

## MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE GÖRÜLEN ERGONOMİK RİSK FAKTÖRLERİ

Melike YAĞCI<sup>1\*</sup>, Osman YILDIZLAR<sup>2</sup>, Murat YILDIRIM<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güneysu Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu  
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-7250-1750>

<sup>2</sup> Avrasya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü  
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-5485-8702>

<sup>3</sup> Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güneysu Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu  
ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-3530-6862>

### Anahtar Kelimeler

Madencilik sektörü  
Ergonomik risk  
Kas iskelet sistemi  
rahatsızlıkları  
İş sağlığı ve güvenliği

### Öz

Madencilik sektörü çok tehlikeli sınıfta yer almakla beraber en kısa sürede en fazla üretimi ve kar elde etmeyi hedef alır. Kas İskelet Sistemi Rahatsızlıkları (KİSR) başta olmak üzere işyerlerindeki sağlık ve güvenlik sorunlarını en aza indirip üretkenlik ve doyum dâhil olmak üzere insan performansını en üst düzeye çıkarmak üzere yapılan girişimler ergonomi alanının konusudur. Madencilikte ergonomik risklerin getirdiği iş günü, işgücü kaybı gibi sonuçlar, bu konuda yapılan araştırma ve incelemelere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu derleme çalışmasında; madencilikteki ergonomik risklerin özellikle Kas İskelet Sistemi (KİS) riskleri bağlamında ele alınması amaçlanmıştır. 'Google Scholar' elektronik veri tabanı ile 2002- 2021 yılları arasındaki ulusal ve uluslararası makale, konferans bildirileri ve kitap bölümleri incelenmiştir. Madencilikte ergonomi ve KİSR'ye yönelik yapılmış çalışmalar mantıksal bütünlük halinde ele alınmıştır. Bu kapsamda madencilikte görülen ergonomik risk faktörleri; fiziksel, kişisel, psikososyal, organizasyonel (örgütsel) ve çevresel boyutta başlıklar halinde sunulmuştur. Çalışmalar maden türüne ve belirtilen ergonomik risk türüne göre sınıflandırılmış olup; risk türlerine göre karşılaşılan özellikli durumlar irdelenmiştir.

## ERGONOMIC RISK FACTORS IN THE MINING INDUSTRY

### Keywords

Mining industry  
Ergonomic risk  
Musculoskeletal  
disorders  
Occupational health  
and safety

### Abstract

Although the mining industry is in the very dangerous class, it aims to achieve the highest production and profit in the shortest time. The initiatives taken to minimize health and safety problems in the workplace, especially about Musculoskeletal Disorders (MSD) and to maximize human performance including productivity and satisfaction are the subject of ergonomics. Results such as loss of workday and workforce brought by ergonomic risks in mining show that there is need for researches and investigations on this subject. In this compilation study; it is aimed to address ergonomic risks in mining, especially in the context of musculoskeletal system risks. With the "Google Scholar" electronic database, national and international articles and conference proceedings between 2002 and 2021 were examined. Studies on ergonomics and MSD in mining are handled in a logical integrity. In this context ergonomic risk factors seen in mining; physical, personal, psychosocial, organizational and environmental dimensions. The studies are classified according to the mine type and the ergonomic risk type; special situations encountered according to risk types are examined.

Derleme Makale

Başvuru Tarihi : 08.02.2022

Kabul Tarihi : 20.03.2022

Review Article

Submission Date : 08.02.2022

Accepted Date : 20.03.2022

\* Sorumlu yazar e-posta: melike.yagci@erdogan.edu.tr

## 1. Giriş

Madencilik, çok sayıda endüstrinin temel kaynağı olan mineral ve metallerin elde edilmesi sonucu üretime verdiği destek ve istihdam oranı ile ekonomik dengeleri etkileyen dev bir sektördür. Madencilik istatistikleri, 2018 yılında dünya madencilik üretiminin 17,7 milyar metrik ton olduğunu ve toplam üretim miktarının %58,3'lük oranının Asya Kitası'nda yapıldığını göstermektedir ("World Mining Data," 2020).

Madencilik, tarih boyunca sağlık ve güvenlik riskleriyle hayati tehditleri bünyesinde barındıran bir sektör olmuştur (Yıldız ve Sandal, 2020). Madencilikle ilgili hayati riskler dışında en önemli sorunlardan birisi madencilerde ergonomik risklere maruziyetle birlikte görülen KİSR'lerdir (McPhee, 2004).

Amerika Birleşik Devletleri İşgücü İstatistikleri Bürosu'nun 2013 raporunda, dünya çapında tüm madencilik sektöründe KİSR insidans oranı, 10.000 tam zamanlı çalışan başına 42,5 olarak bildirilmiştir (Weston vd., 2016).

Madencilikte ergonomik riskler kapsamında; yaş, iş tecrübesi, Vücut Kitle İndeksi (VKİ), yeraltı çalışma koşulları (aydınlatma, termal konfor, gürültü, çamurlu ıslak alanlar, vb.), stres, vardiyalı çalışma, iş rotasyonları, işi zamanında yetiştirme kaygısı ve göçük korkusu, elle ağır ve biçimsiz nesnelere taşımak, bozuk yol şartlarında sarsılmak, sendelemek, düşmek, fazla çaba ve güç sarf etmek, dar ve çamurlu alanlara uyum sağlamaya çalışmak, titreşim, düzgün olmayan duruşta çalışmak, makinelerin kullanımı esnasında hareketsiz kalmak, madene özel araçlara binmek ve inmek esnasında yaşanan sıkıntılar, tekrarlı hareketler, güçlü kavrama, basınç noktaları oluşturan temas gerilimi şeklinde sıralamak mümkündür (Amponsah-Tawiah vd., 2014; Bhattacharjee vd., 2013; MCPhee, 2004; Wiehagen ve Turin, 2004; Xu vd., 2012; You vd., 2014).

Bu derleme çalışmasında; madencilikteki ergonomik risklerin, özellikle KİS riskleri bağlamında ele alınması amaçlanmıştır. Ergonomik riskler; fiziksel, kişisel, organizasyonel, psikososyal, çevresel faktörler olarak başlıklar halinde verilmiştir. Okuyucuya hızlı, görsel ve anlaşılır bilgi aktarımı için veri sunumunda şekil ve tablolardan yararlanılmıştır.

Araştırmada güncel olması amacı ile 2002-2021 yılları arasında yapılmış çalışmalar, konferans bildirileri, kitap bölümleri incelenmiş olup bu amaçla 'Google Scholar' elektronik veri tabanı kullanılmıştır. Türkçe ve İngilizce olarak 'madencilik sektörü, ergonomi, ergonomik risk faktörleri, kas iskelet sistemi rahatsızlıkları, iş sağlığı ve güvenliği' anahtar kelimeleri kullanılarak tarama yapılmıştır.

Çalışmanın planı şu şekildedir; makalenin giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde madencilikte görülen ergonomik risklere yönelik yapılmış literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde madencilikte ergonomi ve ergonomik risklerin açıklamaları yapılmıştır. Dördüncü bölümde araştırmadan elde edilmiş bulgular ve beşinci bölümde tartışma yer almaktadır. Çalışmanın sonunda ise madencilikte ergonomi ile ilgili gelecekte yapılacak olan araştırmalar hakkında çeşitli yorum ve öneriler sunulmuştur.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Madencilik sektöründe meydana gelen KİSR sağlık yönüyle olduğu kadar ekonomik olarak da büyük bir problemdir (Moore vd., 2008).

Amerikan İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi, 1990'dan itibaren birçok sektörde ergonomik riskler, ergonomik risk analizleri ve girişimlerin yer aldığı çalışmalar yayımlamaya başlamıştır. Bu süreçte en ağır çalışma koşullarına sahip sektörlerden olan madencilikte, ergonomi ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. 'Amerikan Maden Güvenliği ve Sağlık İdaresi (MSHA; Mine Safety and Health Administration)', maden işletmelerinde KİSR'nin araştırılması için 1998 yılında Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (NIOSH; National Institute for Occupational Safety and Health)'ne resmi bir talepte bulunmuştur. Resmi görüşmeler sonrası KİSR'ye sebep olabilecek riskleri detaylandırmak için farklı maden türlerinde ergonomi uygulamalarına yönelik proje başlatılmıştır. Proje kapsamında yapılan bir çalışmada, NIOSH'den gelen resmi talep doğrultusunda maden sektöründe maruz kalınan ergonomik riskler ve etkilenen KİS bölgeleri maden üretim türüne göre ayrıştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yeraltı kömür, yerüstü bakır, yerüstü fosfat ve yeraltı kireçtaşı şeklinde dört farklı maden sahasında ergonomik değerlendirme ve analiz yapılmıştır. Maden işlerinin dinamik olmasından dolayı madencileri tek bir görevde değerlendirmek mümkün olmamaktadır. Bu sebeple ergonomik risklerin belirlenmesinde bir şablon oluşturulmuştur. Bu şablon; bilgilerin toplanmasında ölçek ve kayıt incelemelerini, işçi ve yöneticilerle görüşme raporlarını, iş analizleri sonrasında KİSR'ye risk oluşturan durumları ve çözüm önerilerini içermektedir. Tüm görevler risk durumlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu riskler; uzun süre kötü duruş ile çalışma, elle ağır/tekrarlı yük kaldırma, zorlayıcı kavrama, temas travmaları, sendeleme/sarsılma, el-kol titreşimi, yüksek tekrarlayıcı hareketler, diğer (sıcak, gürültü, termal konfor şartları, kötü çevre) şeklinde sayılabilir. Dört maden türünde de KİSR'ye sebep olabilecek en etkili risklerin kötü duruş ve elle yük taşıma olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda ergonomik risklere bağlı maddi kaybı önleme ve işçi

güvenliğinin sağlanması için madencilerde, ergonomik farkındalık oluşturma ve yapılan işteki riskleri tanıtmaya, ergonomik prensiplere uyararak çalışma için eğitim ve yaklaşımlar, iş rotasyonları, güvenlik kültürü oluşturma, ergonomik ekipman geliştirme şeklinde proaktif çözüm önerileri sunulmuştur (Wiehagen ve Turin, 2004).

Maden sektöründeki ergonomik risk faktörlerini tanımlamak, risk analizi yapmak, KİSR'yi ortaya koymak ve maden sektöründe ergonomi programı (eğitim, iş çevresi tasarımı, yeni ekipman alımı, prosedür değişiklikleri vb.) yürütülmesine yönelik dersler çıkarmak amacı ile NIOSH'nin 1998'de aldığı proje kararı doğrultusunda pilot seçilen bir yerüstü kömür madeni işletmesinde (Jim Bridger Mine) çalışma başlatılmıştır. Çalışma yaklaşık 3 yıllık süreyi kapsamıştır. Veriler 2001 yılı ve 2004 yıllarında toplanmış olup elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yürütülen çalışmanın sonunda madencilikte ergonomik farkındalık oluşturulmuş, sağlık ekibinde fizyoterapi uygulamalarına yer verilmiş, KİSR'de %17 oranında azalma ile psikososyal iyilik hali elde edilmiş, madencilikte yapılabilecek ergonomik girişimlerle ilgili önemli adımlar atılmıştır. En çok maruz kalınan risk faktörleri için tekrarlı hareketler, elle ağır yük kaldırma, kuvvetli kavrama olduğu daha az oranda kötü duruş, titreşim ve sarsılma olduğu bildirilmiştir (Torma-Krajewski vd., 2007).

NIOSH'nin desteklediği kapsamlı proje çalışmaları sonrasında madencilikte ergonomi ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlansa da günümüzde halen madencilik işlerinde ergonomiye gereken önemin verilmediğini yansıtan çalışmalar mevcuttur. Öyle ki; yapılan bir çalışmada 2004-2020 yılları arasında ergonomi alanında yapılmış araştırmalar incelenmiş ve sektörlere göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucunda ergonomi ile ilgili en az maden sektöründe araştırma yapıldığı bildirilmiştir (Aksüt vd., 2020).

Hindistan'da bir yeraltı kömür madeninde çalışma şartları ve kişiye ait özelliklerin KİSR'ye etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonrasında KİSR ile ilişkili risk faktörleri olarak yaş, kötü çevresel şartlar, olumsuz çalışma koşulları ve insan davranış faktörleri olarak bildirilmiştir. Ergonomik önlemler alınırken bu hususların dikkate alınması gerekliliği vurgulanmıştır. (Ghosh vd., 2004).

Yeraltı kömür madeninde yapılan bir çalışmada teknolojik gelişmeye bağlı olarak kümülatif hastalıklardaki yaygınlık durumu ve maliyet etkisi incelenmiştir. Bu sebeple 20 yıllık süre (1983-1984 ile 2003-2004) içerisinde elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. MSHA'dan 1983-1984 verileri alınmış ve 2003-2004 yılındaki verilerle eşleştirilmiştir. Yalnızca yeraltı kömür madeni üretim faaliyetlerine ait kümülatif rahatsızlıklarla

ilgili veriler alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre teknolojik gelişmelerden sonra KİSR'de azalma olmasına rağmen (%37'den %33'e) KİSR'ye bağlı işe gidilmeyen gün sayısında bu süreç zarfında artış olduğu bulunmuştur. Bu sonucu etkileyen çeşitli sebeplerin olabileceği üzerinde durulmuş ve etkenlerin artan yaş, çalışma süresi ve tıbbi tedavilerdeki değişiklikler olabileceği bildirilmiştir. Aynı zamanda bel-sırt-boyun kaynaklı rahatsızlıklarda azalma olduğu da elde edilen bulgulardandır. Bu sonuca NIOSH'nin maden sektöründe ergonomi konusu üzerindeki çalışmalarını doğrultusunda geliştirdiği yardımcı ekipmanların etkisinin olabileceği bildirilmiştir. Buna rağmen gelişen teknoloji ile dar alanlara girilerek yapılan işlerdeki artış ile diz rahatsızlıklarında yükselme tespit edilmiştir. Çalışmanın sonunda vurgulanan en önemli hususlardan biri ise karşılaştırmada kullanılan algoritmaya bağlı kalındığında asıl olanın mekanizasyonla beraber yeraltına inen işçi sayısında da azalma olduğudur. Gerçekte olan ise KİSR'de çok da azalma olmadığı yönündedir. Maden sektöründe KİSR sonucu oluşan maliyetin sektöre büyük bir yük getirdiği bu sebeple ergonomi uygulamaları ile KİSR'nin temel sebeplerinin sistematik olarak tanımlanması ve girişimlerin hayata geçirilmesinin elzem olduğu bildirilmiştir (Moore vd., 2008).

Madencilikte günlük yapılan işlerin her aşamasında birçok risk faktörü ile karşı karşıya kalınır. Madencilikte ergonomi konusunun sistematik bir şekilde incelendiği bir çalışmada fiziksel ve psikososyal faktörlerin birleşik etkisinin KİSR ile olan ilişkisi üzerinde durulmuştur. Uzamış vardiya saatleri, ağır iş yükü, rotasyonların azlığı, stres, Tüm Vücut Titreşimi (TVT), kabin tasarımı, uzun süre sabit oturma, elle yük kaldırma-taşıma gibi risk faktörlerinin KİSR'ye sebep olduğu bildirilmiştir. Araştırmanın sonunda katılımcı ergonomik yaklaşımlar ile risk yönetiminin hayata geçirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (McPhee, 2004).

Madencilik endüstrisinde KİSR ve ergonomik risklerle ilgili yeraltı-yerüstü kömür, yerüstü taş ve taş işleme madencilğinde yürütülen çalışma kapsamında 2009- 2013 yılları arasında MSHA'dan alınan veriler doğrultusunda en fazla maruz kalınan ergonomik risk türleri sınıflandırılmıştır. KİSR ile ilişkili kişisel risk faktörlerinin yaş ve tecrübe olduğu bulunmuştur. İlerleyen yaş ile diz ve omuz bölgelerinde ağrının arttığı, KİSR'nin en fazla 5 yıldan az ile 20 yıldan fazla çalışanlarda görüldüğü saptanmıştır. KİS riskleri ile ilişkili olarak; malzeme taşıma, bakım ve onarım görevlerinde aşırı efor sarf etme, tekrarlamalı işler, yürüme veya koşma, makinaya binme veya makineden inme, kullanılan bir nesnenin işçiye düşmesi veya çarpması bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda ekipman çeşitliliği, doğru aletlerin kullanılması, düzenli hijyen, çalışma çevresinin düzenli hale getirilmesi

gibi proaktif yaklaşımlarla KİSR'nin önüne geçilebileceği vurgulanmıştır (Weston vd., 2016).

Bir açık ocak kömür madeni işletmesinde yürütülen bir çalışmada açık ocak, tamir-bakım, stok sahası ve ofis bölümlerinde ergonomik riskler anket yöntemiyle araştırılmıştır. Araştırma 254 çalışan ile yürütülmüş olup ergonomik risklere en fazla tamir-bakım çalışanlarının elle kaldırma işlerini yaparken maruz kaldığı tespit edilmiştir. Diğer riskler ise uygun olmayan duruş ile çalışma, sabit oturma ve ayakta kalarak yapılan işler, tek başına çalışma, ekipmanı kavrama şekli ve çalışma çevresi düzensizliği şeklinde sıralanmıştır. Kaldırma, itme-çekme, tekrarlı işler, uzağa erişmeye çalışma hareketleri sayılan diğer fiziksel risk faktörlerindedir. Çalışanların KİSR şikayetlerine yönelik yorumları ise ağrı, yorulma ve sıkıntı duyma şeklindedir. Çalışmanın sonunda maden sektöründe var olan birimlerin her birine ayrı ayrı ergonomik değerlendirme ve iyileştirme programlarının yapılması, çalışanlara yönelik düzenli ergonomi eğitimlerinin verilmesi veya iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri kapsamında ergonomi ile ilgili bölümüm daha çok üzerinde durulması önerisinde bulunulmuştur (Boğa, 2014).

Madencilik endüstrisinde ağır yük araçlarının kullanımı, TVT yönünde detaylı incelemelere ve proaktif girişimlere ihtiyaç olduğunu göstermektedir (McPhee, 2004).

Hindistan'da açık ocak demir cevheri madeninde TVT ile kişisel ve organizasyonel ergonomik risk faktörlerinin ilişkisi araştırılmıştır. Araştırmaya katılan 39 arazi operatörünün %70'inin yüksek düzeyde TVT'ye maruz kaldığı (ISO 2631-1 belirlediği sınır değerlere göre) ve çoklu doğrusal regresyon modelleri ile yapılan analizde TVT'nin; operatörün yaşı, makinanın modeli, arazinin sertliği, basınç dayanıklılığı ve yoğunluğu ile güçlü şekilde; VKİ ile önemli seviyede ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Organizasyonel anlamda bu araçları kullanan operatörlerin TVT ile ilgili farkındalık eğitimlerine, iş rotasyonlarına, koltuk tasarımı, süspansiyon sistemi ve kabin tasarımının antropometrik ölçülerle uygun hale getirilmesi şeklinde mühendislik girişimlerine ve sağlıkla ilgili olarak fiziksel aktiviteye yönlendirme, kilo kontrolü gibi iyileştirmelere yer verilmesi önerilmiştir (Chaudhary vd., 2019).

İran'da bir kurşun madeninde yapılan çalışmada 40 madencinin yaptıkları iş esnasında maruz kaldıkları ergonomik riskler analiz edilmiştir. Değerlendirme sonrası tespit edilen risklerin; uzun süre ayakta kalma, yük aracı kullanımına bağlı olarak TVT ve kötü duruş olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda ayrıntılı ergonomik risk değerlendirmesinin aralıklı olarak yapılması ve eğitimlerin düzenli verilmesi ile

mühendislik girişimleri ile iyileştirmelere yer verilmesi önerilmiştir (Jahangiri vd., 2015).

Madene özel delici ekipmanlarla yapılan işlerden kaynaklı el-kol titreşimi, madencilerde ciddi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Güney Afrika'da altın madencilerinde el-kol titreşim sendromunun incelendiği bir çalışmada, kaya delici matkap kullanan madencilerde el-kol titreşimi maruziyet oranı %15; kullanmayanlarda ise %5 seviyelerinde bulunmuş ve aradaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda kaya matkaplarını kullanırken el-kol titreşim maruziyetinin azaltılmasına ilişkin kontrol tedbirlerinin artırılmasına yönelik çalışmaların başlayacağı bildirilmiştir (Nyantumbu vd., 2007).

Maden sektöründe el-kol titreşim maruziyetinin ölçümü ve değerlendirilmesi için yapılan bir diğer çalışmada ise elle yönetilerek kullanılan aletlerin, matkap ve martopikör gibi delici sınıfında yer alan araçların, yüksek devirle dönen taşlama/kesme makineleri ile spiral kesme makinelerinin, yüksek titreşimle dakikalar içinde el-kol titreşimi maruziyet sınır değerine ulaştığı gösterilmiştir (Erdem vd., 2016).

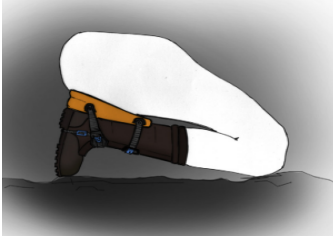
Madencilikte mekanizasyonun artışı ile madencilerde fiziksel yüklenmenin azalacağı öngörülmektedir. Ancak gerçekte olan işçilerin mekanize araçları yönetmenin ötesinde araçların bağlantı kablolarının sarılıp toplanması, ekipmanların kurulumu ve aracın bakımı, onarımı, tamiri, temizliği gibi birçok riskli işlemi yapmalarıdır (Mandal, 2014; Moore vd., 2008).

Yeraltı madende yapılan bir çalışmada, ele alınan görevlerin kas iskelet risk analizi biyomekanik modelleme ile yapılmıştır. Elle taşıma yapan yeraltı maden işçilerinde KİSR ile ilgili zedelenmeleri en aza indirmek amacıyla yapılan analizler sonucunda çok sayıda vücut duruşu ile ilgili risk kaydedilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkılarak araştırmacılar, madencilikte meydana gelebilecek KİSR için alınabilecek önlemleri üç boyutta özetlemişlerdir:

1. KİSR'nin nasıl oluştuğu ve ergonomik risklerle ilgili farkındalığı artıracak eğitimlerin verilmesi ve diğer planlamalar,
2. Vardiya öncesi germe-esneme egzersiz programına yer verilmesi,
3. Alet-edevat düzeninin sağlanması ve vardiya programının gözden geçirilmesi (Hossny vd., 2015)

Dört farklı düşük damar kalınlığına sahip yeraltı kömür madeninde (madenlerin çalışma yükseklikleri: 91,4 cm; 109,2 cm; 121,9 cm ve 137,2 cm) yapılan bir çalışmada, 64 madencinin sıklıkla yaptıkları görevler ile bu görevlerde alınan duruş pozisyonları kendi kendini raporlama yöntemi ile

tespit edilmiştir. Kömür madencilerinin 18 farklı görev yaptıkları ve görevlerde dar dikey alanlarda en çok dizlerin üstüne çökme ve çömelme şeklinde iki farklı duruş tespit edilmiştir. Çömelme şeklinde çalışma iyi bir kas kuvveti gerektirdiği için en çok dizlerden çökme ile topuklar üzerine oturma şeklinde çalışma duruşunun tercih edildiği bildirilmiştir. Topuklar üzerinde maksimum diz fleksiyon açısı ile yapılan işlerde kıkırdak harabiyetine bağlı osteoartrit gibi KİSR gelişme riskinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu sebeple sınırlı çevre şartlarının el verdiği oranda rotasyonel stratejilerle çalışma duruşunun modifiye edilmesi ya da dizlerdeki yüklenmeyi azaltacak yardımcı ekipman kullanılması önerilmiştir. Şekil 1’de gösterilen NIOSH’nin ortaklığı ile geliştirilen ayak bileğine giyilen endüstriyel vücut ağırlığı destek ekipmanının kullanılması ile dizdeki fleksiyon açısının azaltılacağı ve topuklara binen vücut ağırlığının dağıtılacağı bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda, dar kısıtlı alanlarda çalışan madenciler için ergonomik yazılım programları ile uygun duruş stratejilerinin biyomekanik modellemesinin geliştirilmesi, koruyucu ekipman kullanımı ve kıkırdak dokunun beslenmesinin sağlanması gibi sebeplerle sıklıkla pozisyon değişimi ile mola verilmesi önerilmiştir (Moore vd., 2012).



**Şekil 1. Vücut Ağırlığı Destek Ekipmanı (Moore vd., 2012)**

Ergonomik riskler açısından bir diğer önemli konu kişisel risk faktörleridir. KİSR’de; yaş, çalışma süresi ve fiziksel uygunluk gibi kişisel özelliklerin iş yeri düzeni ve fiziksel riskler kadar etkili olduğu bilinmektedir (Chaudhary vd., 2019; Tekin vd., 2009).

Hindistan’da yeraltı kömür madeninde yapılan bir çalışmada, sosyoteknik ve kişisel faktörlerin birbiri ile ilişkili olduğu ve madencilerin iş kazası yaşama ve yaralanma durumuna etkisi olabileceği saptanmıştır. İş doyumsuz ve güvenli davranış alışkanlıklarının iş kazası ile önemli seviyede negatif yönde ilişkili olduğu bulunmuştur. Güvenli çevrenin ise tehlikeler ile negatif, sosyal destek ile pozitif yönde bir ilişkisi olduğu saptanmıştır. Güvenli çalışma çevresi oluştuğunda iş stresinin önemli seviyede azaldığı elde edilen sonuçlardandır (Paul ve Maiti, 2008).

Fiziksel uygunluk kriterlerindeki azalma KİSR için bilinen risk faktörlerindedir. Fiziksel uygunluğun önemli belirleyicilerinden olan esneklik ve kassal

endurans parametreleri KİSR ile yakından ilişkilidir (Selici vd., 2018; Stewart, M. vd., 2003).

Madencilerde kişisel risk faktörlerinin irdelendiği bir çalışmada; madencilerden oluşan ve iyi bir kondisyona sahip olması beklenen maden kurtarma ekibinin fiziksel uygunluk kriterleri genel popülasyonla kıyaslanmıştır. Fiziksel uygunluk parametrelerinden olan kardiyovasküler ve kassal uygunluk değerlerinin madencilerde, genel popülasyona göre daha düşük olduğu bulunmuş olup çalışmanın sonunda düzenli egzersiz eğitiminin gerekliliği üzerinde durulmuştur (Stewart, I. B. vd., 2008).

Zonguldak kömür madeninde yeraltı maden işçilerinde yapılan bir çalışmada bel ağrısı morbiditesi ile fiziksel uygunluk kriterleri arasında negatif yönde korelasyon bulunmuştur. Aynı çalışmanın sonunda; maden sektöründe bel ağrısına bağlı yetersizliğin çeşitli egzersiz ve fizyoterapi uygulamaları ile kontrol altına alınması yönünde iş sağlığı ve güvenliği biriminin geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Selici vd., 2018).

Fiziksel uygunluk parametrelerinden vücut kompozisyonunun önemli göstergelerinden biri olan VKİ ile KİSR arasında ilişki olduğu bilinmektedir (Hardison ve Roll, 2017).

Avusturalya’da iş sağlığı ve güvenliği perspektifinden yaklaşılan sağlıklı yaşam programları kapsamında kilo yönetimi sürecinde iki maden şirketinde çalışan işçilerden seçilen 897 katılımcı incelenmiştir. Katılımcıların %68’inin fazla kilolu ve obezite sınırında olduğu bulunmuştur. İş sağlığı ve güvenliği profesyonellerince yürütülen kilo yönetimi ve davranış değişikliği programı kapsamında obezite ile ilişkili kronik hastalıklar geliştirme ihtimalinde ve aşırı vücut ağırlığı ile ilişkili yaralanma riskinde azalma beklendiği bildirilmiştir. Ayrıca, yoğun fiziksel performans gerektiren maden işleri için yeterli uygunlukta bir işgücünün sağlanabileceği belirtilmiştir (Street ve Thomas, 2017).

Kömür madencilerinde bel ağrısının incelendiği bir çalışmada, iş gücü ve iş günü kaybıyla madencilerde bel ağrısının önemli bir sağlık problemi olduğu bildirilmiştir. Madencilerin işe alınmadan önce sağlık kontrolleri kapsamında bel ile ilgili tetkiklere yer verilmesine, aralıklı kontrollerin yapılmasına, madencilerde bel ağrısına sebep olan faktörler ile risk düzeylerinin belirlenmesine ve her seviyeden çalışanın eğitilmesine ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Sarıkaya, 2002).

Maden işçilerinde bel ağrısı sıklığının araştırıldığı ve ofis çalışanları ile karşılaştırıldığı bir çalışmada; bel ve sırt kas enduransı ‘Biering Sorensen’ testi (Biering-Sørensen, 1984) ile değerlendirilmiştir. Madenciler, ağrısı olan ve olmayanlar şeklinde

karşılaştırıldığında bel ağrısı olan çalışanlarda bel ve sırt kas enduransının daha düşük olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Madencilerde bel ağrısına bağlı izin kullanma oranının ofis çalışanlarından 9,5 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca madencilerin yaşı ve çalışma süresi az olanlarda bel ağrısının daha az olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda, sağlığın bozulmasının yanında işgücü, işgünü kaybına sebep olması nedeniyle mesleki/kişisel risk faktörlerine yönelik eğitime, bel okulu gibi programlara madencilerde KİSR ile mücadelede ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Tekin, 2006).

Bir yeraltı bakır madeni işletmesinde madencilerde görülen KİSR sıklığının ve KİSR'nin biyopsikosozyal açıdan etkisinin araştırıldığı çalışmada ergonomik risk analizi ile fiziksel riskler ele alınmış, egzersiz uygulamaları ve ergonomi eğitimi sonrası değişim incelenmiştir. Çalışmanın sonunda maden ocaklarında iş sağlığı ve güvenliği biriminde düzenli ergonomi eğitimlerine, örgütsel düzenlemelere ve egzersiz uygulamalarına yer verilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Yağcı, 2021).

Hindistan'da yeraltı kömür madeninde yandan boşaltmalı yükleyici makine operatörleri, aşırı yoğun çalışma ve termal konfor risklerine maruziyet açısından değerlendirilmiştir. Kalp atım hızı ile ergonomik riskler, yürütülen işler esnasında ölçülmüştür. Yapılan işler yüksek ve çok yüksek risk kategorisinde değerlendirilmiş olup; madencilerin önemli seviyede çalışma duruşu ve termal konfor risk faktörlerine maruz kaldığı tespit edilmiş ve ergonomik müdahalelerin gerekliliği bildirilmiştir (Sharma vd., 2016).

Pakistan'da bir yeraltı kömür madeninde KİSR oluşumuna psikososyal risklerin etkisi 252 madenci üzerinde araştırılmıştır. En çok dirsek, bel ve diz bölgelerinde hastalıkların olduğu; KİSR oluşumunda en önemli psikososyal risklerin ise iş taleplerinin yüksek olması ve kontrol olduğu bulunmuştur. Monotonluktan uzaklaşma ile işyerine aitlik duygusunun KİSR'nin oranını azalttığı bulunmuştur. Çalışmanın sonunda iş sağlığı ve güvenliği ekibi özellikle de maden yönetimi için madencilerde KİSR ile mücadelede psikososyal açıdan alınacak önlemler sunulmuştur (Jiskani vd., 2020).

Yeraltı maden işçilerinin tükenmişlik durumunun incelendiği bir çalışmada; sosyo-demografik özellikler, çalışma ortamı özellikleri, iş sağlığı ve güvenliği, tükenmişlik ve iş tatmini ölçeklerinden oluşturulmuş anket formu ile 121 birey değerlendirilmiştir. Fazla vardiya ile çalışanlar ile iş tecrübesi daha az olanlarda ve işini istemeyerek yapanlarda duyarsızlaşma ve tükenmişlik durumunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tükenmişliğin kontrol altına alınmasında organizasyonel boyutta iş tatmininin artırılmasına

yönelik girişimlere yer verilmesi gerekliliğine değinilmiştir. Bu hususla ilişkili olarak vardiya çalışma koşullarının iyileştirilmesinin etkili olacağı ayrıca maden sektöründe iş doyumunun gelecekteki çalışmalara konu edilmesi gerekliliği bildirilmiştir (Günaydın ve Şüküroğlu, 2021).

Çin'de yapılan bir çalışmada KİSR üzerinde psikososyal faktörlerin ne derece etkili olduğu farklı meslek grupları üzerinde incelenmiştir. Bu amaçla madenciler ve farklı meslek grupları değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmanın sonunda madencilerin KİSR oranının daha yüksek olduğu (%78), yüksek iş beklentisinin boyun ve üst ekstremitte ağrısı ile; iş memnuniyetsizliğinin ise bel ağrısı ile ilişkili olduğu saptanmıştır (Yue vd., 2014).

Avusturalya'da kömür madencilerinde yapılan bir çalışmada KİS'e ait ağrı ile stres bozukluğu arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma kapsamında yapılan iş türü, yaş, çalışma süresi, VKİ, egzersiz yapma, uyku kalitesi, fiziksel ve bilişsel yorgunluk sorgulanmıştır. Katılımcılardan %80,5'inde en az bir bölgede kas iskelet ağrısı saptanmış ve bu ağrıların yüksek oranda psikososyal risklerle ilişkilendirilebileceği ortaya konmuştur. Stres bozukluğu ile ağrıyan kas iskelet bölgesi sayısının ve operatör olarak çalışmanın ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Stres arttıkça işe devamsızlık ve bel ağrısının artış gösterdiği, algılanan uyku kalitesinin; ağrı ve stres ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmanın sonunda işyerinde uyku düzeni ve egzersiz yapma için imkan sunulmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur (Carlisle ve Parker, 2014).

Yeraltı kömür madeninde yapılan bir çalışmada, maden sektöründe örgütsel boyutta yapılacak incelemelere yüksek düzeyde ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Çeşitli endüstrilerde (hava ve demiryolu ulaşımı, nükleer sanayi, petrol işletmeleri, madencilik, vb.) yakın zamanda yapılan birçok olay analizi, büyük kazaları tetikleyen koşulların oluşumunda organizasyonel faktörlerin kilit rol oynadığını göstermiştir. Madencilik sektöründeki günlük operasyonlar, iş sağlığı ve güvenliği açısından halen önemli bir risk kaynağıdır. Çalışmanın sonunda madencilik sektöründe güvenlik ikliminin geliştirilmesine yönelik yapılacak faaliyetlerin, organizasyonel kültürün oluşmasında yüksek seviyede etkili olacağı vurgulanmıştır (Komljenovic vd., 2017).

Hindistan'da yapılan bir çalışmada, madencilikte mekanizasyona geçilmesi ile ağır iş yükünde azalmanın beklenen düzeyde olmadığı; ergonomik risklere maruziyet ile KİSR'nin yüksek düzeylerde görüldüğü bildirilmiştir. Araç özelliklerine bağlı titreşim, gürültü ve aydınlanma gibi sorunların risk teşkil ettiği üzerinde durulmuş olup; her maden ocağının farklı özellikte olmasının, kullanılan araç

çeşitliliğinin ve kişisel farklılıkların katılımcı ergonomi eğitimlerine ve farkındalık programlarına ihtiyaç oluşturduğu bildirilmiştir (Mandal, 2014).

### 3. Madencilikte Ergonomi ve Ergonomik Riskler

Madenciler önemli ölçülerde ergonomik risklere maruz kalmaktadırlar. İşe bağlı KİSR, maden çalışanlarının sağlığı için tehdit olduğu gibi; sektör için de iş gücü, iş günü kayıpları ve artan sağlık harcamalarına sebep olarak ciddi bir mali yük oluşturmaktadır. Maden işçileri, dinamik seyreden çalışma şartlarında biyopsikososyal açıdan bütüncül olarak etkilenmektedir (Sen vd., 2020).

Madencilik işlerinde en kısa sürede en fazla üretim ve kar elde etmek temel hedeflerdendir. Bu amaç doğrultusunda günümüz madenciliğinde galeri açma, kesici-yükleyici mekanizasyonu gibi işlerde insan odaklı üretim biçiminden mekanizasyon ve otomasyona dayalı üretime geçiş olmuştur (Bilir, 2016; Yıldız ve Sandal, 2020).

Bu bölüm kapsamında ergonomik riskler; fiziksel, kişisel, organizasyonel, psikososyal ve çevresel riskler ana başlıkları altında alt başlıklara da yer verilerek sunulmuştur.

#### 3.1. Fiziksel Riskler

Fiziksel ergonomik riskler; işin şiddeti, sıklığı ve süresine bağlı olarak yerine getirilmesi esnasında insanın anatomik, fizyolojik, antropometrik ve biyomekanik özellikleri ile ilgilidir (Koningsveld, 2019; Otto ve Battaia, 2017).

Aşağıda fiziksel risk faktörleri ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir:

##### 3.1.1. Titreşim

Maden sektöründe maruz kalınan fiziksel risk faktörlerinin başında titreşim (TVT, el-kol titreşimi) gelmektedir. Madencilikte ağır ekipman araçları kullanan operatörler engebeli, çamurlu, girinti ve çıkıntılı çok olduğu ve patlatma sonrası zemin değişikliklerinin hızlıca yaşanabileceği ortamda sürüş gerçekleştirirler (Wolfgang ve Burgess-Limerick, 2014).

Madencilikte TVT ile ilgili kontrol tedbirleri kapsamında şunlar önerilmiştir (Kumar, 2004; McPhee, 2004):

- Düzenli titreşim ölçümleri,
- Operatör eğitimi,
- Hız sınırına uymak,
- Hızlı bir iletişim ile yol sorunlarının düzeltilmesi,
- Etkili ve düzenli yol bakım çalışmalarının yapılması,
- Düzenli araç bakımı,
- Görev çeşitliliği,
- Düzenli aralıklarla koltuktan kalkıp hareket etmek,

- Sık ve kısa molalar vermek.

Madencilik sektöründe maruz kalınan diğer titreşim türü ise el-kol titreşimidir. Delme-patlatma çalışmalarında kullanılan bazı iş araçlarının kullanımı el-kol titreşim maruziyetine sebep olabilmektedir. Ayrıca kat arası çökertme işleminde basınçlı hava yardımı ile patlayıcı yerleştirme aracı olarak kullanılan basınçlı makinaların avuç içinde tutulmasının, yüksek el-kol titreşimine sebep olduğu bilinmektedir (Demir vd., 2016).

##### 3.1.2. Sabit Duruş

Uzun süre sabit duruşta çalışma sonucunda kas ve eklem çevresinde artan gerilim ve dolaşım bozuklukları sonucu ağrı ve yaralanma riskinde artış olabileceği bilinmektedir (Da Costa ve Vieira, 2010; Moore vd., 2012).

Madencilikte uzun süre oturarak ya da ayakta hareketsiz kalarak çalışma mekanizasyonla daha da artmıştır. Yeraltı madencilikte bir işle meşgul olunması, işi bitirmeden mola verilmemesi yönünde eğilim vardır. Sık verilen molalar ve görev değişiklikleri ergonomik önlemlerdendir (Moore vd., 2008).

##### 3.1.3. Elle Taşıma İşleri

Maden işlerinde elle taşıma işleri, fiziksel risklerin başında gelmektedir (Boğa, 2014). Elle taşıma işlerine bağlı gelişen KİSR; yükü kaldırma, yükü taşıma, itme-çekme ve sık tekrarlı hareketler şeklinde risklerden kaynaklanmaktadır (Hossny vd., 2015).

Kömür madeninde kullanılan ekipman, alet, teçhizat ağırdır ve biçim açısından kavraması kolay değildir (Mandal, 2014). Mekanize madencilikte ise yeraltı maden çalışmalarında tahkimat için püskürtülen betona ait çimento çuvaları, patlatma için kullanılan kimyasal malzemeler çoğu zaman çuvalarla yeraltı ortamında elle taşınmaktadır. İlgili alana çakma ve delme işlemlerinde kullanılan kazı ve tahkimat elemanları (kaya saplamaları, yüzey plakaları, vb.) elle hazırlanıp sisteme ilave edilmektedir (Yağcı, 2021).

##### 3.1.4. Düzgün olmayan duruş:

Duruş, vücudun her bir kısmının kendisine yakın segmente ve vücudun bütününe oranla en ideal pozisyonudur. Doğru duruş, yerçekimine karşı en az enerji ile dengede kalmayı ve dengenin korunmasını sağlar (Otman ve Köse, 2008). Omurga kaynaklı ağrıların çoğunlukla sık eğilme, rotasyonla birlikte öne eğilme ve bu şekilde iş yapma esnasında artış gösterdiği bilinmektedir (Tekin, 2006). Madencilerde dar alanlarda yapılan işlerde dizler üzerine çökme, topuklar üzerine oturarak çalışma (Moore vd., 2012), yükseğe uzanarak çalışma (Mandal, 2014) kötü duruşa örnektir.

### 3.2. Kişisel Riskler

Ergonomik riskler açısından bir diğer önemli konu yatkınlık ve bireysel özelliklerdir. Kişisel risk faktörleri olarak yaş, cinsiyet, ırk, fiziksel uygunluk düzeyi, antropometrik faktörler, sigara içme, alışkanlıklar, psikolojik yapı, sosyoekonomik düzey, duruşla ilgili etkenler, omurga hareketliliği, kas kuvveti, geçirilen KİSR öyküsü gibi bir takım risk etkenleri sıralanabilir (Da Costa ve Vieira, 2010).

#### 3.2.1. Yaş

Maden türleri, işçilerin yaş ortalamaları açısından değişiklik gösterir. Madenin jeolojik yapısı, madenin yaşı, talep edilen iş gücü gibi etkenler madencilerin yaş ortalamasında belirleyicidir (Tekin, 2006; Weston vd., 2016). Birçok maden işçisinin, 45 yaştan sonra kendilerinden yeni ve zorlu bir iş istendiğinde fiziksel ve bilişsel olarak yetersiz performans sergiledikleri gözlenmiştir (McPhee, 2004).

#### 3.2.2. İş Tecrübesi

Kişisel risk faktörlerinden bir diğeri ise iş tecrübesidir. Madencilik sektöründe çalışılan süre ile KİSR'de artış olduğu bildirilmiştir. Madenciler ile ofis çalışanlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada; çalışma süresi madencilerde anlamlı şekilde yüksek çıkmış ve çalışma süresinin bel ağrısı sıklığında artışa sebep olduğu bulunmuştur. Çalışma süresindeki artışla bel bölgesine binen yükün progresif seyir gösterdiği ve dinlenme süresinin kısaldığı bildirilmiştir (Tekin, 2006).

#### 3.2.3. Fiziksel Uygunluk

Fiziksel uygunluk; herhangi bir zorlanma olmaksızın günlük yaşam aktivitelerini yerine getirebilme yeteneği, ani gelişen olaylar karşısında açığa çıkan enerji, optimum performans, dayanıklılık ve güç olarak açıklanabilir (Deuster ve Silverman, 2013). Nötral duruşun sağlanması, yaralanmaların önlenmesi ve etkin iş performansının elde edilmesi noktasında fiziksel uygunluk parametreleri etkilidir (Choi ve Woletz, 2010). VKİ, kas kuvveti, endurans, esneklik gibi fiziksel uygunlukla ilgili kriterler KİSR'de rol oynamaktadır. Yapılan bir çalışmada madencilerde bel ağrısı ile egzersiz alışkanlığının ilişkisine bakılmış ve literatürle uyumlu olarak egzersiz alışkanlığı olan madencilerde bel ağrısının anlamlı seviyede düşük olduğu bulunmuştur (Tekin, 2006).

### 3.3. Psikososyal Riskler

Ergonomik risk faktörlerinin bir diğer belirleyicisi de stres, tükenmişlik, KİSR gibi sonuçlara sebep olabilen psikososyal risklerdir (Jiskani vd., 2020). İşyerlerinde kısa ve sık aralıklarla verilen molaların, çalışanlarda iyilik halini ve iş memnuniyetini yükselttiği bildirilmiştir. İş doyumu yüksek olan bir çalışanın fiziksel ve bilişsel sağlığının da iyi olması beklenmektedir (Ravindran, 2019). Maden işyerleri

doğası gereği birçok psikososyal riski bir arada bulundurur. Göçük altında kalma korkusu, toplu ölümlerin yaşandığı kazalar, işi zamanında yetiştirememenin oluşturduğu endişe, gün ışığından uzak kalma, sıcak, soğuk, gürültü, vardiya, molaların az ya da yetersiz olması, uzamış çalışma saatlerinin oluşturduğu stres bunlardan birkaçıdır (Bilir, 2016; McPhee, 2004).

İşyerinde devam eden ergonomik problemlerin iş stresini ve doyumsuzluğu tetikleyeceği ve işgücü verimini düşüreceği bildirilmiş olup iyileştirmeye yönelik şu öneriler yapılmıştır (Ravindran, 2019):

- Molalarda etkili aktivite imkanları,
- Kullanılan makine ve ekipmanın çevresel düzeni,
- Düzenli gürültü kontrolü,
- Ergonomik prensiplere yönelik çalışma duruşları, elle taşıma gibi konularda bilinçlendirme,
- Düzenli egzersiz yapılması.

### 3.4. Örgütsel Riskler

Örgütsel ergonomide çalışanların tahammül sınırları ile işin yürütüm şartları arasında optimum uyum olması aranır. Sürdürülebilir üretim ve istikrarlı işgücü için katılımcı yaklaşımların olduğu; izin, mola, çalışma saatleri, vardiya düzeni, ücret gibi konularda iş birliği ve doğru iletişim ile çözüm odaklı düzenlemeler ele alınmalıdır (Yıldız ve Sandal, 2020).

Madencilikte organizasyonel risk faktörleri şu şekilde sıralanabilir (McPhee, 2004; Sen vd., 2020; Wiehagen ve Turin, 2004):

- Uzamış görev süresi,
- Yetersiz molalar,
- Yüksek iş beklentisi ve kontrol,
- İş rotasyonu yetersizliği,
- Vardiya sistemi,
- Kullanılan alet, makine, araç ve araç kabini özelliklerinde işçiye uyum sorunları,
- Yetersiz denetim,
- Yetersiz çalışan desteği,
- Yetersiz Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) ve ergonomik ekipman.

### 3.5. Çevresel Riskler:

Madencilik sektörü sahip olduğu dinamik yapısıyla her an değişebilen tehlike ve risklerle karşı karşıyadır (Keskin vd., 2020). Madencilik sektörünün işleyişi gereği delme-patlatma ve tahkimat için yürütülen işlerin beraberinde getirdiği bozuk-kaygan zemin şartları, kapalı-dar alanlar, sıcak-soğuk ortamlar, gürültü, basınç, nem, yetersiz aydınlatma ve havalandırma, toz ve tehlikeli gazlar çevresel riskler kapsamında sayılabilmektedir (Bilir, 2016; Yıldız ve Sandal, 2020). Çalışma şartlarını ergonomik açıdan düzenlemek, alet ve teçhizatı

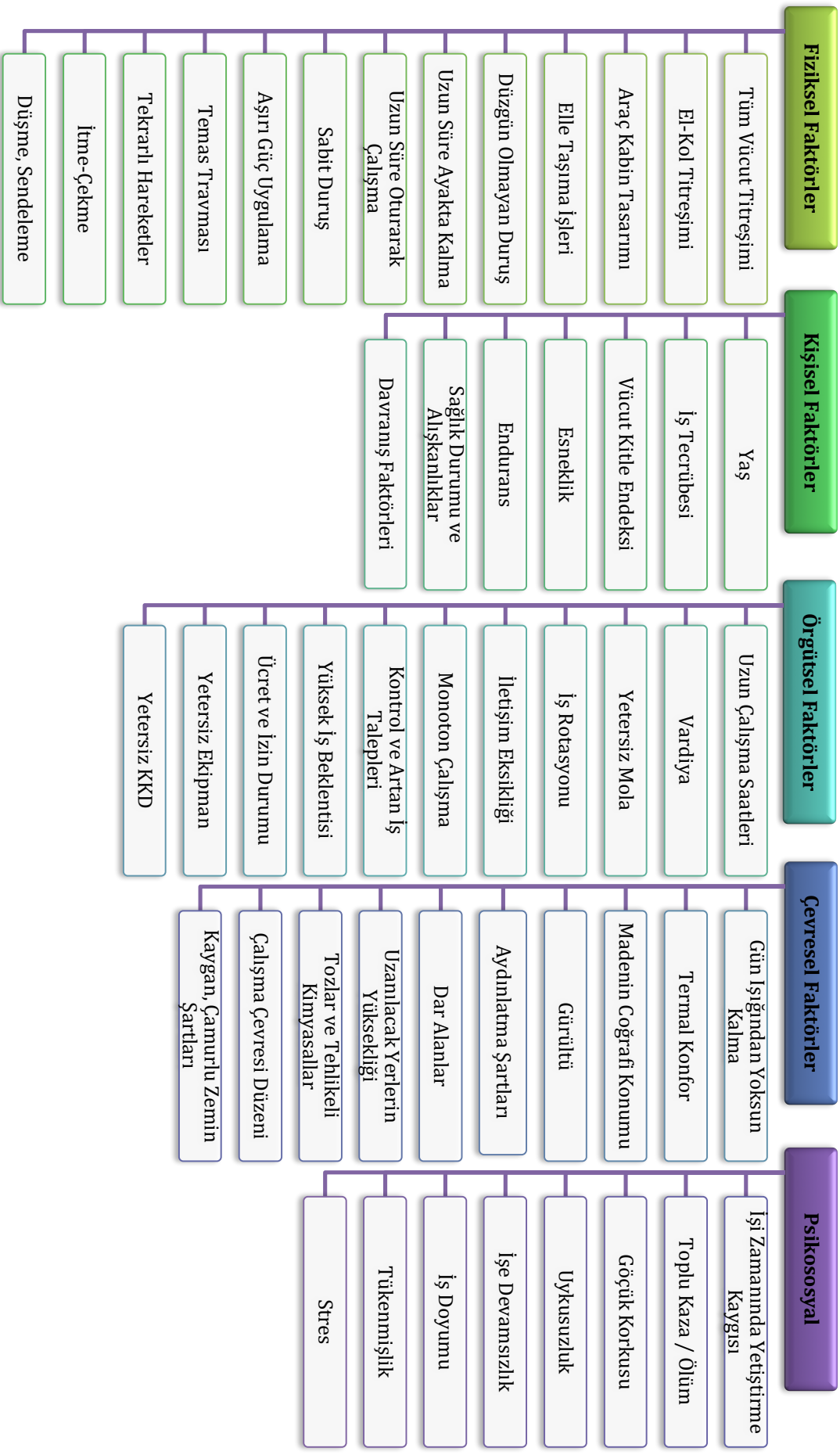


çalışanın kullanımına uygun hale getirmek, sürekli planlama, kontrol ve önlem almayı gerektirmektedir.

Yapılan bir çalışmada yeraltı madenin getirdiği artan sıcaklık ve nem gibi faktörlerin, tansiyon ve solunum hızı gibi fizyolojik değerleri etkilediği bildirilmiştir (You vd., 2014). Yeraltında çalışan makinaların oluşturduğu gürültü, maruziyet sınır değerleri aralığında olsa da stres, anksiyete, tansiyon problemleri gibi sağlık problemlerine yol açabilmekte ve üretim verimini düşürebilmektedir (McBride, 2004).

Maden içinde güvenilir yaşam alanlarının oluşturulması, çevresel düzenlemelerin sürekliliği ve güvenli davranış alışkanlıkları edindirmek için yapılan ergonomi girişim programları, yapay zeka sistemleri, enerji koruyucu yaklaşımlar madencilikte çevresel riskler için önerilen proaktif yaklaşımlardandır (You vd., 2014).

Madencilik sektöründe karşılaşılan ergonomik risk faktörlerinin toplu olarak sınıflandırılmasının gösterimi Şekil 2’de verilmiştir:



Şekil 2. Madencilikte Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması

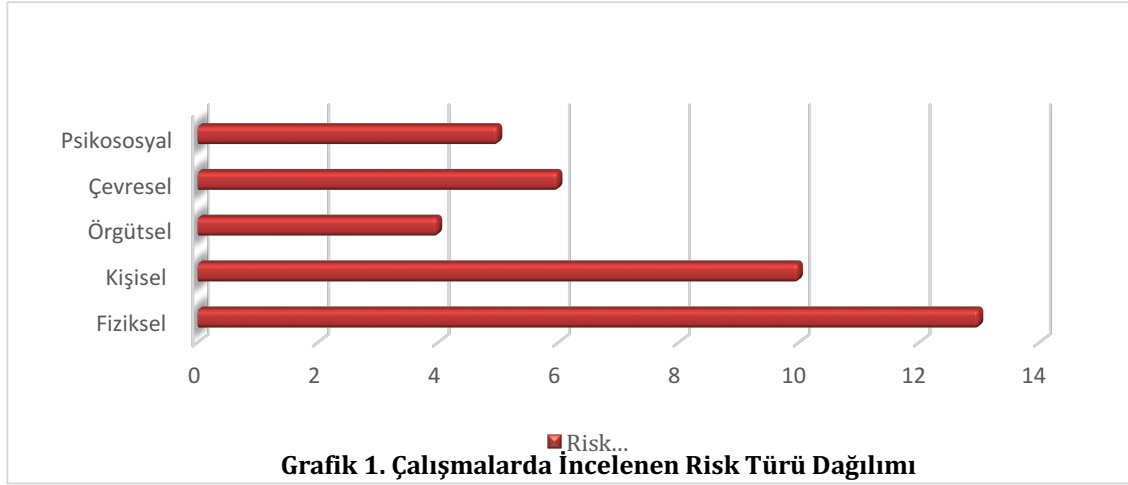
Tablo 1'de madencilikte ergonomi alanında yapılmış çalışmalarda yazarların ele aldığı ergonomik riskler, öneri ve önlemler verilmiştir:

Yazar Adı	Maden Türü	Ergonomik Riskler	Önlem / Öneri
(Yağcı, 2021)	Yeraltı bakır	Fiziksel, kişisel, psikosozal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergonomik risk analizi</li> <li>Düzenli ergonomi eğitimi</li> <li>Örgütsel düzenlemeler</li> <li>Düzenli egzersiz</li> </ul>
(Günaydın ve Şükür-oğlu, 2021)	Yeraltı maden	Psikosozyal, örgütsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vardiya koşullarının iyileştirilmesi</li> <li>İş doyumunun artırılması</li> </ul>
(Üskani vd., 2020)	Yeraltı kömür	Yüksek iş talepleri ve yetersiz kontrol, psikosozal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Örgütsel ve psikosozal önlemler</li> </ul>
(Chaudhary vd., 2019)	Yerüstü demir	TVT, yaş, VKI, araç ve zemin şartları, örgütsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>TVT farkındalık eğitimleri</li> <li>Mühendislik girişimleri</li> <li>Fiziksel aktivite ve kilo kontrolü</li> </ul>
(Selici vd., 2018)	Yeraltı kömür	Bel çevresi esneklik ve endurans düşüklüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düzenli egzersiz ve fizyoterapi uygulamaları</li> </ul>
(Street ve Thomas, 2017)	Maden sektörü	VKI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kilo yönetimi ve davranış değişikliği programı</li> </ul>
(Komljenovic vd., 2017)	Yeraltı kömür	Örgütsel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Güvenlik ikliminin geliştirilmesi</li> </ul>
(Erden vd., 2016)	Maden Sektörü	El-kol titreşimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>El-kol titreşim maruziyetinin ölçümü</li> </ul>
(Weston vd., 2016)	Yeraltı ve yerüstü kömür, yerüstü taş, taş işleme	Elle ağır yük taşıma, aşırı etor, tekrarlı işler, nesnenin düşmesi-çarpması, yaş, çalışma süresi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekipman çeşitliliği</li> <li>Düzenli hijyen</li> <li>Çalışma çevresi düzeni</li> <li>Ergonomik farkındalık</li> </ul>
(Sharma vd., 2016)	Yeraltı kömür	Aşırı fiziksel zorlama, çevresel, termal konfor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergonomik girişimler</li> </ul>
(Jahanğiri vd., 2015)	Kurşun	Uzun süre ayakta kalmak, TVT, kötü duruş	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aralıklı risk değerlendirmesi</li> <li>Düzenli ergonomi eğitimleri</li> <li>Mühendislik girişimleri</li> </ul>
(Hossny vd., 2015)	Yeraltı maden	Elle yük kaldırma ve taşıma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biyomekanik modelleme</li> <li>Ergonomi farkındalık eğitimi</li> <li>Vardiya öncesi egzersiz</li> <li>Çalışma çevresi düzeni</li> </ul>
(Boğa, 2014)	Yerüstü kömür	Elle yük kaldırma, kötü duruş, sabit oturma, ayakta kalarak çalışma, sosyal destek azlığı, zorlu kavrama, çalışma ortam şartları, uzaga erişmeye çalışma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ergonomik değerlendirme</li> <li>Ergonomi eğitimleri</li> <li>Ergonomik iyileştirme</li> </ul>
(You vd., 2014)	Yeraltı maden	Çevresel riskler	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yaşam alanları</li> <li>Çevresel düzenleme</li> <li>Güvenli davranış edindirme için girişimler</li> <li>Yapay zeka sistemlerini kullanma</li> <li>Enerji koruma sistemleri</li> </ul>

Tablo1. Çalışmaların Yapıldığı Maden Türleri ve Ele Alınan Ergonomik Riskler (Devamı)

Yazar Adı	Maden Türü	Ergonomik Riskler	Önem / Öneri
(Yue vd., 2014)	Yeraltı-yerüstü kömür	Psikososyal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çalışanlar arası iletişim eksikliğinin giderilmesi</li> <li>• Uykü ve egzersiz programlarının uygulanması</li> </ul>
(Carlisle ve Parker, 2014)	Kömür madeni	Fiziksel, kişisel, psikososyal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Katılımcı ergonomi eğitimi</li> <li>• Farkındalık oluşturma</li> <li>• Yardımcı ekipman kullanımı</li> <li>• Biyomekanik model geliştirme</li> <li>• Farkındalık eğitimi</li> </ul>
(Mandal, 2014)	Yeraltı maden	Mekânize araçları kullanma, düzgün olmayan duruş, gürtü, titreşim, aydınlıkta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Yardımcı ekipman kullanımı</li> <li>• Güvenli çalışma çevresi oluşturma</li> <li>• Farkındalık sağlama</li> </ul>
(Moore vd., 2012)	Yeraltı düşük damar kalınlıklı kömür madeni	Kötü duruşla çalışma, dizüstü çökme ve gömme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Yardımcı ekipman kullanımı</li> <li>• Güvenli çalışma çevresi oluşturma</li> <li>• Farkındalık sağlama</li> </ul>
(Moore vd., 2008)	Yeraltı kömür	Kötü duruş, tekrarlı hareketler, sendeleme-düşme, titreşim	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Fizyoterapi uygulamaları</li> </ul>
(Paul ve Matı, 2008)	Yeraltı kömür	Sosyoteknik, kişisel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Fizyoterapi uygulamaları</li> </ul>
(Stewart, I. B. vd., 2008)	Maden sektörü	Fiziksel kondisyon yetersizliği	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Fizyoterapi uygulamaları</li> </ul>
(Torma-Krajewski vd., 2007)	Yerüstü kömür	Tekrarlı hareketler, elle ağır yük kaldırma, kuvvetli kavrama, kötü duruş, titreşim, sarıslama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Fizyoterapi uygulamaları</li> </ul>
(Nyantumbu vd., 2007)	Altın	El-kol titreşimi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Titreşim ölçümlerinin düzenli yapılması</li> <li>• Kontrol tedbirlerinin uygulanması</li> <li>• Bel okulu</li> <li>• Mesleki, kişisel farkındalık eğitimi</li> </ul>
(Tekin, 2006)	Kömür madeni	Yas, çalışma süresi, bel ve sırt endurans düşüklüğü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik farkındalık</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Güvenlik kültürü oluşturma</li> <li>• Ergonomik ekipman kullanma</li> <li>• İş rotasyonları</li> </ul>
(Wielhagen ve Turin, 2004)	Yeraltı kömür	Uzun süre kötü duruş, TVT, temas gerilimi, sendeleme/düşme, tekrarlı hareketler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomik farkındalık</li> <li>• Ergonomi eğitimi</li> <li>• Güvenlik kültürü oluşturma</li> <li>• Ergonomik ekipman kullanma</li> <li>• İş rotasyonları</li> </ul>
	Yeraltı Kireçtaşı	Uzun süre kötü duruş, elle ağır yük kaldırma, sendeleme/düşme, tekrarlı hareketler, zorlu yürütme, kötü termal konfor, toz	
	Yerüstü Bakır	Uzun süre kötü duruş, elle ağır yük kaldırma, kuvvetli kavrama, el-kol titreşimi, tekrarlı hareketler, sıcaklık	
(Ghosh vd., 2004)	Yeraltı Fosfat	Uzun süre kötü duruş, elle ağır yük kaldırma, kuvvetli kavrama, sendeleme/düşme, el-kol titreşimi, tekrarlı hareketler, gürtü	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonomi eğitimi</li> </ul>
(McPhee, 2004)	Yeraltı kömür	Yas, olumsuz çalışma koşulları, kötü çevre şartları, davranış faktörleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risk yönetimi</li> <li>• Katılımcı ergonomik çözümler</li> </ul>
(Sarıkaya, 2002)	Maden sektörü	TVT, kabin dizaynı, elle yük kaldırma-tasuma, ağır iş yükü, psikososyal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sağlık kontrollerinde bel tetkiklerine yer verilmesi</li> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Bel okulu ve farkındalık eğitimi</li> </ul>
(Sarıkaya, 2002)	Kömür madeni	Ağır çalışma şartları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sağlık kontrollerinde bel tetkiklerine yer verilmesi</li> <li>• Ergonomik risk analizi</li> <li>• Bel okulu ve farkındalık eğitimi</li> </ul>

Grafik 1'de taranan araştırmalarda incelenen ergonomik risk türlerine göre dağılım sunulmuştur:



#### 4. Bulgular

Yapılan araştırmaya göre madencilikte ergonomik risklerle yönelik aşağıdaki çıkarımlara ulaşılmıştır:

- Araştırmada maden sektöründe görölen ergonomik riskler fiziksel, kişisel, örgütsel, çevresel ve psikososyal olmak üzere altı ana sınıfta incelenmiştir.
- Sınıflandırma, madenin çeşidi ve üretim tipi için ayrı ayrı belirtildiği gibi her ikisi için de belirtilmiştir.
- Kömür ocaklarında yapılan çalışmaların daha fazla olduğu görölmüştür.
- Madencilikte ergonomik risklere maruziyet sonucunda KİSR başta olmak üzere ağrı, stres, yorgunluk, uyku kalitesinde bozukluk gibi fiziksel ve bilişsel sağlık problemleri görölmektedir.
- Maden sektöründe fiziksel ergonomik risklere daha fazla maruz kalındığı; en çok da titreşim ve elle yük taşıma ile ilgili risklerin yaşandığı söylenebilir.
- Mekanizasyonla birlikte araca ait parçaların elle taşınması, itme-çekme ile aracın kurulumu, sabit duruş, sürekli oturma ile işi yürütme, ayakta uzun süre kalarak çalışma, TVT gibi ergonomik risklere daha fazla maruz kalınmaktadır.
- Madenin vazgeçilmez elemanlarından olan yük araçlarına ait kabin tasarımı, süspansiyon özellikleri, operatörün antropometrik ölçümleri, bel başta olmak üzere KİSR için ergonomik risk oluşturmaktadır.

- Dar alanlarda uygun olmayan vücut duruşuyla çalışma önemli fiziksel risk faktörlerindedir.
- Maden sektöründe karşılaşılan psikososyal risklerden işi zamanında yetiştirebilme kaygısının fazlaca yaşandığı ve stresin en önemli psikososyal risk olduğu söylenebilir.
- Madencilerde yaşanan psikososyal risklerin ağrı, tansiyon değişikliği gibi fizyolojik yansımaları olduğunu ve işe devamsızlık için zemin oluşturduğu söylenebilir.
- Kişisel risk faktörlerinden yaş ve tecrübenin maden ocağının konumlandığı coğrafi yapı ile ilişkili olduğu ve kişisel risk faktörlerinin o bölgenin kültürü ile ilişkili olduğu-söylenebilir.
- Yaş ve işi tecrübesi arttıka KİSR'de artış olduğu söylenebilir.
- Madencilerin VKİ'lerinin fazla olduğu, kilo ve ağır işi yükünün madencilerde KİSR için önemli bir ergonomik risk oluşturduğu söylenebilir.
- Madencilerde fiziksel uygunluk kriterlerinin düşük seviyelerde olduğu, KİSR ve işi kazaları için önleyici yaklaşımlarla müdahale gerektirdiği görölmüştür.
- Madencilik sektöründe çevresel risklerden çalışma alanının düzensizliği, uzanılacak yerlerin yüksekliği, kaygan-çamurlu zemin, dar alanlar fazlaca görölmektedir.

- Sıcaklık, nem, gürültü gibi çevresel risk faktörleri beraberinde önemli bilişsel ve fiziksel sağlık problemlerini getirmektedir.
- Vardiyalı çalışma, iş rotasyonu, tek işle meşgul olma, yetersiz mola ya da molasız çalışma maden sektörünün başta gelen örgütsel riskleridir.
- Maden sektöründe yönetimin yüksek iş beklentisi ve kontrol; yoğun yaşanan örgütsel risklerdendir.
- Ekipmanın kişiye uygun olmaması, yetersiz ekipman ve KKD çeşitliliğinde azlık diğer örgütsel risklerdendir.
- Yapılan incelemede madencilik sektöründe daha çok fiziksel risk faktörlerinin incelendiği görülmüştür. Daha sonra kişisel faktörler araştırma konusu edilmiştir.
- Sırasıyla; örgütsel, psikososyal ve çevresel ergonomik risklerin daha az incelendiği görülmüştür.
- Madencilikte ergonomik riskler konusu diğer sektörlere göre daha az araştırılmıştır.
- Madencilikte ergonomik risklerle yapılan ulusal çalışmaların oldukça yetersiz olduğu görülmüştür.
- İncelenen çalışmaların sonunda madencilik sektöründe ergonomi eğitime ve ergonomik girişimlere acil ihtiyaç olduğu görülmüştür.
- Madencilikte ergonomik risklerle ilgili yapılan sınıflandırma araştırmacının çalışmasına göre artabilir ya da azalabilir.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Maden sektörü, özellikle de yeraltı madenciliği diğer sektörlerden oldukça farklı tehlikeleri bir arada barındırır. Madenciler, sürekli değişen bir çalışma ortamıyla mücadele etmek zorundadırlar (Yıldız ve Sandal, 2020).

Madencilik işlerindeki dinamik çalışma sürecinde meydana gelebilecek iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesinde ivedilikle yapılacak işyeri ortam gözetimleri ve kontrol tedbirlerinin uygulanması önemlidir (Keskin vd., 2020).

Maden sektöründe ergonomi konusunda yapılan çalışmaların az olmasının (Aksüt vd., 2020) yanında çoğunun birbirinin tekrarı niteliğinde olduğu ve ağır çalışma şartlarının konu edildiği bildirilmiştir (McPhee, 2004).

Maden endüstrisinde sağlık ve güvenliği etkileyerek hata yapma olasılığında artışa ve KİSR gibi sonuçlara

sebeplenecek ergonomik riskler; uzamış vardiya saatleri, fiziksel ve bilişsel yorgunluk, yeraltı çalışmalarında iş monotonluğu ile sabit duruş ve yüksek konsantrasyon ile operasyon yönetme, gürültü, yönetimin taleplerindeki algılanan artış, denetim hataları, sürekli ağır fiziksel yüklenme, azalmış iş rotasyonları, sedanter çalışma duruşu, titreşim ve artan yaş şeklinde sayılabilir. Yöneticiler tarafından ergonomik risklere çözüm üretilmediği takdirde maden sektöründe sağlık ve ekonomik açıdan daha büyük problemlerin yaşanacağı bildirilmiştir (Boğa, 2014; Sen vd., 2020).

Ergonomik risklerden kaynaklı maden sektöründe artan işgücü ve işgünü kaybının ötesinde madencilerin biyopsikososyal iyilik halinin sağlanmasında ergonomik yaklaşımlara acil ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Mandal, 2014; Sen vd., 2020; Yağcı, 2021).

Kaza teorilerinden yola çıkıldığında iş sağlığı ve güvenliği yönetimi kapsamında günümüzde ergonomi, sosyoteknik yaklaşımlar ve güvenlik kültürü oluşturma söz konusudur (Yıldız ve Sandal, 2020).

Risklerin bertaraf edilmesi yönünde atılacak ilk adım, işyerinde var olan ya da tehdit oluşturan tehlikelerin açık bir şekilde ortaya konulmasıdır (Yıldız ve Sandal, 2020).

Risk analizinde ilk aşama olan tehlikelerin tanımlanması noktasında bu çalışmada yapılan maden sektöründe ergonomik risklerin sınıflandırması, tehlikelerin tespitine sistematik bir yaklaşım sağlayacak olup farklı sektörler için de birbirinden farklı risklerin belirlenmesinde literatüre katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak; çok tehlikeli sınıfta yer alan madencilik sektöründe sağlık, güvenlik ve iş verimi sürekliliğinin sağlanması noktasında ergonomik değerlendirme ve girişimlere gereken önemin verilmesi ve gelecekteki araştırmalara konu edilmesi gerekmektedir.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

- Aksüt, G., Tamer, E. & Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması Bir Literatür Taraması. *Ergonomi*, 3(3), 169-192.
- Amponsah-Tawiah, K., Leka, S., Jain, A., Hollis, D. & Cox, T. (2014). The Impact of Physical and Psychosocial Risks on Employee Well-being and Quality of Life: The Case of the Mining Industry in Ghana. *Safety Science*, 65, 28-35.
- Bhattacharjee, A., Kunar, B. M., Baumann, M. & Chau, N. (2013). The Role of Occupational Activities and Work Environment in Occupational Injury and Interplay of Personal Factors in Various Age Groups Among Indian and French Coalminers. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 26(6), 910-929.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical Measurements as Risk Indicators for Low-Back Trouble Over a One-Year Period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Bilir, N. (2016). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. Güneş Tıp Kitabevi, Ankara.
- Boğa, B. (2014). Açık Ocak Yöntemi ile Çalışılan Bir Madende Ergonomik Risklerin Anket Yoluyla Değerlendirilmesi. Uzmalık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği, Ankara.
- Carlisle, K. N. & Parker, A. W. (2014). Psychological Distress and Pain Reporting in Australian Coal Miners. *Safety and health at work*, 5(4), 203-209.
- Chaudhary, D. K., Bhattacharjee, A., Patra, A. K., Upadhyay, R. & Chau, N. (2019). Associations Between Whole-Body Vibration Exposure and Occupational and Personal Factors in Drill Operators in Indian Iron Ore Mines. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 36(3), 495-511.
- Choi, S. D. & Woletz, T. (2010). Do Stretching Programs Prevent Work-Related Musculoskeletal Disorders. *Journal of safety, health and environmental research*, 6(3), 1-19.
- Da Costa, B. R. & Vieira, E. R. (2010). Risk factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of Recent Longitudinal Studies. *American journal of industrial medicine*, 53(3), 285-323.
- Demir, G., Yılmaz, M. & Şen, M. (2016). Eti Bakır A.Ş Küre Yeraltı İşletmesi'nde Gerçekleştirilen Patlatma Uygulamalarının İncelenmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 55(2), 53-62.
- Deuster, P. A. & Silverman, M. N. (2013). Physical Fitness: a Pathway to Health and Resilience. *US Army Medical Department Journal*.
- Erdem, B., Doğan, T., Duran, Z. & Özgen, Z. (2016). Maden İşyerlerinde Kullanılan Bazı İş Araçlarından Kaynaklanan El-Kol Titreşim Maruziyetinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 55(2), 23-44.
- Ghosh, A. K., Bhattacharjee, A. & Chau, N. (2004). Relationships of Working Conditions and Individual Characteristics to Occupational Injuries: A Case-Control Study in Coal Miners. *Journal of occupational health*, 46(6), 470-480.
- Günaydın, M. & Şüküroğlu, E. E. (2021). Yeraltı Maden Çalışanlarının Tükenmişlik Düzeylerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Çalışmalarına Etkisi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 13(2), 179-209.
- Hardison, M. E. & Roll, S. C. (2017). Factors Associated with Success in An Occupational Rehabilitation Program for Work-Related Musculoskeletal Disorders. *American Journal of Occupational Therapy*, 71(1), 1-8.
- Hossny, M., Nahavandi, D., Nahavandi, S., Haydari, V. & Harding, S. (2015). *Musculoskeletal Analysis of Mining Activities*. Paper presented at the 2015 IEEE International Symposium on Systems Engineering.
- Jahangiri, M., Moussavi Najarkola, S. A., Gholami, T., Mohammadpour, H., Jahangiri, A., Hesam, G. & Jalali, M. (2015). Ergonomics Intervention to Reduce Work-Related Musculoskeletal Disorders in A Lead Mine. *Health Scope*, 4(4).
- Jiskani, I. M., Silva, J. M. N. D., Chalgri, S. R., Behrani, P., Lu, X. & Manda, E. (2020). Mine Health and Safety: Influence of Psychosocial Factors on Musculoskeletal Disorders Among Miners in Pakistan. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 11(2), 152-167.
- Keskin, M. Ö., Doğan, O. & Ersoy, S. (2020). Metalik Bir Yeraltı Maden İşletmesi, Cevher Çıkarma, Üretim ve Nakliyat Aşamalarında

- Risk Değerlendirmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(2), 84-98.
- Komljenovic, D., Loisel, G. & Kumral, M. (2017). Organization: A New Focus on Mine Safety Improvement in A Complex Operational and Business Environment. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(4), 617-625.
- Koningsveld, E. (2019). History of the International Ergonomics Association 1985-2018. In: IEA Press.
- umar, S. (2004). Vibration in Operating Heavy Haul Trucks in Overburden Mining. *Applied Ergonomics*, 35(6), 509-520.
- Mandal, B., B. (2014). *Implementation of DGMS Guidelines for Ergonomics Risk Assessment of Mining Operations*. Paper presented at the National Workshop on Applied Ergonomics for Mining. National Institute of Miners.
- McBride, D. I. (2004). Noise-Induced Hearing Loss and Hearing Conservation in Mining. *Occupational medicine*, 54(5), 290-296.
- McPhee, B. (2004). Ergonomics in Mining. *Occupational medicine*, 54(5), 297-303.
- Moore, S., Bauer, E. & Steiner, L. (2008). Prevalence and Cost of Cumulative Injuries Over Two Decades of Technological Advances: A Look at Underground Coal Mining in The US. *Min Eng*, 60(1), 46-50.
- Moore, S., Pollard, J. & Nelson, M. (2012). Task-Specific Postures in Low-Seam Underground Coal Mining. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(2), 241-248.
- Nyantumbu, B., Barber, C. M., Ross, M., Curran, A. D., Fishwick, D., Dias, B., . . . Phillips, J. I. (2007). Hand-Arm Vibration Syndrome in South African Gold Miners. *Occupational medicine*, 57(1), 25-29.
- Otman, S. & Köse, N. (2008). Antropometrik Ölçümler: Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri. *Yücel Ofset Yayınları, Ankara*.
- Otto, A. & Battaia, O. (2017). Reducing Physical Ergonomic Risks at Assembly Lines by Line Balancing and Job Rotation: A Survey. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 467-480.
- Paul, P. & Maiti, J. (2008). The Synergic Role of Sociotechnical and Personal Characteristics on Work Injuries in Mines. *Ergonomics*, 51(5), 737-767.
- Ravindran, D. (2019). Ergonomic impact on employees' work performance. *Advance and Innovative Research*, 6(1), 231-237.
- Sarıkaya, S. (2002). *Kömür Madeni Çalışanlarında Bel Ağrısı*. Retrieved from Zonguldak:
- Selici, K., Özdemir, Ö. Ç., Kunduracılar, Z., Kayınova, A. & Köktürk, F. (2018). Zonguldak Yeraltı Maden İşçilerinde Fiziksel Uygunluk ile Bel Ağrısı Özü ve Ayakta Durma Dengesi İlişkisi. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 5(3), 173-180.
- Sen, A., Sanjog, J. & Karmakar, S. (2020). A Comprehensive Review of Work-Related Musculoskeletal Disorders in the Mining Sector and Scope for Ergonomics Design Interventions. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 8(3), 113-131.
- Sharma, G. D., Dey, S. & Dey, N. (2016). Rationalising Postural Demand of Side Discharge Loading Machine Operators with Respect to Musculoskeletal Pain and Discomfort in Underground Coal Mines in India. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 4(1), 60-72.
- Stewart, I. B., McDonald, M. D., Hunt, A. P. & Parker, T. W. (2008). Physical Capacity of Rescue Personnel in the Mining Industry. *Journal of occupational medicine and toxicology*, 3(1), 1-6.
- Stewart, M., Latimer, J. & Jamieson, M. (2003). Back Extensor Muscle Endurance Test Scores in Coal Miners in Australia. *Journal of occupational rehabilitation*, 13(2), 79-89.
- Street, T. D. & Thomas, D. L. (2017). Beating Obesity: Factors Associated with Interest in Workplace Weight Management Assistance in the Mining Industry. *Safety and health at work*, 8(1), 89-93.
- Tekin, Y. (2006). Madencilerde Bel Ağrısı Sıklığının Değerlendirilmesi ve Ofis Çalışanları İle Karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, *Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak*.
- Tekin, Y., Ortancil, O., Ankaralı, H., Basaran, A., Sarıkaya, S. & Ozdolap, S. (2009). Biering-



Sorensen Test Scores in Coal Miners. *Joint Bone Spine*, 76(3), 281-285.

Torma-Krajewski, J., Steiner, L., Lewis, P., Gust, P. & Johnson, K. (2007). Implementation of An Ergonomics Process at A US Surface Coal Mine. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(2), 157-167.

Weston, E., Nasarwanji, M. F. & Pollard, J. P. (2016). Identification of Work-Related Musculoskeletal Disorders in Mining. *Journal of safety, health and environmental research*, 12(1), 274-283.

Wiehagen, W. J. & Turin, F. C. (2004). *Ergonomic Assessment of Musculoskeletal Risk Factors at Four Mine Sites; Underground Coal, Surface Copper, Surface Phosphate, and Underground Limestone*. Pittsburgh, PA : U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh Research Laboratory.

Wolfgang, R. & Burgess-Limerick, R. (2014). Whole-Body Vibration Exposure of Haul Truck Drivers at A Surface Coal Mine. *Applied Ergonomics*, 45(6), 1700-1704.

World Mining Data. (2020) Erişim adresi: <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2020.pdf>. Erişim Tarihi: 15 Ekim 2021.

Xu, G., Pang, D., Liu, F., Pei, D., Wang, S. & Li, L. (2012). Prevalence of Low Back Pain and Associated Occupational Factors Among Chinese Coal Miners. *BMC public health*, 12(1), 1-6.

Yağcı, M. (2021). Yeraltı Maden İşletmelerinde Mesleki Kas İskelet Sistemi Hastalıklarının Görölme Sıklığı ve İş Performansına Etkisi. Doktora Tezi, *Avrasya Üniversitesi*, Trabzon.

Yıldız, A. N. & Sandal, A. (2020). *İş Sağlığı ve Güvenliği Meslek Hastalıkları*, Hacettepe Üniversitesi.

You, B., Wu, C., Li, J. & Liao, H. (2014). Physiological Responses of People in Working Faces of Deep Underground Mines. *International Journal of Mining Science and Technology*, 24(5), 683-688.

Yue, P., Xu, G., Li, L. & Wang, S. (2014). Prevalence of Musculoskeletal Symptoms in Relation to Psychosocial Factors. *Occupational medicine*, 64(3), 211-216.