



# Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi

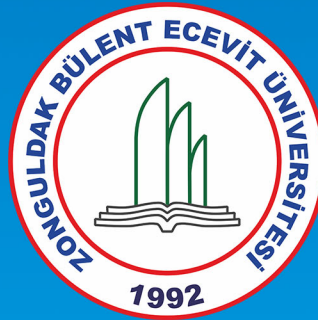
2018

2

## Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety

Cilt/Volume 2 . Sayı/Number 2 . Aralık/December 2018

e-ISSN: 2636-7602



Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Zonguldak Bülent Ecevit University

**KARAEMLAS İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DERĐİSİ**  
*KARAEMLAS JOURNAL OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY*

**Sahibi / Owner**

(Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Adına / On Behalf of Zonguldak Bulent Ecevit University)  
Mustafa ÇUFALI - Rektör /Rector

**Editör / Editor**

Ahmet Ferda ÇAKMAK

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / General Publication Manager**

İbrahim Müjdat BAŐARAN

**Yayın Kurulu / Editorial Board:**

Sevim ÇELİK

Nejat DEMİRCAN

Güldeniz KARADENİZ ÇAKMAK

F. Ebru OFLUOĞLU DEMİR

Rıdvan BALDIK

Ayşe Semra DEMİR AKCA

Alaaddin ÇAKIR

İbrahim Müjdat BAŐARAN

Sefa KOCABAŐ

Gökhan OFLUOĞLU

Öznur YAVAN

Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından online olarak iş sağlığı ve güvenliği biliminin farklı alanlarında yapılan çalışmaların duyurulması ve kamu oyu ile paylaşarak tartışmaya açılmasına yönelik olarak yayınlanan, farklı üniversitelerdeki öğretim üyelerinden oluşmuş Hakem Kuruluna sahip, uluslararası, akademik, hakemli ve süreli bir yayındır. Bu dergide öne sürülen görüş ve düşünceler makale yazarlarına aittir. Derginin tüm hakları saklıdır, dergi adı belirtilmeden alıntı yapılamaz. Makale gönderimi ve yazım kurallarına <http://dergipark.gov.tr/kisgd> adresinden ulaşılabilir.

Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety is published online by Zonguldak Bülent Ecevit University in order to announce and discuss the studies done in different fields of occupational health and safety science. This journal is an academic, peer-reviewed, and periodical publication, board of referees made up of faculty members from different universities. The opinions and thoughts put forward in this journal belong to the article authors. All rights of the magazine are reserved, it can not be quoted unless the magazine name is given. Article submission and editorial rules are available at <http://dergipark.gov.tr/kisgd>

**Dergi Yazışma Adresi / Correspondance Address**

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi Editörlüğü,  
Obezite ve Diyabet Araştırma Merkezi Binası Kat:1 67100 ZONGULDAK

Tel: 0372 291 2449, Faks / Fax: 0372 291 2447

Eposta / Email: [kisgd@beun.edu.tr](mailto:kisgd@beun.edu.tr)

Ağ Adresi / Web: <http://dergipark.gov.tr/kisgd>



**Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi**

**Karaelmas İş Sağlığı ve  
Güvenliği Dergisi**

**Karaelmas Journal of  
Occupational Health and Safety**

Cilt/Volume 2 . Sayı/Number 2 . Aralık/December 2018  
e-ISSN: 2636-7602



<http://dergipark.gov.tr/kisgd>

**BU SAYININ HAKEMLERİ / REFEREES OF THIS ISSUE**

Alaaddin ÇAKIR Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Birsen ALTAY Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Erdoğan KAYMAKÇI Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Gökhan OFLUOğLU Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Hande KÜÇÜKÖNDER Bartın Üniversitesi

Muhsin AKBABA Çukurova Üniversitesi

Nurgül AKINCI Zonguldak Bülent Ecevit niversitesi

Ömer HAZMAN Afyon Kocatepe Üniversitesi

Selim Latif SANIN Hacettepe Üniversitesi

Serter ORAN Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Sevim ÇELİK Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Tezcan ABASIZ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| • Madencilik Sektöründeki Ölümlü İş Kazalarının Analizi<br><b>Özcan ÖNEY, Selçuk SAMANLI, Sümeyye ÖZMEN</b> _____                      | 53-61        |
| • Türkiye'deki İş Kazalarının Zaman Serisi Analiz Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Tekniği ile İncelenmesi<br><b>Barış ERGÜL</b> _____ | 63-74        |
| • Ameliyathanede Çalışan Sağlık Personelinin İş Sağlığı ve Güvenliği Algısının Belirlenmesi<br><b>Yasin ŞENTÜRK, Nihal SUNAL</b> _____ | 75-85        |
| • İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Nanomateryal Risk Değerlendirmesi<br><b>İbrahim EYİ</b> _____                                     | 87-100       |



## Madencilik Sektöründeki Ölümlü İş Kazalarının Analizi

### Analysis of Fatal Work Accidents Occurring in Mining Sector

Özcan ÖNEY, Selçuk SAMANLI, Sümeyye ÖZMEN

#### ÖZET

Madencilik sektörü, Türkiye ekonomisinin önemli bir bölümünü oluşturmakta ve ülkenin sosyoekonomik gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Yeraltı ve yerüstü maden işyerleri, çalışanlar için iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır. Bu işyerlerinde gerekli önlemlerin alınmaması iş kazalarına neden olabilmektedir. Ülkemizde son yıllarda madencilik sektöründe çok sayıda ölümlü iş kazalarının olması da bu sektördeki iş kazalarının internet haberleri içerisinde artan oranda yer almasına neden olmuştur. Bu çalışmada, maden işyerlerindeki ölümlü iş kazaları internet ortamında haberleştirilmiş olanlar üzerinden incelenmiştir. Sonuçta; ölümlü iş kazalarının nedenleri üzerine genel bir değerlendirme yapılmış ve alınması gereken önlemler belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Madencilik Sektörü, Ölümlü İş Kazası, İçerik Analizi

#### ABSTRACT

The mining sector is an important segment of the Turkey's economy and has played a significant role in the country's socioeconomic development. Both underground mining workplaces and surface mining workplaces carry significant risks in terms of occupational health and safety. Failure to take necessary precautions in these workplaces could cause work accidents. Recently, the fact that there have been many fatal work accidents in the mining sector has caused the work accidents in this sector to take place in the internet news. In this study, fatal work accidents in mine workplaces have been examined by internet news. As a result a general evaluation has been concluded on the causes of fatal work accidents and the necessary precautions to be taken have been mentioned.

**Keywords:** Mining Sector, Fatal Work Accident, Content Analysis

**Dr. Öğr. Üyesi Özcan Öney** - Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye

*Assist. Prof. Dr. Ozcan Oney-Uşak University, Engineering Faculty, Mining Engineering Department, Uşak, Turkey*

**Prof. Dr. Selçuk Samanlı** - Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Uşak, Türkiye

*Prof. Dr. Selçuk Samanlı-Uşak University, Engineering Faculty, Mining Engineering Department, Uşak, Turkey*

**Dr. Sümeyye Özmen** - Uşak Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Sağlık Kurumları İşletmeciliği Programı, Uşak, Türkiye

*Dr. Sümeyye Ozmen - Uşak University, Vocational School of Health Services, Healthcare Management Uşak, Turkey*

**Received/Geliş Tarihi :** 07.11.2018

**Accepted/Kabul Tarihi:** 31.12.2018

## I. GİRİŞ

Madencilik sektörü; sürekli değişen ortam şartlarına göre çalışıldığından, diğer iş kollarına göre farklılıklar göstermektedir. Söz konusu sektörde arama, hazırlık, üretim, nakliyat vb. birçok aşama iş sağlığı ve güvenliği yönünden birçok riski içermektedir. Bu risklerin önlenememesi durumunda birçok iş kazası ve meslek hastalıkları ortaya çıkmaktadır [1].

Maden işyerleri, yeraltı ve yerüstü olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. 19.09.2013 tarih ve 28770 sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerleri, madenlerin yeraltı veya yerüstünden çıkarılması, madenlerin çıkarma amacıyla araştırılması, çıkarılan madenlerin işlenmesi hariç, satışa hazırlanması olarak ifade edilmiştir. Yeraltı işyerlerinde iş kazalarına neden olan başlıca faktörler; göçük, havalandırma, yangın ve patlama, su geliri, malzeme, nakliyat, makine ve ekipman, elektrik ve aydınlatma, diğer fiziksel tehlikeler, kimyasal ve biyolojik tehlikeler, psikososyal strestir. Yeraltı kömür ocaklarında yangın ve patlama sıklıkla karşılaşılan tehlikelerdir. Kömür tozu ve karbon monoksit, delme, patlatma ve kömür üretimi gibi aktivitelerin neticesinde ortaya çıkmaktadır. Madencilik sektöründe, psikososyal stres faktörleri de gün geçtikçe önem arz etmektedir [2].

Dünyada maden üretiminin yaklaşık üçte ikisi açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, açık işletmelerde kullanılan makinelerin kapasite ve verimlilik artışı birim üretim maliyetin düşmesini sağlamıştır. Sonuçta, açık ocak madenciliği yeraltı madenciliğine göre tercih edilebilir hale gelmiştir. Açık işletmelerdeki başlıca işlem aşamaları; delme, patlatma, kazı-yükleme, taşıma ve dökme olarak sayılabilir [3]. Açık işlet-

melerde iş kazalarına neden olan başlıca faktörler; sev kayması, taş fırlaması, iş ekipmanı kullanımı, patlayıcı madde, yüksekte çalışma, su geliri vd. olarak sayılabilir. Yerüstü maden işyerleri kapsamına, cevher hazırlama tesisleri ve madenlerin araştırılması işleri de girmektedir. Bu işyerlerinde iş kazalarına neden olan başlıca faktörler ise; yüksekte çalışma, malzeme düşmesi, iş ekipman kullanımı, elektrikle çalışma olarak sayılabilir.

Ülkemizde madencilik sektöründe yaşanan ölümlü iş kazaları, çalışanların sağlığı ve güvenliğinin giderek daha fazla olumsuz etkilendiğinin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sektörde, işletmelerin büyük bir kısmının vardiyalı sistemde ve 24 saat çalışması, günlük değişebilen çalışma ortamının özellikleri çalışanlar açısından daha fazla riski beraberinde getirmektedir. Her yıl bu sektörde karşılaşılan iş kazaları sebebiyle birçok çalışan olumsuz etkilenmektedir. Sonuçta madencilik iş kaybı ve ölümlü iş kazasının yaşandığı bir sektördür.

İçerik analizi, metin içinde tanımlanan belirli karakterlerden sistematik ve tarafsız sonuçlar çıkarmak için kullanılan bir araştırma tekniğidir [4]. Merriam-Webster'a göre içerik analizi "yayınlanmış bir materyalin bir bölümünün açık veya örtük içeriğinin, anlamını ve olası etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla, anahtar sembollerinin ve temalarının sınıflandırılması, tablollaştırılması ve değerlendirilmesi yoluyla analiz edilmesidir [5]. İçerik analizinde; birbirine benzeyen veriler belirli kavramlar ve temalar çerçevesinde bir araya getirilerek okuyucunun anlayabileceği bir biçimde yorumlanmaktadır [6].

Bu çalışmada madencilik sektöründe 2013-2017 yılları arasında yaşanan ölümlü iş kazalarına ilişkin verilerin internette yer alan haberleri incelenmiş ve bu veriler kullanılarak ölümlü iş kazalarının nedenleri ile sonuçlarına dair bir analiz yapılması amaçlanmıştır. Ölümlü iş kaza haberleri-



nin yayıncı kuruluş tarafından internet ortamında verildiği haliyle içerikleri analiz edilmiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Değerlendirmelerde, nitel araştırma yaklaşımlarından içerik analizi yapılmıştır. Google üzerinden “Madencilik iş sağlığı ve güvenliği”, “Maden ölümlü iş kazası”, “Kömür ölümlü iş kazası”, “Taşocağı ölümlü iş kazası”, “Mermer ölümlü iş kazası”, “Yeraltı maden ölümlü iş kazası”, “Yerüstü maden ölümlü iş kazası” başlıkları anahtar kelime olarak aratılarak 2013-2017 yılları arasındaki ulusal haberler taranmıştır. Sonuçta, 306 adet haber incelemeye alınmıştır. 7 sorudan oluşan içerik çözümleme yönergesi uygulanmıştır. Sorulara cevap aranabilecek bir kontrol listesi tablosu oluşturulmuştur. Oluşturulan tabloda, her bir haberin yılı, kazanın olduğu il, işletme türü (kamu, özel), kazanın olduğu yer (yerüstü veya yeraltı), madenin cinsi (kömür, metal, taş toprak, yardımcı tesis), kazanın nedeni (göçük, yüksekte düşme, elektrik, iş ekipmanı kullanımı, malzeme, taş düşmesi, patlayıcı madde, gaz vb.), kazanın sonucu (yaralanma, ölüm) incelenmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Sorulara yönelik elde edilen veriler kodlanmıştır. Nitel verilerin sayısallaştırılmasında sıklıktan yararlanılmıştır.

## III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen verilerin istatistiksel verilerle karşılaştırılmasını yapmak için ülkemizde iş kazalarına ilişkin istatistikleri düzenleyen Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verileri incelenmiştir. SGK verileri incelendiğinde; madencilik sektöründe 2013-2017 yılları arasında iş kazaları sonucu ölen sigortalı sayısı toplam 711 kişidir. İnternet haberlerinin incelenmesi sonucu bu dönem içerisinde belirlenen ölen kişi sayısı ise 682 kişidir. Bu durumda madencilik sektöründe ölümlü iş kazalarının büyük bir kısmının basında yer

aldığı ve güncel olarak haberleştirildiği görülmektedir. Bu dönemde, en çok ölüm 2014 yılında olmuştur ve bu yıl içerisinde 381 kişi yaşamını yitirmiştir. Bunun nedeni, Mayıs ayında Manisa ili Soma ilçesinde meydana gelmiş olan ve 301 madencinin yaşamını yitirmiş olduğu yeraltı madencilik kazasıdır. Diğer yıllar incelendiğinde ölen sigortalı sayısının 68-85 arasında değiştiği görülmektedir. Tablo 1'de Türkiye'de madencilik sektöründe iş kazasından ölen kişi sayısı 2013-2017 yılları aralığı için verilmektedir.

**Tablo 1:** Türkiye'de madencilik sektöründe iş kazasından ölen kişi sayısı (2013-2017) [7].

| YILLAR | Ölen kişi sayısı |                    |
|--------|------------------|--------------------|
|        | SGK verileri     | İnternet haberleri |
| 2013   | 84               | 85                 |
| 2014   | 381              | 381                |
| 2015   | 79               | 71                 |
| 2016   | 82               | 76                 |
| 2017   | 85               | 69                 |
| TOPLAM | 711              | 682                |

2013-2017 yılları arasında madencilik sektöründeki ölümü iş kazası ile ilgili haber sayısı toplam 305'dir. Söz konusu veriler Tablo 2'de verilmektedir.

**Tablo 2:** Türkiye'de madencilik sektöründeki ölümlü iş kazasına ilişkin haber sayısı (2013-2017)

| YILLAR | İnternet haber sayısı |
|--------|-----------------------|
| 2013   | 73                    |
| 2014   | 55                    |
| 2015   | 68                    |
| 2016   | 58                    |
| 2017   | 52                    |
| TOPLAM | 306                   |

### A. Ölümlü iş kazalarının haber içeriği yönünden incelenmesi

Madencilikte, yeraltı ve yerüstünde karşılaşılan ölümlü iş kazaları hem yerel basında hem de ulusal basında detaylı olarak yer almıştır. Kazalar genellikle büyük başlıklarla ve okuyucunun dikkatini çekecek şekilde ve bazen başlığının sonuna ünlem işareti de konularak verilmektedir. Kazalar açıklayıcı bir şekilde ve genellikle yorumsuz olarak haberlerde yer almaktadır. Haberler genellikle bir resimle (kazanın olduğu yerde çekilmiş bir resim, kırık bir baret resmi, vb.) birlikte desteklenmektedir.

Ölümlü iş kazaları haberlerde yer aldığı şekliyle incelendiğinde, tüm iş kazalarında ölen kişi ile ilgili kimlik bilgilerinin açık bir şekilde verildiği ve kazanın oluş şeklinin belirtildiği görülmektedir. Kaza haberinde, öncelikle ölen kişinin adı ve soyadı, yaşı, medeni durumu (evli olup olmadığı, çocuk sayısı vb.) belirtilmekte daha sonra kazanın oluş şekli kısaca açıklanmaktadır.

Kazanın açıklamasında, maden ocağının türü (kömür işletmesi, krom işletmesi, taş ocağı, mermer ocağı vb.), kazanın olduğu yer (üretim, nakliyat vb.) ve kazanın oluş şekli (göçük, taş fırlaması, malzeme, yüksekte düşme vb.) belirtilmektedir. Özellikle yeraltı taşkömürü işletmelerinde meydana gelen ölümlü iş kazalarında, kazanın olduğu kat (-360, -460 katı vb.), kazanın olduğu yer (-160/-260 katındaki üretim panosunda, -260 katında galeri sü-

rülmesi esnasında vb.) detaylı olarak belirtilmektedir. Kamu işletmelerinde gerçekleşen kazaların bazılarında kamu yetkililerinin kazaya ilişkin detay bilgileri verdikleri görülmüştür.

### B. Ölümlü iş kazalarının işyerleri yönünden incelenmesi

Ölümlü iş kazalarının nedenlerini araştırmak amacıyla, yeraltı ve yerüstü işyerlerinde meydana gelen kaza sayısı ve bu işyerlerine ait ölümlü sigortalı sayıları incelenmiştir. 2013 yılı içerisinde 32 yeraltı ve 41 yerüstü işyerlerinde olmak üzere toplam 73 ölümlü iş kazası olmuştur. Aynı yıl içerisinde ölen sigortalı sayısı yeraltında 40 kişi ve yerüstünde 45 kişi olmak üzere 85 kişidir. 2014 yılında yerüstü işyerlerine göre yeraltı işyerlerinde daha az ölümlü kaza olmasına karşın (26 iş kazası) ölen sigortalı sayısı yerüstü işyerlerinde ölen sigortalı sayısının çok üzerindedir (348 kişi). Bunun nedeni, 2014 yılı içerisinde 14 Mayıs tarihinde Soma'da meydana gelen yangın sonucu 301 madencinin öldüğü ve 27 Ekim tarihinde Karaman'da su baskını sonucu 18 kişinin hayatını kaybettiği madencilik kazalarıdır. 2013-2017 yılları arasında yeraltı işyerlerinde ölümlü iş kaza sayısı toplam 126 olup bu iş kazalarında 470 kişi yaşamını yitirmiştir. Aynı dönem içerisinde ise yerüstü işyerlerinde toplam 179 ölümlü iş kazası olmuş ve 211 kişi yaşamını yitirmiştir. Genel olarak yerüstü işyerlerinde ölümlü iş kazası sayısının yeraltı işyerlerine göre fazla olduğu ancak

**Tablo 3:** Ölümlü kaza sayısı ve ölen işçi sayısının yeraltı ve yerüstü işyerleri itibariyle dağılımı (2013-2017)

| YILLAR | Ölümlü kaza sayısı |         |        | Ölü Sayısı |         |        |
|--------|--------------------|---------|--------|------------|---------|--------|
|        | Yeraltı            | Yerüstü | Toplam | Yeraltı    | Yerüstü | Toplam |
| 2013   | 32                 | 41      | 73     | 40         | 45      | 85     |
| 2014   | 26                 | 29      | 55     | 348        | 33      | 381    |
| 2015   | 30                 | 38      | 68     | 31         | 40      | 71     |
| 2016   | 12                 | 46      | 58     | 15         | 61      | 76     |
| 2017   | 26                 | 26      | 52     | 36         | 33      | 69     |
| TOPLAM | 126                | 180     | 306    | 470        | 212     | 682    |

Tablo 4: Ölen işçi sayısının sektörler itibariyle dağılımı (2013-2017)

|              | Kömür | Metal | Taş ocakçılığı | Madencilik destekleyici hizmet faaliyetleri | Toplam |
|--------------|-------|-------|----------------|---|--------|
| 2013         |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 35    | 5     | 0              | 0   | 40     |
| Yerüstü      | 5     | 9     | 27             | 4   | 45     |
| Toplam       | 40    | 14    | 27             | 4   | 85     |
| 2014         |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 343   | 5     | 0              | 0   | 348    |
| Yerüstü      | 8     | 2     | 22             | 1   | 33     |
| Toplam       | 351   | 7     | 22             | 1   | 381    |
| 2015         |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 24    | 6     | 1              | 0   | 31     |
| Yerüstü      | 3     | 7     | 30             | 0   | 40     |
| Toplam       | 27    | 13    | 31             | 0   | 71     |
| 2016         |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 11    | 4     | 0              | 0   | 15     |
| Yerüstü      | 3     | 21    | 37             | 0   | 61     |
| Toplam       | 14    | 25    | 37             | 0   | 76     |
| 2017         |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 28    | 8     | 0              | 0   | 36     |
| Yerüstü      | 13    | 3     | 17             | 0   | 33     |
| Toplam       | 41    | 11    | 17             | 0   | 69     |
| TOPLAM       |       |       |                |   |        |
| Yeraltı      | 441   | 28    | 1              | 0   | 470    |
| Yerüstü      | 32    | 42    | 133            | 5   | 212    |
| Genel Toplam | 473   | 70    | 134            | 5   | 682    |

yeraltı işyerlerinde sayısal olarak daha az ölümlü iş kazası olmasına karşılık yüksek oranda ölümler gerçekleştiği sonucu çıkmaktadır. Aşağıda sunulan, Tablo 3'de ölümlü kaza sayısı ve ölen işçi sayısının yeraltı ve yerüstü işyerleri itibariyle dağılımı 2013-2017 yılları aralığı için verilmiştir.

2013-2017 yılları arasında madencilik iş kolunda iş kazalarından ölen işçi sayılarının sektörler itibariyle dağılımı Tablo 4'de verilmektedir.

Bu dönem içerisinde kömür madenciliğinde 473 kişi (%69,35) taş ocakçılığında 134 kişi (%19,65), metal madenciliğinde 70 kişi (%10,26) ve madencilik destekleyici hizmet faaliyetleri (NACE 09 kodlu) (%0,73) çalışmaları esnasında oluşan iş kazaları nedeniyle yaşamlarını kaybetmişlerdir. İş kazasından ölen kişi sayısı en çok kömür madenciliğinde olmuştur. Bu sektörde gerçekleşen ölümlü iş

kazaları, Zonguldak ve Manisa (Soma) illeri başta olmak üzere 20'den fazla ilde gerçekleşmiş ve toplamda 440 kişi hayatını kaybetmiştir.

#### 1. Yeraltı işyerlerinde meydana gelen ölümlü iş kazalarının nedenleri

Yeraltı işyerlerinde meydana gelen ölümlü iş kazalarının hemen hemen tamamının (%99,77) kömür (%93,82) ve metal madenciliğinde (% 5,95) olduğu görülmektedir. 2013-2017 yılları arasında toplam 470 kişi yeraltı işyerlerinde meydana gelen iş kazaları sonucu yaşamını yitirmiş olup yeraltı kömür madenciliği özelinde ise ölen kişi sayısı 441'dir. Şekil 1'de Türkiye'de kömür üretimi yapılan başlıca iller verilmektedir.

Bilindiği üzere ülkemizde en önemli kömür madenciliği, taşkömürü ve linyit madenciliği olarak iki gruba ayrıl-

Şekil 1: Türkiye'de kömür üretimi yapılan başlıca iller [8]



mıştır. Ülkemizde taşkömürü rezervleri, Zonguldak havzasında bulunmaktadır. Taşkömürü üretimi uzun yıllar devlet tarafından gerçekleştirilmiştir. 2004 yılından itibaren ise Maden kanununda yapılan değişiklikle devlet tarafından işletilmeyen ve atıl durumdaki kömür rezervleri rödevans yolu ile üçüncü şahıslara verilmektedir. Halen havzada kamu ve özel sektör tarafından taşkömürü madenciliği faaliyetleri sürdürülmektedir [9]. Üretim tamamı yeraltı işletmeciliği ile gerçekleştirilmektedir. Linyit üretimleri ise kamu ve özel sektör tarafından birçok ilde yapılmaktadır. Bilhassa Ege, Trakya ve İç Anadolu Bölgeleri'nde linyit madenciliği yaygın olarak yürütülmektedir. Linyit madenciliğinde, açık ve yeraltı işletmeciliği olmak üzere iki temel yöntem uygulanmaktadır. Yüze yakın kömür oluşumları açık işletme yöntemi ile üretilmekte iken derin kömür damarlarında ise yeraltı işletme yöntemi tercih edilmektedir.

Kömür madenciliğinde, yeraltı işyerlerinde gerçekleşen ölümlü iş kazalarının en çok Zonguldak ve Manisa (Soma) illerinde olduğu görülmektedir. Soma ve Ermenek'teki ölümlü iş kazaları hariç tutulduğunda ölümlü iş kazalarının başlıca nedeni göçük olmaktadır. Bilindiği üzere yeraltında

üretim gerçekleştirmek amacıyla çeşitli kesit ve boyutlarda galeriler açılmakta ve bu boşluklar uygun şekilde tahkim edilmektedir. Tahkimat sistemlerinin iyi uygulanmadığı durumlarda "göçük" denilen kazalar meydana gelmektedir [10].

Göçük sonucu meydana gelen ölümlü iş kazalarının genellikle taşkömürü madenciliğinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, Zonguldak havzasının yapısı gereği mekanize üretim yöntemlerinin uygulanamaması, özellikle üretim yerlerinde emek yoğun çalışma yapılması sonucu ağaç tahkimatın uygulanması olarak değerlendirilmektedir. Özellikle küçük işletmelerde yetersiz tahkimat ve uygun olmayan üretim yöntemlerinin kullanılması da göçük olaylarının sık yaşanmasının başlıca nedenlerindedir. Ayrıca, kaçak kömür ocaklarında da sıklıkla ölümlü iş kazaları olmaktadır.

Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde tahkimat ile ilgili maddeler bulunmakta olup, yaşanan ölümlü kaza olayları ilave tedbirler alınmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle yeraltı kömür madenciliğinin emek yoğun yapıldığı yerlerde gerek tahkimat açısından gerekse

de kazı işleri açısından iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili daha detaylı hükümlere yer verilmesi zorunludur.

Yeraltı kömür madenciliğinde, ölümlü iş kazalarının olmasında önemli bir diğer risk faktörü de havalandırma sistemlerinin yeterli olmamasıdır. Yeraltı hazırlık ve üretim çalışmalarında ortama gönderilen temiz hava; cevher, kömür damarı ve çevre kayaçları içerisinde bulunan zararlı gazlar, cevher ve kömürün oksidasyonu, ocak tozları vd. nedenlerle kirlenmektedir. Ayrıca, ocak havasındaki oksijen miktarı, işçilerin solunumu, patlayıcı madde kullanımı ve makinelerin çalışması sonucunda azalmaktadır. Derin ocaklardaki yüksek sıcaklık ve nem de çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ocak havası içerisindeki karbon monoksit, hidrojen sülfür, kükürt dioksit vb. zehirli gazlar, metan vb. patlayıcı gazlar, karbon dioksit vb. boğucu gazlar ve patlayıcı özellik gösteren kömür tozu yeraltında tehlikeli çalışma ortamı oluştururlar. Bu olumsuzlukları gidermek ve gerekli oksijeni sağlamak amacıyla yeterli miktarda temiz havanın yeraltına gönderilmesi zorunludur. Bunun için yönetmeliğe göre uygun sistemlerin kurulması ve belirlenen istasyonlarda belirli periyotlarda hava ölçümlerinin yapılarak ocak havasının sürekli olarak kontrol altında tutulması sağlanmalıdır [11].

Denetimlerde özellikle küçük işletmelerde havalandırma kontrolünün sıklıkla yapılması gereklidir. Yeraltı kömür işyerlerinde yaşanan ölümlü iş kazalarının nedenleri arasında vagon devrilmesi, vagonların katardan boşalması, iş ekipmanının hatalı kullanımı, malzeme düşmesi ve elektrik çarpması da sayılabilir.

Yeraltı ölümlü iş kazalarının olduğu bir diğer sektör de metal sektörüdür. Bu sektörde, krom ve bakır başta olmak üzere kurşun, demir, altın, antimuan ve çinko madenlerinin üretimleri esnasında ölümlü iş kazaları yaşanmıştır. İş kazalarının nedenleri arasında, göçük, gaz zehirlenmesi ve

taş düşmesi öncelikli nedenler olarak sayılabilir.

## **2. Yerüstü işyerlerinde meydana gelen ölümlü iş kazalarının nedenleri**

Yerüstü işyerlerinde meydana gelen ölümlü iş kazalarının büyük bir kısmının (%62,56) diğer madencilik ve taş ocakçılığında olduğu görülmektedir. Bunu, %19,91 ile metal madenciliği ve %15,17 ile kömür madenciliği izlemektedir. Diğer madencilik ve taş ocakçılığında yaşanan ölümlü kazaların büyük bir çoğunluğu ise mermer üretimi ve işlenmesi faaliyetleri esnasında meydana gelmektedir. Dünyanın en zengin doğal taş oluşumlarının bulunduğu Alp kuşağında yer alan Türkiye çok çeşitli ve büyük miktarda mermer rezervine sahiptir. Söz konusu rezervler özellikle Diyarbakır, Elazığ, Afyon, Bilecik, Denizli, Balıkesir, Muğla ve Amasya illerinde yoğunlaşmıştır. Son dönemde yapılan yatırımlarla birlikte Türkiye, dünya doğal taş üretiminde lider yedi üretici ülkeden birisi konumuna gelmiştir [10]. Mermer işletmeciliği, gerek ocak gerekse de işleme süreçlerinde işgücü ve teknolojinin ortaklaşa kullanıldığı ağır çalışma şartlarının olduğu riskli bir sektördür. Ülkemizde, birçok yerde mermer işleme tesislerine rastlanmakta ve gün geçtikçe bu tesislerin sayıları artmaktadır. Söz konusu işletmelerde çok çeşitli makineler kullanılmaktadır. Kullanılan makine ve ekipmanların artması ile alınacak güvenlik önlemleri de çeşitlenerek artmaktadır [12,13]. Mermer işyerlerindeki ölümlü iş kazalarının nedenleri arasında blok düşmesi, iş ekipmanı kullanımı, yüksekte düşme, patlayıcı madde kullanımı ve malzeme çarpması sayılabilir.

Türkiye’de, mermer ocak işletmeciliği çoğunlukla açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Bu yöntemde ortalama basamak yükseklikleri 6-10 metre olarak oluşturulmakta ve kademeler farklı boyutlarda kesilerek üretim yapılmaktadır. Basamakların ilk ağız açılması işlemi sırasında, serbest yüzey oluşturmak amacıyla üçgen kesim uygulaması yapılmaktadır. Bu işlem yerine, patlayıcı madde kullanılması iş

kazalarına neden olmaktadır. Basamaklardan büyük dilimlerin kesilmesi ve kesilen bu dilimlerden daha küçük küçük dilimler oluşturulması işlemlerinde çoğunlukla tel kesme makineleri kullanılmaktadır. Tel kesme makineleri mermer bloğu içerisinde önceden açılmış delikler içerisinde belirli bir hızla hareket etmesi sonucunda blokları kesen özel makinelerdir. Telin çalışma anında kopması durumunda serbest kalan tel geniş bir alanda hareket etmekte, ayrıca tel üzerindeki bulunan elmaslar, bilezikler, sıkma parçaları ve yaylar işletme alanına yayılarak temas ettiği yer ve kişilere önemli zarar ve hasar vermektedir [14]. Mermer işletmelerinde kesilen büyük blokların devrilmeleri, sayılanmaları ve taşınmalarında kullanılan ağır iş makineleri ve kamyonlar potansiyel iş kazası nedenleridir [14].

Türkiye’de çok çeşitli nitelik ve özellikte doğal taş çeşidine sahiptir. Başlıca doğal taş rezervleri Anadolu ve Trakya bölgeleri boyunca geniş bir alana yayılmıştır. Söz konusu rezervler; Ege Bölgesinde %32, Marmara Bölgesinde %26, İç Anadolu Bölgesinde %11, Doğu Anadolu Güneydoğu Anadolu, Karadeniz ve Akdeniz Bölgelerinde ise %31 olarak dağılmaktadır. Sektörde yaklaşık olarak 1.500 adet doğal taş ocağı, fabrika ölçeğinde faaliyet gösteren 2.000 kadar tesis, orta ve küçük ölçekli 9.000 atölye yer almaktadır. Türkiye’de yıllık doğal taş üretimi yaklaşık 11,5 milyon tondur. Mermer işleme tesislerinin toplam plaka üretim kapasitesi ise 6,5 milyon m<sup>2</sup> civarındadır [15, 16]. Doğal taş ocakçılığında ise, iş makinesinin devrilmesi, şev kayması, malzeme düşmesi, dinamit kullanımı, ekipmanın hatalı kullanımı, yüksekte düşme, kaya parçasının düşmesi vb. nedenlere ölümlü iş kazaları gerçekleşmiştir.

Kömür sektöründe yerüstünde gerçekleşen ölümlü iş kazalarının nedenleri arasında yüksekte düşme, kamyon altında ezilme, ekipman çarpması, şev kayması, banda sıkışma sayılabilir.

#### IV. SONUÇ

Madencilik sektöründe yaşanan ölümlü iş kazaları, gelişen iletişim teknolojisi ile toplumun her kesimi tarafından kolaylıkla ulaşılabilir ve takip edilebilir olmuştur. İş kazalarının önlenmesi ve çalışanların iş sağlığı ve güvenliği için gerekli tedbirlerin özenle alınması gereklidir. Bu kapsamda; yerüstü ve yeraltı madencilik faaliyetleri detaylı olarak analiz edilmeli, iş kazalarının hangi çalışmalarda daha sık görüldüğü, hangi makinelerde ve hangi sebeplerden gerçekleştiği araştırılmalı, bunları önlemek için düzenleyici tedbirlerin neler olması gerektiği üzerine odaklanılmalıdır. Özellikle kömür madenciliği, mermer, taş ocakçılığı ve krom madenciliği ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili denetimler arttırılmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bu alanlarda ortaya çıkacak iş kazalarının ve ölümlerin azaltılması sonucunda; çalışanlar, işverenler ve ülkemiz açısından daha sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulacak ve böylece madencilik sektörünün gelişmesine önemli oranda katkı sağlanacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Tozman, B., (2010). Türkiye Madencilik Sektöründe İş Kazalarının İstatistiksel Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [2] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi (ÇASGEM), (2016). Madencilik Sektöründe İş Kazaları.
- [3] T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, (2011). Yeraltı Ve Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Rehberi, Yayın No: 43, Ankara.
- [4] Stone P. J., Dunphy D. C., Marshall S. S., Ogilvie D.M., (1966). The General Inquirer: A Computer Approach to Content Analysis, The M.I.T. Press, Massachusetts.
- [5] Özden, M.Y., Durdu, L., (2016). Nitel Araştırma Yöntemleri, Anı Yayıncılık, Ankara,
- [6] Yıldırım, A., Şimşek H., (2013). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Seçkin Yayıncılık, 9.

Baskı, Ankara.

- [7] T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu, Erişim Tarihi: 4.11.2018, [http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yillikleri](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yillikleri)
- [8] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (2016). Kömür Sektör Raporu. Erişim Tarihi: 12.11.2017.  
<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FSEKT%C3%96R%20RAPORU%202015%2030.06.2015%20SON.pdf>
- [9] T.C. Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Taşkömürü Kurumu (2016). Taşkömürü sektör raporu, Erişim Tarihi: 02.03.2018  
[http://www.taskomuru.gov.tr/file/duyuru/TTKGM\\_Sektor\\_Raporu\\_2016.PDF](http://www.taskomuru.gov.tr/file/duyuru/TTKGM_Sektor_Raporu_2016.PDF)
- [10] Tatar, Ç., İpekoğlu, ., Aksoy, O., Mallı, T., (2011). Madencilige Giriş, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları No:319, İzmir
- [11] İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM), KOBİ'ler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi: Risk Değerlendirmesi, İSG Performans İzleme ve Sağlık Tehlikeleri, Maden Sektörü: Kömür
- [12] Bilger, E., Demirci, S., (2017). Mermer İşleme Tesislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 02 – 03 Kasım, Adana, 825-833.
- [13] Eleren, A., Ersoy, M., (2011). Mermer Ocaklarında Elmas Tel ve Kollu Kesiciyle Kesme Teknolojilerinin İş Güvenliği Bakımından Karşılaştırılmasında Hata Türü Etki Analizi Yönteminin Uygulanması. Türk Bilim Araştırma Vakfı. 4, 11, 9-19.
- [14] Gümüş, A., Akkoyun, ., (2018). Mermer Ocak İşletmeciliğinde Sık Karşılaşılan İs Kazaları zerine Bir İnceleme,  
[http://www.dicle.edu.tr/a/oakkoyun/papers/mermer\\_is\\_kaza\\_ocak.pdf](http://www.dicle.edu.tr/a/oakkoyun/papers/mermer_is_kaza_ocak.pdf)
- [15] T.C. Ekonomi Bakanlığı, Doğaltaş Sektör Raporu, (2017). Erişim Tarihi: 11.08.2017.  
<http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Taslar>,
- [16] Hatipoğlu, C., (2016) . Doğaltaş Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmenin retim Ve Planlama Sürecinin İncelenmesi, Akademik Bakış Dergisi, 53, 186-198.





## Türkiye'deki İş Kazalarının Zaman Serisi Analiz Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Tekniği İle İncelenmesi

### Investigation of Work Accidents in Turkey with Time Series Analysis and Neural Network Technique

**Barış ERGÜL**

#### ÖZET

İş kazaları sonucunda ölüm ve iş göremezlik verileri yıllara göre kaydedilmektedir. Yıllar bazında kaydedilen veriler zaman serisi analizi ile modellenmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'deki iş kazaları sonucu ölüm sayıları ve sürekli iş göremezlik sayıları, Box-Jenkins (ARIMA) Tekniği ile modellenmiştir. Ayrıca aynı veriler Yapay Sinir Ağları ile de modellenmiştir. Her iki yöntem sonucunda elde edilen modeller, tahmin bakımından karşılaştırılmıştır. 2016-2020 yılları için yapılan tahminlere göre, Yapay Sinir Ağları ile kurulan model daha doğru tahmin değerleri vermiştir. ARIMA Tekniğine göre, Türkiye'de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için azalacağı tahmin edilmiştir. YSA göre, Türkiye'de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için artacağı ön görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İş Kazası, Ölüm, İş göremezlik, ARIMA, Türkiye

#### ABSTRACT

As a result death and permanent absence from work are recorded according to years. Data recorded for several years are modeled by time series analysis. In this study, the result of the number of deaths and the number of permanent absence from work in Turkey, using Box-Jenkins (ARIMA) Technique modeled. The same data are also modeled with Artificial Neural Networks. The models obtained as a result of both methods have been compared in terms of estimation. According to estimates for 2016-2020, the model established with Artificial Neural Networks gave more accurate estimates. According to the ARIMA technique, the number of deaths and number of permanent absence from work in Turkey is expected to decrease for the 2016-2020 period. According to ANN, the number of deaths and number of permanent absence from work in Turkey will increase foreseen for the 2016-2020 period.

**Keywords:** Work Accident, Death, Absence from work, ARIMA, Turkey

## I. GİRİŞ

İş kazaları ve meslek hastalıkları, çalışma hayatının en önemli sorun alanları arasındadır. Küreselleşmenin bir sonucu olarak, sanayileşmenin artması beraberinde ciddi sorunlar meydana getirmektedir. Özellikle üretim ağırlıklı sektörlerin gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kayması beraberinde çok fazla sorunu da bu ülkelere kaydırmıştır. Gelişmekte olan ülkelerdeki iş kazası sayısı, buna bağlı olarak ortaya çıkan meslek hastalıkları sayısı ve ölüm oranı hızla artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde kırsal kesimden kente hızlı göç, eğitim seviyesi düşük işçilerin istihdamı, uygun işlere uygun işçilerin uyarlanamaması, uluslararası firmaların ağı işletmelerinde olumsuz koşullarda çalışma, yetersiz iş denetimi, iş kazaları ve meslek hastalıkları sayısının artmasına neden olmaktadır [1]. İş sağlığı, çalışanların beden, ruh ve sosyal iyileştirmelerini sağlamak ve sürdürmek, çalışanların çalışma koşullarından kaynaklanabilecek riskli durumlardan korunmasını ve sağlıklarının bozulmasını önlemek, çalışanların kendilerine uygun işlere yerleştirmesini ve iş ortamına uyumunu sağlamak olarak tanımlanmıştır [2]. İş güvenliği, çalışanları korumak, rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak, işletme güvenliğini sağlayarak tehlikeli durumları ortadan kaldırmak olarak tanımlanabilir [3]. İş Sağlığı ve Güvenliği ise, çalışanların, işyerlerinde işin yürütülmesi nedeniyle oluşacak tehlikelerden korunması, işyeri çevresindeki çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve çalışanların huzur içinde çalışmalarını sağlamak amacıyla yapılan sistemli çalışmalardır [4]. İş kazası, belirli bir zarara ya da yaralanmaya neden olan, beklenmeyen bir zamanda meydana gelen ve önceden planlanmamış bir olay olarak tanımlanmıştır [5]. Dünya Sağlık Örgütü'nün tanımına göre iş kazası, önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara ve üretimin belli bir süre durmasına yol açan bir olaydır [6].

Türkiye'de iş kazası, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 3. maddesinde tanımlı olduğu gibidir. Bu tanım, işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olay biçiminde tanımlanmıştır [7]. İş kazası kavramının ülkemizdeki hukuki yapısının değerlendirilmesinde 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu esas alınmıştır. Bu yasaya göre iş kazası, sigortalının işyerinde bulunduğu sırada; işveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle veya görevi nedeniyle, sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş veya çalışma konusu nedeniyle işyeri dışında; bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda; emziren kadın sigortalının, çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda; sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen özre uğratan olay olarak tanımlanmıştır [8].

Dünya genelinde iş kazaları ve meslek hastalıklarının sayısında artış gözlenmektedir. Son yıllarda, ucuz iş gücü nedeniyle gelişmekte olan ülkelere yapılan teknoloji ve sanayi yatırımlarının arttığı görülmektedir. Buna bağlı olarak bu ülkelerdeki çalışma standartlarının kötü olması, meydana gelen iş kazası sayısını da arttırmaktadır. Türkiye'de son yılların istatistiksel verileri incelendiğinde, iş kazası sonucu ölüm, meslek hastalığı ve sakat kalma vakalarında artış olduğu görülmektedir [9]. Türkiye'de 2016 yılında Sosyal Güvenlik Kurumu verilerine göre, 286.068 adet iş kazası meydana gelmiştir. Bir yıl 300 iş günü olarak kabul edildiğinde, Türkiye de her gün yaklaşık 210 iş kazası olmakta, 7 işçi sürekli iş göremez, çalışamaz hale gelmekte ve yine her gün 5 işçi hayatını kaybetmektedir. Bu değerler, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistiklerinden

elde edilen resmi sonuçlardır. Yani sadece SGK'ya bildirilen, resmi kayıt altına alınan kazalar için hesaplanan değerlerdir. Meydana gelen her kazanın resmi kayıt altına alınmadığı ve sigortasız olarak çalıştırılan işçilerin ise hiç hesaba katılmadığı düşünüldüğünde olayın boyutları daha da büyüyecektir.

İş kazaları sonucunda iki durum ortaya çıkmaktadır. Bu durumlar, iş kazası sonucu ölüm ve iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik halleridir. İş kazası sonucu ölüm, çalışanın kazayı izleyen günden veya kazadan bir gün sonra başlamak üzere, sonraki bir yıl içinde ölümüyle sonuçlanan iş kazası olarak tanımlanır. Aslında, ölümcül kazaların çoğunluğunda ölüm kazanın meydana geldiği zaman veya kazadan birkaç gün veya birkaç hafta sonra oluştuğu görülmektedir. Sürekli iş göremezlik ise, iş kazası sonucu oluşan hastalık ve özürlü nedeniyle kurumca yetkilendirilen sağlık hizmeti sunucularının sağlık kurulları tarafından verilen raporlara istinaden kurum sağlık kurulunca meslekte kazanma gücünün en az % 10 oranında azalmış olma durumunu ifade etmektedir [10].

İnce v.d. (2000), ülkemizde iş gücü kaybının ele alındığı yasaların günün koşullarına uygun olarak ve cinsiyet farklılıkları göz önüne alınarak yeniden düzenlenmesi gerektiğini ve tüm çalışanlar için standartlaştırılmasının önemini vurgulamışlardır [11]. Yılmaz (2009b), ülkemizde çalışan sayısının artmasıyla iş kazalarının artış gösterdiğini belirtmiştir. Küreselleşmenin olumsuz etkilerini azaltmak için ülkemizde katılımcı bir İSG yönetim modelinin benimsenmesi gerekliliği üzerinde durmuştur [12]. Bıyıkçı (2010), diğer ülke örnekleri ile birlikte iş güvenliği uzmanı kavramının mevzuatımıza girişi, iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasındaki rolü ve önemini incelemiştir. Ayrıca sağlık ve güvenlik hizmetlerinin yerine getirilmesi sırasında iş güvenliği uzmanının yaşadığı sorunlar için çözüm önerilerinde bulunmuştur [13]. Kılış ve Demir (2012), İSG faa-

liyetleri içinde yer alan işverenin eğitim verme yükümlülüğünü çeşitli ülkeler ile Türkiye arasındaki düzenlenme biçimini incelemeye çalışmışlardır [14]. Ceylan (2012), iş kazalarının önlenmesinde kritik bir öneme sahip olan, Türkiye'deki İSG eğitimini değerlendirmiştir [15].

İş kazaları adli vakalar olduğundan, iş kazası sonucu oluşan meslek hastalıklarının kayıtlarının ayrıntılı bir şekilde tutulması da oldukça önemlidir. İlman (2015), Türkiye'de meslek hastalıklarının tarihi gelişimini, meslek hastalıklarına sebep olan etkenleri ve ilgili mevzuata göre tarafların yükümlülüklerindeki değişimleri ele almıştır [16]. Ceylan (2016b), Türkiye'de ve dünya'da meydana gelen çoklu ölümlü iş kazalarını incelemiştir [17]. Tawiah ve Mensah (2016), madencilik sektöründeki yöneticilerin, çalışanların sağlık ve güvenliklerini korumaya yönelik yatırım yapmaları gerektiğini belirtmişlerdir [18]. Çetin ve Gögül (2015), rekabete dayalı sürdürülebilir bir büyüme için piyasa ekonomisinin hukuksal zemininin bir an önce yaratılmasının zorunlu olduğunu belirtmişlerdir [19]. Ceylan (2016a), Türkiye'de iş kazalarından kaynaklanan ölüm ve iş göremezlik vakalarını regresyon analizi kullanarak tahmin etmişlerdir [20]. Alper (2017), sosyal güvenlik reformunun kapsamla ilgili hedeflerini değerlendirmiştir [21].

Literatüre bakıldığında son zamanlarda iş kazalarının ve buna bağlı olarak meydana gelen ölüm ve sürekli iş göremezlik sayılarının modellenmesine ilişkin çalışmaların arttığı görülmektedir. Bu değişkenlerin modellenmesi ve tahmini, sadece maddi kayıplar için değil manevi kayıpların önlenmesi için alınacak tedbirler içinde gereklidir. Ceylan ve Avan (2013), yapay sinir ağları yardımıyla iş kazası, ölüm ve sürekli iş göremezlik sayılarını 3 farklı senaryo ile öngörmüşlerdir [22]. Erdugan ve Türkan (2017), çalışmalarında 2015 yılında ülkemizde kayıt altına alınmış iş kazalarını log-lineer analiz yöntemini kullanarak istatistiksel olarak anlamlı bir model önermişlerdir [23].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, zamana bağlı olarak kaydedilen iş kazası, ölüm ve işgörmezlik sayılarının, gözlemler arasında bağımsızlık gerektiren yöntemler yardımıyla analiz edildiği görülmektedir. Veriler arasında otokorelasyon bulunması durumunda regresyon analizi etkin sonuçlar vermemektedir. Dolayısıyla buna bağlı olarak yapılacak tahminler gerçeği yansıtmayacaktır. Bir zaman serisi, belirli bir değişkenin zamana göre aldığı değerlerin sıralanması ile oluşur. Zaman serisi analizi ise, geçmiş gözlem değerleri yardımıyla ilgili değişkenin gelecek değerlerinin öngörülmesi ile ilgilidir. Öngörü için çeşitli modeller geliştirilerek, serinin trendi ve özellikleri belirlenmeye çalışılır. Doğrusal zaman serilerinde Box-Jenkins tekniği oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ayrıca 1980'li yılların sonundan itibaren zaman serilerine ilişkin öngörüler için Yapay Sinir Ağları yöntemi de yaygın olarak kullanılmaktadır [24]. Doğru bir öngörü sonucunda alınacak kararlarda o denli doğru ve başarılı olacaktır. İnsan yaşamını konu alan iş kazalarının sayısının modellenmesi ve öngörülmesinde de doğru yöntemin seçimi, elde edilecek öngörülerin doğruluğunu arttıracaktır.

Bu çalışmada zaman serisi öngörü tekniklerinden biri olan Box-Jenkins (ARIMA) tekniği ve yapay sinir ağları kullanılarak, Türkiye'deki iş kazaları sonucu ölüm sayıları ve sürekli iş göremezlik süreleri modellenmeye çalışılmıştır.

## II. YÖNTEM

### A. Zaman Serileri Analizi

Zaman serileri; kesikli, doğrusal ve stokastik süreç içeriyorsa Box-Jenkins modeli olarak adlandırılır. Otoregresif (AR-AutoRegressive) modeller Yule tarafından düşünülmüştür. AR(p) modeli aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t \quad \epsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

$y_t$ ; gelecekteki değerleri öngörülme çalışılan bağımlı değişkeni ifade etmektedir.  $\phi_1, \dots, \phi_p$ ; denkleminin sağ tarafında bağımlı değişken  $y_t$ 'nin p. dereceye kadar olan gecikmeli değerleri için parametre kestirim değerlerini ifade eder.  $\epsilon_t$ ; normal dağılıma sahip hata terimini ifade eder.

Diğer bir model, hareketli ortalama (MA-Moving Average) modeli ilk defa Slutsky tarafından ortaya atılmıştır. MA(q) modeli aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$y_t = \epsilon_t + \theta \epsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q} \quad \epsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (2)$$

$y_t$ ; gelecekteki değerleri öngörülme çalışılan bağımlı değişkeni ifade etmektedir.  $\theta$ ; denkleminin sağ tarafında bağımlı değişken  $y_t$ 'nin q. dereceye kadar olan gecikmeli değerleri için parametre kestirim değerlerini ifade eder.  $\epsilon_t$ ; normal dağılıma sahip hata terimini ifade eder.

AR ve MA modellerinin karışımı olan Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA AutoRegressive Moving Average) modelleri ilk defa Wold tarafından geliştirilmiştir. ARMA (p,q) modeli ise,

$$y_t = \alpha + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \theta_2 \epsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \quad (3)$$

olarak ifade edilmektedir.

AR, MA, ARMA modelleri en genel doğrusal, durağan Box-Jenkins modelleridir [25].

Gelecekte alacağı değerlerin tahmin edilmeye çalışıldığı seri, durağan değilse seriyi durağan hale getirmek için serinin önce logaritması sonra da uygun dereceden farkı alınır. ARMA (p,q) modelinde kullanılan serinin durağan hale getirilmesi için d kez farkı alınarak model, (p,d,q) dereceden Otoregresif Bütünleşik Hareketli Ortalama (ARIMA) biçiminde ifade edilir. Bu model Box-Jenkins modeli olarak da adlandırılır. Box-Jenkins modellerinde amaç; zaman serisine en iyi uyan, en az parametre içeren doğrusal modeli belirlemektir [26]. ARIMA modelleri için en önemli aşama p, d ve q değerlerinin bulunması aşamasıdır. ARIMA mo-

delinin seçilmesi için bazı stratejiler ortaya konulmuştur ve bu amaçla dört basamaktan oluşan bir deneme - yanılma süreci verilmiştir. İlk aşamada, zaman serisi orjinal gözlemlerinin incelenmesi aşamasıdır. Genel olarak orjinal zaman serisi verileri durağan değildir. İkinci aşamada, farkı alınan serinin AR(p), MA(q) veya ARMA(p,q) sürecinden hangisine uyduğunun belirlenmesi için zaman serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonundan yararlanılmaktadır. Kısaca, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerinin incelenmesi aşaması olarak da bilinmektedir. Sonraki aşamada, BIC (Bayesian Bilgi Kriteri) değerleri belirlenir.

$$BIC = N \log \hat{\sigma}_{MV}^2 + k \log N \quad (4)$$

Burada,  $N$ ; örneklem hacmini,  $k$ ; parametre sayısı ve  $\hat{\sigma}_{MV}^2$ ; varyansın en çok olasılırlık kestiricisini göstermektedir.

Denenen geçici modellerde, BIC değerlerinin olabildiğince küçük olması istenir. Geçici model belirlendikten sonra, parametrelerin anlamlılığı ve modelin anlamlılığı test edilir. Modelin genel anlamlılığı, Ljung-Box Q test istatistiği ile sınanır. Son aşamada ise, anlamlı olduğuna karar verilen model yardımıyla ileriye yönelik tahmin yapılır [27,28].

## B. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi mevcut duruma uygulayarak genelleme yapmak, bağımsız değişkenlerden yola çıkarak ilgili problemleri çözmeye çalışan bir sistem olarak tanımlanır. Bir sinir ağının davranışı, bağlantıda olduğu hatların ağırlık değerleri ile ölçülmektedir. Bu ağırlıklar sayesinde ağ öğrenmeye başlar ve sonrasında genelleme yapar [29]. Daha ayrıntılı bir ifadeyle, bağımsız değişkenler belli ağırlıklarla

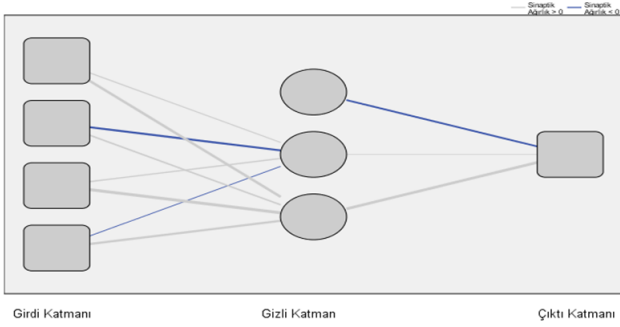
çarpılır ve -1 ila +1 arasında değişen eşik değeri ile toplanarak bağımlı değişken oluşturulur. Aktivasyon fonksiyonunda bağımlı değişken üzerinde işlem yapılarak hücre çıktısı istenilen aralıklara getirilmeye çalışılır. Hesap edilen bu bağımlı değişken değeri, gözlenen bağımlı değişken değeri ile karşılaştırılarak bir hata oranı bulunur. Bu hata oranına göre yapay sinir ağı hücresi, bağımsız değişkenler için yeni ağırlık oranlarını günceller. Böylece daha doğru sonuçlar alabilmemiz için bir döngü sağlanmaktadır. Ağın öğrenme olayı da bu ağırlıkların güncellenmesi ile meydana gelir [22].

Türkiye’de meydana gelen iş kazaları sonucu ölüm sayıları ve iş kazası sonucu iş göremezlik tahmin değerleri için Şekil 1’deki Yapay Sinir Ağları modelleri kullanılarak bulunmuştur. İlk katman girdi değişkenlerinden oluşan giriş veya girdi katmanıdır. Son katman çıktılarının yer aldığı çıktı katmanıdır. Arada bulunan gizli katman ise dış ortam ile bağlantısı olmayan nöronlardan oluşur ve bu nöronlar girdi katmanındaki sinyalleri çıktı katmanına gönderirler. Yapay Sinir Ağlarının işleyiş aşamaları daha ayrıntılı biçimde aşağıdaki gibidir: Girdiler, veri üzerinde hiçbir matematiksel işlem yapmadan sadece bir iletim görevi yapmaktadırlar. Girdiler, yapay sinir ağlarının dış dünya ile ilişki halinde olan iki elemanından biridir. Yapay sinir ağına girilen veriler, ağırlıklar aracılığı ile hücrelere girerek bulunduğu girdiyi etkiler. Ağırlıklar bir nevi matematiksel katsayı olarak görev yaparlar. Bir hücreye gelen net girdileri hesaplayan fonksiyon sayesinde net girdiler toplama fonksiyonu aracılığı ile bulunur. Hücreye gelen net girdiyi işleyerek, ilgili girdiyeye karşılık üreteceği çıktıyı hesaplama işlemi aktivasyon fonksiyonu sayesinde hesaplanır. Aktivasyon fonksiyonu tarafından çıktı belirlenir. Yapay Sinir Ağlarındaki işlemci elemanların ağırlık değerlerinin belirlenmesi ile ağ eğitilmektedir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rassal olarak atanırken, ağa eklenen örnekler ile ağırlık değerleri

değiştirilir. Ağ doğru değere ulaştığı zaman, genelleme olanağı doğmaktadır [30].

Çalışmada, başlangıç öğrenme oranı 0,4; epochsdaki indirgenmiş öğrenme oranı 10, dengeleme aralığı 0,5 ve iterasyon sayısı 1000 olarak belirlenmiştir.

Şekil 1: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı ve İş Göremezlik İçin YSA Modeli



Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağları ile bulunan modellerin karşılaştırılmasında, RMSE (Root Mean Square Error-Ortalama Hata Kareleri Karekökü) kriteri kullanılmıştır. Literatürde RMSE kriterinden başka, MSE (Mean Square Error-Hata Kareler Ortalaması), MAE (Mean Absolute Error-Ortalama Mutlak Hata) ve SSE (Sum of Squared Error- Hata Kareler Toplamı) gibi bir çok kriter kullanılmıştır. Bu çalışmada, RMSE kriteri kullanılmasının sebebi, literatürde sıklıkla bu kriterin kullanılmış olmasıdır. RMSE aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2} \quad (5)$$

Burada,  $N$ ; örneklem hacmini ve  $e_i$  hata terimlerini göstermektedir [24].

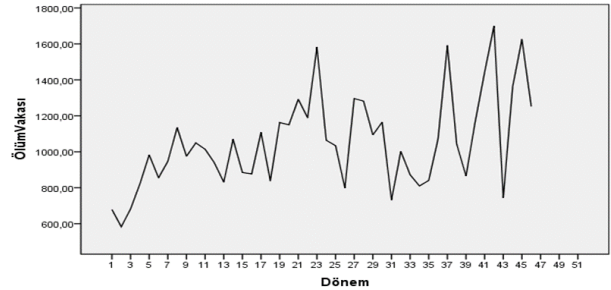
### III. BULGULAR

1970-2015 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen iş kazaları sonucu ölüm sayıları, TÜİK ve SGK web sayfala-

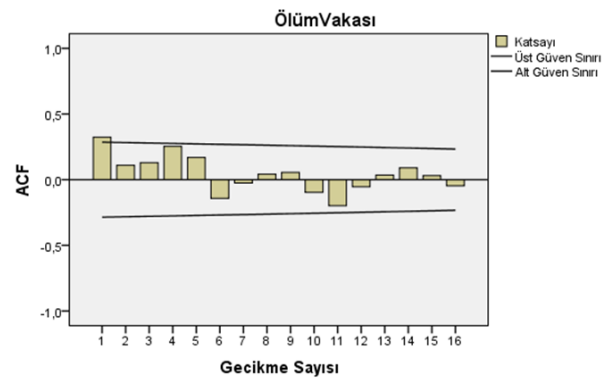
rından alınmıştır. İstatistik Analizler SPSS 18.0 kullanılarak yapılmıştır. Box-Jenkins tekniğinde uygun modelin belirlenmesinde ilk aşama olan geçici modelin saptanması için iş kazası sonucu ölüm sayısı zaman serisinin grafiği ile otokorelasyon fonksiyonu grafiği ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri Şekil 2-4’te görüldüğü gibidir.

Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayıları zaman serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelendiğinde, ilk birkaç otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerinin sınırlar dışında yer aldığı ve diğer gecikme değerlerinin de sınırlar içinde yer aldığı görülmektedir. Serinin durağan olduğuna karar verilmiştir. Şekil 3 ve Şekil 4 incelendiğinde, ilk gecikme değerlerinin anlamsız olduğu görülmüştür.

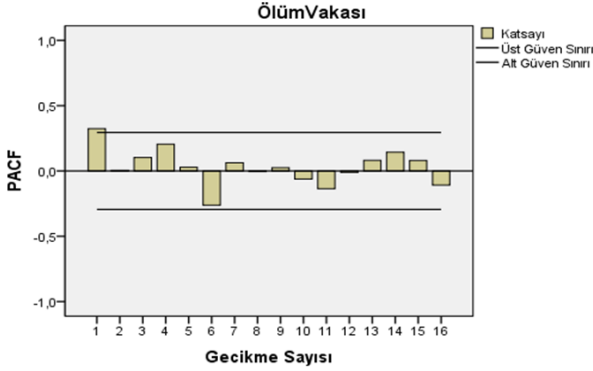
Şekil 2: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı Grafiği



Şekil 3: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı ACF Grafiği



Şekil 4: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayısı PACF Grafiği



Daha sonraki aşamada ise ilgili zaman serisi için çeşitli ARIMA modelleri denenmiştir. Sonuçlar Tablo 1’de verildiği gibidir. Tablo 1 ve Tablo 2 incelendiğinde ARIMA (1,0,0) modelinin BIC kriterine göre en düşük değeri alan model olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin parametre tahminlerinin anlamlılığını test etmek için hesaplanan olasılık değeri (p),  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinden küçük olduğundan parametre tahminleri de anlamlıdır. Bu nedenle ARIMA(1,0,0) modelinin geçici uygun model olduğu düşünülmüş ve işlemlere devam edilmiştir.

Tablo 1: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayıları İçin Farklı ARIMA Modelleri ve BIC değerleri

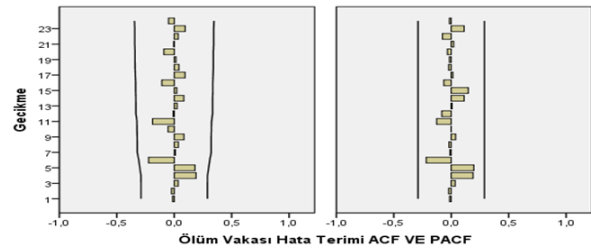
| ARIMA Modelleri | BIC Değerleri |
|-----------------|---------------|
| ARIMA(1,0,0)    | 11.208        |
| ARIMA(1,0,1)    | 11.296        |
| ARIMA(1,1,1)    | 11.213        |
| ARIMA(0,0,1)    | 11.220        |
| ARIMA(1,1,0)    | 11.431        |
| ARIMA(0,1,1)    | 11.129        |

ARIMA (1,0,0) modeli için hata terimleri otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri Şekil 5’de çizilmiştir. Grafikler incelendiğinde, hata terimlerinin sınırlar içinde kaldığı görülmektedir.

Tablo 2: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayıları İçin ARIMA (1,0,0) Parametre Kestirim Değerleri

| Parametre | Kestirim | SE     | t      | p     |
|-----------|----------|--------|--------|-------|
| Sabit     | 1052.590 | 54.776 | 19.216 | 0.000 |
| AR        | 0.336    | 0.143  | 2.358  | 0.023 |

Şekil 5: Türkiye’de İş Kazası Sonucu Ölüm Sayıları İçin ARIMA(1,0,0) Hata Terimleri ACF ve PACF



Geçici modelin uygunluğu, Ljung-Box testi ile test edilir. Ljung-Box testi sonucu Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3: Türkiye’de İş Kazaları Sonucu Ölüm Sayıları İçin ARIMA(1,0,0) LJUNG-BOX İstatistikleri

| İstatistik | df | p     |
|------------|----|-------|
| 11.646     | 17 | 0.821 |

Geçici modelin uygun model olduğuna Ljung-Box istatistiği ile karar verilir ( $p > 0,05$ ).

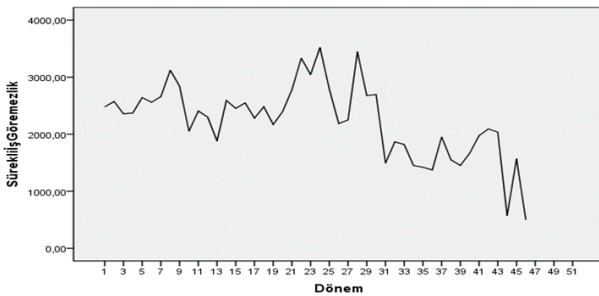
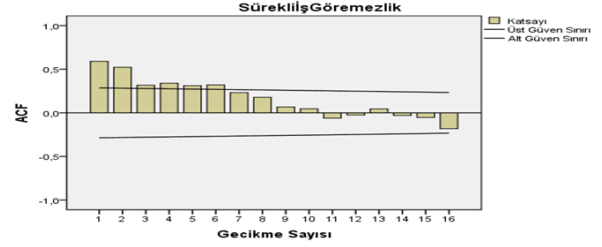
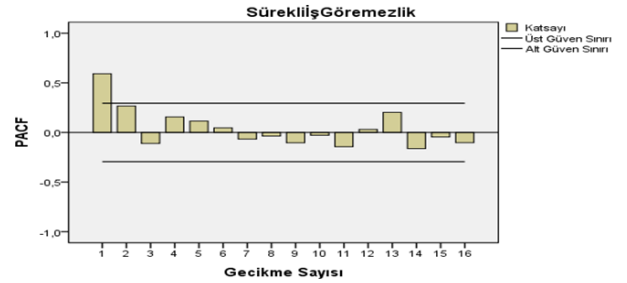
ARIMA (1,0,0) modeli kullanılarak, yıllar itibarıyla Türkiye’deki iş kazası sonucu ölüm sayıları zaman serisinin değerlerine ilişkin 2016-2020 dönemi için öngörüler yapılmıştır. İleriye yönelik tahmin değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Bu dönem için öngörü yapılmasının nedeni ARIMA modellerinin kısa dönem öngörüsünde başarılı sonuçlar vermesidir.

1970-2015 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen iş kazaları sonucu sürekli iş göremezlik sayıları modellenmiştir. Box-Jenkins tekniğinde uygun modelin belirlenmesin-

**Tablo 4:** Türkiye’de İş Kazaları Sonucu Ölüm Sayıları ARIMA ile İleriye Yönelik Tahmin Değerleri

| Dönem | Ölüm Sayısı Tahmin Değeri | Ölüm Sayısı Üst Limit | Ölüm Sayısı Alt Limit |
|-------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2016  | 1120                      | 1622                  | 618                   |
| 2017  | 1075                      | 1605                  | 545                   |
| 2018  | 1060                      | 1593                  | 527                   |
| 2019  | 1055                      | 1588                  | 521                   |
| 2020  | 1053                      | 1585                  | 519                   |

de ilk aşama olan geçici modelin saptanması için iş kazası sonucu sürekli iş göremezlik zaman serisinin grafiği ile otokorelasyon fonksiyonu grafiği ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri Şekil 6-8’de görüldüğü gibidir. Türkiye’de İş Kazası Sonucu İş Göremezlik sayıları zaman serinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri incelendiğinde, ilk birkaç otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon değerlerinin sınırlar dışında yer aldığı görülmüştür. Serinin durağan olmadığına karar verilmiştir. Şekil 7 ve Şekil 8 incelendiğinde, ilk 6 gecikme değerine ait otokorelasyon değerlerinin anlamsız olduğu ancak bu değerlerin azalması nedeni ile mevsimsellik olmadığına karar verilmiştir. Ek olarak ilk gecikme için kısmi otokorelasyon değerinin anlamsız olması da mevsimsellik olmadığını desteklemektedir. Daha sonraki aşamada ise ilgili zaman serisi için çeşitli ARIMA modelleri denenmiştir. Sonuçlar Tablo 5’de verildiği gibidir.

**Şekil 6:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Sayıları Grafiği**Şekil 7:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Sayıları ACF Grafiği**Şekil 8:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu Sürekli İş Göremezlik Sayıları PACF Grafiği

Tablo 5 ve Tablo 6 incelendiğinde ARIMA (1,1,0) modelinin BIC kriterine göre en düşük değeri alan model olduğu görülmektedir. Ayrıca modelin parametre tahminlerinin anlamlılığını test etmek için hesaplanan olasılık değeri (p),  $\alpha = 0,05$  anlamlılık düzeyinden küçük olduğundan parametre tahminleri de anlamlıdır. Bu nedenle ARIMA(1,1,0) modelinin geçici uygun model olduğu düşünülür.

**Tablo 5:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu İş Göremezlik Sayısı İçin Farklı ARIMA Modelleri ve BIC değerleri

| ARIMA Modelleri     | BIC Değerleri |
|---------------------|---------------|
| ARIMA(1,0,0)        | 12.611        |
| ARIMA(1,0,1)        | 12.640        |
| ARIMA(1,1,1)        | 12.636        |
| ARIMA(0,0,1)        | 12.877        |
| <b>ARIMA(1,1,0)</b> | <b>12.575</b> |
| ARIMA(0,1,1)        | 12.540        |
| ARIMA(0,1,2)        | 12.643        |
| ARIMA(1,1,2)        | 12.743        |

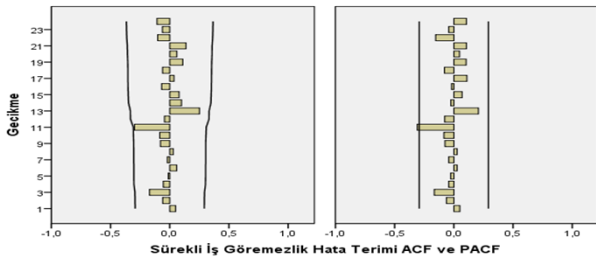


**Tablo 6:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu İş Göremezlik İçin ARIMA (1,1,0) Parametre Kestirim Değerleri

| Parametre | Kestirim | SE     | t      | p     |
|-----------|----------|--------|--------|-------|
| Sabit     | -38.240  | 22.721 | -1.683 | 0.049 |
| AR        | -0.405   | 0.146  | -2.764 | 0.008 |
| Fark      | 1        |        |        |       |

lerek işlemlere devam edilmiştir. ARIMA (1,1,0) modeli için hata terimleri otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonu grafikleri Şekil 9’da çizilmiştir. Grafikler incelendiğinde, hata terimlerinin sınırlar içinde kaldığı görülmektedir.

**Şekil 9:** Türkiye’de İş Kazası Sonucu İş Göremezlik Süre İçin ARIMA(1,1,0) Hata Terimleri ACF ve PACF



Geçici modelin uygunluğu, Ljung-Box testi ile test edilir. Test sonucu Tablo 7’de verilmiştir. Geçici modelin uygun model olduğuna Ljung-Box istatistiği ile karar verilir ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 7:** Türkiye’de İş Kazaları Sonucu İş Göremezlik Sayı İçin ARIMA(1,1,0) LJUNG-BOX İstatistikleri

| İstatistik | df | p     |
|------------|----|-------|
| 16.245     | 17 | 0.507 |

ARIMA (1,1,0) modeli kullanılarak, yıllar itibariyle Türkiye’deki iş kazası sonucu iş göremezlik sayıları zaman serisinin değerlerine ilişkin 2016-2020 dönemi için öngörüler yapılmıştır. Tahmin değerleri Tablo 8’de görüldüğü gibidir. Bu dönem için öngörü yapılmasının nedeni ARI-

MA modellerinin kısa dönem öngörüsünde başarılı sonuçlar vermesidir.

**Tablo 8:** Türkiye’de İş Kazaları Sonucu İş Göremezlik Sayı İçin ARIMA ile İleriye Yönelik Tahmin Değerleri

| Dönem | İş Göremezlik Tahmin Değeri | İş Göremezlik Üst Limit | İş Göremezlik Alt Limit |
|-------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2016  | 880                         | 1876                    | 117                     |
| 2017  | 672                         | 1831                    | 487                     |
| 2018  | 702                         | 2087                    | 582                     |
| 2019  | 636                         | 2184                    | 595                     |
| 2020  | 609                         | 2315                    | 576                     |

Benzer şekilde, 1970-2015 yılları arasında Türkiye’deki çalışan sayıları, iş yeri sayıları ve iş kazaları sayıları Box-Jenkins ARIMA modelleri ile modellenmiş ve 2016-2020 dönemi için öngörüler yapılmıştır. Çalışan Sayısı için ARIMA (1,1,1), İş Yeri Sayısı için ARIMA (1,1,0) ve İş Kazası Sayısı için ARIMA (0,2,1) modelleri ile bulunan tahmin değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Analiz sonucunda belirlenen ARIMA modelleri doğrultusunda 2016-2020 yılları için ileriye yönelik tahmin yapılmıştır. İki zaman serisi için tahmin değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 9:** Türkiye’de İş Kazaları Sonucu Ölüm Sayıları ve İş Göremezlik İleriye Yönelik ARIMA Tahmin Değerleri

| Dönem | Ölüm Sayısı Tahmin Değeri | İş Göremezlik Tahmin Değeri |
|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 2016  | 1120                      | 880                         |
| 2017  | 1075                      | 672                         |
| 2018  | 1060                      | 702                         |
| 2019  | 1055                      | 636                         |
| 2020  | 1053                      | 609                         |

2016 dönemi için Türkiye’de iş kazaları sonucu ölüm sayısı 1120 olarak tahmin edilmiştir. Yine aynı dönem için iş göremezlik sayısı tahmin değeri 880 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre, Türkiye’de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için azalacağı ön-

görülmüştür.

**Tablo 10:** Türkiye'deki Çalışan Sayıları, İş Yeri Sayıları ve İş Kazası İçin İleriye Yönelik Tahmin Değerleri

| Dönem | Çalışan Sayısı Sayısı Tahmin Değeri | İş Yeri Sayısı Sayısı Tahmin Değeri | İş Kazası Sayısı Sayısı Tahmin Değeri |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 2016  | 14675571                            | 1801984                             | 278868                                |
| 2017  | 15322804                            | 1865404                             | 319959                                |
| 2018  | 15943942                            | 1930322                             | 365056                                |
| 2019  | 16541102                            | 1996611                             | 414396                                |
| 2020  | 17116231                            | 2064174                             | 468223                                |

Sonraki aşamada aynı veriler kullanılarak YSA yapılmıştır. Bu aşamada, Tablo 10 'da bulunan ilgili zaman serileri değerleri bağımsız değişken olarak kullanılıp YSA ile iş kazaları sonucu ölüm sayıları ve iş göremezlik sayıları tahmin edilmiştir. İlgili tahmin değerleri Tablo 11'da verilmiştir.

**Tablo 11:** Türkiye'de İş Kazaları Sonucu Ölüm Sayıları ve İş Göremezlik İleriye Yönelik YSA Tahmin Değerleri

| Dönem | Ölüm Sayısı Tahmin Değeri | İş Göremezlik Tahmin Değeri |
|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 2016  | 1360                      | 1704                        |
| 2017  | 1373                      | 2051                        |
| 2018  | 1384                      | 2082                        |
| 2019  | 1393                      | 2015                        |
| 2020  | 1399                      | 1944                        |

#### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 1970-2015 dönemi arasında Türkiye'de meydana gelen iş kazaları sonucu ölüm ve iş göremezlik için zaman serisi verileri ARIMA tekniği ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda belirlenen ARIMA modelleri doğrultusunda 2016-2020 yılları için ileriye yönelik tahmin yapılmıştır.

2016 dönemi için Türkiye'de iş kazaları sonucu ölüm

sayısı 1120 olarak tahmin edilmiştir. Yine aynı dönem için iş göremezlik sayısı tahmin değeri 880 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre, Türkiye'de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için azalacağı ön görülmüştür.

1970-2015 dönemi arasında Türkiye'de meydana gelen iş kazaları sonucu ölüm ve iş göremezlik için zaman serisi verileri, YSA kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda belirlenen YSA doğrultusunda 2016-2020 yılları için ileriye yönelik tahmin yapılmıştır. 2016 dönemi için Türkiye'de iş kazaları sonucu ölüm sayısı YSA modeli ile 1360 olarak tahmin edilmiştir. Yine aynı dönem için iş göremezlik sayısı tahmin değeri 1704 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçlarına göre, Türkiye'de ölüm sayıları ve iş göremezlik sayılarının 2016-2020 dönemi için artacağı ön görülmüştür.

Türkiye'de İş Kazaları sonucu ölüm sayıları ve iş göremezlik sayıları için RMSE değerleri Tablo 12'de gösterilmiştir. Ölüm sayısı için hesaplanan RMSE değerleri karşılaştırıldığında, YSA modeli için RMSE değeri en küçük bulunmuştur. Benzer şekilde, iş göremezlik RMSE değerleri karşılaştırıldığında en uygun modelin YSA modeli olacağı söylenir. Burada dikkat çeken bir diğer husus da, ARIMA modelleri için bulunan RMSE değerleri, Yapay Sinir Ağları ile oluşturulan modellerden daha büyük bulunmuştur. ARIMA modelleri yerine Yapay Sinir Ağları ile tahmin yapmak daha doğru sonuçlar verecektir.

**Tablo 12:** Türkiye'de İş Kazaları Sonucu Ölüm Sayıları ve İş Göremezlik İleriye Yönelik ARIMA ve YSA Tahmin Değerleri için RMSE

| RMSE          | ARIMA   | YSA            |
|---------------|---------|----------------|
| Ölüm Sayısı   | 249.883 | <b>207.428</b> |
| İş Göremezlik | 480.659 | <b>392.794</b> |

## KAYNAKLAR

- [1] Karadeniz, O. (2012). Dünya’da ve Türkiye’de İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları ve Sosyal Koruma Yetersizliği. *Çalışma ve Toplum*, Cilt:3.
- [2] Yılmaz, F. (2009). *Avrupa Birliği ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği: Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliği Kurullarının Etkinlik Düzeyinin Ölçülmesi*. İstanbul Üniversitesi SBE, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- [3] Ünsar, S. (2003). *Türkiye’de İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Uygulamalarının Mevcut Durumu ve Konuyla İlgili Yapılan Bir Araştırma*. ş.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- [4] Topak, O. (2004). İşçiden İş Kavramına Geçiş ve Değişikliğin Gizli İdeolojisi. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Türk Tabipler Birliği Yayını.
- [5] Jorgensen, K. (1998), Accidents and Safety Management Chapter 56: Accident Prevention, Concepts of Accident Analysis. *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, 4th Ed., Geneva, ILO Publication, Vol: 2, Part VIII.
- [6] World Health Organization, (2007). *Declaration on Occupational Health for All*.
- [7] Erginel, N. & Toptancı, Ş. (2017). İş Kazası Verilerinin Olasılık Dağılımı İle Modellenmesi. *Journal of Engineering Sciences and Design*.
- [8] Karaman, E.A., Çivici, T. & Kale, S. (2011). *İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin İnşaat Sektöründeki Yeri ve Önemi*. 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Çanakkale.
- [9] Çavuş, A. & Taçgın, E. (2015). Türkiye’de İnşaat Sektöründeki İş Kazalarının Sınıflandırılarak Nedenlerinin İncelenmesi. *APJES*, Vol:4, Issue:2.
- [10] Sosyal Güvenlik Kurumu, (2016). *İş Kazası ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri*.
- [11] İnce, H., İnce, N. & Tüzün, B. (2000). İş Kazaları ve Çalışma Gücü Kayıplarının Türkiye’deki Yasal Düzenlemeleri. *Adli Tıp Bülteni*, Cilt: 5, Sayı:1.
- [12] Yılmaz, F. (2009). Küreselleşme sürecinde gelişmekte olan ülkelerde ve Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği. *Uluslararası Bilim Dergisi*, Cilt:6, Sayı:1.
- [13] Bıyıkçı, E.T. (2010). *İş Sağlığı ve Güvenliğinin Sağlanmasında İş Güvenliği Uzmanlığı*. Uludağ Üniversitesi SBE, Yüksek Lisans Tezi.
- [14] Kılış, İ. & Demir, S. (2012). İşverenin İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Verme Yükümlülüğü Üzerine Bir İnceleme. *Çalışma İstatistikleri Dergisi*, Cilt:3, Sayı:1.
- [15] Ceylan, H. (2012). Türkiye’deki İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Electronic Journal of Vocational Colleges*.
- [16] İlman, E.Z. (2015). Türkiye’de Meslek Hastalıkları. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, Cilt:1, Sayı:1.
- [17] Ceylan, H. (2016). 2014 Yılında Türkiye’de Meydana Gelen Ölümlü İş Kazalarının Analizi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Cilt:8, Sayı:1.
- [18] Tawiah, K. & Mensah, J. (2016). Occupational Health and Safety and Organizational Commitment: Evidence from the Ghanaian Mining Industry. *Safety and Health At Work*, Vol: 7.
- [19] Çetin, M. & Göğül, P. (2015). *Türkiye’deki İş Kazaları ve İşçi Ölümünün Ekonomik Boyutu ve Politika Önerisi*. Sosyoloji Konferansları.
- [20] Ceylan, H. (2016). Türkiye’de İş Kazalarından Kaynaklanan Ölüm ve Sürekli İş Göremezlik Vakalarının Regresyonla Tahmini. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Cilt:8, Sayı:2.
- [21] Alper, Y. (2017). *Sosyal Güvenlik Reformu (2008-2016): Kapsamla İlgili Gelişmeler*. Sosyal Siyaset Konferansları, Sayı: 68.
- [22] Ceylan, H. & Avan, M. (2013). Türkiye’deki İş Kazalarının Yapay Sinir Ağları ile 2025 Yılına Kadar Tahmini. *International Journal of Engineering Research and Development*, Vol.4, No.1.
- [23] Erdugan, F. & Türkan, A.H. (2017). Üç Yönlü Kontenjans Tablolarında Log-Lineer Model ile İş Kazası Verilerinin İncelenmesi. *Karaelmas Fen ve Müh. Derg.*, 7(2), 462-468.
- [24] Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi. *Öneri Dergisi*, Cilt: 10, Sayı: 39, 101-115.
- [25] Priestley, M.B. (1991). *Non-Linear and Non-Stationary Time series Analysis*. Academic Press, London.
- [26] Hamzaçebi, C. & Kutay, F. (2004). Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt:19, No.3.
- [27] Akgül, İ. (2003). *Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri*. Der Yayınları, İstanbul.
- [28] Kadılar, C. (2005). *SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş*. Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- [29] Karaatlı, M., Güngör, İ. & Demir, Y. (2005). Hisse Senedi Fiyat Hareketlerinin Yapay Sinir Ağları Yöntem-

mi ile Tahmin Edilmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, Cilt:2, Sayı:3.

- [30] Karahan, M. (2011). *İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması*. Selçuk Üniversitesi SBE, Basılmamış Doktora Tezi, Konya.

## Ameliyathanede Çalışan Sağlık Personelinin İş Sağlığı ve Güvenliği Algısının Belirlenmesi

Determination of Occupational Health and Safety Perceptions  
in Health Professional Works at Operating Room

Yasin ŞENTÜRK, Nihal SUNAL

### ÖZET

Bu çalışma ameliyathanede çalışan sağlık personelinin iş sağlığı ve güvenliği algısının belirlenmesine yönelik tanımlayıcı olarak yapılmıştır. Araştırmanın örneklemini Medipol Sağlık Grubu Hastanelerinin ameliyathanelerinde Nisan 2017 ve Eylül 2017 tarihleri arasında sağlık personeli olarak çalışanlar oluşturmuştur. Çalışmanın verilerini çalışanlara ait "Sosyo-Demografik Veri Formu" ve "Hastanede Çalışan Sağlık Personeli İçin İş Güvenliği Ölçeği" kullanılarak toplanmıştır. Memnuniyet düzeyi yüksek olan personelin iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almamış olsa dahi ölçekten yüksek puan aldığı belirlenmiştir. Daha büyük araştırmalarla İş Sağlığı ve Güvenliği algısı ölçülmeli ve sonuçlar grupla paylaşılarak farkındalık geliştirilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Ameliyathane, İş Kazası, İş Sağlığı ve Güvenliği, Meslek Hastalığı, Sağlık Personeli

### ABSTRACT

This study was conducted to determine occupational health and safety perceptions in health professional who works at operating room, as descriptive. The sample of the study was constituted of health professionals work at operating rooms in Medipol Health Group Hospitals between April-September 2017. Data was collected by using 'Sociodemographic Data Form' of professionals and 'Occupational Safety Scale for Health Professionals in Hospitals'. It was determined that health professional who had got high satisfaction level had also high level fort his scale, even though they didn't take Occupational Health and Safety Education. Occupational Health and Safety perception should be evaluated in more large studies and results should be shared for awareness.

**Keywords:** Operating room, Occupational Accident, Occupational Health and Safety, Occupational Disease, Health Professionals

Yasin ŞENTÜRK

yasinsenturk@hotmail.com

Dr.Öğr.Üyesi Nihal SUNAL — İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye  
Assist. Prof. Dr. Nihal SUNAL — İstanbul Medipol University, Faculty of Health Sciences, İstanbul, Turkey  
nsunal@medipol.edu.tr

Received/Geliş Tarihi : 28.05.2018  
Accepted/Kabul Tarihi: 30.09.2018

## I. GİRİŞ

İnsan hayatının büyük çoğunluğu işyerinde geçmektedir. Çalışma hayatında fiziksel, kimyasal, biyolojik ve psiko-sosyal birçok faktör bulunmakta ve dolayısıyla da kişinin sağlık, güvenlik ve verimliliği bu faktörlerin etkisi altında kalmaktadır [1]. Bu nedenle; çalışma hayatının insan sağlığı üzerinde önemli etkileri vardır. Bu etkiler hem çalışanların sağlığı hem de çevre ve toplum sağlığı bakımından da değer teşkil etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü sağlığı, “sadece hastalık ve sakatlığın olmayışı değil, kişinin fiziksel, ruhsal ve sosyal olarak da tam bir iyilik halinde olması” olarak tanımladığından bu etkilerin incelenmesi ve olumsuz etkilerinin önlenmesi ‘iş sağlığı ve güvenliği’ biliminin amacını oluşturarak, geniş bir çerçeveden bakmayı gerektirir [2].

Çalışma ve yaşam güvenliğinin sağlanamadığı, iş bulma olasılığının gittikçe azaldığı, gelir dağılımının dengesizliğinden dolayı huzursuzlukların giderilemediği toplumlarda kişinin tam iyilik halinde olması beklenemez [3]. On altıncı ve on yedinci yüzyıllarda yaşanan bir takım sosyo-ekonomik olaylar ve gelişmeler çalışma hayatında iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili konular açısından önemli etkiler yaratmıştır. Dünyada ve ülkemizde meydana gelen teknolojik gelişmeler ve özellikle sanayi devrimiyle birlikte çalışanlar için ortaya çıkan olumsuz koşullar sebebiyle, çalışanlar iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili sıkıntılar yaşamaya başlamıştır [4].

İş sağlığı ve güvenliği çalışmaları çalışan insanları; hastalık, kaza gibi risk ve tehlikelerden korumayı amaçlayan çalışmalardır. Bu çalışmaların ana amaçları; çalışanların psikolojik ve fizyolojik sağlıklarını koruyarak sürdürmek, sağlıklı, rahat ve güvenli çalışma ortamı sunarak iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı korumaktır [5].

Sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin artmasıyla bir-

likte, özellikle işyerlerinde çalışanların güvenlikleri ile ilgili olarak sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Sorunların oluşmaması için gerekli olan tüm önlemleri alarak çalışma ortamlarını güvenli hale getirmek gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği de bu özelliğinden dolayı önemlidir [6].

ILO ve WHO iş sağlığını, “Çalışan tüm insanların fiziksel, ruhsal, moral ve sosyal yönden tam iyilik hallerinin sağlanması ve en üst düzeyde sürdürme çalışmalarıdır. İşin koşulları ve zararlı maddeler nedeniyle çalışanların sağlığına gelebilecek zararların önlenmesi ve çalışanın özelliklerine uygun yerlere yerleştirilmesini, işin insana, insanın da işine uyumunun sağlanması gerektiğini ele alan tıp bilimi” olarak ifade etmişlerdir [7].

Ameliyathaneler, hasta ya da yaralının hastalık ya da travma sonucu vücut bütünlüğünün bozulması durumunda, yüksek teknolojik araç ve gereçlerin kullanılarak, yeni bilgiler ışığında çeşitli ameliyat tekniklerinin uygulandığı, ekip çalışmasının beraberinde, hayati kararların alındığı cerrahi bir ortamdır [8].

Ameliyathanede sağlık çalışanlarını iş sağlığı ve güvenliği yönünden tehdit eden çeşitli risk ve tehlikeler bulunmaktadır. “Amerikan Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik Enstitüsü, hastanelerde 29 çeşit fiziksel, 25 çeşit kimyasal, 24 çeşit biyolojik, 6 çeşit ergonomik ve 10 çeşit psiko-sosyal tehlike ve risk olduğunu bildirmiştir” [9].

Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre “Ameliyat; Hasta üzerinde tedavi amacıyla uygulanan kesme ve dikme işlemi, cerrahi müdahale ve operasyona, Ameliyathane ise; Hastanelerde hastaların ameliyat edildiği özel bölüm” olarak tanımlanmaktadır [10].

Ameliyathane odaları, sağlık personelinin steril olarak giyinebilmelerine, hastanın steril olarak örtülmesine ve sağlık personelinin hareket edebilmesine olanak sağlayacak ve anestezi ekibinin çalışmasına engel olmayacak şekilde ve

boyutta olmalıdır. En ufak boyuttaki bir ameliyathanenin 6x6=36 m2, açık kalp cerrahisi ve beyin cerrahisi operasyonları için 54 m2, endoskopi, sistoskopi ve bazı tanısal ayaktan cerrahi operasyonlar için odaların 18 m2 lik bir alanda olması yeterlidir [11].

Ameliyathane ünitelerinin yüksek hijyen standardının sağlanabilmesi için yapımı sırasında zemin, duvar, tavan, kapılar, pencereler ve aydınlatma için kullanılan malzemelerin kolay dezenfekte edilebilmesi, dezenfeksiyon maddelerine dayanıklı olması, toz tutmaması ve üzerinde mikropların üremesine sebep olabilecek pürüzlerle aralıklarının olmamasına dikkat edilir. Ameliyathanenin içerisine yerleştirilen gaz boruları, havalandırma parmaklıkları, lambalar, malzeme dolapları gibi donanımlar mutlaka tavan ve duvarların içerisine görünmeyecek şekilde yerleştirilmiş olmalıdır. Özellikle duvar, tavan, aydınlatma sistemlerinin ve kapıların yapılmasında özel bir itina gereklidir [12].

Ameliyathanelerde fiziksel risk etmenleri olarak havalandırma, aydınlatma, gürültü ve radyasyon, kimyasal risk etmenlerinden ise cerrahi duman, lazer, lateks alerjisi, sabun ve deterjanlar, sterilizasyon amaçlı kullanılan maddeler ve atık gazlar en sık karşılaşılan tehlikelerdendir. Enfeksiyon hastalıkları, kesici-delici alet yaralanmaları en sık karşılaşılan biyolojik riskler iken, kas-iskelet bozuklukları ise en sık görülen ergonomik risklerdir. Uzun mesai saatleri, iş yükü ve iş hızı da psiko-sosyal risk grupları olarak sık görülmektedir. Sağlık çalışanları ameliyathane ortamındaki risklerden dolayı iş kazası geçirmekte ve meslek hastalıklarına yakalanmaktadır.

## II. YÖNTEM

### A. Araştırmanın Amacı ve Şekli

Bu araştırma ameliyathanelerde çalışan sağlık personelinin iş sağlığı ve güvenliği algısının belirlenmesi amacıyla

tanımlayıcı olarak yapıldı.

### B. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Özellikleri

Araştırma Nisan 2017 ve Eylül 2017 tarihleri arasında İstanbul ilinde faaliyet gösteren özel bir sağlık grubu hastanelerinin ameliyathanelerinde çalışan sağlık personelinin, araştırmayı kabul eden sağlık personelinin yazılı ve sözlü izinler alındıktan sonra yapıldı.

### C. Araştırmanın Evreni ve Örneklem Seçimi

Bu araştırmanın evrenini İstanbul ilinde faaliyet gösteren özel bir sağlık grubu hastanelerinin ameliyathanelerinde çalışan 245 sağlık personelinin, araştırmayı kabul eden 205 sağlık personeli oluşturdu. Araştırmayı kabul eden sağlık personelinin tamamı örnekleme oluşturarak, gönüllülük esas alındı.

### D. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın verileri ilgili kurumlardan izin alındıktan sonra çalışanlara ait "Sosyo-Demografik Veri Formu" ve "Hastanede Çalışan Sağlık Personeli İçin İş Güvenliği Ölçeği" ile toplandı.

### E. Çalışanlara Ait Sosyo Demografik Veri Formu

Ameliyathanelerde çalışan sağlık personelinin araştırmayı kabul eden gönüllülerin, yaş, cinsiyet, medeni durumu, eğitim durumu, çalışma türü, mesleki deneyimi, pozisyonu, sosyo-ekonomik durumu, iş güvenliği eğitimi alıp almadığı, çalışma ortamında meslek hastalığı ve iş kazası geçirip geçirmediği, iş kazası geçirdi ise toplam sayısı ve çalışan güvenliği ile ilişkili olarak uygulamalardan memnun olup olmadığı ile ilgili toplam 14 sorudan oluşan anket formudur.

### F. Hastanede Çalışan Sağlık Personeli İçin İş Güvenliği Ölçeği

Ölçek, Öztürk ve Babacan tarafından 2012 yılında geliştirilmiş, geçerlilik ve güvenilirliğini 2010 yılında Trab-

zon il merkezinde 5 ve ilçelerinde 11 devlet hastanesinde çalışan toplamda 1450 sağlık personeli üzerinde yapılmıştır [13]. Hastanelerde çalışan sağlık personelinin iş güvenliği durumunun değerlendirmesi ve sağlık personelinin iş güvenliği algılarının ölçülebilmesi amacıyla geliştirilmiş bir ölçektir. 6'lı değerlendirmeye sahip Likert tipinde bir ölçek olup, maddeler "6" tamamen katılıyorum ile "1" kesinlikle katılmıyorum arasında değerlendirilmiş toplam 45 olumlu maddeden oluşmaktadır. Puan ortalamasının 6'ya yakın puan alınması katılımcıların iş güvenliği algısının yüksek olduğunu, 1'e yakın puan alınması ise iş güvenliği algısının düşük olduğunu belirlemektedir. Ölçeğin Cronbach alfa katsayısı 0.96 olarak yüksek bulunmuş, araştırmamızda da aynı şekilde 0.96 olarak yüksek bulunmuştur.

Ölçeğin, "Mesleki Hastalıklar ve Şikâyetler", "Sağlık Taraması ve Kayıt Sistemleri", "Kazalar ve Zehirlenmeler", "Yönetmelik Destek ve Yaklaşımlar", "Malzeme, Araç ve Gereç Denetimi", "Koruyucu Önlemler ve Kurallar" ve "Fiziksel Ortam Uygunluğu" başlığında 7 alt faktörü bulunmaktadır.

#### G. Verilerin Toplanması

Veri toplama öncesi ameliyathanelerde çalışan sağlık personeli ile konuşularak araştırmanın amacı anlatıldı ve veri formlarının nasıl uygulanacağı konusunda bilgi verildikten sonra formlar dağıtılarak doldurulması sağlandı.

#### H. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen veriler SPSS 21.0 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi. Araştırmaya katılan sağlık personelinin fiziksel özellikleri frekans ve yüzde dağılımı ile sunuldu. Sağlık personelinin HİGÖ'ne ilişkin görüşlerini belirlemek amacı ile yüzde dağılımının yanı sıra aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri kullanıldı. Ölçek karşılaştırmalarında t test, Anova ve HİGÖ'nin normal dağılım gösterip göstermediği Kolmogorov-Smirnov

testi ile değerlendirildi.

#### I. Araştırmanın Etik Yönü

Medipol Üniversitesi Etik Kurulundan 08/03/2017 tarih ve 82 karar numarası ile Etik Kurul Onayı ve Kurum İzni alındıktan sonra çalışmaya başlanmıştır.

### III. BULGULAR

Araştırmaya katılan sağlık personelinin yaş ortalaması  $30,50 \pm 8,57$  olup, %33,7'sinin 23-29 yaş grubunda olduğu, %75,1'inin kadın, %50,2'sinin evli, %37,1'inin ön lisans mezunu olduğu, %68,3'ünün gündüz ağırlıklı çalıştığı, %36,0'ünün 1-5 yıl arasında mesleki deneyime sahip olduğu, %30,8'inin hemşire olarak görev yaptığı, %71,7'sinin gelirinin orta düzeyde olduğu görüldü. Ayrıca araştırmaya katılan sağlık personelinin %89,8'i çalışan güvenliği eğitimine katıldığını ve %35,6'sı çalışan güvenliği ile ilgili bilgileri hizmet içi eğitimden elde ettiğini belirtti (Tablo 1).

Araştırmaya katılan sağlık personelinin %65,9'u meslek hastalığı geçirmediğini belirtirken, kas-eklem hastalıkları ve cilt hastalıkları en sık geçirilen meslek hastalıkları olarak belirlendi. Sağlık personelinin %49,3'ü iş kazası/yaralanması geçirmediğini belirtirken, yumuşak doku travması, kronik yorgunluk ile bel, kas ve eklem yaralanmaları en sık rastlanan iş kazası/yaralanması olarak belirlendi. Sağlık personelinin %48,3'ünün meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması geçirmediği, %28,3'ünün 1-4 defa ve %23,4'ünün 5 ve üzerinde geçirdiği saptandı (Tablo 2).

Araştırmaya katılan sağlık personelinin çalışan güvenliği ile ilgili kurum uygulamalarından en fazla; bulunduğu birimde çalışıyor olmaktan, kullanılan sarf malzemelerin kalitesinden ve kullanılan araç-gereçlerden memnun oldukları görülürken, en fazla memnun olmadıkları uygulamalar



**Tablo 1:** Sağlık Personelinin Tanıtıcı Özelliklerinin ve Çalışma Durumlarının Dağılımları (N=205)

| Özellikler   | N   | %    |
|--|-----|------|
| <b>Yaş Grupları (30,50±8,57)(19-57 Aralığı)</b>      |     |      |
| 22 yaş ve altı                                       | 44  | 21,5 |
| 23-31 yaş  | 77  | 37,6 |
| 32-40 yaş  | 55  | 26,8 |
| 41 yaş ve üzeri                                      | 29  | 14,1 |
| <b>Cinsiyet</b>                                      |     |      |
| Kadın  | 154 | 75,1 |
| Erkek  | 51  | 24,9 |
| <b>Medeni Durum</b>                                  |     |      |
| Evli   | 103 | 50,2 |
| Bekâr  | 102 | 49,8 |
| <b>Eğitim Durumu</b>                                 |     |      |
| İlköğretim   | 22  | 10,7 |
| Lise   | 49  | 23,9 |
| Ön Lisans  | 76  | 37,1 |
| Lisans   | 33  | 16,1 |
| Lisansüstü   | 25  | 12,2 |
| <b>Çalışma Türü</b>                                  |     |      |
| Gündüz ağırlıklı                                     | 140 | 68,3 |
| Gece ağırlıklı                                       | 65  | 31,7 |
| <b>Mesleki Deneyim</b>                               |     |      |
| 1 yıldan az  | 45  | 22,0 |
| 1-5 yıl  | 74  | 36,0 |
| 6-10 yıl   | 43  | 21,0 |
| 11 yıl ve üzeri                                      | 43  | 21,0 |
| <b>Pozisyon</b>                                      |     |      |
| Hekim  | 24  | 11,7 |
| Hemşire  | 63  | 30,8 |
| Yardımcı Sağlık Personeli                            | 49  | 23,9 |
| Cerrahi Tekniker                                     | 47  | 22,9 |
| Diğer (Anestezi Teknisyeni, Tıbbi Sekreter)          | 22  | 10,7 |
| <b>Gelir Durumu</b>                                  |     |      |
| Düşük  | 30  | 14,6 |
| Orta   | 147 | 71,7 |
| Yüksek   | 28  | 13,7 |
| <b>Çalışan Güvenliği Eğitimine Katılım</b>           |     |      |
| Var  | 184 | 89,8 |
| Yok  | 21  | 10,2 |
| <b>Çalışan Güvenliği ile İlgili Bilgi Kaynakları</b> |     |      |
| Katılmadım   | 21  | 10,2 |
| Okul eğitimi   | 34  | 16,6 |
| Seminer, kurs, kongre, sempozyum                     | 16  | 7,8  |
| Uyum eğitimi   | 61  | 29,8 |
| Hizmet içi eğitim                                    | 73  | 35,6 |

ise iş yükü, çalışma saatleri/nöbetler ve hemşire sayısı olarak belirlendi (Tablo 3).

Sağlık personelinin HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamasının  $3,45 \pm 1,00$  olduğu belirlendi. Sağlık personelinin

**Tablo 2:** Sağlık Personelinin Meslek Hastalığı ve İş Kazası/Yaralanması Deneyimlerinin Dağılımları (N=205)

| Özellikler  | N   | %    |
|---|-----|------|
| <b>Mesleki Hastalık Deneyimi*</b>                               |     |      |
| Geçirmedim  | 135 | 65,9 |
| Sindirim sistemi hastalıkları                                   | 27  | 13,2 |
| Psiko-sosyal bozukluklar  | 28  | 13,7 |
| Cilt hastalıkları   | 32  | 15,6 |
| Kardiyo-vasküler hastalıklar                                    | 19  | 9,3  |
| Kas-eklem hastalıkları  | 41  | 20,0 |
| Sinir sistemi hastalıkları                                      | 18  | 8,8  |
| Enfeksiyon hastalıkları   | 8   | 3,9  |
| <b>İş Kazası/Yaralanması Deneyimi*</b>                          |     |      |
| Geçirmedim  | 101 | 49,3 |
| Yumuşak doku travması   | 80  | 39,0 |
| Bel kas ve eklem yaralanmaları                                  | 43  | 21,0 |
| Elektrik çarpmaları ve yanıklar                                 | 10  | 4,9  |
| Kayma/düşme vb. travmalar                                       | 33  | 16,1 |
| Zehirlenmeler   | 11  | 5,4  |
| Fiziksel şiddete maruz kalma                                    | 6   | 2,9  |
| Sözel şiddete maruz kalma                                       | 20  | 9,8  |
| Psikolojik şiddete maruz kalma                                  | 27  | 13,2 |
| Duyusal sorunlar  | 30  | 14,6 |
| Kronik yorgunluk  | 57  | 27,8 |
| <b>Mesleki Hastalık ve İş Kazası/Yaralanması Deneyim Sayısı</b> |     |      |
| Hiç geçirmedim  | 99  | 48,3 |
| 1-4 defa  | 58  | 28,3 |
| 5 ve üzeri  | 48  | 23,4 |

\* Birden fazla seçeneğin işaretlendiği sorulardır.

HİGÖ'nin alt boyutları arasında en yüksek üç puan ortalamasını aldıkları alt boyutların "Koruyucu Önlemler ve Kurallar ( $4,33 \pm 1,41$ )", "Fiziksel Ortam Uygunluğu ( $4,12 \pm 1,48$ )" ve Malzeme ve Araç Denetimi ( $4,07 \pm 1,50$ ) olduğu görüldü. En düşük puan ortalamasını aldıkları alt boyutun ise "Yönetmel Destek ve Yaklaşımlar ( $3,16 \pm 1,29$ )" olduğu saptandı (Tablo 4).

Sağlık personelinin tanıtıcı özellikleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları karşılaştırıldığında; cinsiyetlerin puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Erkek katılımcıların aldıkları puan ortalaması, kadın katılımcıların aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 5).

Sağlık personelinin yaş grupları, medeni durumları ve eğitim durumları ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalama-

**Tablo 3:** Sağlık Personelinin Çalışan Güvenliği ile İlgili Kurum Uygulamalarından Memnuniyetlerinin Dağılımı (N=205)

| Özellikler   | Memnunum |      | Memnun değilim |      |
|--|----------|------|----------------|------|
|  | N        | %    | N              | %    |
| Çalışma saatleri/nöbetler  | 97       | 47,3 | 108            | 52,7 |
| Görev dağılımı   | 116      | 56,6 | 89             | 43,4 |
| İş yükü  | 86       | 42,0 | 119            | 58,0 |
| İş hızı  | 101      | 49,3 | 104            | 50,7 |
| Hemşire sayısı   | 109      | 53,2 | 96             | 46,8 |
| Hekim sayısı   | 154      | 75,1 | 51             | 24,9 |
| Hasta sayısı   | 134      | 65,4 | 71             | 34,6 |
| Çalışma ortamının donanımı ve dizaynı                                  | 137      | 66,8 | 68             | 33,2 |
| Çalışma ortamında kişiler arası ilişkiler                              | 129      | 62,9 | 76             | 37,1 |
| Kullanılan araç-gereç  | 162      | 79,0 | 43             | 21,0 |
| Kullanılan temizlik malzemelerinin kalitesi                            | 158      | 77,1 | 47             | 22,9 |
| Kullanılan sarf malzemelerin kalitesi                                  | 163      | 79,5 | 42             | 20,5 |
| Kişisel koruyucu malzemelerin kalitesi                                 | 155      | 75,6 | 50             | 24,4 |
| Bu kurumda çalışıyor olmaktan  | 152      | 74,1 | 53             | 25,9 |
| Bu birimde çalışıyor olmaktan  | 164      | 80,0 | 41             | 20,0 |
| Sağlık güvenliği önlemleri   | 154      | 75,1 | 51             | 24,9 |
| Çalışan sağlık ve güvenlik politikaları                                | 140      | 68,3 | 65             | 31,7 |
| Hasta kaldırma/taşıma sistemleri                                       | 134      | 65,4 | 71             | 34,6 |
| Çalışan güvenliğine yönelik önlemler                                   | 145      | 70,7 | 60             | 29,3 |
| Güvenlik personeli davranışları  | 145      | 70,7 | 60             | 29,3 |
| İş kazası/meslek hastalığı durumunda kurumun sorumluluk alması/desteği | 139      | 67,8 | 66             | 32,2 |

ları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (Tablo 5).

Araştırmaya katılan sağlık personelinin çalışma durumları ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları karşılaştırıldığında; sağlık personelinin çalışma türü ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında istatistiksel anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,01$ ). Gündüz ağırlıklı çalışan

**Tablo 4:** Sağlık Personelinin Hastanelerde İş Güvenli-

| Ölçek ve Alt Boyutları            | Ort. ± SS.         | Min. – Max. Değerler |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Mesleki Hastalıklar ve Şikâyetler | 2,65 ± 1,10        | 1-6                  |
| Sağlık Taraması ve Kayıt Sistemi  | 3,87 ± 1,29        | 1-6                  |
| Kazalar ve Zehirlenmeler          | 3,36 ± 1,37        | 1-6                  |
| Yönetmelik Destek ve Yaklaşımlar  | 3,16 ± 1,29        | 1-6                  |
| Malzeme ve Araç Denetimi          | 4,07 ± 1,50        | 1-6                  |
| Koruyucu Önlemler ve Kurallar     | 4,33 ± 1,41        | 1-6                  |
| Fiziksel Ortam Uygunluğu          | 4,12 ± 1,48        | 1-6                  |
| <b>TOPLAM</b>                     | <b>3,45 ± 1,00</b> | <b>1-5,91</b>        |

**Tablo 5:** Sağlık Personelinin Tanıtıcı Özellikleri ile Hastanelerde İş Güvenliği Ölçeğinden Aldıkları Puan Ortalamasının Karşılaştırılması (N=205)

| Özellikler            | Ort. ± SS.  | Test ve p Değeri |
|-----------------------|-------------|------------------|
| <b>Yaş Grupları *</b> |             |                  |
| 22 yaş ve altı        | 3,62 ± 0,99 | F= 1,459         |
| 23-31 yaş             | 3,29 ± 0,97 | p= 0,227         |
| 32-40 yaş             | 3,43 ± 1,09 |                  |
| 41 yaş ve üzeri       | 3,64 ± 0,89 |                  |
| <b>Cinsiyet **</b>    |             |                  |
| Kadın                 | 3,36 ± 0,96 | t=-2,141         |
| Erkek                 | 3,71 ± 1,10 | p= 0,033         |
| <b>Medeni Durum**</b> |             |                  |
| Evlü                  | 3,44 ± 1,04 | t=-0,157         |
| Bekâr                 | 3,46 ± 0,97 | p= 0,875         |
| <b>Eğitim Durumu*</b> |             |                  |
| İlköğretim            | 3,63 ± 1,04 | F= 1,742         |
| Lise                  | 3,50 ± 1,15 | p= 0,142         |
| Ön Lisans             | 3,57 ± 0,95 |                  |
| Lisans                | 3,25 ± 0,95 |                  |
| Lisansüstü            | 3,07 ± 0,80 |                  |

\*: Tek yönlü varyans analizi \*\*: Bağımsız gruplarda t-testi

personelin aldıkları puan ortalaması, gece ağırlıklı çalışan personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 6).

Sağlık personelinin mesleki deneyim süreleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). 1 yıldan az mesleki deneyime sahip olan personelin aldıkları puan ortalaması, 1-5 yıl ve 6-10 yıl mesleki deneyime sahip

olan personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 6).

Sağlık personelinin gelir düzeyleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında ileri düzeyde anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,01$ ). Orta gelir düzeyine sahip olan personelin aldıkları puan ortalaması, düşük ve yüksek gelir düzeyine sahip olan personelin aldıkları puan ortalamasından ileri düzeyde anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 6).

Sağlık personelinin pozisyonu ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (Tablo 6).

**Tablo 6:** Sağlık Personelinin Çalışma Durumları ile Hastanelerde İş Güvenliği Ölçeğinden Aldıkları Puan Ortalamasının Karşılaştırılması (N=205)

| Özellikler                   | Ort. ± SS.  | Test ve p Değeri |
|------------------------------|-------------|------------------|
| <b>Çalışma Türü**</b>        |             |                  |
| Gündüz ağırlıklı             | 3,56 ± 0,98 | t= 2,253         |
| Gece ağırlıklı               | 3,22 ± 1,01 | p= 0,025         |
| <b>Mesleki Deneyim*</b>      |             |                  |
| 1 yıldan az <sup>a</sup>     | 3,80 ± 0,92 | F= 3,053         |
| 1-5 yıl <sup>b</sup>         | 3,31 ± 1,05 | p= 0,028         |
| 6-10 yıl <sup>c</sup>        | 3,24 ± 0,95 | a > b,c          |
| 11 yıl ve üzeri <sup>d</sup> | 3,52 ± 0,97 |                  |
| <b>Pozisyon*</b>             |             |                  |
| Hekim                        | 3,27 ± 0,81 | F= 0,905         |
| Hemşire                      | 3,32 ± 1,03 | p= 0,462         |
| Personel                     | 3,59 ± 1,08 |                  |
| Tekniker                     | 3,46 ± 0,97 |                  |
| Diğer                        | 3,65 ± 1,02 |                  |
| <b>Gelir Durumu*</b>         |             |                  |
| Düşük <sup>a</sup>           | 3,09 ± 1,13 | F= 6,602         |
| Orta <sup>b</sup>            | 3,60 ± 0,99 | p= 0,002         |
| Yüksek <sup>c</sup>          | 3,02 ± 0,69 | b > a,c          |

\*: Tek yönlü varyans analizi \*\*\*: Bağımsız gruplarda t-testi

Araştırmaya katılan sağlık personelinin meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması deneyimleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları karşılaştırıldığında; meslek hastalığı geçirme durumlarının puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Mes-

lek hastalığı geçirmeyen personelin aldıkları puan ortalaması, meslek hastalığı geçiren personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 7).

Sağlık personelinin meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması deneyim sayıları ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında çok ileri düzeyde anlamlı fark olduğu saptanmıştır ( $p<0,001$ ). 5 ve üzerinde deneyime sahip olan personelin aldıkları puan ortalaması, hiç deneyimi olmayan personelin aldıkları puan ortalamasından ileri düzeyde ( $p<0,01$ ) ve 1-4 defa deneyimi olan personelin aldıkları puan ortalamasından çok ileri düzeyde ( $p<0,001$ ) anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Tablo 7)

Sağlık personelinin iş kazası/yaralanması deneyimi ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (Tablo 7).

**Tablo 7:** Sağlık Personelinin Meslek Hastalığı ve İş Kazası/Yaralanması Deneyimleri ile Hastanelerde İş Güvenliği Ölçeğinden Aldıkları Puan Ortalamasının Karşılaştırılması (N=205)

| Özellikler  | Ort. ± SS.  | Test ve p Değeri |
|---|-------------|------------------|
| <b>Meslek Hastalığı Deneyimi*</b>                                 |             |                  |
| Geçirmedim  | 3,55 ± 0,95 | t= 2,019         |
| Geçirdim  | 3,25 ± 1,07 | p= 0,045         |
| <b>İş Kazası/Yaralanması Deneyimi*</b>                            |             |                  |
| Geçirmedim  | 3,56 ± 0,91 | t= 1,596         |
| Geçirdim  | 3,34 ± 1,08 | p= 0,112         |
| <b>Meslek Hastalığı ve İş Kazası/Yaralanması Deneyim Sayısı**</b> |             |                  |
| Hiç geçirmedim <sup>a</sup>                                       | 3,55 ± 0,91 | F= 10,225        |
| 1-4 defa <sup>b</sup>   | 3,71 ± 1,04 | p= 0,000         |
| 5 ve üzeri <sup>c</sup>   | 2,91 ± 0,95 | c < a,b          |

\*: Bağımsız gruplarda t-testi \*\*\*: Tek yönlü varyans analizi

Araştırmaya katılan sağlık personelinin çalışan güvenliği ile ilgili kurum uygulamalarından memnuniyetleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları karşılaştırıldığında; çalışma saatleri/nöbetler, görev dağılımı, iş yükü, iş hızı, hasta sayısı, çalışma ortamında kişiler arası ilişkiler, kullanı-

lan araç-gereç, kullanılan temizlik malzemelerinin kalitesi, kullanılan sarf malzemelerin kalitesi, kişisel koruyucu malzemelerin kalitesi, bağlı bulunduğu kurumda ve birimde çalışıyor olmaktan, sağlık güvenliği önlemleri, çalışan sağlık ve güvenlik politikaları, hasta kaldırma/taşıma sistemleri, çalışan güvenliğine yönelik önlemler, güvenlik personeli davranışları ve iş kazası/meslek hastalığı durumunda kurumun sorumluluk almasından memnun olmayan personelin aldıkları puan ortalaması, memnun olan personelin aldıkları puan ortalamasından çok ileri düzeyde anlamlı derece düşük bulunmuştur ( $p<0,001$ ). Hemşire sayısı, hekim sayısı ve çalışma ortamının donanımı ve dizaynından memnun olmayan personelin aldıkları puan ortalamaları, memnun olan personelin aldıkları puan ortalamasından ileri düzeyde ( $p<0,01$ ) anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Tablo 8).

#### IV. TARTIŞMA

Araştırmamıza katılan sağlık personelinde en fazla görülen meslek hastalığı %20 ile kas- eklem hastalıkları olduğu belirlenmiş olup, aynı şekilde literatüre bakıldığında Castro v.d.'nin Finlandiya'da sağlık çalışanlarına yönelik yapmış oldukları bir çalışmada da benzer şekilde olduğu görülmüştür [14]. Sağlık personelinin en fazla geçirdikleri iş kazası ise %39 ile yumuşak doku travması olduğu belirlenmiş, literatüre bakıldığında Clarke v.d.'nin Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da yaptıkları bir çalışmada delici kesici alet yaralanmalarının fazla olduğu görülmüştür [15].

Araştırmamızda ameliyathanede çalışan sağlık personelinin HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamalarına bakıldığında  $3,45\pm 1,00$  olarak belirlenmiştir. Ölçekteki en az puan "1", en fazla ise "6" puan olarak hesaplandığında çalışanların iş güvenliğinin orta düzeyde olduğu belirlendi. Karaer v.d.'nin İzmir ilinde bir devlet hastanesinde sağlık personeline yönelik yapmış oldukları çalışmada ölçek toplamında iş güvenliğinin orta düzeyde sağlandığı ( $3,47\pm 0,72$ ) [16],

**Tablo 8:** Sağlık Personelinin Çalışan Güvenliği ile İlgili Kurum Uygulamalarından Memnuniyetleri ile Hastanelerde İş Güvenliği Ölçeğinden Aldıkları Puan Ortalamasının Karşılaştırılması (N=205)

| Özellikler*  | Ort. ± SS.  |                | Test ve p Değeri     |
|--|-------------|----------------|----------------------|
|  | Memnunum    | Memnun Değilim |                      |
| Çalışma saatleri/nöbetler  | 3,89 ± 0,85 | 3,05 ± 0,97    | t= 6,464<br>p= 0,000 |
| Görev dağılımı   | 3,76 ± 0,93 | 3,04 ± 0,95    | t= 5,475<br>p= 0,000 |
| İş yükü  | 3,88 ± 0,90 | 3,13 ± 0,96    | t= 5,635<br>p= 0,000 |
| İş hızı  | 3,78 ± 0,90 | 3,13 ± 1,00    | t= 4,905<br>p= 0,000 |
| Hemşire sayısı   | 3,66 ± 1,03 | 3,21 ± 0,92    | t= 3,311<br>p= 0,001 |
| Hekim sayısı   | 3,58 ± 1,00 | 3,06 ± 0,93    | t= 3,216<br>p= 0,002 |
| Hasta sayısı   | 3,64 ± 0,98 | 3,08 ± 0,95    | t= 3,896<br>p= 0,000 |
| Çalışma ortamının donanımı ve dizaynı                                  | 3,61 ± 0,94 | 3,12 ± 1,05    | t= 3,365<br>p= 0,001 |
| Çalışma ortamında kişiler arası ilişkiler                              | 3,71 ± 0,92 | 3,01 ± 0,99    | t= 5,057<br>p= 0,000 |
| Kullanılan araç-gereç  | 3,65 ± 0,92 | 2,70 ± 0,95    | t= 5,961<br>p= 0,000 |
| Kullanılan temizlik malzemelerinin kalitesi                            | 3,66 ± 0,89 | 2,74 ± 1,04    | t= 5,906<br>p= 0,000 |
| Kullanılan sarf malzemelerin kalitesi                                  | 3,62 ± 0,92 | 2,78 ± 1,04    | t= 5,087<br>p= 0,000 |
| Kişisel koruyucu malzemelerin kalitesi                                 | 3,64 ± 0,91 | 2,85 ± 1,04    | t= 5,099<br>p= 0,000 |
| Bu kurumda çalışıyor olmaktan  | 3,65 ± 0,90 | 2,86 ± 1,04    | t= 5,289<br>p= 0,000 |
| Bu birimde çalışıyor olmaktan  | 3,59 ± 0,93 | 2,90 ± 1,11    | t= 4,079<br>p= 0,000 |
| Sağlık güvenliği önlemleri   | 3,65 ± 0,92 | 2,85 ± 1,00    | t= 5,225<br>p= 0,000 |
| Çalışan sağlık ve güvenlik politikaları                                | 3,74 ± 0,88 | 2,82 ± 0,97    | t= 6,690<br>p= 0,000 |
| Hasta kaldırma/taşıma sistemleri                                       | 3,75 ± 0,87 | 2,88 ± 0,99    | t= 6,428<br>p= 0,000 |
| Çalışan güvenliğine yönelik önlemler                                   | 3,69 ± 0,89 | 2,85 ± 1,01    | t= 5,873<br>p= 0,000 |
| Güvenlik personeli davranışları  | 3,63 ± 0,95 | 3,01 ± 1,00    | t= 4,160<br>p= 0,000 |
| İş kazası/meslek hastalığı durumunda kurumun sorumluluk alması/desteği | 3,70 ± 0,88 | 2,91 ± 1,03    | t= 5,630<br>p= 0,000 |

\*: Bağımsız gruplarda t-testi

Öztürk v.d.'nin Trabzon ilinde bulunan devlet hastanelerinde sağlık personelleriyle yapmış oldukları çalışmalarda ise ölçek toplamında iş güvenliğinin yeterli düzeyde sağlandığı (4,05±1,01) görülmüştür [13].

Sağlık personelinin tanıtıcı özellikleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamaları karşılaştırıldığında; erkek personelin aldıkları puan ortalaması, kadın personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. Kılıç'ın çalışmasında erkek personelin aldıkları iş güvenliği puan ortalamaları, kadın personelin aldıkları iş güvenliği puan ortalamalarından yüksek olduğu ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu görüldü [17]. Erkek personelin kadın personelden daha doyumlu olmaları, memnuniyet düzeylerinin yüksek olması ve teknik konularda bakış açılarının daha iyi olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Araştırmamızda sağlık personelinin mesleki deneyim süreleri ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamalarına bakıldığında; 1 yıldan az mesleki deneyime sahip olan personelin aldıkları puan ortalaması, 1-5 yıl ve 6-10 yıl mesleki deneyime sahip olan personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. 1 yıldan az ve 11 yıldan fazla deneyime sahip olan personelin iş güvenliğine algılarının daha fazla olduğu belirlendi. Çalışmamız da çalışma yılı 1 yıl ve altı olan sağlık personelinin yüksek puan almasını çalışma yaşamında henüz yeni olmalarına, çalışma yılı 11 yıl ve üzeri olan sağlık personelinin yüksek puan almasını ise çalışma yılı artıkça, alınması gereken güvenlik önlemleri hakkında tecrübeye sahip olmalarına ve çalıştıkları birimde daha rahat bir pozisyonda çalışıyor olabileceklerine bağlayabiliriz. Çalışmamızı destekleyen araştırma bulunmaktadır [18].

Araştırmamızda sağlık personelinin meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması deneyimleri ile HİGÖ'nden aldıkları

puan ortalamaları karşılaştırıldığında; meslek hastalığı geçirmeyen personelin aldıkları puan ortalaması, geçiren personelin aldıkları puan ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. Meslek hastalığı geçirmeyen personelin iş güvenliği konusunda daha ilgili oldukları belirlenmiştir. Bu durum, meslek hastalığı geçiren personelin yaşadıkları olumsuz deneyim nedeni ile çalıştıkları kurumlarını güvenli olarak değerlendirmedikleri düşünülmektedir. Çalışmamızı destekleyen araştırma bulunmaktadır [17].

Araştırmamıza katılan sağlık personelinin meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması deneyim sayıları ile HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamalarına bakıldığında 5 ve üzerinde deneyime sahip olan personelin aldıkları puan ortalaması, hiç deneyimi olmayan personelin aldıkları puan ortalamasından ileri düzeyde ( $p<0,01$ ) ve 1-4 defa deneyimi olan personelin aldıkları puan ortalamasından çok ileri düzeyde ( $p<0,001$ ) anlamlı derecede düşük bulundu. Çalışmamız personelin iş kazası geçirdikçe algısının azaldığını destekler niteliktedir. Çalışanların iş kazası geçirmesi motivasyonunu ve dikkatini etkilediğinden, çok fazla iş kazası geçiren çalışanların algısının azaldığı ve bundan dolayı kazaya olan eğiliminin arttığı düşünülmektedir.

## V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ameliyathanelerde Çalışan Sağlık Personelinin İş Sağlığı ve Güvenliği Algısının Belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada sağlık personelinin HİGÖ'nden aldıkları puan ortalamasının  $3,45 \pm 1,00$  olduğu belirlenmiş olup, cinsiyet, çalışma türü, mesleki deneyim süreleri, gelir düzeyi, meslek hastalığı deneyimleri, meslek hastalığı ve iş kazası/yaralanması deneyim sayıları, memnuniyet durumları ile HİGÖ puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı.

Sağlık personelinin meslek hastalıkları olarak bildirdikleri kas-eklem hastalıkları, cilt hastalıkları, psiko-sosyal bozukluklara neden olan etmenlerin incelenmeli, kas-eklem hastalıklarına neden olan uzun süreli ayakta çalışma süreleri ve şartları iyileştirilmeli, hasta kaldırma, çekme vb. uygulamalar için talimatlar oluşturulmalıdır.

Sağlık personelinin yorgunluk, kol ve bacak ağrıları, varis ve uykusuzluk şikayetlerinin iyileştirilmesi için çalışma alanlarında ergonomik sandalye, koltuk, seçimi ile hastaların taşınması veya kaldırılması esnasında çalışan gücü yerine yardımcı alet kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Özellikle rotasyonlu çalışma shifti oluşturulmalı ve iş yüküne göre çalışma saatleri yeniden düzenlenmeli, sürekli ayakta ve ağır işlerde çalışanlar farklı rollerde görevlendirilmelidir. Egzersiz eğitimleri verilmeli, iş yükü adaletli dağıtılmalı, gece nöbetinde çalışan kişiler için ergonomik düzenlenmiş dinlenme alanları oluşturulmalı, çalışanlar için sağlanan lojman hizmetinin de büyütülerek daha fazla kişiyi kapsayacak şekilde hastaneye yakın konumlandırılmalıdır.

Sistemik olarak ameliyathanelerde detaylı risk analizleri yapılarak değerlendirilmeli ve düzenleyici önleyici faaliyetler tespit edilmelidir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusundaki düzenlemelere yönelik bilgi düzeylerini ölçmek amacıyla daha detaylı çalışmalarının yapılmasının fayda sağlayacağı düşünülmekte, ayrıca ileriki çalışmalarda, iş sağlığı ve güvenliği konusunda alınan eğitimlerle, çalışanların sağlık ve güvenlik algıları arasındaki ilişkinin incelenmesinin, literatüre katkı sağlamak açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] GÜVEN, Rana, “Güvenlik kültürü oluşumunda eğitimin önemi”, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, S.30, 2006, s.5-11.
- [2] BİLİR, Nazmi; YILDIZ, Naci A, *İş Sağlığı ve Güvenliği*, Ankara, 2014, s.3-27.
- [3] KESGİN, Coşkun; TOPUZOĞLU, Ahmet, “Sağlığın Tanımı; Başaçıkma”, *İKÜ Güncesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, S.3, 2006, s.47-49.
- [4] BOSTANCI, Yalçın, “İşverenin İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Yükümlülüklerini Yerine Getirmemesi ve Yaptırımları”, *Selçuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 12(1-2), 2011, 67-86.
- [5] YÜKSEL, Öznur; İnsan Kaynakları Yönetimi, Ankara, 2003.
- [6] ALTINEL, Hüseyin, *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği*, Ankara, 2011, s.74.
- [7] BİLİR, Nazmi, *İş Sağlığı ve Güvenliği*, Ankara, 2016, s.15.
- [8] YERZÜLCAN, Sema, v.d. “Ameliyathane Ortamında Sirküle ve Scrub Hemşire Koordinasyonunun gerekliliği ve Ameliyat Başına Gaz Sayımına Etkisi”, *İstanbul Tıp Dergisi*, S.4, 2009, s.188.
- [9] MEYDANLIOĞLU, Ayşe, “Sağlık Çalışanlarının Sağlığı ve Güvenliği”, *Balikesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, S.3, 2013, s.192-199.
- [10] TDK, “[http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=co\\_m\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5a2eae406d8029.11035462](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=co_m_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5a2eae406d8029.11035462)” (Erişim tarihi: 05.07.2017)
- [11] NICHOLS RL; BENNETT JV; BRACHMAN PS; The operating room Hospital Infections, Boston, 1992, s.461-473.
- [12] UÇAK, Hatice, *Ameliyathanede Yönetim – Organizasyon & Cerrahi Uygulamalar*, 2.Baskı, İzmir, 2016, s.69.
- [13] ÖZTÜRK, Havva; BABACAN, Elif; ANAHAR ÖZDAŞ, Elif, “Hastanede Çalışan Sağlık Personelinin İş Güvenliği”, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, S.4, 2012, s.252-268.
- [14] CASTRO, AB, v.d. “Occupational Health and Safety Issues Among Nurses in the Philippines” *AAOHN Journal*, S.4, 2009, s.149-157.
- [15] CLARKE, Sean P; SCHUBERT, Maria; KÖRNER, Thorsten, “Sharp-device injuries to hospital staff nur-



ses in 4 countries” Infection Control & Hospital Epidemiology, 2007, S.4, s. 473-478.

- [16] KARAER, Gönül; ÖZMEN, Dilek, “Sağlık Çalışanlarının İş Güvenliği: Devlet Hastanesi Örneği”, *Türkiye Klinikleri*, S.4, 2016, s.315.
- [17] KILIÇ, Talip, “Bir Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Görev Yapan Sağlık Çalışanlarının İş Güvenliği Algısının Belirlenmesi”, Türk Hava Kurumu Üniversitesi S.B.E. Yüksek Lisans Tezi, 2014, s.54.
- [18] ÇİL, Güldane, “Hastanede Çalışan Hemşirelerin İş Güvenliği Düzeyinin Saptanması” K.K.T.C. Yakın Doğu Üniversitesi S.B.E. Yüksek Lisans Tezi, Lefkoşa, 2016, S.81.





## İş Sağlığı ve Güvenliği Kapsamında Nanomateriyal Risk Değerlendirmesi

### Nanomaterial Risk Assesment Review in the Scope of Occupational Health and Safety

İbrahim EYİ

#### ÖZET

Mühendislik ürünü olan Nanomatereyaller(Nm)'in sağlığa yönelik tehlikeleri konusunda artan bir endişe bulunmaktadır. Bu durum risk grubu altında olan çalışanların Nm'lere maruziyetinin oluşabileceği alanlar ile ilgili mevcut tehlikelerin, risk faktörlerinin tanımlanması, risk değerlendirme methotlarının geliştirilmesi konularında çalışmalara gereksinim olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Nanomateryal proseslerle ilgili belirlenmiş bazı standartlar ve sektörel bazda gelişmeler olsada sistematik çerçeve tam anlamıyla oluşmamıştır. Gelişen teknoloji ile kendisine her geçen gün daha fazla kullanım alanı bulan nanomateryallerin gelecekte insan sağlığına ne gibi zararlar verebileceği araştırılması gereken diğer bir konudur. Bu çalışmada iş sağlığı ve güvenliğinde kapsamında nanomateryallerin özellikleri, risk faktörleri ile nanomateryallerde risk yönetiminde izlenecek risk analiz methodları konusunda perspektif sunabilmek amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, Nanomateryal, Nanopartikül, İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Yönetimi, Risk Değerlendirmesi, Risk Analizi

#### ABSTRACT

Nanomaterials is engineered materials and there is a growing concern of harmful effects for human health. These concerns have been directed to identify threats, determine risk factors, improve risk assessment methods for occupational health and safety in areas where worker exposure exists. Although there are improvements in sectoral base for nanomaterials and its processes, there isn't complete regulation or systematic framework containing all risks. It is also not clear how nanomaterials will affect worker's health in the future. The purpose of this study is to define consize information about risk factors, risk assessments, analysis methods and give a perspective of nanomaterials in context of occupational health and safety.

**Keywords:** Nanotechnology, Nanomaterial, Nanoparticle, Occupational Health and Safety, Risk Management, Risk Assessment, Risk Analysis

## I. GİRİŞ

Nano Yunanca anlamına gelen bir kelimedenden türetilmiş olan bir ön ektir. ABD Milli Nanoteknoloji Kurumu nanoölçekli materyalleri; boyutları 1-100 nanometre (nm) aralığında olan, mühendislik yöntemleri ile boyutlarına has özelliklerde üretilmiş malzemeler olarak tanımlamaktadır [1,2]. Nanomateryaller nano-boyutlarıyla karakterize edilmekle beraber özellikleri aynı materyalin daha büyük parçacıklı halinden büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar nanomateryalleri tıp, çevre ve enerji gibi alanlarda yeni ve gelişmiş uygulamalar için uygun hale getirmektedir [3]. Nanomateryal malzemeler bu özellikleri ile belirli bir amaç olmadan doğal yollarla oluşan ve aynı ölçüğe sahip olabilen ultra-ince partiküllü malzemeler ile farklılık göstermektedir. Ultra-ince terimi İş ve Çevre Sağlığı alanında çap olarak 100 nm'den daha küçük uçucu partikülleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Ultra-ince partiküller kasıtlı olarak üretilmemekte ancak kaynak, eritme, yakıt yanması, ateş vb gibi yanma ve buharlaşma proseslerinin birer ürünleri olarak ortaya çıkmaktadır [1].

Mühendislik Nanomateryalleri (MNm) alanındaki

teknolojinin gelişimi, bu teknolojinin sağlık ve çevreye olan etkileri ile ilgili bazı endişeleride beraberinde getirmektedir [1,4]. Mühendislik Nanomateryallerinin (MNm) inflamasyon, astım alevlenmesi, genotoksisite ve solunum yolu kanserleri gibi ultra-ince partiküllerin insan sağlığında neden olduğu tehditlere benzer zararlara neden olabileceği de söylenmektedir.

## II. MÜHENDİSLİK NANOMATERYALLERİNİN GENEL KARAKTERİSTİKLERİ

Genellikle karbon yada metal/metal oksit bileşimleridir. Karbon bazlı MNm'leri tek duvarlı ve çok duvarlı karbon nanotüpleri, grafen (hegzagonal yapıda tek tabakalı karbon yapı), küresel fullerenler (üç-koordinatlı karbon atomlarını içeren 20-80 karbon atomlarından oluşan kapalı kafes yapıları), C60 (Buckyballs, buckminsterfullerene) ve simetrik olan dendrimenleri içermektedir. MNm'lerin üretim sonucunda elde edilen kimyasal özellikleri nanomateryallere çeşitli kullanım özellikleri (Tablo 1) ve avantajları kazandırmaktadır [23].

Boyut farklılıkları açısından tek duvarlı karbon nanotüpler ve çok duvarlı karbon nanotüpler 1-2 ve 2-50 nm

Tablo 1: Nanomateryallerin kimyasal özelliklerine göre kullanımı [23]

| Nanomateryal Türü          | Örnekleri   | Kimyasal Özellikleri                                 | Uygulama   |
|----------------------------|---|--|--|
| <b>Karbon NM'leri</b>      | Fullerenler, Buckyball,(C <sub>60</sub> , C <sub>20</sub> , C <sub>70</sub> ), karbonnanotüpler, nanoelmaslar, nanoteller | Stabil, sınırlı reaktivite, yüksek antioksidan       | Biyomedikal, süperkondensatörler, sensörler, fotovoltaik                         |
| <b>Metal oksitler</b>      | TiO <sub>2</sub> , ZnO, CeO <sub>2</sub>  | Yüksek reaktivite, fotovoltaik özellikler            | Fotokatalist, pigmentler, ilaç iletimi, teşhis, UV koruyucu, dizel yakıt katkısı |
| <b>Zero-valent Malzeme</b> | nZVI, EZVI, BNPs  | Yüksek yüzey aktivitesi                              | Kirlenmelerin (nitrat gibi) azaltılmasında kullanım                              |
| <b>Quantum Dot'lar</b>     | CdSe, CdTe ve ZnSe  | Paket yarıiletkenlik                                 | Medikal teşhis, fotovoltaik, telekomünikasyon, sensörler                         |
| <b>Dendrimenler</b>        | Hiper polimerler, dendrigaft polimerler ve dendron  | Multifonksiyonel polimerler                          | İlaç iletimi, kimyasal sensörler, medifite elektrotlar, DNA taşıyıcılar          |
| <b>Kompozit Nm'ler</b>     | Sentetik polimerle ve reçinelerle, Nanokillerle ve diğer Nm'ler ile birleşmiş   | Multifonksiyonel komponentler, katalitik özellikler  | Mekanik ve alev geciktirici özellikler, ilaç iletimi                             |
| <b>Gümüş Nm'ler</b>        | Kolloid Gümüş, gümüş teller, nano-gümüş toz ve polimerik gümüş  | Yüksek yüzey reaktivitesi, antimikrobiyal özellikler | Medical uygulamalar, su saflaştırması, antimikrobiyaller                         |

boyutlarında ve nispeten  $> 1\mu m$  den daha büyük olabilmektedir. C60 yaklaşık  $-1 nm$  çapındadır. Metal ve Metal oksit MNm'lerin en yaygın olanları; değişik bileşiklerde cadmiyum, galyum arsenür, altın, nikel, platin, gümüş, alüminyum oksit (alümina), seryum dioksit (ceria), silikon dioksit (silika), titanium dioksit (TiO<sub>2</sub>, titanyum) ve çinko oksittir.

MNm'leri, enzimler gibi ana hücre mekanizmaları ve bileşenleri ile aynı boyut aralıklarına sahiptirler. Bu özellikleri nanomateryallerin vücutta enzimler gibi biyokimyasal tepkimeye girebilmeleri potansiyelini ortaya çıkarmaktadır [1,5]. Bu durum MNm'lerinin örneğin akciğerlerde birikim yaparak, akciğerlerden diğer sistemik bölgelere geçiş şiddetli inflamatuvar yanıt oluşturma potansiyellerini akla getirmektedir [1]. Bu özellikleri de nanomateryalleri insan ve çalışan sağlığı bakımından dikkatle izlenmesi ve değerlendirilmesi gereken bir kategoriye sokmaktadır.

### Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nanomateryallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri üretimde avantaj sağlayıcı bir ürün olmalarını sağlamaktadır. Bu özellikler aynı zamanda nanomateryallerin davranış biçimlerinin belirlenerek, çalışan sağlığına olan etkisinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken bir konudur. Gerek proseslerin devamının sağlanması, gerekse çalışan güvenliğinin izlenebilmesinde kullanılan Nanopartiküllerin ölçülmesi ve test edilmesi gereken karakteristik özellikleri ile ilgili OECD ve ISO seviyesinde tartışmalar devam etmektedir [6].

İş sağlığı ve güvenliği açısından Nanopartikül ile ilgili değerlendirilmesi gereken ana parametreler şunlardır:

#### Fiziksel

- Boyut, şekil, spesifik yüzey alanı, en boy oranı
- Aglomerasyon / agregasyon hali
- Boyut dağılımı

- Yüzey morfolojisi/topoğrafisi

- Kristallenme ve hata yapıları

- Çözünürlük

#### Kimyasal

- Yapısal formül / Moleküler yapı

- Nanomateryal kompozisyonu (safılık derecesi, bilinen safsızlıklar)

- Faz Ayrımı

- Yüzey kimyası (kompozisyon, yük, gerilim, reaktif alanlar, fiziksel yapı, fotokatalitik özellikler, zeta potansiyeli)

- Hidrofilisite/lipofilisite

Nanomateryaller, çalışma ortamında havada asılı (ultra-ince partiküller, nanopartiküller, aerosoller), sıvıda asılı (koloid) ve katılarla birleşmiş nanotozlar olarak bulunabilirler. Biyolojik güvenlik değerlendirmesi için MNm'lerin uygun bir ortamda dağıtılması gerekmektedir. Bu ortam ve nanomateryaller arasındaki etkileşim süspansiyonun davranışını da derin bir şekilde etkileyecektir [7].

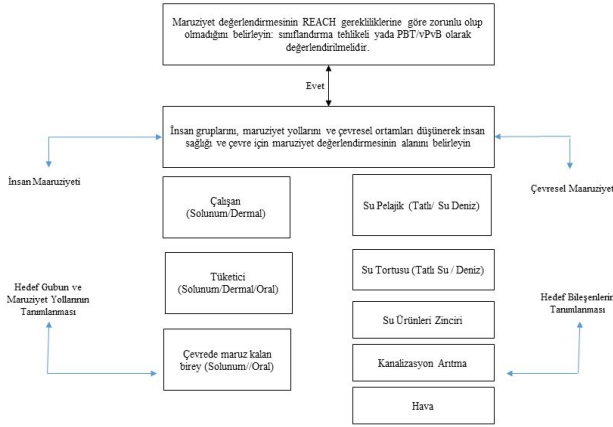
### III. MARUZİYET

Nanomateryallere maruziyet başta çalışanların maruziyeti olmak üzere kullanıcıların maruziyeti, atık yoluyla maruziyet, ortam maruziyeti ve çevresel maruziyet şeklinde gerçekleşir. Maruziyet değerlendirmesi nanomateryalin sentezlenmesinden atılmasına kadar tüm üretim ve kullanım döngüsünü kapsamaktadır. Maruziyet değerlendirmesinde spesifik ürünler için nanopartikül maruziyetinin oluşup oluşmayacağını belirlemek potansiyel riskleri değerlendirmek için kritik olan ilk aşamadır [9].

İdeal olarak maruziyet değerlendirmesi herbir hedef grup için maruziyet seviyelerinin kantitatif ölçümü üzerine olmalıdır. Ancak pratikte güvenilir maruziyet verileri oldukça yetersizdir ve ortam ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle

çoğu durumda maruziyet seviyelerinin değerlendirilmesinde maruziyet tahmin modelleri baz alınmaktadır (Örneğin: Şekil 1. REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals–Avrupa Birliği Kimyasallar Kayıt Değerlendirme ve Yetkilendirme) maruziyet değerlendirme yaklaşımı [10].

Şekil 1: REACH Maruziyet Değerlendirmesi Yaklaşımı [10]



PBT : Kalıcı biyobirikimli ve toksik  
vPvB : Çok kalıcı veya çok biyobirikimli

Nanomateriyallere Maruziyet dermal, solunum, oral, sindirim yada enjeksiyon gibi farklı yollarla gerçekleşmektedir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliğinde operatif kurulum içerisinde en muhtemel maruziyet yolu düşünülmeli ve bununla ilgili maruziyet belirleyicileri test ve ölçüm parametreleri seçilmelidir [8].

REACH (EC) No 1907/2006 yönetmeliğine göre kimyasal güvenlik değerlendirmesi yapılmasının amacı, herbir üretim döngüsünde nanopartiküllerin güvenli kullanımının

sağlanmasıdır. Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi maruziyet oluşum senaryosu, maruziyetin tahmin edilmesini ve risk karakterizasyonunu içermektedir. Konsept olarak maruziyet değerlendirmesinde baz alınan özellikler nanomateriyal dozunun yada konsantrasyonun ölçümü işlemidir. Maruziyet ölçümü ve değerlendirilmesi potansiyel (eko) toksikolojik etkilerin oluşabilmesinde önemli bir parametre olmasından dolayı risk analizinde önemli bir aşamadır [10]. Nanopartikül (NP) üretim proseslerinde ortaya çıkabilecek Maruziyet Riskleri Tablo 2.'de gösterilmiştir.

### Test ve Ölçüm

Çalışanların maruz kaldıkları toz ve materyallerin sürekli test ve ölçümü üretim döngüsünün her aşamasında önemli bir etkidir. Akut yada kronik maruziyet sonucunda çevresel ortamlarda test maddelerinin potansiyel etkilerini belirlemek için OECD test yönetmeliklerinde tanımlanmış olan basit ekotoksikolojik yönetmeliklerin nanomateriyaller için yeterli ve uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak OECD nanomateriyallerin testi için bu yönetmeliklerin spesifik olarak tasarlanmadığını da kabul etmektedir ve ölçübilimi, numune hazırlama, test maddelerinin iletimi, maruziyet miktarları, doz metrikler ve ölçümlerin nanomateriyallerin test edilmesi için yeterli olmadığı düşünülmektedir.

Test ve Ölçüm methotları (Tablo 3) için gerekli olan ve dikkate alınması gereken potansiyel spesifik özellikler şun-

Tablo 2: Nanopartikül Üretim Prosesleri Esnasında Potansiyel Maruziyet [23]

| Proses Sentezi        | Partikül Formasyonu | Potansiyel Solunum Riski                          | Potansiyel Dermal ve Sindirim Riski  |
|-----------------------|---------------------|---|--|
| <b>Gaz Fazı</b>       | Havada              | -Reaktörden direk sızıntı ve<br>-Ürün kurtarma    | Aeresol partikül kirliliği<br>Ürün işleme<br>Ekipman temizliği/bakım           |
| <b>Buhar Birikimi</b> | Substrat Alt Tabaka | -Reaktörden ürün kurtarma ve Prosesleme paketleme | Çalışma ortamında kuru toz kirliliği<br>Ürün işleme<br>Ekipman temizliği/bakım |
| <b>Koloidal</b>       | Sıvı Süspansiyon    | -Kurutma, prosesleme ve ürün dökümü               | Çalışma ortamında dökülme/kirlilik<br>Ürün işleme, Ekipman temizliği/bakım     |
| <b>Aşınma</b>         | Sıvı Süspansiyon    | -Kuruma, prosesleme ve ürün dökümü                | Çalışma ortamında dökülme/kirlilik<br>Ürün işleme, Ekipman temizliği/bakım     |

**Tablo 3:** Nanomateryal Maruziyetin Değerlendirilmesinde Kullanılan Ölçüm Methodları ve Araçları [23].

| Metrik                 | Method  | Method Bilgisi   |
|------------------------|---|--|
| <b>Kütle</b>           | Boyut seçimli özel örnekleyici  | Nm boyut aralığında boyut fraksiyonlu bir cihaz halen yoktur. Büyüden gravimetrik yada off-line kimyasal analiz gereklidir. Kütle aynı zamanda boyut dağılımı ile tahmin edilebilir. |
|                        | Boyut seçimli statik örnekleyici                                      | 100nm (10 nm'ye kadar) bir kesim noktası sunan cihazlar <b>Cascade Impactor</b> cihazlarıdır.  |
|                        | Konik element salınımlı Mikrobalans (TEOM)                            | TEOM gibi hassas gerçek-zamanlı izleyiciler nanoaerosol kütle konantrasyonunu boyut seçici bir giriş ile on-line ölçmek için kullanışlı olabilir.                                    |
|                        | Taramalı Mobilite Parçacık Boyutlandırıcı (SMPS)                      | Boyutları 3 nm – 800 nm arası partiküllerin elektriksel mobilitesi üzerine baz alınmış Gerçek-zamanlı boyut-seçici tespit  |
|                        | Elektrikli Düşük Basınç Darbe Ölçer (ELPI)                            | Partikül yüklerine göre ve ataletine göre Gerçek-zamanlı boyut-seçimli tespit. Veriler konsantrasyon açısından yorumlanabilir.   |
|                        | Nanomater Aerosol Sampler   | Alınmış örneğin yüzey analizinde kullanılmasına yardımcı olur  |
| <b>Miktar</b>          | Optik Partikül Sayıcı (OPC)   | 300 nm'den daha küçük partiküller tespit edilemez.   |
|                        | Yoğunluk Partikül Sayıcı (CPC)  | 100 nm'ye kadar gerçek-zamanlı konsantrasyon miktarı   |
|                        | SMPS  | 3-800 nm çapında mobiliteye göre gerçek-zamanlı boyut seçimli tespit   |
|                        | ELPI  | Partikül yüklerine göre ve ataletine göre Gerçek-zamanlı boyut-seçimli tespit. Veriler konsantrasyon açısından yorumlanabilir.   |
| <b>Yüzey Alanı</b>     | Epiphaniometer  | Yüzey alanlarına göre radyoaktif etiketleme  |
|                        | Difüzyon yükleyici  | Yüzeyin pozitif iyonlarına tutunmaya göre 100 nm'den daha küçük partiküllere hassas. Örnek hazırlama gerekir   |
|                        | SMPS  | 3-800 nm çapında mobiliteye göre gerçek-zamanlı boyut seçimli tespit   |
|                        | ELPI  | Partikül yüklerine göre ve ataletine göre Gerçek-zamanlı boyut-seçimli tespit. Veriler konsantrasyon açısından yorumlanabilir.   |
|                        | BET (Brunauer, Emmett ve Teller Methodu)                              | Partikül yüzeyinde gaz (N <sub>2</sub> ) adsorpsiyonuna göre tahmin.   |
| <b>Görüntü Analizi</b> | Taramalı Elektron mikroskobu(SEM), Geçirimli Elektron mikroskobu(TEM) | Nanopartiküllerin belirlenen alanlarının analizi. Numuneler özel örnekleyici yada boyut seçimli static örnekleyici ile toplanabilir.   |

lardır [8]:

## IV. RİSK YÖNETİMİ

### A. Risk Sınıflandırma Sistemleri

Değerlendirme metodolojilerindeki ilerlemelere rağmen, tüm nanomateryaller için belirleyici özelliklerin geniş kapsamlı bir karakterizasyonu halen tam anlamıyla yapılamamıştır. Bu nedenle bazı araştırmacılar nanomateryaller için risk sınıflandırmasını yada birincil risk derecelendirmesini önermişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda quantum dotlar, fullerenler, tek duvarlı karbon nanotüpler ve karbon siyahının derecelendirilmesi için fizikokimyasal ve toksisite verileri baz alınırken [3, 11], bazı çalışmalarda sınıflandır-

| <u>Fizikokimyasal özellikler</u> | <u>Toksikolojik</u>       | <u>Ekotoksikolojik noktalar</u>        |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| Partikül şekli                   | Hücre alımı               | Havalandırma oranı                     |
| Yüzey alanı ve enerjisi          | Hücre canlılığı           | Soluma patolojileri                    |
| Dağılım hali                     | Oksidatif stress          | Mukus salgısı                          |
| Aglomerasyon hali                | İnflamasyon               | Beyin patolojisi                       |
| Yüzey yükü ve kimyası            | Fibroz                    | Hayvan davranışları                    |
| Redoks potansiyeli               | İmmünotoksisite           | Oksidatif stress biyo-ışaretleyicileri |
| Hücre rezaktif oksijen türleri   | Kardiyovasküler toksisite |  |

ma sistemi için ise toksisite ve kararlılık üzerinde durulmuş ve nano-toksisteyi belirlediğinden dolayı kararlılığın birinci sırada karakterize edilmesi gerektiği tavsiye edilmiştir [3,12]. Bazı çalışmalarda da Nanomateryaller için toksisite ve fizikokimyasal özellikleri ölçen bir dizi performans ölçüsü belirlenmiştir. Parametreleri ise aglomerasyon (topaklanma), agregasyon (yığılma), reaktivite, yük, kritik fonksiyon grupları, boyut, biyoelverişlilik, biyobirikim ve toksik potansiyel olmuştur [3, 13].

### B. Nano Toksikoloji

Nanotoksikoloji ekosistemlerde ve yaşayan sistemlerde mühendislik nanomateryallerinin biyolojik etkileri üzerine yapılan çalışmalardan ve klasik toksikolojiden ortaya çıkmıştır. Klasik toksikoloji ölçümlerinin nanomateryallere de uygulanabileceği ancak modifiye edilmesi gerektiği üzerine ortak bir kanı vardır [3].

Çeşitli nanomateryel formlarda yapılmış çalışmalarda (C60, tek-çok duvarlı karbon nanotüpler) toksikolojinin doz-miktar ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Ancak mevcut nanopartiküllerin toksisitesi sadece kütle ile değil fiziksel, kimyasal özelliklerle de ilişkilidir. Örneğin düşük çözünürlüklü ve düşük toksisiteli partiküllerde yüzey alanı inflamasyon açısından toksisteyi daha belirleyici olmaktadır [8].

### C. Risk Değerlendirmesi

Nanospesifik bir risk değerlendirmesi klasik kimyasallar için bulunan mevcut standart stratejilerin ötesine geçmektedir. SCENIHR ve EFSA gibi AB komiteleri mevcut risk değerlendirme prosedürlerini onaylamış (Şekil 2) ve bu metodların nanomateryallere uygulanabileceğini ancak spesifik alanların gelişime ihtiyaç duyduğu sonucuna varmıştır [3, 14, 15]. SCENIHR standart risk değerlendirme prosedürünün gelişimi için yaşam döngüsü metodolojisi [3, 16] yada ön sınıflandırma sistemleri gibi ilave teknik araçları da

önermektedir [3, 17].

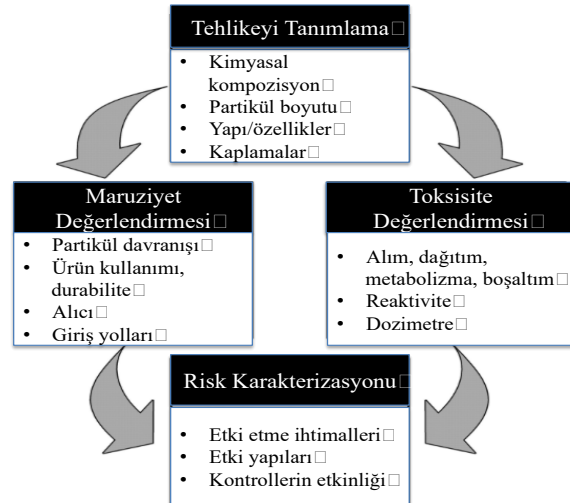
Kimyasal bir risk değerlendirmesi için belirleyici unsurlar kimyasalın miktarı, kararlılık yada biyobirikim gibi özellikler ve akut, kronik toksisite, hassasiyet, genotoksisite, üretkenlik toksisitesi yada kanser üretkenliği gibi etkilidir. Fizikokimyasal özellikler, toksikolojik ve ekotoksikolojik bilgi ise gerekli verileri oluşturmaktadır [3].

Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA)'na göre bir Kimyasal Güvenlik Değerlendirmesi yapabilmek için ana gereksinimler ise şunlardır:

- Hangi şekil, boyut ve fiziksel halde olursa olsun maddenin fizikokimyasal, toksikolojik ve ekotoksikolojik özellikleri baz alınmış komple bir Tehlike Değerlendirmesinin yapılması,
- Makul kullanım koşulları altında maruziyet seviyelerinin belirlenmesi,
- Maruziyet seviyelerini karşılaştırarak riskin kategorize edilmesidir.

Geleneksel kimyasallar için mevcut olan risk değerlendirme yöntemlerinin MNm'lerine de uygulanabileceği değerlendirme yapılmıştır. Ancak MNm'lerine uygulamada spesifik yaklaşımlar gerektirecektir (kullanım birimi

Şekil 2: Risk Değerlendirme Yapısı [9].



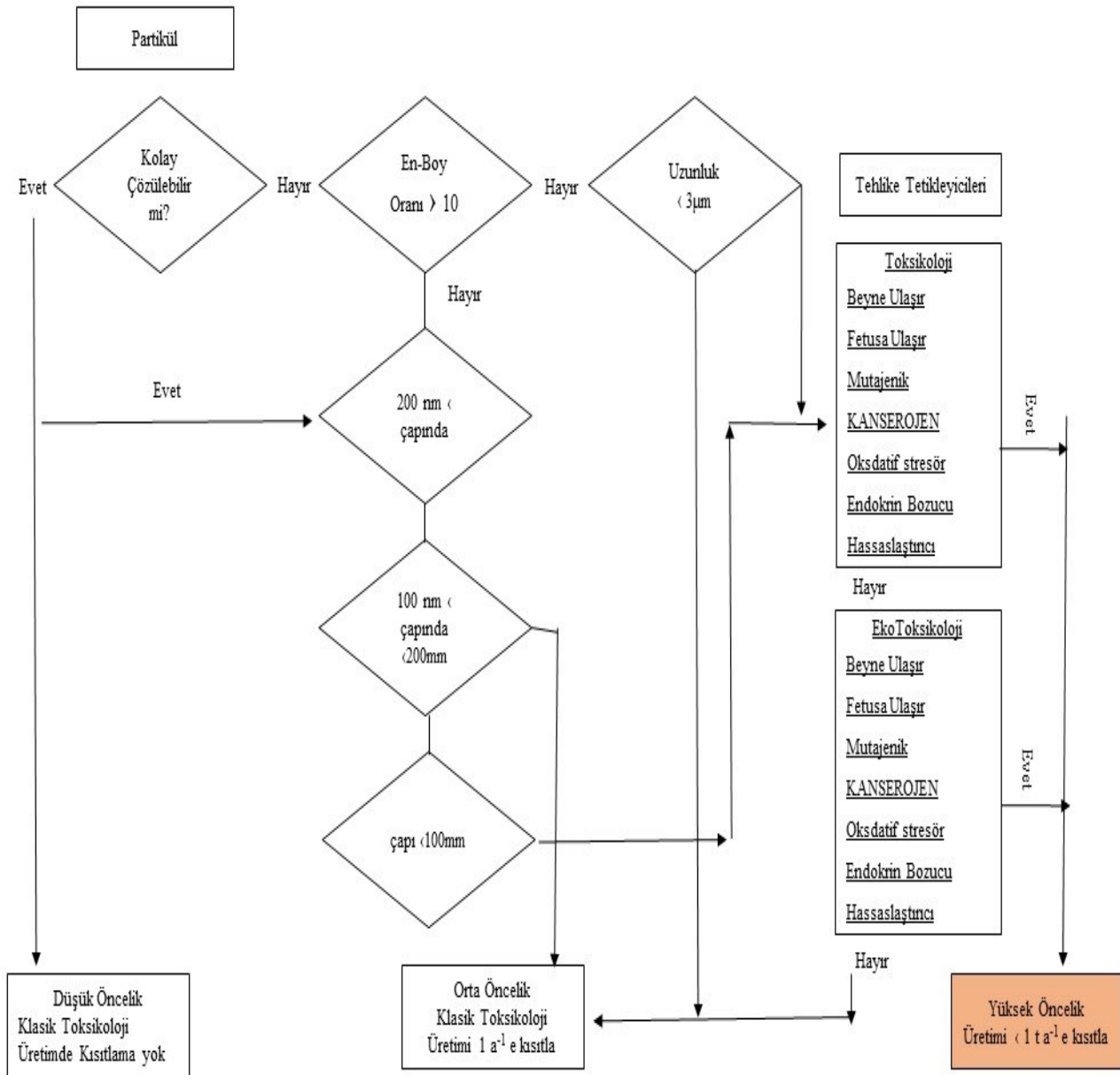
[metric], maruziyet değerlendirme metodolojisi, vb). Şimdiye kadar kullanılmış ve uygunluğu kabul gören risk değerlendirme metodolojileri bulunsada (Tablo 4) MNm'leri ile ilgili standartlaşmış bir risk değerlendirme metodolojisi tam anlamıyla bulunmamaktadır. Nanoölçekli maddelerle ve ultra-ince partiküller ile yapılan çalışmalar nanomateriyallerin risk değerlendirmesi yapısı (Şekil 2.) için

başlıca gereksinimleri ortaya koymaktadır.

### Tehlikenin Tanımlanması

Tehlikenin tanımlanması partiküllerin çeşitli karakteristiklerine bağlıdır. Yeni yapıların tehlikeleri daha önceden küçük boyutlarda çalışılmış aynı maddelerin (TiO<sub>2</sub>, ZnO gibi metal oksitler) tehlikelerinden daha az tahmin edilebilir durumdadır. Yüzey kaplaması yada bir matris içerisin-

Şekil 3: Nanopartiküller için Tehlike Algoritması [8]



Not: Karar Esnasında bilinmeyen değerler Evet olarak alınmalıdır.

de materyalin enkapsülasyonu nanopartiküllerin biyolojik mobilitesini ve reaktivitesini etkilemektedir [9, 18]. Nanopartiküller ile ilgili karşılaştırmalı bir tehlike değerlendirme Howard & de Jong (2004) tarafından önerilmiştir ve bir tetikleyici algoritma geliştirmiştir (Şekil 3). Maruziyet değerlendirme yapılmamış ve maddeler tehlikesine göre değerlendirilmiştir [19]. Bu algoritmada nanopartiküller, çözünürlük, boyut, en-boy oranı gibi özelliklerine göre bir tehlike değerlendirme yapısı çıkarılmıştır.

#### D. Risk Değerlendirmesi

Nanoteknolojik Risk değerlendirmesinin şimdiye kadar Risk Yönetimi Konseptinin belirlenmesi (Örn: IRGC Risk Governance Framework), Risk Yönetim Sistemleri belirlenmesi ve Risk Analiz Metotları (Örn: Control Banding Nanotool) geliştirilmesi kaydetmiş olduğu sistematik yaklaşımlardır.

#### 1. Risk Derecelendirmesi

Risk derecelendirmesi basit olması nedeniyle en yaygın risk değerlendirme yollarından biridir. Kimyasal risk değerlendirmesinin aksine uzman yorumuna dayanmaktadır. Tahminler kalitatif (nitel). Burgman (2005) beş aşamalı bir yaklaşım önermiştir [20, 22].

- Uzman yorumlarına dayalı risk derecelendirmesi üzerine karar verilmektedir.
- İkinci aşamada olaylar tanımlanmaktadır.
- Tanımlanan her bir olay değerlendirilmektedir.
- Değerlendirilen riskler kabul edilebilir seviyeler ile karşılaştırılmaktadır.
- Son aşama ise seçilen risklerin yönetimi aşamasıdır.

Olayların değerlendirildiği üçüncü aşamada iki tehlike parametresi bulunmaktadır. İlki istenmeyen olayın (1-5 arası puanlamalı) oluşma ihtimalidir. İkinci parametre ise (1-5 arası puanlamalı) olayın sonucudur. Kullanımı yaygın bir yöntem olan Risk matrisi ile nihai değerlendirme sonucuna ulaşılmaktadır.

#### 2. Kimyasal Derecelendirme ve Skorlama

Kantitatif bir risk değerlendirmesi değildir ancak risk değerlendirmesine yardımcı olarak kullanılabilir. Maddeler arasında önceliklendirmeye olanak sağlar. Risk derecelendirme methodu gibi uzman yorumuna dayanmaktadır. Dört aşamalıdır;

- İlk aşama hedefin tanımlanması ve aşamalandırılmasıdır.
- İkinci aşama ise parametrelerin değerlendirileceği indikatörün seçimidir. Bu aşamada aynı zamanda hangi verilere ihtiyaç olacağı belirlenmektedir (toksikite, kararlılık, üretim, kullanım, vb).
- Üçüncü aşama ise ikinci aşamadaki tehlike parametreleri baz alınarak derecelendirme ve skorlamadır. Kimyasal derecelendirme ve skorlama çok çeşitli tipte olabilir ama en yaygını eğer-olursa tipidir. (Örneğin eğer toksisite 1 mg/lI geçerse o zaman toksik sayılır.)
- Son aşama ise karar vermek için sonuç ve sunum aşamasıdır.

#### 3. Kontrol Bandı (Control Banding - CB)

Kontrol Bandı tehlikeli kimyasallara mesleki maruziyeti kontrol etmek için eczacılık endüstrisine yönelik tasarlanmıştır ve diğer endüstrilerde de yaygın olarak kullanılmaktadır [20, 21]. Risk derecelendirmesi, kimyasal derecelendirmeye benzerdir ve kalitatif (nitel) bir metottur. Mesleki sağlık risklerine odaklanmıştır ve çevresel riskleri içermez. Farklı risk ve tehlike kalıplarında bir maddenin belirli bir tehlike bandında kategorize edilmesidir. Ayrıca uçuculuk ve tozluğun gibi maruziyet-ilişkili özelliklere göre maruziyet-ilişkili bantlara göre ve kullanımdaki miktar maruziyet bantlarına kategorize edilebilir. Tehlike ve maruziyet olarak iki puan skalası bulunmaktadır (risk derecelendir-



Tablo 4: Nanoteknolojide kullanılan yaygın Risk Analiz Metotları [20, 24]

| S.Nu. | Risk Analiz/Değerlendirme metotları  | Control Banding |
|-------|--|-----------------|
| 1     | ANSES, Development of a Specific Tool for nanomaterials  | CB              |
| 2     | CB Nanotool 2.0 –Control Banding   | CB              |
| 3     | Nanotoolkit-Working Safely with Engineered Nanomaterials in Academic Research Settings                   |                 |
| 4     | Nanotechnology Risk Assessment Model- ISPEL  | CB              |
| 5     | Early warning signs  |                 |
| 6     | Genaidy method   |                 |
| 7     | Groso method   | CB              |
| 8     | Guidance working safely with nanomaterials and nanoproducts- The Guidance                                | CB              |
| 9     | Hierarchical Aggregation   |                 |
| 10    | LICARA nanoSCAN  |                 |
| 11    | Nano-Evaluris  |                 |
| 12    | NanoHAZ  |                 |
| 13    | NANoREG  |                 |
| 14    | NanoRiskCat  | CB              |
| 15    | NanoSafer  | CB              |
| 16    | Occupational Hazard Band for Nano  | CB              |
| 17    | Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials-(PM)  | CB              |
| 18    | Relative Risk Analysis   |                 |
| 19    | Risk Trigger Scores  |                 |
| 20    | Stoffenmanager Nano- STM-Nano  | CB              |
| 21    | TEARR  |                 |
| 22    | WCD model  |                 |
| 23    | ISO/TR 131121, Nanotechnologies-Nanomaterials Risk evaluation  |                 |
| 24    | Work health and Safety assessment tool for handling engineered nanomaterials                             | CB              |
| 25    | Risk identification framework  |                 |
| 26    | ASTM E2535-07 Standart Guide for Handling Unbound Engineered Nanoscale Particles in Occupational Setting |                 |
| 27    | Risk Based Classification System of nanomaterials  |                 |
| 28    | Management of nanomaterials safety in research environment –EPFL   | CB              |
| 29    | Assured Nano   |                 |
| 30    | Safe Handling and use of carbon nanotubes  |                 |
| 31    | General Risk Management Systems- Chemical Control Kit (CCK)  |                 |
| 32    | Nanosafety Guidelines- TU-Delft guidelines   |                 |

CB: Kontrol bandı yöntemi baz alınan metotlar

mesine benzer olarak şiddet ve ihtimal olarak ta isimlendirilebilir). En yaygın kullanılan bant methodu ise UK Sağlık ve Güvenlik idaresi tarafından geliştirilen The Control of Substances Hazardous to Health Essentials(COSHH)'tır [20].

Birçok kontrol bandı kalitatif (nitel) risk değerlendirmesi (risk tehlike/şiddet ve maruziyet/ihtimal) üzerine baz alınmıştır ve bilimsel belirsizlik nedeniyle kantitatif olmasına gerek bulunmamaktadır. Web ortamında tehlikeyi ve maruziyeti farklı şekillerde ve parametrelerde ilişkilendiren kontrol bandı araçları da bulunmaktadır [8].

Risk Analizinin bir çok methodu bulunmaktadır. Nanomateriyaller için Risk Analizi yeni proseslere, üretilen ürünlere, sağlık risklerine göre yönetsel olarak gelişmeye devam etmekte, şekillenmektedir. Nanoteknoloji alanlarında en yaygın kullanılan Risk Analiz metotları Tablo 4.'te gösterilmiştir.

Kullanılan risk analizlerinde farklı şekillerde sonuçlara ulaşılmaktadır. Ancak Kontrol Bandı metotlarında sonuçlara Tehlike&/Maruziyet yada Şiddet&/İhtimal puanlamaları yapılarak tipik Risk Matrisleri ile ulaşılmaktadır. Örnek olarak Nano Safer da kullanılan bir Risk Matrisi Şekil 4.'te verilmiştir [25].

Şekil 4: NanoSafer Risk Matrisi Örneği; Maruziyet ve Toksikite (4 kontrol bantlı) [25]

| Toxicity Exposure | 0.76-1.00 | 0.51-0.75 | 0.25-0.50 | 0.00-0.25 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| >1.00             | RL5       | RL5       | RL5       | RL5       |
| 0.51-1.00         | RL5       | RL5       | RL4       | RL4       |
| 0.26-0.50         | RL5       | RL4       | RL4       | RL3       |
| 0.11-0.25         | RL4       | RL4       | RL3       | RL2       |
| < 0.11            | RL4       | RL3       | RL2       | RL1       |

8 saatlik Mesleki Maruziyet. RL1: En düşük Risk, RL5: En Yüksek Risk

Bazı Nanoyapılar için kullanılmış Risk Değerlendirme Metotları Tablo 5.'te gösterilmiştir.

**Tablo 5:** Literatürdeki Nanoteknolojik Objeler türüne göre kullanılan Bazı Risk Değerlendirme Metotları [20]

| Metod   | Değerlendirme Objesi                         |
|---|--|
| ANSES,  | Nanomateriyaller                             |
| CB Nanotool 2.0                                     | Nanopartiküler                               |
| Early warning signs                                 | Nanomateriyaller                             |
| Genaidy method                                      | Karbon nanofiber üretimi                     |
| Groso method  | Nanolabaratuarlar                            |
| The Guidance  | Nanomateriyaller ve Nanoürünler              |
| Hierarchical Aggregation                            | Nanomateriyaller                             |
| LICARA nanoSCAN                                     | Nanoürünler                                  |
| Nano-Evaluris                                       | Nanotozlar                                   |
| NanoHAZ   | Nanomateriyaller                             |
| NANoREG   | Nanomateriyaller                             |
| NanoRiskCat   | Nanoürünler                                  |
| NanoSafer   | Nanomateriyaller                             |
| Occupational Hazard Band for Nano                   | Uçucu Partiküller                            |
| Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials-PM | Nanopartiküler ve Nanorodlar                 |
| Relative Risk Analysis                              | Nanomateriyal üretim prosesi                 |
| Risk Trigger Scores                                 | Nanoürünler                                  |
| Stoffenmanager Nano- STM-Nano                       | Nanopartiküler                               |
| TEARR   | Nanomateriyaller (içeren herhangi bir madde) |
| WCD model   | Nanomateriyaller ve Kimyasallar              |

Yapılmış çalışmalarda farklı Kontrol Bandı metotları ile ilgili literatürde yapılan karşılaştırmalar Tablo 6. ve Tablo 7.'te gösterilmiştir.

### E. Risk Kontrol Önlemleri

Sağlık etkileri ve maruziyet limitleri ile ilgili nanomateriyaller üzerinde yapılan çalışmalar devam etmektedir. Bu nedenle risk kontrol hiyerarşisindeki basamaklarının kombinasyonu ile iş sağlığı ve güvenliği açısından çalışanlara korunma sağlanmalıdır.

Mevcut tehlikeler elimine edilemiyorsa yada daha az tehlikeli bir materyal ile değiştirilemiyorsa (MNM'lerin spesifik özellikleri için oldukça zor) uygun mühendislik

kontrolleri uygulanmalıdır. Proses esnasında bazı MNM'ler agglomeralar oluşturabilmekte ve çalışma ortamından ayrılması güçleşmektedir. Bu durumlarda materyal örnekleme, ekipman temizliği ve bakımı esnasında koruyucu önlemler alınmalıdır. Havalandırmasız bir ortamda işlemin kapalı hale getirilmesi MNM'lerin penetrasyon özelliği nedeniyle emisyonunu kontrol etmede yeterli olmayabilir [23].

Yüksek etkiye sahip partikül hava filtreleri (en az 0-3 mikrometre çapında mono-dağılmış partiküllerin % 99.97'sini tutabilen HEPA filtreleri) ile havalandırması sağlanan kapalı alanlarda (havasız ortam kabini, laboratuvar, proses odası) çalışılmalıdır. Proses tam kapalı ortamda yapılamıyorsa üretim esnasında kirliliğin salınımını yakalayabilecek lokal emmeli havalandırma sağlanmalıdır. Hijyen

Tablo 6: Farklı kontrol bantlarının karakterizasyonları ve karşılaştırmaları [8]

| Kontrol Bandı Methodu<br>Kısa Adı          | TEHLİKE BANDI  |      |                | MARUZİYET BANDI                |              |                                       |          |                     |                       |               | MATRİKS                  |               |
|--|----------------|------|----------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------------|----------|---------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|---------------|
|  | Ayırma Sistemi |      |                | Etkinlik Kaynağı/Aktivite Türü |              |                                       |          |                     |                       |               | Bant / Seviye<br>Miktarı |               |
|  | İkili          | Puan | N: Bant Sayısı | Sentez                         | Tozla İlgisi | Kullanıma Hazır<br>Ürünlere Uygulanım | Abrasyon | Emisyon Potansiyeli | Maruziyet Potansiyeli | N:Bant Sayısı | Kontrol Bandı            | Risk Seviyesi |
| Precautionary Matrix                       | -              | +    | 1              | (+)                            | (+)          | (+)                                   | (+)      | +                   | -                     | 1             | 2                        | -             |
| CB Nanotool                                | -              | +    | 4              | +                              | +            | -                                     | -        | +                   | -                     | 4             | 4                        | -             |
| ANSES[ISO-(proactive)]                     | +              |      | 5              | (+)                            | +            | +                                     | +        | +                   | -                     | 4             | 5                        | -             |
| Stoffenmanager Nano<br>[ISO-(retroactive)] | +              | -    | 5              | +                              | +            | +                                     | +        | -                   | +                     | 4             | -                        | 3             |
| NanoSafer                                  | +              | +    | 4              | -                              | +            | -                                     | -        | -                   | +                     | 5             |                          | 5             |
| Guidance                                   | +              | -    | 3              | +                              | +            | +                                     | +        | +                   | -                     | 3             | 3                        | -             |
| NanoRiskChat                               | +              | -    | 3              |                                |              | +                                     | +        |                     |                       | 3             | -                        | -             |

(Precautionary Matrix'in ayrı bir tehlike ve maruziyet bandı yoktur.)  
+ kullanılan, - kullanılmayan, (+) açıkça belirtilmeden (dolaylı)

uygulamalarını (El yıkama bölgeleri gibi) teşvik eden eğitimler verilmelidir. Duş ve kıyafet değişim alanları gibi Nm'lerin taşıyıcılığını önleyecek tesisler belirlenmelidir. Nm döküntüler için tam bir yönetmelik mevcut değildir ancak eczacılık ve ilaç endüstrisinde kullanılan uygulamalar Nm'lere uygulanabilir. Çalışan maruziyetini en aza indirecek dekontaminasyon alanları ve Nm döküntülerin temizlenmesi için prosedürler belirlenmelidir. Örneğin;

- Herbir vardiyada en az bir kez temizlik yapılması sağlanmalı, kuru süpürme (silme) yasaklanmalı, HEPA filtreli vakum temizleyiciler ve ıslak silme türü kullanılmalıdır [28].
- Temizleme işleminin çalışana teması önlenmelidir.
- Nm'ler ile işlem yapılan yerlerde yiyecek, içecek tüketimi ve saklanması önlenmelidir [23].

Kimyasallar için kullanılan MSDS formları ise tüm

nanomateryaller ve nanomateryal içeren karışımlar için hazırlanmalı ve boyut, boyut dağılımı, agregasyon, aglomerasyon hali, morfoloji, kristal yapı, yüzey alanı, tozluçluk ve dağılım gibi kritik fiziko-kimyasal karakteristikleri içeren önleyici bir yaklaşım içermelidir. NOISH 2007 ile 2011 yılları arasında hazırlanmış elli adet MSDS formlarının içeriklerini değerlendirmiş ve yetersiz olduklarını belirtmiştir [29]. Solunum ve deri maruziyeti en başta gelen maruziyet olduğundan, uygun eldivenler, koruyucu elbise ve respiratörler personele sağlanmalıdır.

Nanomateryale maruz kalan çalışan, tıbbi taramadan geçirilmeli ve izlenmelidir. OSHA standartlarına (Cadmium, Solunum Koruma, vb) göre tıbbi izleme gereksinimleri gözden geçirilmelidir [28]. OSHA'nın nanoteknolojik güvenlik ve sağlık konuları sayfası bazı OSHA standartlarının nanomateryallere maruz kalan işçilere uygulanabileceğinin altını çizmektedir. Occupational Safety and

Tablo 7: Farklı Kontrol Bandı methodlarının dikkate aldığı nano-karakteristik özellikler [26, 27]

| TEHLİKE (YADA ŞİDDET) BANDI FAKTÖRLERİ |       |             |      |          |        |    |          |
|--|-------|-------------|------|----------|--------|----|----------|
| Tehlike Faktörü                        | ANSES | CB Nanotool | EPFL | Guidance | ISPESL | PM | STM-Nano |
| Toxicity (Nano yada Büyük halde)       | ✓     | ✓           |      | ✓        | ✓      |    | ✓        |
| Çözünürlük                             | ✓     | ✓           |      | ✓        |        | ✓  | ✓        |
| Fiber form (Partikül şekli)            |       | ✓           | ✓    | ✓        |        |    | ✓        |
| Reaktivite                             | ✓     | ✓           |      |          |        | ✓  |          |
| Boyut                                  |       | ✓           |      |          | ✓      |    | ✓        |
| Yanma yada patlama                     |       | ✓           |      |          | ✓      |    |          |
| MARUZİYET (YADA İHTİMAL) BANDI         |       |             |      |          |        |    |          |
| Miktar                                 |       | ✓           | ✓    |          |        | ✓  | ✓        |
| Süre/Sıklık faktörü                    |       | ✓           |      |          | ✓      | ✓  | ✓        |
| Materyal hali (katı, sıvı vb)          | ✓     |             | ✓    |          |        |    | ✓        |
| Nanoobjelerin ortama salınımı (Toz vb) | ✓     | ✓           |      | ✓        |        | ✓  | ✓        |
| Agregasyon/Aglomerasyon                |       |             | ✓    |          | ✓      |    |          |
| Matriks içine katıştırılmış            |       |             |      | ✓        |        | ✓  | ✓        |
| Çalışan miktarı                        |       | ✓           |      |          | ✓      |    |          |
| Risk Kontrol/Organizasyon              |       |             |      |          | ✓      |    | ✓        |
| Kapsama (Containment)                  |       |             | ✓    | ✓        |        |    |          |
| Prosesin/İşin Türü                     | ✓     |             | ✓    |          |        |    | ✓        |

Health Act'ın 5(a)(1) bölümünde genel görev maddesi (The General Duty Clause)'de aynı zamanda çalışanların nanomateryallere maruz kaldığı durumlarda uygulanabilir [28].

## V. SONUÇ

Nanomateryallere iş sağlığı açısından maruziyet yeni bir durum olmakla beraber İSG açısından öneminin giderek artacağı değerlendirilmektedir. Nanoteknolojik prosesler nedeniyle ortaya çıkan nanopartiküller ve nanomateryallerin iş sağlığı ve güvenliği açısından hali hazırdaki veri ve bilgi eksikliğinden dolayı geri dönülmez sonuçlar doğurması için ihtiyatlı ve tedbirli olunması gerekmektedir.

Nanomateryallere maruz kalan çalışanlar için ciddi sayılabilecek sağlık riskleri bulunmaktadır. Bilimsel çalışmalar göstermektedir ki nanopartiküller aynı kompozisyondaki ve daha büyük partiküller'den biyolojik olarak daha reaktifler ve bu nedenle özellikle solunumla maruziyet büyük bir sağlık riski oluşturmaktadır. Benzer kimyasal kompozisyonda ve daha büyük boyuttaki partiküller için mesleki maruziyet limitleri (OSHA Permissible Exposure Limits, NOISH recommended Exposure Limits, ACGIH Threshold Limit Values) olmasına rağmen MNm'leri için mevzuatla bir kurallar bütünlüğü içerisinde spesifik maruziyet limitleri tam anlamıyla belirlenmemiştir.

Bu bağlamda mevcut yapılmış ve gelecekte yapılacak epidemiyolojik çalışmalar, vivo/vitro ve toksikolojik çalış-

malar, maruz kalan bireylerin sağlığı ve oluşabilecek meslek hastalıkları açısından ışık tutacaktır. Ultra-ince partiküllerin (örneğin asbestoz) insan sağlığına verdiği zararlar yıllar sonra anlaşılmış ancak bu noktadan itibaren verdiği zararlar geri çevrilememiştir. Ultra-ince partiküllerin boyut açısından ve verebileceği zararlar açısından İş Sağlığı ve Güvenliğinde edindiği aşamalara ele alındığında MNm'ler için çalışanları ve maruziyet gruplarını korumak için tutarlı bir risk yönetimi gerekmektedir ve mevcut kimyasallar için uygulanan klasik risk yönetimi metotları yeterli sayılsa bile henüz tam kapsamlı bir metot bulunmadığı da dikkate alınmalıdır.

Nanomateryaller için başlangıçtan son ürüne ve tüketiciye ulaşana kadar tüm üretim döngüsü içerisinde iş sağlığı ve güvenliği açısından kurallar ve standartlar bütünlüğüne ihtiyaç bulunmaktadır. İş Sağlığı ve Güvenliği kültüründe Nanoteknoloji kendine sürekli yeni yerler edinecek ve yeni gelişmeler olacaktır. Ülkemizde İş sağlığı ve Güvenliği sistemi tam anlamıyla oturmamış ve kendi yerini bulma süreci gerek kanun ve yönetmelikler düzeyinde, gerekse de kültür edinme seviyesinde devam etmektedir. Gelişimi dünya çapında devam eden Nanoteknolojik İş Sağlığı ve Güvenliği ülkemiz içinde oldukça yeni bir çalışma alanıdır. Bu nedenle bu alanda çalışan işletme ve kuruluşlar tarafından nanoteknolojik uygulamalar, araştırmalar, risk yönetim metotları ve risk analiz metotları güncel bir şekilde takip edilmeli, teknolojik gelişmeler için gerekli İş Sağlığı ve Güvenliği yapılanmaları tasarlanmalı, çalışanlarda ve işverenlerde gerekli bilinci oluşturmak için kurumsal olarak sistematik bir anlayış kazanılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Yokel, R. A., & MacPhail, R. C. (2011). Engineered nanomaterials: exposures, hazards, and risk prevention. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 6:7
- [2] National Nanotechnology Initiative. (2011). Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee of Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. p.3 [https://www.nano.gov/sites/default/files/pub\_resource/2011\_strategic\_plan.pdf]
- [3] Jahnel, J., Fleischer, T., & Seitz, S. B. (2013). Risk assessment of nanomaterials and nanoproducs—adaptation of traditional approaches. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 429, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.Organic Consumers Association: Groups demand EPA stop sale of 200+ potentially dangerous nano-silver products.1195. [http://www.organicconsumers.org/articles/article\_11955.cfm]
- [4] Group files legalaction for EPA to stop sale of 200 +Nanosilver products, assessment, N. H. nano. 2008 p.6 [https://www.nanowerk.com/nanorisk/pdf/nanoRISK\_vol3\_iss3.pdf]
- [5] Kagan, V. E., Shi, J., Feng, W., Shvedova, A. A., & Fadeel, B. (2010). Fantastic voyage and opportunities of engineered nanomaterials: What are the potential risks of occupational exposures? *Journal of occupational and environmental medicine*, 52(9), 943-946.
- [6] OECD. List of manufactured nanomaterials and list of endpoints for phase one of the OECD testing programme. OECD Environment, Health and Safety Publications Series on the safety of manufactured nanomaterials No 6. Document ENV/JM/MONO (2008)13. Organization for Economic Coordination and Development. Paris, France; 2008a
- [7] SCoEaNIHR, E. S. (2009). Risk Assessment of Products of Nanotechnologies. *European Commission, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENHR): Brussels, Belgium*. [http://ec.europa.eu/health/ph\_risk/committees/04\_scenih/ docs/scenih\_r\_o\_023.pdf]
- [8] Hansen, S. F., Howard, C. V., Martuzzi, M., & Depledge, M. (2013). Nanotechnology and human health: Scientific evidence and risk governance: Report of the WHO expert meeting 10–11 December 2012, Bonn, Germany. [http://www.euro.who.int/\_\_data/assets/pdf\_file/0018/233154/e96927.pdf?ua=1]
- [9] Tsuji, J. S., Maynard, A. D., Howard, P. C., James, J. T., Lam, C. W., Warheit, D. B., & Santamaria, A. B. (2005). Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part IV: risk assessment of nanoparticles. *Toxicological sciences*, 89(1), 42-50.
- [10] Development of a web based REACH Toolkit to support the chemical safety assessment of nanomate-

- rials, Guidance on available methods for risk assessment of nanomaterials, Technical Guidances series - 2015
- [11] Zuin, S., Micheletti, C., Critto, A., Pojana, G., Johnston, H., Stone, V., ... & Marcomini, A. (2011). Weight of evidence approach for the relative hazard ranking of nanomaterials. *Nanotoxicology*, 5(3), 445-458.
- [12] Olson, M. S., & Gurian, P. L. (2012). Risk assessment strategies as nanomaterials transition into commercial applications. *Journal of Nanoparticle Research*, 14(4), 786.
- [13] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. (2012). Opinion on the Memorandum on the use of the scientific literature for human health risk assessment purposes – weighing of evidence and expression of uncertainty.
- [14] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. (2007). Opinion on the appropriateness of the Risk Assessment Methodology in accordance with the technical guidance documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials. [[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scenihp/docs/scenihp\\_o\\_010.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihp/docs/scenihp_o_010.pdf)]
- [15] EFSA Scientific Committee. (2011). Guidance on the risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain. *EFSA Journal*, 9(5), 2140.
- [16] Grieger, K. D., Laurent, A., Miseljic, M., Christensen, F., Baun, A., & Olsen, S. I. (2012). Analysis of current research addressing complementary use of life-cycle assessment and risk assessment for engineered nanomaterials: Have lessons been learned from previous experience with chemicals? *Journal of Nanoparticle Research*, 14(7), 958.
- [17] Tervonen, T., Linkov, I., Figueira, J. R., Steevens, J., Chappell, M., & Merad, M. (2009). Risk-based classification system of nanomaterials. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(4), 757-766.
- [18] Warheit, D. B., Webb, T. R., & Reed, K. L. (2003, March). Pulmonary toxicity studies with TiO<sub>2</sub> particles containing various commercial coatings. *Toxicologist*. Volume 72, Issue 1, Pages 298A
- [19] Unit, R. A. (2004). Nanotechnologies: a preliminary risk analysis on the basis of a Workshop Organized in Brussels on 1-2 March 2004 by the Health and Consumer Protection Directorate General of the European Commission. [[http://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/documents/ev\\_20040301\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/ev_20040301_en.pdf)]
- [20] Arvidsson, R., Furberg, A., & Molander, S. (2016). *Review of Screening Risk Assessment Methods for Nanomaterials*. Chalmers University of Technology.
- [21] Geraci, C. L., Lentz, T., & Niemeier, R. (2009). Qualitative risk characterization and management of occupational hazards: control banding (CB); a literature review and critical analysis.
- [22] Burgman, M. (2005). *Risks and decisions for conservation and environmental management*. Cambridge University Press.
- [23] Exposure to Engineered Nanomaterials and Occupational Health and Safety Effects, October 2011 INAIL, Department of Occupational Medicine
- [24] Vervoort, M. B. H. J. (2012). *Risk assessment of occupational used nanomaterials: A comparison of risk assessment methods in order to determine the risk of occupational used nanomaterials in a research environment* (Doctoral dissertation, 8 esis. Netherland School of Public and Occupational Health).
- [25] Jensen, K. A., Saber, A. T., Kristensen, H. V., Liguori, B., Jensen, A. Ø., Koponen, I. K., & Wallin, H. (2014). NanoSafer vs. 1.1 Nanomaterial risk assessment using first order modeling. In *Topical Scientific Workshop on Regulatory Challenges in Risk Assessment of Nanomaterials*.
- [26] Fleury, D., Fayet, G., Vignes, A., Henry, F., & Frejafon, E. (2013, May). Nanomaterials risk assessment in the process industries: evaluation and application of current control banding methods. In *14. International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry* (Vol. 31, pp. 949-954). AIDIC. Milano.
- [27] Silva, F., Sousa, S. P. B., Arezes, P., Swuste, P., Ribeiro, M. C. S., & Baptista, J. S. (2015). Qualitative risk assessment during polymer mortar test specimens preparation-methods comparison. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 617, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- [28] Occupational Safety and Health Administration. (2013). OSHA Fact Sheet: Working Safely with Nanomaterials. *Occupational Safety and Health Administration*. [[https://www.osha.gov/Publications/OSHA\\_FS-3634.pdf](https://www.osha.gov/Publications/OSHA_FS-3634.pdf)]
- [29] Eastlake, A., Hodson, L., Geraci, C., & Crawford, C. (2012). A critical evaluation of material safety data sheets (MSDSs) for engineered nanomaterials. *Journal of Chemical Health and Safety*, 19(5), 1-8.