

Aralık 25'

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Alanında Uluslararası Derleme, Araştırma ve Çalışmalar



EDİTÖR
PROF. DR. DENİZ AYDEMİR

 **SERÜVEN**
YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ankara 2025

ISBN • 978-625-8671-50-6

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ORMAN ENDÜSTRİ
MÜHENDİSLİĞİ
ALANINDA
ULUSLARARASI
DERLEME, ARAŞTIRMA
VE ÇALIŞMALAR

EDİTÖR

PROF. DR. DENİZ AYDEMİR

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ORMAN YANGINLARI SONRASI BOZULAN EKOSİSTEMLERİN RESTORASYON DİNAMİKLERİ ÜZERİNE GÜNCEL BİR DERLEME

Ahmet DUYAR / 7

BÖLÜM 2

OFİS ÇALIŞANLARININ ERGONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Hasan ÖNAL, Murat ÖZALP / 29

BÖLÜM 3

YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN MATRİS TABANLI ANALİZİ

Tunahan SARIGÖL, Murat ÖZALP,

Ahmet Cihangir YALINKILIÇ / 57

BÖLÜM 4

YABAN HAYATI ENVANTER ÇALIŞMALARINDA DRON KULLANIMI

Yasin UÇARLI / 81



**ORMAN YANGINLARI SONRASI
BOZULAN EKOSİSTEMLERİN
RESTORASYON DİNAMİKLERİ
ÜZERİNE GÜNCEL BİR
DERLEME**

“ ”

Ahmet DUYAR¹

¹ Doç. Dr. Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
Karabük, Türkiye
Email: ahmetduyar@karabuk.edu.tr. ORCID: 0000-0003-4901-2996

1. Giriş

Orman yangınları, birçok orman ekosistemi için tarihsel olarak doğal bir bozulma etmeni olmakla birlikte, son yıllarda iklim değişikliğinin etkisiyle sıklığı, şiddeti ve mekânsal yayılımı artan küresel ölçekte bir çevresel sorun hâline gelmiştir. Akdeniz Havzası, Avustralya ve Batı Amerika gibi yangına duyarlı bölgelerde gözlenen geniş ölçekli ve yüksek şiddetli yangınlar, yalnızca orman örtüsünün kaybına yol açmamakta; aynı zamanda toprak özellikleri, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem işlevleri üzerinde uzun süreli ve çok boyutlu bozulmalar yaratmaktadır. Türkiye, özellikle 2021 yılı ve sonrasında yaşanan geniş alanlı yangınlar ile bu küresel eğilimin belirgin biçimde bir parçası hâline gelmiştir.

Orman yangınlarının ekosistemler üzerindeki etkileri çoğu zaman ağaç kaybı, karbon salımı ve yeniden ağaçlandırma ekseninde değerlendirilmektedir. Ancak bu yaklaşım, yangın sonrası ekosistemlerin yeniden oluşum sürecini açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Yangınlar; bitkisel örtünün yanı sıra toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini, mikro iklimatik koşulları, toprak biyotasını ve trofik ağların bütününe eş zamanlı olarak etkileyerek ekosistem işleyişini köklü biçimde yeniden şekillendirmektedir. Bu nedenle yangın sonrası iyileşme, kısa vadeli görsel yeşillenme veya fidan tutma başarısı ile değil; ekosistem fonksiyonlarının ne ölçüde yeniden kurulduğu üzerinden değerlendirilmelidir. Yangın sonrası restorasyonun ölçeğini ve aciliyetini ortaya koymak açısından, küresel ve ulusal düzeyde yangınlardan etkilenen orman alanlarının büyüklüğü önemli bir göstergedir (Tablo 1).

Tablo 1: Dünyada ve Türkiye’de Orman Yangınlarından Etkilenen Orman Alanları

Bölge / Ülke	Yıl / Dönem	Yangından Etkilenen Orman Alanı	Kaynak
Dünya (toplam)	2001–2022 (ortalama yıllık)	≈ 350–450 milyon ha / yıl	FAO (2020); World Resources Institute (2025)
Akdeniz Havzası	1980–2020	≈ 0,5–1,0 milyon ha / yıl	FAO (2020); Pausas vd. (2008)
Avustralya	2019–2020	≈ 18 milyon ha	Boer vd. (2020)
ABD	2000–2022	≈ 2–4 milyon ha / yıl	USDA Forest Service (2023)
Türkiye	2010–2020	≈ 10,000–15,000 ha / yıl	OGM (2021)
Türkiye	2021	≈ 139,000 ha (Tarihin en büyük yangın yılı)	OGM (2022)

Son yıllarda artan bilimsel kanıtlar, yangın sonrası restorasyonun tek bileşenli müdahalelerle sürdürülebilir biçimde sağlanamayacağını ortaya koymaktadır. Bitkisel restorasyonun, toprak biyotasının işlevsel olarak toparlanmadığı ve fauna bileşenlerinin geri dönmediği koşullarda, ekosistem direncinin sınırlı kaldığı görülmektedir. Bu durum, yangın sonrası iyileşmenin; bitki–toprak–fauna etkileşimlerini birlikte ele alan, ekosistem temelli ve süreç odaklı bir çerçevede değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu kitap bölümü, orman yangınları sonrası bozulan ekosistemlerin yeniden oluşumunu;

- (i) Yangın sonrası fiziksel ve kimyasal ortam değişimleri,
- (ii) Bitkisel restorasyon ve ormanlaşma süreçleri,
- (iii) Omurgasız toprak faunasının yeniden yapılanması ve
- (iv) Omurgalı hayvanların yangın alanlarına geri dönüşü

Eksenlerinde bütüncül bir yaklaşımla incelemektedir. Çalışmada, Türkiye’den elde edilen bulgular ve kurumsal deneyimler, küresel literatürle karşılaştırmalı olarak ele alınmakta; yangın sonrası restorasyonun ekosistem temelli, adaptif ve uzun vadeli bir perspektifle nasıl ele alınması gerektiği tartışılmaktadır.

2. Yangın Sonrası Fiziksel ve Kimyasal Ortamın Değişimi

2.1 Toprak Fiziksel Özellikleri

Orman yangınları, toprağın fiziksel özelliklerini doğrudan etkileyerek agregat stabilitesi, porozite, hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon kapasitesinde önemli değişimlere neden olmaktadır. Yangın sırasında açığa çıkan yüksek sıcaklıklar, özellikle organik maddece zengin yüzey horizonlarında agregatları bir arada tutan organik bağlayıcıların yanmasına yol açmakta; bunun sonucunda toprak yapısı zayıflamakta ve agregatlar kolayca dağılabilir hâle gelmektedir (Certini, 2005).

Yangın sonrası dönemde toprak yüzeyinde kül birikimi ve agregat parçalanması, yağışlarla birlikte yüzey kabuklaşmasını artırmakta ve suyun toprak profiline sızma kapasitesini belirgin biçimde azaltmaktadır. Akdeniz iklim kuşağında gerçekleştirilen çok sayıda çalışma, yangın sonrası yüzey topraklarında hacim ağırlığının arttığını, makro gözeneklerin azaldığını ve infiltrasyon hızlarının yangın öncesi koşullara kıyasla ciddi ölçüde düştüğünü ortaya koymuştur (Shakesby, 2011).

Türkiye’de yapılan araştırmalar da bu genel eğilimi desteklemektedir. Akdeniz ve Ege bölgelerinde yangın geçirmiş orman alanlarında yürütülen saha çalışmaları, özellikle eğimli arazilerde yangın sonrası ilk yağışlarla birlikte yüzey akışının hızla arttığını ve buna bağlı olarak erozyon riskinin belirgin biçimde yükseldiğini göstermektedir (Esen vd., 2023; Güney vd., 2023). Yanma şiddetinin yüksek olduğu alanlarda, toprağın yüzey katmanında hidrofobik özelliklerin geliştiği; bu durumun kısa vadede infiltrasyonu sınırlandırarak yüzey akışını daha da artırdığı bildirilmektedir.

Bu fiziksel bozulmalar, yalnızca toprak kaybını hızlandırmakla kalmamakta; aynı zamanda bitkisel yenilenme ve toprak biyotasının yeniden oluşumu için gerekli olan uygun mikro habitat koşullarını da olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle yangın sonrası ilk aylar, toprak fiziksel özelliklerinin korunması ve stabi-

lize edilmesi açısından ekosistem iyileşme sürecinin en kritik zaman aralığını oluşturmaktadır. Erken dönemde alınacak önlemler (toprak işlemenin sınırlandırılması, yüzey örtüsünün korunması, doğal materyallerle malçlama gibi), uzun vadeli restorasyon başarısını doğrudan belirleyebilmektedir.

2.2 Toprak Kimyasal Özellikleri

Orman yangınları sırasında organik maddenin kısmen ya da tamamen yanması, toprak kimyasında hem kısa vadeli hem de uzun vadeli değişimlere yol açmaktadır. Yangın sonrasında yüzey topraklarında biriken kül, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) gibi baz katyonların geçici olarak artmasına neden olmakta; buna bağlı olarak toprak reaksiyonu (pH) kısa süreli olarak yükselmektedir. Bu durum, özellikle yangını izleyen ilk aylarda bazı besin elementlerinin bitkiler tarafından daha kolay alınabilir hâle gelmesini sağlayabilmektedir (Certini, 2005).

Ancak bu olumlu etki çoğu zaman kalıcı değildir. Yağışlarla birlikte külün yüzeyden uzaklaşması ve çözünmüş baz katyonların yıkanması sonucu, toprak pH'ı ve değişebilir baz içerikleri yangın öncesi seviyelere geri dönmekte ya da bazı durumlarda bu seviyelerin altına düşebilmektedir. Özellikle eğimli arazilerde ve yoğun yağış alan bölgelerde bu yıkanma süreci daha hızlı gerçekleşmektedir.

Yangınların toprak kimyası üzerindeki en belirgin ve kalıcı etkilerinden biri, azot (N) ve toprak organik karbonunun (TOK) kaybıdır. Yüksek sıcaklıklar sırasında azotun önemli bir bölümü gaz fazına geçerek volatilizasyon (buharlaşma) yoluyla kaybedilmekte; organik karbon ise yanma sonucu doğrudan atmosfere salınmaktadır. Bu kayıplar, yangın sonrası toprak verimliliğini sınırlandıran temel faktörler arasında yer almaktadır (Certini, 2005).

Türkiye'de Akdeniz iklim kuşağında yer alan kızılçam (*Pinus brutia*) ormanlarında yapılan çalışmalar, yangın sonrası ilk yıllarda toprak azot içeriğinin belirgin biçimde azaldığını ve bu durumun bitkisel yenilenme sürecinde azotu sınırlayıcı bir unsur hâline getirdiğini ortaya koymaktadır. Salgado vd. (2024), yangın geçirmiş alanlarda toprak organik maddesi ve toplam azot miktarlarının yangın öncesi koşullara kıyasla anlamlı düzeyde düştüğünü ve bu azalmanın birkaç yıl boyunca devam edebildiğini bildirmiştir.

Toprak kimyasındaki bu değişimler, yalnızca bitkisel restorasyonu değil; aynı zamanda toprak biyotasının yeniden oluşumunu da doğrudan etkilemektedir. Organik karbon ve azot miktarındaki azalma, mikro organizma ve toprak omurgasızlarının besin kaynaklarını sınırlandırarak biyolojik iyileşme sürecini yavaşlatabilmektedir. Bu nedenle yangın sonrası restorasyon çalışmalarında, toprak kimyasal özelliklerinin zamansal değişiminin izlenmesi ve özellikle azot dinamiklerinin dikkate alınması, uzun vadeli ekosistem iyileşmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

2.3 Mikro Klima ve Habitat Yapısı

Yangın sonrası üst örtünün kaybı, orman ekosistemlerinde mikro iklimatik koşulları köklü biçimde değiştirmektedir. Ağaç ve çalı tabakasının ortadan kalkmasıyla birlikte gölgeleme etkisi zayıflamakta; bunun sonucunda toprak yüzey sıcaklıkları artmakta, günlük sıcaklık dalgalanmaları belirginleşmekte ve toprak nemi hızla azalmaktadır. Bu mikro iklimatik değişimler, yangın alanlarında özellikle yaz aylarında aşırı ısınma ve kuruma koşullarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Certini, 2005; Shakesby, 2011).

Artan sıcaklık ve azalan nem, nem ve sıcaklık toleransı dar olan birçok toprak omurgasız grubu için elverişsiz bir çevre oluşturmaktadır (Duyar ve Makineci, 2016). Toprak yüzeyine yakın yaşayan mikro eklembecaklılar, yangın sonrası dönemde hem doğrudan habitat kaybı hem de olumsuz mikro iklimatik koşullar nedeniyle önemli baskı altına girmektedir. Bu durum, toprak biyotasının yeniden yapılanma sürecini yavaşlatan temel etkenlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye’de yangın sonrası alanlarda yapılan değerlendirmeler, mikro klima ve habitat yapısındaki bozulmanın biyolojik iyileşme sürecini belirgin biçimde geciktirdiğini göstermektedir. Özellikle yüksek yanma şiddetine maruz kalan alanlarda, bitkisel örtünün yeniden oluşumunun gecikmesi mikro habitat çeşitliliğini sınırlamakta; bu da toprak faunası ve diğer fauna gruplarının alanı yeniden kolonize etmesini zorlaştırmaktadır (Güney vd., 2023).

Habitat heterojenliğinin azalması, yangın sonrası ekosistemlerde mikro habitat sürekliliğini zayıflatan bir diğer önemli faktördür. Ölü odun, yaprak örtüsü ve bitkisel mozaiklerin kaybı, toprak yüzeyinde farklı nem ve sıcaklık nişlerinin oluşmasını engellemekte; bu durum fauna çeşitliliğinin düşük seviyelerde kalmasına yol açmaktadır. Bu bağlamda mikro klima ve habitat yapısının yeniden düzenlenmesi, yangın sonrası biyolojik iyileşmenin hızlandırılmasında kilit bir rol oynamaktadır.

3. Bitkisel Restorasyon ve Ormanlaşma Süreçleri

3.1 Doğal Süksesyon ve Pasif Restorasyon

Yangına uyumlu ekosistemlerde doğal süksesyon, bitkisel örtünün yeniden oluşumunda en temel ve ekolojik açıdan en bütüncül mekanizmalardan biridir. Bu süreç, yangın sonrası alanların kendi doğal yenilenme potansiyeline bırakılmasını ve insan müdahalesinin minimum düzeyde tutulmasını ifade eden pasif restorasyon yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Özellikle yangın rejimlerine evrimsel olarak uyum sağlamış Akdeniz ekosistemlerinde, doğal süksesyonun ekosistem direnci ve biyolojik çeşitlilik açısından önemli avantajlar sunduğu vurgulanmaktadır (Pausas & Keeley, 2019).

Türkiye’de geniş yayılış gösteren kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları, yangına uyumlu özellikleri sayesinde doğal yenilenme kapasitesi yüksek ekosistemler

arasında yer almaktadır. Genellikle yıllarca açılmadan taç dallarına bağlı kalan serotinöz kozalak yapısı, tohumların yangın sonrası açığa çıkan uygun mikro iklimatik koşullarda hızla çimlenmesini sağlamaktadır. Hızlı gençlik gelişimi ise kısa sürede alanın yeniden ağaçlandırılmasına olanak tanımaktadır. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgelerinde yapılan çalışmalar, düşük ve orta şiddetli yangınlardan sonra kızılçamın doğal yenilenme başarısının yüksek olduğunu ve birçok alanda aktif ağaçlandırmaya gerek duyulmadığını ortaya koymaktadır (Özkan vd., 2015).

Doğal süksesyonun en önemli avantajlarından biri, yerel genetik yapının korunmasıdır. Doğal tohum kaynaklarına dayalı yenilenme, popülasyonların yerel çevre koşullarına uyumunu sürdürmesine olanak tanımakta ve uzun vadede ekosistem direncini artırmaktadır. Ayrıca doğal süksesyon sürecinde otsu, çalı ve ağaç katmanlarının zamansal olarak birlikte gelişmesi, bitkisel mozaiklerin oluşmasını teşvik etmektedir. Bu mozaik yapı, mikro habitat çeşitliliğini artırarak toprak biyotasının, omurgasız faunanın ve daha üst trofik düzeylerin yeniden yapılanmasını desteklemektedir.

Türkiye'de yapılan alan temelli değerlendirmeler, pasif restorasyonun özellikle yanma şiddetinin düşük ve orta düzeyde olduğu alanlarda daha dengeli bir bitkisel yapı gelişimi sağladığını göstermektedir. Dağca-Bozburun Yarımadası'nda yürütülen çalışmalar, doğal süksesyonun desteklediği alanlarda tür çeşitliliğinin ve yapısal heterojenliğin, yoğun müdahale uygulanan alanlara kıyasla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (Tüfekçioğlu vd., 2022). Bu bulgular, her yangın alanında standart ağaçlandırma uygulamalarının ekolojik açıdan uygun olmayabileceğine işaret etmektedir.

3.2 Aktif Restorasyon ve Ağaçlandırma Uygulamaları

Yangın şiddetinin yüksek olduğu, tohum kaynaklarının büyük ölçüde tahrip edildiği veya doğal yenilenme potansiyelinin sınırlı olduğu alanlarda aktif restorasyon ve ağaçlandırma uygulamaları gerekli olabilmektedir. Bu tür alanlarda fidan dikimi, toprak yüzeyinin stabilize edilmesi ve erozyon kontrolüne yönelik müdahaleler, kısa vadede bitkisel örtünün yeniden tesis edilmesini ve toprak kaybının sınırlandırılmasını sağlayabilmektedir. Özellikle eğimli arazilerde ve şiddetli yanmış alanlarda, kontrollü müdahaleler ekosistem iyileşmesinin başlaması açısından önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, aktif restorasyon uygulamalarının tek tip ve standartlaştırılmış reçetelerle yürütülmesi, uzun vadede ekosistem işlevleri açısından önemli sınırlılıklar yaratabilmektedir. Yoğun toprak işleme, ağır makine kullanımı ve tek tür üzerinden gerçekleştirilen ağaçlandırma çalışmaları, toprak yapısının bozulmasına, mikro habitat çeşitliliğinin azalmasına ve biyolojik çeşitliliğin sınırlandırılmasına yol açabilmektedir. Bu durum, kısa vadede yeşil örtü sağlansa dahi, ekosistemin fonksiyonel olarak yeniden kurulmasını geciktirebilmektedir.

Türkiye’de yangın sonrası restorasyon uygulamaları, tarihsel olarak büyük ölçüde aktif ağaçlandırma temelli bir yaklaşıma dayanmaktadır (Karadaş ve Altınkaya, 2025). Orman Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen rehabilitasyon çalışmalarında, yangın alanlarının önemli bir bölümünde fidan dikimi ve toprak işleme uygulamalarının tercih edildiği görülmektedir (OGM, 2022). Ancak son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar, yanma şiddeti, ekosistem tipi ve doğal yenilenme kapasitesi dikkate alınmadan yapılan müdahalelerin, özellikle otsu ve çalı tabakasını baskılayarak bitkisel çeşitliliği azaltabileceğini ortaya koymaktadır (Kemer, 2022).

Türkiye’den elde edilen alan temelli bulgular, aktif restorasyonun her koşulda uygulanması gereken bir yöntem olmadığını, aksine seçici ve ekosistem temelli bir çerçevede planlanması gerektiğini göstermektedir. Datça-Bozburun Yarımadası’nda yapılan değerlendirmeler, yoğun müdahale uygulanan alanlarda tür zenginliği ve yapısal heterojenliğin, doğal süksesyonun desteklendiği alanlara kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuştur (Tüfekçioğlu vd., 2022). Benzer biçimde, yanma şiddetinin düşük ve orta düzeyde olduğu alanlarda aktif ağaçlandırma yerine pasif restorasyonun tercih edilmesinin, uzun vadeli ekosistem direncini artırdığı bildirilmektedir.

3.3 Yanma Şiddetine Göre Restorasyon Kararları

Yanma şiddeti, yangın sonrası restorasyon stratejilerinin belirlenmesinde en kritik değişkenlerden biridir. Yanma şiddeti; yangının bitkisel örtü, toprak yüzeyi ve toprak organik maddesi üzerindeki etkisinin derecesini yansıtarak, ekosistemin doğal yenilenme kapasitesini doğrudan belirlemektedir. Bu nedenle restorasyon kararlarının, yalnızca yanan alanın büyüklüğüne değil, yanma şiddetinin mekânsal dağılımına dayalı olarak verilmesi gerekmektedir.

Düşük ve orta şiddetli yangınlardan etkilenen alanlarda, tohum bankasının ve vejetatif yenilenme organlarının büyük ölçüde korunmuş olması, doğal süksesyonun desteklenmesini ekolojik açıdan en uygun yaklaşım hâline getirmektedir. Bu tür alanlarda pasif restorasyon, bitkisel çeşitliliğin ve yapısal heterojenliğin korunmasına olanak tanıyarak uzun vadeli ekosistem direncini artırmaktadır. Akdeniz ekosistemleri için yapılan çalışmalar, düşük ve orta şiddetli yangınların ardından doğal yenilenmenin çoğu zaman aktif ağaçlandırmadan daha dengeli sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır (Pausas ve Keeley, 2019).

Buna karşılık, yüksek şiddetli yangınların etkilediği alanlarda tohum kaynaklarının tahrip olması, toprak organik maddesinin önemli ölçüde yanması ve mikro habitat sürekliliğinin bozulması, doğal süksesyonun ciddi biçimde sınırlandığı koşullar yaratmaktadır. Bu tür alanlarda restorasyon uygulamalarının, geniş ölçekli ve tek tip müdahaleler yerine sınırlı, hedefli ve ekosistem temelli biçimde planlanması gerekmektedir. Toprak yüzeyinin stabilize edilmesi, erozyon kontrolü ve doğal yenilenmeyi destekleyici müdahaleler, bu alanlarda öncelikli yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye’de yapılan çalışmalar, yanma şiddetinin doğru biçimde sınıflandırılmasının restorasyon başarısı açısından belirleyici olduğunu göstermektedir. Güney vd. (2022), yangın sonrası planlama süreçlerinde yanma derinliği ve şiddetinin dikkate alınmadığı durumlarda, uygulanan restorasyon çalışmalarının ekolojik açıdan istenen sonuçları vermediğini vurgulamaktadır. Bu bulgular, restorasyon kararlarının sahaya özgü ve değişken temelli olarak alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda uzaktan algılama teknikleri, yanma şiddetinin mekânsal olarak belirlenmesinde önemli olanaklar sunmaktadır. Uydu görüntüleri, spektral indeksler ve yangın öncesi–sonrası karşılaştırmalar, geniş alanlarda yanma şiddeti haritalarının hızlı ve nesnel biçimde üretilmesini mümkün kılmaktadır. Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalar, uzaktan algılama verilerinin arazi gözlemleriyle birlikte kullanılması durumunda, restorasyon önceliklerinin daha doğru biçimde belirlenebildiğini göstermektedir (Kaplan Taş ve Benliay, 2025).

4. Omurgasız Toprak Faunasının Yeniden Oluşumu

Toprak omurgasızları, yangın sonrası ekosistemlerin yeniden oluşumunda hem biyolojik göstergeler hem de ekosistem süreçlerinin aktif sürükleyicileri olarak kritik bir rol üstlenmektedir. Ayrışma, besin döngüsü, toprak agregasyonu ve mikro organizma-fauna etkileşimleri gibi temel ekosistem işlevleri, büyük ölçüde bu organizmaların varlığı ve faaliyetlerine bağlıdır. Bu nedenle yangın sonrası iyileşmenin değerlendirilmesinde, toprak omurgasız faunasının yapısı ve dinamikleri merkezi bir öneme sahiptir.

Yangın sonrası rehabilitasyon süreci, ekosistemin farklı bileşenlerinde farklı zaman ölçeklerinde ilerlemektedir (Tablo 2). Toprak fiziksel ve biyolojik süreçleri ilk yıllarda belirleyici olurken, omurgalı faunanın kalıcı geri dönüşü ve orman yapısının olgunlaşması on yılları bulabilmektedir. Bu zamansal ayrışma, restorasyon uygulamalarının kısa vadeli hedeflerle sınırlanmaması gerektiğini ve uzun dönemli izleme programlarının zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Yangınlar, özellikle yüzey toprağında yaşayan omurgasız gruplar için yüksek düzeyde doğrudan mortaliteye neden olmaktadır. Ancak tüm toprak faunasının yangınlardan eşit biçimde etkilenmediği bilinmektedir. Derin toprak katmanları, taş altları, kök çevresi ve yanmamış organik cepler, birçok takson için ekolojik sığınak işlevi görmektedir; bu mikro habitatlar yangın sonrası yeniden kolonizasyonun kaynağını oluşturmaktadır. Bu durum, yangın sonrası fauna iyileşmesinin tamamen sıfırdan değil, büyük ölçüde kalan popülasyonlar üzerinden gerçekleştiğini göstermektedir (Moretti vd., 2010).

Tablo 2: Orman Yangınları Sonrası Ekosistem Rehabilitasyonu ve İyileşme Süreleri

Süre (yangın sonrası)	Ekosistem Bileşeni	Başlıca Rehabilitasyon / İyileşme Süreci	Açıklama	Temel Kaynaklar
0–6 ay	Toprak (fiziksel)	Yüzey stabilizasyonu, kül etkisi, hidrofobik tabaka oluşumu	Erozyon riski en yüksek dönem; erken müdahale kritik	Certini (2005); Shakesby (2011)
0–1 yıl	Toprak biyotası (mikro fauna)	Ekolojik sığınaklardan kolonizasyon, baskın öncü türler	Collembola ve Acari erken dönemde ortaya çıkar	Bardgett (2005); Moretti vd. (2010)
1–2 yıl	Bitkisel örtü (otsu–çalı)	Öncü türler ve doğal süksesyonun başlaması	Toprak nemi ve mikro klima kısmen dengelenir	Pausas vd. (2008); OGM (2022)
2–3 yıl	Toprak omurgasız faunası	Fonksiyonel grupların artışı	Ayrıştırma ve besin döngüsü hızlanır	Duyar ve Makineci (2016); Bardgett (2005)
3–5 yıl	Bitkisel yapı	Çalı tabakası gelişimi, genç ağaçlar	Habitat heterojenliği belirginleşir	Pausas ve Keeley (2019)
3–5 yıl	Omurgasız fauna	Tür zenginliğinde belirgin artış	Ekosistem fonksiyonları büyük ölçüde geri döner	Moretti vd. (2010)
5–10 yıl	Omurgalı fauna (küçük memeli, kuş)	Kalıcı geri dönüş ve üreme	Besin ağları yeniden kurulur	Pons ve Clavero (2010); Eken vd. (2006)
10–20 yıl	Orman yapısı	Ağaç katmanının belirginleşmesi	Yangın öncesi yapıya kısmi yaklaşım	FAO (2020); OGM (2023)
20+ yıl	Ekosistem bütünlüğü	Yapısal ve fonksiyonel olgunluk	Yangın öncesi duruma yakın denge	Pausas vd. (2008); FAO (2020)

Genel literatür, yangın sonrası toprak omurgasız faunasının yeniden oluşum sürecinin genellikle üç aşamalı bir zamansal desen izlediğini ortaya koymaktadır. İlk aşamada (0–1 yıl), tür zenginliğinin düşük olduğu ve birkaç dayanıklı öncü taksonun baskın hâle geldiği bir yapı gözlenmektedir. İkinci aşamada (1–3 yıl), fonksiyonel grupların çeşitliliği artmakta; ayrıştırıcılar ve predatörler ekosisteme yeniden dâhil olmaktadır. Üçüncü ve daha uzun vadeli aşamada (3–5 yıl ve sonrası) ise tür zenginliği ve ekosistem işlevlerinin büyük ölçüde toparlandığı daha dengeli bir topluluk yapısı ortaya çıkmaktadır (Moretti vd., 2010; Bardgett, 2005).

Türkiye’de yangın sonrası toprak faunası üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olmakla birlikte, mevcut bulgular bu genel deseni desteklemektedir. Özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yürütülen alan temelli değerlendirmeler, yangın şiddetinin toprak omurgasızlarının iyileşme hızını belirleyen temel faktörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Yanma şiddetinin yüksek olduğu alanlarda, toprak organik maddesinin ve mikro habitat sürekliliğinin büyük ölçüde kaybolması, fauna yeniden yapılanmasını belirgin biçimde geciktirmektedir. Buna karşılık, düşük ve orta şiddetli yangın alanlarında toprak faunasının daha kısa sürede toparlandığı ve fonksiyonel çeşitliliğin daha hızlı yeniden kurulduğu bildirilmektedir (Güney vd., 2023).

Toprak omurgasız faunasının yangın sonrası yeniden oluşumu, yalnızca biyolojik bir iyileşme süreci değil; aynı zamanda bitkisel restorasyonun ve daha üst trofik düzeylerin geri dönüşünün ön koşullarından biridir. Bu nedenle yangın sonrası restorasyon çalışmalarının başarısı, bitkisel örtü kadar toprak faunasının yapısının ve fonksiyonlarının da izlenmesine bağlıdır. Toprak omurgasızları, yangın sonrası ekosistem iyileşmesinin erken uyarı ve değerlendirme araçları olarak kullanılabilecek güçlü biyolojik göstergeler sunmaktadır.

4.1 Yangına İlk Tepkiler

Yangınlar, özellikle yüzey toprağında yaşayan omurgasız gruplar için yüksek düzeyde doğrudan mortaliteye yol açmaktadır. Yangının şiddeti ve yüksek sıcaklıkların toprakta kalma süresi arttıkça, birey kayıplarının da belirgin biçimde yükseldiği bildirilmektedir. Bununla birlikte, bu etki tüm taksonlar için eşit değildir. Derin toprak katmanları, taş altı boşlukları, kök çevresi ve yanmamış organik cepler, bazı omurgasız gruplar için ekolojik sığınak işlevi görmektedir ve yangın sonrası yeniden kolonizasyonun başlıca kaynak alanlarını oluşturmaktadır (Certini, 2005; Moretti vd., 2010).

Mikro eklembacaklılar arasında yer alan Collembola (springtails) ve Acari (özellikle Oribatida), bu ekolojik sığınaklardan yangın alanlarına yeniden yayılım gösterebilen erken kolonileştiriciler arasında sayılmaktadır. Kısa yaşam döngüleri, yüksek üreme potansiyelleri ve pasif taşınım (rüzgâr, yüzey akışı, hayvanlar) açıklıkları, yangın sonrası ilk aylarda sahada yeniden ortaya çıkmalarını kolaylaştırmaktadır (Bardgett, 2005; Moretti vd., 2010).

Türkiye’de yangın sonrası alanlarda yapılan değerlendirmeler de bu genel eğilimi desteklemektedir. Yanma şiddetinin düşük ve orta düzeyde olduğu alanlarda, yangından kısa süre sonra Collembola ve Prostigmata gibi grupların düşük yoğunluklarla da olsa yeniden tespit edildiği; buna karşılık yüksek şiddetli yangın alanlarında bu grupların geri dönüşünün belirgin biçimde geciktiği rapor edilmiştir (Güney vd., 2023). Bu bulgular, erken faunal tepkilerin büyük ölçüde yanma şiddetine bağlı olduğunu göstermektedir.

4.2 Zamansal İyileşme Deseni

Küresel literatür, omurgasız toprak faunasının yangın sonrası iyileşme sürecinin genellikle üç aşamalı bir zamansal desen izlediğini ortaya koymaktadır. İlk aşamada (0–1 yıl) tür zenginliği ve toplam birey sayısı düşüktür; topluluk yapısı birkaç dayanıklı öncü takson tarafından şekillenir ve ekosistem işlevleri sınırlı düzeydedir. Bu dönemde ayrıştırma ve besin döngüsü süreçleri görece yavaş ilerlemektedir (Bardgett, 2005).

İkinci aşamada (1–3 yıl) bitkisel örtünün gelişmesi ve ölü örtü birikiminin başlamasıyla birlikte, toprak faunasının fonksiyonel çeşitliliği artar. Ayrıştırıcılar, çürükçüller ve predatörler topluluk yapısına yeniden dâhil olur; bu durum besin ağlarının kademeli olarak yeniden kurulmasına katkı sağlar (Moretti vd., 2010).

Üçüncü ve daha uzun vadeli aşamada (3–5 yıl ve sonrası) tür zenginliği ve bolluk değerleri yangın öncesi düzeylere yaklaşır; toprak ekosistem fonksiyonları (ayırışma, besin döngüsü, agregasyon) büyük ölçüde toparlanır. Ancak bu toparlanmanın hızı ve tamlığı, yangın şiddeti, toprak özellikleri ve bitkisel süksiyonun başarısına bağlı olarak alanlar arasında farklılık gösterebilir.

Türkiye’de gerçekleştirilen çalışmalar, bu genel deseni desteklemekte; özellikle yangın şiddetinin, iyileşme sürecinin hızını ve yönünü belirleyen temel faktörlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük ve orta şiddetli yangınlardan etkilenen alanlarda omurgasız faunanın daha hızlı toparlandığı; yüksek şiddetli yangın alanlarında ise mikro habitat kaybı ve organik madde azalması nedeniyle bu sürecin belirgin biçimde geciktiği bildirilmektedir (Güney vd., 2023). Bu durum, restorasyon planlamasında yanma şiddetinin mutlaka dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

4.3 Ekosistem Fonksiyonları ve Biyolojik Gösterge Rolü

Toprak omurgasızları, yangın sonrası ekosistem iyileşmesinin yalnızca bir sonucu değil; aynı zamanda aktif bir sürükleyici unsuru olarak işlev görmektedir. Ayırıştırıcı omurgasızlar, yanmış organik materyalin parçalanmasını hızlandırarak besin elementlerinin yeniden dolaşıma girmesini sağlar; bu süreç bitkisel büyümeyi dolaylı olarak destekler. Ayrıca toprak agregasyonu ve porozite üzerinde etkili olarak su tutma kapasitesini ve kök gelişimini olumlu yönde etkilerler (Bardgett, 2005).

Bu özellikler, toprak omurgasızlarını yangın sonrası restorasyon başarısının değerlendirilmesinde güçlü biyolojik gösterge organizmalar hâline getirmektedir. Bitkisel örtüye kıyasla daha hızlı tepki vermeleri, ekosistem sağlığındaki değişimleri erken dönemde yansıtabilmelerini mümkün kılar. Bu nedenle yangın sonrası izleme çalışmalarında, omurgasız toprak faunasına dayalı göstergelerin kullanılması, iyileşme sürecinin daha bütüncül ve hassas biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Türkiye bağlamında da ekosistem temelli restorasyon yaklaşımlarının güçlendirilmesi için fauna temelli izleme bileşenlerinin programlara entegre edilmesi önerilmektedir (Kemer, 2022).

5. Omurgalı Hayvanların Yangın Alanlarına Geri Dönüşü

Orman yangınları, omurgalı hayvan topluluklarını hem doğrudan (ısıya bağlı mortalite, yuva ve birey kaybı) hem de dolaylı (habitat yapısının bozulması, besin ağlarının kopması) mekanizmalar yoluyla etkileyen güçlü bir ekolojik bozulma etmenidir. Yangın sonrası omurgalı faunanın yanmış alanlara kalıcı geri dönüşü, ekosistem iyileşme sürecinin en geç tamamlanan ancak en bütüncül göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu geri dönüş; bitkisel örtünün yeniden yapılanma hızı, omurgasız faunanın toparlanması (besin tabanı), mikro habitat sürekliliği ve insan baskısının düzeyi ile yakından ilişkilidir (Eken vd., 2006; Pausas ve Keeley, 2019).

Türkiye bağlamında, yangın sonrası omurgalıların sahaya dönüşünün alan-özgül olduğu; yanma şiddeti, yamacın konumu, komşu yanmamış habitatların varlığı ve müdahale biçimine göre farklı hızlarda gerçekleştiği bildirilmektedir. Bu nedenle omurgalı faunaya ilişkin değerlendirmeler, yalnızca var/yok yaklaşımıyla değil, topluluk yapısı ve işlevsel gruplar düzeyinde ele alınmalıdır (OGM, 2022).

5.1 Kısa Dönemdeki Tepkiler

Yangın sonrası erken dönemde (ilk haftalar-aylar), omurgalı hayvanlar yoğunlukla yanmış alanları terk etmekte veya popülasyon yoğunluklarında belirgin düşüşler göstermektedir. Üst örtü ve alt vejetasyonun kaybı; barınma, gizlenme ve beslenme olanaklarını sınırlandırmakta; bu durum özellikle küçük memeliler, sürüngenler ve orman içi kuş türleri üzerinde güçlü bir baskı oluşturmaktadır. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgelerinde yürütülen gözlemsel değerlendirmeler, büyük yangınların ardından kemirici ve böcekçil memeli türlerinin yoğunluklarında keskin azalmalar yaşandığını; orman içi kuş topluluklarının ise yanmamış yamalara ve açık alan mozaiklerine yöneldiğini ortaya koymaktadır (Eken vd., 2006; OGM, 2022).

Kısa vadede bazı geneli ve hareket kabiliyeti yüksek türler (ör. kargagiller, bazı yırtıcı kuşlar) yangın alanlarını geçici olarak kullanabilmektedir. Bu türler, yangın sonrası ortaya çıkan açık alanlardan, artan av görünürlüğünden veya leş kaynaklarından yararlanabilmektedir. Ancak bu geçici kullanım, alanın ekolojik olarak iyileştiğini göstermemekte; aksine trofik dengenin geçici olarak bozulduğuna işaret etmektedir. Erken dönemde gözlenen bu örüntüler, yangın alanlarının omurgalıları için çekici fakat kırılgan bir habitat sunduğunu göstermektedir (Pausas ve Keeley, 2019).

Türkiye'de yangın sonrası yaban hayatına yönelik uygulamalı değerlendirmeler, kısa dönem tepkilerin yangın şiddeti ile güçlü biçimde ilişkili olduğunu vurgulamaktadır (Özkan ve Öztürk, 2019). Yüksek şiddetli yangın alanlarında, barınma yapılarının ve besin tabanının kaybı nedeniyle omurgalıların geri dönüşü daha sınırlı ve gecikmeli gerçekleşirken; düşük-orta şiddetli alanlarda komşu yanmamış habitatların varlığı geri dönüşü kolaylaştırmaktadır (OGM, 2022). Bu bulgular, kısa dönem tepkilerin doğru yorumlanmasının, orta ve uzun vadeli restorasyon kararları için kritik olduğunu göstermektedir.

5.2 Orta ve Uzun Dönemdeki Geri Dönüş

Omurgalı hayvanların yangın alanlarına kalıcı biçimde geri dönüşü, büyük ölçüde bitkisel örtünün yeniden gelişimine ve buna paralel olarak omurgasız faunanın toparlanmasına bağlıdır. Yangın sonrası orta dönemde (yaklaşık 2-5 yıl), otsu ve çalı tabakasının gelişmesiyle birlikte barınma, gizlenme ve üreme olanakları artmakta; aynı zamanda toprak omurgasızlarının ve diğer besin kaynaklarının çoğalması, özellikle böcekçil omurgalı türlerin sahaya yeniden yerleşmesini mümkün kılmaktadır.

Küresel ölçekte yapılan çalışmalar, omurgasız bolluğundaki artışın, böcek-çil kuşlar ve küçük memeliler için geri dönüş hızını belirleyen temel faktörlerden biri olduğunu göstermektedir. Yangın sonrası bitkisel süksesyonun ilerlemesiyle birlikte, besin ağının alt basamaklarının yeniden kurulması, omurgalı toplulukların yapısal olarak istikrar kazanmasını sağlamaktadır (Pausas ve Keeley, 2019).

Türkiye’de yürütülen izleme ve değerlendirme çalışmaları da bu genel çerçeveye uyumludur. Orman Genel Müdürlüğü tarafından yangın sonrası alanlarda gerçekleştirilen uzun dönemli gözlemler, doğal süksesyonun desteklendiği ve bitkisel mozaik yapısının korunduğu alanlarda, böcekçil kuşlar ve küçük memeliler başta olmak üzere omurgalı çeşitliliğinin daha hızlı ve dengeli biçimde arttığını ortaya koymaktadır (OGM, 2023). Buna karşılık, yoğun toprak işleme ve tek tip ağaçlandırma uygulamalarının baskın olduğu alanlarda, omurgasız bolluğunun sınırlı kalması nedeniyle omurgalıların geri dönüşünün daha yavaş gerçekleştiği bildirilmektedir.

Uzun vadede (yaklaşık 5 yıl ve sonrası), ağaç ve çalı tabakasının belirginleşmesiyle birlikte habitat yapısı daha karmaşık bir hâl almakta ve daha geniş ekolojik nişlere sahip omurgalı türlerin sahaya geri dönüşü mümkün olmaktadır. Tohumla beslenen kuşlar, otçul memeliler ve bu gruplarla beslenen predatörler, ancak bu yapısal karmaşıklık sağlandığında kalıcı popülasyonlar oluşturabilmektedir. Bu aşamada ekosistemde yalnızca tür sayısının artması değil; trofik ağın yeniden kurulması ve türler arası etkileşimlerin dengelenmesi belirleyici olmaktadır.

Türkiye bağlamında elde edilen bulgular, omurgalı faunanın yangın alanlarına geri dönüşünün, ekosistemin fonksiyonel olarak yeniden kurulduğunun en güçlü ve bütüncül göstergelerinden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Bitkisel restorasyonun tek başına yeterli olmadığı; omurgasız faunanın toparlanması, habitat heterojenliğinin korunması ve insan baskısının sınırlandırılmasıyla birlikte ele alındığında, omurgalıların kalıcı geri dönüşünün mümkün olduğu görülmektedir. Bu durum, yangın sonrası restorasyon ve izleme stratejilerinde omurgalı faunanın merkezi bir değerlendirme ölçütü olarak ele alınması gerektiğine işaret etmektedir.

6. Entegre Restorasyon Yaklaşımı: Bitki–Toprak–Fauna Birlikteliği

Orman yangınları sonrası ekosistemlerin yeniden oluşumu, tek bir bileşene odaklanan müdahalelerle tam anlamıyla sağlanamamaktadır. Bitkisel örtünün yeniden tesis edilmesi kritik bir adım olmakla birlikte, toprak biyotasının işlevsel olarak toparlanmadığı ve faunal bileşenlerin geri dönmediği alanlarda ekosistem direnci ve sürdürülebilirliği sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle yangın sonrası restorasyonun; bitki, toprak ve fauna bileşenlerini birlikte ele alan entegre bir ekosistem yaklaşımı çerçevesinde planlanması gerekmektedir (Bardgett, 2005; FAO, 2020).

Entegre yaklaşım, restorasyonun yalnızca görsel yeşillenmeye indirgenmesini; bunun yerine besin döngüleri, enerji akışı ve trofik etkileşimlerin yeniden kurulmasını hedefler. Toprak biyotası (mikro organizmalar ve omurgasızlar), bitkisel üretkenliği destekleyen temel süreçleri yürütürken; fauna bileşenleri (omurgasızlar ve omurgalıları) bu süreçlerin mekânsal ve zamansal sürekliliğini sağlar. Bu karşılıklı bağımlılık, yangın sonrası iyileşmenin ancak bütüncül bir çerçevede değerlendirildiğinde kalıcı olabileceğini göstermektedir.

Türkiye’de yangın sonrası uygulamalara ilişkin değerlendirmeler, entegre yaklaşımın benimsenmediği durumlarda restorasyon başarısının sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır. Özellikle yoğun müdahale içeren ve tek tip ağaçlandırmaya dayalı uygulamaların baskın olduğu alanlarda, kısa vadede bitkisel örtü sağlansa dahi toprak biyolojik aktivitesinin ve faunal çeşitliliğin düşük kaldığı bildirilmektedir (OGM, 2023). Bu bulgular, restorasyonun yalnızca ağaçlandırma performansı ile değil, ekosistem işlevleri üzerinden değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

6.1 Bitki–Toprak Etkileşiminin Restorasyondaki Rolü

Bitkisel örtü, yangın sonrası mikro iklimatik koşulları düzenleyerek toprak nemi, sıcaklık rejimi ve organik madde birikimi üzerinde doğrudan belirleyici bir rol oynamaktadır. Özellikle doğal süksesyonun desteklendiği alanlarda, bitki tür çeşitliliği ve yapısal heterojenliğin daha yüksek olması, ölü örtü oluşumunu hızlandırmakta ve bu durum toprak biyotasının yeniden yapılanması için elverişli koşullar yaratmaktadır. Artan organik girdi, mikro organizmalar ve omurgasızlar için hem enerji kaynağı hem de habitat sağlayarak toprak biyolojik aktivitesini güçlendirmektedir (Bardgett, 2005).

Türkiye’de kızılçam (*Pinus brutia*) ve meşe (*Quercus* spp.) ağırlıklı ekosistemlerde yapılan izleme çalışmaları, doğal yenilenmenin baskın olduğu yangın alanlarında toprak organik maddesinin, mikrobiyal aktivitenin ve biyolojik solunumun daha hızlı toparlandığını göstermektedir. Orman Genel Müdürlüğü’nün uzun dönemli izleme raporları, bu tür alanlarda toprak yapısının ve biyolojik işlevlerin, yoğun müdahaleye maruz kalan alanlara kıyasla daha kısa sürede iyileştiğini ortaya koymaktadır (OGM, 2023).

Buna karşılık, yoğun toprak işleme, ağır makine kullanımı ve tek türlü ağaçlandırma uygulamalarının yapıldığı alanlarda, kısa vadede bitkisel örtü sağlansa dahi toprak biyolojik çeşitliliğinin sınırlı kaldığı bildirilmektedir. Bu tür uygulamalar, toprak agregat yapısını bozarak mikro habitat sürekliliğini azaltmakta ve toprak biyotasının yeniden yapılanmasını geciktirmektedir. Sonuç olarak bitkisel restorasyonun, yalnızca fidan dikimine odaklanmak yerine, toprak biyotasını destekleyecek biçimde tasarlanması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Bu bağlamda, bitki–toprak etkileşimini merkeze alan entegre restorasyon yaklaşımları; doğal süksesyonun desteklenmesi, minimal toprak işleme ve ya-

pısal heterojenliğin korunması gibi ilkeleri içermelidir. Böyle bir yaklaşım, yangın sonrası ekosistemlerin hem daha hızlı hem de daha dirençli biçimde yeniden oluşmasına olanak sağlamaktadır.

6.2 Toprak Omurgasızları ve Fonksiyonel Geri Besleme Döngüleri

Toprak omurgasızları, bitki-toprak etkileşiminin merkezinde yer alan aktif ekosistem düzenleyicileridir. Ayırıştırıcı ve çürükçül gruplar (ör. Collembola, Isopoda, Diplopoda ve bazı Acarina), ölü örtünün fiziksel ve biyokimyasal parçalanmasını hızlandırarak besin elementlerinin yeniden dolaşıma girmesini sağlar. Bu süreç, toprak mikro organizmalarının aktivitesini artırmakta ve bitkisel üretkenliği destekleyen pozitif geri besleme döngülerini tetiklemektedir (Bardgett, 2005).

Yangın sonrası toprak faunasının zayıf olduğu alanlarda ise bu geri besleme mekanizmaları gecikmekte; organik madde dönüşümü yavaşlamakta ve bitkisel yenilenme sınırlı kalmaktadır. Buna karşılık, toprak omurgasızlarının daha hızlı toparlandığı alanlarda, besin döngüsü süreçlerinin kısa sürede yeniden işler hâle geldiği ve bitkisel gelişimin daha dengeli biçimde ilerlediği bildirilmektedir (Morretti vd., 2010).

Türkiye’de yangın sonrası ekosistem süreçlerini ele alan çalışmalar, bu genel çerçeveye uyumlu sonuçlar ortaya koymaktadır. Özellikle yanma şiddetinin düşük ve orta düzeyde olduğu alanlarda, toprak omurgasızlarının çeşitliliği ve bolluğunun daha hızlı arttığı; buna paralel olarak otsu ve çalı tabakasının daha kısa sürede geliştiği rapor edilmiştir (Güney vd., 2023). Bu bulgular, toprak faunasının restorasyon sürecinde yalnızca bir “sonuç” değil, nedensel bir bileşen olduğunu göstermektedir.

6.3 Faunal Bileşenlerin Entegrasyonu ve Trofik Ağların Yeniden Kurulması

Omurgalı hayvanların yangın alanlarına geri dönüşü, entegre restorasyon yaklaşımının en geç gerçekleşen ancak en kapsamlı göstergesi olarak kabul edilmektedir. Toprak omurgasız faunasının toparlanmasıyla birlikte besin kaynaklarının artması, böcekçil ve omnivor omurgalı türlerin sahaya yeniden yerleşmesini mümkün kılmaktadır. Bitkisel örtünün gelişmesiyle birlikte barınma, üreme ve gizlenme alanlarının oluşması, daha üst trofik seviyelerin de kademeli olarak geri dönüşünü desteklemektedir (Pausas ve Keeley, 2019).

Bu süreç, yalnızca tür sayısındaki artışla değil; trofik ağların yeniden kurulması, enerji akışının dengelenmesi ve türler arası etkileşimlerin istikrar kazanmasıyla değerlendirilmelidir. Yangın sonrası erken dönemde bazı genelci türlerin alana geçici olarak girmesi, ekosistemin iyileştiğini değil; çoğu zaman trofik dengenin henüz oturmadığını göstermektedir. Kalıcı ve dengeli omurgalı topluluklarının oluşması, ancak alt trofik düzeylerin (bitkiler ve omurgasızlar) yeterince gelişmesiyle mümkündür.

Türkiye’de yangın sonrası alanlarda yapılan izleme ve değerlendirme çalışmaları, doğal süksesyonun desteklendiği ve habitat heterojenliğinin korunduğu sahalarda, omurgalı faunanın daha hızlı ve kalıcı biçimde geri döndüğünü ortaya koymaktadır. Orman Genel Müdürlüğü’nün raporları ve Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları’na ilişkin değerlendirmeler, yoğun müdahaleye maruz kalan ve yapısal çeşitliliği düşük alanlarda ise omurgalı faunanın geri dönüşünün sınırlı kaldığını göstermektedir (OGM, 2022; Eken vd., 2006).

Bu bulgular, yangın sonrası restorasyonun başarısının, bitki–toprak–fauna bileşenlerinin eş zamanlı ve etkileşimli biçimde ele alınmasına bağlı olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Entegre restorasyon yaklaşımı, trofik ağların yeniden kurulmasını ve ekosistem işlevlerinin sürdürülebilir biçimde devamını sağlayan en etkili çerçeve olarak öne çıkmaktadır.

7. Yangın Sonrası Erken Müdahalede Toprak Biyotasını Koruyan Uygulamalar

Yangın sonrası ilk aylar, ekosistem iyileşmesinin yönünü ve hızını belirleyen en kritik zaman aralığını oluşturmaktadır. Bu erken dönemde uygulanacak müdahaleler, ekosistemin doğal toparlanma kapasitesini destekleyebileceği gibi, yanlış uygulamalarla iyileşme sürecini ciddi biçimde geciktirebilmektedir. Özellikle ağır makine kullanımı, yoğun toprak işleme ve geniş ölçekli tesviye çalışmaları, yangından zaten zarar görmüş olan toprak biyotasını ek bir baskı altına sokmaktadır.

Bilimsel çalışmalar, yangın sonrası erken dönemde toprak yüzeyinin mümkün olduğunca bozulmadan korunmasının, omurgasız faunanın ve mikro organizmaların yeniden kolonizasyonu açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir (Bardgett, 2005; Certini, 2005). Bu nedenle erken müdahalelerde, düşük etkili ve seçici uygulamaların tercih edilmesi gerekmektedir. Ölü örtünün sahada bırakılması, yanmış odunsu materyalin tamamının uzaklaştırılmaması ve mikro habitat sürekliliğinin korunması, toprak biyotasının yeniden yapılmasını destekleyen temel yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Türkiye’de OGM tarafından yürütülen rehabilitasyon çalışmalarında, özellikle eğimli arazilerde erozyon riskini azaltmaya ve biyolojik örtüyü korumaya yönelik önlemlerin son yıllarda daha yaygın biçimde uygulanması, olumlu bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. OGM raporları, yangın sonrası erken dönemde biyolojik örtünün korunmasına yönelik uygulamaların hem toprak kaybını sınırlandırdığını hem de ekosistem iyileşmesinin daha dengeli biçimde ilerlemesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır (OGM, 2022).

Bu bağlamda, erken müdahalelerde benimsenmesi gereken temel ilke; “minimum müdahale–maksimum ekolojik kazanım” yaklaşımıdır. Toprak biyotasını koruyan ve doğal süreçleri destekleyen uygulamalar, yangın sonrası restorasyonun uzun vadeli başarısı açısından vazgeçilmezdir. Bu yaklaşım, yalnızca bi-

yolojik çeşitliliğin korunmasına değil, aynı zamanda restorasyon maliyetlerinin düşürülmesine ve ekosistem direncinin artırılmasına da katkı sağlamaktadır.

7.1 Doğal Süksesyonun Desteklenmesi

Yangına uyumlu ekosistemlerde doğal süksesyonun desteklenmesi, ekosistem direncini ve biyolojik çeşitliliği artıran en etkili restorasyon stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgelerinde yaygın olan kızılçam (*Pinus brutia*) ve meşe (*Quercus* spp.) ağırlıklı orman ekosistemleri, serotinöz kozalaklar, güçlü kök sürgünü kapasitesi ve zengin tohum bankası gibi özellikler sayesinde yüksek doğal yenilenme potansiyeline sahiptir.

Bu ekolojik özellikler dikkate alındığında, yangın sonrası her alanda otomatik olarak aktif ağaçlandırmaya gidilmesi, ekolojik açıdan gerekli olmadığı gibi uzun vadede biyolojik çeşitlilik ve habitat heterojenliği üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bunun yerine, yangın şiddeti, tohum kaynaklarının durumu, toprak özellikleri ve komşu yanmamış alanların varlığı gibi ölçütlere dayalı bilimsel bir değerlendirme yapılarak yalnızca gerekli görülen alanlarda müdahalede bulunulması daha sürdürülebilir sonuçlar sunmaktadır (Pausas ve Keeley, 2019).

Küresel literatürle uyumlu biçimde, Türkiye'de de doğal süksesyonun restorasyon süreçlerindeki rolüne yönelik farkındalığın arttığı görülmektedir. Orman Genel Müdürlüğü'nün son yıllarda yayımladığı strateji ve raporlarda, doğal gençleştirme, ekosistem temelli restorasyon ve yanma şiddetine dayalı planlama kavramlarının daha fazla vurgulanmaya başlanması, Türkiye'de yangın sonrası restorasyon politikalarının ekolojik temelli bir yaklaşıma evrilme potansiyelini göstermektedir (OGM, 2023).

7.2 Uzun Dönemli İzleme Programlarında Fauna Temelli Göstergelerin Kullanılması

Yangın sonrası restorasyon başarısının değerlendirilmesinde, yalnızca bitkisel örtü gelişimine dayalı göstergeler çoğu zaman yetersiz ve gecikmeli bilgiler sunmaktadır. Buna karşılık, toprak omurgasızları ve seçilmiş omurgalı gruplar (özellikle böcekçil kuşlar ve küçük memeliler), ekosistem fonksiyonlarındaki değişimlere hızlı ve hassas tepkiler verdikleri için güçlü biyolojik gösterge organizmalar olarak değerlendirilmektedir (Bardgett, 2005; Moretti vd., 2010).

Bu bağlamda, yangın sonrası izleme programlarının; toprak biyotasını, omurgasız faunayı ve üst trofik düzeyleri kapsayacak biçimde çok katmanlı olarak yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Fauna temelli göstergeler, restorasyon uygulamalarının ekosistem işlevleri üzerindeki etkisini erken dönemde ortaya koyarak adaptif yönetim kararlarının zamanında alınmasına olanak sağlamaktadır.

Türkiye'deki mevcut izleme sistemlerinde fauna bileşenlerine sınırlı ölçüde

yer verilmesi, yangın sonrası ekosistem iyileşmesinin bütüncül olarak değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. OGM'nin mevcut izleme altyapısının, top-
rak omurgasız faunası ve seçilmiş omurgalı grupları içerecek biçimde geniş-
letilmesi; restorasyon uygulamalarının etkinliğini ölçmede güçlü ve bilimsel
bir araç sunacaktır (OGM, 2022; OGM, 2023).

7.3 Türkiye’de Yangın Sonrası Restorasyon Politikalarının Ekosistem Temelli Yaklaşımla Yeniden Değerlendirilmesi

Türkiye’de yangın sonrası restorasyon politikaları, tarihsel olarak hız-
lı ağaçlandırma hedefleri üzerine inşa edilmiştir. Ancak son yıllarda artan
yangın sıklığı, yanan alanların büyüklüğü ve iklim değişikliğinin yangın re-
jimleri üzerindeki etkileri, bu yaklaşımın uzun vadeli ekosistem direnci açı-
sından yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Ekosistem temelli restorasyon, bitki, toprak ve fauna bileşenlerini bir-
likte ele alan; doğal süreçleri destekleyen ve adaptif yönetimi esas alan bir
politika çerçevesi sunmaktadır. Bu yaklaşım, restorasyonun yalnızca kısa va-
deli görsel iyileşme ile değil; besin döngülerinin, trofik ağların ve biyolojik
çeşitliliğin sürdürülebilir biçimde yeniden kurulmasıyla değerlendirilmesini
gerektirmektedir (FAO, 2020).

Bu bağlamda, yangın sonrası karar alma süreçlerinde bilimsel izleme
verilerinin, ekolojik değerlendirmelerin ve yanma şiddetine dayalı analizle-
rin daha belirleyici hâle getirilmesi, Türkiye ormancılığının iklim değişikli-
ği koşullarına uyum kapasitesini önemli ölçüde artıracaktır. OGM’nin uzun
yıllara dayanan kurumsal deneyimi, saha ağı ve veri altyapısı, bu dönüşümün
gerçekleştirilmesi için güçlü bir temel oluşturmaktadır (OGM, 2022; OGM,
2023).

8. Sonuç

Orman yangınları sonrası ekosistemlerin yeniden oluşumu, tek bir bi-
leşene indirgenemeyecek kadar karmaşık, çok katmanlı ve zamansal olarak
farklı hızlarda ilerleyen bir süreçtir. Yangınlar yalnızca bitkisel örtüyü etki-
lemekle kalmamakta; toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini, mikro
klimatik koşulları, toprak biyotasını ve trofik ağların bütününe dönüştüre-
rek ekosistemin işleyişini köklü biçimde değiştirmektedir. Bu nedenle yangın
sonrası iyileşmenin değerlendirilmesi, kısa vadeli görsel yeşillenme ölçütle-
riyle sınırlı tutulmamalı; ekosistem fonksiyonlarının yeniden kurulma düze-
yi esas alınmalıdır.

Bu kitap bölümünde ortaya konulduğu üzere, bitkisel restorasyon, omur-
gasız toprak faunasının yeniden oluşumu ve omurgalı hayvanların sahaya geri
dönüşü, birbirini tamamlayan ve karşılıklı geri besleme ilişkileriyle bağlı sü-
reçlerdir. Bitkisel örtünün gelişimi, mikro klimayı düzenleyerek toprak biyo-
tasının toparlanmasını mümkün kılmakta; toprak omurgasızları ise ayrışma,

besin döngüsü ve toprak yapısının iyileştirilmesi yoluyla bitkisel yenilenmeyi desteklemektedir. Omurgalı faunanın yangın alanlarına kalıcı biçimde geri dönüşü, bu süreçlerin işlevsel olarak bütünleştiğinin ve ekosistemin yeniden dengelendiğinin en güçlü göstergelerinden biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Türkiye’den elde edilen bulgular, yangına uyumlu Akdeniz orman ekosistemlerinde doğal süksesyonun yüksek bir iyileşme potansiyeli sunduğunu açık biçimde göstermektedir. Bu potansiyelin her alanda standart ve yoğun ağaçlandırma uygulamalarıyla sınırlandırılması, uzun vadede habitat heterojenliğini azaltarak ekosistem direncini zayıflatabilmektedir. Küresel literatürle büyük ölçüde örtüşen bu sonuçlar, yangın sonrası restorasyon stratejilerinin alanın ekolojik özelliklerine, yangın şiddetine ve doğal yenilenme kapasitesine göre farklılaştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, orman yangınları sonrası restorasyonun başarısı; bitki, toprak ve fauna bileşenlerini birlikte ele alan, ekosistem temelli ve adaptif bir yönetim anlayışının benimsenmesine bağlıdır. Toprak omurgasızları ve omurgalı faunanın izleme ve değerlendirme süreçlerine dâhil edilmesi, restorasyon uygulamalarının ekolojik etkinliğini ölçmede kritik bir bilimsel araç sunmaktadır. İklim değişikliği koşullarında yangınların artan baskısı dikkate alındığında, Türkiye’de yangın sonrası restorasyon politikalarının bilimsel veriye dayalı, bütüncül ve uzun vadeli bir perspektifle yeniden yapılandırılması, orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından kaçınılmaz bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Bardgett, R. D. (2005). *The biology of soil: A community and ecosystem approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Boer, M. M., Resco de Dios, V., & Bradstock, R. A. (2020). Unprecedented burn area of Australian mega forest fires. *Nature Climate Change*, 10(3), 171–172. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0716-1>
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Chuvieco, E., Lizundia-Loiola, J., Pettinari, M. L., Ramo, R., Padilla, M., Tansey, K., ... & Plummer, S. (2018). Generation and analysis of a new global burned area product based on MODIS 250 m reflectance bands and thermal anomalies. *Earth System Science Data*, 10(4), 2015–2031. <https://doi.org/10.5194/essd-10-2015-2018>
- Duyar, A., & Makineci, E. (2016). Seasonal and altitudinal variations of soil arthropods in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmuelleriana* forests. *Bosque*, 37(2), 335–345. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000200012>
- Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D. T., & Lise, Y. (Eds.). (2006). *Türkiye'nin önemli doğa alanları (Cilt 1–2)*. Ankara, Türkiye: Doğa Derneği.
- Esen, A. N., Yushin, N., Grozdov, D., Yıldız, C., Zinicovscaia, I., Hacıyakupoğlu, S., & Gorum, T. (2023). Effect of wildfire on soil element concentrations in Mediterranean Türkiye. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 332(11), 4667–4676. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09063-9>
- FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020: Main report*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- World Resources Institute. (2025). <https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires>. [Ziyaret Tarihi: 15.08.2025].
- Güney, C. O., Mert, A., & Gülsoy, S. (2023). Orman yangınları sonrası ekosistem tabanlı planlamaya doğru: Yanma derinliğinin sınıflandırılması. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(1), 206–225. <https://doi.org/10.35341/afet.1197031>
- Kaplan Taş, A., & Benliay, A. (2025). Yanmış orman alanlarının ekolojik restorasyonu için uzaktan algılama temelli yaklaşımlar. *Peyzaj – Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi*, 7(1), 54–64. <https://doi.org/10.53784/peyzaj.1706704>
- Karadaş, G., & Altınkaya, F. (2025). Orman yangını sonrası peyzaj bozulmalarının mekânsal analizi ve restorasyon stratejilerinin geliştirilmesi: Bursa Orhaneli-Harmancık örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 9(2), 490–504.
- Kemer, N. (2022). Orman yangınları ve sonrası: Orman ekosistem restorasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 373–381. <https://doi.org/10.31590/ejo-sat.1054290>

- Moretti, M., Duelli, P., & Obrist, M. K. (2010). Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia*, 164(4), 1031–1042. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1760-z>
- OGM. (2021). *Orman yangınları istatistikleri (2010–2020)*. Ankara, Türkiye: Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>.
- OGM. (2022). *Orman yangınları ile mücadele faaliyetleri ve yangın sonrası rehabilitasyon değerlendirme raporu*. Ankara, Türkiye: Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>.
- OGM. (2023). *Yangın sonrası ekosistem izleme ve restorasyon raporu*. Ankara, Türkiye: Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>.
- Özkan, L., & Öztürk, N. (2019). Orman yangınları ve yaban hayatı. *Doğanın Sesi*, (4), 67–74.
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., & Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? – A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 713–723. <https://doi.org/10.1071/WF07151>
- Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Ubeda, X., & Bogunovic, I. (2018). Post-fire soil management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 26–32.. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.04.002>
- Pons, P., & Clavero, M. (2010). Bird responses to fire severity and time since fire in Mediterranean forests. *Forest Ecology and Management*, 259(7), 1227–1235. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00337.x>
- Salgado, L., Alvarez, M. G., Díaz, A. M., Gallego, J. R., & Forján, R. (2024). Impact of wildfire recurrence on soil properties and organic carbon fractions. *Journal of Environmental Management*, 354, 120293. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120293>
- Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews*, 105(3–4), 71–100. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.001>
- Tüfekcioğlu, İ., Ergen, G., Kaynaş, B., Aktepe, N., & Tavşanoğlu, Ç. (2022). Akdeniz iklim bölgesindeki alt yükselti orman ve çalılıklarında yangın sonrası hızlı ekolojik değerlendirme. *Turkish Journal of Forestry*, 23(3), 163–177. <https://doi.org/10.18182/tjf.1118883>
- USDA Forest Service. (2023). *Wildfire statistics and trends (2000–2022)*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- Yalçın, S., & Ürker, O. (2024). Türkiye’de orman yangınlarına müdahale sürecinde yaban hayatına yönelik ilk yardım yönetimi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2), 114–123. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1489772>



OFİS ÇALIŞANLARININ ERGONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

“ ”

HASAN ÖNAL¹
MURAT ÖZALP²

1 Y.lisans, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orcid: 0000-0002-8912-8793

2 Prof. Dr., Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-1651-3487 *Bu çalışma Hasan ÖNAL'ın Y. Lisans tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Ofis çalışanlarında, işyerlerindeki aktiviteler sonucu ortaya çıkan ağrı, hareketlerde kısıtlılık ve işe devam edememeye neden olabilen kas iskelet sistemi şikâyetleri, yaygın olarak görülmektedir (Bernard, 1997).

Yapılan işten kaynaklı olarak ortaya çıkan hastalıkların %50'sini Kas-İskelet Sistemi Hastalıkları (KİSH) olduğu görülmüştür. Bu hastalıkların oluşumunda devamlı yapılan zorlayıcı hareketler ve ergonomik koşulların uygun olmayışı etkili olmaktadır (Bernard, 1997; Özcan ve Kesiktaş, 2007).

KİSH, tekli ve da tekrarlanan rahatsızlıklar sonucunda oluşan ve kasları, tendonları, ligamanları, sinirleri ve eklemleri etkileyen sorunları kapsamaktadır (Erick ve Smith, 2011; Yılmaz ve ark., 2006) .

Bu nedenle KİSH sonuçları bakımından çeşitli boyutlarda fonksiyonel kısıtlılıklar yaratabilmektedir. Çalışanın KİSH'nin ağrı, fonksiyonel hareketlerde azalma ve mental sorunlar gibi sonuçları olduğu gibi, işverenin işletmesinin de verimin azalması, iş gücünün düşmesi ve sağlık harcamalarının artması gibi olumsuz sonuçları bulunmaktadır (Başkurt, 2011; Özcan ve ark., 2006).

Aynı zamanda kronik KİSH'nin kişisel faktörlerle (fiziksel durum, kullanılan maddeler, sosyoekonomik durum) ilişkisi gösterilmiştir. Dolayısıyla işe bağlı KİSH'ında ergonomik faktörlerin yanı sıra kişisel risk faktörleri de önem taşımaktadır (Özdiñç ve ark. 2008; Holth 2008). KİSH'da ekstremite ve omurgada ağrı, ödem, kas spazmları, uyuşma hissi, güçsüzlük gibi şikâyetler görülmektedir. Bu şikâyetlerinin oluşması ve kronikleşmesinin çalışma ortamındaki fiziksel aktivitelere, postüre ve ortamın ergonomik durumuna bağlı olduğu kabul edilmektedir (Buckle, 2002; Staal, 2007).

Dünyada gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar kullanımı iş hayatının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Ayrıca çalışma saatleri gelişen rekabetle artmış, bilgisayar başında ve statik bir postürde kalma süreleri de uzamıştır. Yapılan çalışmalarda özellikle bilgisayar kullanımının KİSH açısından risk faktörü olduğu kabul edilmiştir. Bilgisayar kullanımında tekrarlayan ve uzun süreli çalışmalar, zorlanmaya neden olan kullanımlar ve statik postür gibi faktörlerin KİSH ile ilişkisi gösterilmiştir (Gerr et al., 2002; Kadefors, 2002; Tittiranonda et al., 1999).

Yapılan çalışmalarda, insanların %33 ünün hayatları boyunca en az bir kere boyun sıkıntısı görülmüştür. Bel sorunlarının ise %70-90 oranında görüldüğü kaydedilmiştir. Ofis çalışanlarında ise bu oran işe ve kişiye bağlı risk faktörlerinin girmesiyle daha da yükselmektedir. Ayrıca akut bel ağrısı şikâyeti olan beş kişiden ikisinin de şikâyetlerinin kronikleştiği görülmüştür (Kozanoğlu ve ark., 1997; Michael, 1997).

KİSH’ında ortam ve kişisel risk faktörler kadar psikososyal faktörlerin de etkisi National Institute For Occupational Safety and Health (NIOSH) raporunda belirtilmiştir. Bu raporda artan iş yükü ve stresi, yapılan işlerdeki monotonluk, mesleki gelecekteki kaygılar gibi faktörlerin KİSH’ı üzerinde ciddi etkisi olduğu vurgulanmıştır (Sehna, 2004).

Ergonomi ise bu sıkıntıları minimum seviyeye indirecek, çalışanın sağlığını korurken işverenin çıkarlarını gözeterek çözümleri arayan bilim dalıdır. Dolayısıyla ergonomi; çalışma alanını işçiye göre düzenler, yani çalışana işe değil, işin çalışana uydurulmasını sağlar (Schuchmann, 1996).

Daha önceki bir çalışma göstermiştir ki ofis ortamının ergonomi kurallarına uygun olması tek başına yeterli olmamakla beraber, çalışanların ergonomi konusundaki bilgi ve farkındalıkları da önem taşımaktadır. Buna göre ergonomi eğitimi verilen gruplarda ergonomik ortamda olan grup ile olmayan arasında anlamlı bir fark bulunamamış, fakat iki grupta da KİSH açısından risk faktörlerinin azaldığı görülmüştür (Robertson et al., 2009).

Aynı zamanda daha önce 50 bilgisayar kullanıcısında yapılmış bir randomize kontrollü çalışmada, iki ay boyunca iki gruptan birisine ergonomi eğitimi ve egzersiz, diğerine ise sadece ergonomi eğitimi verilmiş ve daha sonra karşılaştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde eğitim ve egzersizin beraber verildiği grupta ağrı, fonksiyonel düzey, yorgunluk ve psikolojik faktörler açısından anlamlı iyileşmeler bulunmuş ve egzersizin KİSH’da risk faktörlerini azalttığı görülmüştür (Amell, 2001). Yine bu alanda yapılan başka bir çalışmada ofis çalışanlarındaki yaygın KİSH’nın etkilerinin azaltılması, işçi ve işveren açısından oluşturdukları olumsuzlukların ortadan kaldırılması için ergonomi eğitimlerinin ve düzenlemelerinin etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Özcan ve Kesiktaş, 2007). Ofis çalışanlarında üst ekstremitelerin fazla miktarda tekrarlanan zorlanmalara maruz kalmasıyla KİSH arasında ilişki olduğu belirlenmiştir (Dane, 2002). Aynı zamanda bir başka çalışma ergonomi eğitimi verilen bilgisayar kullanıcılarında boyun ve üst ekstremitelerde ağrıların azalma görülmüştür (Lewis, 2001). Ergonomi eğitiminin, üst ekstremitelerde ve boyun bölgesinde bilgisayar kullanımına bağlı ağrı şikâyeti olanlardaki uzun dönemli etkileri araştırıldığında da eğitimin verilmesinden sonra 3. ve 12. aylarda yeniden yapılan anket çalışmasında semptomların azaldığı görülmüştür (Mekhora et al., 2000). Literatürde ergonomi eğitimleri ile ilgili yapılan bir başka çalışmada da monitör, klavye ve fare gibi bilgisayar aparatlarının doğru kullanımı ve doğru yerleştirilmesi gibi modifikasyonların üst ekstremitelerde ve servikal bölgede postürde ve hareketlerde iyileşme sağladığı görülmüştür (Ketola et al., 2002). Aynı zamanda yaygın görüş, ofis çalışanlarında KİSH’ında azalmanın mental yönden de düzeltilmeye neden olacağı düşünülse de bu alanda kesin sonuçlar elde etmek için çalışma ortamındaki psikolojik risk faktörleri açısından da düzenlemeler yapılmalıdır (Ketola et al., 2002).

2. OFİS ÇALIŞANLARINDA KAS İSKELET SİSTEMİ HASTALIKLARI (KİSH)

Boyunda, kollarda ve belde ağrının oluşması ve hareketin kısıtlanması ile oluşan Kas İskelet Sistemi Hastalıkları (KİSH) masa başı çalışanlarının en yaygın sağlık problemlerindendir. Bilgisayar kullanırken yapılan hareketlerin tekrar etmesi, boynun, el bileklerinin ve belin bulunduğu pozisyonun ergonomik olmamasından kaynaklıdır ve meslek hastalığı olarak geçmektedir. KİSH verimliliği ve memnuniyeti azaltmanın yanı sıra iş vereni ve ekonomiyi de olumsuz yönde etkilemektedir (Özcan ve ark., 2006).

2.1. Ofis Çalışanlarında KİSH Nedenleri

Ofiste çalışan kişilerde KİSH oluşmasında ki sebepler şahsi ve iş ile alakalı etmenler olmak üzere ikiye ayrılır. En sık bilinen şahsi etmenler, cinsiyet, yaş, bazı rahatsızlıkların ve bozuklukların hikâyesi, vitamin değerlerinin düşük olması, aşırı kilo ve gündelik yaşam fonksiyonudur. İş ile alakalı etmenler ise devamlı yapılan iş, fazla kuvvet, dengesiz duruş şekilleri ile ilgili etmenler, mekanik temas baskıları, düşük sıcaklık ve titretişimdir (Özcan ve ark., 2006). Hastalığın oluşumunda birçok faktörün bir arada olması dikkat çekicidir. Ofiste çalışan kişilerde nötral olmayan el bileği, boyun ve kol rahatsızlıkları, iş yerinin düzeni ve maruz kalınan süre ile birlikte zaman baskısının olması ve ağır iş yükünün bulunması sosyal psikolojik etmenler rahatsızlıkların ortaya çıkmasında etkili rol oynamaktır (Wahlstrom, 2005). Çalışanda KİSH oluşumunun iş stresinin etkisi çok fazladır. (Haufler et al., 2000; Woods, 2005).

2.2. Ofis Çalışanlarında En Sık Görülen KİSH

- Yapılan işten kaynaklı birçok KİSH vardır ve iki başlıkta toplanır
- Üst ekstremité ve boyun bölgesi hastalıkları
- Bel hastalıkları

2.2.1. Ofis Çalışanlarında Üst Ekstremité ve Boyun Bölgesi Hastalıkları

- Karpal tünel sendromu (KTS)
- Tenosinovit
- Strain
- Sprain
- Torasik Çıkış Sendromu
- Lateral Epikondilit
- Medial Epikondilit

- Tetik Parmak
- Boyun Ağrıları ve Omuz Ağrıları.

2.2.2. Ofis Çalışanlarında Bel Ağrısı

Bel rahatsızlıkları gelişen devletlerin sürekli artış gösteren ve iskelet ve kas sisteminin zarar görmesine neden olan ve çok sık görülen bir sağlık sorunudur. (Albayram, 2002). Bel ağrısı gripten sonra en fazla görülen hastalıktır. İnsanların %80'i, ömürlerinin herhangi bir zamanında çoğunlukla da 45–60 yaşları arasında en az bir kez bel ağrısı çekerler. Çalışmakta olan toplumun her yıl %25-50'si bel rahatsızlıkları yaşamaktadır. (Sarıkaya, 2002; Akkoç, 2008). Yapılmış olan araştırmalarda her on kişinin sekizinde en az bir kere bel rahatsızlığının görüldüğü ve bu kişilerin 2/5'inde ağrıların kalıcı olduğu belirtilmektedir. (Kozanoğlu ve ark., 1997; Öngel, 2007). Bel ağrıları ABD'de 1985 yılında 1,3 milyar iş günü kaybına neden olmuştur. İsveç'te de malulen ve erken emeklilik sebeplerinin % 25'i bel ağrılarından kaynaklanmaktadır. ABD Ulusal Bilim Akademisi, yapılan işten kaynaklı kas iskelet rahatsızlıkları için 1999'da gider olarak gösterilen toplam sağlık harcamalarının, 1 trilyon ABD dolarını aştığını açıklamıştır. (Melhorn ve Gardner, 2004). Bazı hastalıklar yapılan işlerle ilgilidir. Kadınlar bu tür hastalıklardan erkeklerden daha fazla etkilenmektedirler. (Gunning et al., 2001) KİSH'nı azaltmak amacıyla, çalışma ortamındaki sorunların belirlenmesi ve önlem alınması gerekmektedir. Bunun için şunlara dikkat edilmelidir: risk değerlendirmesi, eğitim ve gözetim, çalışanların görüşlerinin alınması, ergonomik bir çalışma ortamı sağlanarak yorgunluklarının önlenmesidir. KİSH'nı önleme stratejilerine Avrupa direktifleri, üyeliği bulunan milletlerin rehberleri ve yönetmeliklerinde de bahsedilmektedir (Lau et al., 2007). Bel ağrıları çalışanların en çok etkilendiği sorunlardan bir tanesidir. Özellikle gelişmiş ülkelerin maliyetinin artmasına neden olan bir sorundur. Uzun süreli fiziksel, duyuşsal, bilişsel engellere yol açmasından kaynaklı olarak en yaygın görülen sosyoe-konemik bir sorundur. Kanser ağrılarından sonra en maliyetli ağrıdır. Tüm bunlardan kaynaklı olarak insanların iş bırakma sebeplerinin arasında ilk sıralarda yer alan bel ağrısı insanın yaşam konforunu düşürmektedir. (Simon, 2000; Yılmaz ve Fidan 2001). Bel ağrısı gelişiminde kişilerin meslekleri ilk sırada yer almaktadır (Öngel, 2007). Toplumda oldukça sık rastlanan işgücü kaybı ve tedavi maliyeti bakımından en pahalı hastalıklardandır, bel ağrıları'nın tedavisi multidisipliner bir yaklaşım gerektirir (Karkucak ve ark., 2006). Bel ağrısına neden olan faktörler belirlendikten sonra kişiye belin günlük hayatta nasıl kullanılacağı ve korunacağı hakkında eğitimler verilmelidir. Bel ağrıları'nın sürekli olarak tekrarlanması ve asıl tedavinin belin doğru kullanılması olduğu unutulmamalıdır. (Suyabatmaz, 2008).

2.2.2.a. Ofis Çalışanlarında Bel Ağrısı Nedenleri

Sürekli ayakta kalan veya sürekli oturarak çalışan bankacılar ciddi sağlık

sorunları yaşamaktadırlar. (Dirican ve Bilgel, 1993). Ekonomik gelişmeler ve işten kaynaklanan stres, oturma bozuklukları, çalışma ortamının ergonomik olmayışı, molalarının düzenli olmamasından kaynaklı kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları meydana gelmektedir. (Dirican ve Bilgel, 1993). ABD Çalışma Bakanlığı ve Dünya Sağlık Örgütü, bilgisayar kullanımındaki artışla yapılan işten kaynaklı kas iskelet sistemi hastalıklarının ve bunun sonucunda oluşan maliyetlerinde aşırı derece de arttığını belirtmektedir. (Keighley and Williams, 1993). Uzun süreli olarak bilgisayarın kullanılması ve kötü postürle alakalı kas iskelet sistemi sorunları 1990'lı yıllarda birçok Avrupa ülkesinde kapsamlı araştırma yapılmış ve bu araştırmalar sonrasında bilgi teknolojilerinin daha sonra ulaştığı ülkelere sıçramıştır. Ofis çalışanlarının yaptıkları işten kaynaklı kas iskelet sistemi hastalıkları her gün artarak önem arz etmektedir. ABD'de 1999 yılı verilerine göre 45.000.000'dan fazla kişi bilgisayar kullanmaktadır ve kas iskelet sistemi sorunlarının görülme periyodundaki artışı insan sağlığı için ciddi endişe taşımaktadır.

2.2.2.b. Ofis Çalışanlarında Bel Ağrısını Önleme Stratejileri

Ofiste ergonomik şartların yerine getirilmesi, verimli ve sağlıklı bir çalışma sağlar, ama yetersizdir. Çünkü ergonomik olarak hazırlanmış bir ofiste çalışanlar saatlerce aynı pozisyonda kalıyor, aynı işleri yapıyorsa, ergonomik çalışma alanında desteklenmeli ve eğitilmelidir. Çalışanların ve yöneticilerin, çalışma esnasında verilen kısa istirahatlerin ve bu aralarda yapılan bazı hareketlerin boşa harcanan zaman olmayıp, tam tersine bu egzersizlerin çalışanın verimine katkıda bulunurken, mesleğe bağlı hastalık ve kazaları azaltır. Ofiste uygun çalışma planının olmaması ergonomik zararların yanı sıra ofis kazalarına da neden olabilir. Ofiste çalışırken; ayarlamalar ile uygun pozisyon sağlansa bile, hiçbir pozisyon uzun süre için uygun değildir. Bu nedenle gün içinde sandalyede sık sık pozisyon değiştirilmelidir. Çalışma sırasında ara verilmelidir. Burada en sık yapılan hatalardan biri, uzun süre çalışmanın ardından uzun araların verilmesidir. Telefon görüşmeleri, faks işleri, arkadaşlarla konuşma ve içecek içme gibi etkinlikler ayakta yapılması gerekir (Çağatay, 2004). İş, iş ortamı ve araç gereçler kötü postürü önleyecek şekilde ayarlanmalıdır. Çalışma sırasında eklemlerin tam hareket sınırında kullanılması normaldir. Burada önemli olan sürekli kötü duruş şeklinin uzun süreli korunmasına neden olan uygulamalardır (Çağatay, 2004).

2.3. Ofis Çalışanlarında KİSH Açısından Risk Faktörleri

2.3.1. Bireysel Risk Faktörleri

2.3.1.a. Fiziksel Durum ve Tıbbi Öykü

Kişilerde yaşanan kas iskelet sistemi problemlerinde daha önce yaşadıkları benzer problemler rol oynamaktadır. Çünkü bu tip özellikle ofis çalışanlarında oluşan KİSH'ları tekrarlayıcı ve kronikleşmeye elverişli özellik

taşırırlar. Aynı zamanda kişinin fiziksel durumu, spor alışkanlığı, beden kitle endeksi gibi özellikler de KİSH'larında risk faktörü sayılmaktadır. Spor yapmayan, uyku düzeni kötü olan, iş stresi ile başa çıkmakta zorlanan kişiler de yine KİSH açısından riskli görülmektedir (Gerr et al., 2002; Jensen et al., 2002; Eltayeb et al., 2009).

a. Yaş

Yaş faktörü KİSH'larında önemli risk faktörlerinden birisidir. İlerleyen yaş aynı zamanda zorlayıcı kuvvetlere ve statik ve kötü postüre uzun süre maruz kalındığını gösteririr. Kas iskelet sistemi hastalıklarında ilerleyen yaşın, hastalığa yakalanma ve hastalığın tekrar etmesi açısından negatif bir durum olduğunu, aynı zamanda oluşan probleminde iyileşmesinde da tamir ve yenileme mekanizmalarının yavaşlaması açısından önemli bir risk faktörü olduğu görülmüştür (Cook, 2000; Gerr et al., 2002; Brisson et al., 1999).

b. Cinsiyet

Yapılan araştırmalarda kadın/erkek arasında risk faktörleri açısından farklar olduğu, kadın ofis çalışanlarının işe bağlı KİSH açısından erkeklerle oranla daha fazla risk taşıdığı görülmüştür. Kadınlarda östrojen hormonu nedeniyle bağ dokusu esnekliğinin erkeklerden fazla olduğu, bu nedenle eklemlerdeki desteğin kadınlarda genel olarak daha az olduğu ve dolayısıyla eklem problemlerine daha yatkın oldukları da düşünülmektedir (Cook, 2000; Ekman ve ark., 2000; Dahlberg et al., 2004).

2.3.2. İşle Bağlı Risk Faktörleri

a. Ergonomik Koşullar

Günümüzün en yaygın çalışma ortamları olan ofislerin hem çalışan hem de işveren açısından, çalışanların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarına uygun olarak dizayn edilmesi gerekir. Günümüzde işe bağlı KİSH'larının büyük bir kısmı ofis çalışanlarında görülmektedir. Çalışanların antropometrik özellikleri aynı olmayacağından, çalışma alanları kişilere özel ayarlanmalıdır. Masa yüksekliği, sandalye yüksekliği, monitörün yüksekliği, iş yerindeki oturma düzeni gibi etmenler çalışanlara göre ayarlanabilir olması gerekmektedir. Ergonomik şartların geçerli olmayışı işe bağlı KİSH riskini arttırdığı da daha önce yapılan çalışmalarda görülmüştür (Tittiranonda et al., 1999; Baker ve Cidboy, 2006).

Uygun olmayan ergonomik koşullarda omurga ve ekstremitelerdeki eklemler normalin üstünde baskıyla karşılaşır. Bu baskıları tolere etmeye çalışan kas, tendon ve ligaman yapılarında zaman içinde yetersizlikler ortaya çıkar. Bunun sonucunda da şartların aynı şekilde devam etmesi durumunda işe bağlı KİSH ortaya çıkar. Özellikle uzun süre bilgisayar kullananlarda üst ekstremit ve boyun bölgesindeki hastalıkların görülme olasılığı yüksektir.

Bu nedenle bilgisayar ve eklerindeki kişiye özel modifikasyonlar önem taşımaktadır (Cook 2000; Blatter et al., 2002).

b. Statik Postür

Bilgisayar kullanımına bağlı static postür işe bağlı KİSH açısından önemli bir risk faktörüdür. Statik postürde kalma süresi arttıkça şikayetlerin arttığı da görülmüştür (Punnett et al., 1997; Jensen et al., 2002). Statik olan postür özellikle de ideal değilse kas ve tendonların uzun süre gergin kalması durumunda kas ve tendon ağrılarına, sürenin uzaması da kas ve tendon hastalıklarına neden olur. Ayrıca uzun süreli statik postür eklemlerin ve disklerin kaldırabileceğinden fazla yüklere maruz kalmasına neden olur. Yapılan başka bir çalışma da bilgisayar başında geçirilen sürenin uzaması fiziksel ve psikolojik semptomların armasına neden olmaktadır (Blatter et al., 2002; Warsted et al., 2010).

Bilgisayar kullananlarda yaygın görülen mesleki kas iskelet hastalıkları;

- Boyundaki kasların zorlanması,
- El bileğindeki sinirlerin sıkışması
- Başparmak ve el bileğindeki tendonların iltihaplanması
- Omuz ve dirsekteki tendonların iltihaplanması

Şekil 2.1. İşyerinde Kompresyon Nöropatisi



Kaynak: Prof. Dr. Halil KOYUNCU (İ. Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi - Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı), <http://cisin.odtu.edu.tr/2003-8/saglik.php>

2.3.3. Psikolojik Faktörler

Birçok çalışma, psikolojik faktörlerin KİSH'nı önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Çalışma ortamındaki stresin çalışanlarda çok önemli risk etmeni olduğu görülmüştür (Haufler et al., 2000; Ariens et al., 2000). Psikolojik strese fazla maruz kalanların KİSH oranının daha fazla görüldüğü anlaşılmıştır. Ayrıca ergonomik çalışmaların fiziksel risklerin yanında aynı zamanda psikososyal faktörleri de araştırması gerektiği gösterilmiştir. Ergonomik girişim yapılan guruplarda stres yönetimi eğitimi de olan guruplarda daha iyi sonuçlar alındığı görülmüştür (Bot et al., 2007).

2.4. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kavramı

İş ve sağlığın arasındaki ilişki çok eski tarihlere dayanmaktadır. İnsanlık tarihinin başlangıcından itibaren insanlar sağlıklarını ve yaşamlarını tehlikeye sokan işlerde çalışmak zorunda kalmışlardır, o günün şartlarına göre gerekli önlemleri aramaya başlamışlardır (Bertan ve Güler, 1997, Gerek, 2006). Çalışanların verimini arttırmak için yüksek değerli besinleri tüketmesi gerektiğini ilk kez Heredot dile getirmiştir. Eflatun ve Aristoteles de iş kazaları hakkında çalışmalar yaptığı bilinmektedir. Çalışanların yaptıkları işlerden kaynaklı zarar görebileceklerini ilk kez Hipokrat belirtmiştir (Gerek, 2006). Fakat eski zamanlarda iş çeşitleri ve yapılan işten kaynaklı riskler çok azdı. Buhar gücü üretime dahil olduktan sonra, çalışma hayatı ve toplumsal olumlu yönde etkilenmiştir. Buhar gücü kullanılarak çalışan mekanizmaların üretime dahil olması ile makine kullanımına geçilmiştir. Tüm bunların çıktısı olarak, kurulan tesislerde çalışmak için insanlar tesislerin bulunduğu bölgelere taşınmışlardır (Bertan ve Güler, 1997). Aile yapısı değişiklik göstermeye başlamıştır. Kalabalık aile yapısının zamanla çekirdek aileye dönüşerek hanede kalan kişi sayılarında azalma meydana gelmiştir (Özkılıç, 2007). Sanayileşmenin çağımızdaki etkileri ise doğum oranlarının azalması ve bebeklik dönemindeki ölüm oranlarının azalması, insan ömrünün uzaması, yaşlı nüfusun artması, toplumlarda yaygın olarak görülen ölüm ve hastalık sebeplerinin pandemik hastalıklardan kronik ve dejeneratif hastalıklara doğru değişime uğraması ve çevre kirliliği şeklinde gözlemlenmiştir (Bertan ve Güler, 1997). İş güvenliği teriminin içeriği ise iş kazalarından ve meslek hastalıklarından kaynaklanan kayıpları en aza indirmek için bilimsel çalışmalar ışığında gerekli önlemlerin tespiti ve uygulanmasıdır (Özkılıç, 2007). Çalışanları çalışma ortamlarındaki sağlığının olumsuz etkileyecek olan problemlerden korumak, verimliliğin artmasını ve üretimin devamlılığını sağlamak için yapılan çalışmaların bütünü iş sağlığı ve güvenliği kavramı içerisinde toplanmıştır (Alli, 2001, Özkılıç, 2007, Meslek Hastalıkları Rehberi, 2011). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ/ WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (UÇÖ/ ILO) İş Sağlığı Ortak Komitesi tarafından ilk kez 1950 yılında yapılan toplantıda belirlenen ve 1995 yılındaki 12. oturumda gözden geçirilen “İş Sağlığı” tanımı şöyledir: Hangi işi yaparlarsa yapsınlar, tüm profesyonel çalışanların fiziksel,

psikolojik ve sosyal iyiliklerini en üst düzeye çıkartmak, bu düzeyde tutmak, çalışanların çalışma koşullarından dolayı sağlıklarının bozulmasını önlemek ve çalışanları risklerden korumak, mesleki çevre ve bu koşulları sağlamak, kısacası yapılan işin bireye uygun olmasını ve her kişinin kendi işine uygun olmasını sağlamaktır. (ILO, 2009).

Sağlıklı, yüksek motivasyonlu ve memnuniyetli işgücü bir ülkenin sosyoekonomik geleceği açısından çok önemlidir. Böyle bir işgücünü sağlamak için, çalışma ortamındaki tehlikelerin önlenmesi veya işçilerin korunmaları yetersizdir. Bunların yanı sıra işçilerin mevcut sağlık durumlarının daha da iyileştirilmesi ve güvenlik ve sağlığı kıymetlendiren bir kültür oluşturulup benimsenmelidir. İş sağlığı ve güvenliğinin geliştirilmesi, geleceğe yatırımdır; çünkü işletmelerin, işyerlerindeki sağlığı iyileştirmeleri verimliliğin artışına ve aynı zamanda hastalıklara yapılan masrafların azaltılmasına yardımcı olacaktır (Alli, 2001).

• Çalışanları Korumak

İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının asli amacıdır. Çalışanların meslek hastalıklarını ve iş kazalarını yaşamlarını engelleyerek zihinsel ve fiziksel zarar görmelerinin önüne geçmektir.

• Üretim Güvenliğini Sağlamak

Çalışma ortamının güvenliğini sağlamak yani üretimin güvenliğini sağlamakla verimlilik doğru orantılıdır. Bunlar ekonominin olumlu yönde etkileneceğini sağlamaktadır.

• İşletme Güvenliğini Sağlamak

Çalışma ortamındaki uygulanması gereken önlemler ve iş kazalarından ya da güvensiz çalışma alanlarından kaynaklı oluşabilecek aksaklıklar işletmeyi riske sokacağı için iş sağlığı ve güvenliği alanında bunların önüne geçmek için birçok açıdan çalışmalar yapılması gerekmektedir. Çalışmalar esnasında da birçok bilimden faydalanılır. Çalışma alanında bütün iş kolları bulunur. Doğal olarak bütün iş kolların da değişiklikler görülebilir. İş sağlığı ve güvenliği anlamında yürütülen her çalışmada, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının en alt düzeye getirilemediği görülmüştür. Meslek hastalıkları tam anlamıyla tespiti mümkün olmamakta ancak iş kazalarının çoğu belirlenmiştir. Meydana gelen iş kazalarının sonucu kesik, yaralanma, elektrik çarpması, zehirlenme, cilt hastalıkları, kırık, organ kayıpları, ölüm ve toplu ölümler olarak belirlenmiştir.

• Meslek Hastalıkları

5510 sayılı Kanunun 14.maddesinde atıfta bulunulan meslek hastalıkları, sigortalının çalışması veya uygulaması veya işin devamlılığı nedeniyle meydana gelen geçici veya kalıcı hastalıkları, bedensel veya zihinsel sakatlıkları

ifade eder. Sigortalının iş nedeniyle meslek hastalığına yakalanmış olması;

Kurumun gerekli görmesi halinde, sağlık kurulu, gerekli tüm belge ve denetim belgelerini ibraz ederek çalışma ortamındaki çalışma koşullarını ve düzenlenen hastane raporunu belirtmek zorundadır.

Söz konusu hastalık sigortalı çalışanın işten çıkmasından sonra ortaya çıkması durumunda verilen haklardan yararlanabilmesi için hastalığın ortaya çıkış zamanı ile işten ayrılış zamanı arasındaki süre farkı daha önceden kurullarca belirlenen zaman aralığının içerisinde olmalıdır. Bu durumu yaşayan kişiler istenilen belgelerle kuruma başvurabilmektedirler. Yapılan meslek ne olursa olsun eğer sahip olunan hastalığın sebebi çalışılan yerden kaynaklı olduğu raporlarla belirlenmişse ve kişinin veya kurumun başvurusu üzerine kurulca onaylanmışsa zaman kısıtlaması geçilse dahi kişinin veya kurumun başvurusu üzerine bu hastalık meslek hastalığı olarak kabul görmektedir. . Meslek hastalığının dördüncü maddesinin birinci fıkrasında geçen;

(a) bendi ile 5 inci madde kapsamında var olan sigortalılar bakımından, çalışanın meslek hastalığına sahip olduğunu gören veya bildirilen işveren, sigortalı (b) bendi kapsamına giriyorsa, hastalığı öğrendiği tarihten itibaren üç iş günü içinde iş kazası ve meslek hastalıklarını komiteye bildirmekle yükümlüdür. Bu yükümlülüğü yere getirmeyen veya eksik veya yanlış bildirimde bulunan işverenler ile 4 üncü maddenin 1 inci fıkrasının (2) numaralı bendinde belirtilen sigortacı hakkında aşağıdaki hallerin gerçekleşmesi halinde geçici iş görmezlik ödeneği iptal edilir. Bu durumdan kaynaklanan masraflar acente tarafından karşılanır.

Meslek hastalığı ile ilgili gerekli denetlemeler kurum tarafından veya bakanlık müfettişleri tarafından yapılmaktadır. Yıllara göre meslek hastalığındaki oran aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.

Şekil 2.2. 2001-2009 yılları arasındaki meslek hastalığı sayıları



Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).. İstatistiksel veriler 2001-2009.

Hangi durumlarda meslek hastalığı sayılacağı bunun bildirilme şekli içeriği hakkındaki hususlar yönetmelikle belirlenir. Meslek hastalığına dair uy-

gulamada yaşanabilecek her türlü anlaşmazlığın ve fikir ayrılığının son hali Sosyal Sigorta Yüksek Sağlık Kurulu tarafından belirlenmektedir.

3. ERGONOMİ HAKKINDA

3.1. Ergonomi Nedir?

Ergonomi, Yunanca ergon (iş, çalışma) ve nomos (yasa, bilim) sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur. ABD’de ‘İnsan Mühendisliği’ veya ‘İnsan Faktörleri Mühendisliği’ olarak tanımlanmaktadır. TDK’ye göre tanımı ise işbilimdir.

Tarihte yapılan ergonomi tanımları ise:

- Ergonomi kendi kendine öğrenen bir bilimdir; çalışanların tüm özelliklerini ve yeteneklerini inceleyerek, işin çalışanlara ve çalışanların işe uyum sağlaması için gerekli tüm koşulları sağlar.

- Bilimsel olarak ergonomi; ‘İnsanın anatomik özellikleri, antropometrik yapısı, fizyolojik yeteneği ve toleranslarını dikkate alınarak; çalışma ortamı düzeni ve insan - makine - ortam uyumu ile ilgili temel teorileri inceleyen bir bilim dalıdır.’ şeklinde yapılmıştır.

- Özetleyecek olursak; bireyin davranışlarını, psikolojik ve biyolojik özelliklerini inceleyerek uygun bir yaşam ve çalışma ortamı oluşturmayı amaçlayan bir bilim dalıdır.

Ergonomi, fiziksel çevreyi bireye uyarılama süreci olarak da adlandırılabilir. Günümüz sanayi çağında, makineler ve insanlar arasındaki ilişkinin artmasıyla birlikte mallar, malzemeler, makineler, ofisler, çevre vb. insan ve insan gibi fiziksel çevre birimlerinin adaptasyonu giderek daha önemli hale gelmektedir. Böylece artık sadece fiziksel ortamın ergonomisi değil, aynı zamanda bilgisayar yazılımı, internet ve web tasarımı da içeriyor. Elemanların çalışanlarla uyumundan da bahsedebiliriz.

Ergonomi, mühendislik, mimarlık, fizyoloji, biyoloji, anatomi ve psikoloji gibi birçok bilim dalının ortaklaşa yaptığı çalışma kapsamına girer. Tüm bu bilimlerin ortak arayışı, çalışanlara uygun doğru makine ortamı sistemidir. Amaç, çalışanın sadece kendisine uygun bir ortamda yaşamasını sağlamak değil, aynı zamanda üretimin en önemli faktörü olan insan gücünün araç, ofis, iş düzeni vb. işlere devam etmesini sağlamaktır. Üretimlerini ve ekonomik faaliyetlerini konforlu, rahat ve sağlıklı bir şekilde yapmaktır. Yaratma arzusu bu ideal uyumun sağlanabilmesi için bireylerin sağlıklı ve verimli çalışabilmeleri, en doğru ve en iyi üretimi yapabilmeleri ve ekonomik faaliyetlere en etkili şekilde katılabilmeleri gerektiği bilinmelidir.

3.2. Dünya’da Ergonominin Tarihsel Gelişimi

Ergonomi tarihte, çalışma düzeni anlayışı geliştiren ve çalışan verimlili-

ğini arttırmak amacıyla farklı çalışmalar formüle etmeye çalışan ve makine mühendisi olan F.W.Taylor'dan ilk kez bahsedildi. Çalışanların coşkusunu ve üretkenliğini arttırmak için işçileri seçip ücretleri yükseltmek fikriyle eleştirilen Taylor, çeşitli eksik anatomi ve fizyoloji bilgisi ile yanlış anlamalara neden oluyor. Yüksek ücretler alsalar dahi çalışanlar Taylor'ın geliştirdiği el aletlerinden ve yoğun çalışma temposundan şikayetçiydiler. Bununla birlikte insan faktörlerine ve kullanılan malzemelere deneysel yöntemler bulan Taylor'ın ergonomide 'çalışan teşvik ücreti yöntemi'ni' ortaya atan ilk araştırmacı olduğunu belirtmekte fayda vardır. 1910'larda ergonomiye öncülük eden iki yeni yöntem olan 'zaman ve egzersiz araştırması' ve 'oksijen' insanların ilgisini çekti. Bu iki yöntemin geliştirilmiş versiyonları günümüzde hala kullanılmaktadır. İkinci Dünya Savaşı'nda, savaşan ülkeler birçok yeni savaş silahı ve aracına yatırım yaptı ancak makinelerin kabiliyetlerinin abartılması ve insan-makine sistemleri kavramının göz ardı edilmesi nedeniyle insanlar veya eşyalar yüzünden birçok insan hayatını kaybetti. Konunun derinlemesine incelenmesi sonucunda, geliştirilecek çeşitli araç gereçlerin tasarımında insan faktörünün dikkate alınmasının önemi öğrenildi. Savaştan sonra insan ve makine arasındaki ilişkiyi incelemek için birçok kurum kuruldu. Birleşik Krallık'ta bulunan Oxford Medical Research Center ve Cambridge Applied Psychology Center ile Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Dayton Aviation Medical Laboratory Psychology Branch bu kurumlardan bazılarıdır. Ayrıca İngiliz ordusu da kendi ihtiyaçlarına göre örgütleniyor. Bu organizasyonlarda insan-makine sistemleri sorunu dile getirilmiş ve araştırmalar insan ve iş psikolojisi yöntemlerinden çok bu yöne dönmüştür. 1940'larda ABD Hava Kuvvetleri'nden Fitts ve Deniz Araştırmaları Bürosu'ndan Taylor, araştırmaları yoluyla araç, gereç ve malzemelerin tasarımlarına önemli yenilikler getirdi. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki John Hopkins Üniversitesi, Tafts Üniversitesi ve Princeton Üniversitesi'nin de katkılarıyla "İnsan Faktörleri Mühendisliği" adı altında benzer araştırmalar için kullanılmaya başlandı. Bu gelişmeler ABD Silahlı Kuvvetleri'nde meydana gelse de, İngiliz Silahlı Kuvvetleri donanım tasarımına daha çok önem vermiştir. Bu maksatla Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda 'Uygulamalı Araştırma Grubu' ile yakın iş birliği içinde bir 'Muharebe Faaliyetleri Komitesi' Kara Kuvvetleri Komutanlığı'nda 'Ordu Muharebe Araştırma Grubu' kurulmuştur. Hava Kuvvetleri'nde 'Farburg Hava Kuvvetleri Havacılık Tıbbi Araştırma Enstitüsü' de benzer araştırmalar yaptı. Bu dönemler, ergonomi tarihinde "Düğmeler ve Göstergeler Ergonomisi Çağı" olarak anımsanır (Erkan, 2013). 1940'lı yıllara kadar tamamlanmayan dağınık çalışmalar çeşitli zorluklara neden olmuştur. Bu zorlukların üstesinden gelmek için 1949 yılında Oxford Üniversitesi'nde düzenlenen bir konferansta ergonomi terimi önerildi. Murrel'in liderliğinde anatomi, antropoloji, fizyoloji, psikoloji, mühendislik bilimi, tasarım uzmanları geldi. Çeşitli alanda araştırmacılar katıldı. Araştırmacılar ile yapılan bir toplantıda tüm uzmanlar arasında köklü bir işbirliği ile de karar desteklenmiştir. Yunanca'da

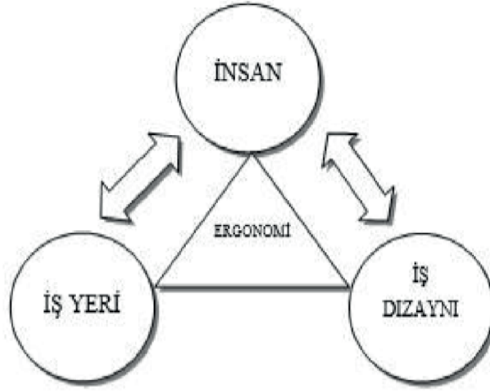
“İş” (Ergo) ve “Yasalar” (Namos) kelimelerinden üretilen “Ergonomi” terimi ile “İş yaşamı ve çalışmanın doğal yasaları ile ilgilenen tüm meslek adamlarının çalışmalarını tek bir başlık altında toplama olanağı doğmuştur. Bu nedenle Amerika’da endüstriyel fizyoloji, iş araştırması, insan biyodinamiği ve insan faktörleri mühendisliği, İsveç’te biyoteknoloji, Birleşik Krallık’ta uygulamalı psikoloji ve Arbeit fizyolojisi gibi ilgi alanları ve farklı yöntemleri bir araya getirebilen bilimsel bir kurumdur. 1949 yılındaki bu gelişmelerden sonra ergonominin gelişimi farklı seviyelere ulaşmıştır. Donanım tasarımı araştırmalarında önceleri sadece uygulamalı psikoloji yöntemleri yeterli görül-müş, daha sonra bunun yeterli olmadığına karar verilmiş ve multidisipliner bir kapsam benimsenmiştir. Oxford Üniversitesi’nde Murrell başkanlığında gerçekleştirilen konferansın ardından butonlar, kontroller, göstergeler, makine boyutları ve paneller gibi çok konuşulan konular daha geniş perspektifte tartışılmaya başlandı. Bu hedefe ulaşmanın ilk adımı, uluslararası işbirliğini de hedefleyen “Ergonomi Araştırmaları Konseyi”nin kurulmasıdır. Konsey amacına, ancak 1961 yılında Stockholm’de düzenlenen uluslar arası konferansta ulaşabilmiştir. Bu toplantıda, “Uluslararası Ergonomi Derneği” kurulmuş ve merkezi İngiltere’de bulunan uluslar arası bir dernek birleştirici rol oynamıştır (Erkan, 2003).

3.3. Ergonomi’nin Amacı

Antik çağlardan beri insanlar daha rahat ve daha kaliteli bir yaşam sürdürmek için mücadele veriyor. Birkaç örnek vermek gerekirse; oturarak yemek yemenin ayakta yemeğe oranla daha sağlıklı olduğunun anlaşılması, daha sonra yerde yemek yerine üzerine düzleştirdiği bir taşın üzerine oturarak yemesi, daha sonraları ise ihtiyacına göre günlük eşyaların yapılması ve tekerleği bulması. Yaşlandığında ise daha rahat yürümesini sağlamak için ağaç dalı kullanması ve bunun zamanla bastona dönüşmesi. Önce açık bir yere ateş yakıp ihtiyacını görürken daha sonra ocağı keşfetmiş ve ilerleyen zamanlarda tavana delik açarak dumanın çıkacağı şekilde bir baca inşa etmiştir. Bunların sonucunda ise ocaktan çıkan dumandan rahatsız olmadığını görmüştür. Deneme yanılma yöntemiyle bile ergonominin gelişimi insanın ihtiyaçlarının farkına varmasıyla sağlanır. Aslında ergonominin metodlarını uygulamak için çabalamışlardır (Güler, 1997).

Ergonominin temel amacı; çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak, yaralanmaları, hastalıkları ve sakatlıkları önlemek ve iş verimliliğini arttırmaktır. Çalışanların işe bağlı sakatlıklarının başlıca nedenlerinden günümüzün en yaygın ve önemli sağlık sorunlarından olan kas-iskelet sistemi hastalıklarıdır. Ergonomi açısından çalışanları kas-iskelet sistemi yaralanmalarından ve hastalıklarından korumak birincil hedeftir. Çizelge 1’de ergonominin insan, işyeri ve iş dizaynı döngüsü içerisindeki konumu belirtilmeye çalışılmıştır (Dalbay, 2014).

Çizelge 3.1. İnsan, işyeri ve iş dizaynı döngüsü



Kaynak: Uçar, M. (t.y.), Temel Ergonometri Sunumu, Detam Şirketler Grubu

Şekil 3.1. Ergonominin amaçları



Ergonomi, işle alakalı sağlık sorunlarını ortadan kaldırmak iş verimliliğini arttırmak için çalışma ortamının tasarımını ve çalışanlara nasıl uyum sağlanacağını amaçlar. Başka bir deyişle amacı, çalışanları işe uyarlamak değil işi çalışanlara uyarlamaktır.. Örneğin, çalışanın gerekli olan materyallere vs. ulaşması için gereksiz yere uzanmasının önüne geçmek için çalışma masasının yüksekliği ve genişliği çalışanın rahat bir şekilde erişebilmesine göre tasarlanmalıdır. Başka bir örnek vermek gerekirse; masa başında çalışırken ayaklar tam olarak yere basmalı, aksi takdirde ayak altlığı kullanılması baldırın iç yüzeyine gelen baskıyı azaltacak ağırları ve meslek hastalıklarının

önüne geçilmesini sağlayacaktır.

Ergonomi; yaşam kalitesini arttırırken, insanların hayatlarını daha uygun hale getirmeyi amaçlar. Ergonominin amaçlarından biri de çalışma saatlerini düzenlemek, çalışanların fizyolojik özelliklerine göre iş düzenini sağlamak, kullanılan malzemelerin kullanıcıya ve işe uygunluğunu sağlamaktır.

Ergonominin uygulanması iş yerinde önemli faydalar sağlar. Bu faydalar, çalışanların sağlık ve güvenliğini tehlikeye atmayacak ve işverenlere daha yüksek verimlilik, daha fazla çıktı ve daha fazla kâr sağlayacak şekilde tasarlanmış bir ortamda çalışmak anlamına gelir.

Ergonomi, işyerinde çalışanların sağlığını kötü yönde etkileyen çalışma koşullarının denetimi ile ilgilenir. Örneğin; ortam sıcaklığı, gürültü seviyesi, aydınlatma yoğunluğu, titreşim miktarı, kimyasallar, çalışma ortamı tasarımı, masa, sandalye tasarımı, iş tasarımı gibi. Tüm bunlara ek olarak, çalışma zamanları, vardiya süreleri, mola zamanları, yemek rejimi gibi esaslar da ergonominin çalışma alanına girmektedir. Ergonominin diğer amaçları şunlardır:

- Hayat standartlarını arttırmak
- İşe duyulan memnuniyeti yükseltmek
- İşte insan değerini yükseltmek
- Yapılan işin etkisini arttırmak
- İş günü kaybı ve hastalıkların maliyetini azaltmak
- İş kazasından sonra geri dönüşleri kolaylaştırmak
- Üreticiye rekabet imkânı sağlamaktır (Ayanoğlu, 2007).

Bu amaçlara ulaşmak amacıyla ilgili departmanlar, devlet daireleri, sanayi ve sivil toplum kuruluşları işbirliği yapmalıdır.

• İşin insanlaştırılması, aşağıdaki maddelerde dahil olmak üzere ergonomi tanımına dahildir.

• Çalışma ortamının olumsuz koşullarını düzeltmek için gerekli tüm önlemleri almak,

• Çalışanların fiziksel ve zihinsel yeteneklerine göre çalışma sürecini ayarlamak,

• Kullanımı kolay araçlar sağlar,

• Çalışanların çalışma saatlerini, koşullarını ve formlarını optimize etmek,

• İş ritmi, çalışma süresi ve monotonluk nedeniyle oluşabilecek baskıyı önlemek veya en aza indirmek,

- İşin kalitesini artırmak için düzeltmeler yapmak,
- Tüm bu faaliyetlerde çalışanların sağlık ve güvenliğini tehdit eden riskleri ortadan kaldıracak önlemler alınabilir.

3.4. Ofis Çalışanlarında Ergonomik Hareketler

Ofis çalışanlarının meslek hastalıklarına maruz kaldıklarında fiziksel rahatsızlıklarının başlıca nedenleri duruş hataları ve hareket süresinin kısa olmasıdır. Kas-iskelet sisteminden kaynaklanan sırt ve boyun ağrıları ciddiye alınmadığı takdirde fitik gibi daha ciddi sorunlar ortaya çıkacaktır. El ve kollarındaki tendom yaralanmaları ve sinir sıkışması dikkatle ele alınmalıdır. Bu durumdan kaçınmak için;

- Oturma duruşu kesinlikle düzeltilmelidir.
- Sürekli hareketsiz durmayın, duruşunuzu düzenli olarak değiştirin.
- Dik oturmaya özen gösterin.
- Bel sorunlarını azaltmak için bel desteği kullanın.

Desteksiz uzun süre oturmak da bel ağrısını önemli ölçüde artırabilir. Ayrıca masanın alt kısmında, yerde veya kanepede ayaklarınızı koyabileceğiniz 20-30 cm'lik bir ayaklık olmalıdır. Bu, bel ağırlığını önemli ölçüde azaltır.

Bazı hastalık ve duruma göre yaşanan bel ve sırt rahatsızlıkları arasında omurga mekanik hasarları, inflamasyon, enfeksiyon, kas ve sinir hastalıkları, disk, eklem, kıkırdak, tendom rahatsızlıkları bulunur. Sırt ve bel rahatsızlıklarının ve hastalıklarının genelinin ilk belirtisi ağrıdır ve sıklıkları yaşla orantılı şekilde değişim göstermektedir.

Ekran görüş hattı ile aynı hizada olmalı, klavye ve farenin ana gövdesi çok yakın olmalı, dirsekler 90 derecelik açıyla masaya yerleştirilmelidir.

• Sinirlere baskı yapmamak için kollarınızı ve bileklerinizi masaya dayamayın.

- Başınızı yavaşça öne, arkaya ve yana sallayın, gerin ve dinlenin.
- Omuzlarınızı dairesel hareketlerle ileri geri döndürün.
- Kollarınızı başınızın üzerine kaldırın ve 5 saniye gerin, ardından kollarınızı arkanıza koyun, göğsünüzü öne doğru itin ve omuzlarınızı 5 saniye uzatın.
- Bileği dairesel hareketlerle çevirerek dirseği açın, uzatın ve kapatın.
- Ellerinizi açıp kapatın ve sallayın.
- Ayak bileklerinizi dairesel hareketlerle yukarı ve aşağı döndürün.
- Ayakta dururken belinizi hafifçe yana ve arkaya doğru uzatın.

- Her zaman ayağa kalkın ve yürüyün, mümkünse asansör yerine merdiven kullanın.

3.4.1. El Kol Omuz Hareketleri ve Önemi

- Ellerinizi önünüzde avuç içleri birbirine temas edecek şekilde birleştiriniz (Şekil 3a).

- Ellerinizi avuç içleri yapışık olarak, hafif bir gerilme hissedene kadar aşağı doğru hareket ettiriniz (Şekil 3b).

- Dirseklerinizi yukarıda ve eşit yükseklikte tutunuz.
- Boynunuzu kollarınıza göre dik olacak şekilde ayarlayınız.
- Tüm el kol ve omuz hareketlerini 5'er defa tekrarlayalım.

Şekil 3.2 a-j: Ofis egzersizleri

Şekil 3.2.a Şekil 3.2.b



- Ellerinizi önde avuç içlerini birbiri arasına degecek şekilde birleştirip bileğiniz gerginlik olacak biçimde bükünüz (Şekil 3c).

Şekil 3.2.c



- Parmaklarınız gergin olana kadar düzenli bir biçimde ayırın. 10 saniye bu şekilde bekleyiniz (Şekil 3d).

- İki eliniz içinde egzersizleri aynı oranda olacak şekilde açma ya da germe uygulayınız.

- Gevşetin, sonrada parmaklarınızı eklemler üzerinden bükün ve 10 saniyede bu biçimde tutunuz (Şekil 3e).

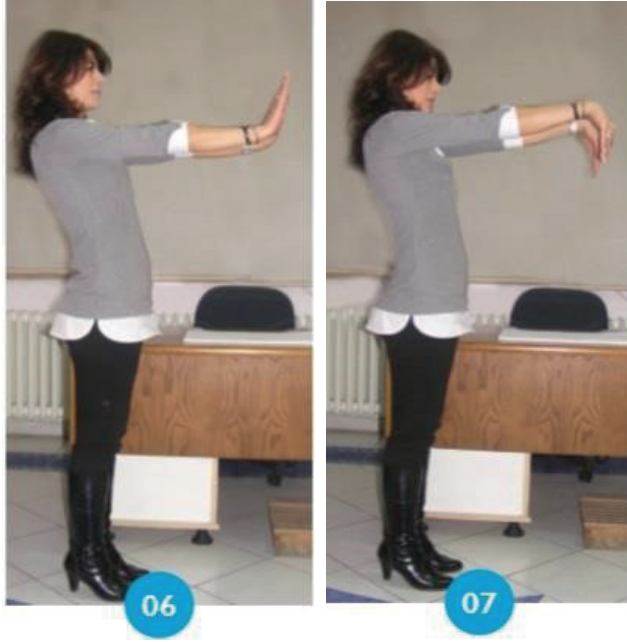
Şekil 3.2.d Şekil 3.2.e



- Omzunuz gergin olacak şekilde ve ellerinizi karşıya doğru kaldırarak, her iki elinizi yukarı doğru kaldırın. Bu hareketi 10 saniye yapmanız yeterli olacaktır. Bileklerinizde bulunan tendonların gerildiği hissedeceksiniz (Şekil 2f).

- Her iki elinizin parmaklarını aşağı doğru sallandırarak rahat bırakın. Kısa bir süre uygulamanız yeterlidir (şekil 2g).

Şekil 3.2.f Şekil 3.2.g



• İki elinizi de sıkı bir şekilde yumruk biçiminde tutun ve 10'a kadar saydıktan sonra bırakınız (Şekil 2h).

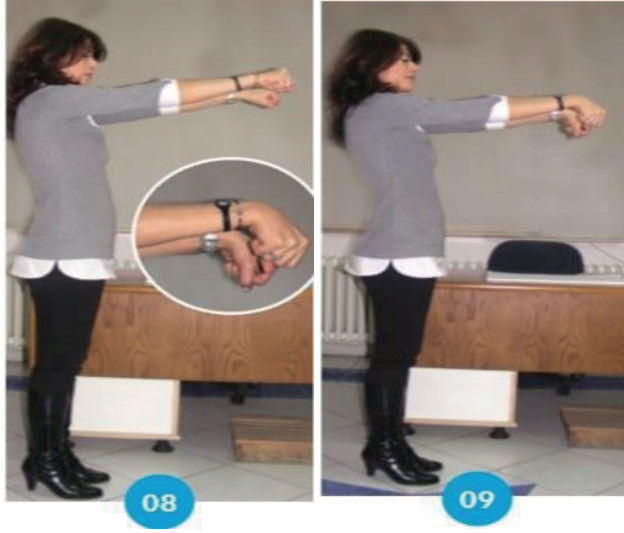
• Şimdiyse bir önceki yumruk hareketini, bileklerinizi aşağıya sarkıtacak şekilde tekrarlayınız. Bu hareketi 10 saniye yapmanız yeterli olacaktır. Bu harekette bilekteki tendonların çektiğini hissedeceksiniz. Yumruğunuzu sıkı tutunuz (Şekil 2ı).

• Ellerinizi öne doğru düz bir şekilde uzatın ve rahat bırakın. Bu hareketi 10 saniye yapın.

• Kollarınız yere paralel olacak şekilde zorlanmadan yapılmalıdır.

• Düzgün durunuz ve omuzlarınızı rahat bırakınız. Sonra rahatlamış omuzlarınızı yukarıdan aşağı ve soldan sağa doğru iki tarafı da hareket ettiriniz. Bu hareketleri 10 defa tekrarlamak gerekiyor. Egzersizlerin sizler için yeterli olup olmadığına siz karar vereceksiniz.

Şekil 3.2.h Şekil 3.2.ı



- Ellerinizi arka tarafta birleştirin.
- Yavaşça, kürek kemiklerinizi de birbiri etrafında yaklaştırırken kollarınızı da düzeltin.
- Bu esnada göğüs kemiklerinizi hafifçe yukarıya kaldırın.
- 10 saniyede bu şekilde durun (Şekil 2i).
- Sağ eliniz ile sol kolunuzu hemen dirsek üzerinde bir bölgeden tutun.
- Sol omzunuzun üzerinden sola bakar iken, dirseğinizi de diğer omzu-
nuza kadar bir gerilim hissedene kadar çekin.
- 10 ile 15 saniye bu pozisyonda durun.
- Hareketleri diğer tarafınızda da benzer şekilde tekrarlayın (Şekil 2j).

Şekil 3.2.i Şekil 3.2.j



4. OFİS ÇALIŞANLARINA YAPILAN ANKET

200 tam zamanlı merkez çalışanı olan şirketin 25 personeli ile ofislerindeki çalışma ortamları hakkında kısa bir anket çalışması yaptık. İdeali belirlerken kadın, erkek popülasyonunu eşit oranda dağıttık.

Ankete katılanların %30'u yüksekokul, %8'i fakülte ve %62'si ise lise mezunudur. Sağlık sorunu var diyenlerin %35'inde boyun fıtığı, %30'unda faranjit, %17'sinde bel fıtığı, %13'ünde omuzda postür bozukluğu, %4'ünde ise boyun düzleşmesi rahatsızlıkları bulunuyor. Faranjit dışındaki tüm sorunların ana sebeplerinde biri hatalı oturuş ve duruş şeklidir. Ofislerde pencere açmadan klimanın sürekli sirküle ettiği havayı soluyoruz. Her ne kadar merkezi sistem kullanılsa da geniş alanlarda sıcaklık eşit bir şekilde dağılmıyor. Bu durumda bir taraf soğuktan kaynaklı, diğer taraf sıcaktan kaynaklı şikayet edebiliyor. Bu durum ise faranjite yakalanma olasılığını yükseltiyor.

- Havalandırma sistemi var mı? Düzenli olarak çalışıyor mu? Sorusuna katılımcıların hepsi “evet, çalışıyor” cevabı vermiştir.

- Çalışma ortamındaki ısı ve nem değerlerinin düzenli olarak takip edilmediğini ise katılımcılarımızın %22'si bilmiyorum derken, %78'i ölçülmediğini belirtmiştir.

- Dosya dolapları, eğilimi ve uzanmayı gerektirmeyecek şekilde düzenlenmiş mi? sorumuza katılımcılarımızın hepsi “hayır” cevabı vermiştir.

- Sandalye / oturma materyali, ayakların zemine düz olarak basacağı, kalça ve dizlerin uygun açıyla büküleceği şekilde tasarlanmış mı? Oturma yüksekliği ayarlanabiliyor mu sorularımıza ise tüm katılımcılar “hayır” ce-

vabını vermiştir.

- Çalışma ortamındaki gürültü seviyesinden kadın ve erkekler eşit derecede rahatsızlık duyma oranı %66 iken, Çalışma ortamlarının gürültü seviyesinin uygun durumda olduğunu düşünenlerin oranı ise %34'tür.

- Sürekli bilgisayar başında çalışmaktan kaynaklı, gözlerinizde bir rahatsızlık hissediyor musunuz sorusuna. % 88'i evet cevabını verirken, sadece % 12'lik bir kısımdan hayır cevabını vermiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'de, çalışan personelde görülen meslek hastalıklarının giderilebilmesi amacıyla işverenlerin ve çalışanların üzerine ayrı ayrı görevler düşmektedir. İşverenler bu hastalıkların ortadan kalkması amacıyla iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin ilk basamağı olan kaynağından çözüm metodunu uygularken çalışanlarda çalışma ortamı kaynaklı değil sadece çalışandan kaynaklı olan eklem ve kas rahatsızlıklarında oluşacak merkezi sinir sistemi hastalıklarının engellenmesi amacıyla ergonomi biliminin belirtmiş olduğu hareketleri düzenli olarak çalışma saatlerinde uygulamalıdır.

Çalışmamızda çağrı merkezi ve verimlilik konusundan yola çıkarak, bir çağrı merkezinin nasıl olması gerektiğini, işlevleri ve verimliliğin artırılması için yapılması gerekenler ve ergonomik çalışma ortamının nasıl olması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Faranjit dışında kalan tüm rahatsızlıkların asıl sebeplerinden biri yanlış oturuş ve duruş şeklidir. Bu sonuçlar kapsamında masa başı çalışmalarda işverenin üzerine %30 luk bir sorumluluk düşerken çalışan üzerine %69 luk sorumluluk düşmektedir. Çalışanın üzerine düşen bu sorumlulukların tamamını ergonomi biliminin belirtmiş olduğu ergonomi hareketleri oluşturmaktadır.

6. KAYNAKÇA

- Akkoç, N. (2008). *İnflamatuar bel ağrıları ve diğer bel ağrısı nedenleri*. 15-19 Ekim, Antalya. Erişim adresi: www.tihud.org.tr/uploads/content/kongre/10/10.41.pdf
- Albayram, S. (2002). Boyun ve bel ağrılarına radyolojik yaklaşım. *İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri Sempozyum Dizisi*, 30, 145-146.
- Alli, B. (2001). *Fundamental principles of occupational health and safety* (2nd ed.). Genova: International Labour Office.
- Amell, T., ve Kumar, S. (2001). Work-related musculoskeletal disorders: Design as a prevention strategy. A review. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 11(4), 255-265.
- Ariens, G. A., van Mechelen, W., Bongers, P. M., ve ark. (2000). Physical risk factors for neck pain. *Scandinavian Journal of Work, Environment ve Health*, 26(1), 7-19.
- Ayanoğlu, C. (2007). İşyerinde ergonomi ve stres. *İsg Dergisi*, (34).
- Baker, N. A., ve Cidboy, E. L. (2006). The effect of three alternative keyboard designs on forearm pronation, wrist extension, and ulnar deviation: A meta-analysis. *American Journal of Occupational Therapy*, 60(1), 40-49.
- Başkurt, F., Başkurt, Z., ve Gelecek, N. (2011). Prevalance of self reported musculoskeletal symtoms in teachers. *S.D.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 58-64.
- Bernard, B. P. (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back* (No. 97-141). Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health.
- Bertan, M., ve Güler, Ç. (Ed.). (1997). *Halk sağlığı temel bilgiler* (2. baskı). Ankara: Güneş Kitabevi.
- Blatter, B. M., ve Bongers, P. M. (2002). Duration of computer use and mouse use in relation to musculoskeletal disorders of neck or upper limb. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30(4-5), 295-306.
- Bot, S. D., Terwee, C. B., van der Windt, D. A., ve ark. (2007). Work-related physical and psychosocial risk factors for sick leave in patients with neck or upper extremity complaints. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(8), 733-741.
- Brisson, C., Montreuil, S., ve Punnett, L. (1999). Effects of an ergonomic training program on workers with video display units. *Scandinavian Journal of Work, Environment ve Health*, 25(3), 255-263.
- Buckle, P. W., ve Devereux, J. J. (2002). The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 33, 207-217.
- Cook, C., Burgess-Limerick, R., ve Chang, S. (2000). The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(3), 347-356.
- Çağatay, G. (20004). *Sağlık boyutuyla ergonomi hekim ve mühendisler için*. Ankara:

Palme Yayınları.

- Dahlberg, R., Karlqvist, L., Bildt, C., ve ark. (2004). Do work technique and musculoskeletal symptoms differ between men and women performing the same type of work tasks? *Applied Ergonomics*, 35(6), 521-529.
- Dalbay, N. (2014). *İstanbul Aydın Üniversitesi - Ergonomi ders notları*. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi.
- Dirican, R., ve Bilgel, N. (1993). *Halk sağlığı (toplum hekimliği)*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi.
- Ekman, A., Andersson, A., Hagberg, M., ve ark. (2000). Gender differences in musculoskeletal health of computer and mouse users in the Swedish workforce. *Occupational Medicine*, 50(8), 608-613.
- Eltayeb, S. M., Staal, J. B., Hassan, A. A., Awad, S. S., ve de Bie, R. A. (2009). Complaints of the arm, neck and shoulder among computer office workers in Sudan: A prevalence study with validation of an Arabic risk factors questionnaire. *Environmental Health*, 7, 33.
- Erick, P. N., ve Smith, D. R. (2011). A systematic review of musculoskeletal disorders among school teachers. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12, 260.
- Erkan, N. (2003). *Ergonomi: Verimlilik, sağlık ve güvenlik için insan faktörü mühendisliği*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Gerek, N. (2006). *İşçi sağlığı ve iş güvenliği*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Gerr, F., Marcus, M., Ensor, C., ve ark. (2002). A prospective study of computer users: I. Study design and incidence of musculoskeletal symptoms and disorders. *American Journal of Industrial Medicine*, 41(4), 221-235.
- Gunning, J., Eaton, J., Ferrier, S., Frumin, E., Kerr, M., King, A., ve Maltby, J. (2001). *Ergonomic handbook for the clothing industry*. Kanada: Thistle.
- Güler, Ç. (1997). *Ergonomiye giriş*. Ankara: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 45.
- Haufler, A. J., Feuerstein, M., ve Huang, G. D. (2000). Job stress, upper extremity pain and functional limitations in symptomatic computer users. *American Journal of Industrial Medicine*, 38(5), 507-515.
- Holth, H. S., Werpen, H. K. B., Zwart, J. A., ve Hagen, K. (2008). Physical inactivity is associated with chronic musculoskeletal complaints 11 years later: Results from the Nord-Trøndelag Health Study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9, 159.
- International Labour Office. (2009). *ILO standards on occupational health and safety*. International Labour Conference, 98th session, report III, part 1B. Genova: International Labour Office.
- Jensen, C., Finsen, L., Søgaaard, K., ve ark. (2002). Musculoskeletal symptoms and duration of computer and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30(4-5), 265-275.
- Kadefors, R., ve Laubli, T. (2002). Muscular disorders in computer users: Introduction. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30, 203-210.

- Karkucak, M., Tuncer, İ., Güler, M., ve ark. (2006). Kronik bel ağrılı hastalarda demografik özellikler ve bel okulunun etkinliği. *Türk Romatoloji Dergisi*, 21, 87-90.
- Keighley, M. R. B., ve Williams, N. S. (1993). Hemorrhoidal disease. *Surgery of the Anus, Rectum ve Colon* içinde (3rd ed., Vol. 1, s. 351-427). London: W.B. Saunders.
- Ketola, R., Toivonen, R., Häkkinen, M., Luukkonen, R., Takala, E. P., ve Viikari-Juntura, E. (2002). Effects of ergonomic intervention in work with video display units. *Scandinavian Journal of Work, Environment ve Health*, 28, 18-24.
- Kozanoğlu, M. E., Demirköser, A., Adam, M., Sarpel, T., ve Göncü, K. (1997). Bel ağrılı olgularımızın özellikleri. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 22, 26-47.
- Koyuncu, H. (2003). <http://cism.otdu.edu.tr/2003-8/saglik.php>.
- Lau, N., ve Ma, H. (2007). *Reconstructing motion data for evaluation in design process*. Hong Kong: International Association of Societies of Design Research.
- Lewis, R. J., Fogleman, M., Deeb, J., Crandall, E., ve Agopsowicz, D. (2001). Effectiveness of a VDT ergonomics training program. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, 119-131.
- Mekhora, K., Liston, C. B., Nanthavanij, S., ve Cole, J. H. (2000). The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 367-379.
- Melhorn, J. M., ve Gardner, P. (2004). How we prevent prevention of musculoskeletal disorders in the workplace. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (419), 285-296.
- Meslek Hastalıkları Rehberi. (2011). *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*. Ankara.
- Michael, A., Kohlmann, T., ve Raspe, H. (1997). The association between clinical findings on physical examination and self-reported severity in back pain. *Spine*, 22, 296-303.
- Öngel, K. (2007). Birinci basamakta bel ağrısı olan hastalara yaklaşım. *Aile Hekimliği Dergisi*, 1(4).
- Özcan, E., Kesiktaş, N., Alptekin, K., ve Özcan, E. E. (2006). *The reliability of Turkish translation of Quick Exposure Check (QEC) for risk assesment of work related musculoskeletal disorders*. 16th World Ergonomics Congress, Maastricht, Hollanda.
- Özcan, E., ve Kesiktaş, N. (2007). Mesleki kas iskelet hastalıklarından korunma ve ergonomi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, (34), 6-9.
- Özdoğan, S., Kokino, S., Hakküder, A., Gezici, B., ve Turan, F. T. (2008). Farklı bölge kas iskelet sistemi hastalıklarında yaşam kalitesinin karşılaştırılması. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 19(3), 123-128.
- Özkılıç, Ö. (2007). *İş sağlığı, güvenliği ve çevresel etki risk değerlendirmesi*. İstanbul:

Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası Yayınları.

- Punnett, L., ve Bergqvist, U. (1997). *Visual display unit work and upper extremity musculoskeletal disorders - A review of epidemiological findings*. Solna, Sverige: National Institute for Working Life.
- Robertson, M., Amick, B. C., DeRango, K., Rooney, T., Bazzani, L., Harrist, R., et al. (2009). The effects of an office ergonomics training and chair intervention on worker knowledge, behavior and musculoskeletal risk. *Applied Ergonomics*, 40, 124-135.
- Schuchmann, J. H. (1996). Occupational rehabilitation. B. L. Braddom (Ed.), *Physical Medicine and Rehabilitation* içinde (s. 938-954). Philadelphia: W.B. Saunders.
- Sehna, J. (2004). Addressing musculoskeletal disorders at computer workstations. M. J. Sanders (Ed.), *Ergonomics and the management of musculoskeletal disorders* içinde (2nd ed., s. 494-524). Missouri: Butterworth-Heinemann.
- Simon, E. P. (2000). The COPE program treatment efficacy and medical utilization outcome of a chronic pain management program at a major military hospital. *Military Medicine*, 165, 954-956.
- Staal, J. B., de Bie, R. A., ve Hendriks, E. J. (2007). Aetiology and management of work-related upper extremity disorders. *Best Practice ve Research Clinical Rheumatology*, 21, 123-133.
- Suyabatmaz, Ö. (2008). *Kronik bel ağrılı hastalarda bel okulunun etkinliğinin araştırılması* (Tıpta Uzmanlık Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Tittiranonda, P., Rempel, D., Armstrong, T., ve Burastero, S. (1999). Workplace use of an adjustable keyboard: Adjustment preferences and effect on wrist posture. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 60, 340-348.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).. *İstatistiksel veriler 2001-2009*. Erişim adresi: <http://www.kaliteyonetim.net/?Syf=18veHbr=265043>
- Uçar, M. (t.y.). *Temel ergonometri sunumu*. İstanbul: Detam Şirketler Grubu.
- Waersted, M., Hanvold, T., ve Veiersted, K. B. (2010). Computer work and musculoskeletal disorders of the neck and upper extremity: A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11(1), 79.
- Wahlstrom, J. (2005). Ergonomics, musculoskeletal disorders and computer work. *Occupational Medicine (London)*, 55(3), 168-176.
- Woods, V. (2005). Work-related musculoskeletal health and social support. *Occupational Medicine (London)*, 55(3), 177-189.
- Yılmaz, F., Şahin, F., ve Kuran, B. (2006). İşe bağlı kas iskelet hastalıkları ve tedavisi. *Nobel Medicus*, 2(3), 15-22.
- Yılmaz, T., ve Fidan, F. (2001). *İş yerinde renk kullanımı ve çalışanların verimlilikleri üzerine etkileri: Bankacılık sektöründe alan araştırması*. (Yayımlanmamış araştırma/makale).



YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSKLERİNİN MATRİS TABANLI ANALİZİ

“ ”

TUNAHAN SARIGÖL¹

MURAT ÖZALP²

AHMET CİHANGİR YALINKILIÇ³

¹ Mühendis, Özel Sektör, Orcid: 0000-0002-2419-6568

² Prof. Dr., Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-1651-3487

³ Dr. Öğr. Üyesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-4442-6233

1. GİRİŞ

1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı ve Risk Değerlendirmesi

1.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tanımı

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), çalışma yaşamında ortaya çıkabilecek tehlike ve risklerin belirlenmesi, bu risklerin ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir düzeye indirilmesi ve çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan sağlıklı bir ortamda faaliyet göstermelerini sağlamaya yönelik sistematik çalışmaları ifade etmektedir. Günümüzde İSG anlayışı, yalnızca meydana gelen kazalara müdahale etmeye odaklanan reaktif bir yaklaşımdan uzaklaşarak; risklerin önceden tespit edilmesi, ölçülmesi ve kontrol altına alınmasına dayalı önleyici ve proaktif bir yapıya dönüşmüştür. Bu dönüşüm, İSG'nin teknik, mühendislik ve bilimsel yönlerinin ön plana çıkmasını sağlamıştır.

1.1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amaç ve Yaklaşımı

İş sağlığı ve güvenliğinin temel amacı, çalışanları iş ortamından kaynaklanan tehlikelerden korumak, mesleki riskleri en aza indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak ve çalışanların bedensel, zihinsel ve psiko-sosyal açıdan tam bir iyilik hâline ulaşmalarını sağlamaktır. Zaman içerisinde işçi sağlığı ve iş güvenliği kavramları gelişmiş, yalnızca işçileri değil, tüm çalışanları kapsayan bir boyut kazanmıştır. Ardından uygulamalar işyeri ile sınırlı kalmayıp, çevresel faktörleri de içine alacak şekilde genişlemiştir.

Bu kapsamda sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı, güvenli konut koşulları, beslenme, ulaşım güvenliği, ilk yardım hizmetleri ve sosyal güvenlik gibi unsurlar da İSG ile ilişkilendirilmeye başlanmıştır. Ayrıca yalnızca çalışanın korunması değil, işin güvenli ve sağlıklı bir biçimde yürütülmesi de önem kazanmış; bu doğrultuda “İş Sağlığı ve Güvenliği” kavramı daha bütüncül bir anlayışla benimsenmiştir.

İSG sisteminin etkin biçimde uygulanabilmesi, işveren, çalışan ve devletin iş birliği içinde hareket etmesine bağlıdır. İşveren, gerekli organizasyonu kurmak ve teknik önlemleri almakla yükümlü; çalışanlar, belirlenen kurallara uygun şekilde çalışmak ve güvenli çalışma düzenini sürdürmekle sorumludur. Devlet ise denetim mekanizmalarını işletmek ve gerekli yasal altyapıyı oluşturmakla yükümlüdür. Bu üçlü yapının uyum içinde işlemesi, daha güvenli, verimli ve sürdürülebilir bir çalışma ortamının oluşmasını mümkün kılmaktadır (ÇASGEM, 2010).

İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların yalnızca işyerindeki faaliyetlerini değil, işin yürütülmesiyle bağlantılı olarak işyeri dışında gerçekleştirilen faaliyetleri de kapsayan çok boyutlu bir alandır. Bu nedenle İSG uygulamalarında tıp, mühendislik, fizik, kimya, matematik, istatistik, ergonomi, sosyoloji ve psikoloji gibi birçok disiplinin bilgi ve yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

(Yüksel, 1998). Eğitim, ekonomi, sosyal hizmetler ve endüstriyel alanlar da İSG'nin önemli uygulama sahaları arasında yer almaktadır (Fişek, 2009).

Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği alanındaki mevzuat, 4857 sayılı İş Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle birlikte önemli ölçüde yenilenmiştir (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2010). Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında hazırlanan ve 10 Haziran 2003 tarihinde yürürlüğe giren bu kanun, 1971 yılından itibaren uygulanan 1475 sayılı İş Kanunu'nun yerini almış ve İSG konusuna özel bir bölüm ayırmıştır. Yeni düzenleme, uygulamada karşılaşılan sorunlara çözüm üretmeyi hedeflemiş; AB ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) normları esas alınarak oluşturulmuştur (Arseven, 2004).

Uluslararası Çalışma Örgütü, önceden planlanmamış ve kontrol altına alınamayan, maddi veya manevi zarara yol açan olayları iş kazası olarak tanımlamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise bireysel yaralanmalara, maddi kayıplara ve üretimde aksamalara neden olan olayları bu kapsamda değerlendirmektedir. Türkiye'de 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'na göre iş kazası; sigortalının işyerinde bulunduğu sırada, işveren tarafından yürütülen iş nedeniyle, görevli olarak başka bir yerde bulunduğu esnada, emzirme izni süresince veya işveren tarafından sağlanan araçla işe gidiş-geliş sırasında meydana gelen ve çalışanın beden veya ruh sağlığında kalıcı ya da geçici zarara yol açan olaylar olarak tanımlanmaktadır (Çelik, 2016).

Uluslararası veriler, iş kazaları ve meslek hastalıklarının küresel ölçekte ciddi bir sorun olduğunu göstermektedir. ILO'ya göre, dünya genelinde her 15 saniyede bir çalışan, iş kazası ya da meslek hastalığı nedeniyle yaşamını yitirmektedir. Yıllık bazda milyonlarca iş kazası meydana gelmekte ve yüz milyonlarca çalışan meslek hastalıklarına yakalanmaktadır. Türkiye'de ise madencilik sektöründe ölüm oranları Avrupa ortalamasının oldukça üzerindedir (DİSK, 2010).

Ulusal istatistikler, iş kazalarının belirli sektörlerde yoğunlaştığını göstermektedir. İnşaat sektörü ve metal sanayi, kaza sayılarının en yüksek olduğu alanlardır (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020). Kazaların çoğu çalışma saatlerinin ilk yarısı ve öğleden sonraki dilimlerde meydana gelmekte, bunun sonucu olarak geçici iş göremezlik süreleri yüksek olup ciddi ekonomik ve sosyal kayıplara yol açmaktadır.

Meslek hastalıkları açısından değerlendirildiğinde ise solunum sistemi hastalıklarının ilk sırada yer aldığı, bunu kas-iskelet sistemi, sinir sistemi ve işitme ile ilişkili hastalıkların izlediği görülmektedir. Tanı konulan bazı vakalarda ise sigortalılık süresinin sona ermesinden sonra hastalığın ortaya çıktığı bildirilmektedir (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020).

1.2. İş Kazaları, Meslek Hastalıkları ve Sektörel Dağılım

2018 verileri, iş kazalarına bağlı ölümlerin belirli sektörlerde yoğunlaştığını göstermektedir. İnşaat sektörü 591 ölüm (%38,35) ile ilk sırada, taşımacılık sektörü 202 ölüm (%13,11) ile ikinci, toptan ve perakende ticaret 97 ölüm (%6,29) ile üçüncü sıradadır. Metal sanayi 91 ölüm (%5,91) ve metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı 44 ölüm (%2,86) ile takip etmektedir (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), gelişmekte olan ülkelerde iş kazaları ve meslek hastalıklarının GSYH'nin yaklaşık %4'ü kadar ekonomik kayba yol açtığını belirtmektedir. Türkiye'de bu maliyet 2012'de yaklaşık 56 milyar TL iken, 2019'da 171 milyar TL'ye yükselmiştir (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020). Bu durum, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin ekonomik açıdan önemini vurgulamaktadır.

1.3. Tehlike ve Risk Kavramları

Sanayi Devrimi sonrası bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler, üretimde makine kullanımının artması ve sanayi faaliyetlerinin yoğunlaşması; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ergonomik etkenlerin yanı sıra sosyolojik, psikolojik ve ekonomik faktörleri çalışma yaşamında belirgin hâle getirmiştir. Bu durum, iş kazaları ve meslek hastalıklarının sayısal ve niteliksel olarak artmasına yol açmış, teknolojik ilerleme ve kontrolsüz üretim hızının riskleri karmaşıklaştırdığı görülmüştür (Özkılıç, 2014).

Bu süreç, “tehlike” ve “risk” kavramlarının yeniden ele alınmasını ve farklı disiplinlerce tanımlanmasını gerekli kılmıştır. Tehlike kavramı, Türk Dil Kurumu Sözlüğü'nde “istenmeyen, gerçekleşmesi hâlinde büyük kayıp ya da yok olmaya yol açabilecek durum” olarak tanımlanırken, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ise tehlikeyi, belirli koşullar veya değişkenlerin insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkilere yol açma potansiyeli olarak ifade etmektedir.

Risk kavramı ise farklı kaynaklarda çeşitli biçimlerde tanımlanmaktadır. TDK'ya göre risk, “bir işten zarar görme olasılığı” olarak açıklanırken; WHO tarafından “olumsuz bir sonucun ortaya çıkma ihtimali veya bu ihtimali doğuran etkenler” şeklinde tanımlanmaktadır. Bilimsel literatürde risk, Rausand (2011) tarafından hedefler üzerinde etkili olabilecek bir olayın gerçekleşme olasılığı olarak ifade edilirken; Brehmer (1994), risk kavramını gerçekleştğinde plan ve hedefleri olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilecek durumlar olarak ele almıştır. Andrews ve Moss (2002) ise riski, beklenmeyen bir olayın gerçekleşme sıklığı, olasılığı ve sonuçlarının bütüncül bir ifadesi olarak tanımlamıştır.

Ulusal mevzuatta risk kavramı, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında ele alınmış ve risk; “tehlikeden kaynaklanabilecek kayıp,

yaralanma veya başka zararlı sonuçların meydana gelme olasılığı” olarak tanımlanmıştır (6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012).

Her ne kadar tehlike ve risk kavramları farklı disiplinlerde çeşitli biçimlerde tanımlanmış olsa da, bu iki kavramın birbirini tamamlayan ve ayrılmaz bir bütün oluşturduğu görülmektedir. Risk kavramının varlığı, her durumda bir tehlikenin mevcudiyetini zorunlu kılmaktadır.

1.4. Risk Yönetimi ve Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirme, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün temel yapı taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Kavramsal olarak yeni sayılabilecek bir terim olmasına rağmen, risk değerlendirme kapsamında kullanılan yöntem ve uygulamaların kökeni geçmişe dayanmaktadır (Eker, 2013; Gün, 2020).

Risk değerlendirme; iş ortamında mevcut tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerden kaynaklanan risklerin düzeyinin analiz edilmesi ve mevcut kontrol önlemlerinin yeterliliğinin değerlendirilmesi amacıyla yürütülen sistematik bir süreçtir. Bu süreç, risklerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığının belirlenmesine olanak tanımaktadır (Andaç, 2007; Eren, 2019).

Çalışma sürecinde ortaya çıkabilecek tehlikelerin önceden tespit edilmesi, bu tehlikelerin risk faktörlerine dönüşmesine neden olan unsurların analiz edilmesi ve gerekli önlemlerin belirlenmesi amacıyla yürütülen tüm faaliyetler risk değerlendirme kapsamında ele alınmaktadır (Eren, 2019; Sade, 2017).

Risk değerlendirme süreci, aşağıdaki temel sorulara yanıt aramaktadır:

- İş ortamında mevcut ve potansiyel tehlikeler nelerdir?
- Bu tehlike ve risklerin olası etkileri ve sonuçları hangi düzeydedir?
- Ortaya çıkabilecek sonuçlar kabul edilebilir mi, yoksa kabul edilemez nitelikte midir?
- Kabul edilebilir riskler için uygulanan kontrol önlemleri yeterli düzeyde midir? (Eren, 2019; Özkılıç, 2005).

Farklı ülkelerde iş sağlığı ve güvenliği için çeşitli yasal düzenlemeler bulunsa da, tüm sistemlerin ortak noktası güvenli ve sağlıklı çalışma ortamı için sistematik risk yönetimi anlayışının benimsenmesidir. Uluslararası ve ulusal mevzuatta üzerinde uzlaşılan temel ilkeler şunlardır (Güvenç, 2015; Özkılıç, 2014):

- İş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlenmesi ve alınan önlemlerle en aza indirilmesi konusunda işverenlerin sorumluluğu bulunmaktadır.
- Sağlık, güvenlik ve çevre yönetim sistemleri işyerlerinde etkin şekilde uygulanmalıdır.

- Çalışanlara yönelik iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilerek, riskler ve güvenli çalışma yöntemleri konusunda farkındalık oluşturulmalıdır.

- Potansiyel tehlikeler tanımlanmalı, derecelendirilmeli ve bu tehlikelerin ortadan kaldırılması veya kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli faaliyetler yürütülmelidir.

1.5. Mevzuatta Risk Değerlendirmesi Yaklaşımı

Ulusal çalışma mevzuatında “risk değerlendirmesi” kavramına açık biçimde yer verilmektedir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu’nda risk değerlendirmesi; işyerinde mevcut olan ya da çevresel faktörlerden kaynaklanabilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan unsurların analiz edilmesi, risklerin derecelendirilmesi ve gerekli kontrol önlemlerinin kararlaştırılmasına yönelik yürütülen sistematik faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır.

Bu kanuna dayanılarak hazırlanan ve 29.12.2012 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, işyerlerinde gerçekleştirilecek risk değerlendirmelerinin usul ve esaslarını ayrıntılı biçimde düzenlemiştir. Yönetmelikte, kanunda yer alan tanım esas alınarak risk değerlendirmesinin kapsamı, içeriği, uygulanma süreci ve sorumluluklar açık bir şekilde belirtilmiştir (İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği).

1.6. Risk Analizi Yöntemleri

L Tipi Risk Matrisi Yöntemi

L tipi matris yöntemi, risk seviyesinin belirlenmesi ve risklerin önceliklendirilmesi amacıyla olasılık ve şiddet parametrelerinin birlikte değerlendirildiği nitel veya yarı nicel bir analiz tekniğidir. Uygulama kolaylığı ve anlaşılır yapısı nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği alanında en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır. Birçok risk analiz metodunun temelini oluşturan bu yaklaşımda risk düzeyi, $\text{Risk} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet}$ bağıntısı kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu yöntem, özellikle tek bir uzman tarafından hızlı değerlendirme yapılması gereken işyerleri için uygun bir araçtır. Ancak yöntemin etkinliği, büyük ölçüde analistin bilgi birikimi ve deneyimine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle L tipi matris yöntemi, ön analiz gerektiren ve hızlı karar alma ihtiyacının bulunduğu durumlarda tercih edilmektedir (Seber, 2012; Yüksel, 2014).

X Tipi (Çok Değişkenli) Matris Yöntemi

X tipi matris yöntemi, karmaşık üretim süreçlerine sahip işletmelerde, birden fazla değişkenin birbirleriyle olan etkileşimlerini analiz etmek amacıyla kullanılan gelişmiş bir risk değerlendirme tekniğidir. Bu yöntemin en önemli avantajı, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin grafiksel

olarak ortaya konulabilmesidir. Karmaşık proseslerin söz konusu olduğu iş yerlerinde uygulanan X tipi matris yöntemi, bireysel analizden ziyade deneyimli ve disiplinli bir ekip çalışmasını gerektirmektedir. Bu yöntemi uygulayan analistin geçmişte meydana gelen iş kazaları konusunda yeterli deneyime sahip olması, değerlendirme sonuçlarının doğruluğu açısından büyük önem taşımaktadır (Özkılıç, 2005; Yüksel, 2014). X tipi matris analizinde, geçmişte meydana gelmiş kazaların tekrarlanma olasılığı da değerlendirme sürecine dâhil edilmektedir. Ayrıca riskin ortadan kaldırılması için alınacak önlemlerin maliyet analizleri yapılmakta; riskin ortaya çıkaracağı zarar ile riskin başka kişi ya da kurumlarla paylaşılması durumunda oluşacak maliyetler karşılaştırılmaktadır (Erol ve Tekin, 2016; Seber, 2012).

Kontrol Listeleri (Çeklist – PRA) Yöntemi

Kontrol listeleri (PRA), sistem veya süreç içerisindeki potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve bu tehlikelerin kaza oluşturma olasılıklarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerdir. Analist, daha önceden hazırlanmış ve tehlikeli durumları içeren kontrol listeleri üzerinden değerlendirme yapmaktadır. Bu listeler çoğunlukla geçmiş risk değerlendirmeleri, önceki kazalar veya kontrol yetersizliklerinden elde edilen deneyimlere dayalı olarak oluşturulmaktadır. Çeklist yöntemi, tehlikelerin belirlenmesi ve mevcut kontrol önlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılabildiği gibi, diğer risk değerlendirme yöntemlerini destekleyici bir araç olarak da uygulanabilmektedir (Özkılıç, 2014).

Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP)

Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması (HAZOP), 1970’li yılların başında İngiltere’de Kimya Endüstrisi Enstitüsü tarafından, kimyasal proseslerdeki tehlikelerin sistematik biçimde tanımlanması amacıyla geliştirilmiş bir risk analiz yöntemidir. Günümüzde, farklı disiplinlerden uzmanların yer aldığı ekipler tarafından uygulanan ve en yaygın kullanılan analiz tekniklerinden biri hâline gelmiştir. HAZOP çalışmasında, önceden belirlenmiş anahtar ve rehber kelimeler kullanılarak süreçlere ilişkin yapılandırılmış sorular sorulmakta; bu sorular aracılığıyla olası sapmaların gerçekleşmesi veya gerçekleşmemesi durumunda ortaya çıkabilecek sonuçlar değerlendirilmektedir. Yöntemin zaman içerisinde geliştirilmesiyle birlikte, analiz sürecini destekleyen çeşitli ticari yazılımlar da kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak kimya endüstrisinde uygulanan HAZOP, daha sonra petrol ve enerji sektörlerinde de yaygın kullanım alanı bulmuştur (Ericson, 2015; Hafızoğlu, 2006; Özkılıç, 2005).

Olay Ağacı Analizi (ETA)

Olay ağacı analizi (ETA), başlangıçta belirlenen bir tehlikeli olaydan sonra meydana gelebilecek olası sonuçların sistematik biçimde incelenme-

sini sağlayan bir değerlendirme yöntemidir. Tarihsel olarak ilk kez nükleer endüstride kullanılmış, ilerleyen dönemlerde farklı sanayi kollarında da uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntem, insan hataları ile proses ve koruyucu sistemlerde oluşabilecek arızaların ne tür sonuçlara yol açabileceğini ortaya koymak amacıyla kullanılmaktadır. Birden fazla işlem sürecinin bulunduğu işletmelerde tercih edilen ETA, tehlikeli olayların gerçekleşme olasılıklarının vektörel olarak analiz edilmesine imkân tanınması nedeniyle özellikle madencilik sektöründe de uygulanabilir bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Çolak, 2014; Eker, 2013; Güvenç, 2015; Dirik, 2016).

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), ilk olarak 1949 yılında ABD Silahlı Kuvvetleri tarafından sistem güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem, bir sistemin tamamında veya belirli bir bölümünde meydana gelebilecek olası hataların belirlenmesi ve bu hataların sistem üzerindeki etkilerinin analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Başlangıçta havacılık sektöründe kullanılan FMEA, zaman içerisinde uzay teknolojileri, otomotiv ve kimya endüstrilerinde yaygın biçimde uygulanmaya başlanmıştır. Uygulama sürecinin sade ve anlaşılır olması, yöntemin en önemli avantajlarından biridir. Orta düzeyde deneyime sahip bir ekip tarafından kolaylıkla uygulanabilmekte ve çoğunlukla ekipman veya parça bazlı analizlerde tercih edilmektedir (Acar, 2007; Özkılıç, 2005; Seber, 2012).

Fine–Kinney Yöntemi

Fine–Kinney risk değerlendirme yöntemi, G.F. Kinney tarafından 1971 yılında geliştirilmiş olup risklerin meydana gelme olasılığına ve etkisine odaklanan nicel bir analiz tekniğidir. Batı Avrupa ve ABD’de özellikle büyük ölçekli işletmelerde yaygın olarak kullanılan bu yöntem, küçük işletmeler için uygulama zorlukları barındırmaktadır. Fine–Kinney yönteminde risk seviyesi; olasılık, frekans ve şiddet parametrelerinin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenmektedir. Bu yönüyle, yalnızca iki parametreye dayanan L tipi matris yöntemlerine kıyasla daha hassas ve ayrıntılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. İnşaat, çimento ve yapı sektörü gibi yüksek risk içeren alanlarda yaygın olarak kullanılan bu yöntem, Türkiye’de de giderek daha fazla tercih edilmektedir (Köşek, 2016). Fine–Kinney yöntemi, tehlikeli olayların gerçekleşmesi durumunda işçilerin, çalışma ortamının ve çevrenin maruz kalabileceği zararların şiddetini analiz etmeye odaklanır. Bu yöntemin temel amacı, “Riskler tolere edilebilir mi?” ve “Tolere edilemeyecek risklerin ortadan kaldırılması için hangi önlemler alınmalıdır?” sorularına yanıt aramaktır. Ayrıca, alınacak önlemlerin uygulanıp uygulanmaması konusunda karar vermeye olanak tanır (Özgür, 2013).

Risk derecelendirmesi, işletme verileri ve istatistikleri dikkate alınarak; $R = \text{İhtimal (İ)} \times \text{Şiddet (Ş)} \times \text{Frekans (F)}$ bağıntısı ile hesaplanmaktadır (Öz-

gür, 2013; Sade, 2017).

Olursa Ne Olur Analizi

Olursa Ne Olur Analizi ise işyerinde uygulamaların ve mevcut süreçlerin incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Analizin temel sorusu, adından da anlaşılacağı üzere “Olursa ne olur?” şeklindedir. Yetkin uzman ekipler ve deneyimli çalışanlar tarafından uygulanabilir. Analiz sürecinde sorumlu personel mevcut sapmaları ve potansiyel tehlikeleri tespit eder, şablon ve tablolar aracılığıyla sorular yanıtlanır ve önlemler önerilir (Köşek, 2016; Yüksel, 2014).

1.7. Madencilik Sektöründe Risk Değerlendirme Karar Matrislerinin Uygulanması

L Tipi Matris Yöntemi

Neden-sonuç ilişkisine dayanan L tipi matris yöntemi, kullanım kolaylığı ve yaygın uygulaması ile öne çıkar. Bu yöntemle, tehlikeli bir olayın olasılığı ve vereceği zararlar belirlenebilir. L tipi matris, risklerin önceliklendirilmesine ve hızlı karar alınmasına olanak sağlar; müdahale gerektiren durumları saptamak mümkündür. Değerlendirme için çok sayıda analist gerekmez ve dokümantasyon ihtiyacı düşüktür (Keleş, 2012; Seber, 2012; Özkılıç, 2005).

X Tipi Matris Yöntemi

X tipi matris yöntemi, karmaşık proseslerde değişkenlerin etkilerini ve ilişkilerini ortaya koyar. Bu nedenle, deneyimli bir ekip ve takım lideri gerektiren bir yöntemdir. Çok sayıda dokümana ihtiyaç duyulması, yöntemin nitel bir teknik olarak kullanılmasını sağlar. Madencilik sektörü gibi kompleks süreçlerin bulunduğu alanlarda, tecrübeli analistler tarafından uygulanabilir (Yüksel, 2014; Özkılıç, 2005).

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

- Deva (2006): Kömür madenlerinde risk değişkenleri belirlenmiş; iş sağlığı ve güvenliği açısından risk saptamanın önemi vurgulanmıştır.

- Leger (1991): Güney Afrika'daki yeraltı iş kazaları incelenmiş, 20 yıllık süreçte çalışan bir işçinin ölüm riski 13'te 1 olarak belirlenmiştir; başlıca sebep malzeme düşmesidir.

- Aslan (2009): Bilecik'te 15 mermer işletmesinde Checklist yöntemiyle risk değerlendirmesi yapılmış, tehlikeler belirlenmiş ve risk puanları hesaplanarak kontrol önlemleri önerilmiştir.

- Ersoy, Eleren ve Şimşek (2009): Mermer ocağında HTEA analizi ile en yüksek riskler kesim yöntemleri, ray sökme ve taşıma süreçlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

- Olcaytu (2011): Kum ocağında L tipi matris ile riskler (eğitim eksikliği,

KKD kullanmama, ekipman yıpranması, gürültü, toz, titreşim) belirlenmiş ve tolere edilemez riskler saptanmıştır.

- Dağ (2011): Siirt Madenköy Bakır İşletmesi'nde yürütülen risk analiz ve iş güvenliği uygulamaları incelenmiştir.

- Civelekler (2012): Magnesit A.Ş'de HTEA analizi uygulanmış; 6 ana başlık altında 53 alt risk değerlendirilmiş; önlemlerin alınmasıyla risk seviyelerinin azaldığı saptanmıştır.

- Keleş (2012): Açık maden ocağında L tipi matris ile risklerin tolere edilebilirliği ve önlemler analiz edilmiştir.

- Güvenç (2015): Niğde Bolkardağ yeraltı madeninde FMEA ile risk analizi yapılmış; İSG önlemleri ile ölümlü iş kazalarının önlendiği, yaralanmalı kazaların ise yüksekte düşme kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

- Özfirat, Yetkin, Şimşir ve Kahraman (2016): Kömür ocaklarındaki üretim süreçlerinde risk analizi ve değerlendirme faaliyetleri Fine-Kinney yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Özellikle grizulu kömür ocaklarında, grizunun tehlike yaratabilecek seviyelere ulaşmasını önlemek için sistemli çalışma üzerinde durulmuştur.

- Sade (2017): Fine-Kinney ve (5×5) matris yöntemleri ile Sivas'ta bir mermer fabrikasında riskler belirlenmiş, önlemler önerilmiştir.

- Özbel (2017): Mermer endüstrisinde potansiyel risk analizlerinin yerleşim tasarımıyla ilgili olarak yapılması hedeflenmiş ve riskleri tolere edilebilir seviyelerde tutacak önlemler belirlenmiştir.

- Mevsim (2018): Kömür işletmelerinde meydana gelen kazaların can ve mal kayıplarına yol açtığını vurgulamış, Türkiye Taşkömürü Kurumu (Üzülmez Müessesesi) kaza kayıtlarını kullanarak Fine-Kinney yöntemi ile risk analizi gerçekleştirmiştir. Risk skorları ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmuştur.

- Er (2018): Kütahya ve Manisadaki üretim yöntemlerini (klasik ve mekanize uzunayak metodları) inceleyerek riskleri belirlemiş ve Olay Ağacı Analizi (ETA) ile en önemli üç risk değerlendirilmiştir. Risklerin önlenmesi için gerekli tedbirler sınıflandırılmıştır.

- Şenyurt (2019): Açık ocak madenlerinde Kalker ocağında tehlikeler 5×5 matris ve 3T risk değerlendirme yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak belirlenmiştir.

- Koçak (2019): Türkiye Taşkömürü Kurumu Kozlu' da Papyon Modeli ile risk analizi BowTieXP programı ile yapılmış, metan gazı ve yeraltı yangınları gibi tehditler değerlendirilmiş, gerekli önlemler ve iyileştirme uygulamaları üzerinde durulmuştur.

- Eren (2019): Maden ve taş ocaklarında iş sağlığı ve güvenliği kapsamında risk analizlerini incelemiş, bazalt ocağında (5×5) Matris ve Fine–Kinney Analizi yöntemlerini uygulayarak riskleri belirlemiş ve karşılaştırmıştır.

- Özcan (2020): Kumsan Döküm Malzemeleri San. Tic. A.Ş. 'de Fine–Kinney yöntemi ile fabrika filtre pres binası ve stok sahasında riskler sayısal olarak hesaplanmıştır.

- Dizlek (2021): Türkiye’de maden işçilerine anketler uygulanarak iş kazası riskleri (yaş, gelir, eğitim, çalışma süresi vb.) değerlendirilmiştir.

3. MALZEME VE METOD

3.1. MALZEME

3.1.1. Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni (Krom)

Bu çalışmada, Eti Krom A.Ş.’nin Elazığ, Alacakaya, Guleman sınırlarındaki krom madeninde İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) kapsamında yürütülen risk değerlendirmesi ve faaliyetler incelenmiştir. Maden sahası yaklaşık 200 km²’lik bir alanı kaplamakta ve Elazığ ilinin 60 km güneydoğusunda yer almaktadır.

Tesiste cevher çıkarma yöntemi olarak yer altı madenciliği tercih edilmekte olup, üretim ara katlı kazı yöntemi ile tam mekanize maden ocağında gerçekleştirilmektedir. Bu üretim yöntemi, Türkiye’de krom madenciliğinde ilk defa uygulanmakta olup, literatürde yer almayan uygulamalar sayesinde yeni deneyimler kazanılmaktadır.

Eti Krom A.Ş., 1936 yılında kamu iktisadi teşekkülü olarak kurulmuş ve Guleman Bölgesi’nde kromit üretimine başlamıştır. 2004’te Yıldırım Holding’e katılan şirket, maden arama ve üretim faaliyetlerini sürdürmektedir. Bölgedeki arama çalışmaları 1935’te başlamış, 2000’li yıllarda teknolojiyle hız kazanmış ve büyük kromit kütleleri keşfedilmiştir.

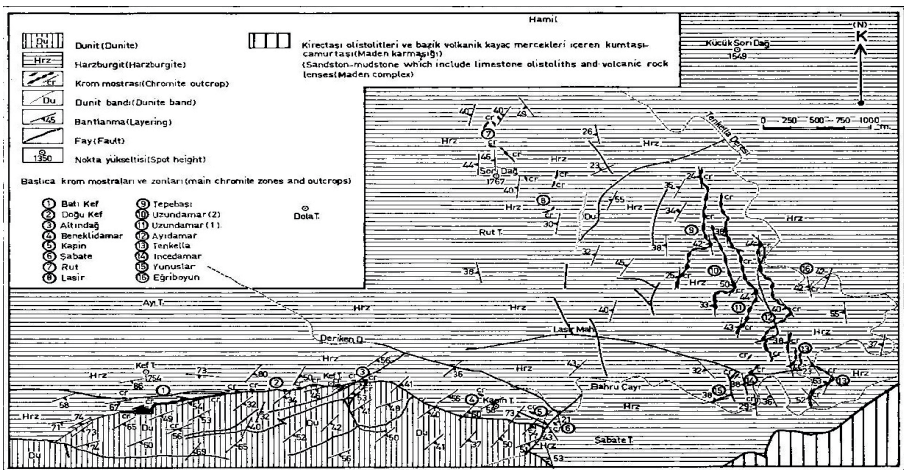
Lice Formasyonu'nu temsil eder (Schmidt, 1966) ve hafif eğimli kumtaşı, traverten özellikli kireçtaşları ile gevşek kırıntılı sedimanter kayalardan oluşur. Pliyosen yaşına ait bu birimlerin yaşı, benzer kayalarla karşılaştırılarak belirlenmiştir (Ercan ve ark., 1970) ve bölgesel çalışmalar litoloji ve stratigrafik konumlarını ayrıntılı şekilde ortaya koymaktadır (Ercan ve ark., 1970; Erdoğan, 1977; Ketin, 1946; Özkaya, 1978; Perinçek, 1979).

3.1.3. Guleman (Alacakaya) Masifi

Elazığ'ın güneydoğusunda, 40-60 km mesafede yer alan Guleman Masifi, Türkiye'nin önde gelen krom yataklarından biridir ve yaklaşık 200 km²'lik alanı kapsamaktadır. Masifin 130 km²'si tektonitler ve kümülat grubu kayalardan oluşur. 500'den fazla krom zuhuru, birkaç metreden birkaç yüz metreye kadar mercek, filon veya damar şeklindedir ve tektonit, geçiş zonu ve kümülat grubu kayalar içinde bulunur. Masifte iri kristalli ve yüksek tenörlü kromitlerin yanı sıra saçınımlı, ince kristalli ve düşük tenörlü cevherler de mevcuttur. Pütyan, Rut-Taşlitepe (Sori), Gölalan, Kapin-Şabate, Batı Kef ve Doğu Kef alt bölümlerini oluşturur; Batı Kef ve Doğu Kef ocakları Türkiye'nin önemli krom rezervlerini içerir. Guleman krom yatakları alpin veya podiform tipte sınıflandırılrsa da, nadir görülen büyük devamlılığa sahiptir ve Eti Krom A.Ş. bölgede en büyük üretici konumundadır (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020).

Guleman Peridotit Birimi, tektonitler ve kümülatlar olmak üzere iki ana kayaç grubundan oluşur. Kümülat grubunda dünit, verlit, piroksenit, trokto-lit, gabro ve harzburgit; tektonit grubunda ise dünit bulunur. Dolerit ve plajiyogranit dayklar sınırlı olarak mevcuttur (TMMOB Makine Mühendisleri Odası, 2020).

Görsel 3.3. Rut-Taşlitepe(Guleman, Elazığ) krom yatakları ve çevresinin jeolojisi



Kaynak: Tandoğan ve ark., 1981

3.2. METOD

Bu çalışma, Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni yeraltı işletmesinde yürütülen İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) risk değerlendirme faaliyetlerini incelemektedir. Araştırma, maden sahasında uygulanan risk analizlerinin kapsamı, süreçleri ve yöntemlerini ele almaktadır.

İSG çerçevesinde yapılan çalışmaların ilk basamağı, sağlık ve güvenlik politikasının oluşturulması ve güvenli bir çalışma ortamının sürdürülmesidir. Özel risklere maruz kalabilecek çalışanlar da dikkate alınarak, işverenler risk değerlendirmesi yapmakla yükümlüdür.

Risk analizi sonucunda belirlenen tehlikelere karşı alınması gereken koruyucu önlemler ve kullanılacak kişisel koruyucu donanımların seçimi, işverenin sorumluluğundadır. Bu süreç, Bakanlık sertifikalı uzman mühendisler tarafından yürütülmekte ve uygulama, belge niteliği taşıdığından, işin özelliğine uygun olarak konunun uzmanlarından oluşan bir ekip tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Risk analizi kavramı, yeni İSG yaklaşımının temel unsurlarından biridir. Tehlikeli bir olayın ortaya çıkma olasılığı ile bu olayın vereceği zararın şiddeti birlikte değerlendirildiğinde risk kavramı ortaya çıkmaktadır (www.riskdegerlendirmesi.com).

3.2.1. Çalışmada Tercih Edilen Risk Analiz Yöntemi

Bu çalışmada, Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde yer alan yeraltı işletmesindeki riskler, prosesler dikkate alınarak 3 aşamalı (5×5) L Tipi Matris Risk Analiz Sistemi ile değerlendirilmiştir.

3.2.2. Tehlikelerin Belirlenmesi

İş ekipmanları, sistemler ve yapılar tehlike kaynağı olarak kabul edilmekte ve bu kaynakların hangi yollarla zarar oluşturabileceği belirlenerek tehlikeler saptanmaktadır. Bu yöntemle bir kaynaktan birden fazla tehlikenin oluşabileceği ve mevcut bir tehlikenin birden fazla risk yaratabileceği anlaşılmaktadır. İşyerinde tehlikeler sistematik bir yaklaşım ile geçmişte yaşanmış iş kazalarının kayıtları, mevcut durumun gözlemlenmesi ve mevzuat ve literatür taramaları ile tespit edilmektedir (ÇASGEM).

3.2.3. Risklerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

Tehlikelerden kaynaklanan risklerin belirlenmesi, risk değerlendirme sürecinin ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Bir tehlikeden birden fazla risk oluşabileceği göz önüne alınmaktadır. Risklerin tespiti sonrasında, nicel veya nitel metodlar kullanılarak risklerin derecelendirilmesine geçilir. Bu tezde, (5×5) L Tipi Matris Risk Analiz Sistemi kullanılarak riskler aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

Risk=Tehlikenin Olma Olasılığı × Zarar Derecesi

3.2.4. Uygulama Örneği

3.2.4.a. Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları

Alacakaya Madeni'nde iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yürütülen uygulamalar ve risk analizleri incelenmiştir. İş kazalarının önlenmesi ve emniyetli çalışma ortamının sürdürülebilir hale getirilmesi amacıyla çeşitli önlemler alınmaktadır:

Eğitim ve Bilgilendirme: Yıllık eğitim programları ve iş başı konuşmaları düzenlenmekte, maden ocağında görevli İş Güvenliği Uzmanı tarafından çalışanlara eğitim verilmektedir.

Acil Durum Talimatları: Çalışanların rahatlıkla görebileceği alanlara, yönetmeliklere uygun olarak acil durum talimatları asılmaktadır. Bu talimatlar, yangın, göçük, deprem, sel ve su baskını, parlama ve patlama, sabotaj, terör ve savaş, kontrolsüz deşarj, kontrolsüz emisyon, kimyasal dökülmesi ve diğer çevre kazaları gibi durumları kapsamaktadır (Güvenç, 2015).

Olay Müdahale Planları: Olağanüstü bir olay gerçekleştiğinde, müdahale edecek sorumlu kişiler belirlenmiş ve görev dağılımları netleştirilmiştir. Ayrıca olayın bertaraf edilmesinin ardından zarar tespiti ve tutanak hazırlama süreçleri de planlanmıştır.

Tatbikatlar: Yerüstü ve yeraltı maden sahasında çalışanlar için olağanüstü durumlara karşı düzenli aralıklarla tatbikatlar yapılmaktadır.

Bu uygulamalar, risklerin sistematik olarak belirlenmesi, değerlendirilmesi ve kontrol altına alınmasına yönelik olarak Eti Krom A.Ş.' de yürütülen İş Sağlığı ve Güvenliği çalışmalarının bütünsel bir örneğini sunmaktadır.

Tablo 3.1. Eti Krom A.Ş. Yıllık Eğitim Planı

SIRA NO	EĞİTİM KONULARI	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
GENEL KONULAR													
1	Çalışma mevzuatı ile ilgili bilgiler,							X					
2	Çalışanların yasal hak ve sorumlulukları,							X					
3	İş yeri temizliği ve düzeni,							X					
4	İş kazası ve meslek hastalığından doğan hukuki sonuçları,							X					
SAGLIK KONULARI													
1	Meslek hastalıklarının sebepleri,											X	
2	Hastalıktan korunma prensipleri ve korunma tekniklerinin uygulaması,											X	
3	Biyolojik ve psikolojik risk etmenleri,											X	
4	İlk yardım,											X	
5	Tütün ürünlerinin zararları ve pasif etkilenim,											X	
TEKNİK KONULAR													
1	Kimyasal, fiziksel ve ergonomik risk etmenleri,		X										
2	Elle kaldırma ve taşıma,		X										
3	Patlama, patlama, yangın ve yangından korunma		X										
4	İş ekipmanlarının güvenlik kullanımı,		X										
5	Ekranlı araçlarla çalışma,		X										
6	Elektrik, tehlikeleri, riskleri ve önlemleri,		X										
7	İş kazalarının sebepleri ve korunma prensipleri ile tekniklerinin uygulaması,		X										
8	Güvenlik ve sağlık işaretleri,		X										
9	Kişisel koruyucu donanım kullanımı,		X										
10	İş Sağlığı ve güvenliği genel kuralları ve güvenlik kültürü,		X										
11	Tahliye ve kurtarma		X										
DİĞER KONULAR													
1	Çalışanın yaptığı işe özgü yüksekte çalışma, kapalı ortamda çalışma, Radyasyon risklerinin bulunduğu ortamlarda çalışma, kaynakla çalışma											X	
2	Özel risk taşıyan ekipman ile çalışma,											X	
3	Kanserojen maddelerin yol açtığı olası sağlık riskleri ve benzeri,											X	
4	İşbaşı eğitimleri,	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.2.4.b. Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni (Krom) Cevher İşletmesinde Risklerin Değerlendirilmesi

Alacakaya Madeni (Krom) Cevher İşletmesinde, çeşitli riskler saha genelinde ve atölye alanlarında detaylı olarak değerlendirilmiştir. Riskler arasında; Çevre kirliliği, Bulaşıcı hastalıklar, Meslek hastalıkları ve göçük oluşması, elektrik çarpması ve yaralanmalar, Suni göllerde boğulma, ezilme ve düşme, patlama ve yangın, İki cisim arasında kalma, titreşim ve benzeri riskler, iş makinesinin devrilmesi ve hafriyatın çalışanların üzerine akması, iş kazaları ve aracın uçuruma yuvarlanması, aşırı yorgunluk sonucu iş kazası, tavandan taş düşmesi ve vagon çarpması, malzeme düşmesi sonucu yaralanma, göçük sonrası mahsur kalma ve havalandırmanın olmaması, taş düşmesi ve boşluğa düşme sonucu yaralanma, halat kopması sonucu vagonun geri kaçması yer almaktadır.

Bu risklerin analiz edilmesi sonucunda risk matrisi oluşturulmuştur (Tablo 5.1). Risk matrisi; risk derecelendirme skorlarına göre; En kısa sürede giderilmesi gereken riskler, yüksek seviyede riskler, önemli seviyede (orta dü-

zey) riskler, tolere edilebilen olası riskler, çok düşük seviyede riskler şeklinde sınıflandırılmıştır. Ayrıca, riskleri azaltmak ve tolere edebilmek için gerekli tedbirler ve kontroller de belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni Cevher İşletmesinde, yeraltı maden işletmesinde yürütülen iş sağlığı ve güvenliği faaliyetleri detaylı olarak incelenmiştir. Atölye, şantiye sahası, açık saha çalışmaları ve yeraltı maden ocaklarında 5×5 L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, işletmedeki risk derecesine göre maddi kayıp ve manevi hasara yol açabilecek acil önlem gerektiren tehlikeleri tespit eder. İş kazası ve meslek hastalıklarına sebep olabilecek riskler bu yöntemle analiz edilerek, önleyici eğitim ve uygulama çalışmaları yürütülmüştür.

Tablo 4.1. (5X5) L Tipi Risk Matrisi

RİSK ANALİZİ MATRİKSİ (R)						
R= OLASILIK × ŞİDDET		ŞİDDET				
		5	4	3	2	1
OLASILIK	5	25	20	15	10	5
	4	20	16	12	8	4
	3	15	12	9	6	3
	2	10	8	6	4	2
	1	5	4	3	2	1

Kaynak: Bursa Uludağ Üniversitesi Risk Değerlendirme Raporu, 2021

Tablo 4.2. 5X5 MATRİS Risk analiz metodu skorlarına göre planlanan önlemler ve aksiyonlar

RİSK DEĞERİ AKSİYON VE ZAMANLAMA TABLOSU	
RİSK DERECELENDİRME	PLANLANAN ÖNLEMLER / AKSİYONLAR
$R > 20$	En kısa süre içinde giderilmesi gereken risk. Geçici olarak iş durdurulmalı, ivedilikle düzeltici tedbirler için planlama yapılmalıdır. İşverene durum en kısa sürede bildirilir.
$16 < R < 20$	Yüksek seviyede risk. Tespit edilen risk için azaltıcı faaliyetler yapılmadan devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk, işin devam etmesi ile artacaksa acil tedbir alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamı planlanmalıdır
$10 < R < 15$	Önemli seviyede (orta seviye) risk. Risk azaltıcı tedbirler zamanla planlanmalıdır . Uzun süreçte düzeltilmelidir.
$6 < R < 9$	Tolere edilebilen olası risk. Önleyici tedbirler gözetim altında uygulanmalıdır.
$1 < R < 5$	Çok düşük seviyede risk. Önlem öncelikli değildir.

Kaynak: Bursa Uludağ Üniversitesi Risk Değerlendirme Raporu, 2021

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde uygulanan 5×5 L Tipi Matris Risk Analizi değerlendirilmiş; toplam 143 risk tespit edilerek, risk skorlarına göre önleyici ve düzeltici tedbirler yüksekten düşüğe doğru uygulanmıştır.

Araştırma bulguları, iş kazalarının büyük ölçüde yetersiz İSG uygulamaları, altyapı eksiklikleri, havalandırma ve kaçış yollarının yetersizliği ile KKD kullanım eksikliklerinden kaynaklandığını göstermektedir. Bu nedenle, çalışanlara, birimlerin özellikleri ve riskler dikkate alınarak, İSG profesyonelleri tarafından Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği çerçevesinde eğitimler verilmiş, tehlikeli davranışlar ve olası sonuçlar hakkında bilgilendirilmiştir.

Eğitim sonrası sınavlar yapılmış, bölümlerine uygun KKD'lar verilip sü-

reç belgelendirilmiştir. Şantiye sahası girişlerine risk değerlendirme sonuçlarına uygun uyarı levhaları yerleştirilerek iş kazalarında belirgin azalma ve çalışanlarda iş güvenliği kültürünün gelişimi sağlanmıştır.

İşletmede krom ocağının konumlandırılması, atölye ve saha çalışanlarının güvenliği dikkate alınarak planlanmıştır. Yeni açılan kalker ocağında şevlendirme çalışmaları iş güvenliği standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiş, iş makineleri ve taşıma araçları kazaya neden olmayacak biçimde düzenlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde riskler üç ana başlık altında ele alınmıştır; Atölye ve şantiye sahası, Açık saha çalışmaları, Yeraltı maden işletme faaliyetleri.

Açık Saha Çalışmaları

Açık saha faaliyetlerinde yapılan değerlendirmelerde, iş makinelerinin devrilmesi, geri kaçması ve hafriyatın çalışanların üzerine akması gibi risklerin kazalara neden olduğu tespit edilmiştir. Bu risklerin azaltılması amacıyla aşağıdaki önlemlerin alınması önerilmiştir:

- Pasa ve cevher döküm sahalarının yeterli şekilde aydınlatılması, şev uçlarında, araç lastiğinin yarı yüksekliği kadar set oluşturulması ve araçların şevden en az 1 metre mesafede durdurulması, mesai saatlerinde pasa ve cevher döküm sahalarında en az bir tumbacı görevlendirilmesi, faaliyeti sona eren maden ocaklarının tel örgü ile çevrilmesi veya kaya ve toprakla doldurulması, açık sahalarda oluşan su birikintilerinin ve suni göllerin doldurulması.

Yeraltı Maden İşleri

Yeraltı maden çalışmalarında yapılan analizlerde, galeri girişlerindeki yetersiz uyarı işaretleri, yön levhaları ve haberleşme eksikliklerinin kazalara ve müdahale gecikmelerine yol açtığı tespit edilmiştir. Bu nedenle; çıkış ve ilk yardım yollarını gösteren levhalar, iletişim sistemleri, desandrelerde basamak ve tutamaklar, eksiksiz tahkimat ve dolgu ile galeri girişlerindeki uyarı levhalarının bulundurulması önerilmiştir. Ayrıca ölüm, yaralanma, patlama, göçük, dumandan zehirlenme ve taş düşmesi gibi ciddi risklerin önlenmesi amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde uygulanan 5×5 L Tipi Matris Risk Değerlendirme Yöntemi, tehlike ve risklerin sistematik belirlenmesini sağlamış; alınan önlemler ve eğitimlerle iş kazalarının azaltılmasında etkili olmuştur. Bu, risk değerlendirmesi ve iş güvenliği eğitimlerinin güvenli çalışma ortamı oluşturmadaki önemini göstermektedir.

6. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni (Krom) Cevher İşletmesinde yapılan risk değerlendirmeleri ve saha gözlemleri sonucunda, iş sağlığı ve güvenliği açısından alınması gereken önlemler aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır.

Patlama ve Ateşleme İşlemleri

Patlama tehlikesi ve dinamit kullanımı ile ilgili risklerin önlenmesi için;

- Dinamit ve kapsüller maden sahasında ayrı olarak taşınmalı ve güvenli depolama alanlarında bulundurulmalı, patlatma işlemleri yalnızca ateşleyici ehliyeti olan yetkili kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir.

- Patlatma öncesi saha çalışanları bilgilendirilmeli ve belirlenen güvenli alanlara tahliye edilmelidir, patlatma işlemleri hava koşulları dikkate alınarak yapılmalı, yağışlı ve elektrik yükünün yüksek olduğu durumlarda patlatma yapılmamalıdır.

- Patlatılmamış delikler yetkili ateşleyici tarafından kontrol edilmeli, gereksiz delik açılmamalıdır, tüm patlatma faaliyetleri, İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) prosedürleri ve planına uygun şekilde yürütülmelidir.

Vagon ve Vinç Operasyonları

Yüklü ve yüksüz vagonların geri kaçması veya devrilmesi sonucunda oluşabilecek kazalara karşı;

- Desandrede vinç dairesi ile desandre tabanı arasında etkili bir haberleşme sistemi kurulmalıdır, desandre başlarında karakol sistemi bulunmalı, vinç ve halatlar düzenli olarak yıllık periyodik bakımlardan geçirilmelidir, halatlar belirli periyotlarda yağlanmalı ve güvenlik kontrolleri yapılmalıdır.

Yeraltı Maden İş Sağlığı Önlemleri

Meslek hastalığı, zehirlenme ve toz kaynaklı risklerin azaltılması için;

- İlk yardım odasından dışarıya haberleşme sistemi kurulmalıdır, gaz ve toz ölçüm cihazları ile düzenli periyodlarla ölçüm yapılmalı, oksijen, CO, CO₂ ve H₂S değerleri standart limitler içinde tutulmalıdır (Oksijen ≥ %19, CO ≤ 50 ppm, CO₂ ≤ 500 ppm, H₂S ≤ 20 ppm).

- Anfo yerine sıkılama maddeleri veya sulu kartuşlar kullanılmalı, patlatma sırasında sulu çalışma ve maske kullanımına özen gösterilmelidir, galleri kesitleri standart boyutlarda olmalı ve çatlak-zayıf bölgeler tahkimatlarla desteklenmelidir, patlatma sırasında geride bir gözlemci bulunmalı, taş düşmesi riskine karşı dikkat sağlanmalıdır.

Atölye ve Şantiye Saha Önlemleri

Hava tankları, mazot tankları, kompresörler, elektrik tesisatı ve iş maki-

neleri ile ilgili riskler için;

- Tüm tank, kompresör ve elektrik tesisatlarının periyodik bakımları yetkili kişilerce yılda en az bir kez yapılmalıdır, asetilen, LPG ve diğer tüpler güvenli şekilde korunmalı, alev geri tepme aparatları kullanılmalıdır.

- Kompresörler çalışanlardan uzakta, kapalı alanlarda yerleştirilmeli; elektrik panoları kaçak akım rölesi ve etanj özellikte olmalıdır, araç ve iş makineleri düzenli bakım ve kontrol sistemine tabi tutulmalı; yeraltı ve yer üstü yükleyici makinelerde geri vites ikaz sistemi bulunmalıdır.

- Atölyede KKD kullanımı zorunlu tutulmalı, yangın söndürme cihazları bulunmalı, tehlikeli alanlarda yansıtıcı ve ışıklı işaretlemeler yapılmalıdır.

- Atık yağlar ve kontamine malzemeler uygun şekilde toplanıp bertaraf edilmelidir.

Genel Sonuçlar ve Öneriler

Eti Krom A.Ş. Alacakaya Madeni'nde yapılan risk değerlendirmeleri ve uygulanan güvenlik önlemleri sayesinde, işletmenin kuruluşundan günümüze ölümlü bir iş kazası yaşanmamıştır. Ancak, riskler hâlen çalışan dikkatsizliği ve araç bakımsızlığı gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle; Açık ve yeraltı madenlerinde tehlikelerin bertarafına yönelik teknik ve idari önlemler sürekli uygulanmalıdır, çalışanlara yönelik düzenli İSG eğitimleri verilerek risk bilinci artırılmalıdır, araç ve ekipman bakımları düzenli yapılmalı, araca yönelik tehlikeler izole edilmelidir. Ayrıca maden kazalarını önlemede kritik önlemler arasında;

- Denetimlerin sıklaştırılması ve cezai uygulamaların güncellenmesi, modern tekniklerin ve ekipmanların yaygınlaştırılması, sistematik İSG eğitimlerinin uygulanması ve proaktif yaklaşımların geliştirilmesi, kalifiye mühendis ve uzmanların sektöre kazandırılması, iş güvenliği uzmanı, maden mühendisi, işyeri hekimi, işçi ve işveren arasındaki işbirliği ile İSG kültürünün güçlendirilmesi, yasaların ve mevzuatın sürekli geliştirilmesi yer almaktadır (Özakel, 2017).

Bu kapsamda, işletmede sürdürülen risk değerlendirme ve İSG uygulamaları, çalışan güvenliğinin sağlanması ve iş kazalarının önlenmesi açısından model teşkil edebilecek niteliktedir.

7. KAYNAKÇA

- Acar, B. (2007). *Risk değerlendirmesi temelli yönetim anlayışının denizcilikte uygulanması ve Türk deniz ticaret filosunun risk değerlendirmesi yöntemi ile analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Andaç, M. (2007). Neden risk değerlendirmesi yapmalıyız. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 35, 5-11.
- Andrews, J. D., & Moss, T. R. (2002). *Reliability and risk assessment*. Professional Engineering Publishing.
- Arseven, F. (2004). Yeni iş kanununun iş sağlığı ve güvenliği yaklaşımı. *TİSK İşveren Dergisi*, 42(7), 15.
- Aslan, S. (2009). *Mermer ocaklarında iş güvenliği ve risk analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Civelekler, E., (2012). *Bir manyezit işletmesinde hata türü ve etkileri analizi yöntemi ile iş sağlığı ve güvenliği risk analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Coğrafya Dünyası. (2022, 20 Ağustos). *Elazığ Siyasi Haritası*. <https://www.cografya.gen.tr/tr/elazig/>
- Çelik, E. (2016). *Sağlık çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine dair farkındalıklarının incelenmesine yönelik bir alan araştırması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Çolak, N. (2014). *İş sağlığı ve iş güvenliğinde risk analizi: Gıda sektöründe bir uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dirik, S. (2016). *Madencilik sektörü faaliyetlerinde iş sağlığı ve güvenliği konusunun 6331 sayılı kanun kapsamında risk değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Dizlek, O. A. (2021). *Kömür maden ocağında iş güvenliği için alınan önlemlerin değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mersin.
- Eker, H. (2013). *Marmaray Sirkeci Projesi için 3T risk değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ercan, T., Pehlivanoğlu, H., & Soykal, T. (1970). *Elazığ-Diyarbakır (Maden-Ergani-Guleman) bölgesi jeolojisi* (Maden Tetkik ve Arama Enst. raporu, 5038, yayımlanmamış).
- Erdoğan, B. (1977). *Geology, geochemistry and genesis of the sulphide deposits of the Ergani-Maden region, Southeast Turkey* (Ph.D. Thesis (yayımlanmamış), 249 p, Univ. of New Brunswick, Kanada.
- Eren, N. Ö. (2019). *Taş ocağı işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği şartları* (Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Ersoy, M., Eleren, A., & Şimşek, Ş. (2009). Hata türü ve etkileri analizi ile iş sağlığı ve güvenliği tabanlı süreçlerin iyileştirilmesi ve mermer ocak işletmelerinde bir

- uygulama. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 48(3), 19-32.
- Fişek, A. G. (2009). *Çalışma yaşamında sağlık güvenlik*. Fişek Enstitüsü Çalışan Çocuklar Bilim ve Eylem Merkezi Vakfı.
- Güvenç, S. (2015). *Yer altı maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği örnek uygulama: Gümüştaş Madencilik ve Ticaret AŞ Bolcardağ İşletmesinde İSG uygulamaları ve risk değerlendirmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).
- Hafızoğlu, E. (2006). *Bina yapımında yaşanan kazalar ve bir risk değerlendirme çalışması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. (2012, 29 Aralık). T.C. Resmi Gazete (Sayı 28512).
- Keleş, F. K. (2012). *Risk değerlendirme çalışmasında yeni bir yaklaşım ve açık maden ocağı işletmesinde uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ketin, İ. (1946). *Palu-Pertek (Elâzığ) dolayının jeolojisi* (Maden Tetkik ve Arama Enst. rap., 1708, yayımlanmamış).
- Koçak, D. (2019). *Bir kömür madeninde iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi için uygun yöntem seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köşek, M. (2016). *İş sağlığı ve güvenliğinde 3T ve Fine-Kinney risk analizi yöntemleri ve metal sektöründeki bir işletmede uygulanması* Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Leger, J. P. (1991). Trends and causes of fatalities in South African mines. *Safety Science*, 14, 169-185.
- Mevsim, M. (2018). *Risk assessment and accident forecasting for an underground coal mine* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Özbel, Y. C. (2017). *Occupational health and safety issues in layout design problem of a marble processing plant* (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir).
- Özfırat, M. K., Yetkin, M. E., Şimşir, F., & Kahraman, B. (2016). Uzunayak üretimindeki mevcut tehlike kaynaklarının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 55(1), 3-16.
- Özgür, M. (2013). *Metal sektöründe risk analizi uygulaması*. İzmir: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı.
- Özkaya, İ. (1978). Ergani-Maden yöresi stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21(2), 129-133.
- Özkılıç, Ö. (2005). *İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri*. TİSK Yayınları, Ankara.
- Özkılıç, Ö. (2014). *Risk değerlendirmesi*. Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu,

422 s.

- Perinçek, D. (1979). *Palu-Karabegan-Elâzığ-Sivrice-Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkânları* (T.P.A.O. raporu, yayımlanmamış).
- Sade, Z. (2017). *Sivas Fimar Mermer Fabrikasının risk analizi ve değerlendirmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Seber, V. (2012). İşçi sağlığı ve güvenliğinde risk analizleri nasıl yapılır? *Elektrik Mühendisliği*, 445, 30-34.
- Schmidt, B. C. (1966). Stratigraphy of the Lower Paleozoic rock unit of petroleum district 5, Turkey. *Pet. Admin. Publ.*, II, 78-90.
- Şenyurt, O. (2019). *Kalker (kireçtaşı) ocağı işletmesinde risk değerlendirme uygulaması ve yöntemlerin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tandoğan, E., Balcı, M., Sümer, Y., Özkan, & Y. Z. (1981). Guleman (Elazığ) Krom Yatakları ve Peridotit Birimi'nin Genel Jeoloji Konumu ve Yapısal Özellikleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, (95-96), 1-23.
- Tekin, P., & Rızvan, E. R. O. L. (2016). Risk analizi: Bir otomotiv fabrikasında gerçekleştirilen X tipi karar matrisi uygulaması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 91-98.
- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012, 30 Haziran). T.C. Resmi Gazete (Sayı 28339).



YABAN HAYATI ENVANTER ÇALIŞMALARINDA DRON KULLANIMI

“ ”

Yasin UÇARLI¹

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Avcılık ve Yaban Hayatı Programı, Artvin / TÜRKİYE. ucarli@artvin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-4812-5350

1. Kavramsal Çerçeve: Envanter ve Dron

Popülasyon ve habitatların envanteri yaban hayatı yönetimi ve planlama kararları alınmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, özellikle ormanlık alanlarda bu envanterlerin klasik yöntemlerle başarılı bir şekilde elde edilmesinde bazı güçlükler yaşanmaktadır. Büyük memeli türlerin klasik yöntemlerle envanterleri, özellikle orman habitatlarında açık habitatlara göre daha karmaşıktır.

Yaban hayatı envanterlerinde, habitat ve birey izlemede teknoloji her geçen gün daha çok yer kaplamaktadır. Bu noktada birçok alanda olduğu gibi yaban hayatı alanında da insan gücünün yerini yavaş yavaş teknolojik ekipmanlara bırakması önemli rol oynamıştır. Yaban hayatı izleme çalışmalarında fotokapan yaygın biçimde kullanılmakta fakat dronlar ise henüz test aşamasındadır. Bazı yaban hayatı envanterlerinde ve diğer işlemlerde dronların kullanımının yavaş yavaş arttığı görülmektedir.

Günümüzde yaban hayatı koruma çalışmalarında teknoloji kullanımı hızla yükselmektedir. İHA'lar, özellikle biyoçeşitlilik krizinin derinleştiği günümüzde, geniş alanların kısa sürede ve yüksek çözünürlükle taranmasını sağlayarak karar vericilere gerçek zamanlı ve hızlı veri sunmaktadır. Ancak bu teknoloji kullanımının başarısı; habitatın kapalılık oranı, hedef türün veya türlerin biyolojisi ve habitat ve çevresel değişkenler ile doğrudan ilişkilidir.

Yaban hayatı çalışmalarında en çok ihtiyaç duyulan kısımlardan biri de planlama kararlarının alınmasında veri altlıklarının güncel ve sorgulanabilir olmasıdır. Bu noktada güncel haritaların elde edilmesinde bazen zorluklar yaşanabilmektedir. Bazı uydu görüntüleri bu amaçla kullanılsa bile güncel görüntülerin ve haritaların yapılmasında dronlar da kullanılabilir. Özellikle yeryüzü şekline bağlı olarak üçboyutlu haritaların elde edilebilmesi konumsal sorgulamalarda ve diğer işlemlerde yükselti, eğim ve bakım gibi konumsal parametrelerin analizlerini daha kolay hale getirebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Dronla Habitat Özelliklerinin Tespiti

İnsansız hava araçları (İHA yada UAV) yaban hayatı izleme için yeni fırsatlar sunmakta ve geleneksel arazi tabanlı yöntemlere göre pek çok avantaj bulundurmaktadır. Kuşların, deniz memelilerinin ve büyük herbivor türlerin farklı ortamlardaki envanterleri için elde edilen büyük resimler ve görüntüler kullanılarak normal koşullarda insan gözlemleri ile rutin olarak gerçekleştirilen envanterler daha kolay yapılabilmektedir. Bu görüntülerin elde edilmesinde ise genel olarak belirli hatlar boyunca yapılan taramalar kullanılmaktadır. Bunların yapılmasında ise bazı yazılımlar vasıtasıyla drona uçuş rotaları gönderilmekte ve böylece daha sağlıklı taramalar yapılabilmektedir. Tüm bunların yanında insansız hava araçları artan popülaritesi ile özel işlerden milli parklara kadar hemen her alanda kullanılmalarına neden olmuştur.

Dronların manüel kullanımlarının yanında otomatik kullanımlarının da olduğu örneklerle rastlanmaktadır. Örneğin Afrika'da savanadaki büyük memelileri tespit edebilen yarı otomatik bir sistemle sayım yapılabileceği önerilmektedir. Bu sistem, yüksek çözünürlüklü renkli resimleri manüel olarak yorumlayan gönüllüler tarafından sağlanan ek destekle hayvanların daha rahat tespit edilmesine yarayan bir sisteme dayanmaktadır. Sistem, yaban hayatı koruma konusundaki veri odaklı yönetim uygulamalarının geliştirilmesi için iyi perspektifler sağlamaktadır. Savanadaki büyük memelilerin tespit edilmesinde, sabit kanat UAV'lere monte edilen standart görsel spektрумdaki kameraların (RGB) verileri işleme tabi tuttuğu görülmektedir (Rey ve ark., 2017).

Kaçak avcılarla mücadele için geleneksel yöntemlerin bazı bölgelerde yeterli olmadığı ve dolayısıyla daha etkin yaklaşımlar için yeni talepler bulunduğu da belirtilmektedir. Bu bağlamda, son birkaç yılda kaçak avcılık fa-

aliyetlerinin yüksek oranda artmasıyla yüzleşmek için, hava araçlarının yanı sıra sensörler ve algoritmalar üzerinde de yeni teknolojilerin kullanılması önemlidir. Örneğin, Güney Afrika'da, Kruger Milli Parkında siyah gergedan avlayan avcılarla mücadele için dron kullanımı yarışmaları yapılmıştır (Pandolfi, 2014). Bazı çalışmalar ise UAV'ler üzerinde vizör sensörlerinin hayvanların ve kaçak avcılarının tespiti ve izlenmesi için kullanılması ve otonom aracın izlenmesi ve inişler sırasında kontroller için bu sensörlerin kullanılması üzerine odaklanmıştır (Olivares-Mendez ve ark., 2015). Günümüzde araştırmacılar ve koruma uzmanları, genellikle biyoçeşitlilik tehditlerini izlemek ve kaçak avcılığı önlemek için İHA'ları kullanmaya başlamışlardır.

Hayvan popülasyonlarının düzenli olarak izlenmesi, özellikle hayvanlar üzerindeki baskının yüksek olduğu durumlarda yaban hayatı korumasını sağlamak için gereklidir. Uçaklarda veya insansız uçak sistemlerinde yeni gelişmeler beraberinde yeni fırsatlar oluşturmaktadır. İnsansız uçak sistemlerinin, yüksek konumsal ve zamansal çözünürlükte veri sağlama, sistematik, kalıcı veri sağlama, operasyonel maliyetleri düşük olma ve operatörler için düşük riskli olma gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bununla birlikte, İHA'lar kısa süren dayanıklılık gibi bazı kısıtlamalara da sahiptir (Linchant ve ark., 2015).

Yaban hayatı popülasyonlarının dronlar kullanılarak izlendiğini, bugüne kadar gerçekleştirilen başarılı uygulamaların yanında İHA'ların ve kullanılan sistemlerin gelecekteki çalışmalar için yeni perspektiflerin ortaya konulmasında dört temel konu ön plana çıkmaktadır. Bu konular; 1) mevcut sistemler ve sensörler; 2) araştırma planı türleri ve tespit olasılıkları; 3) kaçak avcılık önleme çalışmalarına yapılan katkılar; 4) mevzuat ve etik şeklinde sıralanmaktadır.

Küçük sabit kanatlı sistemlerin yaban hayatında ve diğer çalışmalarda en çok kullanıldığı ve bunun fiyat, lojistik ve uçuş dayanıklılığı bakımından en uygun olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Kullanılan sensörler tipik olarak elektro-optik veya kızılötesi kameralar olmasına rağmen, yeni sensörleri geliştirme ve test etme potansiyeli de vardır. Çeşitli uçuş planı olanaklarına rağmen, çoğunlukla klasik hat uçuşları uygulanmıştır ve yeni yöntemlerin test edilmesi çok önemlidir. Birçok türün dronla yada İHA'larla tespit edilmesi mümkündür. Ancak büyük memelilerin sadece envanterlerinin yapılması hayatta kalma oranları, yaş cinsiyet dağılımları gibi diğer analizler için yeterli değilse burada istatistiksel yaklaşımlar kullanılamaz. İnsansız hava sistemlerinin avlanma önlemeye katkısı bilimsel literatürde henüz iyi belgelendirilmemiştir. Ancak ilk çalışmalar, bu yaklaşımın önümüzdeki birkaç yıl içinde koruma konusuna önemli katkılarda bulunacağını açıkça göstermiştir (Linchant ve ark., 2015).

Tüm bu değerlendirmelerin ışığında ve ülkemizde envanter genellikle klasik yöntemlerle yapılmaktadır. Yeni teknolojik imkanların yaban hayatı yönetiminde ve planlamasında kullanılabilirliği merak edilmektedir. Bu bağlamda yaban hayatı envanter çalışmalarında havadan sayım aracı olarak dron kullanımının değerlendirilmesine bu çalışma kapsamında ihtiyaç duyulmuştur.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada ormanlık alanları kapsamı açısından Artvin ili Şavşat ilçesi Meydancık bölgesinde ayı (*Ursus arctos*) üzerinde dron ve yersel gözlemler ile arazi çalışmaları yapılmıştır (Şekil 2). Benzer şekilde alpin habitatları kapsamı için de Artvin ili Şavşat ilçesi Alabalık köyü bölgesinde çengel boynuzlu dağ keçisi (*Rupicapra rupicapra*) için dron ve yersel gözlemler ile arazi çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3). Arazi çalışmaları ilkbahar ve sonbahar dönemlerini kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Dron test uçuşlarından önce arazide gözlemler yapılmıştır. Araştırma da orman vejetasyonunun henüz yapraklanmadığı dönem olan nisan ayında ve yaprakların biraz artmaya başladığı mayıs ayında dron ile uçuşlar yapılmıştır. Böylece geniş yapraklı orman örtüsü altındaki ayı bireylerinin tespit edilebilirliği ile yapraklı ve yapraksız dönem test edilebilmiştir. Aynı şekilde kasım döneminde çengel boynuzlu dağ keçisi için dronlarla ve yersel gözlemlerle hedef türün envanteri, tespit edilebilirliği ile drondan sakınma davranışları incelenmiştir.



Şekil 2. Dronların Ayı (*Ursus arctos*) Envanteri İçin Kullanımı



Şekil 3. Dronların Çengel boynuzlu dağ keçisi (*Rupicapra rupicapra*) Envanteri İçin Kullanımı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Habitat Tipleri ve Dron Kullanımı

Yapraklı ormanlık alanların bulunduğu alanlarda mart-nisan aylarında birey ve habitat anlamında görüşün daha iyi olduğu buna karşın ilerleyen süreçte orman vejetasyonundaki yapraklanma oranı artınca mayıs ayında görüş kabiliyeti doğal olarak azalmıştır. Bu dönemlerde ise orman içi açıklıklarda bulunan türlerin izlenmesinde dronlar kullanılabilir. Özellikle orman örtüsü altında yapraksız dönem görüş için uygundur. Buna karşın ibreli ormanda ve yapraklı ormanlardaki yapraklı periyotta ise görüş daha düşüktür. İbreli ormanlık alanlarda orman içi açıklıkları kullanan ayı gibi türlerde dron çok iyi bir gözlem aracıdır. Buna karşın batarya problemi nedeniyle uzun süreli gözlemlerin yapılması biraz zordur. Hava koşullarının özellikle rüzgar limitinin çok sınırlı olması ise diğer dezavantajdır.

Dronlar ayrıca yaban hayatı yönetiminde çok önemli yer tutan habitat özelliklerinin belirlenmesi yada konumsal verilerin elde edilmesi ve meşcere tiplerinin ortaya konulmasında güncel veriler sunabilmektedir. Araştırma alanı ile ilgili plan kararları alırken konumsal özellikler bu sayede daha kolay değerlendirilebilmektedir. Örneğin yerleşim yeri ve etrafındaki habitat özellikleri ile orman örtüsü bulunan alandaki meşcere özellikleri kolaylıkla karşılaştırılabilir (Şekil 4).



Şekil 4. Dronla Açık ve Kapalı Habitat Özelliklerinin Tür Tespiti ve Takibine Etkisi

Günümüzde profesyonel ve kişisel amaçlı küçük İnsansız Hava Araçları Sistemleri (UAS) kullanımı muazzam ölçüde artmaktadır. UAS düşük irtifalarda (<500 m) ve herhangi bir arazide kullanılabilir. Bu nedenle yerel fauna ile etkileşime girmeye duyarlıdır ve sistematik olarak değerlendirilmemiş yeni bir insan kaynaklı rahatsız edici bir araç olarak da değerlendirilebilir. Yaban hayatı reaksiyonlarının UAS özelliklerine (uçuş şekli, motor tipi ve uçak büyüklüğü) ve hayvanların kendisinin özelliklerine (hayvan türüne, yaşam döngüsüne ve toplanma seviyesine) bağlı olduğu tespit edilmiştir (Jenni-Eiermann ve ark., 2017). Bununla birlikte hayvan takibinde kullanılan ve hedefe yönelik uçuşlar, daha büyük UAS boyutları ve yakıtla çalışan nispeten daha gürültülü motorlar, yaban hayvanlarında en güçlü reaksiyonları uyandırdığı ortaya konulmuştur (Jenni-Eiermann ve ark., 2017). Bu özelliklere bağlı olarak envanter yapılan dönem hayvanların çiftleşme dönemi olması durumunda, hayvanların tepkilerin daha sınırlı olacağı yani azalacağı söylenebilir. Ayrıca daha büyük grupların daha rahat şekilde takip edilebilmesi de bir avantaj konumundadır. Arazi çalışmalarında bu durum çengel boynuzlu dağ keçisinde gözlenmiştir.

Üreme döneminde ve büyük gruplardaki hayvanlar UAS'ya karşı davranışsal tepkiler gösterme eğiliminde olduğu belirtilmektedir. Kuşlar ise diğer taksonlardan daha fazla oranda tepki vermeye daha yatkın davranmaktadır. Tüm bunlara ek olarak, ortaya çıkan bu uygulamalardan yaban hayatının olumsuz etkilenmesi durumunda uygun önlemlerin alınabileceği yasal mevzuatın oluşturulması ve uygulanması tavsiye edilmektedir (Jenni-Eiermann ve ark., 2017).

Afrika Fili korunan alanlarda tarım ve insan yerleşimleri tarafından giderek çevrelenmekte ve izole edilmektedir. Filler tarım alanlarına ve yerleşim yerlerine zarar verebilmekte ve toplumun koruma konusundaki desteklerini azaltabilmektedir. Tanzanya'nın kuzeyindeki sahada, yaban hayatı yöneticilerinin filleri çatışma bölgelerinden uzağa, 100 metrelik mesafelerden uzaklaştıracak ve böylece yaban hayatı yöneticilerinin, çiftçilerin ve fillerin güvenliğini arttıran yeni ve insancıl bir yöntem kullandıkları bildirilmiştir. Bu alanlarda eğitilmiş ekipler, pilot olarak çalıştırılan 10 kişilik dron ekibi konuşlandırmışlardır. Bu dronlar mısır hasat zamanı filleri yerleşim yerlerinden ve tarım alanlarından uzak tutmada başarılı olmuşlardır. Böylece dronların kullanımını, yaban hayatı ile çatışma düzeyinin yüksek olduğu noktalarda yaban hayatı yöneticileri ve yöre insanları için daha fazla test edilmesi sağlanmıştır (Hahn ve ark., 2017).

Tüm envanter ve izleme çalışmalarında çiftleşme dönemi envanterlere kolaylık sağlama noktasında önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda yörede kurulan fotokapanlar ve yersel gözlemlerden elde edilen verilere göre türlerin aktivite desenleri oluşturulmalıdır. Böylece hangi saat aralıklarında bireylerin daha fazla aktif oldukları belirlenmiş olacaktır. Bu saat dilemleri dronların havada kaldıkları sürenin de az olması nedeniyle daha etkin kullanılmalıdır. Yani özellikle akşam gün batımından yaklaşık 2 saat öncesi normal dronla ayı envanterinde en önemli zaman dilimi konumundadır. Benzer şekilde gün doğumundan 1-2 saat sonrası ise sonbahar mevsiminde çengel boynuzlu dağ keçisi için en uygun zaman dilimidir. Gerek noktada gözlem olsun gerek dron ve havadan sayım olsun bu zaman diliminde beslenme davranışı gösterdiği için bireyleri daha rahat takip etme olasılığı yüksektir.



Şekil 6. Orman İçi Açıklıklarda Dron Kullanılabilirliği ve Ayı Takibi

Herhangi bir bölgedeki yırtıcı türlerden olan vaşak ve kurt için daha çok gece aktif oldukları söylenebilir. Yırtıcı türlerin aktivitelerinde belirgin olan unsurların başında insan aktiviteleri ve özellikle av hayvanlarının aktiviteleri

belirgin rol oynamaktadır. Bu bağlamda yaban keçisi, yaban tavşanı ve yaban domuzu gibi av niteliğinde olan türlerin sabah ve akşam alacakaranlık vakitlerinde daha fazla aktif oldukları söylenebilir. Dronlarla bu türlerin envanteri yapılması durumunda vaşak ve kurt gibi türlerde havadan sayım çok daha güç olacaktır. Buna karşın habitat özelliklerinin görüşe ve alan taramaya izin verdiği bölgelerde çengel boynuzlu dağ keçisi ve yaban keçisi envanterinde dronlar havadan sayım aracı olarak rahatlıkla kullanılabilir.

Daha doğru populasyon tahminlerini elde etmek için fotokapanlar ve yersel gözlemler gibi izleme teknikleri daha yoğun iş gücü olmasına rağmen, potansiyel olarak hatalı ve kesin olmayan veriler sunabilmektedir. İnsansız hava araçları (UAV), yapay zeka ve minik termal görüntüleme sistemlerindeki son gelişmeler, yaban hayatı uzmanlarının nispeten geniş alanlarda daha ucuza araştırma yapmaları için yeni bir fırsat oluşturmaktadır. Yapılan bir çalışmada, orman veya açık alanlarda yaban hayatının nesne tespiti, sınıflandırılması ve izlenmesini gerçekleştirmek için bir termal görüntü yakalama ve bir video işleme hattı oluşturulmuştur. Sistem zemin tabanlı ve test uçuş görüntülerinden elde edilen termal video verilerinde test edilir ve araştırılan alanda bulunan tüm hedef yaban hayatı tespit edilebilir olduğu sürece tespit edilmiştir. Sistem, kullanıcıların sınıflandırılacak nesne türlerini ve sınıflandırma sırasında dikkate alınması gereken nesne özelliklerini kolayca tanımlayabilmeleri açısından esneklik göstermiştir (Gonzalez ve ark., 2016).

Günümüzde artık bilim adamlarının çevresel değişimi izlemek, yaban hayatını izlemek ve biyolojik işlemleri ölçmek için bir dizi uzaktan algılama aracı kullanarak ve bu teknolojik değişimin potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için ağ yeteneklerini artırmak gerektiği açıktır. Bu uzaktan algılama araçları uydular ve uçaklar diye iki guruba ayrılabilir. Bu araçlar, uzaktan algılama platformları ve kamera tuzakları, dronlar, telefonlar, etiketler ve sensörler gibi yerinde cihazlar olarak sayılabilir. Sinyalle izleme çalışmaları ve diğer birçok yaban hayatı çalışmasında teknoloji kullanımı her geçen gün artmakta ve yeni yöntemler geliştirilmektedir.

Genel olarak doğrudan ve dolaylı gözlem sonucunda kıl tuzakları ve foto kapanların kurulum noktaları belirlenmektedir. Bu noktalarda düzenli foto kapan görüntülerinin tedarik edilmesi çalışmalara çok fazla ışık tutmaktadır. Ayrıca kıl tuzaklarından elden edilen örneklerin analizleri ile birey tespitleri yapılabilmektedir. Ayrıca sinyalle izleme çalışmaları da yapılması durumunda türün mevsimsel habitat kullanımı gibi planlamaya ışık tutacak birçok verilere ulaşılmış olmaktadır.

3.2. Dronların Farklı Türlerde Kullanımları

Çengel boynuzlu dağ keçisi ve ayı envanter çalışmalarında dron kullanımının kıyaslanması ile hem örtü altında hem de açık habitatları kullanan diğer türlerin envanterleri kıyaslanmıştır (Tablo 1). Yapılan çalışmalarda uçuş

yüksekliğinin kuşlarda hem tür tespisi hem de hayvan refahı üzerindeki etkisini genel olarak ters korelasyon olarak ifade edilmektedir (Vas ve ark., 2015).

Ø Düşük irtifa (<30m): Çok yüksek çözünürlük ile tür/cinsiyet ayrımı daha kolay yapılabilir ancak maksimum stres ve bireylerde kaçma davranışı olabilir.

Ø Optimal irtifa (40m - 120m): Modern optik zoom ve termal sensörler için en uygun aralıktır. Hayvan doğal davranışını sürdürürken yeterli veri toplanabilir.

Ø Yüksek irtifa (>150m): Düşük stres ancak veri kaybı olabilmektedir (Vas ve ark., 2015).

Tablo 1. Farklı dron özelliklerinin türleri tespit edebilme oranları ve olası zorlukları

Envanter Kriteri	Çengel boynuzlu dağ keçisi (<i>Rupicapra rupicapra</i>)	Ayı (<i>Ursus arctos</i>)
Termal tespit	8/10	10/10 (Yüksek ısı bandı)
Görsel tespit	9/10 (Alpin ve kayalıkta kontrast)	4/10 (Ormanda kamuflaj)
Habitat zorluğu	Sarp Kayalık / Alpin	Yoğun Orman / Kapalılık
Davranışsal stres	Çok yüksek	Düşük / Gizli
Dronun ideal uçuş yüksekliği	120m - 200m (Yüksek uçuş)	60m - 100m (Termal odaklı)
Sensör seçimi	4K/8K RGB + Yüksek zoom	Yüksek çözünürlüklü termal (640x512)
Envanter zamanı	Gün doğumu	Akşam alacakaranlık öncesi
Uçuş özelliği	Sarp kayalıklara yatay yaklaşım	Orman üzerinde grid tarama
En büyük risk	Sürünün ürkmesi ve zarar görmesi	Hayvanların ve verinin yaprak örtüsü altında kalması

Çengel boynuzlu dağ keçileri genellikle orman sınırı üstünde alpin çayırılık ve alpin kayalık habitatlarda yaşamaktadırlar. Bu durum onların görsel olarak daha kolay tespit edilmesine imkan vermektedir. Kayalık ve karlı zeminlerde vücut formlarının kontrast oluşturması sayesinde RGB kameralarla çok uzak mesafelerden bile tespit edilebilirler. Buna karşın, dronun pervanesinden çıkan yüksek frekanslı ses, sürünün panik halinde kaçmasına ve yavru ölümlerine neden olabilir. Bu noktada, türün dron ile envanterinde yüksek uçuş ve yüksek optik zoom özelliklerinin kombinasyonu başarılı olabilir. Hayvan dronu fark etmeden ve ürkmeden envanter ve izleme çalışmaları tamamlanmalıdır.

Ayılar ise özellikle Artvin yöresinde yoğun ormanlık ve çalılık alanları daha fazla tercih etmektedirler. Ayıyı normal bir kamera ile orman içinde görmek imkansızdır. Ayrıca postu, ısıyı çok iyi yalıtıldığı için termal kamerada bazen sadece parıltı olarak görünebilir. Buna karşın, ayılar genel-

likle drona karşı belirgin bir kaçma eylemi sergilemezler. Hatta bazen dronu görmezden gelirler. Yapılan bazı çalışmalar ise kaçınma davranışı olmamasına rağmen gizli stres yaşadığını belirtmektedir. Ditmer ve ark., (2015), ayıların drona bakmasalar bile kalp atış hızlarının arttığını kanıtlamıştır. Bu, kış uykusu öncesi dönemde ayının enerji kaybetmesine ve metabolik stres yaşamasına neden olur. Ayı envanteri için dron kullanımında nispeten düşük uçuş yüksekliği ve termal sensörlerin kombinasyonu daha uygundur. Ayrıca zemin henüz ısınmamışken sabahın erken vakitleri en uygun zaman dilimi olabilir.

Alanda yapılan uçuşlar yaklaşık 200 metre yükseklikte bulunan RGB dronlarla detaylı ve net görüntülerin çekilebileceğini göstermiştir. Bu mesafeye kadar ayıların ve çengel boynuzlu dağ keçilerinin drondan kaçmadıkları gözlenmiştir. Deneme uçuşları, aynı zamanda, hareketsiz olan ve tanınması zor olan bireylerin dron sesleriyle harekete geçtiği ve böylelikle daha kolay görülebileceklerini de göstermiştir. Arazi çalışmaları esnasında yersel gözlemlerde dürbünle tespit edilemeyen bazı bireyler dronla tespit edilebilmiştir. Bu durum dronların iyi bir havadan sayım aracı olduğunu desteklemiştir. Dronlar, ayı gibi büyük memelilerde, ormanlık alanlarda yapılacak envanterlerin özellikle vejetasyon periyodu başlamadan önce yapılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceğini göstermiştir.

3.3. Farklı Habitat Yapılarında ve Türlerde Dron Kullanımı

Ormanlık Alanlar: Ormanlar, dron kullanımı için en zorlu habitatlar olarak kabul edilir. Kanopi kapallılığı, görsel spektrumdaki kameraların (RGB) zemin seviyesindeki hayvanları görmesini engeller. Ayrıca, yoğun ağaç dalları arasında sinyal kesilmesi ve GPS kaybı yaşanabilir. LiDAR ve termal sensörlerin entegrasyonu bu sorunu aşmaktadır. LiDAR, ağaçların arasından geçerek zeminin ve dikey habitat yapısının modelini çıkarırken; termal kameralar, yaprakların arasından sızan ısı bandını yakalayabilmektedir (Linchant ve ark., 2015).

Açık Alanlar: Görüş hattının açık olması, tek bir uçuşla binlerce hektarın taranmasına olanak verir. Işık koşulları stabil olduğunda yapay zeka tabanlı otomatik sayım algoritmaları en yüksek doğruluk oranına ulaşabilmektedir (Gonzalez ve ark., 2020). Gölge etkisi ve türlerin kamuflaj özelliği ile zeminde ayırt edilme zorluğu, özellikle gündüz uçuşlarında kaya veya çalı gölgelerinin hayvanlarla karıştırılmasına ve türlerin zor tespit edilmesine neden olabilmektedir.

Habitatın fiziksel yapısı, İHA operasyonunun hem lojistiğini hem de veri kalitesini belirleyen en temel değişkendir. Corcoran ve ark. (2019), dron verilerinin manuel olarak incelenmesinin imkansızlığını, derin öğrenme ve yapay zeka modelleriyle birlikte tespiti zor olan türlerde bile otomatik ve hassas bir sayım yapabileceğini ortaya koymuştur. Zhang ve ark. (2020), alçak irtifa

termal görüntülerinin tür teşhisinde önemli olduğunu ve özellikle çıplak gözle görülmesi zor olan türlerin termal kameralar ile belirlenmesinin envanterin doğruluğunu artırdığını belirtmektedir. Christiansen ve ark. (2022) ve Hodgson ve ark. (2013) ise dronların denizlerde kullanımını ortaya koymuşlar ve envanterin yanında deniz memelilerinin vücut kondisyonu üzerinden sağlık durumlarının da tahmin edilmesinde kullanıldığını belirtmektedirler.

Farklı yaban hayvanlarının İHA'ya verdiği tepkiler farklıdır. Bu durum hem veri doğruluğunu hem de hayvan refahını yakından etkilemektedir. Özellikle üreme kolonileri üzerinde uçuş yapmak, kuşların yuvalarını terk etmesine veya dronlara saldırmasına yol açabilmektedir. Benzer şekilde bazı memeliler, dron sesi duyduklarında kalp atış hızlarında strese bağlı olarak ani artışlar yaşayabilmektedirler. Dronların türlere zararları noktasında yapılan çalışmada ayıların bir dron yaklaştığında dışarıdan hiçbir tepki vermiyor gibi görünmesine rağmen kalp atış hızlarının yani stres seviyelerinin hızlı bir şekilde arttığı saptanmıştır (Ditmer ve ark., 2015). Vas ve ark., (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, dronun dikey yaklaşımının yatay yaklaşıma göre çok daha fazla stres oluşturduğu belirtilmektedir. Mulero-Pázmány ve ark. (2017) tarafından yapılan farklı bir çalışmada, dronların farklı türler üzerindeki rahatsızlık kaynakları ele alınmıştır. Bu bağlamda, hayvanlarda gözlemlenemeyen stres dronların kullanımı noktasındaki en büyük risk faktörleri arasında yer almaktadır.

4. YÖNETİM VE PLANLAMA

Özellikle ormanlık alanlarda yapraksız dönem dronla ile envanter için uygundur. Buna karşın ibrelili ormanda ve yapraklı ormanlardaki yapraklı periyotta ise görüş daha düşüktür. İbrelili ormanlık alanlarda orman içi açıklıkları kullanan ayı gibi türlerde dron çok iyi bir gözlem aracı olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak orman örtüsü altında tespit edilme oranları yaklaşık %40-60 arasında kalmaktadır. Çengel boynuzlu dağ keçisinde ise alpin habitatlarda yapılan envanterlerde dron ile tespit edilebilme %80-90 oranındadır. Bunun yanında dronların batarya problemi nedeniyle uzun süreli uçuşların yapılması biraz zordur. Hava koşullarının özellikle rüzgar limitinin çok sınırlı olması ise dronların diğer dezavantajı konumundadır.

Yaban hayvanlarında envanter ve izleme çalışmalarında çiftleşme dönemi envanterlere kolaylık sağlama noktasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle akşam gün batımından 2 saat öncesi ayı envanterinde en önemli zaman dilimi konumundadır. Gerek noktada gözlem olsun gerek dron ve havadan sayım olsun bu zaman diliminde beslenme davranışı gösterdiği için bireyler daha rahat tespit edilebilir. Bu saat dilemleri dronların havada kaldıkları sürenin de az olması nedeniyle daha etkin kullanılmalıdır. Bununla birlikte habitat özelliklerinin görüşe ve alan taramaya izin verdiği bölgelerde çengel boynuzlu dağ keçisi ve yaban keçisi envanterinde de dronlar havadan sayım

aracı olarak çok rahatlıkla kullanılabilir.

Kaçak avcılık birçok ülkede kontrol dışına kalan yasadışı faaliyettir. Dünyadaki kaçakçılık faaliyetleri, birçok hayvan türünü yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır (Olivares-Mendez ve ark., 2015). Tam bu noktada dünyada dronların kaçak avcılıkla mücadele aracı olarak kullanıldığı örneklerle rastlanmaktadır. Ülkemizde de gerek fotokapan gerek dron kaçak avcılıkla mücadele noktasında caydırıcı özelliklerinin yüksek olması nedeniyle kullanımı yaygınlaşmıştır.

Doğu Karadeniz dağları, ormanların içinde veya kenarındaki köyleri, onun hemen üzerindeki mezarları ve subalpin-alpin alanlardaki yaylalarıyla çok dağınık bir yerleşim yapısına sahiptir. İnsanların bu dağınık yerleşim gösterdiği orman, subalpin ve alpin ekosistemler aynı zamanda, doğa koruma yani biyoçeşitliliği koruma çalışmalarında bölgede en yoğun mücadelenin verildiği alanlardır. Ayı, yörede genel olarak orman, subalpin ve alpin ekosistemlerinde yaşamaktadırlar. Ayı, bu üç temel ekosistemdeki doğa koruma çalışmalarında yardımcı olabilecek olan önemli hedef tür durumundadır.

Yörede insanları mağdur etmeden doğayı koruyabilmek, insanlarla ayılar arasında yaşanan problemleri en aza indirebilmek ve planlamalarda en uygun ve etkin kararları alabilmek için verilerin toplanması oldukça önemlidir. Dronlarla birlikte havadan sayım farklı habitat yapılarında envanter ve veri toplama amacıyla kullanılabilir en uygun yöntemler arasında yer almaktadır. Araştırma sonucunda elde edilen bu bilgiler ayrıca, yörede yapılacak Orman Amenajman Planları, Avlak Planları, Korunan Alanların Gelişim ve Yönetim Planları gibi birçok planlamada karar vericilere yol gösterecek ve doğa koruma çalışmalarına ışık tutacaktır.

Dronlar ayrıca hedef türlerin kullandığı habitatları belirlemeye yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, dronların hem ormanlık alanlarda ayıların hem de alpin habitatlarda çengel boynuzlu dağ keçilerinin popülasyon ve habitat envanteri için kullanılabilirliğini göstermiştir. Buna ek olarak, termal kamera monte edilen dronların kullanımının, özellikle geceleri daha fazla faal olan büyük yırtıcı türlerde daha sağlıklı sonuçlar sağlayabileceği tahmin edilmektedir. Dron ile yapılan envanterlerin işçilik maliyetleri çok düşük olmakla birlikte, batarya sorunları nedeniyle kısa dönemli gözlemler dezavantajdır. Bununla birlikte yapılan bazı çalışmalar, dronların hayvanlarda stres oluşturduğunu da göstermiştir. Gözlemlenemeyen stres, yaban hayatı yönetimi açısından önemli kör noktalarından biridir. Bu bağlamda yaban hayatı araştırma olanakları değerlendirilirken hayvanları strese sokacak her türlü uygulamadan uzak durulmaya çalışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Christiansen, F., Bejder, L., Burnell, S., Ward, R., & Charlton, C. (2022). Estimating the cost of growth in southern right whales from drone photogrammetry data and long-term sighting histories. *Marine Ecology Progress Series*, 687, 173-194.
- Corcoran, E., Denman, S., Hanger, J., Wilson, B., & Hamilton, G. (2019). Automated detection of koalas using low-level aerial surveillance and machine learning. *Scientific reports*, 9(1), 3208.
- Ditmer, M. A., Vincent, J. B., Werden, L. K., Tanner, J. C., Laske, T. G., Iazzo, P. A., ... & Fieberg, J. R. (2015). Bears show a physiological but limited behavioral response to unmanned aerial vehicles. *Current Biology*, 25(17), 2278-2283.
- Gonzalez, L. F., Montes, G. A., Puig, E., Johnson, S., Mengersen, K., & Gaston, K. J. (2016). Unmanned aerial vehicles (UAVs) and artificial intelligence revolutionizing wildlife monitoring and conservation. *Sensors*, 16(1), 97.
- Hahn, N., Mwakatobe, A., Konuche, J., de Souza, N., Keyyu, J., Goss, M., ... & Olson, D. (2017). Unmanned aerial vehicles mitigate human–elephant conflict on the borders of Tanzanian Parks: a case study. *Oryx*, 51(3), 513-516.
- Hodgson, A., Kelly, N., & Peel, D. (2013). Unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying marine fauna: a dugong case study. *PloS one*, 8(11), e79556.
- Jenni-Eiermann, S., Strebel, N., Sattler, T., Tablado, Z., Mulero-Pázmány, M., & Negro, J. J. (2017). Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PLoS ONE*, 12(6).
- Linchant, J., Lisein, J., Semeki, J., Lejeune, P., & Vermeulen, C. (2015). Are unmanned aircraft systems (UAS s) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. *Mammal review*, 45(4), 239-252.
- Mulero-Pázmány, M., Jenni-Eiermann, S., Strebel, N., Sattler, T., Negro, J. J., & Tablado, Z. (2017). Unmanned aircraft systems as a new source of disturbance for wildlife: A systematic review. *PloS one*, 12(6), e0178448.
- Olivares-Mendez, M. A., Fu, C., Ludvig, P., Bissyandé, T. F., Kannan, S., Zurad, M., ... & Campoy, P. (2015). Towards an autonomous vision-based unmanned aerial system against wildlife poachers. *Sensors*, 15(12), 31362-31391.
- Pandolfi, P. A. (2014). Robotic Technology to Preserve Wildlife: A Scenario. *The Futurist*, 48(2), 35.
- Rey, N., Volpi, M., Joost, S., & Tuia, D. (2017). Detecting animals in African Savanna with UAVs and the crowds. *Remote Sensing of Environment*, 200, 341-351.
- Vas, E., Lescroël, A., Duriez, O., Boguszewski, G., & Grémillet, D. (2015). Approaching birds with drones: first experiments and ethical guidelines. *Biology letters*, 11(2), 20140754.
- Zhang, H., Wang, C., Turvey, S. T., Sun, Z., Tan, Z., Yang, Q., ... & Yang, D. (2020). Thermal infrared imaging from drones can detect individuals and nocturnal behavior of the world's rarest primate. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01101.