sarsılmıştır ki, birçok Çinli tüketici ithal bebek formülüne yönelmiş ve bu durum Çin süt sektöründe yapısal değişikliklere yol açmıştır.

Jin ve diğerleri tarafından yapılan ekonomik analiz, 2008 Çin süt skandalı verilerini anket ve ikincil veri kaynaklarından derlenen verilerle analiz etmiştir. Çalışma, skandalın tüketici davranışları üzerindeki etkilerini ve piyasa tepkisini incelemiştir. Hisse senedi fiyatı verileri, ilgili süt şirketlerinin farklı borsalarda işlem gören hisse senetlerinden toplanmıştır. Olay çalışması metodolojisi kullanılarak, skandalın duyurulmasının şirket değerlemeleri üzerinde önemli negatif etkiler yarattığı bulunmuştur.

Henson ve Mazzocchi (2002) tarafından İngiltere'de yapılan olay çalışması, BSE ve insan sağlığı arasındaki olası bağlantıya ilişkin hükümet duyurularının tarım ekonomileri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, hükümet duyurusunun sadece sığır eti piyasasını değil, süt ürünleri dahil daha geniş bir gıda sektörünü etkilediğini göstermiştir. Bu bulgu, bir kategorideki gıda güvenliği krizinin spillover effects (yayılma etkileri) yoluyla diğer kategorileri de etkileyebileceğini göstermektedir.

Xiu ve Klein (2010) tarafından yapılan çalışma, Çin süt skandalının yerel halk üzerindeki algılanan etkisini araştırmıştır. Çevrimiçi anket yoluyla toplanan veriler, tüketicilerin süt ürünlerine olan güvenlerinin ciddi şekilde azaldığını göstermiştir. Bu güven erozyonu, sadece kısa dönemli bir tepki değildir, uzun yıllar sürmüş ve Çin süt endüstrisinin toparlanmasını zorlaştırmıştır.

## **7. Medya Etkisi ve Bilgi Yayılımı**

Gıda güvenliği skandallarının piyasa etkileri, medya kapsamının genişliği ve yoğunluğu ile yakından ilişkilidir. Golan ve diğerlerinin (2007) çalışması, tüketici talebinin gıda tehlikelerine ilişkin bilgi sunumuna olan duyarlılığını değerlendirmiştir. Bulgular, medya kaynağının ve sunumun talep üzerinde

önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Ekonomik ve istatistiksel anlamda güçlü sonuçların elde edilmesi için tehlikenin ciddiyeti büyük olmalıdır. Riskler çok büyük olmadığı sürece, talebin gıda güvenliği bilgilerine olan duyarlılığı fiyat ve gelirdeki değişikliklere olan duyarlılığından daha küçüktür.

Gazeteler, televizyon ve sosyal medya gibi farklı medya kanallarının etkileri de farklılaşmaktadır. Geleneksel medya kanallarının (gazeteler, TV haberleri) güvenilirliği daha yüksek algılanırken, sosyal medyanın yayılım hızı çok daha fazladır. Bu nedenle, bir gıda skandalının sosyal medyada viral olması, talep şokunun büyüklüğünü ve hızını artırabilir.

Verbeke ve Ward'ın (2001) çalışması, medya raporlarının yoğunluğu ve tonunun talep üzerindeki etkilerini ölçmüştür. Pozitif ve negatif medya tonları ayrı değişkenler olarak modellenmiş ve negatif medya raporlarının talebi azalttığı, pozitif raporların ise toparlanmaya yardımcı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, medya kapsamının süresi önemlidir: kısa süreli yoğun medya kapsamı geçici bir talep şoku yaratırken, uzun süreli ve tekrarlayan medya kapsamı kalıcı talep değişikliklerine yol açabilir.

Kalaitzandonakes ve diğerlerinin (2018) çalışması, medya tonunun ekonomik etkilerini ampirik olarak test etmiştir. Sonuçlar, negatif medya tonunun fiyat seviyelerini düşürdüğünü ve volatilitiyi artırdığını göstermiştir. Pozitif medya tonu ise talep toparlanmasında kritik rol oynamıştır. Bu bulgular, kriz iletişimi stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Hızlı, şeffaf ve bilimsel temelli iletişim, tüketici güveninin restorasyonunda kritiktir.

## **8. Çapraz Esneklik Mekanizmaları ve Substitution (İkame) Etkileri**

Bir et türündeki gıda güvenliği skandalı, sadece o ürünün talebini etkilemez, aynı zamanda ikame ürünlerin talebini de değiştirir. Çapraz fiyat esnekliği ve çapraz güvenlik esnekliği, bu dinamiği anlamak için kritik kavramlardır. Örneğin, sığır etinde bir BSE vakası saptandığında, domuz eti ve tavuk eti talebinde artış beklenir çünkü tüketiciler sığır etinden daha güvenli olarak algıladıkları alternatif proteinlere yönelirler.

Ampirik kanıtlar, bu teorik beklentiyi doğrulamaktadır. Tonsor ve diğerlerinin (2010) çalışması, sığır eti ürünlerindeki geri çağırma olaylarının domuz eti ve tavuk eti talebini pozitif etkilediğini göstermiştir. Ancak bu ikame etkisi tam değildir çünkü tüketicilerin bir kısmı genel olarak et tüketimini azaltmayı tercih etmektedir. Dolayısıyla, sığır etindeki talep düşüşü, domuz eti ve tavuk etindeki talep artışını tam olarak dengelemez.

McKenzie ve Thomsen'in (2001) Japonya üzerine yaptıkları çalışma, BSE krizinin et tüketim paternlerini nasıl değiştirdiğini incelemiştir. BSE keşfi sonrasında, Japon tüketiciler sığır etinden tavuk eti ve balığa önemli ölçüde

kaymıştır. Bu kayma, sadece proteine dayalıdır değil, aynı zamanda tüketicilerin riskten kaçınma (risk aversion) davranışını yansıtmaktadır. Çalışma, çapraz esnekliklerin BSE öncesi ve sonrası dönemlerde nasıl değiştiğini nicel olarak göstermiştir.

İkame etkileri ayrıca coğrafi düzeyde de görülmektedir. Bir ülkede meydana gelen gıda güvenliği krizi, o ülkeden ithal edilen ürünlere olan talebi azaltırken, diğer ülkelerden ithalat için fırsat yaratır. Peterson ve Chen'in (2005) çalışması, ABD'deki BSE keşfinin Avustralya sığır eti ihracatını nasıl artırdığını göstermiştir. Benzer şekilde, Çin süt skandalı sonrasında Yeni Zelanda ve Avrupa süt ürünlerinin Çin pazarındaki payı önemli ölçüde artmıştır.

### **9. Ekonomik Kayıpların Büyüklüğü ve Dağılımı**

Gıda güvenliği skandallarının ekonomik kayıpları çok katmanlıdır ve tedarik zincirinin farklı aşamalarında farklı şekillerde tezahür eder. İlk olarak, tüketici düzeyinde refah kaybı meydana gelir. Talep azalması ve fiyat artışları, tüketici rantını (consumer surplus) azaltır. İkinci olarak, üretici düzeyinde gelir kayıpları oluşur. Talep düşüşü fiyatları ve satış miktarlarını azaltır, bu da üretici gelirini doğrudan etkiler. Üçüncü olarak, ticaret düzeyinde aksaklıklar ve yasaklar, ihracat gelirlerini olumsuz etkiler. Dördüncü olarak, marka değeri ve firma itibarında erozyon meydana gelir.

Coffey ve diğerlerinin (2005) çalışması, ABD'deki BSE keşfinin ekonomik etkilerini çoklu sektörler düzeyinde değerlendirmiştir. Genel denge modeli kullanılarak yapılan analiz, sığır yetiştiriciliği, et işleme, perakende ve ilgili sektörler üzerindeki etkileri ölçmüştür. Bulgular, BSE krizinin sadece sığır sektörüyle sınırlı kalmadığını, aynı zamanda yem, veteriner hizmetleri, lojistik ve perakende gibi birçok bağlantılı sektörü de etkilediğini göstermiştir.

Devadoss ve Ridley (2013) tarafından yapılan çalışma, gıda güvenliği olaylarının büyük et firmalarının hisse senedi getirilerini negatif etkilediğini göstermiştir. Küçük firmalar ve büyük firmalar arasındaki etki büyüklükleri farklıdır: büyük firmalar genellikle marka değeri ve tüketici güveni açısından daha büyük kayıplar yaşar, ancak finansal tamponları nedeniyle krizden daha hızlı toparlanabilir.

Schlenker ve Villas-Boas'ın (2009) çalışması, spinach (ıspanak) E. coli kontaminasyonu krizinin ekonomik etkilerini incelemiştir. Et ve süt değilse de, bu çalışma gıda güvenliği skandallarının talep elastikitesi ve ekonomik kayıplar üzerindeki etkilerini anlamak için değerli insights (içgörüler) sağlamaktadır. Çalışma, kriz sonrasında ıspanak talebinin %20 azaldığını ve bu talep düşüşünün yaklaşık 3 ay sürdüğünü göstermiştir. Ancak, marka ve bölge düzeyinde farklılaşma görülmüştür: kirilili bölgeden gelmeyen ıspanaklar daha hızlı toparlanmıştır.

## 10. Toparlanma Süreçleri ve Uzun Dönem Etkiler

Gıda güvenliği krizlerinden sonra piyasaların toparlanması, homojen ve hızlı bir süreç değildir. Toparlanma süresi ve tamamen eski seviyeye dönüp dönmeme, krizin ciddiyetine, medya kapsamına, politika müdahalelerine ve tüketici algılarına bağlıdır. Bazı krizler sonrası piyasalar birkaç ay içinde toparlanırken, diğerleri yıllarca etkiler altında kalabilir.

Van Ravenswaay ve Hoehn (1991) tarafından yapılan erken dönem çalışması, elma ürünlerinde pestisit kontaminasyonu olayının uzun dönem etkilerini incelemiştir. Çalışma, krizin duyurulmasından sonra talep keskin bir şekilde düşmüş, ancak 6-12 ay içinde kademeli bir toparlanma görülmüştür. Ancak tam toparlanma gerçekleşmemiş ve talep seviyesi kriz öncesi seviyenin %5-8 altında stabilize olmuştur. Bu kalıcı etki, bazı tüketicilerin risk algılarının değiştiğini ve artık o ürünü daha az tükettiklerini göstermektedir.

Piggott ve Marsh'ın (2004) çalışması, gıda güvenliği olaylarının etkilerinin zamanla nasıl azaldığını göstermiştir. Lagged effects (gecikmeli etkiler) modellenerek, geri çağırma olaylarının ilk ayda maksimum etkiye sahip olduğu, ancak sonraki aylarda bu etkinin kademeli olarak azaldığı bulunmuştur. Ortalama olarak, etkiler 3-6 ay içinde istatistiksel olarak anlamlılığını kaybetmektedir. Ancak, büyük krizlerde (BSE gibi) bu süre çok daha uzun olabilir.

Toparlanma sürecini etkileyen faktörler arasında şunlar yer almaktadır: Birincisi, kriz sonrası düzenleyici müdahaleler ve güvenlik standartlarının güçlendirilmesi, tüketici güveninin restorasyonuna yardımcı olur. İkincisi, endüstri ve üretici itibar onarım çabaları, tüketici algılarını olumlu yönde etkileyebilir. Üçüncüsü, bilimsel kanıtların güvenlik sağladığını gösteren çalışmaların yayınlanması ve medya aracılığıyla iletilmesi, toparlanmayı hızlandırabilir. Dördüncüsü, tüketici eğitimi ve bilgilendirme kampanyaları, rasyonel risk değerlendirmesini teşvik eder.

## 11. Politika Çıkarımları ve Öneriler

Gıda güvenliği skandallarının talep esnekliği üzerindeki etkileri, politika yapımcılar için önemli çıkarımlar sunmaktadır. İlk olarak, önleyici gıda güvenliği sistemlerinin güçlendirilmesi kritiktir. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) ve risk tabanlı denetim sistemleri, sorunların tüketicilere ulaşmadan önce tespit edilmesini sağlar. İkinci olarak, hızlı ve şeffaf kriz iletişimi stratejileri geliştirilmelidir. Hükümetlerin ve düzenleyici otoritelerin kriz durumlarında hızlı, bilimsel temelli ve açık iletişim yapması, panik tepkilerini azaltabilir ve rasyonel tüketici davranışını teşvik edebilir.

Üçüncü olarak, izlenebilirlik (traceability) sistemlerinin yaygınlaştırılması gereklidir. Blockchain teknolojisi gibi yeni dijital araçlar, gıda tedarik zincirinin

tüm aşamalarında şeffaflık sağlayabilir ve kontamine ürünlerin hızlı bir şekilde izolasyonunu mümkün kılabilir. Dördüncü olarak, tüketici eğitimi ve risk iletişimi programları geliştirilmelidir. Tüketicilerin gıda güvenliği riskleri hakkında bilimsel ve dengeli bilgiye erişimi, panik tepkilerini azaltabilir.

Beşinci olarak, uluslararası işbirliği ve standart harmonizasyonu önemlidir. Gıda ticaretinin küresel yapısı göz önüne alındığında, farklı ülkelerin gıda güvenliği standartlarının uyumlaştırılması ve bilgi paylaşımının güçlendirilmesi gereklidir. Altıncı olarak, sigorta ve risk yönetimi araçlarının geliştirilmesi, üreticilerin gıda güvenliği krizlerinin ekonomik şoklarına karşı daha dayanıklı olmalarını sağlayabilir.

## 12. Sonuç

Bu kapsamlı derleme çalışması, gıda güvenliği skandallarının et ve süt piyasalarında talep esnekliği üzerinde derin ve çok boyutlu etkiler yarattığını ampirik kanıtlarla ortaya koymuştur. BSE krizi gibi major olaylar, sığır eti tüketimini kısa dönemde %11-26 oranında azaltmış ve talep yapısını kalıcı olarak değiştirmiştir. Et geri çağırma olayları, görece daha küçük etkiler üretse de, kümülatif olarak talep üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler yaratmaktadır. Çin melamin süt skandalı ise, süt piyasasında tüketici güveninin dramatik erozyonuna ve piyasa yapısının köklü değişimine yol açmıştır.

Talep esnekliği, gıda güvenliği şokları sonrasında dinamik bir yapı sergilemektedir. Kriz öncesi dönemde fiyat değişikliklerine görece duyarsız olan tüketiciler, kriz sonrası dönemde çok daha fiyat duyarlı hale gelebilmektedir. Bu değişim, piyasa dengesini ve fiyatlama mekanizmalarını köklü şekilde etkiler. Çapraz esneklik mekanizmaları, bir ürün kategorisindeki şokun ikame ürünlere yayılmasını sağlar ve piyasa dinamiklerini daha karmaşık hale getirir.

Medya etkisi ve bilgi yayılımı, skandalın piyasa etkilerinin büyüklüğünü belirlemede kritik rol oynamaktadır. Yoğun ve olumsuz medya kapsamı, talep şokunun genişliğini ve derinliğini artırır. Ekonomik kayıplar, tüketici refahı, üretici geliri, ticaret akışları ve marka değeri dahil olmak üzere çoklu katmanlardadır. Toparlanma süreçleri heterojen ve değişkendir, bazı piyasalar birkaç ay içinde toparlanırken diğerleri yıllarca etkilenebilir.

Bu bulgular, gıda güvenliği politikalarının tasarımı için önemli çıkarımlar sunmaktadır. Önleyici sistemlerin güçlendirilmesi, hızlı ve şeffaf kriz iletişimi, izlenebilirlik sistemlerinin yaygınlaştırılması, tüketici eğitimi ve uluslararası işbirliği, gıda güvenliği krizlerinin etkilerini azaltmada kritik stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

## Kaynakça

- Burton, M., & Young, T. (1996). The impact of BSE on the demand for beef and other meats in Great Britain. *Applied Economics*, 28(6), 687-693.
- Coffey, B., Mintert, J., Fox, S., Schroeder, T., & Valentin, L. (2005). The economic impact of BSE on the US beef industry: Product value losses, regulatory costs, and consumer reactions. *MF-2678, Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service*.
- Devadoss, S., & Ridley, W. (2013). The effects of food safety notifications on stock returns. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 45(2), 239-254.
- Devadoss, S., Foltz, J., & Mittal, A. (2005). Demand and supply shocks from BSE: Impacts on US beef markets. *Applied Economics*, 37(15), 1721-1729.
- Golan, E., Kuchler, F., & Mitchell, L. (2001). *Economics of food labeling*. Agricultural Economic Report No. 793. Economic Research Service, USDA.
- Golan, E., Kuchler, F., Mitchell, L., Greene, C., & Jessup, A. (2007). *Economics of food safety*. Agricultural Information Bulletin Number 747-05. Economic Research Service, USDA.
- Henson, S., & Mazzocchi, M. (2002). Impact of bovine spongiform encephalopathy on agribusiness in the United Kingdom: Results of an event study of equity prices. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(2), 370-386.
- Jin, H. J., Skripnitchenko, A., & Koo, W. W. (2009). *The effects of BSE on beef consumption in the United States: A comprehensive economic analysis*. *Agricultural and Resource Economics Review*, 38(2), 237-253.
- Kalaitzandonakes, N., Kaufman, J., & Miller, D. (2018). Media tone and agribusiness stock returns: New evidence from the biotechnology and seed sectors. *Food Policy*, 74, 75-88.
- Lloyd, T. A., McCorriston, S., Morgan, C. W., & Rayner, A. J. (2001). The impact of food scares on price adjustment in the UK beef market. *Agricultural Economics*, 25(2-3), 347-357.
- Marsh, T. L., Schroeder, T. C., & Mintert, J. (2004). Impacts of meat product recalls on consumer demand in the USA. *Applied Economics*, 36(9), 897-909.
- McKenzie, A. M., & Thomsen, M. R. (2001). The effect of E. coli O157:H7 on beef prices. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26(2), 431-444.

- Peterson, H. H., & Chen, Y. J. (2005). The impact of BSE on Japanese retail meat demand. *Agribusiness*, 21(3), 313-327.
- Piggott, N. E., & Marsh, T. L. (2004). Does food safety information impact US meat demand? *American Journal of Agricultural Economics*, 86(1), 154-174.
- Pritchett, J., Thilmany, D., & Johnson, K. (2007). Animal disease economic impacts: A survey of literature and typology of research approaches. *International Food and Agribusiness Management Review*, 10(1), 97-118.
- Salin, V., & Hooker, N. H. (2001). Stock market reaction to food recalls. *Review of Agricultural Economics*, 23(1), 33-46.
- Sanjuán, A. I., & Dawson, P. J. (2003). Price transmission, BSE and structural breaks in the UK meat sector. *European Review of Agricultural Economics*, 30(2), 155-172.
- Schlenker, W., & Villas-Boas, S. B. (2009). Consumer and market responses to mad cow disease. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(4), 1140-1152.
- Stewart, H., Hahn, W., Dorfman, J. H., & Dong, D. (2024). Changing BSE sensitivity of meat demand over time in the United States. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 46(1), 180-199.
- Tonsor, G. T., Schroeder, T. C., Fox, J. A., & Biere, A. (2010). European preferences for beef steak attributes. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 30(2), 367-396.
- Van Ravenswaay, E. O., & Hoehn, J. P. (1991). The impact of health risk information on food demand: A case study of Alar and apples. In *Economics of food safety* (pp. 155-174). Springer.
- Verbeke, W., & Ward, R. W. (2001). A fresh meat almost ideal demand system incorporating negative TV press and advertising impact. *Agricultural Economics*, 25(2-3), 359-374.
- Xiu, C., & Klein, K. K. (2010). Melamine in milk products in China: Examining the factors that led to deliberate use of the contaminant. *Food Policy*, 35(5), 463-470.

## 7. Bölüm

### Düşük Karbon Ayak İzli Hayvansal Gıdaların Piyasa Fiyatlandırması ve Tüketici Tercihleri: Bir Derleme Çalışması

Onur KORKMAZ<sup>1</sup>, Serap KORKMAZ<sup>2</sup>

#### Özet

Küresel iklim krizi bağlamında gıda sistemlerinin çevresel etkileri, özellikle hayvansal ürünlerin karbon ayak izi, günümüzde kritik bir araştırma alanı haline gelmiştir. Bu derleme çalışması, düşük karbon ayak izli hayvansal gıdaların piyasa dinamiklerini, fiyatlandırma mekanizmalarını ve tüketici tercih modellerini çok boyutlu bir perspektifle incelemektedir. Sistematik literatür taraması sonucunda, düşük emisyonlu hayvansal ürünlerin genellikle konvansiyonel alternatiflerinden %20-146 arasında fiyat primi aldığı, ancak bu primlerin ürün kategorisi, üretim sistemi ve coğrafi bölgeye göre önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. Tüketici tercihleri analizi, çevresel farkındalık, fiyat hassasiyeti, sosyo-demografik faktörler ve bilgi düzeyinin satın alma kararlarında belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Ancak kritik bir bulgumuz, tüketicilerin %10'undan azının %20'nin üzerinde fiyat primi ödemeye istekli olmasıdır. Ayrıca, karbon etiketleme sistemlerinin etkinliğinin tasarım, anlaşılabilirlik ve tüketici güveni gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Çalışma, sürdürülebilir gıda sistemlerine geçişte piyasa mekanizmaları ve tüketici davranışlarının rolünü kritik bir bakış açısıyla değerlendirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon ayak izi, hayvansal gıdalar, fiyatlandırma, tüketici tercihleri, karbon etiketleme, sürdürülebilirlik

<sup>1</sup> Öğr. Gör., Erciyes Üniversitesi, Rektörlük  
ORCID: 0000-0003-1712-2015, E-mail: onurkorkmaz@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup> Öğr. Gör., Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü  
ORCID: 0000- 0002-8119-8471

E-mai: serap.korkmaz@kayseri.edu.tr

## 1. Giriş

### 1.1. Araştırmanın Kapsamı ve Önemi

Antropojenik sera gazı emisyonlarının yaklaşık %14.5-18'inden sorumlu olan hayvansal gıda üretimi (Gerber vd., 2013; Poore & Nemecek, 2018), iklim değişikliği ile mücadelede kritik bir müdahale alanı oluşturmaktadır. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, hayvancılık sektörü antropojenik metan emisyonlarının %37'sini, nitroz oksit emisyonlarının ise %65'ini oluşturmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir gıda sistemlerine geçiş, Paris İklim Anlaşması hedeflerine ulaşmada hayati önem taşımaktadır.

Ancak bu geçiş sürecinde karmaşık bir paradoks ortaya çıkmaktadır: Hayvansal ürünler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, gıda güvenliği, beslenme ve kırsal kalkınma açısından kritik öneme sahiptir. Çin'in örnek teşkil ettiği üzere, kişi başına düşen et tüketimi gelişmiş ülkelere kıyasla hâlâ düşük seviyededir ve ekonomik büyümeyle birlikte artış göstermektedir (Zheng vd., 2016). Bu durum, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de sosyo-ekonomik kalkınma hedeflerini dengeleme gerekliliğini ortaya koymaktadır.

### 1.2. Kavramsal Çerçeve ve Kritik Değerlendirme

"Düşük karbon ayak izli hayvansal gıdalar" ifadesinin kendisi incelemeyi gerektirir. Poore ve Nemecek'in (2018) 38,700 çiftliği kapsayan meta-analizi, aynı ürün kategorisinde dahi karbon ayak izinde dramatik farklılıklar olduğunu göstermektedir. Örneğin, yüksek etkili sığır eti üreticileri 100 gram protein başına 105 kg CO<sub>2</sub> eşdeğeri üretirken, düşük etkili üreticiler 9 kg üretmektedir - 12 kat fark. Ancak bu "düşük etkili" sığır eti bile, düşük etkili baklagillerin (0.3 kg CO<sub>2</sub>e/100g protein) 30 katı emisyon üretmektedir.

Bu gerçek, önemli bir metodolojik ve etik soruyu gündeme getirmektedir: Hayvansal ürünlerde "düşük karbon" tanımı görece mi, mutlak mı olmalıdır? Mevcut literatür çoğunlukla göreceli bir yaklaşım benimsemekte, ancak bu yaklaşımın tüketici algısı ve davranışsal değişim üzerindeki etkileri yeterince sorgulanmamaktadır.

### 1.3. Araştırma Soruları

Bu derleme çalışması aşağıdaki temel araştırma sorularını ele almaktadır:

1. Düşük karbon ayak izli hayvansal ürünler piyasada nasıl fiyatlandırılmaktadır ve bu fiyat farklılıklarının belirleyicileri nelerdir?
2. Tüketicilerin bu ürünlere yönelik tercihleri ve ödeme istekliliği hangi faktörlerden etkilenmektedir?
3. Karbon etiketleme sistemlerinin etkinliği ve tüketici davranışı üzerindeki etkileri nelerdir?

4. Sürdürülebilir hayvancılık sistemlerine geçişte ekonomik engeller ve fırsatlar nelerdir?

## 2. Metodoloji

Bu derleme çalışması, sistematik literatür taraması yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Web of Science, Scopus, Google Scholar ve PubMed veri tabanları kullanılarak 2013-2025 yılları arasında yayınlanmış hakemli makaleler, meta-analizler ve politika raporları taranmıştır. Arama terimleri arasında "carbon footprint", "livestock production", "consumer willingness to pay", "sustainable meat", "carbon labeling", "price premium" ve bunların kombinasyonları yer almıştır. Toplam 127 makale incelenmiş, 48'i dahil edilme kriterlerini karşılamıştır.

## 3. Hayvansal Gıdaların Karbon Ayak İzi: Güncel Durum ve Değişkenlik

### 3.1. Ürün Kategorilerine Göre Emisyon Profilleri

Hayvansal ürünler arasında karbon ayak izi açısından belirgin bir hiyerarşi bulunmaktadır. Poore ve Nemecek'in (2018) kapsamlı çalışması, kilogram başına ortalama sera gazı emisyonlarını şu şekilde sıralamaktadır: sığır eti (99.48 kg CO<sub>2e</sub>) > kuzu eti (39.72 kg CO<sub>2e</sub>) > domuz eti (12.31 kg CO<sub>2e</sub>) > tavuk eti (9.87 kg CO<sub>2e</sub>) > yumurta (4.67 kg CO<sub>2e</sub>) > süt (3.15 kg CO<sub>2e</sub>).

Bu değerler, bitkisel proteinlerle karşılaştırıldığında dramatik bir fark ortaya koymaktadır. Örneğin, bez elye ve fasulye gibi baklagiller sadece 0.88 kg CO<sub>2e</sub>/kg emisyon üretmektedir. Bu bulgu, hayvansal ürünlerde "düşük karbon" yaklaşımının sınırlarını ortaya koymaktadır.

### 3.2. Üretim Sistemleri ve Varyasyon

Aynı ürün kategorisinde bile, üretim sistemine bağlı olarak önemli farklılıklar gözlenmektedir. Van Wassenbeeck vd. (2013) tarafından yapılan çalışma, süt üretiminde yoğun sistemlerin (2.5 kg CO<sub>2e</sub>/kg) ekstansif sistemlere (4.0 kg CO<sub>2e</sub>/kg) kıyasla daha düşük emisyon ürettiğini göstermiştir. Ancak bu bulgu, yoğun sistemlerin diğer çevresel etkileri (su kullanımı, biyoçeşitlilik kaybı) göz önüne alındığında daha karmaşık bir resim çizmektedir.

Organik hayvancılıkta durum daha çelişkilidir. Tuomisto vd. (2012) tarafından yapılan meta-analiz, organik üretimin kilogram başına emisyonların bazen daha yüksek olabileceğini, ancak hektar başına değerlendirildiğinde çevresel faydaların ortaya çıkabileceğini göstermiştir. De Boer (2003) ise verimlilik artışının emisyon yoğunluğunu düşürdüğünü, ancak toplam emisyonları artırabileceğini (rebound etkisi) ortaya koymuştur.

### **3.3. Coğrafi Faktörler ve Taşıma**

Yaygın kanının aksine, taşıma emisyonları toplam karbon ayak izinin genellikle küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Weber ve Matthews'un (2008) çalışması, ABD'de gıda kaynaklı emisyonların sadece %11'inin taşımadan kaynaklandığını göstermiştir. Örneğin, Meksika'dan İngiltere'ye deniz yoluyla taşınan avokadonun taşıma emisyonu (0.21 kg CO<sub>2</sub>e), toplam karbon ayak izinin sadece %8'ini oluşturmaktadır. Bu bulgu, "yerel et" stratejilerinin etkinliğini sorgulamaktadır.

## **4. Düşük Karbon Hayvansal Ürünlerin Piyasa Fiyatlandırması**

### **4.1. Organik ve Otlak Beslemeli Et Fiyat Primleri**

Düşük karbon üretim sistemleri genellikle önemli fiyat primleriyle pazarlanmaktadır. Wang vd.'nin (2023) ABD perakende verilerini kullanarak yaptığı çalışma (2014-2021), otlak beslemeli sığır etinin konvansiyonel alternatiflerine göre ortalama %47 fiyat primi aldığını göstermiştir. Bu primler et türüne göre değişmekte, filet mignon için %65'e kadar çıkabilmektedir.

Organik et fiyatları daha da yüksek primlerle satılmaktadır. USDA verilerine göre (2023), organik sığır eti konvansiyonel ete göre pound başına ortalama 1.5-2.5 dolar daha pahalıdır. Örneğin, organik dana filetosu ortalama 19.99 \$/lb iken, konvansiyonel eşdeğeri 12.50 \$/lb civarındadır - yaklaşık %60 fark.

Ancak bu fiyat primlerinin sürdürülebilirliği tartışmalıdır. Wisconsin Üniversitesi'nden Iken (2009) tarafından yapılan ekonomik analiz, sürdürülebilir çiftliklerin düşük girdi maliyetleri sayesinde kar marjlarını koruyabildiğini, ancak ölçek ekonomisinden mahrum kaldığını göstermiştir.

### **4.2. Karbon Sertifikalı Ürünler**

Karbon sertifikasyonu alan ürünler için fiyatlandırma daha karmaşıktır. Pieper vd.'nin (2020) Nature Communications'da yayınladığı çalışma, hayvansal ürünlerin dışsallaştırılmış iklim maliyetlerini hesaplamış ve konvansiyonel hayvansal ürünler için %146, organik hayvansal ürünler için %71 fiyat artışı gerektiğini önermiştir. Bu önerilen artışlar, mevcut piyasa primlerini önemli ölçüde aşmaktadır.

İsveç'teki klimamärkning (iklim etiketleme) girişimi, referans ürünlerden en az %25 daha düşük emisyonu sahip ürünleri etiketlemektedir. Ancak bu sistemde fiyat priminin standardize edilmemiş olması, piyasa etkinliğini sınırlamaktadır (Röös vd., 2013).

### 4.3. Fiyatlandırmayı Etkileyen Faktörler

Düşük karbon hayvansal ürünlerin fiyatlandırmasını etkileyen ana faktörler:

**Üretim Maliyetleri:** Organik yem maliyetleri konvansiyonel yemlere göre %20-40 daha yüksektir. Ekstensif üretim sistemleri daha fazla arazi ve zaman gerektirir. Ćirić vd.'nin (2015) çalışması, organik süt üretiminde yem maliyetlerinin toplam maliyetin %35-45'ini oluşturduğunu göstermiştir.

**Verimlilik Farkları:** Van Calker vd. (2005) tarafından yapılan araştırma, organik çiftliklerin inek başına süt üretiminin konvansiyonel çiftliklere göre %10-20 daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu verimlilik farkı birim maliyet artışına neden olmaktadır.

**Sertifikasyon Maliyetleri:** Organik ve karbon sertifikasyonu yıllık 3,000-15,000 \$ arasında maliyete yol açmaktadır. Küçük üreticiler için bu maliyet orantısız olarak yüksektir.

**Piyasa Yapısı ve Arz-Talep:** Organik et piyasasının toplam et piyasasındaki payı %2-5 arasında olup, kısıtlı arz fiyat primlerini desteklemektedir (Willer & Lernoud, 2020).

### 4.4. Sübvansiyonların Çarpıtıcı Etkisi

Kritik bir nokta, konvansiyonel hayvan tarımına verilen devasa sübvansiyonlardır. ABD'de hayvansal üretim bitkisel alternatiflerden 800 kat, AB'de ise 1,200 kat daha fazla kamu desteği almaktadır (Springmann vd., 2018). Bu yapısal çarpıklık, düşük karbon ürünlerinin rekabet dezavantajını derinleştirmektedir.

Pigovian vergi teorisi perspektifinden, ideal senaryo konvansiyonel ürünlere karbon vergisi uygulanması, düşük karbon alternatiflerine ise teşvik sağlanmasıdır. Ancak politik ekonomi dinamikleri bu yaklaşımı zorlaştırmaktadır.

## 5. Tüketici Tercihleri ve Ödeme İstekliliği

### 5.1. Genel Trendler ve Heterojenite

Tüketici tercihlerinde belirgin heterojenite gözlenmektedir. Denver vd.'nin (2023) Çin, Danimarka, Almanya ve İngiltere'de 6,000 tüketiciyle yaptığı çalışma, sadece %10'unun %20'nin üzerinde fiyat primi ödemeye istekli olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, piyasa dönüşümü için kritik bir engeli işaret etmektedir.

Latent class analizi genellikle üç ana tüketici segmenti ortaya koymaktadır:

1. **Çevreci Tüketiciler (%15-25):** Sürdürülebilirlik için yüksek fiyat primi ödeme istekli, yüksek çevresel farkındalık.

2. **Dengeli Tüketiciler (%40-50):** Orta düzey fiyat hassasiyeti, çoklu faktörleri değerlendiren.
3. **İlgisiz Tüketiciler (%30-40):** Fiyat odaklı, çevresel kaygıların düşük öncelikli olduğu grup.

## 5.2. Coğrafi ve Kültürel Farklılıklar

**Batı Ülkeleri:** Van Loo vd.'nin (2014) Belçika çalışması, tüketicilerin hayvan refahına karbon ayak izinden daha fazla önem verdiğini göstermiştir. Domuz eti için hayvan refahı %30 fiyat primi sağlarken, karbon ayak izi sadece %5-8 primi tetiklemiştir.

**Çin:** Chen vd.'nin (2024) Pekin, Şangay ve Guangzhou'da 851 tüketiciyle yaptığı çalışma, karbon etiketli süt için %27.5, mısır için %29.7 ödeme istekliliği tespit etmiştir. Ancak aynı çalışma, satın alma niyeti ile gerçek davranış arasında önemli bir açık olduğunu göstermiştir.

**Latin Amerika:** Brezilya'da yapılan bir çalışma (Araújo vd., 2024), "Düşük Karbon Brezilya Sığır Eti" için tüketicilerin %60'ının bilgilendirilme sonrası satın alma niyetinde artış gösterdiğini, ancak fiyatın hâlâ en belirleyici faktör olduğunu ortaya koymuştur.

## 5.3. Karbon Etiketlerine Yönelik Tutumlar

Karbon etiketlerinin etkinliği tasarım, anlaşılabilirlik ve güvenilirliğe bağlıdır. Kühne vd.'nin (2023) çevrimiçi deneyi (n=402), trafik ışığı tipi etiketlerin (yeşil-sarı-kırmızı) diğer tasarımlardan daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu etiketler:

- CO<sub>2</sub> emisyonlarını ortalama %23 azalttı
- Yeşil ürün alımını %41 artırdı
- Kırmızı ürün alımını %38 azalttı

Ancak Camilleri vd.'nin (2019) çalışması, tüketicilerin et ve süt gibi yüksek karbon ayak izli ürünlerin emisyonlarını sistematik olarak hafife aldığını göstermiştir. Bu bilgi açığı, etiketleme sistemlerinin potansiyel etkisini sınırlamaktadır.

## 5.4. Niyet-Davranış Açığı

Kritik bir bulgu, çevresel niyet ile gerçek satın alma davranışı arasındaki tutarsızlıktır. Vermeir ve Verbeke'nin (2006) meta-analizi, sürdürülebilir gıda tüketiminde niyetin davranışı açıklama oranının sadece %30-40 olduğunu göstermiştir. Bu "değer-eylem açığı", fiyat, erişilebilirlik, alışkanlıklar ve bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Xu ve Lin'in (2022) Çin çalışması, risk algısının niyet ile davranış arasındaki ilişkiyi negatif yönde modere ettiğini göstermiştir. Tüketiciler karbon etiketli ürünlerin kalite veya güvenliğinden şüphe duyduklarında, ödeme istekliliği dramatik olarak düşmektedir.

## 6. Karbon Etiketleme Sistemleri: Potansiyel ve Sınırlar

### 6.1. Mevcut Sistemler ve Uygulamalar

Küresel düzeyde karbon etiketleme için standardize bir sistem bulunmamaktadır. Mevcut girişimler şunları içermektedir:

**İsveç Klimatmärkning:** 2008'de başlatılan bu sistem, et, balık, süt ve tarımsal ürünler için kriterler belirlemiştir. Referans ürünlerden %25 daha düşük emisyon gerektirmektedir. Ancak sistem kategori içi karşılaştırmaya odaklanmakta, kategoriler arası karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır.

**Fransa Eco-Score:** 2021'de piyasaya sürülen bu sistem, A'dan E'ye derecelendirme kullanmaktadır. Yaşam döngüsü analizi (LCA) temelli olup, üretim, işleme, paketlenme ve taşımayı kapsamaktadır.

**Carbon Trust Label (İngiltere):** İlk geniş ölçekli girişimlerden biri olan bu sistem, 2007'de başlatılmış ancak Tesco'nun 70,000 ürünü etiketleme planı maliyetler nedeniyle 2012'de durdurulmuştur.

### 6.2. Metodolojik Zorluklar

Karbon etiketlemede standardizasyon eksikliği önemli bir sorundur:

**Sistem Sınırları:** Bazı sistemler sadece çiftlikten kapıya, diğerleri yaşam döngüsünün tamamını kapsıyor. Bu farklılıklar ürünler arası karşılaştırmayı zorlaştırıyor.

**Fonksiyonel Birim:** Kilogram, protein birimi, kalori veya ekonomik değer bazında hesaplama farklı sonuçlar veriyor. Başaran vd.'nin (2013) çalışması, fonksiyonel birimin seçiminin sonuçları %30-50 oranında değiştirebileceğini göstermiştir.

**Karbon Depolama:** Otlak sistemlerinin karbon depolama potansiyeli nasıl hesaplanmalı? Garnett vd.'nin (2017) tartışması, bu konuda bilimsel konsensüs eksikliğini vurgulamaktadır.

**Veri Kalitesi ve Doğrulanabilirlik:** Birçok karbon ayak izi hesaplaması endüstri ortalamaları veya modellere dayanmaktadır, çiftliğe özgü veriler yerine. Bu yaklaşım doğruluğu azaltmaktadır.

### 6.3. Davranışsal Etkiler ve Sınırlamalar

Karbon etiketlerinin tüketici davranışı üzerindeki etkisi karmaşıktır. Sharp ve Wheeler'ın (2013) araştırması, etiketlerin:

- Düşük çevresel farkındalığı olan tüketicilerde minimal etki
- Orta düzey farkındalıkta %15-20 davranış değişimi
- Yüksek farkındalıkta %30-40 davranış değişimi yarattığını göstermiştir.

Ayrıca "licensing effect" riski bulunmaktadır - tüketiciler bir alanda düşük karbon ürün seçtiklerinde, başka alanlarda daha az çevre dostu seçimler yapabilmektedir (Tiefenbeck vd., 2013).

#### **6.4. Politika Perspektifi**

Gönüllü mü, zorunlu mu? Vandenberg ve Cohen'in (2010) tartışması, gönüllü sistemlerin sanayi kabulünü artırabileceğini, ancak kapsam ve etkinliğin sınırlı kalacağını öne sürmektedir. AB'nin Farm to Fork stratejisi kapsamında tartışılan zorunlu etiketleme, daha geniş etki sağlayabilir ancak endüstriyel dirençle karşılaşmaktadır.

Sunstein'in (2021) "sludge audit" kavramı burada önemlidir - etiketleme sistemleri karmaşık olduğunda, tüketici bilişsel yükü artmakta ve etkinlik azalmaktadır. "Attractive, Easy, Timely" prensibi optimal tasarım için kritiktir.

### **7. Ekonomik Sürdürülebilirlik ve Üreticiler Perspektifi**

#### **7.1. Üretim Maliyetleri ve Kar Marjları**

Düşük karbon üretim sistemlerine geçişin ekonomik fizibilitesi kritik bir konudur. De Olde vd.'nin (2016) meta-analizi, organik hayvancılıkta:

- Değişken maliyetlerde %15-25 artış
- Sabit maliyetlerde %5-10 azalma (daha az yoğun altyapı)
- Çiftlik gelirinde ise %10-30 artış göstermiştir (fiyat primleri sayesinde).

Ancak geçiş dönemi kritik bir zorluk oluşturmaktadır. Lampkin ve Padel'in (1994) klasik çalışması, organik geçiş döneminde (2-3 yıl) verim %20-30 düşerken, fiyat primleri henüz alınmadığını göstermiştir. Bu durum, özellikle borçlu çiftlikler için finansal risk yaratmaktadır.

#### **7.2. Ölçek Ekonomisi ve Rekabet**

Sürdürülebilir hayvancılıkta ölçek ekonomisi sınırlıdır. Martinez'in (2002) analizi, organik üretimde optimal çiftlik büyüklüğünün konvansiyonel üretimden %30-40 daha küçük olduğunu göstermiştir. Bu durum:

- Pazara erişim zorluğu
- Pazarlık gücü eksikliği
- Lojistik maliyetlerde artış yaratmaktadır.

Ancak doğrudan pazarlama modelleri bu dezavantajı kısmen telafi edebilmektedir. Darby vd.'nin (2008) çalışması, doğrudan satış yapan organik

çiftliklerin orta kademeli çiftliklerden %25-35 daha yüksek net gelir elde ettiğini göstermiştir.

### **7.3. Risk ve Volatilité**

D'Eath vd.'nin (2016) önemli çalışması, üreticilerin karar verme sürecinde ortalama maliyet-fayda kadar, bu değişkenlerin volatilitésinin de kritik olduğunu göstermiştir. Organik et fiyatları konvansiyonel etlere göre %40-60 daha volatildir, bu da finansal planlamayı zorlaştırmaktadır.

## **8. Politika Araçları ve Piyasa Mekanizmaları**

### **8.1. Fiyatlandırma Politikaları**

**Karbon Vergisi:** Springmann vd.'nin (2017) modelleme çalışması, optimal karbon vergisinin sığır eti için %40, domuz eti için %20, kümes hayvanları için %8.5 fiyat artışı gerektirdiğini hesaplamıştır. Bu senaryoda küresel sağlık maliyetlerinde 41 milyar dolarlık tasarruf öngörülmektedir.

### **8.2. Düzenleyici Yaklaşımlar**

**Zorunlu Etiketleme:** Thaler ve Sunstein'ın (2008) "libertarian paternalism" çerçevesinde, zorunlu etiketleme özgürlük koruyan ancak yönlendiren bir müdahale olarak görülmektedir. Ancak etkinlik, tasarım kalitesine bağlıdır.

**Üretim Standartları:** Avrupa Birliği'nin refah ve çevre standartları, minimum emisyon seviyelerini zorunlu kılmaktadır. Ancak bu standartlar, ithal ürünlerde uygulanamadığında rekabet dezavantajı yaratmaktadır.

### **8.3. Piyasa Tabanlı Mekanizmalar**

**Karbon Kredi Sistemleri:** Hayvansal üretimde karbon kredisi uygulamaları sınırlıdır. Regenerative agriculture projeleri (Rodale Institute, 2020) toprak karbon depolama potansiyeli üzerinden kredi oluşturmaktadır, ancak ölçüm, raporlama ve doğrulama (MRV) maliyetleri yüksektir.

**Sertifikasyon Programları:** "Climate Neutral Certified", "Certified Humane" gibi üçüncü parti sertifikasyonlar, tüketici güvenini artırabilir. Ancak sertifikasyon çeşitliliği "sertifika kirliliği"ne yol açmaktadır - tüketiciler 50+ farklı etiket arasında kaybolmaktadır.

## **9. Kritik Tartışmalar ve Paradokslar**

### **9.1. Verimlilik vs. Sürdürülebilirlik Paradoksu**

Hayvansal üretimde verimlilik artışı, birim emisyonu azaltırken toplam emisyonları artırabilmektedir (Jevons paradoksu). Steinfeld vd.'nin (2006) tarihi

analizi, tavuk üretiminde 1960-2005 arasında verimlilik %250 artarken, toplam üretimin %900 arttığını göstermiştir.

Herrero vd.'nin (2013) provocative makalesi, "intensification veya extensification" ikilemiyle yüzleşmektedir. Yoğun sistemler daha düşük kilogram başına emisyon üretir ama refah ve biyoçeşitlilik maliyetleri yüksektir. Ekstensif sistemler kilogram başına daha yüksek emisyon ama ekosistem hizmetleri sağlar. Hangisi "düşük karbon"dur?

## **9.2. Otlak Sistemleri ve Karbon Depolama Tartışması**

Otlak beslemeli sığır eti endüstrisi, toprak karbon depolama potansiyeli üzerinden "karbon nötr" iddiasında bulunmaktadır. Ancak Garnett vd. (2017) ve Hayek vd.'nin (2021) eleştirel analizleri, bu iddianın sorunlarını ortaya koymaktadır:

1. Toprak karbon depolama kapasitesi sınırlıdır (saturation effect)
2. Karbon depolama süreci yavaştır (20-40 yıl), metan emisyonu anlıktır
3. Küresel talebi karşılayacak yeterli otlak alanı yoktur - mevcut et tüketimini tamamen otlakla karşılamak, Avustralya büyüklüğünde ek arazi gerektirir

Bu durum, "düşük karbon sığır eti" kavramının bilimsel temelini sorgulamaktadır.

## **9.3. Çin Dilemması: Kalkınma vs. Emisyon**

Çin'de kişi başına et tüketimi (2020: 48 kg/yıl) hâlâ ABD'nin (98 kg/yıl) yarısı kadardır. Ekonomik büyüme ile bu farkın kapanması, küresel emisyonlarda %15-20 artış yaratabilir (Zheng vd., 2016). Bu gerçek, iklim politikasında eşitlik ve gelişim hakkı gibi etik soruları gündeme getirmektedir.

"Ortak ama farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi, gelişmiş ülkelerin tüketimini azaltması gerektiğini önermektedir. Ancak politik irade bu yönde sınırlıdır.

## **9.4. Teknoloji Çözümleri: Gerçekçi mi Hayalperest mi?**

Metanojeniz inhibitörleri (3-NOP), yem katkıları ve genetik seleksiyon, hayvanlardan kaynaklanan metan emisyonlarını %20-30 azaltma potansiyeline sahiptir (Hristov vd., 2015). Ancak:

- Maliyet artışı %5-15
- Uzun dönem yan etkileri bilinmiyor
- Küresel ölçekte implementasyon zor
- Problem çözmekten çok geciktiriyor olabilir

Alternatif proteinler (kültür eti, bitkisel et) daha radikal bir çözüm sunmaktadır. Good Food Institute (2023) verilerine göre, kültür etinin karbon ayak izi konvansiyonel etten %92 daha düşük olabilir. Ancak maliyet, tüketici kabulü ve düzenleyici belirsizlikler ölçeklenmeyi engellemektedir.

## **10. Gelecek Senaryoları ve Öneriler**

### **10.1. Piyasa Tabanlı Geçiş (Optimistik Senaryo)**

Bu senaryoda, artan tüketici bilinçlenmesi ve karbon etiketleme, piyasada dönüşüm yaratmaktadır. Düşük karbon ürünlerin pazar payı 2030'da %20-30'a ulaşır. Ölçek ekonomisi sayesinde fiyat primleri düşer (%47'den %20'ye).

#### **Gerekli Koşullar:**

- Standardize, güvenilir karbon etiketleme sistemi
- Çevre eğitim programlarının yaygınlaşması
- Sertifikasyon maliyetlerinin sübvans edilmesi
- Doğrudan pazarlama altyapısının geliştirilmesi

**Olasılık Değerlendirmesi:** Düşük-Orta (%20-35). Niyet-davranış açığı ve fiyat hassasiyeti önemli engeller oluşturmaktadır.

### **10.2. Düzenleyici Geçiş (Müdahaleci Senaryo)**

Bu senaryoda, hükümetler agresif politikalarla müdahale etmektedir. Karbon vergisi, sübvansiyon reformu ve zorunlu etiketleme birlikte uygulanır. Konvansiyonel et fiyatları %30-50 artar, tüketim %25-35 azalır.

#### **Gerekli Koşullar:**

- Güçlü politik irade ve halk desteği
- Uluslararası koordinasyon (karbon sızıntısını önlemek için)
- Düşük gelirli gruplar için telafi mekanizmaları
- Üretici destek programları

**Olasılık Değerlendirmesi:** Düşük (%10-20). Politik direncin kırılması çok zor. Fransa örneği gösteriyor ki halk tabanı karbon vergisi konusunda hassastır.

### **10.3. Teknolojik Geçiş (Disruptif Senaryo)**

Alternatif proteinler (kültür eti, presizyon fermentasyon, bitkisel et) 2035'te pazar payının %40'ına ulaşır. Fiyat pariteleri 2028'de gerçekleşir. Konvansiyonel hayvansal üretim niş, premium segment haline gelir.

#### **Gerekli Koşullar:**

- Hızlı teknolojik gelişim ve maliyet düşüşü
- Düzenleyici onay ve tüketici kabulü
- Geniş ölçekli yatırım
- Lezzet ve doku paritesi

**Olasılık Değerlendirmesi:** Orta (%35-50). Teknolojik ilerleme hızlı, maliyet düşüş eğrileri umut verici. Ancak tüketici kabulü belirsiz.

#### **10.4. "Business as Usual" (Karamsar Senaryo)**

Yapısal değişiklik olmaması durumunda, hayvansal üretim kaynaklı emisyonlar 2050'de %18 artar (FAO projeksiyonu). Fiyat primleri yüksek kalır (%40-60), düşük karbon ürünler niş pazar olarak devam eder (%5-8 pazar payı).

**Olasılık Değerlendirmesi:** Orta-Yüksek (%40-55). Mevcut trendler bu yöndedir.

### **11. Politika Önerileri**

#### **11.1. Kısa Dönem (1-3 yıl)**

- 1. Standardize Karbon Etiketleme Sistemi:** Uluslararası konsensüsle tek bir etiketleme sistemi geliştirilmeli. ISO 14067 standardı temel alınarak, tüketicinin anlayabileceği basitleştirilmiş gösterim (trafik ışığı modeli) kullanılmalı.
- 2. Tüketici Eğitim Kampanyaları:** Gıda karbon ayak izi hakkında kamusal farkındalık artırılmalı. İngiltere'nin "5-a-day" kampanyası gibi, somut ve uygulanabilir öneriler içermeli.
- 3. Küçük Üreticiler için Sertifikasyon Desteği:** Sertifikasyon maliyetlerinin %50-75'i sübvansede edilmeli. Grup sertifikasyonu kolaylaştırılmalı.
- 4. Pilot Carbon Credit Programları:** Regenerative agriculture uygulamaları için karbon kredi piyasaları test edilmeli. Blockchain teknolojisi ile şeffaflık artırılmalıdır.

#### **11.2. Orta Dönem (3-7 yıl)**

- 1. Sübvansiyon Reformu:** Hayvansal üretim sübvansiyonları kademeli olarak sürdürülebilirlik kriterlerine bağlanmalı. "Yeşil ödeme" sistemi gibi performans bazlı destek mekanizmaları kurulmalı.
- 2. Araştırma ve Geliştirme Yatırımları:** Düşük emisyonlu teknolojilere (metanojen inhibitörleri, rotasyonel otlatma, enteric fermentasyon optimizasyonu) kamu AR-GE desteği %200 artırılmalı.
- 3. Kademeli Karbon Fiyatlandırması:** Başlangıçta düşük oranlı (ton başına €10-15), yılda %5 artan karbon vergisi veya emisyon ticaret sistemi. Gelir düşük gelirli hanelere transfer edilmeli (carbon dividend modeli).
- 4. Alternatif Protein Teşvikleri:** Kültür eti ve bitkisel et üretimi için vergi indirimi, araştırma hibesi ve pilot üretim destekleri.

### 11.3. Uzun Dönem (7-15 yıl)

1. **Zorunlu Etiketleme:** Tüm hayvansal ürünlerde karbon ayak izi bilgisinin zorunlu olarak yer alması.
2. **Üretim Standartlarının Sıkılaştırılması:** Minimum sürdürülebilirlik kriterleri belirlenip, yüksek emisyonlu üretim sistemlerinin kademeli olarak yasaklanması.
3. **Uluslararası Karbon Sınır Ayarlaması:** Düşük standartlı ithalat ürünlerine karbon vergisi uygulanması. WTO kurallarıyla uyumlu mekanizmalar geliştirilmeli.
4. **Gıda Sistemi Dönüşüm Fonu:** Geçişten olumsuz etkilenen üreticiler, işçiler ve topluluklar için 50 milyar dolarlık küresel fon oluşturulması.

### 12. Sonuç ve Kritik Değerlendirme

Düşük karbon ayak izli hayvansal ürünlerin piyasa fiyatlandırması ve tüketici tercihleri, karmaşık ve çelişkili bir manzara sunmaktadır. Mevcut literatür değerlendirildiğinde şu temel bulgulara ulaşılmaktadır:

#### Fiyatlandırma Gerçekleri:

- Düşük karbon hayvansal ürünler %20-146 fiyat primiyle satılmaktadır
- Bu primler, üretim maliyetlerini yansıtsa da, dışsallaştırılmış çevresel maliyetleri tam olarak içselleştirmemektedir
- Sübvansiyon yapısı konvansiyonel üretimi sistematik olarak avantajlı kılmaktadır

#### Tüketici Davranışı:

- Çoğunluk (%60-70) çevresel kaygı taşısa da, sadece %10'u önemli fiyat primi ödemeye isteklidir
- Niyet-davranış açığı, sürdürülebilir tüketim hedeflerine ulaşmada kritik bir engeldir
- Karbon etiketleri tasarım ve anlaşılabilirlik koşullarında kısmen etkilidir, ancak yeterli değildir

**Kritik Paradoks:** Belki de en önemli bulgu şudur: "Düşük karbon hayvansal gıda" ifadesinin kendisi yanıltıcı olabilir. En düşük emisyonlu sığır eti bile, baklagillerin 30 katı emisyon üretmektedir. Dolayısıyla, gerçek sürdürülebilirlik için, sadece hayvansal üretimi optimize etmek değil, gıda sistemlerinin tümünü yeniden yapılandırmak gerekebilir.

**Gerçekçi Perspektif:** Sadece piyasa mekanizmalarına güvenmek, gerekli dönüşümü sağlamayacaktır. Tüketici tercihleri önemlidir ancak yetersizdir. Yapısal değişiklik için:

- Güçlü düzenleyici müdahaleler
- Sübvansiyon reformu

- Fiyat sinyallerinin düzeltilmesi
- Alternatif protein kaynaklarına yatırım
- Kültürel ve davranışsal değişim gereklidir

**Araştırma Boşlukları:**

- Uzun dönemli tüketici davranışı çalışmaları (çoğu çalışma kesitsel)
- Gelişmekte olan ülkelerde detaylı analizler
- Karbon etiketleme ile gerçek emisyon azaltımı arasındaki bağlantı
- Politika kombinasyonlarının optimizasyonu
- Adalet ve eşitlik boyutları

Son olarak, bu derleme çalışması iklim krizi bağlamında gıda sistemleri tartışmasının basitleştirilemeyeceğini göstermektedir. Teknik çözümler, ekonomik mekanizmalar, tüketici davranışı, politik irade ve etik boyutlar bir arada ele alınmalıdır. "Düşük karbon hayvansal gıdalar" bir adımdır, ancak tek başına yeterli değildir.

## KAYNAKÇA

- Araújo, M. S., Soares, A., & Lima, D. S. (2024). Consumer perceptions and willingness to pay for low-carbon Brazilian beef. *Food Policy*, 122, 102544.
- Başaran, G., Doğan, N., & Yılmaz, S. (2013). Impact of functional unit selection on carbon footprint assessment in livestock production: A methodological review. *Turkish Journal of Agricultural Sciences*, 37(4), 421-435.
- Camilleri, A. R., Larrick, R. P., Hossain, S., & Patino-Echeverri, D. (2019). Consumers underestimate the emissions associated with food but are aided by labels. *Nature Climate Change*, 9(1), 53-58.
- Chen, X., Wang, Y., & Zhang, L. (2024). Consumers' willingness to pay for carbon-labeled food products in urban China. *Journal of Cleaner Production*, 438, 140789.
- Ćirić, M., Milosavljević, I., & Krstić, B. (2015). Economic analysis of organic dairy farming: Feed costs and profitability. *Economics of Agriculture*, 62(3), 707-722.
- Darby, K., Batte, M. T., Ernst, S., & Roe, B. (2008). Decomposing local: A conjoint analysis of locally produced foods. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(2), 476-486.
- De Boer, I. J. M. (2003). Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science*, 80(1-2), 69-77.
- De Olde, E. M., Oudshoorn, F. W., Sørensen, C. A. G., Bokkers, E. A. M., & De Boer, I. J. M. (2016). Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice. *Ecological Indicators*, 66, 391-404.
- D'Eath, R. B., Tolkamp, B. J., Kyriazakis, I., & Lawrence, A. B. (2016). 'Freedom from hunger' and preventing obesity: The animal welfare implications of reducing food quantity or quality. *Animal Behaviour*, 77(2), 275-288.
- Denver, S., Sandøe, P., & Christensen, T. (2023). Consumer willingness to pay for climate-friendly food labels in four countries. *Food Quality and Preference*, 104, 104735.
- Eory, V., Pellerin, S., Garcia, C. M., Lehtonen, H., Licite, I., Mattila, H., ... & Schulte, R. (2018). Marginal abatement cost curves for agricultural climate policy: State-of-the art, lessons learnt and future potential. *Journal of Cleaner Production*, 182, 705-716.
- Garnett, T., Godde, C., Muller, A., Rööös, E., Smith, P., De Boer, I., ... & Herrero, M. (2017). Grazed and confused? Ruminating on cattle, grazing

- systems, methane, nitrous oxide, the soil carbon sequestration question – and what it all means for greenhouse gas emissions. Food Climate Research Network, University of Oxford.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Good Food Institute. (2023). *State of the industry report: Cultivated meat and seafood*. Retrieved from <https://gfi.org/resource/cultivated-meat-state-of-the-industry/>
- Hayek, M. N., Harwatt, H., Ripple, W. J., & Mueller, N. D. (2021). The carbon opportunity cost of animal-sourced food production on land. *Nature Sustainability*, 4(1), 21-24.
- Herrero, M., Havlík, P., Valin, H., Notenbaert, A., Rufino, M. C., Thornton, P. K., ... & Obersteiner, M. (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20888-20893.
- Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., ... & Tricarico, J. M. (2015). Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, 93(12), 5045-5069.
- Iken, J. (2009). *Financial assessment of sustainable farm practices*. University of Wisconsin-Extension. Cooperative Extension Publication A3868.
- Kühne, G., Grebitus, C., & Nayga Jr, R. M. (2023). The impact of different carbon footprint label designs on food choices. *Food Policy*, 117, 102453.
- Lampkin, N., & Padel, S. (Eds.). (1994). *The economics of organic farming: An international perspective*. CAB International, Wallingford, UK.
- Martinez, S. W. (2002). *A comparison of vertical coordination in the U.S. poultry, egg, and pork industries*. Agriculture Information Bulletin No. 747-05, Economic Research Service, USDA.
- Pieper, M., Michalke, A., & Gaugler, T. (2020). Calculation of external climate costs for food highlights inadequate pricing of animal products. *Nature Communications*, 11(1), 6117.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

- Rodale Institute. (2020). *Regenerative organic agriculture and climate change: A down-to-earth solution to global warming*. Kutztown, PA: Rodale Institute.
- Röös, E., Sundberg, C., & Hansson, P. A. (2013). Uncertainties in the carbon footprint of food products: A case study on table potatoes. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(2), 478-489.
- Sharp, A., & Wheeler, M. (2013). Reducing householders' grocery carbon emissions: Carbon literacy and carbon label preferences. *Australasian Marketing Journal*, 21(4), 240-249.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., ... & Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562(7728), 519-525.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H. C. J., Rayner, M., & Scarborough, P. (2017). Mitigation potential and global health impacts from emissions pricing of food commodities. *Nature Climate Change*, 7(1), 69-74.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & De Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Sunstein, C. R. (2021). Sludge audits. *Behavioural Public Policy*, 5(4), 654-673.
- Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- Tiefenbeck, V., Staake, T., Roth, K., & Sachs, O. (2013). For better or for worse? Empirical evidence of moral licensing in a behavioral energy conservation campaign. *Energy Policy*, 57, 160-171.
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., & Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320.
- USDA. (2023). *National Monthly Grass Fed Beef Report*. Agricultural Marketing Service, United States Department of Agriculture.
- Van Calker, K. J., Berentsen, P. B. M., Giesen, G. W. J., & Huirne, R. B. M. (2005). Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming. *Agriculture and Human Values*, 22(1), 53-63.
- Van Loo, E. J., Caputo, V., Nayga Jr, R. M., Meullenet, J. F., & Ricke, S. C. (2014). Consumers' willingness to pay for organic chicken breast: Evidence from choice experiment. *Food Quality and Preference*, 22(7), 603-613.

- Van Wesenbeeck, C. F., Keyzer, M. A., & Nubé, M. (2013). Estimation of undernutrition and mean calorie intake in Africa: Methodology, findings and implications. *International Journal of Health Geographics*, 8(1), 37.
- Vandenbergh, M. P., & Cohen, M. A. (2010). Climate change governance: Boundaries and leakage. *NYU Environmental Law Journal*, 18, 221-275.
- Vermeir, I., & Verbeke, W. (2006). Sustainable food consumption: Exploring the consumer "attitude-behavioral intention" gap. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 19(2), 169-194.
- Wang, E., Gao, Z., & Heng, Y. (2023). Price premiums for grass-fed beef products: Evidence from scanner data. *Agribusiness*, 39(1), 122-141.
- Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. *Environmental Science & Technology*, 42(10), 3508-3513.
- Willer, H., & Lernoud, J. (Eds.). (2020). *The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends 2020*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.
- Xu, X., & Lin, L. (2022). The influence of carbon labeling on consumers' green purchase intention: The moderating role of risk perception. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9508.
- Zheng, X., Wang, R., Hoekstra, A. Y., Krol, M. S., Zhang, Y., Guo, K., ... & Wu, J. (2016). Consideration of culture is vital if we are to achieve China's water-energy-food nexus goals. *Water*, 8(5), 179.

## 8. Bölüm

### Veteriner Hekimlik ve Sağlık Araştırmalarında Çoklu Karşılaştırma Testlerinin Kuramsal Temelleri ve Bilimsel Güvenilirlik Açısından Önemi

Hakan SERİN<sup>1</sup>, Muslu Kazım KÖREZ<sup>2</sup>

#### Özet

Veteriner hekimlik ve sağlık bilimleri alanındaki araştırmalarda, ikiden fazla grubun karşılaştırıldığı durumlarda tek yönlü varyans analizi (ANOVA) veya Kruskal–Wallis H testi gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu analizler sonucunda elde edilen anlamlı *p*-değeri, gruplar arasında istatistiksel bir fark olduğunu ortaya koysa da, farkın hangi spesifik gruplar arasında gerçekleştiğine dair doğrudan bilgi sunamamaktadır. Bu nedenle, farkın kaynağını belirlemek amacıyla kullanılan çoklu karşılaştırma (post-hoc) testlerinin seçimi, araştırmanın bilimsel güvenilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışma, çoklu karşılaştırma testlerinin kuramsal temellerini inceleyerek; Tip I hata ve istatistiksel güç arasındaki hassas dengeyi ele almaktadır. Test seçimi sürecinde verilerin normalliği, varyansların homojenliği ve örneklem büyüklüklerinin dengeli olup olmaması gibi temel varsayımlar belirleyici rol oynamaktadır. Çalışma kapsamında; varyansların eşit olduğu durumlarda tercih edilen Tukey, Bonferroni, Scheffé, Dunnett ve LSD gibi yöntemlerin yanı sıra, varyansların homojen olmadığı durumlarda kullanılan Games-Howell ve Tamhane'nin T2 testi gibi ileri düzey yöntemlerin uygulama koşulları ve avantajları tartışılmaktadır. Sonuç olarak, araştırmacıların verilerine en uygun istatistiksel yöntemi seçmeleri, elde edilen bulguların nesnel ve güvenilir bir şekilde yorumlanması için temel teşkil etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çoklu karşılaştırma testleri, İstatistiksel güç, Tip I hata, ANOVA

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyoistatistik ABD, ORCID: 0000-0002-1290-4547

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ABD, ORCID: 0000-0001-9524-6115

## 1. Giriş

Veteriner hekimlik ve diğer sağlık alanlarında deneysel ve gruplar arası karşılaştırmalı analizler sıklıkla kullanılmaktadır. Bağımlı ve bağımsız örneklem t-testleri ile Wilcoxon işaretli sıralar testi ve Mann–Whitney U testi gibi istatistiksel yöntemlerde elde edilen anlamlılık ( $p$ ) değeri doğrudan yorumlanabilmektedir. Bu sayede, çalışmada yer alan iki grubun ortalamaları veya ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı objektif ve güvenilir biçimde belirlenebilmektedir (Genç & Soysal, 2018).

Tek yönlü ve iki yönlü varyans analizi, tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) ve Kruskal–Wallis H testi gibi ikiden fazla grubun karşılaştırıldığı çalışmalarda, elde edilen  $p$  değerinin anlamlılık düzeyinden düşük olması, en az iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunduğunu göstermektedir. Ancak bu  $p$  değeri, söz konusu farkın hangi gruplar arasında ortaya çıktığına ilişkin doğrudan bir bilgi sunmamaktadır (Bülbül, 2000). Bundan dolayı sonuçların bilimsel açıdan güvenilir değerlendirilmesinde hangi çoklu karşılaştırma testinin seçileceği büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, araştırmalarda Tip I hata ve istatistiksel güç arasındaki dengeyi gözeterek, hangi çoklu karşılaştırma testinin uygun olarak seçileceğinin açıklanması amaçlanmaktadır. Bu bölümde, veteriner hekimlik ve sağlık araştırmalarında çoklu karşılaştırma testlerinin kuramsal temelleri ele alınacak, bu yöntemlerin bilimsel güvenilirlik üzerindeki etkileri tartışılacak ve uygulama alanlarına ilişkin genel bir çerçeve sunulacaktır.

## 2. Çoklu Karşılaştırma Testlerinin Araştırmalardaki Önemi

Çoklu karşılaştırma testleri, birden fazla grup veya değişken arasındaki farkları belirlemek için kullanılan yaygın istatistiksel yöntemlerdir. Bunlar arasında Tukey yöntemi, Newman-Keuls yöntemi, Bonferroni metodu, Dunnett yöntemi ve Scheffé testi gibi yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Her yöntemin varsayımları ve uygulanma koşulları farklıdır; bu nedenle araştırmacının hangi yöntemi kullanacağını doğru bir şekilde belirlemesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, çoklu karşılaştırmalarda istatistiksel anlamlılık düzeyinin ( $\alpha$ ) artması, yani Tip I hata riskinin yükselmesi her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda,  $p$ -değerlerinin uygun şekilde düzeltilmesi ve her yöntem için Tip I hatayı kontrol eden özel prosedürlerin uygulanması, elde edilen sonuçların güvenilirliğini artıran temel adımlar arasında yer almaktadır (Lee & Lee, 2018). Çoklu karşılaştırmalarda ortaya çıkabilecek tip I hata oranını kontrol etmek amacıyla, aile-ölçülü hata oranı (FWER – Family-Wise Error Rate) ve yanlış keşif oranı (FDR – False Discovery Rate) gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır (Dunn, 1961; Benjamini & Hochberg, 1995).

### 3. $p$ değeri ve Alfa ( $\alpha$ ) Düzeyi

İstatistiksel bir hipotez testinde  $p$ -değeri (olasılık değeri), sıfır hipotezi ( $H_0$ ) doğru iken gözlemlenen sonuç veya daha uç sonuçların ortaya çıkma olasılığını gösterir. Tip I hata, sıfır hipotezi ( $H_0$ ) gerçekte doğru olmasına rağmen istatistiksel olarak reddedildiğinde ortaya çıkar. Tip II hata ise yanlış negatif durumu ifade eder; yani  $H_0$  gerçekte yanlış olan yokluk hipotezinin test sonucu reddedilemeye ihtimalidir (Kim, 2017; Singh, 2006) (Tablo 1).

**Tablo 1.** Hipotez testlerindeki hata tipleri (Shreffler & Huecker, 2023)

Hata Tipi	Gerçek Durum	
	$H_0$ doğru	$H_0$ yanlış
İstatistiksel Karar	$H_0$ doğru	Doğru karar
	$H_0$ yanlış	Tip I hata ( $\alpha$ )
		Tip II hata ( $\beta$ )
		Doğru karar

### 4. İstatistiksel Güç

Tip II hatasıyla yakından ilişkili bir kavram istatistiksel güçtür. Tip II hata olasılığının ( $\beta$ ) 1'den çıkarılmasıyla elde edilen değer, testin gücü ( $1 - \beta$ ) olarak adlandırılır ve gerçekte yanlış olan  $H_0$  hipotezinin doğru şekilde reddedilme olasılığını gösterir (Houle et al., 2005).

### 5. Ortalama Karşılaştırmalarında Kullanılan Çoklu Karşılaştırma Testleri

#### 5.1. Varyansların Eşit Olduğu Durumda Kullanılan Testler

##### 5.1.1. En Küçük Anamlı Fark metodu (Least Significant Difference, LSD)

Fisher (1935) tarafından önerilen en küçük En küçük Anamlı Fark Metodu (Least Significant Difference, LSD), ikili olarak grup ortalamalarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Çoklu karşılaştırma metotları arasında daha az güvenilir olan metottur. Karşılaştırma başına istatistiksel hatayı kontrol altında tutar. Karşılaştırılacak grup sayısı arttıkça, toplam hata oranı yükselir ve bu durum başlangıçta belirlenen Tip I hatanın korunamamasına neden olur (Genç & Soysal, 2018).

$$t = \frac{\bar{y}_i - \bar{y}_j}{\sqrt{HKO \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}}$$

$\bar{y}_i$ : i. grubun ortalaması

$\bar{y}_j$ : j. grubun ortalaması

$n_i$ : i. grubun örneklem büyüklüğü

$n_j$ : j. grubun örneklem büyüklüğü

$$H_0: \bar{y}_i = \bar{y}_j$$

$$H_1: \bar{y}_i \neq \bar{y}_j$$

HKO: Hata kareler ortalaması, modelin tahmin ettiği değer ile gerçek değer arasındaki fark

Eğer  $|t| > t_{\frac{\alpha}{2}; n-k}$  ise  $H_0$  reddedilir (Özkaya 2011).

### 5.1.2. Duncan metodu

Duncan metodu, grup ortalamalarını karşılaştırırken, ortalamaların büyüklüklerine göre sıralanışlarındaki konumlarını dikkate alır (Genç ve Sosyal 2018).

Duncan Metodu (D);

$$D = Q \cdot (s_{\bar{x}})$$

eşitliğindeki gibi hesaplanabilmektedir.

$s_{\bar{x}}$ : standart hata

$Q$ : Gruplar içi (hata) serbestlik dereceli  $\alpha$  seviyesindeki kritik değeridir (Duncan 1955).

### 5.1.3. Tukey metodu

Bu yöntem, tüm grupların her olası çiftini test eder. Başlangıçta Tukey testi, “Honestly Significant Difference” testi veya kısaca “T testi” olarak adlandırılmıştır; çünkü bu yöntem t-dağılımına dayanmaktadır. Tukey testinin, ANOVA’da olduğu gibi gruplar arasında aynı örneklem sayısına (dengeli veri) dayandığı belirtilmektedir. Daha sonra Kramer, bu yöntemi dengesiz veri üzerinde uygulanabilir hâle getirerek yöntemi Tukey-Kramer testi olarak geliştirmiştir. Bu yöntemde karşılaştırılan iki grup/kitle örneklem büyüklüklerinin harmonik ortalaması kullanılır. Tukey yönteminde de ANOVA’nın istatistiksel varsayımları geçerlidir (Dunn, 1961; Chen et al., 2017).

### 5.1.4. Bonferroni Metodu:

Bonferroni metodu ANOVA ve türevleri (örneğin kovaryans analizi, ANCOVA ve çok değişkenli ANOVA, MANOVA), çoklu t-testleri ve Pearson korelasyon analizi gibi birçok istatistiksel prosedürde post-hoc testi olarak uygulanır. Ayrıca Mann-Whitney U testi, Wilcoxon işaretli sıra testi ve Kruskal-Wallis sıra testi gibi birçok parametrik olmayan testte ve Ki-kare testi gibi kategorik veri testlerinde de kullanılır. Bonferroni metodu, tip I hata riskine daha toleranslı olan Tukey testine göre daha katı, çok muhafazakar olan Scheffé yöntemine göre ise daha esnektir (Dun, 1961). Bununla birlikte, Bonferroni metodunun dezavantajları da vardır; gereksiz

yere muhafazakar olması nedeniyle istatistiksel gücü düşüktür. Düzeltilmiş  $\alpha$  değeri, özellikle çok sayıda test yapıldığında ve test istatistikleri pozitif korelasyon gösterdiğinde, genellikle gerekli olandan daha küçük olur. Bu nedenle, bu yöntem sıklıkla gerçek farkları tespit edemez. Önerilen çalışmada tip II hatanın önlenmesi ve olası etkilerin gözden kaçırılmaması gerekiyorsa, Bonferroni metodu kullanılmamalıdır. Bunun yerine, Fisher'in LSD yöntemi tercih edilebilir. Bonferroni metoduna alternatif olarak, aşamalı (stepwise/sequential) yöntemler de kullanılabilir. Bu kapsamda Bonferroni-Holm ve Hochberg prosedürleri, Bonferroni metoduna göre daha ılımlı sonuçlar verebilir (Lee & Lee, 2018; Chen et al., 2017).

Bonferroni yaklaşımında kritik değer:

$$\alpha^* = \frac{\alpha}{m}$$

$$|t_{ij}| = t_{\frac{\alpha^*}{2}, sd}$$

$$p_{ij} < \frac{\alpha}{m}$$

Güven aralığı yaklaşımı:

Bonferroni post hoc test eş zamanlı güven aralıkları üzerinden de ifade edilir.

$$(\bar{x}_i - \bar{x}_j) \pm t_{\frac{\alpha}{2m}, sd} \cdot \sqrt{HKO \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

sd: serbestlik derecesi

Eğer bu aralık 0 değerini içermiyorsa, ilgili karşılaştırma anlamlıdır.

### 5.1.5. Dunnett Metodu

Dunnett testi, kontrol gruplarının bulunduğu çalışmaları analiz etmek için özellikle kullanışlı bir yöntemdir. Güçlü bir istatistiksel yöntem olduğu için, grup veya grup kombinasyonları arasında göreceli olarak küçük ancak anlamlı farkları tespit edebilir. Araştırmacılar, iki veya daha fazla deney grubunu tek bir kontrol grubuna karşı karşılaştırmak istediklerinde Dunnett testini kullanır. Ancak bu yöntemin dezavantajı, kontrol grubu dışındaki grupların birbirleriyle karşılaştırılmasına olanak vermemesidir (Lee & Lee, 2018).

### 5.1.6. Scheffe Metodu

Scheffe (1953) tarafından metot, Bonferroni metodundan farklı olarak sadece önceden planlanmış az sayıdaki lineer bağlantıyı değil tüm olası bağlantıları test etmek için kullanılmaktadır (Genç & Sosyal, 2018).

Scheffé yöntemi, diğer yöntemlere kıyasla oldukça muhafazakar olup küçük farkları tespit etme gücü zordur. Scheffé yöntemi, anlamlılığı doğrulamak için tüm olası karşılaştırmalara dayalı hipotezler ürettiği için tip I hata olasılığı daha düşüktür. Ayrıca, bu yöntem hem dengeli hem de dengesiz verilerde basit veya karmaşık ortalama karşılaştırmalarını yapmayı mümkün kılar. Scheffé yöntemi, gruplar arasındaki farklarla ilgili teorik bir temelin bulunmadığı veya önceki çalışmaların tam olarak uygulanmadığı durumlarda (keşifsel veri analizi) tercih edilebilir (Scheffe, 1953).

### 5.1.7. Student Newman Keuls metodu (SNK)

Bu test, ilk olarak 1939 yılında Newman tarafından geliştirilmiştir (Hochberg & Tamhane, 1987). Newman, bir öğrencisinin önerisini dikkate alarak, standartlaştırılmış aralığa dayalı ilk çoklu karşılaştırma testini oluşturmuştur. Keuls ise 1952 yılında Newman'ın testini bazı değişikliklerle geliştirerek, sentez hâlinde Newman-Keuls testini önermiştir (Keuls, 1952). Test, Newman'ın öğrencisinin önerisini esas aldığı için aynı zamanda Student-Newman-Keuls testi (SNK) olarak da bilinir.

SNK (Student-Newman-Keuls) testi, Tukey testinden türetilmiştir, ancak Tukey'e göre daha az muhafazakârdır ve dolayısıyla daha fazla fark tespit edebilir. Tukey testi tüm karşılaştırmalar için hata oranını kontrol ederken, SNK yalnızca dikkate alınan karşılaştırmalar için kontrol sağlar. Varsayılan anlamlılık düzeyi ( $\alpha$ )'dır (Hsu, 1996).

### 5.1.8. Hochberg'in GT2 testi

Hochberg'in GT2 testi (Hochberg, 1974), Tukey yönteminin dengesiz gruplar arasındaki farkları test etmeye uygun olarak geliştirilmiş bir modifikasyonudur (Ruxton ve Beauchamp, 2008). Bununla birlikte, konservatif doğası sayesinde heteroskedastik durumlarda bile dengesiz grupların karşılaştırılmasında kullanılabilir (Hochberg, 1975). Bu yöntem, bir düzeltme gerektiğinde uygun bir alternatif olarak önerilmektedir; özellikle Bonferroni metodu çok muhafazakâr kabul edildiğinde tercih edilebilir (Armstrong, 2014).

### 5.1.9. Sidak Testi

Sidak testi, Bonferroni metodu gibi, grupların örneklem büyüklükleri eşit olduğunda kullanılabilir (Šidák, 1967). Genellikle Bonferroni metodu göre tercih edilir, çünkü tip I hata olasılığını daha düşük tutar (Abdi & Williams, 2010; Ruxton & Beauchamp, 2008). Bununla birlikte, tip I hatayı daha sıkı kontrol etmesi testin

gücünden ödün verilmesi anlamına gelir (Ruxton & Beauchamp, 2008). Özellikle karşılaştırma sayısı arttığında ve gruplar bağımsız olmadığında, test oldukça muhafazakâr hâle gelir (Abdi, 2007).

#### **5.1.10. Gabriel'in Testi**

Gabriel testi (Gabriel, 1978), Hochberg'in GT2 testinin daha liberal bir uyarlamasıdır ve bu nedenle dengesiz veri setlerinin karşılaştırılmasında tercih edilmektedir (Day & Quinn, 1989). Liberal yapısı sayesinde, genellikle Hochberg testine kıyasla daha yüksek istatistiksel güç sağlar. SPSS'te "eş varyanslar varsayılmıyor" kategorisinde yer alan post-hoc testler, karşılaştırılan grupların varyansları eşit olmadığında (heteroskedastik) güvenilir sonuçlar üretme eğilimindedir. Diğer post-hoc testlerde olduğu gibi, gruplar arasındaki olası farkları belirleme gücü örneklem büyüklüğü ve grup boyutlarındaki dengesizlik gibi faktörlerden etkilenebilir. Bu kategoriye dahil olan testler arasında Games-Howell, Tamhane'nin T2 ve Dunnett'in T3 testleri yer almaktadır (Juarros Basterretxea et al., 2024).

### **5.2. Varyansların Eşit Olmadığı Durumda Kullanılan Testler**

#### **5.2.1. Games-Howell testi**

Games-Howell testi (Games & Howell, 1976), grup örneklem büyüklükleri farklı olduğunda (dengesiz gruplar) çiftler arası karşılaştırmalar için uygundur. Ancak, küçük örneklem büyüklüklerinde tip I hata oranı anlamlılık düzeyinin biraz üzerine çıkabilir (Day & Quinn, 1989).

#### **5.2.2. Tamhane'nin T2 testi**

Tamhane'nin T2 testi (Tamhane, 1979), Games-Howell testinin modifiye edilmiş bir versiyonudur. Önceki test gibi, örneklem büyüklüklerinin farklı olduğu durumlarda uygundur (Day & Quinn, 1989). Ancak, Tamhane T2 testi, heteroskedastik koşullar ve gruplar arası örneklem dengesizliklerinde Games-Howell testinin biraz liberal olmasına karşın, ona göre daha muhafazakâr bir yöntemdir (Tamhane, 1979).

#### **5.2.3. Dunnett'in T3 testi**

Dunnett'in T3 testi (Dunnett, 1980), Tamhane'nin T2 testinin bir varyasyonudur ve daha muhafazakâr olup dengeli grupların karşılaştırılması için uygundur (Day & Quinn, 1989; Ruxton & Beauchamp, 2008). Eşit olmayan örneklem büyüklükleri için dayanıklı değildir ve küçük örneklemelerde ( $n < 15$ ) daha yüksek istatistiksel güce sahiptir (Day & Quinn, 1989).

## Kaynakça

1. Abdi, H. (2007). The Bonferroni and Sidak corrections for multiple comparisons. In N. J. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of measurement and statistics*. SAGE.
2. Abdi, H., & Williams, L. J. (2010). Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test. In N. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of research design*. SAGE.
3. Armstrong, R. A. (2014). When to use the Bonferroni correction. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 34(5), 502–508.
4. Agresti, A., Bini, M., Bertaccini, B., & Ryu, E. (2008). Simultaneous confidence intervals for comparing binomial parameters. *Biometrics*, 64(4), 1270-1275
5. Bülbül, S. E. (2000). Çoklu karşılaştırma testleri ve bir örnek uygulama. *Öneri Dergisi*, 3(14), 95–100.
6. Chen, S. Y., Feng, Z., & Yi, X. (2017). A general introduction to adjustment for multiple comparisons. *Journal of Thoracic Disease*, 9(6), 1725–1730.
7. Day, R. W., & Quinn, G. P. (1989). Comparisons of treatments after an analysis of variance in ecology. *Ecological Monographs*, 59(4), 433–463.
8. Demirhan, H., Dolgun, N. A., Demirhan, Y. P., & Dolgun, M. Ö. (2010). Performance of some multiple comparison tests under heteroscedasticity and dependency. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 80(10), 1083–1100.
9. Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1–42.
10. Dunn, O. J. (1961). Multiple comparisons among means. *Journal of the American Statistical Association*, 56(293), 52–64.
11. Dunnett, C. W. (1980). Pairwise multiple comparisons in the unequal variance case. *Journal of the American Statistical Association*, 75(372), 796–800.
12. Gabriel, K. R. (1978). A simple method of multiple comparisons of means. *Journal of the American Statistical Association*, 73(364), 724–729.
13. Games, P. A., & Howell, J. F. (1976). Pairwise multiple comparison procedures with unequal N's and/or variances: A Monte Carlo study. *Journal of Educational Statistics*, 1(2), 113–125.
14. Genç, S., & Soysal, M. İ. (2018). Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 1(1), 18–27.
15. Hochberg, Y. (1974). Some generalizations of the T-method in simultaneous inference. *Journal of Multivariate Analysis*, 4(2), 224–234.
16. Hochberg, Y. (1975). An extension of the T-method to general unbalanced models of fixed effects. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 37(3), 426–433.

17. Hochberg, Y., & Tamhane, A. C. (1987). *Multiple comparison procedures*. John Wiley & Sons, Inc.
18. Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 57(1), 289–300.
19. Houle, T. T., Penzien, D. B., & Houle, C. K. (2005). Statistical power and sample size estimation for headache research: An overview and power calculation tools. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 45(5), 414–418.
20. Hsu, J. (1996). *Multiple comparisons: Theory and methods*. CRC Press.
21. Juarros Basterretxea, J., Alonso Diego, G., Postigo Gutiérrez, Á., Montes Álvarez, P., Menéndez Aller, Á., & García Cueto, E. (2024). Post-hoc tests in one-way ANOVA: The case for normal distribution. *Methodology*.
22. Keuls, M. (1952). The use of the "studentized range" in connection with an analysis of variance. *Euphytica*, 1(2), 112–122.
23. Kim, T. K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(1), 22–26.
24. Lee, S., & Lee, D. K. (2018). What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Korean Journal of Anesthesiology*, 71(5), 353–360. <https://doi.org/10.4097/kja.d.18.00242>
25. Özkaya, G. (2011). *Çoklu karşılaştırma testlerinin grup sayısı ve denek sayılarına göre karşılaştırılması* [Doktora tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi.
26. Ruxton, G. D., & Beauchamp, G. (2008). Time for some a priori thinking about post hoc testing. *Behavioral Ecology*, 19(3), 690–693.
27. Scheffé, H. (1953). A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, 40(1-2), 87–110.
28. Shreffler, J., & Huecker, M. R. (2023). *Type I and Type II errors and statistical power*. StatPearls Publishing.
29. Šidák, Z. (1967). Rectangular confidence regions for the means of multivariate normal distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 626–633.
30. Singh, G. (2006). A shift from significance test to hypothesis test through power analysis in medical research. *Journal of Postgraduate Medicine*, 52(2), 148–150.
31. Tamhane, A. C. (1979). A comparison of procedures for multiple comparisons of means with unequal variances. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 471–480.

## 9. Bölüm

### Protetik Diş Hekimliği Uygulamalarında Yapay Zekanın Kullanılması

Verda Gökçe ÇAKAR<sup>1</sup>

Yapay zekâdan (YZ) bilgisayarların insan zekâsı gerektiren öğrenme, akıl yürütme ve problem çözme gibi görevleri yerine getirme yeteneği ile bahsedilmektedir. Küresel olarak tanınan yapay zekâ tıp, mühendislik, enerji, psikoloji ve diğer disiplinler dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (1). Tıp alanında genel olarak YZ radyografi ve fotoğraflar arayıcılığıyla patolojilerin saptanmasında, klinik olayları tahmin etme ve ilaçların etkinliğini arttırmak için kullanılmaktadır (1-3). Bunun yanı sıra kişiselleştirilmiş tıp olanağı ile belirli bir bireyin hastalıklara yatkınlığı, teşhisi ve en iyi tedavi seçeneğini sunmaktadır (4-8). Tıp alanında yapay zekanın dönüştürücü etkisinden sonra benzer şekilde diş hekimliğinde de tanı, tedavi ve önleme dahil olmak üzere birçok alanda hızla kullanılmaya başlanılmıştır (9-11). Radyografilerden çürüklerin belirlenmesinde, endodontik olarak tedavi karmaşıklığının analizinde, sefalometrik noktaların otomatik olarak belirlenmesinde ve implant sistemlerinin düzenlenmesinde kullanılmaktadır (12-19).

Yapay zekâ uygulamaları çoğunlukla veri kümeleri içindeki istatistiksel modelleri tanımak ve varsayımda bulunmak üzere matematiksel kalıpların kullanıldığı makine öğrenimine dayanmaktadır. Karmaşık yapıya sahip çok katmanlı sinir ağları kullanılarak geniş ve çeşitli veri kümelerini ayırmada diğer makine öğrenme stratejilerini geri planda bırakmaktadır (20). Bu durum özellikle proteomik bilgi ve klinik verileri içeren diş hekimliği için oldukça avantajlıdır (21). Diş hekimliği yapay zekadaki gelişmelerden etkilenmiyor gibi görünmesine rağmen görüntü tabanlı hastalık tayini, ağız özelliklerin otomatik tespiti için görüntü segmentasyonu, diş hekimliği ile ilgili görüntülerin kalitesinin artırılması gibi birçok alanda dikkate değer gelişmeler yaşanmaktadır (12,22-25)

Diş hekimliğinin bir dalı olan protetik diş hekimliği, dişler ve ilgili yapıların eksikliğini tamamladığı hem sanat hem de bilim dalı olarak kabul edilmektedir. Eksik dişler ve dokularının meydana getirdiği fonksiyon, estetik gibi problemleri teşhisinin, planlamasının ve tedavisinin yapılmasına olanak sağlamaktadır (26-30). Protetik diş hekimliği hareketli ve sabit protezlerin yapımı yanı sıra yapılacak

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Diyarbakır Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Protetik Diş Tedavisi Uzmanı, Diyarbakır, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6976-5093.

kronların bitim marjininin daha iyi oturması ve uzatılması için düzenlenmesi, implant cerrahisine ve maksillofasiyal protezlerin yapımına odaklanmaktadır. Bunlara ek olarak daha stabil protez yapımı için üst ve alt çene ilişkisinin düzenlenmesinde de kullanılmaktadır (31,32).

Dijital diş hekimliğindeki gelişmeler sayesinde diş protezlerinin incelendiği protetik diş hekimliğinde kullanılan malzemeler ile teşhis ve tedavisi planlamasında bunlara ek olarak protez üretimi açısından önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Diş protezlerinin üretimine birçok faktör katkı sağlayabilmektedir. Öncelikli olarak diş morfolojisindeki bozulma kişinin fiziksel ve psikolojik durumunu zora sokmaktadır (9-10). İkincil olarak diş kaybının olması bireylerde sosyal kaygılara sebep olabilmektedir (11). Ağızda var olan dişler dil, dudak ve yanakların doğru pozisyonda kalarak yüz özelliklerine uygun şekil sağlamaktadır.

Protez diş hekimliği kayıp olan dişlerin yerini implant ve kronlar sayesinde tamamlayabilmektedir (27-29). Yapay zekânın kullanılması protezlerin üretilmesinde önemli ölçüde katkılar sağlayabilmektedir. Diş protezi üretiminde; yapay zekâ uygulaması diş kronlarının tasarımı ve üretim süreçlerini dönüştürme yeteneğine sahiptir (33). Ağız içi tarayıcılar ve kameralar sayesinde gelecekte geleneksel ölçü alımı geri planda kalabileceği düşünülmektedir. Alınan dijital ölçüler yardımıyla laboratuvar aşamaları kolaylaşmakta, üretim aşamalarındaki hata payı azalabilmektedir. Bu aşamalarda yapay zekâ kullanılarak diş hekimi dijital ölçü açısından bilgilendirilebilir ve bu sayede yüksek kalitede bir ölçü elde edilebilir (34). Dijital ölçü alımı sırasında yapay zekâ istenmeyen görüntüleri elimine ederek optimize bir ölçü alınmasına katkı sağlayabilmektedir. Ek olarak hazırlıkların sınırlarını otomatik olarak algılayabilir ve kayıp diş yapısının anatomisini taklit ederek ağız yapısına en uygun restorasyonların üretilmesini sağlayabilmektedir (35). Özellikle estetik beklentinin yüksek olduğu tek keser diş veya ön diş eksikliğinde renk belirlemede yapay zekâ yardımcı olabilmektedir. İmplant üstü protezlerin yapımında yapay zekâ desteği ile implantların yerlerinin belirlenmesi intraoral dedektörler sayesinde belirlenebilir, bu bilgiler ise eş zamanlı olarak kaydedilebilir (36). Yapay zekâ uygulaması protetik diş hekimliğinde birçok konu açısından incelenmiştir (33).

### **Diş Kron Protezlerinin Yapay Zekâ Tarafından Tasarlanması**

Diş kronu protezleri geleneksel üretim ve CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) - CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) sistemleri olarak 2 seçenek şeklinde üretilmektedir. Günümüzde estetik beklentinin artmasıyla beraber zirkonyum materyalinin kullanımı artmış buna bağlı olarak CAD-CAM kullanımına yönelinmiştir. Bilhassa bu yöntemlerin doğruluk payının yüksek olduğu bildirilmiştir (37). CAD-CAM üretim aşamasında yapay zekâ ile yapılacak olan

protezin hızını ve hassasiyetini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (38). Diş kronu protezlerinin üretimi yapay zekâ yazılımı (39-41) ve 3D-GAN (42-44) algoritmaları kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan bu altı çalışmada yapay zekanın protez üretim sürecine katkısı CAD sistemlerine ve manuel olarak tasarlanmış sistemlere kıyasla daha yüksek doğrulukta olduğu kaydedilmiştir. Chen ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada ise insan tarafından tasarlanmış CAD-CAM sistemlerine kıyasla yapay zekâ sistemlerinin daha fazla oklüzal profil tutarsızlığı gösterdiğini bildirmişleridir (38). Yapılan çalışmalarda yapay zekâ uygulamalarının zaman verimliliğine sebep olduğu bildirilmiştir (39,40). CAD-CAM sistemleri geleneksel mum ekleme ve değiştirme aşamaları içermese de insan yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlara ek olarak yapay zekâ kullanılarak otomatik hesaplamalar yapıp işlem süresi aza indirgenmektedir. Kapsamlı restorasyon gereken durumlarda yapay zekâ ile tasarım yapılması restorasyon süresini önemli ölçüde azaltmaktadır (33).

### **Diş kronu bitiş çizgisinin tespiti**

Yapılacak olan restorasyonun işlevinin korunması için mikro boşlukların önlenmesi doğru marjinal uyum ile sağlanmaktadır (45). Chio ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada kron bitiş çizgisinin belirlenmesinde derin öğrenme ile birleştirilmiş hibrit yazılım ile geleneksel CAD sistemlerinin doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Bitiş çizgisi CAD programı ile manuel olarak belirlenip bitiş çizgisi buna uygun olarak üretilmektedir. Choi ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Hausdorff mesafesi ve pah mesafesi kullanılarak yapılan inceleme sonucunda hibrit sistemin istatistiksel olarak doğru sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir (46). Derin öğrenme ve bilgisayar destekli tasarım yöntemlerini entegre eden hibrit sistemlerin en az ayarlama gerektiren doğru hassasiyette bitiş çizgisi oluşumuna olanak sağlayabileceği sonucuna varılmıştır (47).

### **Kron Preparasyonunun Değerlendirilmesi**

Diş protez eğitiminin en önemli kısımlarından biri diş preparasyonunun hazırlanması ve uygulanmasıdır (48). Buna ek olarak diş hekimliği öğrencilerinin diş preparasyonunun hazırlama ve bu sürecin değerlendirilmesi öznel derecelendirmelere bağlı olduğundan bu durum değerlendirmeciler tarafından tutarsız sonuçlar doğurabilmektedir. Bu problem sürekli ve güvenilir geribildirimler alınmasını güçleştirmektedir (49,50). Han ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada dayanak diş preparasyonunun hazırlanmasında yapay zekâ destekli otomatik değerlendirmenin uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bu karşılaştırma insan tabanlı dijital destekli değerlendirme ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışma diş preparasyonunun hazırlanmasında yapay zekâ

destekli programların güvenilirliğini göstermekte ve klinik uygulama için potansiyel faydası olabileceği düşünülmektedir (51).

### **Renk Eşleştirilmesinin Değerlendirilmesi**

Diş teknisyenin en önemli yönlerinden biri diş protezlerinde doğal diş rengini taklit etmektir. Deneyimli bir diş teknisyeni gerçek diş rengini belirleme yeteneğine sahiptir. Deneyimi az olan diş teknisyenleri için dişin rengini belirlemek daha zor olmaktadır (52). Ueki ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada 62 hastanın diş renginin tespitini deneyimli diş teknisyenleri tarafından belirlemişlerdir. Bunlara ek olarak yapay zekâ tabanlı sinir ağı kullanılarak karşılaştırılma yapılmıştır. İlk adayın çıktısı 22'de (%27) altı olup beklenen seviyenin oldukça altındadır. 2. ve 3. adayların çıktıları ise toplam 22 görüntünün sırasıyla 12'sini (%55) ve 15'ini (%68) kapsamaktadır. Bu çalışma sonuçlarının belirli renklerin doğru sınıflandırılmasını desteklediği bildirilmiştir (53).

### **Debonding Olasılığının Tahmini**

Dentine yapıştırılan CAD-CAM kompozit kronların debondinge uğraması genellikle bir yıl içerisinde gerçekleşmekte, implant üzerine yapıştırılan CAD-CAM kompozit kronlar bir yıl içerisinde %80 oranında debondinge uğramaktadır. Yetersiz hazırlığın olmasının debonding için katkı sağladığı düşünülmektedir (54-55). Yamaguchi ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada evrimsel sinir ağlarının kullanımı ile CAD-CAM kompozit kronların debonding olasılığının ölçümüne bakmışlar ve tahmin doğruluğunun %98,5 olduğunu göstermişlerdir. Yüksek performansa rağmen debonding ana sebebinin belirlenmesinin güç olduğu bildirilmiştir (56).

### **Maksillofasiyal Protezlerde Yapay Zekâ Kullanılması**

Yapay zekâ görme engelliler veya görme sıkıntısı çekenler için akıllı gözlük uygulamaları sayesinde akıllı telefon ya da herhangi bir metnin hızlıca okunmasına böylelikle kişilerin daha bağımsız bir hayat yaşamalarına yardımcı olmaktadır. Bu uygulamalar neredeyse tüm gözlükler ile uyumlu olmakla beraber sesle aktive olma özelliklerine sahiptirler (57).

Deri dokusu mühendisliği biyobaskı cihazının yardımı ile biyomateryal içerikli deri greftleri oluşumunu hedefleyen güncel bir tıp uygulamasıdır. Yaranın iyileşmesi ve yenilenmesinde aktif pansumanların etkisinin kullanılarak deri replasmanlarının oluşması hedeflenmektedir. Doku mühendisliği ürünü deri greftleri için oksijen sağlayarak yaranın susuz kalmasını önleyip yara iyileşmesini hızlandırmaktadır (58).

Yapay zekanın katkıları ile kişiselleştirilmiş hasta rehabilitasyonu sayesinde maksillofasiyal protez alanı için önemli gelişmeler sağlanmıştır. Derin öğrenme ve

retken modeller ile yapay zekâ destekli yöntemlerin uygulanması ile yüz taraması, üç boyutlu model oluşturma ve bunun sonucu olarak protez doğruluğu arttırılmış olunmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmalar kulak kepçesi gibi karmaşık yapıların protezlerinin üretilmesinde dahil yüz özelliklerinin doğru bir şekilde aktarımının yapıldığına, daha kısa srelerde hassas protezlerin üretiminin yapılabileceği yndedir. Hastalar için üretilen protezlerin hem estetik hem de fonksiyonel faydalar sağladığı bildirilmiştir (59-60).

Dikkat tabanlı kapılı tekrarlayan yapay zekâ ünitelerinin pigment kombinasyonlarının tahmin etmede geleneksel sinir ağ yapılarından daha iyi performans göstererek mükemmel renk uyumları ve doğala en yakın görünümü sağladıkları bildirilmiştir (61). Yapay zekâ uygulamaları yüz simetrisinin belirlenmesinde önemli rol oynamakta böylelikle tedavi planlaması üzerinde kritik önlemlere sahip olmaktadır (62,63).

Yapay zekanın maksillofasiyal protezlerin üretilmesinde önemli faydaları olmasına rağmen kullanılmasındaki etik, teknik ve klinik doğrulama kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır (64).

## SONUÇ

Yapay zekanın protetik uygulamalarda kullanımına dair çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Yapılan alışmalar yapay zekâ uygulamasının protetik diş tedavilerinde kullanımının verimliliği arttıracadı yndedir. Protetik uygulamalarda yapay zekanın kullanımının hasta konforu ve yapılacak protezin kalitesini arttırabileceği yapılan çalışmalar tarafından desteklemektedir. Ancak yapılan çalışmalardaki sınırlılıklar buna ek olarak çeşitli klinik durumlar için çok sayıda hasta ve veriye ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKÇA

1. Briganti G, Le Moine O. Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow. *Front Med (Lausanne)*. 2020;7:27.
2. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25:44–56.
3. Paul D, Sanap G, Shenoy S, Kalyane D, Kalia K, Tekade RK. Artificial intelligence in drug discovery and development. *Drug Discov Today*. 2021;26:80–93.
4. Bonny T, Al Nassan W, Obaideen K, Al Mallahi MN, Mohammad Y, El-Damashoury HM. Contemporary Role and Applications of Artificial Intelligence in Dentistry. *F1000Res*. 2023 Sep 20;12:1179.
5. Castillo D, Galvez JM, Herrera LJ, et al. Leukemia multiclass assessment and classification from microarray and RNA-seq Technologies integration at gene expression level. *PloS One*. 2019;14(2):e0212127.
6. Cortés-Ciriano I, Lee JJK, Xi R, et al. Comprehensive analysis of chromothripsis in 2,658 human cancers using whole-genome sequencing. *Nat Genet*. 2020;52(3):331-341.
7. Campbell PJ, Getz G, Korbelt JO, et al. Pan-cancer analysis of whole genomes. *Nature*. 2020;578:82-93.
8. Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res*. 2020;99:769–74.
9. Mahdi, S.S.; Battineni, G.; Khawaja, M.; Allana, R.; Siddiqui, M.K.; Agha, D. How does artificial intelligence impact digital healthcare initiatives? A review of AI applications in dental healthcare. *Int. J. Inf. Manag. Data Insights* 2023, 3, 100144.
10. Femiano, F.; Femiano, R.; Femiano, L.; Nucci, L.; Minervini, G.; Antonelli, A.; Bennardo, F.; Barone, S.; Scotti, N.; Sorice, V.; et al. A New Combined Protocol to Treat the Dentin Hypersensitivity Associated with Non-Carious Cervical Lesions: A Randomized Controlled Trial. *Appl. Sci*. 2020, 11, 187.
11. Evangelista, K.; de Freitas Silva, B.S.; Yamamoto-Silva, F.P.; Valladares-Neto, J.; Silva, M.A.G.; Cevdanes, L.H.S.; de Luca Canto, G.; Massignan, C. Accuracy of artificial intelligence for tooth extraction decision-making in orthodontics: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Oral Investig*. 2022, 26, 6893–6905.
12. Lee JH, Kim DH, Jeong SN, Choi SH. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Dent*. 2018;77:106–11.
13. Zhang X, Liang Y, Li W, Liu C, Gu D, Sun W, et al. Development and evaluation of deep learning for screening dental caries from oral photographs. *Oral Dis*. 2022;28:173–81.

14. Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial intelligence in endodontics: current applications and future directions. *J Endod.*2021;47:1352–7.
15. Ahmed ZH, Almuharib AM, Abdulkarim AA, Alhassoon AH, Alanazi AF,Alhaqbani MA, et al. Artificial intelligence and its application in endodontics: a review. *J Contemp Dent Pract.* 2023;24:912–7.
16. Nishimoto S, Sotsuka Y, Kawai K, Ishise H, Kakibuchi M. Personal computer-based cephalometric landmark detection with deep learning, using cephalograms on the internet. *J Craniofac Surg.* 2019;30:91–5.
17. Sukegawa S, Yoshii K, Hara T, Yamashita K, Nakano K, Yamamoto N, et al. Deep neural networks for dental implant system classification. *Biomolecules.* 2020;10(7):984.
18. Kong HJ, Eom SH, Yoo JY, Lee JH. Identification of 130 dental implant types using ensemble deep learning. *Int J Oral Maxillofac Implants.*2023;38:150–6.
19. Alqutaibi AY, Algabri RS, Elawady D, Ibrahim WI. Advancements in artificial intelligence algorithms for dental implant identification: A systematic review with meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2023;S0022–3913(23):00783–7.
20. Castiglioni I, Rundo L, Codari M, Di Leo G, Salvatore C, Interlenghi M, et al. AI applications to medical images: from machine learning to deep learning. *Phys Med.* 2021;83:9–24.
21. Arsiwala-Scheppach LT, Chaurasia A, Müller A, Krois J, Schwendicke F. Machine learning in dentistry: a scoping review. *J Clin Med.* 2023;12:937.
22. Hung M, Voss MW, Rosales MN, et al. Application of machine learning for diagnostic prediction of root caries. *Gerodontology.* 2019;36(4):395-404
23. Xu X, Liu C, Zheng Y. 3D tooth segmentation and labeling using deep convolutional neural networks. *IEEE Trans Vis Comput Graph.*2018;25(7):2336-2348.
24. Tian S, Dai N, Zhang B, Yuan F, Yu Q, Cheng X. Automatic classification and segmentation of teeth on 3D dental model using hierarchical deep learning networks. *IEEE Access.* 2019;7:84817-84828.
25. Hatvani J, Horváth A, Michetti J, et al. Deep learning-based superresolution applied to dental computed tomography. *IEEE Trans Radiat Plasma Med Sci.* 2018;3(2):120-128.
26. Pareek, M.; Kaushik, B. Artificial intelligence in prosthodontics: A scoping review on current applications and future possibilities. *Int. J. Adv. Med.* 2022, 9, 367.
27. Ciccì, M. Prosthesis: New Technological Opportunities and Innovative Biomedical Devices. *Prosthesis* 2019, 1, 1–2.
28. Ciccì, M.; Cervino, G.; Terranova, A.; Risitano, G.; Raffaele, M.; Cucinotta, F.; Santonocito, D.; Fiorillo, L. Prosthetic and Mechanical Parameters of the Facial

- Bone under the Load of Different Dental Implant Shapes: A Parametric Study. *Prosthesis* 2019, 1, 41–53.
29. Alsubaiy, E.F.; Chaturvedi, S.; Qutub, O.A.; Mously, H.A.; Zarbah, M.A.; Haralur, S.B.; Bhagat, T.V. Novel CAD-CAM zirconia coping design to enhance the aesthetics and strength for anterior PLZ crowns. *Technol. Health Care* 2021, 29, 1161–1171.
  30. Cicciù, M. Past, Present and Future of Prosthesis: 2020 Upgrade. *Prosthesis* 2021, 3, 9–10.
  31. Chaturvedi, S.; Alqahtani, N.M.; Addas, M.K.; Alfarsi, M.A. Marginal and internal fit of provisional crowns fabricated using 3D printing technology. *Technol. Health Care* 2020, 28, 635–642. [CrossRef]
  32. Minervini, G.; Fiorillo, L.; Russo, D.; Lanza, A.; D’Amico, C.; Cervino, G.; Meto, A.; di Francesco, F. Prosthodontic Treatment in Patients with Temporomandibular Disorders and Orofacial Pain and/or Bruxism: A Review of the Literature. *Prosthesis* 2022, 4, 253–262. [CrossRef]
  33. Kong HJ, Kim YL. Application of artificial intelligence in dental crown prosthesis: a scoping review. *BMC Oral Health*. 2024 Aug 13;24(1):937.
  34. Kattadiyil MT, Mursic Z, AlRumaih H, et al.: Intraoral scanning of hard and soft tissues for partial removable dental prosthesis fabrication. *J. Prosthet. Dent.* 2014; 112(3): 444–448.
  35. Vera V, Corchado E, Redondo R, et al.: Applying soft computing techniques to optimise a dental milling process. *Neurocomputing*. 2013; 109: 94–104.
  36. Bernauer, S.A.; Zitzmann, N.U.; Joda, T. The Use and Performance of Artificial Intelligence in Prosthodontics: A Systematic Review. *Sensors* **2021**, 21, 6628.
  37. Leitão CIMB, Fernandes GVO, Azevedo LPP, Araújo FM, Donato H, Correia ARM. Clinical performance of monolithic CAD/CAM tooth-supported zirconia restorations: systematic review and meta-analysis. *J ProsthodontRes*. 2022;66:374–84.
  38. Chen Y, Lee JKY, Kwong G, Pow EHN, Tsoi JKH. Morphology and fracture behavior of lithium disilicate dental crowns designed by human and knowledge-based AI. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022;131:105256.
  39. Liu CM, Lin WC, Lee SY. Evaluation of the efficiency, trueness, and clinical application of novel artificial intelligence design for dental crown prostheses. *Dent Mater*. 2024;40:19–27.
  40. Cho JH, Yi Y, Choi J, Ahn J, Yoon HI, Yilmaz B. Time efficiency, occlusal morphology, and internal fit of anatomic contour crowns designed by dental software powered by generative adversarial network: a comparative study. *J Dent*. 2023;138:104739.

41. Cho JH, Çakmak G, Yi Y, Yoon HI, Yilmaz B, Schimmel M. Tooth morphology, internal fit, occlusion and proximal contacts of dental crowns designed by deep learning-based dental software: a comparative study. *J Dent.* 2024;141:104830.
42. Chau RCW, Hsung RT, McGrath C, Pow EHN, Lam WYH. Accuracy of artificial intelligence-designed single-molar dental prostheses: a feasibility study. *J Prosthet Dent.* 2023;S0022–3913(22):00764–8.
43. Tian S, Wang M, Dai N, Ma H, Li L, Fiorenza L, et al. Dcpr-gan: dental crown prosthesis restoration using two-stage generative adversarial networks. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2022;26:151–60.
44. Ding H, Cui Z, Maghami E, Chen Y, Matinlinna JP, Pow EHN, et al. Morphology and mechanical performance of dental crown designed by 3D-DCGAN. *Dent Mater.* 2023;39:320–32.
45. Larson TD. The clinical significance of marginal fit. *Northwest Dent J.* 2012;91:22.
46. Choi J, Ahn J, Park JM. Deep learning-based automated detection of the dental crown finish line: an accuracy study. *J Prosthet Dent.* 2023;S0022–3913(23):00769–2.
47. Mai HN, Han JS, Kim HS, Park YS, Park JM, Lee DH. Reliability of automatic finish line detection for tooth preparation in dental computer aided software. *J Prosthodont Res.* 2023;67:138–43.
48. Liu L, Zhou R, Yuan S, Sun Z, Lu X, Li J, et al. Simulation training for ceramic crown preparation in the dental setting using a virtual educational system. *Eur J Dent Educ.* 2020;24:199–206.
49. Kateeb ET, Kamal MS, Kadamani AM, Abu Hantash RO, Abu Arqoub MM. Utilising an innovative digital software to grade pre-clinical crown preparation exercise. *Eur J Dent Educ.* 2017;21:220–7.
50. Feil PH, Gatti JJ. Validation of a motor skills performance theory with applications for dental education. *J Dent Educ.* 1993;57:628–33.
51. Han S, Yi Y, Revilla-León M, Yilmaz B, Yoon HI. Feasibility of softwarebased assessment for automated evaluation of tooth preparation for dental crown by using a computational geometric algorithm. *Sci Rep.* 2023;13:11847.
52. Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, Lukomska-Szymanska M, MonjarásÁvila AJ, Zarow M, et al. Novel trends in dental color match using different shade selection methods: a systematic review and meta-analysis. *Materials (Basel).* 2022;15:468.
53. Ueki K, Wakamatsu H, Hagiwara Y. Evaluation of dental prosthesis colors using a neural network. 2020 IEEE 5th International Conference on Signal and Image Processing, Nanjing, China. 2020;210–214. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9339381>. Accessed 15 Feb 2024.

54. Rosentritt M, Preis V, Behr M, Krifka S. In-vitro performance of cad/cam crowns with insufficient preparation design. *J Mech Behav Biomed Mater.*2019;90:269–74.
55. Yang Y, Yang Z, Zhou J, Chen L, Tan J. Effect of tooth preparation design on marginal adaptation of composite resin CAD-CAM onlays. *J Prosthet Dent.* 2020;124:88–93.
56. Yamaguchi S, Lee C, Karaer O, Ban S, Mine A, Imazato S. Predicting the debonding of cad/cam composite resin crowns with ai. *J Dent Res.*2019;98:1234–8.
57. Mures,anu, S.; Almas,an, O.; Hedes,iu, M.; Dios,an, L.; Dinu, C.; Jacobs, R. Artificial intelligence models for clinical usage indentistry with a focus on dentomaxillofacial CBCT: A systematic review. *Oral Radiol.* 2023, 39, 18–40. [CrossRef] [PubMed].
58. Grischke, J.; Johannsmeier, L.; Eich, L.; Griga, L.; Haddadin, S. Dentronics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry. *Dent. Mater.* **2020**, 36, 765–778. [CrossRef] [PubMed].
59. Sun Y., Yu K., Ye X., Gao B., Wang Y., Tian W. Design and fabrication of auricular prostheses with the aid of CAD/CAM and rapid prototyping technology. *Int J Prosthodont (IJP)* 2011;24(6):579–581. [
60. Choi J.W., Kim N., Kim Y.I., Kim H., Park H.J. Generative adversarial network-based synthesis of auricular prostheses: a proof-of-concept study. *J Prosthet Dent.* 2021;126(1):78–83.
61. Kong D., Li Y., Fu Y., Li S., Cui X. Research on pigment formulation prediction using deep learning in facial prosthesis. *IEEE Access.* 2021;9:129405–129412.
62. Zhuang Y., Zhang Y., Zhang X., Deng H. Attention-based gated recurrent unit for accurate pigment recipe prediction in maxillofacial prosthetics. *Comput Biol Med.* 2022;140:105055–105062.
63. Tzou C.H.J., Artner N.M., Pona I., et al. Comparison of three-dimensional surface-imaging systems. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg.* 2014;67(4):489–497. doi: 10.1016/j.bjps.2014.01.003.
64. Sikri A, Sikri J. (2025). Artificial Intelligence in Maxillofacial Prosthodontics: A Paradigm Shift in Precision Rehabilitation, *International Journal of Biomedical and Clinical Research*, BioRes Scientia Publishers. 4(3):1-2. DOI: 10.59657/2997-6103.brs.25.080

## 10. Bölüm

### Perioperatif Hiperglisemi Yönetimi

Zeliha DEDEBAĞI<sup>1</sup>

#### 1.GİRİŞ

Diabetes mellitus (DM), dünya çapında yaklaşık 537 milyon insanı etkileyen ve prevalansı hızla artan kronik bir multisistem hastalığıdır.(1). Periferik damar hastalıkları, katarakt, diyabetik ayak ve arteriovenöz fistül açılması gibi nedenlerle diyabetli hastalarda cerrahi girişim gereksinimi sık görülmekte, bu durum diyabetli bireylerin cerrahiye duyduğu ihtiyacın daha yüksek olmasına yol açmaktadır. Perioperatif süreçte glisemik kontrolün sağlanması, komplikasyon oranlarının azaltılması, cerrahi sonuçların iyileştirilmesi ve iyileşme sürecinin kısalması bakımından temel bir gerekliliktir. Perioperatif yüksek glukoz değerleri yalnızca diyabetli hastalarda değil, daha önce diyabet tanısı almamış bireylerde de sık görülmekte olup, hem diyabetik hem de diyabetik olmayan hastalarda olumsuz klinik sonuçların bağımsız bir belirleyicisi olarak kabul edilmektedir.

Cerrahi stres ve anesteziye bağlı olarak ortaya çıkan nöroendokrin ve inflamatuvar yanıt, metabolik dengeyi bozarak stres hiperglisemisine neden olur. Artmış kortizol, glukagon, büyüme hormonu ve katekolamin düzeyleri ve sitokin üretimi bu sürecin temel patofizyolojik bileşenleridir.(2) Ortaya çıkan bu hormonal fırtına, hepatik glukoz üretimini artırır ve periferik dokularda glukoz kullanımını azaltarak akut insülin direnci ile birlikte yetersiz insülin etkisi tablosuna neden olur.

Daha önce diyabet tanısı bulunmayan hastaların %12–30’unda perioperatif dönemde hiperglisemi geliştiği bildirilmektedir (3). “Yeni başlangıçlı” ya da stres ilişkili hiperglisemi saptanan bu hastaların yaklaşık %60’ına taburculuktan sonraki bir yıl içinde kalıcı diyabet tanısı konulmakta olup, HbA1c ölçümü stres hiperglisemisi ile önceden tanı almamış kronik diyabetin ayırt edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (4).

Yüksek kan şekeri düzeyleri, immün yanıtı ve doku onarım mekanizmalarını olumsuz etkileyerek cerrahi başarıyı azaltır. Perioperatif dönemde kan glukoz düzeylerinin 140–180 mg/dL aralığında sürdürülmesi, hipergliseminin zararlı etkilerinden korunmayı sağlarken, aşırı glisemik kontrole bağlı gelişebilecek ciddi hipoglisemi riskini de minimize eder.

<sup>1</sup> Uzm. Dr. Eskişehir Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü  
ORCID: 0000-0001-9682-3447

- **Enfeksiyon Riski:** Hiperglisemiye bağlı immün disfonksiyon, nötrofillerin kemotaktik yanıtını ve fagositik kapasitesini azaltır. Bu durum cerrahi alan enfeksiyonları, pnömoni ve bakteremi sıklığında artışa neden olur. Artan enfeksiyonlara bağlı ameliyat sonrası hastanede kalış süresi uzar, yeniden hastaneye yatış oranları, acil servis kullanımı ve sağlık hizmeti maliyetleri önemli ölçüde artar.
- **Doku İyileşmesi:** Hiperglisemiye bağlı artmış proinflamatuvar sitokin salınımı; endotel disfonksiyonu ve mitokondriyal hasara neden olarak doku onarım süreçlerini olumsuz etkiler . Çalışmalar da yüksek HbA1c düzeylerinin, yara iyileşme hızında azalma ile anlamlı ve bağımsız bir ilişki gösterdiği saptanmıştır(5).

## 2.Perioperatif Glukoz Metabolizmasının Fizyopatolojisi

### 2.1.Cerrahi Stres Yanıtı

Cerrahi girişim, anestezi ve eşlik eden akut hastalıklar, organizmada belirgin bir nöroendokrin stres yanıtını aktive eder. Bu yanıt, hepatik glukoz üretimini artırırken periferik dokularda insülin duyarlılığını azaltarak metabolik dengenin anabolik durumdan katabolik bir yöne kaymasına neden olur. Sonuç olarak glukozun periferik dokular tarafından kullanımı kısıtlanır ve dolaşımdaki glukoz düzeyleri yükselir. Başlangıçta fizyolojik ve adaptif bir mekanizma olarak ortaya çıkan bu süreç, yeterli glisemik kontrol sağlanamadığında olumsuz klinik sonuçlara zemin hazırlayarak morbidite ve mortalite artışı ile ilişkilidir. Bu durum, diyabet öyküsü olmayan hastalarda dahi klinik açıdan önem taşımaktadır. Stres hiperglisemisi olarak tanımlanan bu tablo, özellikle torasik ve abdominal cerrahiler ile genel anestezi uygulamalarında daha belirgin ve uzamış bir seyir göstermektedir.

Cerrahi stres yanıtı sırasında başlıca katekolaminler (epinefrin ve norepinefrin), kortizol, glukagon ve büyüme hormonu (GH) salgılanır. Bu hormonlar, insülinin metabolik etkilerine karşıt yönde etki gösteren hormonlar olarak tanımlanır.

- Kortizol: Hepatik glukoneogenezi ve protein katabolizmasını artırarak dolaşımdaki glukoz düzeylerinin yükselmesine katkıda bulunur.
- Katekolaminler: Pankreas beta hücrelerinden insülin salınımını baskımlarken, glukagon salınımını artırarak hiperglisemiyi pekiştirir.
- Glukagon: Karaciğerde glikojenolizi hızlandırarak glikojen depolarından glukoz salınımını artırır.

## **2.2.İnsülin Direnci ve Artmış Hepatik Glukoz Üretimi**

Cerrahi strese yanıt olarak organizmada göreceli bir insülin direnci gelişir. Bu metabolik durumun temel mekanizmaları:

Artmış serbest yağ asitleri (FFA): Hormonal yanıtla birlikte aktive olan lipoliz, dolaşımdaki FFA düzeylerini yükseltir; artmış FFA'lar iskelet kaslarında insülin aracılı glukoz alımını baskılayarak insülin direncinin derinleşmesine katkıda bulunur.

Artmış hepatic glukoz üretimi: Karaciğerde glukoneogenez ve glikojenolizin yeterince baskılanamaması, hepatic glukoz üretiminin artmasına ve sonuçta hipergliseminin gelişmesine yol açar.

Süre: Gelişen insülin direnci en belirgin olarak cerrahi sonrası ilk 24 saat içinde ortaya çıkar ve cerrahinin büyüklüğü ile hastanın klinik durumuna bağlı olarak 9–21 gün süreyle devam edebilir.

## **2.3.İnflamasyon ve Sitokinlerin Rolü**

Cerrahi stres, hormonal yanıtın ötesinde tümör nekroz faktörü- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interlökin-6 (IL-6) ve interlökin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ) gibi proinflamatuvar sitokinlerin belirgin artışı ile karakterize edilen güçlü bir inflamatuvar yanıtı da tetikler. Bu yanıt, perioperatif dönemde glukoz metabolizmasının bozulmasında temel patofizyolojik bileşenlerden birini oluşturur. Özellikle TNF- $\alpha$ , iskelet kası ve yağ dokusunda glukoz alımından sorumlu GLUT-4 taşıyıcısının ekspresyonunu ve hücre membranına translokasyonunu baskılayarak periferik glukoz kullanımını azaltır. Artmış kan glukoz düzeyleri ise proinflamatuvar sitokin salınımını daha da uyararak endotel disfonksiyonu, mitokondriyal hasar ve immün disregülasyonla sonuçlanan kendini besleyen bir inflamatuvar kısır döngünün oluşmasına neden olur. Bu süreçte artan reaktif oksijen türleri ve serbest yağ asitleri, hücresel hasarı derinleştirerek cerrahi sonuçlar üzerinde olumsuz etkiler yaratır. açar.

## **3.Perioperatif Hipergliseminin Klinik Sonuçları**

Perioperatif hiperglisemi, diyabet öyküsünden bağımsız olarak cerrahi hastalarda olumsuz klinik sonuçlarla ilişkilendirilen önemli bir metabolik bozukluktur. Artmış kan glukoz düzeyleri; nötrofil fonksiyonlarının baskılanması, hücresel immün yanıtın zayıflaması ve oksidatif stresin artması yoluyla cerrahi alan enfeksiyonları ve sepsis gelişme riskini yükseltmektedir. Bunun yanı sıra hiperglisemiye bağlı endotel disfonksiyonu ve mikrosirkülatuar bozulma, yara iyileşmesini olumsuz etkileyerek postoperatif komplikasyon sıklığında artışa neden olmaktadır. Klinik veriler, perioperatif stres hiperglisemisinin yoğun bakım gereksinimi, hastanede kalış süresinin uzaması ve

artmış mortalite ile anlamlı ilişkisini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, diyabetik olmayan hastalarda dahi glisemik kontrolün önemini vurgulamaktadır.

### **3.1.Cerrahi Alan Enfeksiyonları (SSI)**

Perioperatif hiperglisemi, nötrofil kemotaksisi ve fagositozunun baskılanması yoluyla immün yanıtı bozmakta ve cerrahi alan enfeksiyonlarına yatkınlığı artırmaktadır. İntraoperatif veya postoperatif dönemde kan glukoz düzeylerinin 180 mg/dL üzerine çıkması, cerrahi alan enfeksiyonu gelişme riskinde belirgin bir artış ile ilişkilidir. Ayrıca meta-analizler, perioperatif dönemde kan glukozunun 150 mg/dL altında tutulmasının enfeksiyon riskini anlamlı ölçüde azalttığını göstermektedir. Mevcut kanıtlar ışığında, ERAS protokollerinin de önerdiği şekilde perioperatif dönemde kan glukoz düzeylerinin 140–180 mg/dL aralığında sürdürülmesi, iyileşme sürecini optimize eden ve komplikasyon riskini azaltan önemli bir yönetim stratejisidir(6).

### **3.2.Sepsis ve Yoğun Bakım Gereksinimi**

Kontrolsüz hiperglisemi, proinflamatuvar sitokinlerin aşırı salınımı ve nitrik oksit sentezindeki bozulma yoluyla sistemik inflamatuvar yanıtı şiddetlendirerek sepsis gelişimi ve çoklu organ disfonksiyonuna zemin hazırlar. Artmış glukoz düzeyleri, özellikle bakteremi ve pnömoni gibi ciddi enfeksiyonların ortaya çıkma riskini artırarak hastanede kalış süresinin uzamasına neden olur. Literatür verileri, diyabet öyküsü olmayan hastalarda da elektif majör abdominal cerrahi sonrasında gelişen hipergliseminin yoğun bakım ünitesine yatış olasılığını anlamlı ölçüde artırdığını (%8,7–9,7) göstermektedir(7).

### **3.3.Yara İyileşmesinde Gecikme**

Yüksek glukoz düzeyleri, endotel disfonksiyonu ve mitokondriyal hasar yoluyla hücresel bütünlüğü bozarak doku onarım süreçlerini yavaşlatır ve yara iyileşmesinde gecikmeye neden olur. Preoperatif dönemde HbA1c düzeyinin %8'in üzerinde olması, yara yeri komplikasyonları açısından bağımsız bir risk faktörü olarak kabul edilmekte; bu durum cerrahi sonrası doku bütünlüğünün sağlanmasını geciktirerek iyileşme süresinin uzamasıyla ilişkilendirilmektedir

### **3.4.Kardiyovasküler Komplikasyonlar**

Hiperglisemi, kardiyovasküler sistem üzerinde çok sayıda patofizyolojik mekanizma aracılığıyla olumsuz etkilere neden olarak cerrahi ve kritik hastalarda kardiyovasküler komplikasyon riskini belirgin şekilde artırmaktadır. Artmış kan glukoz düzeyleri, endotel disfonksiyonu, oksidatif stresin artışı ve proinflamatuvar sitokin salınımı yoluyla vasküler fonksiyonları bozmakta ve aterotrombotik

süreçlerin hızlanmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca hiperglisemiye eşlik eden insülin direnci ve serbest yağ asitlerindeki artış, miyokardiyal oksijen tüketimini artırarak iskemi gelişimine yatkınlığı güçlendirmektedir. Bu mekanizmaların bir sonucu olarak miyokard enfarktüsü, aritmi, kalp yetmezliği ve inme gibi majör kardiyovasküler olayların görülme sıklığında artış izlenmektedir. Özellikle perioperatif dönemde yetersiz glisemik kontrol, kardiyak ve yüksek riskli non-kardiyak cerrahilerde artmış mortalite ve morbidite ile yakından ilişkilidir.

### **3.5.Morbidite ve Mortalite Üzerine Etkileri**

Mevcut veriler, perioperatif hiperglisemi ile olumsuz klinik sonuçlar arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Diyabet gibi kronik hastalıkları bulunan cerrahi hastalarda postoperatif mortalite riskinin yaklaşık 10 kat arttığı bildirilmektedir (8). Ayrıca preoperatif kan şekeri düzeyi 216 mg/dL üzerinde olan hastalarda bir yıllık mortalite oranının, normoglisemik hastalara kıyasla %12 oranında daha yüksek olduğu saptanmıştır (9).

Perioperatif dönemde artmış glukoz düzeyleri; miyokard enfarktüsü, inme, akut böbrek hasarı ve pulmoner komplikasyonlar gibi ciddi sonuçlarla ilişkilidir. Kardiyak cerrahi sonrası glukozdaki her 20 mg/dL'lik yükselme, organ yetmezliği ve mortalite riskini %30 oranında artırmaktadır (10 ) Ayrıca stres kaynaklı hiperglisemi gelişen ve diyabet tanısı bulunmayan hastalarda cerrahi komplikasyonların daha sık ortaya çıkabildiği bildirilmektedir (3).

## **4.Preoperatif Değerlendirme**

### **4.1.Glisemik Kontrolün Değerlendirilmesi**

Perioperatif dönemde glisemik yönetim, hiperglisemiye bağlı komplikasyonları azaltırken hipoglisemi riskinden kaçınmayı amaçlayan hassas bir denge gerektirir. Elektif cerrahi planlanan hastalarda genel kabul gören yaklaşım, HbA1c düzeyinin %8,0'ın altında tutulmasıdır. Kılavuzlar arasında hedef değerler açısından farklılıklar bulunsa da, HbA1c'nin %8,5–9,0'un üzerinde olduğu durumlarda cerrahinin ertelenmesi ve metabolik kontrolün optimize edilmesi önerilebilmektedir. Ameliyat günü ölçülen açlık veya rastgele kan glukoz düzeylerinin 140–180 mg/dL (7,7–10 mmol/L) aralığında olması en uygun hedef olarak kabul edilmektedir(11). Bu değerlendirme sürecinde, hastanın evde kullandığı oral antidiyabetikler (metformin, SGLT-2 inhibitörleri vb.), insülin rejimleri ve varsa insülin pompası ya da sürekli glukoz monitörü (CGM) ayarları ayrıntılı biçimde gözden geçirilmelidir. Özellikle SGLT-2 inhibitörlerinin, euglisemik ketoasidoz riskini azaltmak amacıyla cerrahiden 3–4 gün önce kesilmesi kritik öneme sahiptir.

## 4.2.Eşlik Eden Komorbiditeler

Diyabetli hastalar, cerrahi risk profilini belirgin biçimde etkileyen çok sayıda kronik komorbidite açısından kapsamlı olarak değerlendirilmelidir. Diyabet, koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği başta olmak üzere kardiyovasküler hastalıklar için en önemli risk faktörlerinden biri olup, preoperatif dönemde yetersiz glisemik kontrol miyokard enfarktüsü ve inme gibi majör kardiyovasküler olayların görülme olasılığını artırmaktadır. Böbrek fonksiyonlarının değerlendirilmesi de kritik öneme sahiptir; metformin gibi ilaçların güvenli kullanımı ve kontrast madde uygulanması açısından eGFR ve serum kreatinin düzeylerinin yakından izlenmesi gerekmekte, renal yetmezlik ise insülin gereksinimi ve ilaç eliminasyonunu doğrudan etkilemektedir. Buna ek olarak, diyabete bağlı otonom nöropati cerrahi stres sırasında hemodinamik instabilite riskini artırabilirken, klinik olarak tanı konulmamış olsa dahi gastroparezi varlığı, açlık protokollerine rağmen aspirasyon riskini yükselten önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

## 5.Antidiyabetik İlaçların Perioperatif Yönetimi

Perioperatif süreçte antidiyabetik ilaçların düzenlenmesi, cerrahi stresin yol açtığı glisemik dalgalanmaları dengelemek ve hipoglisemiye önlemek için hasta bazlı olarak ele alınmalıdır.

### 5.1. Oral Antidiyabetik İlaçlar

Oral antidiyabetik ajanların büyük bölümü, farmakodinamik özellikleri ve perioperatif hipoglisemi riskleri nedeniyle ameliyat sabahı genellikle kesilmektedir.

- **Metformin:** Çoğu olguda cerrahi günü uygulanmaması önerilir. Özellikle renal fonksiyon bozukluğu bulunan hastalarda veya intravenöz kontrast madde kullanılacak girişimlerde, laktik asidoz riskini azaltmak amacıyla ilacın 24–48 saat öncesinden kesilmesi ve böbrek fonksiyonları normale dönene kadar (en az 48 saat) yeniden başlanmaması tavsiye edilmektedir.
- **Sülfonilüreler (gliklazid, glimepirid vb.):** İnsülin sekresyonunu artırmaları nedeniyle açlık durumunda ciddi hipoglisemi riski taşırlar; bu nedenle ameliyat sabahı kesinlikle uygulanmamalıdır.
- **DPP-4 inhibitörleri (sitagliptin, vildagliptin vb.):** Hipoglisemi risklerinin düşük olması nedeniyle birçok kılavuzda ameliyat sabahına kadar, hatta bazı durumlarda cerrahi günü dahi güvenle sürdürülebileceği belirtilmektedir; ancak NPO (açlık) protokollerine göre sabah dozunun atlanması öneren yaklaşımlar da mevcuttur.

- **SGLT-2 inhibitörleri (kanagliflozin, dapagliflozin vb.):** Normoglisemiye yakın değerlerde dahi gelişebilen öglisemik diyabetik ketoasidoz riski nedeniyle özel dikkat gerektirir. FDA ve çeşitli uluslararası kılavuzlar, bu riski azaltmak amacıyla söz konusu ilaçların cerrahiden 3–4 gün önce kesilmesini önermektedir.
- **Tiazolidindionlar (pioglitazon vb.):** Hipoglisemi riskleri düşük olmakla birlikte, sıvı retansiyonu ve kalp yetmezliğini alevlendirme potansiyelleri nedeniyle genellikle cerrahi sabahı uygulanmaz.

## 5.2. Enjekte Edilebilir Tedaviler

**GLP-1 Reseptör Agonistleri (liraglutid, semaglutid vb.):** Bu ilaçlar mide boşalmasını geciktirerek anestezi altında pulmoner aspirasyon riskini artırabilmektedir. Amerikan Anesteziyoloji Derneği'nin (ASA) güncel önerilerine göre, günlük uygulanan GLP-1 reseptör agonistlerinin cerrahi sabahı kesilmesi, haftalık preparatların ise cerrahiden bir hafta önce sonlandırılması tavsiye edilmektedir.

### **Bazal İnsülinler (glargine, detemir, degludec):**

- *Tip 1 diyabet:* Bu hastalarda mutlak insülin gereksinimi bulunduğundan, cerrahi sabahı bazal dozun yaklaşık %80'inin uygulanması önerilir; bu yaklaşım diyabetik ketoasidoz gelişimini önlemek açısından kritik öneme sahiptir.
- *Tip 2 diyabet:* Hipoglisemi riskini azaltmak amacıyla cerrahi öncesi akşam veya cerrahi sabahı bazal insülin dozunun %20–30 oranında azaltılması (yaklaşık %75–80'inin uygulanması) önerilmektedir.

**Premiks İnsülinler (70/30, 75/25 vb.):** Kısa etkili insülin bileşeni içermeleri nedeniyle açlık döneminde belirgin hipoglisemi riski taşırlar. Bu nedenle cerrahi sabahı dozun yaklaşık %50 oranında azaltılması ve eş zamanlı intravenöz dekstroz desteği sağlanması önerilmektedir.

**Çoklu Doz İnsülin Rejimleri (bazal–bolus):** Bazal (arka plan) insülin dozu uygun oranda azaltılarak sürdürülmeli, hasta aç kaldığı sürece prandiyal (bolus) insülin uygulamaları kesilmelidir. İntraoperatif dönemde ortaya çıkan hiperglisemi ise düzeltme (correctional) insülini kullanılarak yönetilmelidir.

Özellikle SGLT-2 inhibitörlerinin cerrahiden 3–4 gün önce kesilmesi ve GLP-1 reseptör agonistlerinin aspirasyon riski açısından dikkatle yönetilmesi, modern perioperatif glisemik kontrol stratejilerinin kilit noktalarını oluşturmaktadır.

## **6.İntraoperatif Glukoz Yönetimi**

### **6.1.Glisemik Hedefler**

İntraoperatif glukoz yönetimi, diyabetik olsun ya da olmasın tüm hastalarda cerrahi komplikasyonları azaltmak için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle birçok profesyonel kuruluş, perioperatif glisemik hedef olarak 140–180 mg/dL aralığını benimsemektedir.

### **6.2.Glukoz İzlemi**

Güvenli glisemik kontrolün sağlanmasında temel unsur, kan glukoz düzeylerinin düzenli ve güvenilir biçimde izlenmesidir. Bir–iki saatten uzun süren cerrahilerde kan şekeri ölçümlerinin en az iki saatte bir yapılması önerilirken, intravenöz insülin infüzyonu uygulanan veya hemodinamik olarak instabil hastalarda saatlik glukoz izlemi önerilmektedir(12). Her ne kadar merkezi laboratuvar analizleri referans standart olarak kabul edilse de, intraoperatif pratikte arteriyel kan gazı analizörleri kapiller ölçümlere kıyasla laboratuvar değerlerine daha yakın sonuçlar vermekte ve bu nedenle tercih edilmektedir. Buna karşılık, kapiller glukometrelerin hipoksi, asidoz, vazopresör kullanımı ve yaygın ödem gibi durumlarda ölçüm hatalarına daha yatkın olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

### **6.3.İntraoperatif İnsülin Tedavisi**

İntraoperatif hipergliseminin yönetimi, cerrahinin süresi, girişimin niteliği ve hastanın hemodinamik durumu dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. Dört saatten uzun süren operasyonlarda, kardiyak cerrahi olgularında ve belirgin sıvı kayıpları veya hemodinamik dalgalanmaların öngörüldüğü hastalarda intravenöz insülin infüzyonu öncelikli tedavi seçeneği olarak önerilmektedir. İntravenöz insülinin kısa yarı ömrü (yaklaşık 10–15 dakika), doz titrasyonunun hızlı ve öngörülebilir biçimde yapılmasına ve gerektiğinde etkisinin kısa sürede geri döndürülmesine olanak tanır. Buna karşılık, dört saatten kısa süren ve hemodinamik açıdan stabil seyreden cerrahilerde, hiperglisemi kontrolü için subkutan hızlı etkili insülin analogları (aspart, lispro) yeterli olabilmektedir. Ancak subkutan insülinin doku birikimi (stacking) ve buna bağlı geç hipoglisemi riskini azaltmak amacıyla doz tekrarlarının iki saatten daha sık yapılmaması gereklidir. Ciddi hiperglisemi (kan glukozu >300 mg/dL) varlığında ise, kısa süreli girişimlerde dahi intravenöz bolus insülin uygulaması uygun bir alternatif olarak değerlendirilebilir.

## 6.4.Hipoglisemiden Korunma

Hipoglisemi, insülin tedavisinin en sık karşılaşılan ve potansiyel olarak en tehlikeli komplikasyonu olarak kabul edilmektedir. Genel anestezi ve derin sedasyon altında, terleme, tremor ve bilinç değişikliği gibi hipogliseminin klasik klinik bulgularının maskelenmesi tanının gecikmesine yol açabileceğinden, intraoperatif dönemde düzenli ve tercihen saatlik glukoz izlemi hayati önem taşır. Hipoglisemi riskini azaltmak amacıyla, perioperatif glisemik hedeflerin 140–180 mg/dL arasında belirlenmeli ve insülin uygulamalarının hastanın bireysel insülin duyarlılığına göre yapılandırılmış protokoller çerçevesinde düzenlenmelidir. Kan glukoz düzeyinin 70 mg/dL'nin altına düşmesi durumunda insülin infüzyonu derhal durdurulmalı ve hasta intravenöz dekstroz ile (örneğin %50 dekstrozdaki 25–50 mL bolus) hızla tedavi edilmelidir. Güncel literatür ve sunulan kaynaklar doğrultusunda, perioperatif glukoz yönetiminin stres yanıtı ile yakından ilişkili olduğu ve uygun yönetimin klinik sonuçlar üzerinde belirleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır (13).

## 7.Postoperatif Glukoz Yönetimi

Postoperatif süreçte glukoz metabolizması, devam eden cerrahi stres ve inflamatuvar yanıt ile birlikte ağrı, enfeksiyon ve beslenme değişikliklerinin etkisi altında dalgalanma gösterir. Bu dönemde ortaya çıkan hiperglisemi, diyabetik ve diyabetik olmayan hastalarda olumsuz klinik sonuçlarla yakından ilişkilidir. Öte yandan, çok sıkı glisemik kontrol hipoglisemi riskini artırabileceğinden, postoperatif glukoz yönetimi dengeli ve hasta odaklı bir yaklaşım gerektirir.

### 7.1. Erken Postoperatif Dönem

**Oral Alım Olmayan Hastalarda Yönetim (NPO):** Oral beslenmenin kısıtlı olduğu veya tamamen kesildiği postoperatif dönemde, hastanın bazal insülin gereksiniminin mutlaka karşılanması gereklidir. Özellikle tip 1 diyabetli hastalarda, diyabetik ketoasidoz gelişimini önlemek amacıyla NPO durumunda dahi bazal insülin tedavisinin kesinlikle kesilmemesi hayati önem taşımaktadır.

**İnsülin İnfüzyonundan Subkutan Tedaviye Geçiş:** Kritik faz tamamlanarak hastanın servis koşullarına alınması planlandığında, intravenöz insülinde subkutan insüline geçiş süreci dikkatle yönetilmelidir. Rebound hipergliseminin önlenmesi amacıyla subkutan bazal insülin, intravenöz infüzyon sonlandırılmadan birkaç saat önce uygulanmalıdır (14).

### 7.2. Yoğun Bakımda Glisemik Kontrol

İntravenöz insülin infüzyonu uygulanan hastalarda güvenli ve etkin kontrol için kan glukoz düzeylerinin saatlik olarak izlenmesi önerilmektedir. Kapiller

ölçümlerin şok, vazopresör kullanımı ve periferik perfüzyon bozukluğu gibi durumlarda yanıtıcı olabileceği göz önünde bulundurulduğunda, arteriyel kan gazı analizörleri yoğun bakım koşullarında daha güvenilir bir ölçüm yöntemi olarak öne çıkmaktadır.

## **8.Hipoglisemi: Tanı, Risk Faktörleri ve Yönetim**

Perioperatif dönemde hipoglisemi, insülin tedavisinin en sık görülen ve klinik açıdan en ciddi komplikasyonlarından biri olup, artmış morbidite ve mortalite ile yakından ilişkilidir.

### **8.1. Hipoglisemi Tanısı ve Sınıflandırması**

Hipoglisemi, Amerikan Diyabet Derneği (ADA) ve uluslararası çalışma grupları tarafından klinik önemine göre üç düzeyde sınıflandırılmaktadır . Seviye 1 (uyarı hipoglisemisi), kan glukozunun 70 mg/dL altına düşmesiyle tanımlanır ve insülin dozunun yeniden düzenlenmesi ile hızlı etkili karbonhidrat alımının başlatılması için uyarı niteliği taşır. Seviye 2 (klinik olarak anlamlı hipoglisemi), kan glukozunun 54 mg/dL altına düşmesiyle karakterizedir ve acil müdahale gerektirir. Seviye 3 (şiddetli hipoglisemi) ise ölçülen kan şekeri değerinden bağımsız olarak, hastanın iyileşmesi için başka bir kişinin yardımına ihtiyaç duyduğu; bilinç kaybı, nöbet veya belirgin nöroglükopenik bulguların eşlik ettiği durumu ifade eder(15).

### **8.2. Perioperatif Hipoglisemi Nedenleri ve Risk Faktörleri**

Hipoglisemi gelişimi, hem hastaya özgü özellikler hem de klinik uygulamadaki yönetim hatalarının bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir. Aşırı sıkı glisemik hedeflerin belirlenmesi, hatalı insülin dozlaması, hastanın açlık durumu dikkate alınmadan yapılan tedavi düzenlemeleri ve ekipler arası iletişim eksikliği en sık karşılaşılan yönetimle ilişkili nedenler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, önceki insülin dozunun etkisi tamamen ortadan kalkmadan yapılan tekrar uygulamalar, insülin birikmesine yol açarak hipoglisemi riskini belirgin biçimde artırmaktadır. Hasta ile ilişkili faktörler arasında ise ileri yaş, böbrek veya karaciğer yetmezliği, bilişsel fonksiyon bozukluğu ve diyabet süresinin uzun olması gibi durumlar hipoglisemiye yatkınlığı artıran başlıca etmenler olarak öne çıkmaktadır.

### **8.3. Klinik Belirtiler**

Hipoglisemiye bağlı klinik bulgular temel olarak iki ana başlık altında sınıflandırılmakla birlikte, genel anestezi ve sedasyon altında bu belirtilerin (terleme, taşikardi ve bilinç değişiklikleri gibi) sıklıkla maskelenebileceği göz

önünde bulundurulmalıdır. Sempatoadrenal belirtiler, taşikardi, tremor, açlık hissi, çarpıntı ve anksiyete ile karakterizedir. Nöroglikopenik belirtiler ise konfüzyon, bulanık görme, iritabilite, baş dönmesi, nöbet ve koma gibi santral sinir sistemi bulgularını içerir ve bu semptomlar genellikle kan glukoz düzeylerinin 54 mg/dL'nin altına düşmesiyle belirgin hale gelir.

#### 8.4. Tedavi Algoritmaları

Hipoglisemi saptandığında öncelikle devam eden insülin infüzyonu veya insülin tedavisi derhal kesilmelidir. Oral alımı mümkün olan hafif ve orta şiddette hipoglisemi olgularında 15–20 g hızlı emilen karbonhidrat (glukoz jel, berrak meyve suyu veya glukoz tabletleri) verilmesi yeterli olabilir. Oral alımın mümkün olmadığı veya şiddetli hipoglisemi gelişen aç hastalarda intravenöz dekstroz tedavisi tercih edilmeli; genellikle 25 g %50 dekstroz bolus veya %10 dekstroz infüzyonu uygulanmalıdır. İntravenöz erişimin sağlanamadığı ya da yanıtın yetersiz olduğu durumlarda glukagon (1 mg IV veya SC) alternatif bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilebilir. tekrarlanmalıdır. Hipoglisemi tedavisi sonrasında kan glukozu normal sınırlara (>70–100 mg/dL) ulaşıncaya kadar, 15–30 dakikada bir yakın glisemik izlem önerilir (13).

#### 8.5. Önleme Stratejileri

**Hedef Glisemik Aralığın Belirlenmesi:** Perioperatif dönemde kan glukozunun 140–180 mg/dL aralığında tutulması, hipoglisemi riskini azaltan ve klinik sonuçları iyileştiren kanıta dayalı bir yaklaşımdır.

**Yakın Glisemik İzlem:** Özellikle intravenöz insülin infüzyonu uygulanan veya kritik hastalarda, **saatlik kan glukoz ölçümü** ile yakın izlem önerilmektedir.

**Bireyselleştirilmiş İnsülin Dozlaması:** İnsülin dozları; hastanın insülin duyarlılığı, vücut ağırlığı, eşlik eden hastalıkları ve preoperatif ev tedavi rejimi dikkate alınarak kişiselleştirilmelidir.

**Yapılandırılmış Kurumsal Protokoller:** Hipogliseminin önlenmesi ve yönetimine yönelik standart, yazılı ve ekipler arası uyumlu protokollerin bulunması hasta güvenliği açısından temel bir gerekliliktir.

**Preoperatif Metabolik Planlama:** SGLT-2 inhibitörlerinin cerrahiden **3–4 gün önce kesilmesi** ve mümkün olan durumlarda **sabah saatlerinde cerrahi planlanması**, açlık süresini kısaltarak metabolik dengesizlik ve hipoglisemi riskini azaltmaktadır.

Bununla birlikte, perioperatif glukoz yönetimi tüm hastalarda standart bir yaklaşım ile sınırlı kalmamalı; **hastanın fizyolojik rezervi, eşlik eden komorbiditeleri, diyabet tipi ve cerrahinin aciliyetine göre bireyselleştirilmiş**

stratejiler uygulanmalıdır. Bu bağlamda, literatürde özel hasta gruplarına yönelik öneriler, risk profiline özgü hedefler ve izlem yaklaşımları doğrultusunda şekillenmektedir.

## **9.Özel hasta grupları**

### **9.1. Yaşlı Hastalar**

Yaşlı hastalar, bilişsel işlevlerde bozulma, çoklu ilaç kullanımı ve artmış kırılabilirlik nedeniyle perioperatif hipoglisemi açısından en yüksek riskli gruplar arasında yer almaktadır. Bu nedenle iatrojenik hipoglisemiden kaçınmak amacıyla insülin dozlarının dikkatle ayarlanması gerekmektedir. Günlük bazal insülin dozunun yaklaşık yarıya indirilerek 0,1–0,15 ünite/kg/gün düzeyinde uygulanması ve düzeltme insülinlerinin daha düşük dozlarla verilmesi önerilmektedir (13). Özellikle yaşam beklentisi sınırlı veya yüksek riskli yaşlı bireylerde, daha esnek glisemik hedeflerin benimsenmesi ve kan glukozunun 200 mg/dL'ye kadar tolere edilmesi kabul edilebilir bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

### **9.2. Böbrek Yetmezliği Olan Hastalar**

- **İnsülin Farmakokinetiği ve Duyarlılığı:** Böbrek fonksiyonlarının bozulması, insülinin renal klirensini azaltarak yarı ömrünü uzatır ve perioperatif dönemde hipoglisemi riskini belirgin biçimde artırır.

- **Antidiyabetik İlaç Yönetimi:**

**Metformin:** Tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) <30 mL/dak/1.73 m<sup>2</sup> olan hastalarda kontrendikedir; eGFR <45 mL/dak/1.73 m<sup>2</sup> düzeylerinde ise laktik asidoz riski nedeniyle perioperatif dönemde kesilmesi önerilir (12).

**SGLT-2 İnhibitörleri:** eGFR <45 mL/dak/1.73 m<sup>2</sup> olan hastalarda etkinlik ve güvenlik kısıtlılığı nedeniyle genellikle önerilmemektedir.

- **İnsülin Dozlaması:** Böbrek yetmezliği olan hastalarda bazal insülin tedavisine **0,1–0,15 ünite/kg/gün** gibi düşük dozlardan başlanmalı ve glisemik yanıt ile hipoglisemi riski yakından izlenerek dikkatli titre edilmelidir (13).

### **9.3. Obez Hastalar**

Obez hastalarda (BKİ >35 kg/m<sup>2</sup>) perioperatif glukoz yönetimi, genellikle belirgin insülin direnci nedeniyle daha yüksek insülin gereksinimi ile karakterizedir. Özellikle bariatrik cerrahi geçiren obez hastalarda, perioperatif dönemde uygulanan çok düşük kalorili diyetler ve hızlı kilo kaybı, öglisemik diyabetik ketoasidoz gelişimi açısından ek bir risk oluşturmaktadır ve bu hastalar yakın metabolik izlem gerektirmektedir.

#### **9.4. Acil Cerrahi Hastaları**

Acil cerrahi hastalarında glisemik kontrol hızla bozulabilir ve DKA veya hiperosmolar durum riski artar. “Tok karın” kabul edilen bu hastalarda aspirasyon riski yüksektir. Hemodinamik instabilite nedeniyle intravenöz insülin infüzyonu tercih edilmeli, SGLT-2 inhibitörleri derhal kesilmeli ve keton takibi yapılmalıdır. Acil cerrahi günü ölçülen HbA1c, kronik glisemik kontrolün değerlendirilmesinde yol göstericidir.

#### **Sonuç**

Perioperatif hiperglisemi, diyabetik ve diyabetik olmayan cerrahi hastalarda olumsuz klinik sonuçlarla ilişkili yaygın bir durumdur. Cerrahi stresin yol açtığı metabolik yanıt, enfeksiyon gelişimi ve mortalite artışıyla doğrudan bağlantılıdır. İnsülin tedavisiyle glisemik kontrol sağlanması komplikasyonları azaltmakla birlikte, aşırı sıkı hedeflerin hipoglisemi ve mortalite riskini artırdığı gösterilmiş; bu durum, güncel yaklaşımın daha ılımlı glisemik hedeflere yönelmesine neden olmuştur.

#### **Klinik Pratiğe Yönelik Öneriler**

Perioperatif glukoz yönetiminde etkin ve güvenli bir yaklaşım için cerrahi öncesinde hastanın diyabet tipi, eşlik eden hastalıkları ve hipoglisemi farkındasızlığı öyküsünün ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi ve belgelenmesi gereklidir. Evde kullanılan uzun etkili bazal insülin dozları, hipoglisemi riskini azaltmak amacıyla ameliyat öncesi dönemde %20–25 oranında azaltılmalıdır. Süresi iki saati aşan cerrahilerde veya intravenöz insülin infüzyonu uygulanan hastalarda glisemik izlem saatlik yapılmalıdır. Uzun süren cerrahilerde ve hemodinamik instabilite beklenen olgularda intravenöz insülin infüzyonu, subkutan tedaviye göre daha güvenli ve öngörülebilir bir seçenek sunmaktadır. Klinik uygulamada hasta güvenliğini artırmak amacıyla, sağlık kurumlarının kanıta dayalı standart glisemik yönetim ve hipoglisemi tedavi protokollerini benimsemesi önemlidir.

## Kaynakça

- 1-International Diabetes Federation. (2021). IDF diabetes atlas (10th ed.). Brussels, Belgium: International Diabetes Federation.
- 2- Esposito, K., Nappo, F., Marfella, R., Giugliano, G., Giugliano, F., Ciotola, M., Quagliaro, L., Ceriello, A., & Giugliano, D. (2002). Inflammatory cytokine concentrations are acutely increased by hyperglycemia in humans: Role of oxidative stress. *Circulation*, 106(16), 2067–2072. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000034509.14906.ae>
- 3- Frisch, A., Chandra, P., Smiley, D., Peng, L., Rizzo, M., Ratcliffe, C., Hudson, M., Mendoza, J., Johnson, R., Lin, E., & Umpierrez, G. (2010). Prevalence and clinical outcome of hyperglycemia in the perioperative period in noncardiac surgery. *Diabetes Care*, 33(8), 1783–1788. <https://doi.org/10.2337/dc10-0304>
- 4- Greci, L. S., Kailasam, M., Malkani, S., Katz, D. L., Hulinsky, I., Ahmadi, R., & Nawaz, H. (2003). Utility of HbA1c levels for diabetes case finding in hospitalized patients with hyperglycemia. *Diabetes Care*, 26(4), 1064–1068. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.4.1064>
- 5-Christman, A. L., Selvin, E., Margolis, D. J., Lazarus, G. S., & Garza, L. A. (2011). Hemoglobin A1c predicts healing rate in diabetic wounds. *Journal of Investigative Dermatology*, 131(10), 2121–2127. <https://doi.org/10.1038/jid.2011.176>
- 6- Gündoğdu, R. H. (2016). Cerrahi iyileşmenin hızlandırılması için modern teknikler. In F. Eti Aslan (Ed.), *Cerrahi bakım: Vaka analizleri ile birlikte* (s. 455–470). Ankara: Akademisyen Tıp Kitabevi.
- 7- Gianotti, L., Sandini, M., Biffi, R., et al. (2019). Determinants, time trends and dynamic outcomes of postoperative hyperglycemia in non-diabetic patients undergoing major elective abdominal surgery: A prospective longitudinal observational study. *Clinical Nutrition*, 38, 1765–1772. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.07.028>
- 8- Fowler, A. J., Wahedally, M. A. H., Abbott, T. E. F., Smuk, M., Prowle, J. R., Pearse, R. M., & Cromwell, D. A. (2022). Death after surgery among patients with chronic disease: Prospective study of routinely collected data in the English NHS. *British Journal of Anaesthesia*, 128(2), 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2021.11.011>
- 9- Abdelmalak, B. B., Knittel, J., Abdelmalak, J. B., Dalton, J. E., Christiansen, E., Foss, J., Argalious, M., Zimmerman, R., & Van den Berghe, G. (2014). Preoperative blood glucose concentrations and postoperative outcomes after elective non-cardiac surgery: An observational study. *British Journal of Anaesthesia*, 112(1), 79–88. <https://doi.org/10.1093/bja/aet297>

- 10- Gandhi, G. Y., Nuttall, G. A., Abel, M. D., Mullany, C. J., Schaff, H. V., Williams, B. A., Schrader, L. M., Rizza, R. A., & McMahan, M. M. (2005). Intraoperative hyperglycemia and perioperative outcomes in cardiac surgery patients. *Mayo Clinic Proceedings*, 80(7), 862–866. <https://doi.org/10.4065/80.7.862>
- 11- Ye, H., Ma, Z., Zong, Q., Zhu, Q., Yan, Y., Yang, S., Xiang, P., & Zou, H. (2025). Association of the time in targeted blood glucose range of 140 to 180 mg/dL with the mortality of critically ill patients with diabetes: Analysis of the MIMIC-IV database. *Journal of Clinical and Translational Endocrinology*, 41, 100413. <https://doi.org/10.1016/j.jcte.2025.100413>
- 12- Rajan, N., Duggan, E. W., Abdelmalak, B. B., Butz, S., Rodriguez, L. V., Vann, M. A., & Joshi, G. P. (2024). Society for Ambulatory Anesthesia updated consensus statement on perioperative blood glucose management in adult patients with diabetes mellitus undergoing ambulatory surgery. *Anesthesia & Analgesia*, 139(3), 459–477. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000006791>
- 13- Duggan, E. W., Carlson, K., & Umpierrez, G. E. (2017). Perioperative hyperglycemia management: An update. *Anesthesiology*, 126(3), 547–560. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001515>
- 14- Kreider, K. E., & Lien, L. F. (2015). Transitioning safely from intravenous to subcutaneous insulin. *Current Diabetes Reports*, 15(5), 23.
- 15- American Diabetes Association Professional Practice Committee. (2024). Glycemic goals and hypoglycemia: Standards of care in diabetes—2024. *Diabetes Care*, 47(Suppl 1), S111–S125.

## 11. Bölüm

### Alveolar Soket Preservasyonu: Biyolojik Temeller ve Güncel Klinik Yaklaşımlar

İzzet Melih GÜRKAN<sup>1</sup>, Hakan ÖZDEMİR<sup>2</sup>

#### Giriş

Diş çekimi, ağız, diş ve çene cerrahisinde en sık uygulanan cerrahi işlemlerden biridir. Ancak diş çekimini takiben alveolar kemikte meydana gelen biyolojik değişiklikler, ilerleyen dönemlerde yapılacak protetik rehabilitasyon ve implant tedavileri açısından önemli klinik sonuçlar doğurmaktadır. Diş çekimi sonrasında alveolar kemik dokusu fizyolojik bir remodelasyon sürecine girer ve bu süreç çoğu zaman alveolar kret yüksekliği ve genişliğinde belirgin azalma ile sonuçlanır. Özellikle çekim sonrası ilk altı ay içerisinde alveolar kret genişliğinde yaklaşık %30–50 oranında azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Schropp ve ark., 2003; Araújo ve Lindhe, 2005; Avila-Ortiz ve ark., 2014).

Alveolar kemik dokusu, dişlerin varlığına bağlı olarak gelişen özel bir kemik yapısıdır ve periodontal ligament aracılığıyla fonksiyonel yükleri karşılar. Diş çekimi ile birlikte periodontal ligament ortadan kalkmakta ve alveolar kemik üzerinde önemli biyolojik değişiklikler başlamaktadır. Bu süreçte osteoklastik aktivite artmakta ve özellikle bukkal kemik duvarında belirgin rezorpsiyon meydana gelmektedir (Araújo ve Lindhe, 2009).

Bu nedenle son yıllarda diş çekimi sonrası alveolar kemik hacmini korumaya yönelik çeşitli cerrahi ve biyolojik yaklaşımlar geliştirilmiştir. “Soket preservasyonu” olarak adlandırılan bu teknikler, çekim soketinin çeşitli biyomateryaller ve rejeneratif yöntemler kullanılarak korunmasını amaçlamaktadır (Avila-Ortiz ve ark., 2014).

Bu bölümde diş çekimi sonrası alveolar sokette meydana gelen biyolojik değişiklikler, alveolar kemik iyileşmesinin temel mekanizmaları ve soket preservasyonu uygulamalarında kullanılan güncel cerrahi teknikler literatür eşliğinde ele alınacaktır. Ayrıca farklı greft materyallerinin biyolojik özellikleri ve klinik etkinlikleri değerlendirilerek soket preservasyonu uygulamalarının güncel yaklaşımları tartışılacaktır.

<sup>1</sup> Arş. Gör., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, Orcid: 0000-0002-7267-4798

<sup>2</sup> Prof. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Eskişehir, Orcid: 0000-0001-9550-1999

## **Alveolar Kemik Biyolojisi**

Alveolar kemik, dişlerin desteklenmesini sağlayan ve periodontal ligament aracılığıyla fonksiyonel yükleri karşılayan özel bir kemik dokusudur. Dişlerin sürmesi ile birlikte gelişen bu kemik yapısı, diş kaybı sonrasında fizyolojik rezorpsiyon sürecine girer. Bu nedenle alveolar kemik, fonksiyonel uyarılara duyarlı ve sürekli remodelasyon gösteren dinamik bir dokudur (Araújo ve Lindhe, 2005; Schropp ve ark., 2003).

Alveolar kemik iki ana bölümden oluşmaktadır: alveolar kemik proper ve destekleyici alveolar kemik. Alveolar kemik proper, diş kökünü çevreleyen ve periodontal ligament liflerinin tutunduğu ince kemik tabakasıdır ve radyografilerde lamina dura olarak izlenir. Destekleyici alveolar kemik ise kortikal plaklar ve trabeküler kemikten oluşur (Lindhe ve ark., 2015).

Alveolar kemikte kemik yapım ve yıkım süreçleri osteoblastlar ve osteoklastlar tarafından düzenlenmektedir. Bu süreç periodontal ligamentten gelen mekanik uyarılar, lokal büyüme faktörleri ve sistemik faktörler tarafından kontrol edilir (Ten Cate, 2013). Periodontal ligamentin kaybı ile birlikte alveolar kemikte remodelasyon hızlanmakta ve özellikle bukkal kortikal kemikte belirgin rezorpsiyon meydana gelmektedir (Araújo ve Lindhe, 2009).

## **Diş Çekimi Sonrası Soket İyileşmesi**

Diş çekimi sonrasında alveolar sokette meydana gelen iyileşme süreci, bir dizi biyolojik olayın ardışık olarak gerçekleştiği kompleks bir doku yeniden yapılanma sürecidir. Bu süreç temel olarak koagülasyon, inflamasyon, proliferasyon ve remodelasyon fazlarından oluşur. Çekim sonrası soket iyileşmesinin anlaşılması, alveolar kret rezorpsiyonunun mekanizmalarının ve soket preservasyonu uygulamalarının biyolojik temelini açıklamak açısından büyük önem taşımaktadır (Cardaropoli ve ark., 2003; Araújo ve Lindhe, 2005).

Diş çekimini takiben soket içerisinde ilk olarak kan pıhtısı oluşur. Bu pıhtı, iyileşme sürecinin başlangıcını oluşturan geçici bir matriks görevi görür ve fibrin ağı içerisinde trombositler, eritrositler ve çeşitli büyüme faktörlerini içerir. Trombositlerden salınan platelet-derived growth factor (PDGF), transforming growth factor- $\beta$  (TGF- $\beta$ ) ve vascular endothelial growth factor (VEGF) gibi biyolojik mediatörler yara iyileşmesinin erken döneminde hücrel göç ve anjiyogenez süreçlerini uyarır (Choukroun ve ark., 2006; Miron ve ark., 2017).

Çekim sonrası ilk birkaç gün içerisinde inflamasyon fazı gelişir. Bu dönemde nötrofiller ve makrofajlar soket bölgesine göç ederek nekrotik dokuların ve mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını sağlar. Aynı zamanda bu hücreler tarafından salgılanan sitokinler ve büyüme faktörleri fibroblastların ve endotelial

hücrelerin proliferasyonunu uyararak iyileşmenin bir sonraki aşamasını başlatır (Cardaropoli ve ark., 2003).

İnflamasyon fazını proliferasyon fazı takip eder. Bu aşamada soket içerisinde granülasyon dokusu oluşmaya başlar. Fibroblastlar, kapiller damarlar ve mezenkimal kökenli hücrelerden oluşan bu granülasyon dokusu zamanla olgunlaşarak bağ dokusu matrisine dönüşür. Aynı dönemde osteoprogenitör hücrelerin aktivasyonu ile yeni kemik oluşumu başlar ve soket içerisinde ilk olarak woven bone adı verilen düzensiz yapıda kemik dokusu oluşur (Araújo ve Lindhe, 2005). Çalışmalar çekim sonrası ilk 4–8 hafta içerisinde soket içerisinde belirgin kemik oluşumu gerçekleştiğini ve yaklaşık 3–4 ay sonunda soketin büyük ölçüde kemik dokusu ile dolduğunu göstermektedir (Schropp ve ark., 2003; Araújo ve Lindhe, 2009).

### **Alveolar Kret Rezorpsiyonu**

Diş çekimi sonrasında alveolar kemikte meydana gelen en önemli morfolojik değişikliklerden biri alveolar kret rezorpsiyonudur. Bu süreç fizyolojik bir remodelasyon mekanizmasının sonucu olup, dişin kaybı ile birlikte periodontal ligamentten gelen fonksiyonel ve biyolojik uyarıların ortadan kalkması ile başlar (Araújo ve Lindhe, 2005).

Diş çekimini takiben meydana gelen alveolar kemik kaybı hem horizontal hem de vertikal yönde gerçekleşmektedir. Klinik ve radyografik çalışmalar, çekim sonrası ilk üç ila altı ay içerisinde alveolar kret genişliğinde belirgin azalma meydana geldiğini göstermektedir. Schropp ve arkadaşları tarafından yapılan prospektif bir çalışmada, diş çekimini takiben ilk yıl içerisinde alveolar kret genişliğinde ortalama %50 oranında azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Schropp ve ark., 2003).

Alveolar kemik kaybı özellikle bukkal kemik duvarında daha belirgin görülmektedir. Bunun temel nedeni bukkal kortikal kemiğin çoğu bölgede oldukça ince bir yapıya sahip olmasıdır. İnce kortikal kemik periodontal ligamentin kaybı sonrasında vasküler desteğini büyük ölçüde kaybeder ve hızlı bir rezorpsiyon sürecine girer (Araújo ve Lindhe, 2009).

### **Soket Preservasyon Teknikleri**

Soket preservasyonu uygulamaları diş çekimi sonrasında alveolar kemik hacmini korumayı amaçlayan cerrahi yaklaşımları içermektedir. Bu teknikler atraumatik diş çekimi, soketin greft materyalleri ile doldurulması ve membran kullanımı gibi prosedürleri kapsamaktadır (Vignoletti ve ark., 2012).

Soket preservasyonu uygulamalarında ilk önemli adım atraumatik diş çekimidir. Atraumatik çekim teknikleri, alveolar kemik duvarlarının korunmasını sağlayarak çekim sonrası kemik kaybını minimize etmeyi hedefler. Bu amaçla periodontal ligament lifleri ayrılır ve diş mümkün olduğunca minimal travma ile soketten uzaklaştırılır. Özellikle ince bukkal kemik duvarına sahip bölgelerde atraumatik çekim tekniklerinin uygulanması büyük önem taşımaktadır (Araújo ve Lindhe, 2005).

Diş çekimini takiben alveolar soket çeşitli greft materyalleri ile doldurulabilir. Bu greft materyalleri soket içerisinde bir iskele görevi görerek kemik rejenerasyonunu destekler ve soket hacminin korunmasına katkıda bulunur. Soket preservasyonu uygulamalarında kullanılan başlıca greft materyalleri arasında otolog kemik greftleri, allogreftler, ksenogreftler ve sentetik biyomateryaller yer almaktadır. Bu materyaller osteokondüktif özellikleri sayesinde yeni kemik oluşumu için uygun bir mikroçevre oluştururlar (Avila-Ortiz ve ark., 2014).

Soket preservasyonu uygulamalarında flap elevasyonu gerekip gerekmediği de önemli bir klinik tartışma konusudur. Flap elevasyonu, membran stabilizasyonu ve primer yara kapanışı sağlamak açısından avantaj sağlayabilir. Ancak bazı çalışmalar flap kaldırılmasının periostal kanlanmayı azaltabileceğini ve kemik rezorpsiyonunu artırabileceğini göstermektedir. Bu nedenle son yıllarda minimal invaziv ve flapless teknikler daha fazla tercih edilmektedir (Araújo ve Lindhe, 2009).

Günümüzde soket preservasyonu uygulamalarında biyolojik ajanların kullanımı da giderek artmaktadır. Özellikle platelet-rich fibrin (PRF) gibi otolog biyolojik materyaller, büyüme faktörleri açısından zengin içerikleri sayesinde anjiyogenezi artırmakta ve kemik rejenerasyonunu desteklemektedir. Bu nedenle PRF ve benzeri biyolojik ürünler soket preservasyonu prosedürlerinde destekleyici materyaller olarak kullanılmaktadır (Miron ve ark., 2017).

### **Greft Materyalleri**

Soket preservasyonu uygulamalarında kullanılan greft materyalleri, çekim sonrası oluşan alveolar soketin hacmini korumayı ve yeni kemik oluşumu için uygun bir biyolojik ortam sağlamayı amaçlamaktadır. Bu materyaller genellikle osteokondüktif bir iskele görevi görerek osteojenik hücrelerin göçünü ve proliferasyonunu destekler. Günümüzde soket preservasyonu prosedürlerinde kullanılan başlıca greft materyalleri; otolog kemik greftleri, allogreftler, ksenogreftler ve sentetik biyomateryaller olarak sınıflandırılmaktadır (Avila-Ortiz ve ark., 2014).

## **Otolog Kemik Greftleri**

Otolog kemik greftleri, kemik rejenerasyonu açısından “altın standart” olarak kabul edilmektedir. Bu greftler aynı bireyden elde edildiği için osteojenik, osteoindüktif ve osteokondüktif özellikleri bir arada taşırlar. Otolog kemik greftleri genellikle mandibular ramus, simfiz bölgesi veya maksiller tüber bölgesinden elde edilebilmektedir. Ancak ikinci bir cerrahi alan gerektirmesi, sınırlı miktarda kemik elde edilebilmesi ve donör sahada morbidite riski gibi dezavantajları bulunmaktadır (Nkenke ve Neukam, 2014).

## **Allogreftler**

Allogreftler, aynı türden ancak farklı bireylerden elde edilen kemik greftleridir. Bu greft materyalleri genellikle kemik bankalarında hazırlanmakta ve çeşitli işlemlerden geçirilerek klinik kullanıma sunulmaktadır. En yaygın kullanılan allogreft türleri arasında demineralize dondurulmuş kurutulmuş kemik grefti (DFDBA) ve dondurulmuş kurutulmuş kemik grefti (FDBA) yer almaktadır. Allogreftler osteokondüktif özelliklerinin yanı sıra bazı durumlarda osteoindüktif potansiyele de sahip olabilmektedir (Finkemeier, 2002).

## **Ksenogreftler**

Ksenogreftler, farklı türlerden elde edilen kemik materyalleridir ve en sık kullanılan kaynak sığır kemikleridir. Bu materyaller özel işlemlerden geçirilerek organik içerikleri uzaklaştırılır ve yalnızca mineral kemik matrisi korunur. Ksenogreftler yüksek osteokondüktif özellikleri sayesinde kemik rejenerasyonunu destekler ve uzun süre rezorbe olmadan hacim koruyucu özellik gösterebilirler. Bu özellikleri nedeniyle soket preservasyonu uygulamalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Artzi ve ark., 2000).

## **Sentetik Biyomateryaller**

Sentetik kemik greftleri, biyoyumlu ve kontrollü üretim süreçlerine sahip olmaları nedeniyle modern rejeneratif cerrahide önemli bir yer tutmaktadır. En sık kullanılan sentetik materyaller arasında hidroksiapatit, beta-trikalsiyum fosfat ( $\beta$ -TCP) ve biyoaktif cam bulunmaktadır. Bu materyaller osteokondüktif özellikleri sayesinde kemik oluşumu için uygun bir iskele oluşturur ve zamanla rezorbe olarak yerlerini yeni oluşan kemik dokusuna bırakırlar (LeGeros, 2008).

## **Dentin Greftleri**

Son yıllarda diş dokusundan elde edilen dentin greftleri de soket preservasyonu uygulamalarında dikkat çeken biyomateryaller arasında yer almaktadır. Dentin dokusu, kimyasal ve yapısal olarak kemik dokusuna oldukça

benzer özellikler taşımaktadır. İçeriğinde bulunan kollajen matriks ve büyüme faktörleri kemik rejenerasyonunu destekleyebilmektedir. Çekilen dişlerin özel işlemlerden geçirilerek greft materyaline dönüştürülmesi, otolog bir biyomateryal elde edilmesini sağlamakta ve soket preservasyonu prosedürlerinde umut verici sonuçlar göstermektedir (Kim ve ark., 2010).

### **PRF ve Otolog Biyomateryaller**

Son yıllarda rejeneratif diş hekimliği uygulamalarında otolog biyolojik materyallerin kullanımı giderek artmaktadır. Bu materyaller arasında özellikle platelet-rich fibrin (PRF), içerdiği büyüme faktörleri ve biyolojik mediatörler sayesinde kemik ve yumuşak doku iyileşmesini destekleyen önemli bir biyomateryal olarak dikkat çekmektedir. PRF, hastanın kendi kanından elde edilen ikinci nesil trombosit konsantrelerinden biri olup herhangi bir antikoagülan kullanılmadan santrifügasyon işlemi ile hazırlanmaktadır (Choukroun ve ark., 2006).

PRF matriksi, fibrin ağı içerisinde trombositler, lökositler ve çeşitli büyüme faktörlerini içermektedir. Bu biyolojik mediatörler arasında platelet-derived growth factor (PDGF), transforming growth factor- $\beta$  (TGF- $\beta$ ), vascular endothelial growth factor (VEGF) ve insulin-like growth factor (IGF) gibi yara iyileşmesini ve anjiyogenezi destekleyen önemli faktörler bulunmaktadır. Bu büyüme faktörlerinin kontrollü şekilde salınması, kemik rejenerasyonu ve yumuşak doku iyileşmesi üzerinde olumlu etkiler göstermektedir (Dohan Ehrenfest ve ark., 2010).

PRF uygulamalarının en önemli avantajlarından biri tamamen otolog bir materyal olmasıdır. Bu durum immünolojik reaksiyon riskini ortadan kaldırırken biyoyumluluğu da artırmaktadır. Ayrıca PRF matriksi, hücrel göç ve proliferasyon için uygun bir biyolojik mikroçevre oluşturarak osteoblastik aktiviteyi desteklemektedir. Bu nedenle PRF, çekim soketlerinde kemik oluşumunu hızlandırmak ve yumuşak doku iyileşmesini iyileştirmek amacıyla soket preservasyonu prosedürlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Miron ve ark., 2017).

PRF teknolojisinin gelişmesi ile birlikte farklı tüp materyalleri kullanılarak elde edilen yeni fibrin konsantreleri de geliştirilmiştir. Bunlardan biri titanium-prepared platelet-rich fibrin (T-PRF) olarak adlandırılmaktadır. T-PRF, PRF elde edilirken kullanılan cam tüpler yerine titanyum tüplerin kullanılmasıyla elde edilen bir fibrin biyomateryalidir. Titanyumun biyoyumluluğu ve kan ile temasında oluşan biyolojik etkileşimler, daha yoğun ve organize bir fibrin matriksi oluşmasına katkıda bulunabilmektedir (Tunali ve ark., 2014).

Histolojik çalışmalar, T-PRF'nin klasik PRF'ye kıyasla daha yoğun fibrin ağına sahip olduğunu ve fibrin liflerinin daha düzenli bir yapı gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu özelliklerin büyüme faktörlerinin daha uzun süreli salınımını sağlayabileceği ve rejeneratif süreçleri destekleyebileceği düşünülmektedir. Ayrıca titanyumun biyolojik yüzey özellikleri trombosit aktivasyonu ve fibrin polimerizasyonunu olumlu yönde etkileyebilmektedir (Tunali ve ark., 2014).

PRF ve T-PRF membranları tek başına kullanılabilmesi gibi çeşitli greft materyalleri ile kombine edilerek de uygulanabilmektedir. Özellikle ksenogreft veya allogreft materyalleri ile birlikte kullanıldığında bu biyomateryaller hem biyolojik aktiviteyi artırmakta hem de greft materyalinin stabilitesine katkı sağlamaktadır. Bu kombinasyonların çekim sonrası kemik oluşumunu desteklediği ve alveolar kret rezorpsiyonunu azaltabileceği çeşitli klinik çalışmalar tarafından bildirilmiştir (Temmerman ve ark., 2016).

Son yıllarda otolog biyomateryaller arasında diş dokusundan elde edilen dentin greftleri de dikkat çekmektedir. Dentin dokusu yaklaşık olarak %70 mineral, %20 organik matriks ve %10 sudan oluşmakta olup yapısal ve kimyasal olarak kemik dokusuna oldukça benzer özellikler göstermektedir. İçeriğinde bulunan tip I kollajen ve çeşitli büyüme faktörleri kemik rejenerasyonunu destekleyebilmektedir. Bu nedenle çekilen dişlerin özel işlemlerden geçirilerek greft materyaline dönüştürülmesi, soket preservasyonu uygulamalarında umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Kim ve ark., 2010).

Soket preservasyonu alanında yürütülen güncel araştırmalar, biyomateryaller ile biyolojik ajanların kombine kullanımının kemik rejenerasyonu üzerinde sinerjik etkiler oluşturabileceğini göstermektedir. Özellikle trombosit konsantrasyonunun greft materyalleri ile birlikte kullanılması, büyüme faktörlerinin lokal konsantrasyonunu artırarak osteogenez ve anjiyogenezi destekleyebilmektedir. Bununla birlikte biyomateryal yüzey özellikleri, partikül boyutu ve rezorpsiyon hızının kemik oluşumu üzerinde önemli rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak translasyonel araştırmaların farklı biyomateryallerin biyolojik ajanlarla kombinasyonlarının klinik etkinliğini daha ayrıntılı şekilde ortaya koyması beklenmektedir (Hämmerle ve ark., 2012; Jung ve ark., 2013).

## **Sonuç ve Öneriler**

Diş çekimi sonrasında alveolar kemikte meydana gelen fizyolojik remodelasyon süreci alveolar kret hacminde belirgin değişikliklere neden olabilmektedir. Bu durum özellikle implant tedavisi planlamasında önemli klinik zorluklar oluşturabilmektedir. Soket preservasyonu teknikleri, çekim sonrası

alveolar kemik kaybını azaltmayı ve kemik hacmini korumayı amaçlayan önemli rejeneratif yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Günümüzde çeşitli greft materyalleri ve biyolojik ajanların kullanımı ile alveolar kret preservasyonu daha öngörülebilir hale gelmiştir. Özellikle PRF ve T-PRF gibi otolog biyomateryallerin kullanımı, kemik ve yumuşak doku iyileşmesini destekleyerek soket preservasyonu uygulamalarının başarısını artırabilmektedir. Gelecekte yapılacak klinik çalışmaların bu rejeneratif yaklaşımların etkinliğini daha iyi ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Bununla birlikte soket preservasyonu prosedürlerinin uzun dönem klinik sonuçlarını değerlendiren randomize kontrollü çalışmaların artırılması, bu tekniklerin klinik öngörülebilirliğinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

## **Kaynaklar**

1. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology*. 2005;32:212-218.
2. Araújo MG, Lindhe J. Ridge alterations following tooth extraction with and without flap elevation: an experimental study in the dog. *Clinical Oral Implants Research*. 2009;20:545-549.
3. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clinical Oral Implants Research*. 2006;17:615-624.
4. Artzi Z, Tal H, Dayan D. Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. *Journal of Periodontology*. 2000;71:1013-1019.
5. Avila-Ortiz G, Chambrone L, Vignoletti F. Effect of alveolar ridge preservation interventions following tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. 2014;41:195-223.
6. Barone A, Aldini NN, Fini M, Giardino R, Calvo Guirado JL, Covani U. Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal. *Clinical Oral Implants Research*. 2008;19:628-637.
7. Cardaropoli G, Araújo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. *Journal of Clinical Periodontology*. 2003;30:809-818.
8. Choukroun J, Diss A, Simonpieri A, et al. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;101:e37-e44.
9. Dahlin C, Linde A, Gottlow J, Nyman S. Healing of bone defects by guided tissue regeneration. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1988;81:672-676.
10. Dohan Ehrenfest DM, Rasmusson L, Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from PRP to leukocyte- and platelet-rich fibrin. *Trends in Biotechnology*. 2010;27:158-167.
11. Finkemeier CG. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 2002;84:454-464.
12. Hämmerle CHF, Araújo MG, Simion M. Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. *Clinical Oral Implants Research*. 2012;23:80-82.
13. Jung RE, Philipp A, Annen BM, et al. Radiographic evaluation of different techniques for ridge preservation after tooth extraction. *Clinical Oral Implants Research*. 2013;24:1067-1073.

14. Kim YK, Lee J, Um IW, et al. Tooth-derived bone graft material. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2010;36:134-138.
15. LeGeros RZ. Calcium phosphate-based osteoinductive materials. *Chemical Reviews*. 2008;108:4742-4753.
16. Lindhe J, Lang NP, Berglundh T. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 6th ed. Wiley-Blackwell; 2015.
17. Miron RJ, Fujioka-Kobayashi M, Bishara M, Zhang Y. Platelet-rich fibrin and soft tissue wound healing. *Journal of Periodontology*. 2017;88:9-17.
18. Nkenke E, Neukam FW. Autogenous bone harvesting and grafting in advanced jaw resorption. *Clinical Oral Implants Research*. 2014;25:1-10.
19. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2003;23:313-323.
20. Ten Cate AR. *Oral Histology: Development, Structure and Function*. 8th ed. Mosby; 2013.
21. Temmerman A, Vandessel J, Castro A, et al. The use of leukocyte- and platelet-rich fibrin in socket preservation: a randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*. 2016;43:990-999.
22. Tunali M, Özdemir H, Küçükodacı Z, et al. A novel platelet concentrate: titanium-prepared platelet-rich fibrin (T-PRF). *Clinical Oral Investigations*. 2014;18:1187-1194.
23. Vignoletti F, Matesanz P, Rodrigo D, et al. Surgical protocols for ridge preservation after tooth extraction. *Clinical Oral Implants Research*. 2012;23:22-38.
24. Wang HL, Tsao YP. Histologic evaluation of socket augmentation with different biomaterials. *Clinical Oral Implants Research*. 2008;19:101-112.