



Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi

2022

2

Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety

Cilt/Volume 6 . Sayı/Number 2 . Ağustos/August 2022

e-ISSN: 2636-7602



Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi / Zonguldak Bülent Ecevit University

KARAEMLAS İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ DERGİSİ
KARAEMLAS JOURNAL OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

Sahibi / Owner

(Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Adına / On Behalf of Zonguldak Bülent Ecevit University)
İsmail Hakkı ÖZÖLÇER - Rektör /Rector

Editör / Editor

Ahmet Ferda ÇAKMAK

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / General Publication Manager

İbrahim Müjdat BAŞARAN

Yayın Kurulu / Editorial Board:

Ajita RATTANI	<i>Wichita State University</i>	Hakan BAYDUR	<i>Celâl Bayar Üniversitesi</i>
Alaaddin ÇAKIR	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	İbrahim Müjdat BAŞARAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Amani WAHEED	<i>Suez Canal University</i>	Mustafa KÜÇÜKİSLAMOĞLU	<i>Sakarya Üniversitesi</i>
Andisheh BAKHSHI	<i>University of the West of Scotland</i>	Nadi BAKIRCI	<i>Acıbadem Mehmet Ali Aydınlar Üniversitesi</i>
Ayşe Semra DEMİR AKCA	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Nejat DEMİRCAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Bülent MERTOĞLU	<i>Marmara Üniversitesi</i>	Nurka PRANJIC	<i>University of Tuzla</i>
Ceyda ŞAHAN	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>	Osman Alparslan ERGÖR	<i>Dokuz Eylül Üniversitesi</i>
Çiğdem ÇAĞLAYAN	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>	Öznur YAVAN	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Emin KAHYA	<i>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi</i>	Rıdvan BALDIK	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Esra EMERCE	<i>Gazi Üniversitesi</i>	Sait Muharrem SAY	<i>Çukurova Üniversitesi</i>
Evangelia NENA	<i>Democritus University of Thrace</i>	Sefa KOCABAŞ	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
F. Ebru OFLUOĞLU DEMİR	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Sevim ÇELİK	<i>Bartın Üniversitesi</i>
Gökhan OFLUOĞLU	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Sibel KIRAN	<i>Hacettepe Üniversitesi</i>
Güldeniz KARADENİZ ÇAKMAK	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>	Tülay ÇİVİCİ	<i>Balıkesir Üniversitesi</i>

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. Yılda üç kez yayınlanır (Nisan, Ağustos, Aralık). Makalelerin benzerlik oranları işleme alınmaktadır. Derginin tüm hakları saklıdır, dergi adı belirtilmeden alıntı yapılamaz. Makale gönderimi ve yazım kurallarına <http://dergipark.org.tr/kisgd> adresinden ulaşılabilmektedir.

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. Published three times per year (April, August, December). The similarity rates of the articles are processed. 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.org.tr/kisgd>

Dergi Yazışma Adresi / Correspondance Address

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Farabi Kampüsü, Sosyal Bilimler Enstitüsü,
Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi Editörlüğü 67100 ZONGULDAK

Tel: 0372 291 1642

Eposta / Email: kisgd@beun.edu.tr

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



Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

**Karaelmas İş Sağlığı ve
Güvenliği Dergisi**

**Karaelmas Journal of
Occupational Health and Safety**

Cilt/Volume 6 . Sayı/Number 2 . Ağustos/August 2022

e-ISSN: 2636-7602



<https://dergipark.org.tr/kisgd>



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ÖZGÜN ARAŞTIRMALAR / ORIGINAL RESEARCHS

Sayfa

- **Occupational Accidents during the Pandemic Process**
Pandemi Sürecinde İş Kazaları
Mehtap SOLMAZ, Tuğba SOLMAZ _____ 67-75
- **Kömür Madenlerinde Alınan İş Güvenliği Önlemlerinin Değerlendirilmesi**
Evaluation of Received Occupational Safety Measures in Coal Mines
Oğuz Alp DİZLEK, Zehra YILDIZ _____ 77-86
- **Relationship between Working Posture and Work Injuries in a Clothing Factory Workers in Edirne**
İlker Murat AVCIBAŞI, İlknur DİNDAR _____ 87-96

DERLEMELER / REVIEWS

- **İndigo Boya Tozunun Denim Fabrikası Çalışan Sağlığı Üzerindeki Etkisi**
Effect of Indigo Dye Powder on Employee Health of Denim Factory
Hüseyin BENLİ _____ 97-105
- **Teknoloji, Şantiyelerde İş Sağlığı ve Güvenliğinin Kaderini Değiştirebilecek mi? Literatür ve Endüstriyel Uygulamalar Üzerinden Bir İnceleme**
Can Technology Change the Destiny of Occupational Health and Safety on Construction Sites? A Review on Literature and Industrial Applications
Mustafa YILMAZ, Serkan YILDIZ _____ 107-130



Occupational Accidents during the Pandemic Process

Pandemi Sürecinde İş Kazaları

Mehtap SOLMAZ , Tuğba SOLMAZ 

ABSTRACT

Purpose of the study; The aim of this study is to investigate the effect of the pandemic process on occupational accidents that health personnel working in a state hospital are exposed to. During the pandemic process, 70 occupational accidents reported to the Provincial Directorate of Social Security regarding occupational accidents experienced by healthcare workers in a state hospital were examined retrospectively. In our study; It was determined that health personnel were exposed to cutting and knife injuries at a rate of 80%, contact with blood and body fluids at a rate of 2.85%, and musculoskeletal injuries at a rate of 14.28% during the pandemic process. It was determined that 24.28% of the health personnel who reported due to occupational accident had an occupational accident in the pandemic service and 12.86% in the vaccination polyclinics. It was determined that health workers were exposed to work accidents at a higher rate due to the increased workload and psychosocial risks with the pandemic process. In order to prevent occupational accidents and injuries, it is necessary to record which situations cause injury, to determine and plan preventive interventions.

Keywords: Covid 19, Pandemic, Occupational Accident, Healthcare Worker.

ÖZET

Çalışmanın amacı; bir devlet hastanesinde çalışan sağlık personelinin maruz kaldığı iş kazalarına pandemi sürecinin etkisinin araştırılmasıdır. Pandemi sürecinde bir devlet hastanesinde sağlık çalışanlarının maruz kaldığı iş kazalarına ilişkin Sosyal Güvenlik İl Müdürlüğü'ne bildirilen 70 iş kazası geriye dönük olarak incelendi. Çalışmamızda; Sağlık personelinin pandemi sürecinde %80 oranında kesici alet ve bıçak yaralanmasına, %2,85 oranında kan ve vücut sıvıları ile temasa, %14,28 oranında kas-iskelet yaralanmalarına maruz kaldığı tespit edildi. İş kazası nedeniyle bildirimde bulunan sağlık personelinin %24,28'inin pandemi servisinde, aşı polikliniklerinde ise %12,86'sının iş kazası geçirdiği belirlendi. Pandemi süreciyle birlikte artan iş yükü ve psikososyal risklerin etkisiyle sağlık çalışanlarının daha yüksek oranda iş kazasına maruz kaldıkları belirlendi. İş kazalarını ve yaralanmaları önlemek için hangi durumların yaralanmaya neden olduğunu kayıt altına almak, önleyici müdahaleleri belirlemek ve planlamak gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Covid 19, Pandemi, İş Kazası, Sağlık Çalışanı.

Mehtap SOLMAZ | mehtap.solmaz@outlook.com
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tokat, Türkiye
Tokat Gaziosmanpaşa University, Tokat Vocational School of Health Services, Tokat, Turkey

Tuğba SOLMAZ | tugbasolmaz.gou@gmail.com
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Tokat, Türkiye
Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Health Sciences, Tokat, Turkey

Received/Geliş Tarihi : 13.01.2022
Accepted/Kabul Tarihi: 04.06.2022

I. INTRODUCTION

Covid-19, or coronavirus disease, is a contagious respiratory disease that affects humans. The disease, which was first discovered in Wuhan city of China's Hubei province in 2019, began to spread worldwide over time, and the World Health Organization declared the coronavirus a pandemic [1,2].

The Covid-19 pandemic process has caused extraordinary conditions in our country as well as all over the world, affecting millions of employees, and experiencing conditions that have not been encountered before in many respects such as new types of work, occupational health and safety. With the epidemic, the economy, production, labor market, social life, law and health areas were adversely affected in society. Health workers, who take an active role in the diagnosis, treatment and monitoring stages of the disease in hospitals, which is one of these working environments, faced the risk of exposure to high viral load and infection due to close contact with infected people. Four exposure levels have been defined according to the risk of exposure of employees to the virus, and according to this classification, healthcare workers are considered the highest risk occupational group for exposure to Covid-19 (SARS-CoV-2) [3-5]. At the same time, they are an important source of transmission of the disease to colleagues, patients, friends and families [6,7]. Due to the coronavirus disease, the increase in the number of patients and working hours in hospitals increases the workload of healthcare professionals. Situations such as increased workload, fatigue, danger, process uncertainty, and stress caused by the fear that they and their families will become infected increase the likelihood of unexpected negative consequences arising from the work of employees [7-11].

Healthcare workers, but also are usually exposed to

traumatic events and often witness the death of patients. During the Covid-19 epidemic, there has been intense and long-lasting exposure to these factors, leading both health and emergency workers to develop the risk of post-traumatic stress disorder (PTSD) or secondary trauma. Research has shown that healthcare workers can develop post-traumatic stress disorder following events such as SARS and MERS outbreaks [12]. Therefore, consistent with Dutheil et al. [13], the ongoing pandemic of Covid-19 is highly likely to also promote stress disorders in HCWs, potentially degenerating into chronic PTSD, as has already occurred in past outbreaks.

Lack of motivation, stress, etc. psychosocial risk factors such as occupational accidents are effective in the occurrence of work accidents, and it is reported that individuals have more work accidents in the presence of all these qualities [14,15].

Occupational accidents that occur in healthcare facilities can harm the health and safety of employees or patients. Injuries caused by sharps, contamination with blood-body fluids, lifting patients and objects, back injuries due to heavy lifting, falling, hitting, tripping, slipping, etc. Conditions such as musculoskeletal injuries, violence, allergic reaction, traffic accident, poisoning due to causes are some of the occupational accidents seen in healthcare workers [16-20].

Since the safe, high-quality effective and efficient delivery of health services depends on ensuring the health and safety of health workers, their working capacity and performance, the issue of health and safety of health care workers is one of the issues that should be given great importance.

For this reason, it is important to examine the working environment and the occupational accidents that occur in this environment. In this study, it was aimed to retrospec-

tively examine the effect of the pandemic process on occupational accidents that health personnel working in a state hospital are exposed to.

Research questions

1. Is there a relationship between the introductory characteristics of hospital personnel and occupational accidents?
2. Is there a relationship between the unit worked in the hospital and the occupational accident experienced?

II. MATERIAL AND METHOD

Descriptive work; it was conducted to analyze the cases related to occupational accidents that health workers in a state hospital were exposed to cross-sectionally between 01.03.2020 and 31.04.2020. Seventy occupational accidents reported to the Social Security Provincial Directorate were included in the study. Data; was obtained by retrospectively scanning the Hospital Management Information System and the occupational accident notification forms used in the institution Hospital staff at the evaluation stage; are grouped as doctors, nurses, midwives, cleaning personnel, health officers, servants, emergency medical technicians, laboratory technicians, and computer operators. The records of occupational accidents (such as slip-fall, sharp-stab injuries, contact with damaged-integrated skin, and splashing on the mucosa) of health personnel were analyzed retrospectively. Gender, marital status, occupational groups, working year, education level, place of injury, the event that caused the injury, the device that caused the injury, and all of the occupational accident records that occurred in the previous two years were evaluated. The data obtained were calculated with the IBM Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 23.0 (Chicago, usa, V23) package program. Number and percentage val-

ues were used in the evaluation of the data.

III. RESULTS

In the study, health workers were exposed to 70 occupational accidents during the pandemic process (March 2020-April 2021).

When the sociodemographic characteristics of the health workers who make up the research group are examined; It was determined that 71.42% were women, 61.42% were married, and 47.14% had a working period of five years or less (Table 1).

It was determined that 58.57% of the health workers who had an occupational accident were associate degree and undergraduate graduates and 47.14% worked as nurses.

In our study; Occupational accidents that health personnel is exposed to during the pandemic process, 80% sharp-stab injuries, 2.85% contact with blood and body fluids, 14.28% musculoskeletal injuries, 1.42% exposure to chemicals, It was found that they were exposed to other accidents (electric shock, etc.) at a rate of 1.5.

Of the health personnel who reported due to occupational accidents, 24.28% were in the pandemic service, 18.58% in the intensive care unit, 14.28% in the emergency service, 15.72% in the mixed services, 12.86% in the vaccination polyclinics, 4.28% It was determined that he had an occupational accident in the hospital gardens and corridors with the rate of

When the device causing the injury is evaluated, the most common tool is the syringe needle (44.28%), followed by injuries with the lancet (15.71%).

When the number of work accidents during the pandemic period is compared with the same periods compared

to previous years, 2018-2019; Between the years 2019-2020 and 2020-2021, 45, 50 and 70 work accidents occurred, respectively, and it was determined that most work accidents occurred during the pandemic period.

Table 1: Socio-demographic characteristics of occupational accidents and their distribution according to the application period (n: 70)

Characteristic	n	%
Gender		
Women	50	71.42
Male	20	28.58
Marital status		
Married	43	61.42
Single	27	38.58
Title		
Doctor	1	1.43
Nurse	33	47.14
Midwife	7	10
Cleaning Staff	21	30
Health officer	2	2.86
Employee	1	1.43
Emergency Medical Technician	1	1.43
Laboratory Technician	1	1.43
Clinical support	2	2.86
Computer Operator	1	1.43
Educational Status		
Elementary	13	18.57
High School	16	22.86
Associate Degree	6	8.57
Undergraduate	35	50
Professional Year		
0-5 years	33	47.14
6-10 years	10	14.28
11-20 years	15	21.43
> 20 years	12	17.15
Work Place		
Inpatient Service	11	15.72
Intensive Care	13	18.58
Emergency Service	10	14.28
Pandemic Service	17	24.28
Vaccination Clinic	9	12.86
Hospital Garden	3	4.28
Hallway	3	4.28
Other *	4	5.72

* Polyclinic, workshop, laboratory, laundry

Healthcare workers face many dangers and risks arising from the nature of their work. Changing hospital and

working conditions during the pandemic period, the increase in the demands of patients from hospitals, the increasing workload and the fear of contracting the disease cause stress on healthcare workers. In addition to causing some physical and psychological problems on body systems, stress can also cause negative effects such as decreased productivity of employees, decreased quality of work and increased occupational accidents [21].

Sharp injuries occur frequently among healthcare workers, and nurses experience more injuries than other workers [22-25].

In our study, occupational accidents were found at a higher rate in female health workers (71.42%) than in male health workers (28.58%). We think that the rate of female employees is high because nurses are the occupational group most interested in bloodletting and patient care in hospitals and the majority of nurses in our country are women.

In the study of Erol et al., it was found that most of the health workers came into contact with blood and body fluids, the majority of those who came into contact were nurses, and the most common form of contact was with sharps [26].

In our study, the reasons why the health workers who had the most occupational accidents were nurses; We think that the number of patients per person is high, they do their jobs in a hurry, they do business with the stress of covid 19 contamination both for themselves and for those around them due to the pandemic.

In the study of Diktaş et al., in which occupational accidents experienced by healthcare workers during the pandemic period were examined, the rate of occupational accidents in nurses was found to be high, similar to our study [27]. Performing more interventional procedures

such as blood tests during the pandemic period may explain that this risk is higher in the nurse group.

Despite regular training and precautions, needle sticking is still in the first place in the literature as an injury tool [28,29]. In our study, it was found that the most frequent contact with blood and body fluids was as a result of sharp-penetrating injuries, in line with the literature. According to the literature, 32% of injuries occur with disposable syringe needles, 19% with suture needles, and 12% with winged steel needles [30].

In the Davas study, 26.5% reported exposure to sharps injuries in the last year, while this rate was determined as 80% in our study [31]. In a study conducted in Korea, the rate of injury with a sharp object within 1 year was reported as 79.7% [32]. The data of our study is compatible with the literature.

In this study, it was found that employees were frequently injured by injector needles. In the study of Getahun et al., injector needles were found to be responsible for the highest rate (47.2%) of stab wounds [33]. On the other hand, Gholami et al. found that syringe needles reported the highest frequency of injuries [34]. We think that the reasons for the high rate are the widespread use of needles in all areas of health services, the increase in the workload due to the pandemic, and the inclusion of both employees and the public in the vaccination process.

Studies on the causes of work accidents have revealed different results about the relationship between work experience and work accident. Most of the studies have revealed that the frequency of occupational accidents is higher among inexperienced workers than among experienced workers [35]. In other words, as work experience increases, exposure to work accidents decreases. In our study, those who were most exposed to occupational accidents were

those with 0-5 years of professional experience (47.14%). Professional inexperience is accepted as a factor that causes accidents. The accident rate is higher in inexperienced employees who have just started a job, and as the seniority and accordingly the experience increase, the tendency and habit of the employees towards that job is higher. [36,37].

Considering the effect of marital status on the occurrence of occupational accidents; married people were more exposed to work accidents (61.42%). Although it has been stated in some studies that marriage causes a decrease in accident rates, sometimes marriage can also cause an increase in accident rates. Situations such as an unhappy marriage, a marriage that is about to end, serious health problems of one of the family members, and the anxiety of contaminating the covid 19 disease can cause people's mental and physical balance to deteriorate and their interest in work to decrease. These mental and physical imbalances have consequences such as motivation disorders and increased inattention on people. These cause an increase in occupational accidents [38].

In the study of Yaşar and Gür, which investigated the rate of occupational accidents and occupational diseases in health workers during the pandemic period, it was found that the rate of work accidents was low, unlike our study [39]. We think that the reason for this is the low number of employees who participated in the survey in their studies.

Due to the increase in the number of inpatients with the diagnosis of covid 19 in the hospital where the research was conducted, the inpatient services were transformed into a pandemic service. When an evaluation is made according to the place where the work accident occurred, it is seen that the most work accidents are in the pandemic services. Factors such as increased workload, fear of con-

tamination from patients, and fatigue have increased the rate of work accidents in these services. Given that more interventional procedures, such as blood tests, are performed, especially during the pandemic period, this may explain that this risk is higher in the pandemic services.

Moreover; in the Circular dated 7.5.2020 and numbered 2020/12 of the General Directorate of Retirement Services of the Presidency of the Social Security Institution, "Considering that the Covid-19 virus is a contagious disease, provision is required for the insured who are exposed to the epidemic and apply to health service providers. required" was stated. With this Circular, the Social Security Institution evaluated the insured people exposed to Covid-19 within the scope of "sickness insurance", not "work accident and occupational disease insurance".

Therefore, in the data studied, health workers who contracted the disease were not included in the scope of work accident.

Within the framework of the conditions written in the Law No. 5510, the Insured's contracting the Corona virus while he is at the workplace should be considered as a work accident [40].

IV. CONCLUSION

Occupational health and safety are of increasing importance in today's working life.

The main purpose of occupational health and safety, the goal of creating a safe working environment for employees, has ceased to be a matter of concern only to the working individual, but has become an issue that needs attention to ensure efficient production and service safety, and to ensure social welfare and peace. In this respect, important issues that affect the lives of societies in every aspect and transform working life in a negative way are occu-

pational accidents and occupational diseases. Societies have started to make efforts to minimize workplace accidents and occupational diseases. Because the cost that arises as a result of work accidents and occupational diseases affects and harms both the employee, the employer and society in general.

Considering the increased workload and psychosocial effects in the occurrence of occupational accidents in healthcare workers with the pandemic process, this study suggests the following:

The reasons for the high incidence of sharps and puncture injuries can be considered as the hard work of healthcare professionals, haste due to the high patient circulation, and long working hours. Also, the vaccine is an important milestone in the fight against the virus that causes Covid-19. However, the effort to vaccinate large numbers of people who need to be vaccinated in a variety of settings may increase the risk of needle sticks among vaccination site workers. In our study, a high rate of needle sticking was detected in the first months of vaccination.

Providing solutions for the biological risks that healthcare professionals face most, focusing on reducing the risk of infection and the use of safe tools;

Providing psycho-social support to health personnel

Preventing monotony and providing ergonomic measures to increase motivation

Work shift planning, especially among those working in areas such as emergency and intensive care

Reviewing the measures to prevent musculoskeletal injuries caused by slips, crashes and falls, which are the second most common cause of employees to receive resting reports.

In health institutions where Covid-19 cases are man-

aged, a risk assessment should be made or renewed, especially the biological risks to the working environment, the infection control measures are taken should be evaluated, and employee health and safety measures should be taken with a proactive approach.

AUTHOR CONTRIBUTIONS : In the scope of the study, the creation of the research idea, its design and the collection of data were done by the first author; Authors' contributions to comment and article reporting are equal.

CONFLICT OF INTEREST: Authors declare that there is no conflict of interest and that research and publication ethics are followed in the article.

FINANCIAL SUPPORT: No financial support was received from any person, institution or organization in this study.

ETHICAL APPROVAL: Approval from Tokat Gaziosmanpaşa University Social and Human Sciences Ethics Committee (Number: 12/15, Date: 08.06.2021) and written permission from the Ministry of Health and Tokat Provincial Health Directorate were obtained for the study.

REFERENCES

- [1] World Health Organization (WHO), "WHO Announces COVID-19 Outbreak A Pandemic," <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announcescovid-19-outbreak-a-pandemic>, (accessed: May 6, 2020).
- [2] World Health Organization (WHO), Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic, <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/> (accessed Apr. 13, 2022).
- [3] C. Şahan, E.A. Özgür, G. Arkan, M. E. Alagüney, and Y. Demiral, "COVID-19 Pandemisi'nde Meslek Hastalığı Tanı Kılavuzu", https://korona.hasuder.org.tr/wp-content/uploads/Mesleksel-COVID_19_Tan%C4%B1_Rehberi_2020.pdf, 2019.
- [4] E. Kol and S. Topgül, (2021). "COVID-19 pandemisinin sağlık çalışanları açısından iş kazası ve meslek hastalığı olarak değerlendirilmesi," *Journal of Enderun*, vol. 5, no. 2, pp. 165-195, 2021
- [5] M. Mutambudzi, C. Niedzwiedz, E. B. Macdonald, A. Leyland, F. Mair and J. Anderson, J. et al. "Occupation and risk of severe COVID-19: Prospective cohort study of 120 075 UK Biobank participants," *Occup. Environ. Med.*, no. 78, pp. 307-314, 2021.
- [6] A. Burdorf, F. Porru and R. Rugulies, "The COVID-19 (Coronavirus) pandemic: Consequences for occupational health," *Scand J Work Environ Health*, vol. 46, no. 3, pp. 229-230, 2021, doi: 10.5271/sjweh.3893.
- [7] E. Eren, İ. Çelik, M. Yıldız, et al., "Evaluation of health care workers with COVID-19," *Klinik Dergisi*, vol. 33, no. 3, pp. 230-234, 2020.
- [8] Ö. Ünal, "During COVID-19, "Which is more effective in work accident prevention behavior of healthcare professionals: safety awareness or fatalism perception?," *Work*, no. 67, pp. 783-790, 2020.
- [9] B. Sezgin, "Kalite belgesi alan hastanelerde çalışma ortamı ve hemşirelik uygulamalarının hasta ve hemşire güvenliği açısından değerlendirilmesi," doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [10] D. O. Souza, "Health of nursing professionals: Workload during the COVID-19 pandemic," *Rev Bras Med Trab*, vol. 18, no. 4, pp. 464-471, 2020.
- [11] E. Shoja, V. Aghamohammadi, H. Bazayr, H. R. Moghaddam, K. Nasiri, M. Dashti, A. Choupani, M. Garaee, S. Aliasgharzadeh and A. Asgari, "Covid-19 effects on the workload and mental health of Iranian healthcare workers," *BMC Public Health*, no. 20, pp. 1636-1643, 2020.
- [12] M. Vagni, T. Maiorano, V. Giostra and D. Pajardi, "Hardiness, stress and secondary trauma in Italian healthcare and emergency workers during the COVID-19 pandemic," *Sustainability*, vol. 12, no. 14:5592, 2020.
- [13] F. Dutheil, L. Mondillon and V. Navel, "PTSD as the second tsunami of the SARS-Cov-2 pandemic," *Psychol. Med.*, no. 33, pp. 1-2, 2020.
- [14] A. Uçak, "Sağlık personelinin maruz kaldığı iş kazaları ve geri bildirimlerinin değerlendirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 2009.
- [15] H. Gürbüz and H. İbrakovic, "İşletmelerde iş güvenliği, güvenlik performansı ve iş güvenliği kültürü," *Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 11, pp. 442-469, 2017.

- [16] S. Akgün, "Sağlık sektöründe iş kazaları," *Health Care Acad. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 67-75, 2015.
- [17] S. Yazar, U. Yücetaş, M. Özkan and S. Zulcan, "Sağlık çalışanlarının delici kesici aletler ile gerçekleşen yaralanma deneyimleri ve yaralanmaya yönelik alınacak tedbirler," *İstanbul Medical of Journal*, no. 17, pp. 5-8, 2017.
- [18] H. Turan and T. Togan, "Hastane Personelinde Görülen Kan ve Vücut Sıvılarıyla İlişkili Yaralanmaların Değerlendirilmesi," *KLİMİK Dergisi*, vol. 26, no. 3, pp. 98-101, 2013.
- [19] A. U. Dikmen, V. Medeni, İ. Uslu and S. Aycan, "Ankara'da bir üniversite hastanesinde çalışan sağlık personelinin geçirdiğini ifade ettiği iş kazalarının değerlendirilmesi," *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, no. 3, pp. 22-29, 2014.
- [20] L. C. Huei, L. Ya-Wen, Y. C. Ming, H. L. Chen, W. J. Yi and L. M. Hung, "Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies," *SAGE Open Medicine*, no. 8, pp. 1-12, 2020.
- [21] F. Afşar, H. Erdoğan, Ö. İbrahimoglu, B. Şaylan and Ö. Köksal, "COVID-19 sürecinde sağlık çalışanlarının iş stresi ve örgütsel destek algıları," *Gevher Nesibe Journal Of Medical & Health Sciences*, vol. 6, no. 14, pp. 89-96, 2021.
- [22] M. Altıok, F. Kuyurtar, S. Karaçorlu, G. Ersöz and S. Erdoğan, "Sağlık çalışanlarının 177 delici kesici aletlerle yaralanma deneyimleri ve yaralanmaya yönelik alınan önlemler," *Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi*, vol. 2, no. 3, pp. 70-79, 2009.
- [23] J. S. Nouetchognou, J. Ateudjieu, B. Jemea and D. Mbanya, "Accidental exposures to blood and body fluids among health care workers in a referral hospital of Cameroon," *BMC Res Notes*, no. 9, pp. 94-99, 2016.
- [24] K. H. Alfulayw, S. T. Al-Otaibi and H. A. Alqahtani, "Factors associated with needlestick injuries among healthcare workers: Implications for prevention," *BMC Health Services Research*, no. 21:1074, 2021.
- [25] O. A. Oluwatosin, M. M. Oladapo and M. C. Asuzu, "Needlestick injuries among health care workers in Ondo State Nigeria," *International Journal of Medicine and Public Health*, vol. 6, no. 1, pp. 31-34, 2016.
- [26] S. Erol, Z. Özkurt, M. Ertek, A. Kadanalı and M. Taşyaran, "Sağlık çalışanlarında kan ve vücut sıvılarıyla olan temaslar," *Hastane İnfeksiyonları Dergisi*, no. 9, pp. 101-106, 2005.
- [27] H. Diktas, A. Oncul, C. A. Tahtasakal, D. Y. Sevgi, O. Kaya, N. Cimenci, N. Uzun and İ. Dokmetas, "What were the changes during the COVID-19 pandemic era concerning occupational risks among health care workers?," *Journal of Infection and Public Health*, vol. 14, pp. 1334-1339, 2021.
- [28] S. A. Singru and A. Banerjee, "Occupational exposure to blood and body fluids among health care workers in a teaching hospital in Mumbai, India," *Indian J Community Med*, no. 33, pp. 26-30, 2008.
- [29] E. Davanzo, C. Frasson, M. Morandin and A. Trevisan, "Occupational blood and body fluid exposure of university health care workers," *Am J Infect Control*, no. 36, pp. 753-756, 2008.
- [30] D. R. Smith, P. A. Leggat, "Needlestick and sharps injuries among nursing students," *J Adv Nurs*, vol. 51, no. 5, pp. 449-455, 2005.
- [31] D. A. Aksan and F. A. Tanık, "Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde çalışan hemşirelere yönelik iş kazası kayıt sisteminin geliştirilmesi ve izlenmesi," *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, vol. 9, no. 33, pp. 32-41, 2005.
- [32] S. Wicker, A. M. Ludwig, R. Gottschalk and H. F. Rabenau, "Needlestick injuries among health care workers: Occupational hazard or avoidable hazard?," *Wien Klin Wochenschr*, vol. 120, no. 15-16, pp. 486-492, 2008.
- [33] K. Getahun, M. Mesasint and R. S. Hardeep, "Needle stick and sharp injuries among health care workers in Gondar City, Ethiopia," *Safety Science*, no. 50, pp. 1093-1097, 2010.
- [34] A. Gholami, A. Borji, P. Lotfabadi, et al. "Risk factors of needlestick and sharps injuries among healthcare workers," *Int J Hosp Res*, no. 2, pp. 31-38, 2013.
- [35] M. Z. Camkurt, "Çalışanların kişisel özelliklerinin iş kazalarının meydana gelmesi üzerindeki etkisi," *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, vol. 24/25, no. 6/1-2, pp. 70-101, 2013.
- [36] G. Cerev and S. Yıldırım, "Çalışanların kişisel özelliklerinin iş kazası ve meslek hastalıklarına etkisi üzerine bir inceleme," *Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, vol.2, no.1, pp. 53-72, 2018.
- [37] H. Alali, M. A. Wahab, T. V. Hecke and L. Braeckman, "Work accident victims:

- A comparison between non-standard and standard workers in Belgium,” *International Journal of Occupational and Environmental Health*, vol. 22, no. 2 pp. 99-106, 2016.
- [38] H. Asady, M. Yaseri, M. Hosseini, M. Zarif-Yeganeh, M. Yousefifard, M. Haghshenasahr and P. Hajizadeh-Moghadam, “Risk factors of fatal occupational accidents in Iran,” *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 30, no. 29, pp. 1-7, 2018.
- [39] Ş. Yavuz and B. Gür, “Sağlık kurumlarında çalışanların iş sağlığı ve güvenliği yönünden algı düzeylerinin incelenmesi,” *Journal of Social and Humanities Sciences Research*, vol. 8, no. 68, pp. 961-974, 2021.
- [40] S. A. Durmuş, “COVID-19’un iş kazası ve meslek hastalığı bakımından değerlendirilmesi,” *İstanbul Hukuk Mecmuası*, vol. 78, no. 2, pp. 363-393, 2020.



Kömür Madenlerinde Alınan İş Güvenliği Önlemlerinin Değerlendirmesi

Evaluation of Received Occupational Safety Measures in Coal Mines

Oğuzhan Alp DİZLEK , Zehra YILDIZ 

ÖZET

Madencilik sektörü, çalışma şartlarının ağır olduğu tehlikeli bir meslek olmasıyla diğer meslek kollarından ayrılmaktadır. Çalışan yükü ile tehlikelerin paralel olarak fazla olması sebebiyle tehlikelerin önceden belirlenerek risk analizlerinin oluşturulması bu sektörde oldukça önemlidir. Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği sağlanarak maden kazalarının önlenmesi için risklerin belirlenerek risk analizi ve değerlendirilmesiyle alınması gereken önlemler belirlenmelidir. Bu çalışmada iki kömür madeninde maden kazaları göz önüne alınarak iş güvenliğini sağlamak için alınan önlemler ile patlama ve grizu kazalarının önlenmesi için alınan önlemler maden işçilerine anket uygulanarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda maden işyerlerinde iş güvenliğinin sağlanmasında bazı eksikler olduğu, bazı çalışanların yaptıkları iş konusunda yeterli bilgi ve eğitime sahip olmadıkları, maden sahalarında grizu ölçüm ve sonuçlarının iş güvenliği mevzuatlarına uygun olmayan durumlar taşıdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, İş Kazası, Madenlerde İş Güvenliği, Maden Kazaları.

ABSTRACT

The mining industry is distinguished from other professions by being a dangerous profession with heavy working conditions. Due to the fact that the employee load and the hazards are high in parallel, it is very important in this sector to determine the hazards in advance and to create risk analyzes. In order to prevent mining accidents by ensuring the occupational health and safety of the employees, the risks should be determined and the precautions to be taken by risk analysis and assessment should be determined. In this study, taking into account the mine accidents in two coal mines, the measures taken to ensure occupational safety and the precautions taken to prevent explosion and firepit accidents were evaluated by applying a survey to the mine workers. When the survey results are evaluated, it has been determined that there is not sufficient occupational safety in the mining workplaces, that the employees do not have sufficient knowledge and training about the work they do, that the measurement and results of the firedamp in the mine sites are not in accordance with the occupational safety regulations.

Keywords: Occupational Health and Safety, Occupational Accident, Occupational Safety in Mines, Mining Accidents.

Oğuzhan Alp DİZLEK | oguzhan_dizlek@tarsus.edu.tr
Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mersin, Türkiye
Tarsus University, School of Graduate Studies, Mersin, Turkey

Zehra YILDIZ | zyildiz@tarsus.edu.tr | Sorumlu Yazar/Corresponding Author
Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mersin, Türkiye
Tarsus University, Faculty of Engineering, Mersin, Turkey

Bu çalışma Doç. Dr. Zehra YILDIZ danışmanlığında Oğuzhan Alp DİZLEK tarafından Ekim 2021 tarihinde tamamlanan “ Kömür Maden Ocağında İş Güvenliği için Alınan Önlemlerin Değerlendirilmesi” başlıklı ve 700744 tez no’lu yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Received/Geliş Tarihi : 03.03.2022
Accepted/Kabul Tarihi: 07.07.2022

I. GİRİŞ

Madencilik, iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli olan çalışma alanlarından biri olup, madenler ocakları iş kazalarının en çok yaşandığı çalışma ortamlarının başında gelmektedir. Bu sebeple, maden işyeri çok tehlike sınıfları tebliği tarafından çok tehlikeli sınıf olarak tanımlanmaktadır [1,2]. Dünyada işçilerin sadece %1'i madenlerde çalışmasına rağmen, meydana gelen ciddi kazaların %8'i madencilik sektöründe yaşanmaktadır [3,4]. Bu nedenle, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) gibi uluslararası kuruluşlar ve ulusal kurumlar iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin ilk düzenleyici kurallardan bazılarını madencilik sektörü için çıkarmıştır [5]. Türkiye madencilik sektöründe ölüm oranının en fazla olduğu ülkelerden biridir. Kömür madenleri ölümlü iş kazaları açısından en riskli işyerleridir. Maden kazalarının %77 i ve maden kazalarının neden olduğu can kayıplarının %81'i kömür madenlerinde meydana gelmiştir [1,6]. 2014 yılı ülkemizde kömür madencilik sektöründe iş güvenliği sağlanmasındaki ihmallerin, maden facialarına neden olabileceği görülmüş ve madenlerde iş sağlığı ve güvenliği için bir milat olmuştur [1]. 2014 yılında yaşanan Soma maden kazasında 301 ve Ermenek'te 18 maden işçisi yaşamını yitirmiştir. Bu maden kazalarının akabinde ülkemizde 4 Aralık 2014 tarihinde ILO'nun 1995 yılında kabul ettiği madenlerde meydana gelen kazaları engellemek ve en aza indirmek için 176 sayılı Madenlerde Güvenlik ve Sağlık sözleşmesi kabul edilmiştir [7].

Madencilik faaliyeti sürdürülürken çalışanlar, birçok riskle iç içedir. Maden kazalarına yönelik risklerin belirlenmesi, risk analizi, risk değerlendirmesi ve riskleri engelleyecek ya da en aza indireyecek faaliyetlerin planlaması gerektirmektedir. Risk odaklı yaklaşım ile birçok maden kazasının önüne geçilebilir [1]. Madenlerde riskler, tahmin edilebilen (mevcut) ve tahmin edilemeyen riskler olmak

üzere iki farklı başlık altında değerlendirilmektedir. Göçük, deprem, kavlak düşmesi, su baskını, deprem, yangın ve grizu patlamaları gibi riskler maden sahasındaki ortamdan kaynaklı tahmin edilemeyen risklerdir. Topuk patlaması, makine ve donanım kullanımındaki riskler, elektrik arızaları, malzeme düşmesi veya kayması gibi riskler tahmin edilebilen risklerdir [2]. Ülkemizde madenlerde kapsamlı bir risk haritası ile denetim planının çıkarılması ve buna göre denetim yapılması gereklidir.

Türkiye'de kömür madenlerindeki kaza nedenleri göçük, grizu patlaması, kömür tozu patlaması, havalandırma-daki eksiklikler, kişisel koruyucu donanım eksikliği ve su baskını olarak belirlenmiştir [8]. Bu nedenle, madende çalışan işçiler, mesleki eğitim almasının yanı sıra çalıştıkları maden ocaklarında alınan ve alınması gereken iş sağlığı ve güvenliği önlemleri hakkında bilgilendirilmelidir. Özellikle madenlerde 2014 yılı sonrası iş sağlığı ve güvenliğine verilen önem ve alınan önlemler eksikliklerine rağmen olumlu gelişmelere yol açmış ve böylelikle 2016 yılından itibaren büyük bir maden kazası yaşanmamıştır.

Madenlerdeki kazaların, yapısal ve teknolojik sorunlardan kaynaklandığı ve bunların önlenabilir nitelikte olması iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin çok önemli olduğunu göstermiştir. Bu sebeple bu çalışmada, maden işçilerinin iş sağlığı ve güvenliği önlemleri hakkında bilgi düzeyleri ölçülmüştür. Ülkemizde kömür maden ocaklarında yaşanan kazaların çoğu, grizu ve patlamalar dolayısıyla gerçekleştiği için bu çalışmada, maden işçilerinin özellikle alınan grizu önlemleri ve patlama önlemleri konusundaki değerlendirmeleri incelenmiştir. Bu amaçla iki özel kömür madeni işletmesinde çalışan 124 maden işçisine anket uygulanmıştır.

II. YÖNTEM

Araştırma evrenini 24 saat üretim yapan iki özel kömür maden işletmesinde çalışan işçiler oluşturmaktadır. Örnekleme, bu evren arasından seçilen 124 maden işçisi oluşturmaktadır. Katılımcılardan 77 kişi 08.00-16.00 saatleri arasında, 22 kişi 16.00-24.00 saatleri arasında, 17 kişi 24.00-08.00 saatleri arasında sabit vardiyalı olarak ve diğer 8 kişi değişken vardiyalı olarak çalışmaktadır.

Maden işçilerine, mesleki eğitim, madenlerde patlayıcı madde kullanımı, risk analizi, risk değerlendirme, maden ocağındaki güvenlik işaretlerinin yeterliliği, gürültü ölçümü, aydınlatma, kimyasal malzeme kullanımı, kişisel koruyucu donanım kullanımı, kurtarma istasyonu ve ekibi, madende acil durum tahliye tatbikatı gibi iş sağlığı ve güvenliği önlemleri hakkında sorular sorulmuştur. Ayrıca patlayıcı ortam ve grizu ile ilgili soruların yer aldığı bir anket uygulanmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul eden kişiler, çalışma öncesi bilgilendirilmiştir. Bu çalışma için Tarsus Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulundan 28/07/2021 tarihinde 2021/32 kararı ile etik onay alınmıştır.

III. TARTIŞMA VE BULGULAR

A. Maden Ocaklarında İş Güvenliği Önlemlerinin Değerlendirmesi

Maden işçilerine çalıştıkları madende iş güvenliği için alınan önlemler ile ilgili anket uygulanmıştır. Anket sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1’de görüldüğü gibi katılımcıların %4,8’i madende mesleki eğitim almadığını ifade etmiştir. Mesleki eğitimin yetersiz olması maden kazalarına neden olmaktadır [7]. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmelik EK-1’de yer alan 1-5. maddesinde “Çalışanlara sağlık ve güvenliklerini sağlayabilmeleri için yeterli bilgi, talimat

ve eğitim verilir ve bu eğitimler tekrarlanır” ifadesine yer verilmektedir. Dolayısıyla yeraltı maden ocağında mesleki eğitim verilmeden çalışanın iş sahasına girmesine izin verilmemeli ve eğitimler periyodik olarak tekrarlanmalıdır [9]. Örneğin, Türkiye Taş Kömürü Kurumunda işe başlayan bir işçi ilk bir hafta gaz maskesi kullanımını, yaralıların nasıl taşınacağı ve diğer işçilere kaza anında nasıl haber verileceği gibi konularda eğitim almakta, aldıkları bu eğitimler daha sonra çeşitli aralıklara devam ettirilmektedir [7].

Tablo 1: Maden ocaklarında iş güvenliği önlemlerinin değerlendirilmesi

	Evet (%)	Hayır (%)
Maden ocağında meslek eğitimi veriliyor mu?	95,2	4,8
Çalıştığınız maden ocağında “Risk Analizi ve Değerlendirmesi” yapıldı mı?	99,2	0,8
Maden sahası/ocağı içindeki iletişim, uyarı, güvenlik ve alarm levhaları/işaretleri yeterli mi?	97,6	2,4
Madende çeşitli işler için kimyasal malzeme kullanıyor musunuz?	88,7	11,3
Madende kişisel koruyucu donanım kullanıyor musunuz?	100	
Yeterli sayıda çalışandan oluşturulmuş kurtarma istasyonu ve ekibi var mı?	96	4
Madende Acil Durum Tatbikatları yapılıyor mu?	100	
Mesleki yeterlilik belgeniz ya da işiniz için uygun diplomanız var mı?	96	4
Madende gürültü ölçümü yapılıyor mu?	94,4	5,6
Gece vardiyalarında tüm üretim alanları ve maden sahası yeterli olarak aydınlatılıyor mu?	87,1	12,9

Katılımcıların %99,2’si çalıştıkları maden ocağında risk analizi ve değerlendirmesinin yapıldığını belirtmiştir. Türkiye’de 2012 tarihinde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu işverenlere daha fazla yükümlülük getirmektedir. Aynı yıl 28512 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği”nde, risk değerlendirme ile ilgili usul ve esaslar belirlenmiştir. Bu yükümlülükler kapsamında işverenin maden ocağında periyodik olarak risk analizi ve değerlendirmesi yaptırarak gerekli önlemleri alması gerekmektedir

[2].

Katılımcıların %97,6'sı çalıştıkları maden ocağında yer alan işaretlerin yeterli olduğunu belirtmiştir. Cevherin çıkarılması ve taşınması için büyük bir gereklilik olan dolurma, aktarma, taşıma, araç ve donanımlar için uyarı ve işaretler büyük bir gerekliliktir. Ayrıca risk analizi sonrası iş sahasında tespit edilen tehlike unsurları, çalışanlara uyarı ve işaretler yoluyla aktarılmaktadır. Bu sayede çalışan risk faktörlerini dikkate alabilecektir. 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu kapsamında çıkarılan 11/09/2013 tarih ve 28762 sayılı Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği'nde her işyeri için uygun ve gerekli olan işaret ve uyarı levhalarının ilgili alanlara yerleştirilmesi zorunluğu bulunmaktadır. İşverenlerin bu konudaki yükümlülükleri ilgili yönetmelikte açıkça belirtilmiştir. İşaret ve uyarı levhaları konusunda hassasiyetin artırılması ve devlet tarafından teftişlerin yoğunlaştırılması gerekmektedir [10].

Katılımcıların %88,7'si çalıştıkları maden ocağında çeşitli işler için kimyasal malzeme kullanıldığını belirtmiştir. Kimyasal madde kullanımının insana ve çevreye verebileceği muhtemel zararlar söz konusudur. Kimyasal madde kullanılması esnasında önlük, eldiven, maske vb. koruyucu ekipman kullanımına özen gösterilmelidir. Madende kullanılan kimyasal madde konusunda çalışanlar eğitilip bilgilendirilmeli ve gerekli olan uyarı levhaları düzgün biçimde konumlandırılmalıdır. İşyerlerinde kimyasal madde kullanımına ilişkin 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanunu başta olmak üzere yasal mevzuat uygulanmalıdır [11].

Katılımcıların tamamı kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanmaktadır. İşin yürütüldüğü çalışma ortamına göre, çalışanları tehdit eden risk ve tehlikelerden koruyan iş kazası ve meslek hastalıklarını minimuma indirmek için tasarlanan kişisel koruyucu donanım kullanılması hayati derecede önemlidir. Özellikle maden işyerlerinin doğası

gereği çökme, patlama, yanma, grizu gibi kazaların yaşanma olasılığının yüksek olması, kişisel koruyucu donanımının önemini artırmaktadır.

Katılımcıların %96'sı çalıştıkları maden ocağında kurtarma istasyonu ve ekibinin bulunduğunu belirtmiştir. 10/03/2015 tarih ve 29291 sayılı Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği hükümleri gereğince her yeraltı kömür madeninde kurtarma istasyonu ve kurtarma ekibinin bulunması şartı getirilmiş; arama, kurtarma ve tahliye konusunda yeterli sayıda destek elemanı görevlendirilmesi zorunlu kılınmıştır [12]. Soma madeninde, 2012'de yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre zorunlu olan acil durum tahliye planlaması ve acil çıkış galerisi olmadığı ortaya çıkmıştır [1]. Bu kaza ile yeraltı kömür madeninde herhangi bir kaza riskine yönelik kurtarma istasyonu ve ekibinin önemi görülmüştür.

Katılımcıların tamamı çalıştığı madende Acil Durum Tatbikatlarının yapıldığını belirtmiştir. Herhangi bir tehlike anında kaçış yollarının tespiti, kurtarma ekibinin organizasyonu ve işlevselliği gibi faktörlerin deneyimle daha sağlıklı sonuçlar doğuracak belirli zaman aralıklarında maden ocağında acil durum tatbikatının yapılması önem taşımaktadır. Acil durumlarda organize edilmiş bir kaçış stratejisi gereklidir. Acil durum organizasyonu hatalı uygulandığında telafisi olmayan kötü sonuçlar doğabilmektedir. Bu nedenle acil durum müdahalesinin daha etkin ve verimli olabilmesi için iş sahasında acil durum tatbikatları yapılmalıdır [12].

Katılımcıların %96'sı yaptıkları iş için gerekli olan belge veya diplomaya sahip olduklarını belirtmiştir. Türkiye'deki birçok sektörde yer alan eksik ve yetersiz bulunan eğitim ve sertifika sorunu madencilik gibi tehlikeli sınıfta yer alan sektörlerde daha önemli hale gelmektedir [1]. Türkiye'de özellikle küçük ve orta büyüklükte bazı özel

maden işletmeleri ile kaçak maden ocaklarında kişisel koruyucu donanım sağlanamamakta ve mesleki eğitimi yeterli olmayan ağır çalışma koşullarını ve düşük ücreti kabul eden kişileri çalıştırılarak iş sağlığı ve güvenliği riske atılmaktadır [7]. İş sağlığı ve güvenliği koşulları sağlansa dahi çalışanın işin icrası esnasında, iş ve makine teçhizat hakkındaki bilgisi kaza riskini belirleyici nitelik taşımaktadır. Bu nedenlerle maden ocağında çalışanlar işin etkin bir eğitim modeli belirlenerek, gerek işbaşı eğitimi gerekse seminer ve sempozyumlarla çalışanların eğitilip bilgilendirilmesi, işe alımlarda eğitim ve yeterlilik şartlarının gözetilmesi iş kazalarının önlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Katılımcıların %94,4'ü maden sahasında gürültü ölçümü yapıldığını belirtmiştir. Yeraltı maden ocaklarında kullanılan makine ve kırıcıların çıkardığı gürültüler çalışanların ruh ve beden sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Meslek hastalıklarının %10'u gürültüye bağlı işitme kaybı olarak tanımlanmaktadır. Gürültüden etkilenme, gürültü şiddeti, gürültüye maruz kalınan süre ve frekans, gürültünün sürekli ya da kesikli olması, kişisel duyarlılık ve yaşa bağlı olarak değişmektedir. 28.07.2013 tarih ve 28721 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış olan "Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik" gürültüye maruz kalmadan kaynaklanan işitme kaybından korumaya yönelik asgari gereksinimler tanımlanmıştır. Çalışanların kişisel gürültüye maruz kalma düzeyini düşürmek için özellikle sınır değerleri aşan ünitelerde mutlaka kulak koruyucu donanımların kullanması, donanım kullanımını eğitim, denetim ve kulak koruyucuların etkinliğinin kontrol edilmelidir [13].

Katılımcıların %87,1'i maden sahasında gece vardiyasında yeterli aydınlatmanın sağlandığını, belirtmiştir. Aydınlatma diğer endüstri sektörlerine nazaran yeraltı maden ocaklarında çok daha önemlidir. Özellikle çalışma alanlarının güneş ışığının girmediği yerler aydınlatmanın

önemini daha da artırmaktadır. Yetersiz aydınlatma iş kazalarının %5'inin tek sebebi olup, %20'sini ise etkileyen faktörlerden biridir. TS 2248 Standartlarına göre genel aydınlatmada ortalama aydınlatma gücü, aydınlatılan ortamın tamamına yayılmış olmalıdır. Makine ve teçhizatların çalışma ve kontrolü, aydınlatılan yerin bir bölümünde yapılıyorsa, ortalama aydınlatma gücü bu bölümde olmalıdır. Aydınlatılan yerin geri kalan kısmında, ortalama aydınlatma gücü değeri, %50'den az olmamalıdır. Yetersiz aydınlatmanın olduğu bölgelerde ekonomik olarak led aydınlatma faydalı olabilir. Lambaların zamanla bozulması veya tozlanması sebebiyle aydınlatma gücü düşeceğinden lambalar belirli sürelerle temizlenmeli ve bozulanlar değiştirilmelidir. Galeri tahkimatları ya kendi doğal renkleri ya da zamanla kömür tozu ile kaplanmasıyla kararır ve tahkimatlar seçilemez duruma gelir. Bu nedenle galerilerde belirli aralıklarla badana yapılması gerekir [14].

Maden işçilerinin iş güvenliği için alınan önlemleri değerlendirmelerinin sonucu olarak, soruların çoğuna %95'in üzerinde olumlu yanıt verdiklerinden, iş sağlığı güvenliği önlemlerinin önemli ölçüde alındığı anlaşılmaktadır. Ancak anket sonucunda işçilerin %12,9'u gece vardiyalarında tüm üretim alanlarının ve maden sahasının yeterli olarak aydınlatılmadığını belirtmiştir. Aydınlatmanın yetersiz olduğu çalışma ortamında, işçi yeterli görüş alanına sahip olmadığından yaralanma, ölüm ya da maddi hasarlı kazalar yaşanabilir. Ayrıca bu durum üretim miktarı ve verimliliğin azalmasına yol açabilir [14]. Bu sebeple üretim alanları ve maden sahasında yeterli aydınlatmayı sağlayacak tüm tedbirler alınmalıdır. Ayrıca maden işçilerinin %5,6'sı gürültü ölçümü yapıldığını belirtmiştir. Yeraltı maden işletmelerinde etkin bir gürültü ölçümü yapılarak çalışan sağlığı açısından tehdit oluşturan gürültü kaynakları için önlem alınması gereklidir.

B. Maden Ocaklarında Patlayıcı Önlemlerinin Değerlendirmesi

Sert kayaçların kırılması, delinmesi veya parçalanması için patlatma işlemi madenlerde kullanımı yaygın bir yöntemdir. Özellikle patlatma işleminde ortaya çıkan kömür tozları, toz patlamalarına ve tozun çalışanlarca solunmasıyla mesleki solunum sistemi hastalıklarına yol açarak iş sağlığını olumsuz etkilemektedir. Patlatma işlemleri nedeniyle meydana gelen kazalar çoğunlukla küçük ihmaller nedeniyle ve bu küçük ihmaller ölümlü iş kazalarına yol açmaktadır [15].

Maden ocaklarında patlayıcı kullanımı için alınan önlemler ile ilgili anket sonuçları Tablo 2' de verilmiştir.

Katılımcıların %99,2'si çalıştıkları maden ocağında patlayıcı madde kullanıldığını belirtmiştir. Patlayıcı maddeler, yeraltı maden ocaklarında işin doğası gereği grizu ve kömür tozu patlamalarının hızını ve şiddetinin artırmaktadır. Madendeki kayaçların parçalanması için kullanılan patlayıcı maddeler iş sağlığı ve güvenliği uzmanı gözetimi altında tüm gerekli unsurların varlığı sağlanarak kullanılmalıdır.

Madencilik sektörü, "İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği"ne göre çok tehlikeli sınıf içerisinde yer almaktadır [2]. 30/04/2013 tarih ve 28633 sayılı Çalışanların Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Korunması Hakkında Yönetmelik'e göre patlamalardan korunmaya yönelik asgari önlemler belirtilmektedir. Patlama riskini azaltmanın en etkili yoluysa ortamdaki metan gazı miktarının kontrol edilmesi ve minimum düzeyde tutulmasıdır. Diğer etkili yöntemleri, çalışanların bu konuda eğitilmesi, patlayıcı madde deposunun kullanılması, grizu ölçümünün yapılma sıklığının artırılması, etkili bir iş organizasyonunun oluşturulması, yazılı talimatname ve uyarı levhalarının kullanımı şeklinde saymak mümkündür [16].

Katılımcıların %51,6'sı madende patlayıcı madde deposunun bulunduğunu belirtmiştir. Maden işçilerinin yaklaşık yarısı patlayıcı madde deposu olduğunu bilmemektedir.

Patlayıcı maddelerle ilgili 87/12028 karar sayılı tüzüğe göre; patlayıcı maddelerle av malzemesi vb. üretimi, ithali, taşınması, saklanması, depolanması, satışı, kullanılması, yok edilmesi ve denetlenmesi usul ve esaslarına uygun biçimde yapılmalıdır. Patlayıcı depoları, 87/12028 sayılı Tüzük ve 14 Mayıs 1999 tarih ve 23695 sayılı ve 23 Mayıs 2001 tarih ve 24410 sayılı Resmi Gazetelerde yayımlanarak yürürlüğe giren tüzük değişikliklerine uygun olarak inşa edilmelidir [15].

Katılımcıların tamamının patlayıcı maddeleri ateşleyen kişinin ateşleyici yeterlilik belgesine sahip olduğunu bildiğini belirtmiştir. 11/07/2002 tarih ve 24812 sayılı Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesinin Verilmesi Hakkındaki Yönetmeliğin dördüncü bölümünde yeterlilik belgesiyle ilgili esaslara yer verilmiştir. Yeraltı maden ocaklarında ve grizu olan yerlerde patlayıcı maddelerin ateşlenmesi ile görevlendirilmiş kişinin C sınıfı yeterlilik belgesine sahip olmasını zorunlu kılınmıştır. Bu belgenin verilmesi ve düzenlenmesi İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmaktadır. Bu sınav için aranan şartlar 24812 sayılı Resmi Gazete'de ayrıntılı biçimde belirtilmiştir. Yeraltı kömür madenlerindeki patlayıcı madde kullanımının yarattığı risk, patlatma işini yapan işçinin gerekli belgeye sahip olmasının önemini göstermektedir [17].

Katılımcıların %98,4'ü çalıştığı madende patlayıcı maddelerin periyodik kontrollerinin yapıldığını belirtmiş, %1,6'sı ise yapılmadığını belirtmiştir.

Maden işçilerinin patlayıcı kullanımı için alınan önlemler ile ilgili anket sorularına verdiği yanıtlar değerlendirildiğinde, işçilerin neredeyse tamamı patlayıcı madde kul-

lanıldığını belirtirken kullanılan patlayıcıların deposu olduğunu işçilerin yaklaşık yarısı bilmektedir. Patlayıcıyı ateşleyen kişinin yeterlilik belgesi almasının zorunlu olduğunu ve bu kişinin bu belgeye sahip olduğu bilinmektedir. Patlayıcıların periyodik kontrolünün yapıldığı ve bunu işçilerin bildiği de anket sonuçlarından görülmektedir.

C. Maden Ocaklarında Grizu Önlemlerinin Değerlendirmesi

Maden ocaklarının atmosferi patlayıcı gazlar, ocak tozları, buharlar, atık gazlar ve kirleticiler gibi yangın ve patlama için risk oluşturacak birçok maddeyi barındırır. Özellikle yeraltı faaliyetleri için kapalı alanlarda yeterli havalandırmanın olmadığı durumda diğer gazların konsantrasyonu arttığı için oksijen yoğunluğu düşebilir [2].

Tablo 2: Maden ocaklarında patlayıcı önlemlerinin değerlendirilmesi

	Evet (%)	Hayır (%)
Madende patlayıcı madde kullanılıyor mu?	99,2	0,8
Madende patlayıcı madde deposu var mı?	51,6	48,4
Patlayıcı maddeleri ateşleyen kişinin "Ateşleyici Yeterlik Belgesi" var mı?	100	
Patlayıcı maddelerin periyodik kontrolleri yapılıyor mu?	98,4	1,6

Yanmayı tetikleyen kaynağın türü, şiddeti ve süresi, CO₂ ve su buharının mevcudiyeti, galerinin şekli ve basınç da göz önüne alındığında patlama konsantrasyonu yaklaşık %5-15 aralığındadır. Grizunun patlaması için gerekli olan sıcaklık ise 650-750 °C'dir. Grizu patlamalarının en şiddetli olduğu durum ise havada %9-9,5 arasında metan bulunduğu durumdur [4].

Kıvılcımın oluşumu ise alınan tüm önlemlere rağmen zaman zaman ortaya çıkabilmektedir. Olaya bu açıdan bakıldığında grizu patlamalarının engellenebilmesi için metan gazının engellenmesi yapılabilecek tek işlem olarak görülmektedir [18]. Türkiye'deki yeraltı kömür madenlerinde meydana gelen kazaların nedenlerine dair yapılan

istatistiklerde en çok can kaybına neden olan kazaların grizu patlamaları olduğu görülmektedir [8]. Maden ocağında alt patlama aralığı altında oksijen olması ya da üst patlama aralığı üzerinde metan olması ile patlama kontrol altında tutulabilir Metan oluşumu patlama limitinin aralığının dışında tutulsa bile grizunun ısı kaynaklarıyla temasının önlenmesi sağlanmadığında grizu riski olacaktır. Bu sebeple açık alevli lambaların kullanılması, maden sahasında sigara içilmemesi, patlatma işlemlerinin minimum seviyede tutulması, patlayıcı madde olarak grizotin kuş ve grizotiroş gibi güvenli patlayıcıların kullanılması, kıvılcım oluşumuna neden olacak kaynak ve kesim işlerinin yetkili kişiler eliyle yapılmasının gerekliliği ilgili mevzuat hükümlerinde yer almaktadır [19]. Ayrıca maden ocağında doğal havalandırmanın yanı sıra mekanik havalandırma yapılarak sürekli havalandırma uygulanmalıdır.

Maden işçilerine çalıştıkları maden ocaklarında grizu için alınan önlemlerle ilgili bilgi düzeyi ve farkındalığını ölçmek amacıyla uygulanan anket soruları ve alınan cevaplar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Maden ocaklarında grizu önlemlerinin değerlendirilmesi

Grizu riskine yönelik havalandırma nasıl sağlanıyor?	Tek mekanik sistem		İki mekanik sistem	
	%16,9	%48,4	%34,7	
Metan gazından doğacak risklere yönelik tedbirler alınıyor mu?	Evet		Hayır	
	%64,5		%35,5	
Grizu tehlikesine yönelik ölçümler hangi sıklıkta yapılır?	Her gün	Üç günde bir	Haftada bir	On günde bir
	%33,9	%64,5	%0,8	%0,8
	Yeterli		Kısmen yeterli	
	%94,7		%5,3	

Katılımcılara metan gazının derişiminin düşürülmesi için havalandırma sistemlerinin tek, iki veya daha fazla mekanik sistemle mi yapıldığı sorulmuştur. Katılımcıların %16,9'u havalandırmanın tek mekanik sistemle, %48,4'ü

iki mekanik sistemle ve %34,7'si daha fazla sayıda mekanik sistemle yapıldığını belirtmiştir. Katılımcıların % 16,9'unun havalandırmanın tek mekanik sistemle yapıldığını belirttiği görülmektedir. Ancak herhangi bir arıza durumunda ortaya çıkacak olumsuz sonuçlar göz önüne alındığında ikinci bir pervanenin bulunması hayati önem taşımaktadır. Nitekim yeraltı kömür madenlerinde bulunabilecek zehirli (CO, H₂S, SO₂ vb.), patlayıcı (CH₄, H₂, CO, vb.), boğucu (CO₂, N₂, CH₄, vb.) gazlar; kömür tozu ve ocak tozları gibi patlayıcı tozlar, havalandırma işleminde herhangi bir aksaklık ya da arızanın söz konusu olması durumunda telafisi olmayan sonuçlar doğurabilmektedir. Yeraltı maden sahasında mevcut bulunan gazların oranları ve hava hız limitleri dikkate alınarak havalandırma yapılmalıdır [20].

Katılımcıların %64,5'i madende Grizu patlamalarının engellenmesi adına metan gazlarından doğacak risklere yönelik tedbirler alındığını ifade etmiştir. Yeraltı kömür madenlerinin doğası gereği var olan grizunun, patlama tehlikesi dikkate alındığında daha güvenli bir iş ortamı için devamlı kontrol altında tutulması gerekmektedir. Metan derişimini düşürmenin en ekonomik yöntemi havalandırma ve drenaj işlemleri olup, en etkin yöntemi ise metan gazı izleme ve erken uyarı sistemidir [4].

Katılımcıların %64,5'i grizu tehlikesine yönelik ölçümlerin üç günde bir yapıldığını, %33,9'u her gün yapıldığını, %0,8'i haftada bir yapıldığını ve %0,8'i on günde bir yapıldığını belirtmiştir. Yeraltı kömür madenlerinde 28770 sayılı Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nin göre, grizu bulunan ocaklarda metan gazına yönelik ölçümlerin her bir vardiyada yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca üretim ünitelerinden dönüş havası içinde ve üretim yerlerindeki gazların birikebileceği yerlerde metan gazı miktarlarının sürekli takip edilmesi gerektiği hükmüne yer verilmiştir. Bu yönetmelik hükmü değerlendirildiğinde

ölçüm sürelerine ilişkin uygunsuz durumların varlığına delil teşkil eden veriler yer almaktadır [9].

Katılımcıların %94,3'ü madende grizu birikintileri temizlenmesine yönelik yeterli çalışmanın yapıldığını, % 5,7'si ise yapılan bu çalışmaların kısmen yeterli olduğunu ifade etmiştir. Metan gazının birikiminin önlenmesi için etkin bir havalandırma planı yapılmalıdır. Havalandırma, mekanik havalandırma ile metan konsantrasyonu %1'in altında olacak şekilde uygulanmalıdır. Havalandırma yapmadığı zaman metan drenajı ile metan derişimi patlama limitinin altına düşürülmelidir [21]. Havalandırma ve drenaj işlemleri metan derişimini patlama limitinin altına düşürmenin en ekonomik yoludur. Metan riski olan ocaklarda gaz izleme ve erken uyarı sistemi en uygun yöntemdir. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği'nde üretim birimlerinden dönüş havası içinde ve üretim yerlerindeki gazların birikeceği yerlerde metan seviyesi sürekli izlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Tehlikeli gaz oranının sık sık değiştiği ortamlarda metan miktarına göre sesli ve ışıklı gaz dedektörünün bulundurulması veya sürekli izlenebilecek otomatik kontrol sistemi kurulması gerekliliği belirtilmiştir [4].

Maden işçilerine çalıştıkları maden ocaklarında grizu için alınan önlemleri değerlendirmesi istendiğinde grizu tehlikesini önlemek için yapılan havalandırma işleminin nasıl yapıldığı, grizu ölçümleri hangi sıklıkta yapıldığı konusunda bilgilendirmede eksiklik olduğu görülmüştür. Maden işçilerinin %35,5'i metan gazı riskine karşı önlem alınmadığını ve %5,3'ü grizu birikintilerinin temizlenmesine yönelik çalışmaların yeterli bulmadığını belirtmiştir.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada özel iki kömür işletmesinde çalışan 124 maden işçisine çalıştıkları maden ocaklarında iş güvenliği, patlayıcı ve grizu önlemleri ile ilgili anket uygulanmıştır.

Maden işçileri, çalıştıkları madende iş güvenliği için önlemlerin alındığını belirtmiştir. Ancak verilen cevaplara göre gürültü ve aydınlatma için alınan önlemlerde eksiklikler olduğu anlaşılmaktadır. Maden ocaklarında patlayıcı deposu olduğunu ankete katılanların yaklaşık yarısı bilmemektedir. Maden işçileri çalıştıkları maden ocaklarında grizu ölçümlerinin periyodik aralığı konusunda yeterli bilgileri yoktur. Ayrıca grizu tahliyesi için kullanılan havalandırma mekanik sistemini bilmeyen işçiler vardır. Kömür madenlerinde en fazla yaşanan iş kazaları grizu ve patlama sebebiyle olmaktadır. Herhangi bir iş kazasının yaşanması için maden işçilerine özellikle patlama ile grizu konusunda eğitim verilmeli ve bu eğitimler belirli periyotlarda tekrarlanmalıdır.

YAZAR KATKILARI: Araştırma fikrinin oluşturulması, tasarımı OD, ZY; veri toplanması OD; analiz OD, ZY; yorum ve makalenin raporlanması ise OD, ZY tarafından yapılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

ETİK KOMİTE ONAYI: Tarsus Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulundan 28/07/2021 tarihinde 2021/32 kararı ile etik onay alınmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] L. Derin, N. Varol ve S. Uymaz, "Türkiye'deki kömür madeni kazalarına ilişkin değerlendirme," *Dirençlilik Dergisi*, vol. 1, no. 1, pp. 47-53, 2017.
- [2] O. Doğan, Ö. M. Keskin ve S. Ersoy, "Metalik bir yeraltı maden işletmesinde; cevher çıkarma, üretim ve nakliyat aşamalarında risk değerlendirmesi," *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, vol. 9, no. 2, pp. 84-98, 2020.
- [3] B. Bayraktar, H. Uyguçgil ve A. Konuk, "Türkiye madencilik sektöründe iş kazalarının istatistiksel analizi," *Madencilik*, Özel Sayı, 85-90, 2018.
- [4] İ. Erol ve A. Ürünveren, "Yeraltı kömür madenlerinde meydana gelen büyük maden kazaları," *Karaelmas İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi*, vol. 5, no. 3, pp.193-207, 2021.
- [5] S. Uğur ve Ö. Topkaya, "Kömür madenciligi sektörü ve Uluslararası Çalışma Örgütü'nün 176 sayılı sözleşmesi ile bu sektöre yönelik yürürlüğe konan iş sağlığı ve güvenliği düzenlemeleri," *Siyaset Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, vol. 3, no. 1, pp. 241-256, 2015.
- [6] Bilim N. , Dündar S., Bilim A., Ülkemizdeki maden sektöründe meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıklarının analizi," *Beu Fen Bilimleri Dergisi Beu Journal Of Science*, vol. 7, no. 2, pp. 423-432, 2018
- [7] M. S. Yelek, "Madencilik sektöründe özelleştirme ve iş kazaları üzerindeki etkileri," *Social Sciences Studies Journal (Sssjournal)*, vol. 3, no. 6, pp. 1099-1108, 2017
- [8] Ö. V. Çilengiroğlu, "Orantılı hazard varsayımının maden kazalarında istatistiksel olarak incelenmesi," *Karaelmas İş Sağlığı Ve Güvenliği Dergisi*, vol. 3, no. 1, pp. 33-52, 2019.
- [9] *Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği*, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/09/20130919-3.htm> (Erişim tarihi: 10 Ocak 2021), 2013.
- [10] *Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği*, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/09/20130911-6.htm> (Erişim tarihi: 20 Ocak 2021), 2013.
- [11] I. C. Yavuz ve S. Erdoğan, "İşyerinde kimyasallar," *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, vol. 1, no. 2, pp. 33-39, 2001.
- [12] *Maden İşyerlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik*, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150310.html> (Erişim tarihi: 10 Ocak 2021), 2015.
- [13] Ö. Kalelioğlu ve E. Köse, "Çimento fabrikasında gürültü düzeylerinin belirlenmesi," *European Journal of Science and Technology*, no. 25, pp. 43-49, 2021.
- [14] İ. Çınar ve C. Şensöğüt, "Yeraltı maden ocaklarında aydınlatma koşullarının belirlenmesi," *Ç. Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 32, no. 2, pp. 77-83, 2017.
- [15] E. Kahraman ve M. A. Kılıç, "Madenlerde delme patlatma işlemlerinde iş sağlığı ve güvenliği önlemleri," *Ç. Ü. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik*

- dislik Kongresi, Adana,26-28 Ocak, 2016
- [16] *Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesinin Verilmesi Hakkındaki Yönetmelik*, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18335&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 20 Mart 2021), 2013.
- [17] *Patlayıcı Madde Ateşleyici Yeterlilik Belgesinin Verilmesi Hakkındaki Yönetmelik*, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/07/20020711.htm> (Erişim tarihi: 15 Ocak 2021), 2002
- [18] Z. Ergin, “Kömür ocaklarındaki patlamalar,” *Bilimsel Madencilik Dergisi*, vol. 17, no. 2, pp. 22-37, 1977.
- [19] ÇSGB, *4) Teftiş Kurulu Başkanlığı, Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği rehberi*, 2011.
- [20] M. Mutlu, “Açık işletme kömür madenciliğinde lojistik regresyon analizi ile iş kazalarının değerlendirilmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2013.
- [21] G. Aydın ve İ. Karakurt, “Yeraltı maden işletmeciliğinde sağlık ve güvenlik sorunları,” *Teknik Bilimleri Dergisi*, vol. 11, no. 1, pp. 1-12, 2021.

Relationship between Working Posture and Work Injuries in a Clothing Factory Workers in Edirne

İlker Murat AVCIBAŞI  , İlknur DİNDAR 

ABSTRACT

Straining movements, repetitive movements, vibration, staying in inappropriate posture for prolonged periods cause complaints such as pain in the in the musculoskeletal system, injuries, sprains, hernia, tears and soft tissue injuries. Complaints of excessive strain and frequent repetitions over time can suddenly arise, causing a work injury. The aim of this study is to determine the relationship between the working postures of textile factory workers and whether they affect work injuries or not. The postures of the workers during the job were analysed by videotaping them. Of all the participants (n=101), 75.2% were female, mean age was 33.4 ± 5.35 and 54.5% were high school graduate. Working experience mean was 8.53 ± 5.82 and the frequency of work injury was 18.8%. 57.8% of the workers in the textile industry exhibited a normal working position in category C1, 41.2% in C2, 0.5% in C3 and 0.1% in C4. However, it was observed that the educational level of workers who had experienced the WI was higher than the others and as the working experience increased the possibility of having injuries was statistically meaningful ($p=0,014$). In order to prevent work injuries in the textile industry, it is necessary to give in-service training about work safety to increase the awareness levels of females regardless of educational level.

Keywords: Work Injuries, Working Posture, Textile Workers, Repetitive Movements, Occupational Injuries.

İlker Murat AVCIBAŞI | imavcibasi@gmail.com
Trakya University, Faculty of Health Sciences, Edirne, Turkey

İlknur DİNDAR | ilknurdindar@hotmail.com
Trakya University, Faculty of Health Sciences, Edirne, Turkey

This study is derived from the master's thesis entitled "Edirne Merkezdeki Bir Giyim Fabrikasında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının İş Kazaları İle İlişkisi" and with thesis number 424676 which is being written by İlker Murat Avcıbaşı under the advice of İlknur Dindar.

Received/Geliş Tarihi : 31.05.2021
Accepted/Kabul Tarihi: 24.08.2022

I. INTRODUCTION

When work injuries, occupational safety, and employee health are in question and despite the fact that they are preventable and changeable situations, they are considered an essential part of business life considering human life as well as the computable and incomputable economic losses. According to the World Health Organization's (WHO) estimates for the year 2009, 5 percent of the world's national income is spent on work injuries [1]. When the work injuries are rated to gross domestic product, similar averages are also seen in the study in which 5 European countries are handled (2.9% - 10.2%) [2].

Even though studies are available that reach various conclusions regarding the sources of these "unexpected and unplanned" situations, it is generally accepted that 80 percent of such incidents are caused by human factors, while 18 percent and 2 percent of the same are caused by physical and mechanical factors and unexpected events, respectively [3]. The injuries result from human beings whereas the most suffered party as the result of these injuries is again the humans. Human being again resides at the focal point of work injuries considering the consequences such as death, permanent incapacity, and injuries as well as the economic distress caused by temporarily closed down workplaces [4].

Posture is the alignment of the head, torso, lower and upper extremities of the body in space without being exposed to any forces. Based on this definition, the work posture or positioning is the alignment of the body, head, torso, and upper and lower extremities according to the nature of the work during work [5, 6].

Straining movements, repetitive movements, vibration, staying in inappropriate posture for prolonged periods cause complaints such as pain in the in the musculoskeletal

system, injuries, sprains, hernia, tears and soft tissue injuries [7, 8]. Complaints and frequent repetitions over time can put an employee's health at risk as well as it may suddenly arise due to excessive strain and cause serious consequences for the worker and worker's health [9-12].

In Turkey, 7.1 percent of all insured employees are of textile and garment industry. Ready-to-wear garment industry accounts for 52,81 percent of all textile workers [13]. In terms of employment, production, and exports, the Turkish textile industry ranks first in the manufacturing industry [14].

Even though the technological developments lead production to evolve to automation, man power still plays an important role in enterprises. In the textile industry, a labor-intensive sector, when the postures are unsuitable for body biomechanics risking worker health and production efficiency. It is the basis of ergonomics to maximize production by reducing fatigue, strain, injuries and stress while making use of man power [6, 15].

II. METHOD

The aim of this study is to determine the risk levels of textile factory workers in terms of their working postures and whether they affect work injuries or not.

A. Study Location and Sampling

It was conducted in the manufacturing plant of in Edirne from 4 to 8 August 2014. The target population of the work is formed by the blue collars working in the manufacturing section. At the time of the study, the target population included 348 workers, 32 of which are in the cutting department, 276 in the sewing department (operator), 27 in the final ironing department and 13 in the warehouse. No sampling was carried out and each worker was tried to be reached on a voluntary basis during the

date range for which permission was obtained.

B. Data Collection Process

Data collection consisted of two sections, namely the survey used to determine socio-demographic characteristics followed by the image recordings taken for the evaluation at Computerized Ovako Working Postures Analysing System (CO-OWAS).

The survey is a form consisting of a total of 14 questions that were prepared by the researcher to identify the socio-demographic characteristics of the workers and to determine their experiences of work injuries.

CO-OWAS is a method to analyse an employee's posture in terms of the poor postures and the overloads caused by it in the musculoskeletal system. The method is based on the sampling of work postures [16].

The most prominent features of OWAS method is that it is easy-to-learn/use and summarizes good/bad work postures in percentages of time [17]. The OWAS method, which allows for data recording for 4 postures of back, 3 of arm, 7 of leg and 3 postural loads, contains 252 combinations in total [18]. These postures are summarized under 4 Categories. Category 1 (C1) refers to the posture where the observed posture does not need to be improved. Category 2 (C2) indicates that the posture causes a strain but an improvement is needed in near future; Category 3 (C3) that the strain level is high and the improvement is needed in the shortest time possible and Category (C4) that improvement is needed immediately due to the strain [5, 16].

In this study, OWAS method was preferred due to the above mentioned properties of it and CO-OWAS computer package program developed by Tampere University of Technology was used to simplify coding, compiling and analysis.

C. Data Analysis

For image recordings, a total of 10 observations were made with a 15 seconds of observation duration for each worker and the data was compiled in CO-OWAS. The percentage distributions in the IBM SPSS Statistics 19.0 package program, along with the other data, were analysed using two example independent t tests and chi-square tests.

D. Ethics

Permissions from İpekyol Giyim San. Ve Tic. A. and Trakya University Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee (TUTF-GOKAEK 2014/56) were received in order to conduct the study. The authors affirm that the article is ethical in terms of research and publication.

III. RESULTS

The study was conducted on 101 people who agreed to participate after the aim of the study was explained to them.

The youngest of the subjects was 20 years old whereas the oldest was 44 with an age average of 33.4 ± 5.35 years. 75.2% of the subjects were female ($n=76$), and 24.8% were male. As seen in Table 1, 54.5% were high school ($n=55$), 17.8% were secondary school ($n=18$), 16.8% were primary school ($n=17$) and 10.9% were university graduates ($n=11$). 63.4% of the employees were smokers (Table 1).

The average years of experience of the workers were determined as $8,53 \pm 5,82$ (Table 1), with at least 1 year and at most 25 years of experience based on the years they worked.

Since the textile industry is included in a low dangerous risk group, workers were asked about whether they had a work injury (WI), which organs of them were injured, what type of injury they had and whether this injury

caused any lost workday or not, based on their statements.

Table 1. Socio-demographic characteristics of workers (n=101)

Characteristics		Values	
Age	<i>Youngest</i>	20	
	<i>Oldest</i>	44	
	<i>Middle</i>	33	
	<i>Average</i>	33,4 ± 5,35	
		n	%
Gender	<i>Female</i>	76	75.2
	<i>Male</i>	25	24.8
Educational Background			
	<i>Primary school</i>	17	16.8
	<i>Secondary School</i>	18	17.8
	<i>High school</i>	55	54.5
	<i>Associate Degree - Undergraduate</i>	11	10.9
Smoking			
	<i>Smoker</i>	64	63.4
	<i>Non-smoker</i>	37	36.6
Years of experience in the industry			
	<i>Minimum</i>	1	
	<i>Maximum</i>	25	
	<i>Average</i>	8,53 ± 5,82	

19 people (18.8%) stated to be involved in an injury at work, with the youngest being the 26 and the oldest being 43. 13 (68.4%) of those who were involved in injuries at work were female and 6 (31.6%) were male. The injured organs of the patients were grouped into lower extremity, upper extremity and multiple regions of the body during the data processing. According to this grouping, 73.7% of the workers had injuries of upper extremity, 15.8% of lower extremity and 10.5% of both extremities (Table 2).

The workers were asked about the types of injuries they had in the injuries they were involved in. "Cuts" was the most common work injury with a percentage of 47.4%. 36.8% of workers who were involved in an injury at work stated that they experienced "soft tissue damage - crush injuries", 10.5% "pricks" and 5.3% "burnt" in terms of type of injuries (Table 2).

68.4% of the workers who had an injury had caused

loss of labour on day basis due to injury. As seen in Table 2, the workers' average duration of stay away from work was 3.21 ± 4.25 days.

When the workers in the textile industry, which is considered to be in the low dangerous risk group, were asked about the frequency of taking safety and security measures, etc., "never" (n=39) was observed to be the most frequent response with a ratio of 38.6% and "usually" was the least frequent one with a ratio of 9.9% (n=10) (Table 2).

The postures of the workers during the job were analysed by videotaping them. Due to the fact that the worker's job completion intervals were short, their positions were recorded in CO-OWAS by stopping video once in every 15 seconds. Each worker was observed for 10 times. Upon entering the observations of each worker, the postures of the workers during work were analysed in 4 categories. 57.8% of the workers in the textile industry, which is included in the low dangerous risk group, exhibited a normal working position in category C1, 41.2% in C2, 0.5% in C3 and 0.1% in C4.

The main hypothesis of this study, which is "There is no relationship between work injuries and work postures" was tested among the workers who had a WI and those not, in 4 categories. No significant difference was found in the data.

An examination of WI by gender showed that 68.4% of the women in this work place had an injury while the ratio of men who had injury was 31.6% and gender has no effect on the injury incidents ($p > 0.566$).

The statistical relevance of the educational backgrounds workers, as shown in Table 1, with having a WI was assessed. It was observed that there was no statistical relevance between the WI and the workers who had primary school and lower level of education and those who had secondary

school and upper level of the workers ($p=1.00$).

Table 2. Data on occupational injuries at workplace, as reported by workers

Characteristics	Values	
	n	%
At the Workplace		
<i>Did not have an injury</i>	82	81.2
<i>Had an injury</i>	19	18.8
Type of injury*		
<i>Cut</i>	9	47.4
<i>Soft tissue injury - Bruise</i>	7	36.8
<i>Prick</i>	2	10.5
<i>Burn</i>	1	5.3
Injured Zone*		
<i>Upper extremity</i>	14	73.7
<i>Lower extremity</i>	3	15.8
<i>More than one zone</i>	2	10.5
Taking preventive, safety, etc. measures		
<i>Always</i>	11	10.9
<i>Usually</i>	10	9.9
<i>Sometimes</i>	20	19.8
<i>Rarely</i>	21	20.8
<i>Never</i>	39	38.6
Ages of the injury Sufferers		
<i>Minimum</i>	26	
<i>Maximum</i>	43	
<i>Average</i>	35,05 ± 4,88	
Lost Workdays*		
<i>Minimum</i>	0	
<i>Maximum</i>	15	
<i>Average</i>	3,21 ± 4,25	

Workers who are smokers may experience deprivation due to long working hours and as a result, may be affected by some psychological and metabolic conditions. Workers were asked about their smoking habits and the probability of having a WI was tested. No statistical relevance was found between the smokers and non-smokers with regard to being involved in WI.

The mean work experience of those who had an occupational accident was 11.47 ± 6.08 years, and 7.58 ± 5.58 years for those who did not. Increasing work experience affects having had work injury ($p=0.014$).

Even though it is included in a low dangerous risk group, it is important that preventive measures are taken for the injuries possible to be experienced in the textile industry and protective measures for the injuries that have

already been experienced. Table 2 shows that the majority of the workers do not take such measures. A statistical assessment was made for those who take protective and security measures, etc. and those who reported that they do not take such measures. A p value of 0.729 implied that taking protective, security, etc. measures had no impact on work injuries.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSION

It is thought that occurrence of work injuries is associated with gender due to the fact that those who are involved in work injuries are mostly male. Çelik et al. [19] and Aras et al. [20] reported that over %80 of those who were referred to a healthcare institution upon having a work injury were male. Men are more involved in fatal work injuries than women [21]. When we look at the work injuries in the textile industry in which the majority of the workers are female, we see many different results. The study also showed 68.4% of those who were involved in injury at work were female. It is also plausible that the majority of those having a work injury are women in an industry where workers are predominantly female. It is seen that women experience work injury that cause loss of work days more than men [4]. Although this idea is supported by the study of Nakata et al. [22] and Çelik et al. [19], reveals that there is no association between work injuries and gender.

There exists variety of methods in the literature with the thought that the posture of the worker at work before or during the injury may constitute a factor playing a role in the occurrence of work injuries [23-26]. Lee et al. [26] observed the workers in the construction industry using the OWAS method and showed that their working postures, which, they think, could cause work injuries, form about 25% of all working postures. As the construction industry is classified as very dangerous workplace, it is non-

mal that it involves body postures of the group C3 and C4. The studies conducted on the people who do works such as cleaning, making beds, etc. at short time accommodation properties that are considered to be low dangerous workplaces delivered similar results as in this study. In the paper by Salwe et al. [24], the frequency of work injuries due to these straining movements which are not fit to body posture is about 4%. In this study of us, it is statistically shown that there is no correlation between the working postures of the workers and work injuries in the textile industry, which is considered to be included in low dangerous class. The multi-variable analysis performed by Craig et al. [23] revealed that lifting loads hourly, lifting loads daily, frequency of lifting load and bending of trachea were the work postures that could have an impact on work injuries. The less frequency of the aforementioned load lifting-related working postures in the textile industry and the fact that the tracheal flexion and the duration of flexion, except for the bending of trachea, does not constitute any risk factor are compatible with the results achieved by our study.

It was found out that the most frequently injured body region was the upper extremity with a ratio of 73.7% based on the statements by the workers who were involved in a work injury. In a study covering all industries, Özkan et al. [27] reported that the upper extremity is the most injured body region during the work injuries with a ratio of 56.6%. Serinken et al. [27] also investigated work injuries on textile workers and as a result, reported that the most injured region of body in work injuries was the upper extremity with a ratio of 75.1%. The study is compatible with the literature in this regard.

When Çelik et al. [19] examined the work injuries, they stated that the most frequent type of injury observed was the cuts with a ratio of 36.4% while Özkan and et al. [27], however, indicated the most frequent type of injury

as the operator's body parts getting caught in the machines with a ratio of 31.5%. According to Özkan et al. [27], obtuse object injury ranks second with a ratio of 21.5% whereas cuts ranks the fourth as the most common type of injury with a ratio of 17%. It is unusual to come across such a result when all industries are taken into consideration. Serinken et al. [28] describe the types of injuries of textile workers as cuts with a ratio of 55.6%, ranking first, followed by crushes with a ratio of 19%. This study shows the similarity in terms of the first two ranking types of injuries, with proportional differences (47.4%, 36.8%, respectively).

In this study, it was revealed that those with more work experience had a WI (the work experience of those who had a WI was ~11.5 years). This shows that a person with an average of 11.5 years of work experience has had a WI at least once in his work life. In other words, as work experience decreases, the risk of WI increases. It is thought that inexperienced workers act more carefully or the occupational safety training they receive at the beginning of the job has an effect on this. Confidence that comes with increasing experience, and when occupational safety training has not been repeated the risk of WI is reflected in the statistics [29]. Studies also report that young workers are disadvantaged by a lack of experience and safety training, or because they believe they are immune to hazards and do not take them seriously, resulting in non-compliance with safety regulations [30, 31]. As a weakness of this study, the participants were not asked about their age or work experience at the time of the injury. Occupational Health and Safety Law was published in Turkey in 2012 [32]. Improvements were made regarding occupational health and WI, especially occupational safety training. These improvements made in the field of occupational safety had a greater effect on less experienced people. Our study shows that it is reason-

nable for more experienced people to have had a WI.

The relationship between workers' education level and their experiences of being involved in work injuries is another topic of interest for researchers. Whether in the textile industry or not, scientists have examined workers' level of education and their frequency of being involved in work injuries and sometimes introduced different results to the literature. In the literature review. In recent studies, there are studies showing that as the level of education increases, the number of occupational accidents decreases [29, 33], and there are also studies showing that it does not affect them [34, 35]. Contrast, this study shows that those who are involved in work injuries mostly have an education level equivalent to secondary school or a level upper level of education. Although it is expected that work injuries decrease with a higher level of education, in a small number of studies observed that such a hypothesis is not valid. Berhan [36], Nakata et al. [22] and Çopur et al. [37] also pointed out that work injuries occurred more frequently among the workers having an education level of secondary school and upper. The increasing level of education should not mean an increase in WI. Confidence given by the level of education or being recruited in a job that is not suitable for their education may cause this situation. Regardless of the education level of the employees, it is generally accepted to provide in-service training for WI [38-41].

The workers refuse to use the personal protective equipment provided to them and comply with the safety measures to which they are subject to on the grounds that the same slows down the production or limits productivity or due to personal reasons. In the study of Çopur et al. [37], it is reported that 95.8% of the workers have taken measures against work injuries but in spite of this, 1 in 5 of them were involved in work injuries. Serinken et al. [28], who studied work injuries in the textile industry, reported

that 74.3% of those who have experienced work injuries used personal protective equipment. 61.38% of the workers who were asked about whether they comply with protective, security measures etc. responded affirmatively but it was, however, observed that 1 in 5 of the workers were involved in work injuries. As Akintayo [42] said, personal protective equipment alone was not enough; there was a combination of careless attitudes of workers and misused/non-used safety rules. Even though similar to the few studies in the literature, this resulting negative outlook, must not give rise to the thought that the measures taken against work injuries are of no use. It should be admitted that they help to overcome the consequences of any injuries to be experienced. Proper use of personal protective equipment not only prevents accidents, but also reduces post-accident losses [30, 43].

According to the OWAS assessment, 57.8% of the working postures of the workers were formed by the movements of category C1, 41.2% of C2, 0.5% of C3, and 0.1% of C4. It was observed that the movements that needs to be corrected urgently were found to be at the level of 6 per thousand (of categories C3 and C4), whereas the movements were concentrated in the category that could be regarded as safe (category C1). In fact, according to the communique published in the Resmi Gazete dated 26 December 2012 and numbered 28509, job descriptions in this workplace are shown in the low dangerous risk group [44]. It's also shown by this results why the textile industry is included in the low dangerous workplace group. It was indicated that there was no statistical correlation between working posture and work injuries.

V. RECOMMENDATION

It is suggested for future studies be conducted in the light of these conclusions, to establish a system that enables

an analysis of the working postures of the worker/workers immediately prior to the occurrence of work injuries. Lastly, it has been suggested that this situation should be taken into account in workplaces where female employees are the majority at the secondary education level and in-service training about work safety should be given.

AUTHOR CONTRIBUTIONS : Research idea creation and design by İMA & İD; data collection and analysis by İMA, comment and reporting of the article were done by İMA & İD.

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that there is no conflict of interest, and that the research and publication ethics are complied with in the article.

FINANCIAL SUPPORT: This thesis research was financed by the ÖYP budget of the Higher Education Institution (YÖK).

ETHICAL APPROVAL: Permissions from İpekyol Giyim San. Ve Tic. A. and Trakya University Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee (TUTF- GOKAEK 2014/56) were received in order to conduct the study.

REFERENCES

- [1] World Health Organization, WHO guide to identifying the economic consequences of disease and injury. Geneva: World Health Organization (in en), 2009.
- [2] E. Tompa et al., "Economic burden of work injuries and diseases: a framework and application in five European Union countries," *BMC Public Health*, vol. 21, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s12889-020-10050-7.
- [3] U. Karakurt, S. Satar, A. Bilen, A. Acikalin, and M. Gulen, "Occupational accidents and emergency medicine," *Journal of Academic Emergency Medicine*, 2012, doi: 10.5152/jaem.2012.037.
- [4] I. Fontaneda, M. A. Camino López, O. J. González Alcántara, and D. O. Ritzel, "Gender differences in lost work days due to occupational accidents," *Safety Science*, vol. 114, pp. 23-29, 2019/04/01 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.027>.
- [5] D. Akay, M. Dağdeviren, and M. Kurt, "Çalışma duruşlarının ergonomik analizi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 18, no. 3, pp. 73-84, 2003.
- [6] H. Esen and N. Fırlı, "Çalışma duruşu analiz yöntemleri ve çalışma duruşunun kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkileri," *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 17, no. 1, 2013.
- [7] I. D. Anyfantis and G. Boustras, "The effects of part-time employment and employment in rotating periods on occupational accidents: The case of Greece," *Safety Science*, vol. 121, no. 2020, pp. 1-4, 2020/01/01/ 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.09.001>.
- [8] H. Alali, L. Braeckman, T. Van Hecke, and M. Abdel Wahab, "Shift Work and Occupational Accident Absence in Belgium: Findings from the Sixth European Working Condition Survey," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 9, p. 1811, 2018, doi: 10.3390/ijerph15091811.
- [9] R. J. Gatchel and I. Z. Schultz, *Handbook of occupational health and wellness*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [10] E. A. Bilgiç, "İşyerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi; Tehlikeli Sınıfta Yer Alan Bir Fabrikanın Üretim Sahalarında Çalışan Kişilerin Kas Iskelet Sistemi Yakınmaları ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi" Uzmanlık Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
- [11] J. P. Bonde, "Understanding work related musculoskeletal pain: does repetitive work cause stress symptoms?," *Occupational and Environmental Medicine*, vol. 62, no. 1, pp. 41-48, 2005, doi: 10.1136/oem.2003.011296.
- [12] B. R. da Costa and E. R. Vieira, "Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies," *Am J Ind Med*, vol. 53, no. 3, pp. 285-323, Mar 2010, doi: 10.1002/ajim.20750.
- [13] Sosyal Güvenlik Kurulu, "SGK İstatistik Yıllığı," Ankara, 09.11.2015 2014. [Online]. Available: http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler/sgk_istatistik_yilliklari/
- [14] E. N. Güllüoğlu and E. Taçgın, "Türkiye tekstil sektöründe istihdam ve iş kazalarının analizi," *Tekstil ve Mühendis*, vol. 25, no. 112, pp. 344-354, 2018, doi: doi.org/10.7216/1300759920182511208.
- [15] M. L. Baldwin, "Reducing the costs of work-related

- musculoskeletal disorders: targeting strategies to chronic disability cases," *J Electromyogr Kinesiol*, vol. 14, no. 1, pp. 33-41, Feb 2004, doi: 10.1016/j.jelekin.2003.09.013.
- [16] E. Özel and O. Çetık, "Mesleki Görevlerin Ergonomik Analizinde Kullanılan Araçlar Ve Bir Uygulama Örneği" *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, no. 22, pp. 41-56, 2010.
- [17] W. Keyserling, "OWAS: An Observational Approach to Posture Analysis," Available online via <http://ioe.engin.umich.edu/ioe567/OWAS.pdf> [accessed January 2004], 2004.
- [18] A. Ismail, M. Yeo, M. Haniff, R. Zulkifli, B. Deros, and N. Makhtar, "Assessment of postural loading among the assembly operators: A case study at Malaysian automotive industry," *European Journal of Scientific Research*, vol. 30, no. 2, pp. 224-235, 2009.
- [19] K. Çelik et al., "Occupational injury patterns of Turkey," *World Journal of Emergency Surgery*, vol. 8, no. 1, p. 57, 2013, doi: 10.1186/1749-7922-8-57.
- [20] M. Aras, T. Dolanbay, and L. Şahin, "Evaluation of patients admitted to the emergency department of Kafkas University Faculty of Medicine Hospital due to occupational accidents," *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, vol. 4, no. 2, pp. 77-82, 2020, doi: 10.33720/kisgd.716415.
- [21] D. Shuang, L. Heng, M. Skitmore, and Y. Qin, "An experimental study of intrusion behaviors on construction sites: The role of age and gender," *Safety science*, vol. 115, pp. 425-434, 2019.
- [22] A. Nakata et al., "The prevalence and correlates of occupational injuries in small-scale manufacturing enterprises," *J Occup Health*, vol. 48, no. 5, pp. 366-76, Sep 2006. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17053303>.
- [23] B. N. Craig, J. J. Congleton, E. Beier, C. J. Kerk, A. A. Amendola, and W. G. Gaines, "Occupational risk factors and back injury," *Int J Occup Saf Ergon*, vol. 19, no. 3, pp. 335-45, 2013. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24034877>.
- [24] K. Salwe, S. Kumar, and J. Hood, "Nonfatal occupational injury rates and musculoskeletal symptoms among housekeeping employees of a hospital in Texas," *J Environ Public Health*, vol. 2011, p. 382510, 2011, doi: 10.1155/2011/382510.
- [25] P. J. Lee, E. L. Lee, and W. C. Hayes, "The ratio of thoracic to lumbar compression force is posture dependent," (in English), *Ergonomics*, vol. 56, no. 5, pp. 832-841, May 1 2013, doi: 10.1080/00140139.2013.775354.
- [26] T. H. Lee and C. S. Han, "Analysis of working postures at a construction site using the OWAS method," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 19, no. 2, pp. 245-250, 2013. [Online]. Available: <Go to ISI>://WOS:000321179100008.
- [27] S. Özkan et al., "Occupational injuries admitted to the Emergency Department," *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, vol. 16, no. 3, pp. 241-7, May 2010. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20517751>.
- [28] M. Serinken, I. Turkcuer, B. Dagli, O. Karcioğlu, M. Zencir, and E. Uyanık, "Work-related injuries in textile industry workers in Turkey," *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*, vol. 18, no. 1, pp. 31-36, 2012, doi: 10.5505/tjtes.2012.54376.
- [29] M. Kaplan and M. Çalli Kaplan, "Türkiye'de çalışanların demografik özelliklerinin iş kazalarına etkilerinin analizi," *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, vol. 17, no. 2, pp. 74-89, 2019, doi: 10.11611/yead.539644.
- [30] R. Sehsah, A.-H. El-Gilany, and A. M. Ibrahim, "Personal protective equipment (PPE) use and its relation to accidents among construction workers," *La Medicina del lavoro*, vol. 111, no. 4, p. 285, 2020.
- [31] S. S. Alizadeh, S. B. Mortazavi, and M. M. Sepehri, "Analysis of occupational accident fatalities and injuries among male group in Iran between 2008 and 2012," *Iranian Red Crescent Medical Journal*, vol. 17, no. 10, 2015, doi: 10.5812/ircmj.18976.
- [32] (2012). İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanunu. [Online] Available: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6331.pdf>
- [33] L. D. S. Menegon, F. A. Menegon, M. Maeno, and E. Kupek, "Incidência e tendência temporal de acidentes de trabalho na indústria têxtil e de confecção: análise de Santa Catarina, Brasil, entre 2008 e 2017," *Revista Brasileira de Epidemiologia*, vol. 24, 2021, doi: 10.1590/1980-549720210005.
- [34] S. Bayraktarođlu, M. Mustafa, and A. Erhan, "Çalışanlarda iş güvenliği ve iş kazası algısı: Mavi yakalılar üzerine bir araştırma," *Uluslararası Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 5, no. 9, pp. 1-15, 2018.
- [35] G. Aygün and S. Özvurmaz, "Sağlık çalışanlarının yaşadığı iş kazaları ve ilişkili faktörler," *Medical Sciences*, vol. 15, no. 4, pp. 123-132, 2020.
- [36] E. Berhan, "Prevalence of occupational accident; and

- injuries and their associated factors in iron, steel and metal manufacturing industries in Addis Ababa," *Cogent Engineering*, vol. 7, no. 1, p. 1723211, 2020, doi: 10.1080/23311916.2020.1723211.
- [37] Z. Çopur, B. Varlı, M. Aşar, and M. Şenbaş, "Ege Üniversitesi Hastanesi'nde çalışan ev idaresi personelinin iş kazası geçirme durumunun incelenmesi," *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, vol. 9, no. 2, 2006.
- [38] Z. G. Ateş, "Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği açısından eğitilmeleri," *Selcuk Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, vol. 28, no. 2, pp. 713 - 744, 2020, doi: 10.15337/suhfd.738406.
- [39] S. Bayram, "Şantiyelerde yaşanan güncel iş kazaları, çalışan farkındalıkları ve eğitim seviyeleri arasındaki ilişki," *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 33, no. 1, pp. 241-252, 2018, doi: 10.21605/cukurovaummfd.420738.
- [40] F. Hatami and R. Kakavand, "The effect of educational intervention on promoting safe behaviors in textile workers," *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, vol. 28, no. 3, pp. 1559-1565, 2022, doi: 10.1080/10803548.2021.1911124.
- [41] R. G. Lucchini et al., "Education and training: Key factors in global occupational and environmental health," *Annals of Global Health*, vol. 84, no. 3, pp. 436-441, 2018, doi: 10.29024/aogh.2328.
- [42] W. Akintayo, "Assessment of occupational safety and health practices among workers in the garment, textile and dyeing industries in Abeokuta, Ogun State, Nigeria," *Africa Environmental Review Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 83-91, 2020.
- [43] T. K. M. Wong, S. S. Man, and A. H. S. Chan, "Critical factors for the use or non-use of personal protective equipment amongst construction workers," *Safety science*, vol. 126, p. 104663, 2020.
- [44] (2012). İş Sağlığı Ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. [Online] Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121226-11.htm>

İndigo Boya Tozunun Denim Fabrikası Çalışan Sağlığı Üzerine Etkisi

Effect of Indigo Dye Powder on Employee Health of Denim Factory

Hüseyin BENLİ 

ÖZET

İndigo denim kumaşların renklendirilmesinde kullanılan bir boyarmaddedir. Doğal indigo 6.000 yıldan, sentetik indigo ise 150 yıldan fazla bir süredir tekstil boyası olarak kullanılmasına rağmen indigo'nun yan etkileri ve toksisitesi hakkında çok az araştırma raporu bulunmaktadır. Bu derlemede boyahanelerdeki indigo boyarmadde tozlarının çalışan sağlığı üzerine yapacağı olumsuz sağlık sorunlarının neler olabileceği araştırılmıştır. Dünyada üretilen yaklaşık 25 milyon ton pamuğun yüzde 20'si denim kumaşların üretiminde kullanılıyor olması ve bunların renklendirilmesinde indigo boyarmaddesine ihtiyaç duyulması nedeniyle tonlarca indigo boyarmadde tozları ile çalışanlar üretin sürecinde karşı karşıya kalacak demektir. Bu durumun sonuçlarının halk sağlığı açısından kritik bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir. İndigo boyarmadde tozlarının işyeri ortam havasına yayılması sonucu çalışanların karşılaşabileceği sağlık sorunları hakkında literatürde belirtilmiş olan araştırma ve bulguları bir çatı altında toplayarak işverenin, çalışanların, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının ve işyeri hekimi ve diğer sağlık personellerinin farkındalıklarının artırılması beklenmektedir.

Keywords: Denim, Jean, İndigo, İş Sağlığı.

ABSTRACT

Indigo is a dyestuff used to color denim. Although natural indigo has been used as a textile dye for over 6,000 years and synthetic indigo for more than 150 years, there are few research reports on the side effects and toxicity of indigo. In this review, it has been investigated what negative health problems can be caused by indigo dyestuff powders in dyehouses on employee health. Because 20 percent of the world's approximately 25 million tons of cotton is used in the production of denim fabrics and indigo dyestuff is required for coloring them, those who work with tons of dye powder will be confronted during the production process. The consequences of this situation are thought to be of critical importance in terms of public health. It is hoped that the awareness of employers, employees, occupational health and safety specialists and workplace physicians will be increased by gathering the research and findings stated in the literature about the health problems that employees may encounter due to this dust spreading into the workplace.

Anahtar Kelimeler: Denim, Jean, Indigo, Occupational Health.

I. GİRİŞ

Yaklaşık 300 yıldır tekstil endüstrisinde çalışmanın tehlikeli ve alerjik solunum yolu patolojilerinden sorumlu olduğu kabul edilmiştir. 18. yüzyılın başlarında, B. Ramazzini keten ve kenevire maruz kalan çalışanlar arasında tuhaf bir astım türü tanımlamıştır [1]. O zamandan beri, bazı alerjik patolojilerin yayılımı, özellikle astım, tekstil endüstrisinde artan kimyasal ve sentetik elyaf kullanımı nedeniyle yükselmiştir. Astımın, tekstil çalışanları arasında açık ara en yaygın mesleki solunum hastalığı olduğu bildirilmektedir [2]. Çeşitli çalışmalar, pamuk tozuna maruz kalan çalışanların öksürük, balgam, göğüste sıkışma, nefes darlığı, hırıltılı solunum, bronkokonstriksiyon ve solunum yolu hastalıkları gibi akut solunum semptomlarına neden olabileceğini göstermiştir [3]. Cinsiyet, hizmet yılı ve havalandırmanın yanı sıra tekstil fabrikasının çırçır, eğirme, dokuma gibi bölümlerin de çalışmanın solunum bozuklukları ile önemli ölçüde ilişkili olduğu tespit edilmiştir [4]. Yoğun araştırmalar, tekstil işçilerinde tekstil tozu ile kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) arasında bir ilişki bulmuştur ve pamuklu tekstil fabrikası çalışanlarında solunum semptomlarının daha yaygın olduğunu, azalan akciğer fonksiyonu (obstrüktif ve kısıtlayıcı), pamuk işçilerinde artan solunum semptomları ve akciğer kanseri gelişimi bildirilmiştir [3]. Çok sayıda tekstil çalışanın, bakteriyel kontaminasyondan kaynaklanan endotoksin dahil olmak üzere pamuk tozuna ve kirleticilerine maruz kaldığı ve hem toz partikülleri hem de endotoksin, çeşitli farklı solunum sağlığı sorunlarına neden olabileceği ve solunabilir toz ile endotoksin arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu bildirilmiştir [5].

Tekstil çalışanlarının maruz kaldığı tozlardan biri de tekstil maddelerinin renklendirilmesinde kullanılan boyarmaddelerin tozlarıdır. Tekstil endüstrisinin tek başına toplam boyarmadde tüketimi dünya çapında 107 kg/yıl'ı aş-

maktadır [6]. Denim endüstrisi ve burada kullanılan indigo boyarmaddesinin çalışan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri de önem arz etmektedir. Çözgü olarak indigo ile boyanmış ve atkı olarak boyanmamış pamuk ipliği ile çözgü yüzlü dimi desende dokunan eşsiz bir kumaş türü olan denim, tüm zamanların modası ve sürekli evrim geçiren bir kumaş olarak adlandırılabilir. Denim günümüzde, sadece bir giysiden ziyade tüm bir yaşam tarzı olarak karşımıza çıkmaktadır. Denim'in geleceği de yenilikler sayesinde umut vaat etmektedir [7]. Denim ile ilgili çok farklı tanımlar yapılmış olup bunlardan bazıları 'rahat', 'riskli', 'maceracı', 'rahatlatıcı', 'göz alıcı', 'çekici', 'agresif', 'akıllı', 'gündelik', 'komik', 'dinamik', 'enerjik', 'modaya uygun', 'pratik', 'yaratıcı' ve 'evrensel' gibi sıfatları ile tanımlanmıştır [8]. Fransa'nın "de Nimes" kentinde üretilmeye başlandığı için, "Nimes'den gelen" anlamını taşıyan adını bu şehirden almıştır. İlk kez Fransa'nın Nimes ve İtalya'nın Cenova kentlerinde iş giysisi olarak dokunmaya başlanmıştır. 1850 yılında kurulan Levi Strauss & Co. denim kumaşından işçi elbiseleri üretmeye başlamasıyla birlikte Jean markalaşma sürecine girmiş ve tüm Dünya'da tanınmıştır.

Türkiye'nin denim ile tanışması ise II. Dünya Savaşı sonralarına rastlamaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa'daki gibi Türkiye'de de Amerikan üsleri kurulmuştur. Amerikan askerinin üniformalarıyla birlikte sivil hayatta giydiği bluejeans rağbet görmeye başlamıştır. Daha sonraki yıllarda Türk bluejeans'ine marka olarak soyadını veren Muhteşem Kot, Avrupa'ya yaptığı bir gezi sırasında bluejeans ile karşılaşmış ve araştırdığında bluejeans'in Amerika'da kovboylar ve tarım işçileri tarafından giyildiğini öğrenmiştir. Türkiye'de de işçi ve köylünün giyebileceği sağlam, rahat ve bakımı kolay bir pantolon olabileceğini düşünüp bluejeans üretimine başlamıştır. "Kot" bir marka olarak 1958 yılında tescil edilmiştir. Böylece Muhteşem Kot'un girişimiyle bluejeans, yaklaşık yüzyıl sonra Ameri-

ka'dakinin aynı işleviyle İstanbul'daki tarihine başlamıştır [9].

Bu çalışmanın esas amacı, denim üretimi için çok miktarlarda kullanılan doğal veya sentetik koyu mavi renkli indigo boyarmadde tozlarının işyeri ortam havasına yayılması sonucu burada çalışan kişilerin karşılaşılabileceği sağlık sorunları hakkında literatürde belirtilmiş olan araştırma ve bulguları bir çatı altında toplayarak bu konuda işverenin, çalışanların, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının ve iş yeri hekimi ve diğer sağlık personellerinin farkındalıklarını arttırmaktır.

II. YÖNTEM

Tarama yönteminin kullanıldığı araştırmada, basılı ve online veri tabanlarından derlenen dokümanlardan, kamu istatistikleri ve kurumsal bazda hazırlanan çalışma raporlarından yararlanılmıştır. İstatistikler ve çeşitli raporlardan elde edilen veriler bulgular kısmında açıklanmıştır. Bu elde edilen veriler ışığında indigo boyalarını kullanan işletmelerin çalışanlarında ortaya çıkabilecek sağlık sorunları kronolojik olarak detaylı bir şekilde sunulmuştur. İndigo'nun üretim sürecinden başlayarak, boyama işlemlerinde kullanılan kadarki süreçlerde çok farklı yardımcı kimyasal maddeler ve üretim yöntemleri mevcuttur. Bunların bir kısmı çevreye ve insan sağlığına zarar verdikleri bilinmektedir. Ancak, bu çalışmada özellikle toz halinde denim üretiminde kullanılan indigo boyarmaddesinin işletmenin farklı bölümlerinde çalışan kişilerin sağlığına verebileceği olumsuz sağlık sorunları üzerinde durulmuştur. Literatürdeki makale kümelerini belirlemek için nesnel bir yaklaşım olan atıf ağı analizinin kullanımına dayanarak, indigo'nun insan sağlığı konularında üç ana araştırma alanı bulundu: dermatolojik etki, toksikolojik etki ve solunum etkisi. Her araştırma alanı içinde bir bilgi yapısı haritası çizmek için makalelerin Ana Yol Analizi yapılarak daha fazla araştırma yapıldı.

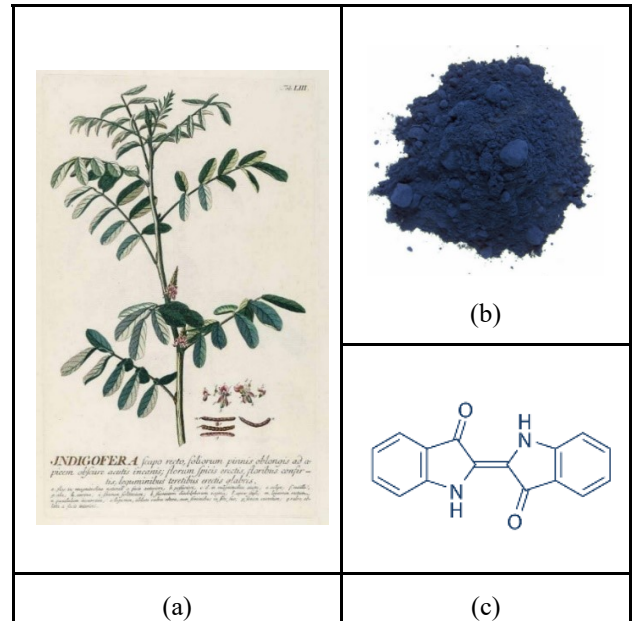
Son olarak, insan sağlığı perspektifinden her bir araştırma alanı için gelecekteki araştırma fırsatları ve yönleri önerilmiştir.

A. İndigo Boyarmaddesi

Blue Jean, indigo ile boyanmış denim kumaşından üretilir. Doğal indigo, "Indigofera tinctoria L." (Şekil 1 (a)) bitkisinin taze yapraklarının fermantasyonuyla üretilen organik bir boyarmadde. Peru'nun kuzey kıyısındaki Huaca Prieta'nın Preceramic bölgesindeki arkeolojik araştırmada bulunan 6000 yıllık pamuklu kumaşlar analiz edilmiş ve bu kumaşın bir indigoit boya (indigotin) olarak mavi bir pigmentin izlerini taşıdığı ve bu da onu indigo'nun bilinen en eski kullanımı haline getirdiği rapor edilmiştir [10]. Indigofera tinctoria L. bitkisinin fermantasyonundan elde edilen koyu mavi renkli toz (Şekil 1 (b)) boya Hindistan'da ise yaklaşık 4000 yıldır bilinmektedir.

Fenikeli tüccarlar ve göç eden halklar vasıtasıyla bu

Şekil 1: Doğal indigo üretiminde kullanılan indigofera tinctoria L. bitkisi (a) [13], elde edilen mavi renkli toz indigo boyarmaddesi (b) ve kimyasal yapısı (c) [14]



boyarmadde giderek Akdeniz bölgesine ve Avrupa'ya yayılmıştır. MÖ 1600 yıllarda Endonezya, Çin ve Afrika'da indigo'nun izlerine rastlanmıştır. Mavi renkli olan indigo'nun, gri, yeşil ve kırmızı tonları bulunur [9]. İlk sentetik indigo boyarmaddesi 1897 yılında BASF tarafından sentezlenmiştir [11, 12]).

Küp boyarmadde sınıfında olan mavi indigo veya indigotin olarak ta bilinen indigo boyarmaddesi (C.I. Vat Blue 1, CI 7300, CAS numarası: 482/582-89-3, IUPAC adı 3H-indol-3-yl, 2-((1,3-dihidro-3-oxo-2H-indol-2-ylidene)-1,2-dihidroksi, Kimyasal formülü $C_{16}H_{10}N_2O_2$) (Şekil 1 (c)) dir.

Suda çözünmez ve yaygın çözücülerde ise az miktarda çözünür ve de 300°C'de erir [12]. İndigo boyalar tekstil, kâğıt, deri, plastik gibi materyallerin renklendirilmesi ile gıda, ilaç, kozmetik ve fotokimyasal gibi özel uygulamalar için de kullanılan renklendiricidir [7]. Düşük kaliteli bir boya olan indigo, denime karakteristik mavi rengi verdiği için denim boyamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Sentetik indigo şimdilerde bitkilerden elde edilen doğal indigo'nun yerini almış durumdadır [15]. Son zamanlarda, indigo dünya çapında en çok üretilen boya haline gelmiştir. 2001 yılında 22.000 ton olan indigo boyarmadde üretimi, yüksek küresel pazar talebi nedeniyle 2011 yılında 50.000 tona yükselmiştir. 2011 yılında 50.000 ton olan indigo talebi, toplam üretimin %95'i, yılda 4 milyardan fazla denim giysisinin boyanmasında kullanılmıştır [16].

III. ARAŞTIRMA BULGULARI

Denim giysiler, Türkiye'de dokuma konfeksiyon sanayinin önemli üretim dallarından biri konumunda yer almaktadır. Bu ürün grubu 200'den fazla ülkeye ihracat yapan Türkiye'nin dokuma konfeksiyon ihracatında genel olarak yüzde 25-30 arasında önemli bir paya sahiptir. 2020 yılında Türkiye'den 1,4 milyar dolarlık denim giysi ihra-

catı ve 2021 yılının ilk çeyrek döneminde 431,5 milyon dolarlık denim giysi ihracatı ile 2020'nin aynı dönemine kıyasla yüzde 5,4 oranında artış göstermiştir. Dokuma konfeksiyon ihracatı içerisinde denim giysilerin payı ise yüzde 25,1'dir. Dünyada üretilen yaklaşık 25 milyon ton pamuklu yüzde 20'si denim kumaşların üretiminde kullanılmaktadır [17].

Denim kumaşların renklendirilmesi esnasında kullanılan indigo boyarmaddesinin tozları işyeri çalışma ortamına yayılabilir. Bu tozlara maruz kalan çalışanlarda görülen en çok hastalık ise Mesleki astımdır. Mesleki astım (OA), "iş yeri dışında karşılaşılan uyarılara değil, belirli bir mesleki ortama atfedilebilen nedenler ve koşullar nedeniyle değişken hava akımı kısıtlaması ve hava yolu aşırı duyarlılığı ile karakterize edilen bir hastalık" olarak tanımlanmıştır [18].

A. Endüstriyel Tozlar

Atmosferin her yerinde tozlar bulunmasına rağmen, yüzyıllardır bazı tozlu mesleklerde çalışanların, bu tozlu işlere maruz kalmayanlara göre daha az sağlıklı oldukları kabul edilmiştir. Tozlu ortamlarda çalışanların meslek hastalıklarının, tozun solunması, yutulması, doğrudan cilt yoluyla emilmesi, cildin tahriş olması veya bunların bir kombinasyonu ile sisteme girmesinden kaynaklandığı bilinmektedir. Havada süspansiyon halinde bulunan partiküller toz veya duman olarak adlandırılır. ABD Halk Sağlığı Servisi tarafından tozlu endüstrilerde yapılan araştırmalarda, incelenen toz parçacıklarının yaklaşık yüzde 70'inin 1 ila 3 mikron arasında olduğunu, sadece yaklaşık yüzde 20'sinin 1 mikrondan küçük olduğunu ve ortalama boyutunun ise 1.3 mikron olduğunu ve ayrıca endüstriyel tozların boyutunun esas olarak 10 mikrondan küçük olduğu, asbest gibi havadaki lifli tozların ise 200-400 mikron çapında oldukları bildirilmiştir [19]. ISO'ya göre ise toz; "75 mikrondan küçük, bir süre havada asılı kalan ancak kendi ağırlığı ile

çöken küçük katı partiküller” olarak tanımlanmıştır [20].

Önemli miktarda serbest silika içerenler gibi belirli toz türlerine maruz kalmanın solunum yolu hastalıklarından kaynaklanan hastalık ve ölüm oranını arttırdığı artık iyi bilinmektedir; kurşun ve bileşikler gibi metalik tozlar ise genel sistemik zehirlenme ile ilişkilendirilmiştir.

B. Toksik ve/veya Tahriş edici tozlar

Bazı tozların zehirli olduğu bilinirken, bazıları ise uygun konsantrasyonlarda nispeten zararsızdır. Ancak yüksek konsantrasyonda tozun solunmasının istenmediği söylenebilir. Zehir, “doğrudan doğal kimyasal özellikleri aracılığıyla ve olağan eylemiyle vücuda, dışarıdan veya içeriden makul dozlarda uygulandığında yaşamı yok etme veya sağlığı ciddi şekilde tehlikeye atma yeteneğine sahip herhangi bir maddeye” denir. Toksik tozun solunmasından kaynaklanan hasar lokal veya uzak olabilir ve etkilenen diğer merkezler sırayla materyalin protoplazmik bir zehir olup olmadığına, reaksiyonda kostik olup olmadığına veya kan dolaşımına emilip taşınıp taşınmadığına bağlıdır.

Toksik veya tahriş edici tozların tümü, sistemik veya yerel olarak istenmeyen semptomlar üreten organik tozlardır. Lokal semptomlara neden olanlar genellikle tahriş edici olarak tanımlanır; genel veya sistemik semptomlar üretenlere “toksik” denir. Bir toz hem toksik hem de tahriş edici olabilir. Organik bileşiklerden tozun solunmasını takiben bildirilen yaralanma veya ölüm vakalarında, baş suçlular arasında para-nitranilin, di-nitro benzenler, kloro di-nitro benzenler, tri-nitro fenol ve nitro-naftalin bulunur. Metil menekşe tozuna maruz kalan işçilerde korneanın iltihaplanmasına bağlı göz hasarı meydana geldiği bildirilmiştir. Para-fenilendiamin türevlerinden gelen toz, özellikle tahriş edici ve tehlikelidir, yalnızca tozun ciltle temas ettiği şiddetli bir dermatit formuna neden olmaz, aynı zamanda solunum yollarının mukozaya zarında akut iltihaplanmaya da

neden olur. Toz boyaların kullanılması sırasında ve boyama işlemlerinde, özellikle parçacıkların her yöne yayıldığı hidro-ekstraksiyon işleminde toksik tozlar üretilebilir. Kömür katranı ve indigo boyları en sık kullanılan maddelerdir [19]. Denim endüstrisi için kullanılan boyların çoğu, solunum hassaslaştırıcıları olarak kabul edilmektedir. Bu solunum hassaslaştırıcılarının solunması sırasında mesleki astım oluştururlar. Benzidin bazlı boyalar kansere neden olma potansiyeline sahiptir, bu boyarmaddeler ayrıca burun akıntısı veya tıkanıklığı, sulu veya dikenli gözler, hırıltılı solunum, göğüste sıkışma ve nefes darlığı gibi alerjik semptomlara neden olur [6]. Denim fabrikalarındaki çalışanlar indigo boya tozuna maruz kalarak mesleki astım gibi hastalıklara yakalanabilirler. Bu konuda yapılan bazı araştırmalar şu şekilde özetlenmiştir.

1976 yılında, bir tekstil boya maddesi olan indigo tozuna mesleki olarak maruz kalmanın bir sonucu olarak mesane kanserinin meydana geldiği bildirilmiştir [21]. Boyaların kullanıldığı çalışma ortamlarında üst solunum yolu ve göz semptomları sıklıkla belgelenmiştir. Molhave vd. düşük konsantrasyonlarda uçucu organik bileşiklere (organik gazlar ve buharlar) deneysel maruziyetlerde göz, burun ve boğazda tahriş gibi akut semptomları tanımlamıştır [22]. Rannug vd. yapmış oldukları bir çalışmada teknik dereceli ve %98 saflıktaki sentetik indigo boya tozunun mutajenik etkiler gösterdiğini bildirdiler. Günlük 0,5 g/kg dozda kompleks indigo boya tozunun oral yoldan verilmesi, sıçanlarda lökosit sayısını artırdığı ve indigo'nun genotoksik olmayan bir kanserojen olarak hala potansiyel bir sağlık riski oluşturabileceğini rapor etmişlerdir [23]. Miller vd. iş yerinde öğütülmüş toz halinde serbest dolaşan FD&C Mavi Boya No. 2'ye (İndigotin) 2 yıl boyunca maruz kalan bir çalışanın öksürük, nefes darlığı, hırıltılı solunum ve burun tıkanıklığı gibi sağlık sorunları ile karşı karşıya kaldığını bildirilmiştir (Miller vd., 1996). Zuskin vd.'nin yapmış

oldukları araştırmada, indigo boyalar, direk boyalar, reaktif boyalar, dispers boyalar, kükürt boyalar gibi farklı tiplerde boyarmadde kullanılan bir tekstil boyama endüstrilerinde çalışan işçilerde akut ve kronik solunum semptomlarının yanı sıra akciğer fonksiyonlarında değişiklikler gelişebileceği bildirilmiştir. Bu boyarmaddelere maruz kalan işçilerde kronik solunum yolu semptomlarının yaygınlığı, kontrol çalışanlarından sıklıkla (anlamli ölçüde) daha yüksek olmuştur. Maruz kalan çalışanlarda, kronik semptomların en yüksek prevalansın nefes darlığı, kronik öksürük, kronik balgam, rinit, sinüzit ve ses kısıklığı için elde edildiği ve bu semptomların sıklığı maruz kalma süresi ile arttığı, çalışanlarında, iş vardiyası sırasında gelişen, en çok boğaz kuruluğu ve göz tahrişi olmak üzere, özellikle üst solunum yolu tahrişi olmak üzere akut semptomların yüksek oranda bir sıklık gösterdiği bildirilmiştir [24]. Nodoushan vd. boya çalışanları arasında akut ve kronik solunum yolu semptomlarının ortaya çıkma olasılığının önemli ölçüde yüksek olduğunu rapor etmişlerdir [25]. İndigo boyarmaddesi ile boyanmış pamuklu dokuma fabrikası çalışanlarının solunum problemleri riski altında olduğu ve öksürük, balgam varlığı, göğüste sıkışma, hırıltı ve nefes almada zorluk gibi sorunlar yaşandığı rapor edilmiştir [3].

Son yapılan araştırmalardan birinde ise, indigo'nun saç boyası olarak kuaförlerde kullanılması esnasında çalışanların mesleki astım, rinit ve kontaktürtikeri doğrulandığı ve tipik olarak toz halinde kullanılan bitkisel boyaların, kuaförlerde mesleki hava yolu ve cilt hastalıklarının potansiyel nedenleri olduğunu rapor etmişlerdir [26].

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye hem denim kumaş sektöründe hem de denim hazır giyim sektöründe dünyadaki en başarılı ülkelerden biridir. Denim kumaş ihracatında dünya üçüncüsü olan Türkiye'nin dünya pazar payı %9, denim hazır giyim ihra-

catında da dünya üçüncüsü olan ülkemizin pazar payı %5'tir. [9]. Denim jean'lerin moda endüstrisinde tartışılmaz bir rolü olduğu iyi bilinmektedir. Muhtemelen gelecekte de Jean üretimi ve terbiyesinde pek çok gelişme yaşanacaktır. 1969'da bir Amerikan kumaş dergisi yazarı, "Denim dünyanın en eski kumaşlarından biridir, ancak sonsuza kadar genç kalır" sözü günümüzde de hale geçerliliğini korumaktadır. Denimin geleceği güvende ve dünya çapında popülaritesi giderek artıyor, ancak ekoloji ve moda, kot üretimi ve pazarlaması için itici faktörler olmaya devam etmektedir. Denim ve jean'in zengin geleneğini sürdürdüğü bu yolda boyahanelerde kullanılan indigo boyarmadde tozunun çalışan sağlığına zarar verebilecek etkilerini azaltmak için mümkün olan tüm önlemler derhal alınmalıdır.

Sentetik indigo boyarmadde üretici olan dünya çapındaki bir firmasının üretmiş olduğu indigo boyarmaddesine ait malzeme güvenlik bilgi formunda ilgili maddenin işyeri ortam havasında müsaade edilebilecek azami konsantrasyon değeri (MAK) veya eşik değeri (TLV) hakkında bilgiye maalesef rastlanılmamıştır [27].

A. Önleme

İndigo boyarmadde tozunun sebep olabileceği kronikleşebilen ve çok tehlikeli bir hastalık olan mesleki astımın tedavisinin temel taşı önlemedir. Bu konu iş sağlığı ve güvenliği profesyonellerinin, endüstriyel hijyenistlerin, mühendislerin, kimyagerlerin ve alerji uzmanlarının iş kapsamı alanına girmektedir. Ayrıca işverenler, çalışanlar ve onların temsilcileri ve sağlık personeli arasında daha geniş bir iş birliği gerekmektedir.

Birincil önleme çabaları, çevresel ve kişisel risk faktörlerine odaklanmalı ve öncelikle alerjik hastalık gelişimini ve ayrıca hastalığın ilerlemesini önlemek için yapılmalıdır.

İkincil koruma tıbbi gözetimden oluşur. Mesleki hastalıklara duyarlı hale gelmiş çalışanların erken tespitine ola-

nak sağlamayı ve işle ilgili astım vakalarını mümkün olduğunca erken tespit etmeyi amaçlar. Sistemik olarak solunum bozukluklarını araştırması ve akciğer fonksiyon testleri (spirometri, SIC) ve/veya immünolojik araştırmalar gibi uygun ölçümleri başlatması gereken tıbbi ziyaretlere dayanır.

Üçüncül önleme, halihazırda mesleki astım teşhisi konmuş bireyler için geçerlidir. Uygun sağlık bakımının kurulmasını ve çalışanın maruziyetten erken uzaklaştırılmasıyla kalıcı astımı önleme çabasını içerir. Solunum cihazları gibi kişisel koruyucu ekipmanlar yalnızca son çare olarak düşünülmelidir. Solunum koruması sağlamak için maskelerin kullanılması genellikle etkili bir müdahale değildir ve işyeri değişikliğinin veya çalışanın maruziyet ortamından çıkarılmasının yerine geçmemelidir. Rahatsız edici tozlar gibi yüksek dozda tahriş edici maddelere maruz kalmanın tetiklediği astım vakalarında, çalışan işten ayrılmıyorsa maskelerle solunum koruması makul bir ikinci basamak yönetim stratejisi olabilir. İşle ilgili potansiyel tehlikelerin olduğu her sektörde olduğu gibi, iş süreçleri, güvenlik ekipmanı ve prosedürleri konusunda uygun çalışan ve eğitimi ve malzeme güvenlik bilgi formlarının kullanımı son derece önemlidir [2].

B. Mühendislik Tedbirleri

Boyahanelerde boyarmadde tozlarının tehlikesiyle uğraşırken, tozun kaynak noktasında bertaraf edilmesi ve böylece işyeri ortam havasına yayılmasının önlenmesi temel bir ilke olmalıdır. Toz havaya yayıldıktan sonra onunla başa çıkmak zordur ve asla tamamen tatmin edici olmayan bireysel korumaya güvenilmelidir. Boyarmadde tozları, emme cihazları tarafından kaynağında tutulabilir ve böylece uzaklaştırılıp toplanabilir. Bununla birlikte, bu türden herhangi bir mekanik cihazın ancak uygun şekilde tasarlanması, kurulması ve bakımının yapılması durumunda yeterli

koruma sağlayacağı unutulmamalıdır. Boyarmadde tozunu hapsetmek ve yayılmasını önlemek için su kullanılabilir ve belirli durumlarda su kullanımı ile emme kullanımının birleştirilmesi avantajlı olabilir. Tozlu bir işlem tamamen kapalı bir oda veya bölmede yapılabilir. Toza karşı bireysel koruma konusunda şu anda birçok solunum koruyucu cihaz türü mevcut olup uygun olanları tercih edilmesi sağlanmalıdır.

C. Tıbbi Kontrol

Aynı derecede önemli ve mühendislik aşamasıyla yakından ilişkili olan bir konu da mesleki tehlikelerin tıbbi kontrolüdür. "Sanayi, endüstriyel yaralanmaları ve hastalıkları tedavi etmenin en iyi yolunun onları önlemek olduğunu bulmuştur" ve istihdam öncesi ve periyodik fizik muayeneler yoluyla tıbbi kontrolün bu tür önlemedeki en önemli faktörlerden biri olduğu belirtilmiştir. İşe alım öncesi muayene, çalışanın fiziksel ve zihinsel olarak işe uygunluğunu belirlemek için yapılır. Yapılan fizik muayenelerinin temel ilkesinin, çalışanları işte tutmak ve fizik muayenenin sadece bir ayıklama süreci olmasına izin vermemek olduğu her zaman akılda tutulmalıdır.

Sonuç olarak, ülke ekonomisinin lokomotif konumundaki tekstil sektörünün istihdam ettiği çok sayıda çalışana mevcuttur. Sanayi ve teknoloji bakanlığı verilerine göre tekstil, hazır giyim ve deri sektöründe yaklaşık 1 milyon kişiye istihdam sağlandığı bildirilmiştir [28]. Çok sayıda çalışanın istihdam edildiği indigo boyahanelerinde kullanılan indigo boya tozlarının çalışan sağlığına zarar verme potansiyeli nedeniyle dikkate alınması gereken önemli bir konu olduğu düşünülerek, bu konuda atılacak adımlar çok sayıda çalışanın sağlığını koruma yolunda yapılan önemli bir adım olacaktır.

Yukarıda açıkça bahsedildiği üzere doğal veya sentetik indigo boyarmaddesinin tozlarının çalışan sağlığı üzerine

yapacağı olumsuz katkılar nedeniyle işyeri ortam havasında müsaade edilen azami konsantrasyon değerleri yetkili organlar tarafından acilen tespit edilmeli ve yapılacak kontrollerle bu eşik değerlerin aşılmaması sağlanmalıdır. Ayrıca, bu boyarmadde tozlarının çalışan sağlığına vereceği zararlar güncel bilimsel ve teknolojik altyapılar kullanılarak yeniden ayrıntılı bir şekilde halk sağlığı uzmanları tarafından ele alınmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan eder.

FINANSAL DESTEK: Bu çalışmada herhangi bir kişi, kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

ETİK KOMİTE ONAYI: İnsan örneği veya deneysel çalışma içermediğinden etik kuruluoluuru gerekmemiştir.

KAYNAKÇA

- [1] World N. E. Schachter, "Respiratory effects and other disease patterns in the textile industry," Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, <https://www.iloencyclopaedia.org/part-xiv-42166/textile-goods-industry/item/891-respiratory-effects-and-other-disease-patterns-in-the-textile-industry> (Accessed: May 25, 2022)
- [2] N. Chaari, C. Amri, I. Allagui, L. Bouzgarrou, M. A. Henchi, N. Bchir, M. Akrouit and T. Khalfallah, "Work related asthma in the textile industry," *Recent Pat. Inflammation & Allergy Drug Discovery*, vol. 5, no. 1, pp. 37-44, 2011, doi.org/10.2174/187221311794474838
- [3] R. Kammoolkon, N. Taneepanichskul and S. Taneepanichskul, "Respiratory symptoms and their association with exposure to respiratory dust among indigo-dyed cotton workers," *Arch. Environ. Occupat. Health*, vol. 77, no. 5, pp. 356-361, 2022, doi.org/10.1080/19338244.2021.1893633
- [4] S. D. Wami, D. H. Chercos, A. Dessie, et al., "Cotton dust exposure and self-reported respiratory symptoms among textile factory workers in North west Ethiopia: A comparative cross-sectional study," *J. Occup. Med. Toxicol.*, vol. 13, no. 13, 2018, doi.org/10.1186/s12995-018-0194-9
- [5] Y. Tefera, V. Schlünssen, A. Kumie, W. Deressa, B. E. Moen and M. Bråtveit, "Personal inhalable dust and endotoxin exposure among workers in an integrated textile factory," *Arch. Environ. Occupat. Health*, vol. 75, no. 7, pp. 415-421, 2020, doi.org/10.1080/19338244.2020.1743958
- [6] A. P. Periyasamy and J. Militky, "Denim processing and health hazards," Sustainability in Denim, S. S. Muthu, Ed., In The Textile Institute Book Series, Woodhead Publishing, 2017, pp. 161-196, doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00007-1.
- [7] K. Amutha, "2-Environmental impacts of denim," Sustainability in Denim, S. S. Muthu, Ed., In The Textile Institute Book Series, Woodhead Publishing, pp. 27-48, 2017, doi.org/10.1016/B978-0-08-102043-2.00002-2.
- [8] Denim Book. Barcelona: Clariant; 2012. <https://www.clariant.com/-/media/Files/Corporate/Investors/Annual-Report/Clariant-Annual-Report-2012-EN.pdf> (Accessed: May 20, 2022)
- [9] Türkiye Denim Sektörü, Dış Ticaret Raporu, Ulu- dağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2019. <http://uib.org.tr/tr/kbfile/turkiye-denim-ihracat-raporu-mays-2019> (Accessed: May 10, 2022)
- [10] J. C. Splitstoser, T. D. Dillehay, J. Woutersand and A. Claro, "Earlypre-hispanicuse of indigoblue in Peru," *Sci. Adv.*, 2:e1501623, 2016
- [11] S. Saxena and A. Raja, "Natural dyes: Sources, chemistry, application and sustainability issues", Road map to Sustainable Textiles and Clothing. S. Muthu, Ed., *Textile Science and Clothing Technology*, Springer, Singapore, pp. 37-80, 2014, doi.org/10.1007/978-981-287-065-0_2
- [12] R. B. Chavan, "3-Indigo dye and reduction techniques," Denim, R. Paul, Ed., Woodhead Publishing Series in Textiles, Woodhead Publishing, pp. 37-67, 2015, doi.org/10.1016/B978-0-85709-843-6.00003-2.
- [13] C. J. Trew and G. D. Ehret, "Plantaeselectae," 6: t. 53 [G.D. Ehret], 1760
- [14] N. Chanayath, S. Lhicochaiphant and S. Phutrakul, "Pigment extraction techniques from the leaves of Indigofera tinctoria Linn. and Baphicacanthuscusia Brem. and chemical structure analysis of their major components," *Chiang Mai University Journal*, vol. 1, pp. 149-160, 2002
- [15] R. Paul, "1-Denim and jeans: An overview," R. Paul, Denim, Ed., Woodhead Publishing Series in Textiles, Woodhead Publishing, pp. 1-11, 2015,

- doi.org/10.1016/B978-0-85709-843-6.00001-9
- [16] E. Rahayuningsih, W. S. Fatimah, M. S. Pamungkas and T. Marfitania, "Effect of physicochemical process variables on natural indigo dye production from Strobilanthes cusia leaves by response surface methodology," *Indones. J. Chem.*, vol. 22, no. 2, pp. 342-351, 2022, doi.org/10.22146/ijc.68335
- [17] Etextile magazine, <https://www.etextilemagazine.com/turkiye-dunyaya-denim-giydiren-dort-ulkeden-biri.html>, (Erişim: 28.04.2022)
- [18] M. E. Miller, Z. L. Lummus and D. I. Bernstein, "Occupational Asthma Caused by FD&C Blue Dye No. 2," *Allergy. Asthma. Proc.*, vol. 17, no. 1, pp. 31-34, 1996, doi.org/10.2500/108854196778662309
- [19] R. R. Sayers, "Harmful industrial dusts," *Public Health Rep. (1896-1970)*, vol. 53, no. 6, pp. 217-228, 1938
- [20] ISO 4225-Airquality-General aspects-Vocabulary, 1994
- [21] A. Hesbert, M. C. Bottin, J. De Ceaurriz, J. C. Protois and C. Cavelier, "Testing natural indigo for genotoxicity," *Toxicol. Lett.*, vol. 21, no. 1, pp. 119-125, 1984, doi.org/10.1016/0378-4274(84)90232-7
- [22] L. Molhave, B. Bach and O. F. Pedersen, "Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds," *Environ. Int.*, vol. 12, no. 1-4, pp. 167-175, 1986, doi.org/10.1016/0160-4120(86)90027-9
- [23] U. Rannug, H. Bramstedt and U. Nilsson, "The presence of genotoxic and bioactive components in indigo dyed fabrics - a possible health risk?," *Mutat. Res.*, vol. 282, no. 3, pp. 219-225, 1992, doi.org/10.1016/0165-7992(92)90099-4
- [24] E. Zuskin, J. Mustajbegovic, E. N. Schachter and J. Doko-Jelinic, "Respiratory function of textile workers employed in dyeing cotton and wool fibers," *Am. J. Ind. Med.*, vol. 31, no. 3, pp. 344-352, 1997, doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199703)31:3<344::AID-AJIM11>3.0.CO;2-0
- [25] M. S. Nodoushan, A. H. Mehrparvar, Z. Loukzadeh, M. Rahimian, M. A. G. Nodoushan and R. J. Nodoushan, "Evaluation of respiratory system in textile-dyeing workers," *Med. J. Islam. Repub. Iran*, vol. 28:88, 2014
- [26] T. Haltia, S. Jungewelter, L. Airaksinen, S. Suomela, I. Lindström and H. Suojalehto, "Occupational asthma, rhinitis, and contact urticaria from indigo (*Indigofera tinctoria*) hairdye," *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, vol. 9, no. 9, pp. 3500-3502, 2021, doi.org/10.1016/j.jaip.2021.04.047
- [27] Sigma, <https://www.sigmaaldrich.com/TR/tr/sds/aldrich/229296>, (Erişim tarihi: 14/05/2022)
- [28] Tekstil, Hazır giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi. [https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHaz%C4%B1rgiyimveDeri%C3%9Cr%C3%BCnleriSekt%C3%B6rleriRaporu\(2019\).pdf](https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/TekstilHaz%C4%B1rgiyimveDeri%C3%9Cr%C3%BCnleriSekt%C3%B6rleriRaporu(2019).pdf) (Erişim: 28.04.2022)



Teknoloji, Şantiyelerde İş Sağlığı ve Güvenliğinin Kaderini Değiştirebilecek mi? Literatür ve Endüstriyel Uygulamalar Üzerinden Bir İnceleme

Can Technology Change the Destiny of Occupational Health and Safety on Construction Sites? A Review on Literature and Industrial Applications

Mustafa YILMAZ , Serkan YILDIZ 

ÖZET

Hayatımızın her alanına giren elektronik ve bilgisayar teknolojilerinden diğer tüm sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) 'nin sağlanmasına yönelik yararlanma çabaları, son yıllarda başta gelişmiş ülkelerde olmak üzere tüm dünyada artış göstermektedir. İnşaat sektörü, ülkemizde iş kazası sonucu yaralanma ve ölümlerin en sık yaşandığı sektörlerin başında gelmektedir. Bu açıdan sektörde İSG'nin sağlanması için diğer her türlü imkânın yanında teknolojik yeniliklerin de devreye sokulması önemlidir. Bu noktadan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada, çeşitli veri tabanları üzerinden "teknoloji" "inşaat sektörü" ve "iş sağlığı ve güvenliği" anahtar kelimeleri kullanılarak kapsamlı bir tarama yapılmış ve inşaat sektörüne yönelik İSG teknolojileri belirlenmiştir. Belirlenen bu teknolojiler, kullanım alanlarına göre gruplandırılarak literatürdeki uygulamaların yanı sıra, sahada kullanılan ticari uygulamalar da incelenmiştir. Çalışma, inşaat sektöründe İSG'nin sağlanmasına yönelik olarak geniş bir yelpazede birçok teknolojik uygulama bulunduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın bazen çok küçük maliyetlerle ölüm ile hayatta kalma arasındaki farkı yaratan İSG teknolojilerinin Türk inşaat sektörü paydaşlarına tanıtılmasına ve bu sayede bu teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektörü, İş Sağlığı ve Güvenliği, Teknoloji.

ABSTRACT

In the construction sector, as in all other sectors, the efforts to benefit from electronic and computer technologies, which enter in every field of our lives, to ensure Occupational Health and Safety (OHS) have been increasing in recent years, especially in developed countries, all over the world. The construction sector is one of the leading sectors also in our country in terms of injuries and deaths as a result of work accidents. In this respect, besides other facilities, it is important to use technological innovations in order to ensure OHS in the sector. In this study, carried out from this point of view, a comprehensive review was made using the keywords "technology", "construction sector" and "occupational health and safety" through various databases and OHS technologies for the construction sector were determined. These technologies are grouped according to their areas of use, and the studies in the literature, as well as their industrial applications in the field have been examined. The study revealed that there are many technological applications in a wide range for ensuring OHS in the construction sector. It is considered that the study will contribute to the introduction of OHS technologies that make the difference between death and survival, sometimes with very small costs, to the stakeholders of the Turkish construction sector and thus to the widespread use of such technologies.

Keywords: Construction Sector, Occupational Health and Safety, Technology.

Mustafa YILMAZ | mstyilmaz2002@gmail.com
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
Ankara University, Ankara, Turkey

Serkan YILDIZ | syildiz58@yahoo.com
Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
Anadolu University, Eskişehir, Turkey

Received/Geliş Tarihi : 18.01.2022
Accepted/Kabul Tarihi: 24.06.2022

I. GİRİŞ

İnşaat sektörü dünyada ekonomik faaliyetin itici güçlerinden birisidir. Sektörün 2016'da küresel ekonomi içerisindeki payı %10-12 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu oran Türkiye'de %8-9 olarak dünya ortalamasının bir miktar altında kalmakla birlikte, beraberinde harekete geçirdiği sektörlerle bu rakamın %30'lar seviyesine çıktığı öngörülmektedir. İstihdam açısından da çok önemli olan sektörün Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde, nispeten daha canlı ekonomik aktivite ve yüksek yatırım potansiyeline bağlı olarak gelişmiş ülkelere göre daha hızlı bir şekilde büyüdüğü görülmektedir [1].

Tüm bu büyüklüğüyle birlikte inşaat sektörü işçi sağlığı ve güvenliği açısından riskli sektörlerin başında gelmektedir. Gelişmiş ülkelerde bir inşaat sektörü çalışanın iş kazası yaşamaması riski diğer sektörlerdeki bir çalışana oranla 3-4 kat daha fazladır ve ILO verileri bu oranın gelişmekte olan ülkelerde 6 kata kadar yükseldiğine işaret etmektedir [2]. Sosyal Güvenlik Kurumu verilerine göre 2019 yılı içerisinde ülkemizde tüm sektörlerde 5510 Sayılı Kanun'un 4-1/a maddesi kapsamındaki toplam 14.314.313 sigortalının 422.463 tanesi iş kazası geçirmiş ve bunlardan 1.147'si hayatını kaybetmiştir. İnşaat sektöründe çalışan toplam 1.294.788 çalışandan iş kazası geçirenlerin sayısı 47.701, hayatını kaybedenlerin sayısı ise 368 olmuştur. Aynı yılda toplam 1.586 inşaat sektörü çalışanına sürekli işgöremezlik geliri bağlanmış ve sektörde toplam 521.203 gün işgücü kaybı yaşanmıştır [3]. Bu istatistiklere göre, inşaat sektöründe çalışanların diğer tüm çalışanlara oranı % 9 iken, iş kazasına uğrayan çalışanların oranı %12 ve ölümlerin oranı ise %32 olmuştur. Bu rakamlar, özellikle iş kazası sonucu ölümler açısından ülkemizde inşaat sektörünün İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından diğer sektörlerden olumsuz anlamda ayrıştığını açıkça ortaya koymaktadır.

Öte yandan sigortasız çalışma ve iş kazalarının eksik bildirimi birçok az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeye benzer şekilde ülkemiz içinde büyük bir problemdir ve maalesef genel durum bu verilerden de daha kötüdür.

Sektörün, İSG açısından diğer sektörlerin genelinden olumsuz anlamda ayrışmasında kendine has bazı özellikleri önemli rol oynamaktadır. Bu özellikleri şu şekilde sıralamak mümkündür.

- İnşaat işleri genel olarak açık havada ve doğal iklim şartları altında gerçekleştirilmektedir.
- İnşaat işleri sınırlı süreler içerisinde gerçekleştirilen proje bazlı işlerdir. Buna bağlı olarak hem işçilerin hem de teknik personelin devir hızı çok yüksektir.
- Çalışma alanı genel olarak zemin seviyesinin üzerinde veya altındadır ve sürekli değişmektedir.
- Çalışanlar ve malzemelere ilişkin sürekli bir hareketlilik söz konusudur ve bu hareketliliğe ilişkin bir sistematik bulunmamaktadır.
- İnşaat faaliyetleri geniş ve dağınık bir alanda gerçekleşmektedir ve bu açıdan sürekli kontrol oldukça zordur.
- İşler genellikle altyükleniciler tarafından gerçekleştirilmektedir ve bu alt yüklenicilerin birbirlerinden farklı organizasyon ve iş disiplinleri bulunmaktadır.
- Sektör çalışanları arasında kalıplaşmış hatalı davranışlar oldukça yaygındır.
- Her şantiyenin şartları kendine özgüdür.
- Sektörde ağırlıklı olarak kurumsallaşmamış ve işletme kültürü gelişmemiş firmalar faaliyet göstermektedir [4-7].

Sektörün kendine has bu özellikleri, sektörde İSG'nin

sağlanabilmesi için eldeki tüm imkânların harekete geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu araçlardan birisi de hiç şüphesiz, son yıllarda hayatımızın her alanına giren, çalışanları karmaşık ve zaman alıcı bir iş olan çok ve çeşitli sağlık ve güvenlik risklerine karşı korumak için birçok sektörde kullanılmaya başlanan elektronik ve bilgisayar teknolojileridir. Teknolojinin, inşaat süreçlerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynadığı, ancak şantiyelerde İSG'ye yönelik uygulamalarının sınırlı kaldığı görülmektedir [8]. Bununla birlikte, İSG'nin sağlanmasına yönelik düzenlemelerinde baskısı ile özellikle gelişmiş ülkelerde yeni teknolojilerin devreye sokulması çabaları artmıştır. Örneğin insansız hava araçları geniş alanların İSG açısından izlenmesine imkan sağlarken, hareketlilik kaynaklı kazalara karşı ağır iş makinelerine kör nokta kontrol sistemleri entegre edilmeye başlanmıştır. Günümüzde şantiyelerde, olay raporlama, sağlık ve güvenlik kayıtlarını tutma, tıbbi yönetim, çalışan güvenliğini izleme, eğitim ve raporlama gibi çeşitli faaliyetlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılan bir dizi teknolojik uygulama aktif olarak kullanılmaktadır [9].

Ülkemiz için hem ekonomi hem de istihdam açısından son derece önemli olan, ancak İSG açısından da son derece kötü bir performans sergileyen inşaat sektöründe İSG'nin sağlanmasında teknolojinin kullanımının yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bu durumu bu tür teknolojilerin dünya genelinde çok yaygın olarak kullanılmadığı şeklinde savunmak mümkün olsa da, gelişmiş ülkelerde teknoloji kullanımının her geçen gün arttığı açıktır. Türk inşaat sektörünün konuya adaptasyon için geçireceği her fazladan zaman, aslında önlenebilecek yeni iş kazaları ve meslek hastalıklarının yaşanması, yani ilave yüzlerce çalışanın yaralanması, ölümü ve iş göremez hale gelmesi anlamına gelecektir. Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada literatürde yer bulmuş İnşaat sektöründe İSG'ye yönelik teknolojilerin tespit edilerek, bütüncül ve bilimsel

bir bakış açısı ile incelenmeleri hedeflenmiştir. Daha kolay anlaşılabilmesi açısından tespit edilen teknolojiler kullanım alanlarına göre sınıflandırılarak ele alınmıştır. Çalışmanın Türk inşaat sektörü paydaşlarının konuya ilişkin farkındalıklarının artırılmasına, bu sayede İSG'ye yönelik teknolojik uygulamaların kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

II. İSG'NİN SAĞLANMASINA YÖNELİK ŞANTİYELERDE KULLANILAN YENİ TEKNOLOJİLER

İnşaat sektörü, her türlü önleme rağmen, iş kazası sonucu ölüm, yaralanma ve iş göremezlikler açısından tüm diğer sektörler arasında en önde gelmeye devam etmektedir. Bu durum, gelişmiş ülkelerde İSG şartlarının iyileştirilebilmesi için kullanılan maddi varlıkların Kişisel Koruyucu Donanımların (KKD) ötesine geçmesi gerektiğinin anlaşılmasına neden olmuştur. Araştırmacılar ve şirketler, şantiyelerde iş yapış şekillerini değiştiren teknolojik gelişmelerin, daha güvenli çalışma ortamları oluşturmak için de kullanılabileceğinin farkına varmış ve bu teknolojileri ölüm ve yaralanma risklerini azaltmak üzere adapte etmeye başlamışlardır. Bugün bir kısmının uygulamaları daha sık görülen, bir kısmı ise henüz araştırma geliştirme aşamasında bulunan, ancak her ne şekilde olursa olsun en azından bir kısmının gelecekte sektörün ayrılmaz bir parçası haline geleceğine kesin gözüyle bakılan İSG'nin sağlanmasına yönelik önde gelen teknolojiler şunlardır:

A. Akıllı Sensörler

Sensörler; sıcaklık, basınç, nem, akışkan debisi, gaz, ışık ve ses gibi herhangi bir fiziksel değerin ölçülmesini sağlayan ve bunu elektriksel bir sinyale dönüştüren cihazlardır. Akıllı sensörler temel olarak, fiziksel ortamdan verileri toplayan ve topladığı veriyi önceden belirlenmiş hedeflere ve işlevlere uygun şekilde işleyerek bağlı olduğu ağa/sisteme bulut bilişim altyapısıyla aktaran aygıtlardır. Tipik olarak

bir akıllı sensör, bir dönüştürücü, bir ağ arayüzü, bir işlemci ve bir bellek çekirdeği içerir [10, 11]. Günümüzde akıllı sensörlerin ayrılmaz parçası haline gelen Mikro Elektro Mekanik Sistemlerin (MEMS) oluşturulmasında kullanılan silikon mikro işleme teknolojisi ile fiziksel dönüştürücüler de artık çok küçük yapılabilmektedir. Boyutları mikrometre altı seviyeden milimetre seviyesine kadar değişen MEMS teknolojisi, kinematiğe dayalı olarak insan faaliyetlerinin incelenmesi için minyatür ve düşük güçlü atalet sensörleri, ivmeölçerler ve jiroskopların üretimini teşvik etmektedir [12]. Mikroişlemci ve bellek gibi diğer entegre devre elemanları ile aynı teknolojiyi kullanan akıllı sensörlerin maliyetinin ve işlevselliğinin de bu devre elemanlarına benzer hızlarda ilerlemesi beklenmektedir [10].

Güvenlik verilerinin toplanması ve analizi, ölçüm ve iyileştirme stratejisi geliştirmede önemli bir unsurdur. Bu nedenle sensör tabanlı teknolojiler yardımıyla toplanan güvenlik verileri, kablosuz ağlar aracılığıyla işleme araçlarına iletilerek pek çok endüstri kolunda özellikle tehlikeli çalışma ortamlarında kullanılabilirler, bu durum inşaat teknolojisinde Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) uygulamasının temelini oluşturur. Bu tür uygulamalar inşaat sektöründe saha kontrolünden güvenlik yönetimine kadar birçok alanda fayda sağlayabilir ve bu teknoloji normal bir saha denetçisinin yaptığından çok daha fazla iş yapabilir [13]. Akıllı sensör teknolojileri ile şantiye ortamının gerçek zamanlı izlenmesi sayesinde meydana gelmesi muhtemel iş kazaları ve işçi - ekipman çarpışmalarının önüne geçilerek sahada İSG'nin sağlanmasına çok önemli bir katkı sağlanabilir [14]. Ahsan vd. (2007), kablosuz sensör ağları ile şantiye güvenliğinin sağlanmasında çeşitli sensör teknolojilerinden sensör tabanlı konum, görsel tabanlı algılama ve dijital teknoloji uygulamalarına vurgu yapmışlardır [15]. Akıllı sensörler yangın algılamak veya havadaki nem seviyesini ölçerek bir borudaki sızıntıyı belirlemek gibi

işler için de kullanılır. Bir inşaat alanında bir şeyler ters gittiğinde, zaman çok önemlidir. Akıllı sensörler de, bir takım sorunların olabildiğince erken tespit edilmesine çok önemli katkı sağlamaktadır. Sensörlerden gelen veriler toplanarak, maruz kalma seviyelerini azaltmak ve çalışanları güvende tutmak üzere analizler yapılabilmektedir [16, 17]. Akıllı sensörler ile şantiyelerdeki nesnelerin fiziksel durumuna ilişkin nicel ölçüm değerleri gerçek zamanlı olarak elde edilebilir, böylece devam eden müdahalelerin yeterliliği konusunda güvenlik denetçilerinin sağlıklı bir değerlendirme yapmaları ve gerektiğinde stratejilerini hızlı bir şekilde değiştirmeleri mümkün hale gelebilir [18].

• Giyilebilir Sensörler ve Akıllı KKD

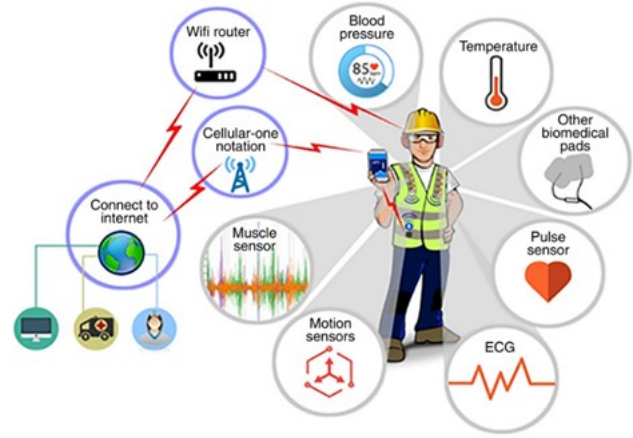
Akıllı sensörlerin şantiyedeki en önemli uygulamaları giyilebilir sensörler ve akıllı KKD'ler olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimli ve proaktif kararların temelini nesnel ve gerçek zamanlı veriler teşkil etmektedir ve bu veriler IoT teknolojilerinin bir alt kümesi olarak kabul edilen Giyilebilir Sensör Cihazları (Wearable Sensor Devices-WSD) ile toplanmaktadır. WSD teknolojisinin İSG'ye uyarlanmasıyla; sağlık, zindelik, davranış gibi bireylerin günlük yaşam kalitesini iyileştirmede yararlı olan her türlü veriyi toplayıp işleme araçlarına ileten Giyilebilir IoT (WIoT), insan faktörünün izlenmesini sağlamak için giyilebilir sensörleri birbirine bağlayan teknolojik bir altyapı olarak karşımıza çıkmaktadır [19]. Bu teknoloji ile çalışanların sağlık profilleri gerçek zamanlı izlenerek sağlık sorunlarından kaynaklanan güvenlik problemlerine en kısa zamanda müdahale edilebilir, hatta daha ortaya çıkmadan proaktif tedbirlerle önlenir [20].

Awolusi vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada günümüzde endüstriyel işletmelerin güvenlik ve verimliliğini artırmak için çeşitli WSD ve IoT teknolojilerinin çok yaygın kullanılmasına rağmen inşaat endüstrisinde bu teknoloji

ji sınıfının uygulanmasına karşı bir miktar direnç olduğu tespit edilmiştir [21]. Bir başka çalışma; şantiyede güvenlik sorunlarına neden olabilecek çok çeşitli inşaat tehlikelerinin erken uyarı işaretlerini ve bu tehlikelere maruz kalan inşaat işçilerinin hayati sinyallerinin fizyolojik izlenmesi, konum takibinin yapılması, çevresel ve yakınlık algılanması gibi çeşitli uygulamalarına yönelik WIoT sistemlerinin performansını değerlendirmiştir [22]. WSD'lerin inşaat sektöründe güvenliğin izlenmesine ilişkin şu uygulamalarda kullanılması mümkündür:

Fizyolojik İzleme: Şantiye çalışanları, inşaat personelinin güvenlik performansını ve genel çalışma etkinliğini etkileyebilecek sert ve dinamik çalışma ortamlarının bir sonucu olarak genellikle çeşitli sağlık riskleriyle karşılaşır. Şekil 1'de tasvir edildiği üzere, kalp atış hızı, solunum hızı, vücut duruşu, vücut hızı ve vücut ivmesi gibi fizyolojik veriler, yer işçilerini ve inşaat ekipmanlarını değerlendirmek için Fizyolojik Durum İzleme (Physiological Status Monitoring-PSM) sistemi ve Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System-GPS) cihazı gibi farklı sensörler ve sistemler kullanılarak otomatik olarak kaydedilebilir ve analiz edilebilir [23, 24]. Yaygın olarak kullanılan geniş bir fizyolojik sensör seti, elektrokardiyogram (EKG) sensörü, elektromiyografi (EMG) sensörü, elektroensefalografi (EEG) sensörü, cilt sıcaklığı sensörü, kan basıncı sensörü, eğim sensörü, solunum sensörü ve hareket sensörlerini içerebilir. Bu sensörler tarafından inşaat işçisinin stres seviyesi ve sağlık durumuna ilişkin çeşitli ölçümlerden güvenlik performansı göstergeleri belirlenebilir. Jiroskop, ivmeölçer ve manyetometre içeren WSD setinden gelen verilerin insan hareketi analizi ile denge kontrolünü iyileştiren ve düşmeleri azaltan pratik uygulamalar elde edilmiştir. Veri analizi prosedürleri, hareket ve yaşamsal belirti verilerinin işlenmesi yoluyla düşmeleri tespit etmek için özel olarak işlenebilmektedir [25].

Şekil 1: Şantiyede fizyolojik izleme [26]



Çevresel Algılama: İnşaat çalışma ortamı, yalnızca hava koşullarına sürekli maruz kalma nedeniyle değil, aynı zamanda inşaat işçileri için tehlikeli olabilecek belirli malzemelere olan doğal ihtiyaç nedeniyle de işçiler için sağlık ve güvenlik riskleri barındırır [25]. Bir inşaat sahasındaki sıcaklık, gürültü, toz partikülleri ve Uçucu Organik Bileşikler (Volatile Organic Compounds-VOC) gibi çalışan sağlık ve güvenliğini tehdit eden birçok tehlikeyi görmek veya seviyelerini algılamak pek de kolay değildir. Çalışanların bu tür tehlikelere maruziyetini sınırlandırmaya yardımcı olmak için bunları izlemeye yönelik olarak inşaat sahasına sensörler yerleştirilebilmektedir. Çevre algılama cihazları, hava kalitesi, karbon monoksit, kapasitans, renk, nem, gaz sızıntısı, atmosferik basınç, sıcaklık, ışık vb. çeşitli değişiklikleri izlemek için gerekli sensörleri kullanır. Sıcaklık, nem, VOC, indirgeyici ve oksitleyici gazlar dâhil olmak üzere birçok çevresel göstergenin tespiti için kapasitif ve dirençli göstergeler gibi çeşitli algılama konseptleri ile plastik folyo sensörleri oluşturulmuştur. Bu plastik folyo sensörleri ile çevresel izleme yapabilmek için Akıllı Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID) etiketleri gereklidir [27, 28]. Şantiyenin belirli noktalarına monte edilen sensörler izin verilen maruz kalma seviyelerine ulaşılması durumunda risk altında olan çalışanları uyarabilmekte, aynı zamanda veriler şantiye yöneticile-

ri, ustabaşları, İSG uzmanları ve iş müfettişleri ile de paylaşılabilir [29].

Yakınlık Algılama: Şantiyelerde yaşanan temas yaralanmalarının yüksek oranı ve ciddiyeti, gerçek zamanlı bir yakınlık algılama ve uyarı sistemi kullanılarak zamanında önlenabilir. Yakınlık algılamaya yönelik WSD setleri, tehlikeli yakınlık durumlarında inşaat personelini ve ekipman operatörlerini uyarabilmektedir (Şekil 2) [30]. Özellikle ekipmanın çarpmasından kaynaklanan kazalarda temasları önlemek için ultrasonik tabanlı sensor, radar [31], RFID algılama teknolojisi [32], GPS [33] ve manyetik alan jeneratörleri [34] gibi çeşitli teknolojiler kullanılarak birçok yakınlık önleme sistemi geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin çoğu, ağır ekipmana yakın olduklarında işçilere görsel, titreşimli veya sesli bir takım uyarı sinyalleri göndermektedir.

Şekil 2: Şantiyede görünürlük ve güvenlik [35]



Konum Takibi: Sınırlı çalışma alanlarında birden fazla işçinin güvenliğini artırmak için Gerçek Zamanlı Konum İzleme (Real Time Location Tracking-RTLT) tekniğine ihtiyaç duyulmaktadır [36]. Kaynakları bulma ve izleme birçok endüstriyel uygulamada verimlilik ve güvenliğin izlenmesi için kritik öneme sahiptir. İnşaatta güvenlik performansının izlenmesi için GPS [37], RFID ve RF lokalizasyonu [38], Ultra Geniş Band Teknolojisi (Ultra-

Wideband Technology-UWB) [39], sonar, manyetik alan ve radar gibi çeşitli teknolojiler önerilmiştir. Kör noktadaki tespit edilmeyen engellerin belirlenmesinde [40] ve ayrıca tehlike tanıma eksikliği gibi insan hatasıyla ilgili faktörleri yönetmek için çalışanların izlenmesinde yerleştirme ve izleme teknolojileri kullanılmıştır [41].

Tüm bu uygulamalar, gerçek zamanlı konum ve ilerleme izleme teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır. IoT sistemiyle çalışan düşük maliyetli ve küçük boyutlu giyilebilir sensörler konum bilgilerini toplayabilmekte ve ardından toplanan konum bilgilerine dayalı bir takım hizmetler sağlayabilmektedir. İnşaat işçileri için potansiyel güvenlik ve sağlık tehlikeleri olan yüksekte düşme; tekrarlayan hareket yaralanmaları; tehlikeli seviyelere yükselen vücut sıcaklıklarından kaynaklanan ısı yorgunluğu veya sıcak çarpması ve işçiye yakın çalışan hareketli ekipmanın çarpması [42] gibi güvenlik tehditlerinin önlenmesinde bu teknolojiler önemli görevler üstlenebilir. Tablo 1, inşaat süreciyle ilişkili yaygın güvenlik ve sağlık tehlikelerini gözlemek ve izlemek için IoT özellikli WSD sistemlerinde günümüzde kullanılmakta olan sensör ve sistemleri göstermektedir.

Giyilebilir sensörlere ilişkin çeşitli ticari uygulamalarda bulunmaktadır. Amerika'da "Hollingsworths" firması Spot-R adı verilen işçilerin izlenmesini sağlayan bir cihaz geliştirmiştir. Bir çalışanın giysisine basitçe takılan ve kablosuz bir ağa bağlı olan cihaz sürekli olarak konumunu bildirmekte bu da çalışanların sahada nerede olduğunun her zaman bilinmesi anlamına gelmektedir. Bunun da ötesinde, cihaz, kullanıcısının bir takılma veya düşme yaşayıp yaşamadığını otomatik olarak algılayabilmekte ve ardından, yardımın hemen gönderilebilmesi için bir bildirim göndermektedir. Spot-R sisteminin bir diğer yararı da otomatik olarak yoklama alınabilmesini sağlamasıdır. Şantiyenin boşaltılması gerektiğinde insan sayımı yapmayı çok kolay-

laştırmaktadır. Öte yandan işçilerin eylemlerinin izlendiğini ve kaydedildiğini bilmeleri, güvenlik kurallarına daha fazla dikkat etmelerine neden olmaktadır [16].

Yine Amerika merkezli bir kuruluş olan "Human Condition" düşük maliyetli giyilebilir bilgisayarlar, sensörler, GPS ve Gerçek Zamanlı Konum Bulma Sistemleri (Real Time Locating Systems-RTLS) entegre edilmiş bir güvenlik yeleği ve baret tasarlamıştır. Gerekli gücü sağlamak için bareter güneş enerjili şarj cihazlarıyla ve güvenlik yelekleri kinetik şarj cihazları ile donatılmıştır. Güvenlik yeleği, bir işçinin düşmesi durumunda şişen ve yaşamsal belirtileri ve tekrarlayan hareketleri izleyebilen bir hava yastığı yakasına sahiptir. Baret, hem çalışma ışığı hem de güvenlik ışığı olarak iki görevi yerine getiren yerleşik LED'lere sahiptir. Bu cihazlardan toplanan verilere gerçek zamanlı olarak bir mobil arayüz ile bulut üzerinden erişilebilmekte, böylece saha amirleri bir şantiyedeki tüm çalışanları takip edebilmektedir [17].

Benzer bir çalışmada "Daqri" tarafından farklı amaçlar için farklı KKD'lere monte edilebilen bir takım sensor setleri ile yapılmıştır. Bu sensor setlerinden biri hizalama ve izleme etkinlikleri için barete monte edilebilen çubuk sensör setidir ve bu set sayesinde baret, olası saha tehlikelerini tespit ederek talimatlar vermekte ve uyarılarda bulunmaktadır [43]. Firmanın geliştirdiği bir diğer giyilebilir cihaz türü ürün de inşaat işçilerinin sağlığını gerçek zamanlı olarak izleyen akıllı yelektir. Yeleğe takılan sensörler, işçilerin vücut ısısını ve kalp atış hızını ölçmekte, veriler kablosuz olarak bağlanan akıllı telefon uygulamasına gönderilmekte ve bu uygulama kullanıcının herhangi bir anormal durumda tedbir alması yönünde ikazda bulunmaktadır [44].

İşçileri dikkatlice izlemek, bir kazayı meydana gelmeden önce tahmin etmeye yardımcı olabilecek bir husustur. Vücut Duruş Algılama Sistemlerinde duruş terimi, bir

kişinin vücudunun otururken, ayakta dururken veya uzanırken nasıl konumlandırıldığını tanımlamak için kullanılmaktadır. Bir duruş izleme sistemi, birinin sırtının üst veya alt kısmına takılan ve omurganın konumunu izleyebilen bir algılama modülünden oluşmaktadır. Algılama modülünün kendi kendine güç sağlayabilmesi, kompakt ve sağlam olması ayrıca gerçek zamanlı verileri bir akıllı telefona veya kontrol merkezine iletebilmesi, ona pazarda rekabet üstünlüğü sağlamaktadır [45].

Tablo 1: İnşaat sektöründe güvenlik izlemeye yönelik sensör ve sistemler [21]

	Şantiye Kazaları	Ölçümler	Algılama Teknolojileri
Fizyolojik İzleme	Yüksekten düşmeler	Vücut duruşu	Jiroskop, ivme ölçer ve manyetometre
	Kayma ve takılmalar	Vücut duruşu, Vücut hızı, Vücut dönme ve yönelimi	Jiroskop, ivme ölçer
	Stres	Kalp atış hızı, Kan basıncı, Solunum hızı	ECG/EKG, Kızılötesi, Radar
	Sıcak ve soğuk	Vücut ısısı	Termistör
Çevresel Algılama	Yangın ve patlamalar	Duman ve yangın algılama	Kızıl ötesi
	Gürültü	Gürültü seviyesi	Gürültü sensörü
Yakınlık Algılama ve Konum Takibi	Sıkışma	Yakınlık algılama	RFID, Ultra Geniş Bant, Kızılötesi, Radar, Bluetooth
	Çökme	Konum takip	GPS, RFID, UWB
	Bir nesnenin çarpması	Yakınlık algılama	RFID, Ultra Geniş Bant, Kızılötesi, Radar, Bluetooth, GPS
	Elektrik çarpması	Konum takip	Bluetooth, GPS, RFID, UWB

Akıllı sensörlerle toplanan verilerin iletebilmesi için gerekli olan iki önemli teknoloji olan RFID ve IoT teknolojilerini ayrıca ele almakta fayda vardır.

- **Radio Frequency Identification (RFID)**

RFID, verileri iletmek, veri almak veya çalışanların ve

nesnelerin konumunu belirleyen verileri depolamak için radyo frekans dalgalarını kullanır [46].

RFID sistemleri, küçük bir mikroçip ve antenden oluşan RFID etiketleri ile RFID okuyucudan oluşur. Veriler, genellikle benzersiz bir seri numarası olarak etikette saklanır. RFID etiketleri aktif (pil kullanarak) veya pasif (pilsiz) ve 10 ila 100 metre okuma aralığına sahip olabilirler.

Literatürde bir çok çalışmada inşaat sektörü İSG uygulamalarında, gerçek zamanlı veri toplamak için RFID teknolojisi kullanıldığı görülmektedir [47]. Zhou vd. (2013) RFID etiketleri simüle edilmiş inşaat ortamında işçilerin, ekipmanların ve malzemelerin hareketini izlemek için kullanmış ve gözden kaçan bir kazanın meydana gelip gelmediğini belirlemek için etiket verilerini incelemişlerdir [48]. Wu (2010) çalışmasında, potansiyel ölüme neden olabilecek ramak kala kazaları izlemek, iç ve dış mekân konum takibi için ultrasonik sinyallerden, ışık, gürültü, sıcaklık ve nem gibi çevre gözetimi için sensörlerden ve sahada güvenlik verilerini kaydetmek için RFID etiketlerinden oluşan gerçek zamanlı bir izleme sistemi önermiştir [49]. Abderrahim (2005)'de, inşaat işçilerinin güvenliği için, işçilerin baretine ve sahadaki her parça inşaat ekipmanına zorunlu olarak yerleştirilen RFID etiketleri aracılığıyla izlendiği bir mekatronik sistem tasarlamıştır [50].

- **Nesnelerin İnterneti (IoT)**

IoT, son zamanlarda teknolojik ilerleme tarihinde çok önemli bir yenilik ve trend haline gelmiştir [51]. IoT aracılığıyla nesnelere ve günlük öğeler, insan müdahalesine çok fazla ihtiyaç duymadan gerçek zamanlı bilgi toplayabilmekte ve değiş tokuş edebilmektedir ki, bu potansiyel tehlikeler, arızalar ve hatta iş sahası zorlukları hakkında birbirleriyle gerçek zamanlı iletişim kurabilen akıllı cihazlar ve ekipman anlamına gelmektedir[52].

İnşaatta IoT, iş sahalarının etrafına yerleştirilen veya

işçiler tarafından giyilen internet bağlantılı sensörlerin kullanımını içerir. İnşaat için IoT cihazları, şantiyedeki faaliyet, performans ve koşullar hakkında belirli veri türlerini toplayabilir ve bunları, çalışanlar arasında gerçek zamanlı yanıtları ileterek karar verme süreçlerini iyileştirmek için tasarlanmış uygulamalara veya karar vericilerin bilgilendirilmesine yardımcı olmak için verilerin analiz edildiği merkezi bir ekrana gönderebilir[53]. Akıllı inşaat için sağlık ve güvenlik bilgileri sensörler ve ağ geçitleri kullanılarak toplanır, daha sonra bu verilerin kablosuz olarak depolanması, analiz edilmesi ve gözden geçirilmesi için bulutlar kullanılır [54]. IoT teknolojisi, şantiye güvenliği ile ilgili hususları gözlem altına alarak çalışan güvenliğini artırır. Olağanüstü koşullar altında IoT özellikli ekipman, acil güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyması halinde çalışmayı tamamen durdurabilir. Saha çalışanlarını ve ekipmanı izlemek ve operatörleri olası saha tehlikeleri hakkında bilgilendirmek için GPS, akıllı sensörler ve kablosuz ağların bir kombinasyonu kullanılır. Sistem, tehlikeli faaliyetler ve ramak kala kazalar hakkında raporlar üretir [55].

B. Robotik ve Dronlar

İnşaat sektöründe diğer sektörlerle göre otomasyon ve robot kullanımı çok az rol oynamakta, asıl üretim kaynağı olarak insan gücü kullanılmaktadır. Bununla birlikte, günümüzde inşaat faaliyetlerinde işlerin hızlandırılabilmesi ve otomatikleştirilmesi için robotik sistemlerin benimsenmesine yönelik bir trend olduğu [56, 57], şantiyelerde bilgisayarlarla kontrol edilen ve gelişmiş tespit ve kontrol sistemlerine sahip robotların genellikle çok büyük işçilik gerektiren ağır yapı malzemelerinin otonom kurulumu ve toplanması ile gökdelenler gibi yapıların inşa edilmesinde kullanılmaya başlandığı görülmektedir [58].

Proje süresini ve maliyetini azaltmak, çalışanlar için yaralanmaya açık görevlerden bazılarını gerçekleştirmek

üzere pek çok sektörün önde gelen firmasının ve bilim insanının teknoloji geliştirmeye çalıştığı görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şantiyelerde ağır kaldırma ve kazı gibi işçilerin sağlıklarını tehdit eden günlük işlerin robotlar tarafından yapılabilmesine yöneliktir. İnşaat işçilerinin önemli bir kısmının yaşadığı sırt ve bel ağrıları genellikle tek bir olaydan ziyade uzun süre tekrarlanan zorlanmaya ve ağır kaldırmaya maruz kalmanın bir sonucudur ki, tekrarlanan veya ağır iş görevlerini tamamlamada robot kullanımı, çalışanların fiziksel olarak zorlu işlerin etkisine daha az maruz kalacağı anlamına gelmektedir.

Şekil 3: SAM yarı otomatik duvarcı [60]



Yu (2009), şantiyede tuğla duvarları doğru bir şekilde inşa etmek için kullanılan "Blockbot" adlı otomatik bir makine geliştirmiştir [59]. Şekil 3'te görülen "Construction Robotics" firması tarafından ticari olarak üretilen yarı otomatik duvarcı (Semi-Automated Mason -SAM) tuğla döşeme ve duvarcılık işlerinde işin hızını ve kalitesini artırmak için kullanılmaktadır [60]. Benzer şekilde birçok firma tarafından üretilen çeşitli büyüklüklerdeki yıkım robotları da yapısal bileşenleri daha yavaş ancak daha ucuz ve daha güvenli bir şekilde yıkmak için kullanılmaktadır [61]. Balaguer ve Abderrahim (2008), çelik yapılarda denetim için 3 boyutlu karmaşık ortamlarda denetimler yapan, tırtıla benzer şekilde çalışan ve kendi kendini destekleyen bir hareket sistemi olan ROMA tırmanma robotlarının kullanılmasını önermiştir [62].

Şantiyelerde kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlayan bir diğer teknolojik aygıtta dronlardır. Dronlar temel olarak inşaat operasyonlarının kontrolü ve şantiye yönetimi, şantiyelerin denetimi, yapısal bütünlüğün değerlendirilmesi ve yönetim için kullanılmaktadır [63]. İSG açısından dronların kullanımına ilişkin şu hususlar öne çıkmaktadır [16].

- Dronlar şantiyenin ve çalışanların her an izlenerek herhangi bir tehlikeli alanın veya tehlikeli durumun tespit edilmesini ve yetkililerin fiziksel olarak bulunmadan şantiyeyi kolay ve hızlı bir şekilde görebilmesini sağlar.
- Eski ve paslanmış bir çatı gibi tehlike arz eden yerlerin incelenmesi gibi işler herhangi bir çalışanın güvenliğini risk etmeden bir dron ile kolayca yapılabilir.
- Dronları malzemeleri şantiyeye teslim etmek için kullanmak ve bu sayede sahadaki araç ve insan sayısını azaltmak mümkündür.
- Dronlar, iş ilerledikçe, şantiye modellerinin oluşturulmasına yönelik fotoğraflar ve videoların çekiminde kullanılmakta, bu sayede herkesi her gün değişen çalışma koşullarından haberdar etmek için kullanılabilir.
- Dronların bir başka kullanım alanı yol şantiyeleridir. Çalışmalar, drone radarı ve hız denetim sistemlerinin uygulanmasıyla ilişkili araç hızı düşüşünün %6,1 ile %23,7 arasında değiştiğini göstermiştir [64].

C. İş Makinelerine İlişkin Güvenlik Teknolojileri

Şantiyelerde meydana gelen kazaların önemli sebeplerinden birisi de iş makinesi kaynaklı kazalardır. Bu tür kazaların oluşumunu engellemek üzere de çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir.

Çeşitli ağır iş makinası üreticileri, otonom (sürücüsüz) kamyon ve ağır iş makinaları üretebilmektedir. Örneğin, “Komatsu ve Caterpillar” gibi ağır iş makinası üreticilerinin, otonom olarak çalışabilen veya uzaktan kontrol edilebilen iş makineleri bulunmaktadır (Şekil 4). Bu tür teknolojiler, potansiyel devrilme ve diğer tehlikelerden kaynaklanan ölüm ve yaralanmaları ortadan kaldırmak için operatörlerin makineden tamamen çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Güvenlik yönüne ek olarak, bu akıllı makineler aynı zamanda oldukça verimlidir ve yüksek üretkenlik sağlamaktadır. Buna ilave olarak, çalışanların iş makinalarını 5G ağı üzerinden uzak bir konumdan çalıştırması inşaatta uzaktan operasyonun önünü açmaktadır. Bu teknolojinin gelişmesi, şantiyelerin daha az kalabalık hale gelmesine ve çarpışmalardan kaynaklanan ölüm ve yaralanmaların azalmasına yardımcı olacaktır [17]. “Royal Truck & Equipment”, özellikle yol şantiyelerinde çarpışma sırasında sürücülerini korumak için otonom bir Kamyonu Monte Darbe Zayıflatıcı (Truck Mounted Attenuator-TMA) geliştirmiştir [65].

Şekil 4a: Komatsu otonom kamyon [66]



İş makinalarında kullanılan Yakınlık Uyarı Sistemleri (Proximity Warning Systems-PWS), bir ekipmanın yakın çevresinde yabancı bir nesneyi algılamaya tepki olarak sesli bir alarm üretmek için tasarlanmıştır [67]. Çalışmalar, çeşitli tasarım ve pilot testlerin PWS çarpışma tahmini

[68], kör nokta tespiti [69], yanlış alarm azaltma [31] ve hızlı bildirim [70] verimliliğinde önemli gelişmelere yol açtığını göstermektedir.

İnşaat sektöründe pek çok durumda inşaat ekipmanı- işçi çarpışmasını azaltmak için PWS uygun bir seçenek olarak kabul edilmektedir. Kör nokta algılama sistemi, ekipmanın kör noktalarını kolay ve hızlı bir şekilde bulan ve ayrıca ekipman kabini içindeki lazer taramasından alınan nokta bulutu verilerini 3D analiz yoluyla tespit eden lazer sensörü ve görüntüleme sistemidir. Bu sistemler, araçtan kişiye uyarı, geçiş ve yürüme yolu için uyarı, kişisel erişim kontrolü, araç erişim kontrolü, maddi varlıkların korunması ve görüş içi veri analizi sağlar [28]. Bu sayede sürücünün aracın konumunu, hızını veya yönünü belirlemede ve izlemede yardımcı olur [71].

Şekil 4b: Kamyonu monte darbe zayıflatıcı [65]



D. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

- Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik, gerçek yaşam durumunun veya ortamının bilgisayar tarafından oluşturulan yapay bir deneyimdir ve kullanıcıya simüle edilmiş gerçekliği ilk elden deneyimlediklerini hissettiren gerçekçi görüntüler ve işitme üretir[72]. Askerleri, pilotları ve cerrahları eğitmek için yıllardır kullanılmakta olan sanal gerçeklik simülatörleri, inşaat sektöründe sağlık ve güvenlik ekipleri tarafından

güvenlik bağlantı noktalarını gözden geçirmek ve kaldırılması mümkün olmayan mevcut tesisler üzerinde çalışacak büyük vinçlerin seçimlerini koordine etmek için kullanılmaktadır.

Sanal Gerçeklik ayrıca iş sağlığı ve güvenliği eğitimi için geçerli gerçek bir sağlık ve güvenlik iş deneyimi yaratmaktadır [47]. Vinç ve ekskavatör kullanımından kaynak ve duvarcılık işlerine kadar her konuda çalışanları eğitmek için kullanılabilir. Le ve diğerleri (2015), işbirliğine dayalı güvenlik öğrenimi, tehlike incelemesi, güvenlik bilşi ve aktif oyun tabanlı öğrenmeye olanak tanıyan sanal bir ortam oluşturmak için sanal gerçeklik teknolojilerini kullanmış (Şekil 5) ve böyle bir eğitim platformunun öğrenme etkinliğini artırabileceğini göstermişlerdir [73]. Sağlık ve güvenlikle ilgili bu eğitimler nitelikli bir güvenlik idaresinin yokluğunda, yalnızca bir kişisel bilgisayarda eğitim ortamını simüle ederek gerçekleştirilmesi açısından son derece faydalıdır.

Zhou ve diğerleri (2011), geleneksel kağıt temelli çalışma notlarının, video kasetlerinin veya slayt gösterilerinin kursiyerlere eğitim faaliyetlerinde etkileşimde bulunmaları için yeterli fırsat sağlamadığını, sanal gerçeklikle gerçekleştirilen katılımcı eğitimin durumları kursiyerin yaşam ve ölüm açısından gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirmesine olanak tanıdığını ileri sürmüştür [74]. Başka bir çalışmada farklı yazılımlar kullanılarak çeşitli güvenlik ve şantiye yönetimi senaryoları sanal gerçeklik ortamında modellenmiş, kullanıcılar, "Oculus® DK2 VR" başlığını kullanarak sanal şantiyeyi ziyaret ederek, güvenlik tehlikelerinin yanı sıra saha lojistiği sorunlarını belirlemişlerdir [75]. Dünyanın önde gelen inşaat firmalarından birisi olan "Bechtel" İnşaatın başlattığı programda kursiyerler, risksiz bir ortamda şantiye güvenliğinin temellerini öğrenebilecekleri sanal bir şantiyede eğitilmektedir. Sanal gerçeklik eğitimi pahalı olsa da, kaza sayısını azalttığı görülmüştür ki bu,

uzun vadede kendini karşılayabileceği anlamına gelmektedir. Üstelik sanal gerçeklik eğitimi eğlenceli bir faaliyet olduğu için çalışanları bu tür eğitimlere katılmaya ikna etmekte sorun yaşanmamaktadır [29].

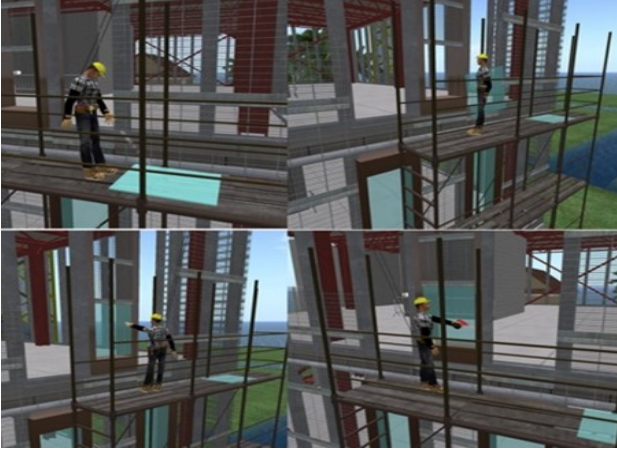
• Artırılmış Gerçeklik

Gerçek hayat senaryolarını simüle etmek için bilgisayar tarafından oluşturulan görüntüleri kullanan sanal gerçekliğin aksine; artırılmış gerçeklik, teknolojiyi kullanarak gerçekliği geliştirmektedir [72]. Artırılmış gerçeklik sistemi sayesinde, bilgisayar grafiklerini gerçek bir şantiyenin üzerine yerleştirmek ve bu sayede geliştiricilere, mühendislere ve iş sahası planlamacılarına somut faydalar sağlamak mümkündür. Mühendisler, gelişmiş kamera işlevlerine sahip tabletleri ve mobil cihazları kullanarak inşaat projelerinin 3D modellerini geliştirebilmekte ve ardından bu nesnelere gerçek dünya ortamlarına yerleştirebilmektedir.

Güvenlik programlarına ve eğitimlerine yapılan yüksek miktarlarda yatırımın artırılmış gerçeklik kullanılarak önemli ölçüde azaltılabileceği mümkündür. Artırılmış gerçeklik kullanmanın toplam maliyeti, kullanılan ekipman en son donanımdan basit bir akıllı telefona kadar değişebildiğinden daha ucuzdur. Bu açıdan artırılmış gerçeklik uygulamaları, insan güvenliğini artırmanın daha ucuz ve daha verimli yolu olarak kabul edilebilmektedir [76]. Akyeampong vd. (2012) artırılmış gerçeklik kullanımının en iyi eğitimi en kısa sürede sağladığını ve aynı zamanda edinilen bilgi ve becerinin en uzun süre korunduğunu iddia etmiştir [77]. Yine araştırmacılar artırılmış ve sanal gerçeklik kullanımının farklı projeler için uygun vinçleri bulma ve seçmede daha güvenli bir yöntemi nasıl sağlayacağını açıklamıştır [78]. Ayrıca, genellikle bir proje üzerinde çalışma fiilen başlayana kadar hatalar belirgin hale gelmezken, artırılmış gerçekliği kullanmak, işleri çok daha net hale getirmekte ve hataların işe başlamadan önce tespit edilmesine yardımcı

olmaktadır (Şekil 6) [17].

Şekil 5: Sanal gerçeklik uygulaması [73]



- Görselleştirme Teknolojileri: 3D/4D CAD ve Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling-BIM)

Görselleştirme teknolojisi, inşaat faaliyetlerinde inşa öncesi süreç, şantiyede operasyonel güvenlik sorunları ve işçilerin inşaat projelerinde iletişimini iyileştirme gibi birçok alanda uygulanmaktadır. İnşaat öncesi süreçte, tasarım aşamalarında inşaat ekibinin inşa aşamasında ortaya çıkabilecek sorunları belirlemede görselleştirme teknolojisinden yararlanılmaktadır.

Sağlık ve güvenlik uzmanları, güvenlik planlaması, kaza incelemesi ve tesis bakım güvenliği için 3D CAD kullanılmaktadır [79]. Ek olarak, 4D CAD, projenin yaşam döngüsü boyunca emniyet bileşenlerini ve yüksek riskli alanları görüntülemek için emniyet süreçlerini simüle etmek için kullanılmaktadır[80]. Rwamamara vd. (2010), inşaat projelerinin ilk aşamalarında 3D ve 4D teknolojilerinin kullanımının, proje ekibinin potansiyel riskleri belirlemesine olanak tanıdığını ifade etmiştir. Riskleri erken bir aşamada belirlemek, tasarım değişiklikleri nedeniyle ortaya çıkan maliyet aşımalarını en aza indirmeyi sağlamaktadır [81]. Bir vaka çalışmasında Mallasi (2006), işyerinde zaman-alan sıkışıklıklarını tespit ve analiz etmek için 4D görselleştirme

teknolojisini kullanmıştır [82]. Benjaoaran ve Bhokha (2009), 4D CAD görselleştirme modelini kullanarak kurula dayalı bir inşaat güvenliği yönetim sistemi geliştirmiş, sistem, yüksekten düşme tehlikelerini otomatik olarak belirlemeye odaklanmıştır [83]. Faaliyetler ve binanın bileşenleri, yerleşimi, düzenlemesi, malzemeleri ve ekipmanı ile ilgili veriler sisteme girilmekte, bu veriler yükseklik ile ilgili tehlikeleri tespit etmek için analiz edilmekte, sistem, uygun güvenlik gereksinimleri ve önlemlerini belirlemektedir [84].

Şekil 6: Artırılmış gerçeklik uygulaması [16]



Günümüzde BIM, inşaat öncesi planlama sürecinde yer almaya başlayan bir 3D/4D modelleme türüdür. BIM, yapının gerçek dünyada inşa edilmeden önce sanal olarak inşasına imkân vermekte ve böylece inşa aşamasında karşılaşılabilecek muhtemel problemlerin ve kaza risklerinin sanal ortamda minimize edilmesine olanak sağlamaktadır. BIM, inşaat başlamadan önce risk değerlendirmelerine izin verir. Tesis dışı prefabrikasyon, ön montaj ve "tasarım yoluyla önleme" yaklaşımları gibi konuların etkinleştirilmesine yardımcı olur. Bu sadece yerinde güvenliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda çok fazla zaman ve para tasarrufu da sağlayabilir. Yine BIM, projenin detay seviyesine ve malzeme bilgisini artırmak suretiyle sahada üretilmekte olan pek çok yapı elemanın İSG açısından daha kontrollü ortamlarda üretilerek saha da sadece montajının yapılmasını mümkün kılmaktadır [16, 85]. BIM'in inşaat faaliyetlerine tassa-

rım aşamasından itibaren dâhil edilmesinin bir faydası da modelin kullanılarak işçiler için sağlık ve güvenlik eğitimi videoları geliştirilebilmesidir. BIM teknolojisinin kullanılmasıyla, zaman kontrollü simülasyon yoluyla saha bilgilerini yönetmek için stratejiler sunmak ve proje ortakları arasında sağlık ve güvenlik iletişimini geliştirmek üzere daha net bir saha düzeni ve güvenlik planı oluşturmak mümkün olmaktadır [80].

Literatürde BIM'in İSG uygulamalarında kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ku ve Mills (2010), BIM'in bir güvenlik aracı olarak kapasitesini değerlendirmiş, BIM'in kodlar ve düzenleyici bilgiler gibi otomatik özellikler ve yönergeler kullanarak proje paydaşları arasındaki ekip çalışmasını teşvik ettiğini göstermişlerdir [86]. Qi vd. (2011), düşme tehlikelerine karşı BIM modelini otomatik olarak kontrol eden bir güvenlik kontrol sistemi geliştirmiştir [87]. Zhou (2012), inşaatın erken aşamasında BIM uygulaması üzerine bir çalışma yürütmüş ve BIM tabanlı modellemenin saha güvenliği planlaması açısından faydalı olduğunu göstermiştir [74]. Talmaki (2010), kaza riski açısından önde gelen faaliyetlerden olan kazı işlerinde güvenlik hususlarını iyileştirmek için yerinde görselleştirme teknolojisinin uygulanmasının önemini vurgulamıştır [88]. Mallasi (2006), 4D görselleştirme teknolojisi kullanılarak sahadaki olası güvenlik tehlikelerinin belirlenebileceğini gösterirken [82], Zhou (2013), metro inşaatlarında yerinde güvenlik kontrolü gereksiniminin bu teknoloji kullanılarak karşılanabileceğini bildirmiştir [74]. Günümüzde şantiyeler çok kültürlü hale gelmekte, bu nedenle yabancı inşaat işçilerinin etkili bir şekilde eğitilmesi önem kazanmaktadır. Görselleştirme teknolojilerinin, çeşitli saha çalışanlarının kültürel ve dil engellerinin üstesinden gelmelerine yardımcı olduğu belirlenmiştir. BIM'i güvenlik eğitimi ve programlarında tam olarak kullanmak, konuşulan dil ne olursa olsun iletişimi ve anlayışı geliştirdiği için çalışan-

ların daha değerli güvenlik bilgilerini etkili bir şekilde elde etmelerine imkân vermektedir [55].

E. Dış İskeletler

İşle ilgili Kas-İskelet Sistemi Bozuklukları (Work-related Musculoskeletal Disorders WMSD) çalışanlar için önemli sağlık tehditlerinden birisidir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde, WMSD'lerin ekonomiye toplam etkisinin hızla arttığı, 1996'da 367,1 milyar dolardan, 2011'de 796,3 milyar dolara yükseldiği tespit edilmiştir [89, 90]. İnşaat işçilerinin WMSD yaşama sıklıkları tüm diğer sektörlere göre çok daha yüksektir.

Dış iskeletler ve güç destek kıyafetleri endüstriyel kullanım için geliştirilmektedir. Aktif ve pasif olmak üzere iki farklı biçimleri bulunmaktadır [91]. Aktif bir dış iskelet, elektrik motorları, pnömatikler, hidrolik sistemler veya bu teknolojilerin bir kombinasyonu ile çalıştırılmakta ve genellikle "robotik dış iskelet" olarak anılmaktadır. Pasif bir dış iskelete ise gücü, doğal insan hareketi, yaylar ve dengeleme kuvvetleri aracılığıyla sağlar. Piyasada bulunan endüstriyel dış iskeletlerin çoğu (a) sırt desteği, (b) omuz ve kol desteği, (c) alet tutma/destek ve (d) bacak yardımı kategorilerde gruplandırılabilir [92]. "Daewoo" ve "Panasonic" gibi şirketler tarafından geliştirilen güç destek kıyafetleri, işçilerin sırtlarında oluşan baskıyı azaltmak ve ağır nesnelere kaldırmalarını ve daha uzun süre çalışmalarını sağlamak amacıyla yardımcı olmak üzere sensörler ve motorlar kullanılmaktadır. İnşaat sektörü için dış iskelet geliştirmeye odaklanmış "Ekso Bionics" ve "Strong Arm Technologies" gibi şirketler tarafından geliştirilen pasif cihazlar, yorgunluğu ve yaralanmayı azaltmak ve uygun duruşu sürdürmek için tasarlanmıştır (Şekil 7). Bu cihazlar, kaldırma ve taşımayı kolaylaştırmak için karşı ağırlıklar kullanmakta veya yükleri daha güçlü kaslara yeniden dağıtmaktadır. Böylece vücut üzerindeki gerilimi alarak yorucu işleri tamamlarken

işçilerin sağlıklı kalmalarına yardımcı olmaktadır [17].

Omurgaya olan yükü azaltmak ve postürü iyileştirmek için tasarlanmış pasif bir dış iskelet kullanarak gerçekleştirilen dinamik kaldırmanın, dış iskeletlerin kas aktivitesini ve omurga kas yükünü azalttığını ve bunun sonucunda genel omurga kası yorgunluğunda bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur [93, 94]. Statik gövde bükülmesi kas aktivitesini ve omurga yükünü azaltırken [93], giyilebilir dış iskelet, inşaat işçilerinin bel gerginliğini azaltmak için daha nötr duruşlarda çalışmasına yardımcı olmaktadır [95]. Çalışmalar, üst ekstremitelerde dış iskeletlerinin omuz WMSD'lerini azaltmada bir rolü olabileceğini göstermiştir. Omuz destekli dış iskeletlerin, boyacılar ve kaynakçılar arasında üretkenliği ve iş kalitesini artırırken omuz rahatsızlığını azalttığı gösterilmiştir [96]. Omuz destekli dış iskelet kullanılırken çeşitli baş üstü görevler için deltoid kas gerginliğinin azaldığı gösterilmiştir [97, 98]. Dış iskelet kullanımıyla spinal basınç kuvvetleri yaklaşık %20 ve kesme kuvvetleri %30 azalmıştır [99].

Şekil 7: EksoVestle uygunsuz pozisyonlarda çalışma [100]



Bu faydalarının yanı sıra, güçlendirilmiş bir dış iskeletin, bir kullanıcının eklemlerinin normal hareket aralığının ötesine geçmesi durumunda kas gerginliği meydana getire-

bileceği konusunda uyarılar yapılmıştır [101]. Ayrıca, dış iskelet pilinin aşındırıcı maddeler sızdırması durumunda cilt tahrişine veya kimyasal yanıklara ve bataryada depolanan enerjisini aniden boşalması durumunda termal yanıkların meydana gelmesine neden olabileceği de bildirilmiştir [102].

F. Dijital İkiz Teknolojisi

Dijital ikiz, yaşam döngüsü boyunca fiziksel bir nesnenin, öğrenme ve muhakeme için gerçek zamanlı veri kullanan sanal bir temsildir [103]. Genel anlamda fiziksel dünya ile sanal dünya arasındaki bağlantı olarak tanımlanabilir. Literatürde bu alana dair yazılmış ilk kaynaklara göre; Dijital ikiz oluşturmak için üç temel gereksinim vardır: Gerçek dünyada gerçek bir nesne, sanal dünyada sanal bir nesne ve gerçek dünya ile sanal dünya arasında bir bağlantı [104]. Başlangıçta ürün üretimi ve ürün yaşam döngüsü yönetimi alanlarında karşılaşılan dijital ikiz kavramı, astronomi ve havacılık gibi farklı alanlardaki çalışmalarda kullanılmıştır. Enerji, otomobil, sağlık, sanayi, askeri gibi başka pek çok farklı endüstride de kullanılabilir.

Tüm farklı sektörlerde bakıldığında, inşaat sektörünün de yüksek bütçelerin işlem gördüğü, kayıp, kazanç ve verimlilik kavramlarının temel alındığı ve iş kazaları ile meslek hastalıklarının en çok rastlandığı geniş bir sektör olması sebebiyle, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde önemli yapıların Dijital ikiz ile teslimi zorunlu kılınarak bu sektörde de uygulanmaya başlanmıştır. Dijital ikiz ile yapının yaşam döngüsü boyunca bilgileri toplanabilecek, depolanacak, yönetilecek, tekrar kullanılmak üzere saklanabilecektir.

Gerçek zamanlı olarak şantiyeden yapım aşamasında Dijital ikize toplanan veriler analiz edilerek, sektör şirketlerinin uygunsuz davranışları, güvenli olmayan malzemelerin kullanımı ve tehlikeli bölgelerdeki faaliyetleri önlemek için sahadaki çalışanların ve tehlikeli yerlerin izlemesi mümkün

olabilecektir. Diğer taraftan bina yaşam döngüsü boyunca sensörler aracılığıyla yapının Dijital İkizine toplanan devasa veriler makine öğrenmeleri ve yapay zekâ uygulamaları ile analiz edilerek akıllı binaların herhangi bir deprem anında yapının rezonansa girerek çökmesi gibi bir doğal afetlerde geliştirecekleri otomatik tepkilerle yapı hasarlarını minimize ederek can kaybına engel olabileceklerdir.

G. Diğer Teknolojiler

Doğrudan İSG'ye yönelik olarak kullanılmamakla birlikte inşaat sektörünü doğrudan, İSG uygulamalarını da dolaylı olarak etkileyen başka bazı teknolojiler de bulunmaktadır. İleride sektörü çok daha derinden etkilemesi beklenen bu teknolojileri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- **Büyük Veri (Big Data)**

Büyük veri, işle ilgili olarak daha bilinçli kararlar almak, gizli trendler, davranış kalıpları ve bilinmeyen korelasyonlar gibi durumları ortaya çıkarmak, yapay zekâ ve otomasyon sistemleri için temel oluşturmak üzere kullanılacak son derece büyük veri setlerini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu veriler internet aramalarından ve hizmetlerinden, cep telefonlarından, dijital fotoğraflardan, sosyal medyadan ve mesajlaşma, arama ve haberleşme uygulamaları ile e-postalar gibi diğer birçok dijital iletişim araçlarından toplanmaktadır. Hava durumu, trafik ve iş faaliyetleri gibi çeşitli durumlara ilişkin veriler, inşaat faaliyetlerinin en uygun aşamalarını belirlemek için analiz edilebilir. Büyük veri bakım faaliyetlerini gerektiği gibi programlamak için BIM sistemlerine geri beslenebilir. Bunlar aynı zamanda şantiyede İSG tedbirlerinin hayata geçirilmesinde kullanılabilirler [85].

- **Çevrimiçi Veritabanları**

Çevrimiçi sistemler; güvenlik eğitimi ve öğretimi, risk

tanımlama, güvenlik izleme ve değerlendirme ve güvenlik denetimleri gibi inşaat sağlığı ve güvenliğinin çeşitli yönlerini iyileştirmek için kullanılmaktadır [105]. Potansiyel saha tehlikelerini tespit etmek ve yeterliliğini değerlendirmek için çevrimiçi veritabanlarından faydalanılabilmektedir [91]. Cheung vd. (2004), tarafından geliştirilen İnşaat Güvenliği ve Sağlık Sistemi (Construction Safety and Health System-CSHM), olası saha risklerini tespit eden ve acil müdahale gerektiren faaliyetler için uyarı sinyalleri veren bir web güvenliği izleme sistemidir [51]. Çeşitli projelerden gelen sağlık ve güvenlik göstergeleri incelenmekte, bunlardan inşaat sağlık ve güvenlik yönetimini iyileştirmek için değerli bilgiler elde edilmektedir. Bir projede belirli parametrelere atanan puanlar analiz edilerek belirli bir süre boyunca proje performansı izlenmektedir [59]. Azmy ve Zain (2016) tarafından yapılan çalışmada, çeşitli projelerde inşaat güvenliğini izlemek için gerçek zamanlı bir iletişim sistemi geliştirilmiş, merkezi bir veritabanı, iletilen verileri depolamak için kullanmış ve bu bilgiler şantiye yöneticileri tarafından şantiye kararları hakkında bilgi almak için analiz edilmiştir [55].

- **Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi**

Yapay zekâ, insan davranışını taklit etmek için bir makine tarafından ortaya konan zekâdır ve makine öğrenimi, bir bilgisayara açık bir şekilde programlama yapılmaksızın verilerden öğrenme yeteneği kazandırmak için istatistiksel tekniklerin kullanıldığı bir yapay zekâ alanıdır. Her ikisi de hızla inşaat endüstrisinin ayrılmaz parçaları haline gelmektedir. İnşaat sektöründeki birçok başka uygulamaların yanında İSG faaliyetlerinde de yararlanılabilecek yapay zekâ ve makine öğreniminin mevcut ve olası uygulamaları şunlardır [85, 106]:

- Makine öğrenimi, bir çözümün farklı varyasyonlarını keşfetmek ve mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat sistemleri-

ni dikkate alarak tasarım alternatifleri oluşturmak ve bu sistemlerin rotalarının bina mimarisıyla çakışmamasını sağlamak için kullanılabilir.

- Yüksek düzeyde tekrarlayan görevleri üstlenmek için yapay zekâ güdümlü otomasyonu kullanmak, üretkenliği ve güvenliği önemli ölçüde artırabilirken, aynı zamanda sektörün işgücü eksikliğini de giderebilir.

- Yapay zekâ beton dökmek, tuğla duvar örmek veya kaynak yapmak gibi tekrarlayan görevleri yerine getirmek üzere makinelere güç sağlamak için kullanılabilir ki, bu daha az insan gücü dolayısıyla daha az tehlike anlamına gelir.

- Görsel işleme algoritmalarını kullanan yapay zekâ uygulamaları, risk izleme ve önleme ile ilgili güvenlik uzmanları için değerli araçlar olabilir. Yapay zekâ kullanımıyla, saha güvenlik tehlikeleri açısından izlenebilir, bir işçinin doğru KKD'yi giyip giymediğini anlamak için fotoğraflar ve tanıma teknolojisi kullanılabilir veya coğrafi konum kullanılarak tehlikeli bölgeler belirlenebilir ve çalışanlar uyarılabilir.

- Yapay zekâ kullanan güvenlik izleme çözümleri, toplu miktarda görsel veriyi tarayabilir ve belirlenen güvenlik gereksinimlerini karşılamayan personeli ve durumları belirleyebilir.

- **Wi-Fi 6 ve 5G**

Yeni yapı teknolojisinin evrimiyle birlikte, daha yüksek hızları ve daha büyük veri aktarımlarını desteklemek için güçlü, güvenilir bir bağlantı omurgası gerekmektedir. Bu omurga özellikle önümüzdeki on yıl içinde, günümüzden daha yoğun, daha karmaşık ve daha ağır yüklü olacak olan IoT ağları açısından son derece önemlidir. 5G, dijital hücresel ağlar için beşinci nesil kablosuz teknolojidir ve daha yüksek hızlara, daha iyi trafik işlemesine ve daha az tıkanık-

lığa sahiptir. Buna eşlik etmek için, Wi-Fi teknolojisinin en yeni standardı olan Wi-Fi 6 da öncelikle göre geliştirilmektedir. 5G ve Wi-Fi 6, kullanıcıların etkili bir şekilde iletişim kurmasına, büyük ölçekli çizimleri paylaşmasına, kaynak ağırlıklı uygulamaları hızlan/performanstan ödün vermeden çalıştırmasına olanak tanıyabilecektir. Yeni ve gelişmiş teknolojilerin kullanılacağı güvenilir ve güvenli bir iletişim ağı sağlayabilecektir [85, 107].

- **3D Baskı**

Üç boyutlu (3D) baskı, herhangi bir alet, kalıp ve fişür olmadan 3D bilgisayar destekli bir tasarım modelinden otomatik olarak karmaşık şekil geometrileri üretebilen gelişmiş bir üretim sürecidir. 3D baskının, özellikle malzeme tedarikindeki değişikliklere etkisi dikkate alındığında, inşaat sektörü için hızla vazgeçilmez bir teknoloji haline gelme potansiyeli bulunmaktadır (Şekil 8).

Şekil 8: Dubai'de 17 günde bitirilen dünyanın en büyük 3D baskı binası [109].



3D baskı, tesis dışında veya doğrudan yerinde prefabrik üretim yapma olanağı sağlar. Geleneksel yapım yöntemlerine kıyasla, prefabrikasyon için önemli olan malzemeleri hızlıca basmak ve kullanıma hazır hale getirmek mümkündür. Malzemelerin hızlı teslimatına ve teknoloji sürecindeki ilave gereksiz adımların azaltılmasına olanak tanıyarak inşaat şirketleri için avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlar doğrudan veya dolaylı olarak İSG uygulamalarını da desteklemektedir [108].

- **Bulut Teknolojisi**

Bulut teknolojisi, uygun yazılım uygulamalarını kullanarak uzak sunucularda depolanan verilere erişme, kullanma, değiştirme, paylaşma, kaydetme ve yönetme olanağını sağlar. İnternet bağlantısı ve yetkilendirmeye, bu uzak kaynaklara erişim, herkesin bulut hizmetleri için oturum açmasını sağlayan mobil teknolojiler tarafından desteklenir. Mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe, bulut-BIM entegrasyonunun ikinci nesil bina bilgi yönetimi (BIM) gelişimi olduğu düşünülmekte ve inşaat sektöründe başka bir değişim dalgası oluşturması beklenmektedir. Mobil ve bulut teknolojileri, dijital deneyimi ve iş verimliliğini artırarak, gerçek zamanlı bilgileri etkinleştirerek, entegre işgücü teslimatı sağlayarak, organizasyonu ve üretkenliği artırarak, bütün bunlarla İSG'yi de artırarak inşaat sektörünün değişim ve gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır [110].

III. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektöründe İSG'nin sağlanmasına yönelik literatürdeki çalışmalar ve endüstriyel uygulamalar incelendiğinde, akıllı sensörler ile veri aktarımında rol oynayan IoT ve RFID gibi teknolojilerin tüm diğer pratik uygulamalar için altyapı oluşturduğu, bu altyapıya dayalı olarak İSG tehditlerine karşı pratik kullanımı olan farklı uygulamalar geliştirildiği görülmektedir. Buna göre inşaat sektöründe İSG'ye yönelik kullanılan yeni teknolojileri Şekil 9'de verildiği şekilde özetlemek mümkündür.

Söz konusu teknolojileri önemli kılan hususların asıl olarak inşaat sektöründe çalışma ortamını İSG açısından bir fabrika veya ofis ortamından ayıran sektörün kendine has özellikleri olduğu görülmektedir.

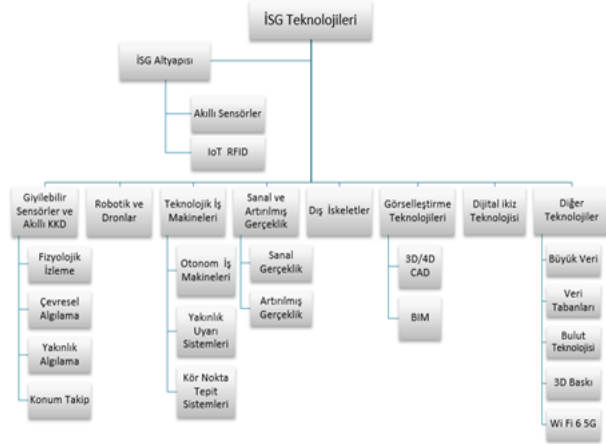
İnşaat işlerinin genellikle aşırı soğuk ve sıcak havaya ya da zemin kayganlığı ve tutunma güçlüğü oluşturan yağmur gibi doğal iklim şartlarına maruz bir şekilde gerçekleştiril-

mesi, çalışanlarda dikkat kaybı, çabuk yorulma, dalgınlık ve strese neden olarak iş kazası riskini artırmaktadır. Yine çalışma alanının genel olarak zemin seviyesinin üzerinde veya altında olması ve sürekli değişmesi, çalışan veya malzeme düşmesine bağlı kaza risklerini ciddi şekilde arttırmaktadır. Bu açılardan inşaat işçilerinin giyilebilir sensör ve akıllı KKD'lerle fizyolojik olarak izlenmesi önem kazanmaktadır. Çevresel algılama sensörleri bazı şantiyelerde inşaat sahasındaki hava kalitesi, sıcaklık, nem, gürültü, toz partikülleri, gaz sızıntısı ve uçucu organik bileşikler gibi işçilerin sağlık ve güvenliklerini tehdit eden maddelerin algılanarak tedbir alınabilmesi için son derece önemli olabilmektedir. Şantiyelerin çalışanların ve iş makinelerinin sistematiği olmayan sürekli bir hareketliliğin içinde olduğu alanlar olması yakınlık algılamayı önemli kılmaktadır. İnşaat faaliyetlerinin geniş ve dağınık bir alanda gerçekleşmesi ve inşaatın her aşamasında çalışma alanında aynı anda iş yapan birden çok çalışma grubunun ve çok çeşitli iş makinelerinin bulunması nedeniyle konum takip sistemleri şantiyenin İSG açısından izlenmesini kolaylaştırmaktadır.

Şantiyelerde ağır kaldırma ve taşıma işlerinin sürekli olarak ve çoğunlukla insan gücü ile yapılması, işçilerin çoğu zaman el aletleri kullanarak uygunsuz pozisyonlarda çalışma zorunluluğu, düşme, çarpma, kayma ve ayak takılması gibi kaza risklerinin yanı sıra kas iskelet sistemi bozukluğu yaşama olasılıklarını artırmaktadır. Söz konusu risklerin önüne geçilebilmesi açısından bu tür işlerin robotlar vasıtası ile yapılmasının veya işçilerin dış iskelet ve güçlendirilmiş giysilerle donatılmasının ileride çok daha yaygınlaşması olasıdır.

Dronlar geniş alanlara yayılan şantiyelerin farklı bölgelerinde, yapı veya yapıların farklı katlarında çalışan işçilerin İSG açısından izlenip denetlenmesi mümkün hale getirmektedir.

Şekil 9: İnşaat Sektöründe İSG Teknolojileri



Günümüzde ağır iş makineleri kullanımı neredeyse her inşaat projesinde bir zorunluluk haline gelmiştir. Ne yazık ki, ağır iş makineleri doğru kullanılmadıklarında son derece tehlikeli hale gelmektedir. Şantiyelerde iş makineleri üzerinde veya yakınlarında çalışan birçok işçi araç devrilmesi, çarpması veya kaza içerisinde kalması nedeniyle yaralanmakta veya ölmektedir. Yaklaşık olarak tüm iş kazalarında %11 gibi bir paya sahip olan iş makineleri kazalarının [111] sonuçları diğer kazalara göre çok daha ciddidir ve ölüm oranı çok daha fazladır. Sürücülerini devreden çıkaran otonom makineler, yakınlık uyarı ve kör nokta tespit sistemleri gibi teknolojilerin geliştirilmesi, iş makinesi kaynaklı kaza ve ölümlerin azaltılması açısından önemlidir.

Her inşaat projesinin ve her şantiyenin fiziki boyutları, üretim yöntemleri, proje süresi, bölgenin iklim koşulları, zemin topoğrafyası gibi birçok açıdan kendine özgü şartlarının olması, bütün şantiyeler için denenmiş ve güvenilirliği ispatlanmış şablon İSG tedbirlerinin uygulanmasını imkânsız hale getirmektedir. Görselleştirme teknolojileri, dijital ikiz teknolojisi ve sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojiler İSG risklerinin önceden tespit edilerek gerekli tedbirlerin alınmasını kolaylaştırmaktadır.

İnşaat sektöründe çalışanların eğitim seviyesinin genel olarak daha düşük olmasının yanısıra çalışan devir hızının

diğer sektörlerle kıyas edilemeyecek kadar yüksek olması, çalışanlara sürekli bir İSG eğitimi verilmesini güçleştirmektedir. Sektörde işlerin genellikle birbirlerinden farklı organizasyon ve iş disiplinlerine sahip altyükleniciler tarafından gerçekleştirilmesi ve disiplin anlayışları ile davranış kültürleri birbirlerinden farklı olan bu grupların çoğunlukla birbirlerinden bağımsız hareket etmesi ortak bir iş güvenliği kültürünün oluşmasının önünde önemli bir engeldir. Yine çalışanların genel olarak bireysel deneyimlerine ve çalışma alışkanlıklarına göre kendilerinin şekillendirdiği davranış kalıplarının bulunması, İSG ile ilişkili yanlış alışkanlıkların değiştirilmesini ve ortak bir davranış kalıbının geliştirilmesini zor hale getirmektedir. Bütün bu açılardan eğitim faaliyetlerini daha etkin, yararlı ve eğlenceli hale getirmek için görselleştirme teknolojileri ile sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerden faydalanmak son derece yararlı olacaktır.

Sonuç olarak, inşaat sektörünün hem dünyada hem de Türkiye’de İSG açısından diğer sektörlerden olumsuz anlamda ayrışmasının, güvenlik kültürü oluşturulması veya yasal düzenlemeler gibi maddi olmayan ve KKD kullanımı gibi maddi hususların ötesinde tedbirler alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu açıdan teknolojik yenilikler, sektörü tehlikeli hale getiren ve mevcut tehlikelerin daha da büyümesine neden olan sektörün kendine özgü koşullarının üstesinden gelebilmek için iyi bir yol olarak gözükmektedir. Bu çalışma boyunca ortaya konulduğu üzere söz konusu teknolojik uygulamalara ilişkin hem bilimsel boyutta hem de endüstriyel ürün bazında çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu alanda yapılacak her türlü yatırımın, daha az kaza dolayısıyla daha az ölüm, yaralanma, iş göremezlik ve iş gücü kaybını sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Bu açıdan inşaat sektöründe ilgili paydaşların konu hakkındaki farkındalığının artırılması, gelişen bu teknolojik sürece uyum sağlamaları ve işlerine adapte etme-

leri açısından son derece önemlidir. Çalışmanın bu anlamda önemli bir başlangıç noktası olacağı değerlendirilmektedir. İlerleyen çalışmalarda, Türk inşaat sektöründe İSG uzmanları, yönetici ve teknik personelin konuyla ilgili bilgi düzeylerinin görüşmeler veya anketler yolu ile ölçülmesi, bahse konu teknolojilerin sahada uygulanarak etkinlik düzeylerinin ölçülmesi faydalı olacaktır.

YAZAR KATKILARI: Yazarların katkıları eşit düzeydedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını, makalede araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan ederler.

FINANSAL DESTEK: Bu çalışmada herhangi bir kişi, kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

ETİK KOMİTE ONAYI: İnsan örneği veya deneysel çalışma içermediğinden etik kurulu oluru gerekmemiştir.

KAYNAKÇA

- [1] A. G. Şat Sezgin ve A. Aşarkaya. "İnşaat Sektörü" Türkiye İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü, 2017.
- [2] ÇSGB, T.C. İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, "İnşaat Sektöründe İş Sağlığı Gözetim Rehberi," 2018.
- [3] SGK "İstatistik Yıllıkları," http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari (erişim tarihi 10 Şubat 2021)
- [4] B.Y. Jeong, "Occupational deaths and injuries in the construction industry," *Applied Ergonomics*, vol. 29, no. 5, pp. 355-360, 1998.
- [5] P. Kines, "Construction workers' falls through roofs: Fatal versus serious injuries," *Journal of Safety Research*, vol. 33, no. 2, pp. 195-208, 2002.
- [6] C. W. Liao ve Y. H. Perng, "Data mining for occupational injuries in the Taiwan construction industry," *Safety Science*, vol. 46, no.7, pp. 1091-1102, 2008.
- [7] M. E. Öcal, "İnşaat sektöründe görülen iş kazaları," *İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu*, 14, 2006.
- [8] T., Cheng, G. C. Migliaccio, J. Teizer ve U. C. Gatti, "Data fusion of real-time location sensing and physiological status monitoring for ergonomics analysis of construction workers," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 27, no. 3, pp. 320-335, 2013.
- [9] "Using Technology to Improve Safety in the Workplace" <https://jesi.io/using-technology-improve-safety-workplace/>, (erişim tarihi 25 Şubat 2021)
- [10] G.T.A. Kovacs, *Micromachined Transducers Sourcebook*. WCB/McGraw-Hill, 1998.
- [11] R. Frank, *Understanding Smart Sensors*. 2nd Edition. Norwood, MA: Artech House, Inc., 2000.
- [12] R. U. Sonje ve S.V. Borde, "Microelectromechanical systems (Mems)," *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, pp. 102-105, 2014.
- [13] K. Bremer, F. Weigand, Y. Zheng, L. S. Alwis, R. Helbig ve B. Roth, "Structural health monitoring using textile reinforcement structures with integrated optical fiber sensors," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 2, pp. 1-11, 2017.
- [14] M.,Zhang, T. Cao ve X. Zhao, "Applying Sensor-Based Technology to Improve Construction Safety Management," *Sensors*, vol. 17 no. 8, pp. 1-24, 2017.
- [15] S. Ahsan, A. El-Hamalawi, D. Bouchlaghem ve S. Ahmad, "Mobile technologies for improved collaboration on construction sites," *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 3 no. 4, pp. 257-272. 2007.
- [16] "10 Types of Technology That Make Construction Sites Safer," <https://mobilevideoguard.com/10-types-of-technology-that-make-construction-sites-safer/> (erişim tarihi 21 Ocak 2021)
- [17] K. Jones, "How Technology is Improving Construction Site Safety," 2017. <https://www.constructconnect.com/blog/how-technology-is-improving-construction-sites-safety> (erişim tarihi 20 Ocak 2021)
- [18] P. Bonato, "Advances in wearable technology for rehabilitation," *Stud Health Technol Inform*, no. 145, pp. 145-159, 2009.
- [19] S. Hiremath, G. Yang ve K. Mankodiya, "Wearable Internet of Things: Concept, architectural components and promises for person-centered healthcare," In 2014 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare-Transforming Healthcare Through Innovations in

- Mobile and Wireless Technologies (MOBIHEALTH), pp. 304-307, 2014.
- [20] M. Sung, C. Marci ve A. Pentland, "Wearable feedback systems for rehabilitation," *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, vol. 2, no. 1, pp. 1-12, 2005.
- [21] I. Awolusi, E. Marks ve M. Hallowell, "Wearable technology for personalized construction safety monitoring and trending: Review of applicable devices." *Automation in Construction*, no. 85, pp. 96-106, 2018.
- [22] I. Awolusi, C. Nnaji, E. Marks ve M. Hallowell, "Enhancing construction safety monitoring through the application of internet of things and wearable sensing devices: A review." *Computing in civil engineering : Data, Sensing, and Analytics*, pp. 530-538, 2019.
- [23] U. C. Gatti, G. C. Migliaccio, ve S. Schneider, "Wearable physiological status monitors for measuring and evaluating workers' physical strain: Preliminary validation," In *Computing in Civil Engineering*, pp. 194-201, 2011.
- [24] X. Shen, I. Awolusi ve E. Marks, "Construction equipment operator physiological data assessment and tracking," *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, vol. 22, no. 4, 04017006, 2017.
- [25] C. R. Ahn, S. Lee, C. Sun, H. Jebelli, K. Yang ve B. Choi, "Wearable sensing technology applications in construction safety and health," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 145, no. 11, 03119007, 2019.
- [26] R. Edirisinghe, "Digital skin of the construction site. Engineering," *Construction and Architectural Management*, 2019.
- [27] H. Guo, Y. Yu ve M. Skitmore, "Visualization technology-based construction safety management: a review," *Automation in Construction*, no. 73, 135-144, 2017.
- [28] M. K. Tsai, "Applying physiological status monitoring in improving construction safety management," *KSCE Journal of Civil Engineering*, pp. 2061-2066, 2017.
- [29] "Top 5 construction technologies to keep you safe," <https://www.letsbuild.com/blog/top-5-construction-technologies-to-keep-you-safe> (erişim tarihi 12 Şubat 2021)
- [30] E. Marks ve J. Teizer, "Proximity sensing and warning technology for heavy construction equipment operation," In *Construction research congress 2012: Construction challenges in a flat World*, pp. 981-990, 2012.
- [31] S. Choe, F. Leite, D. Seedah ve C. Caldas, "Evaluation of sensing technology for the prevention of backover accidents in construction work zones," *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, vol. 19, no. 1, pp. 1-19, 2014.
- [32] J. Park, K. Kim ve Y. K. Cho, Framework of automated construction-safety monitoring using cloud-enabled BIM and BLE mobile tracking sensors. *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 143, no. 2, 2017.
- [33] J. Wang ve S. N. Razavi, "Low false alarm rate model for unsafe-proximity detection in construction," *Journal of Computing in Civil Engineering*, vol. 30, no. 2, 04015005, 2016.
- [34] J. Li, J. Carr ve C. Jobes, "A shell-based magnetic field model for magnetic proximity detection systems," *Safety Science*, vol. 50, no. 3, pp. 463-471, 2012.
- [35] "Inside Construction" <https://www.insideconstruction.com.au/section/industry-news/visibility-on-construction-sites-equals-safety/> (erişim tarihi 12 Ocak 2021)
- [36] J. S. Lim, K. I. Song ve H. L. Lee, "Real-Time Location Tracking of Multiple Construction Laborers," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 11, 1869, 2016.
- [37] A. Papastolou ve H. Chaouchi, "RFID-assisted indoor localization and the impact of interference on its performance," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 34, no. 3, pp. 902-913, 2011.
- [38] W. Zhou, J. Whyte ve R. Sacks, "Construction safety and digital design: A review," *Automation in Construction*, no. 22, pp. 102-111, 2012.
- [39] A. Shahi, A. Aryan, J. S. West, C. T. Haas ve R. C. G. Haas, "Deterioration of UWB positioning during construction," *Automation in Construction*, no. 24, pp. 72-80, 2012.
- [40] C. E. Fullerton, B. S. Allread ve J. Teizer, "Pro-Active-Real-Time personnel warning system," *Construction Research Congress*, pp. 31-40, 2009.
- [41] M. R. Hallowell, J. Teizer ve W. Blaney, "Application of sensing technology to safety management," *Construction Research Congress*, pp. 31-40, 2010.
- [42] Occupational Safety and Health Administration

- (OSHA), "Worker safety series: construction, United States department of labor 2017," <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3252/3252.html>. (erişim tarihi 23 Ocak 2021)
- [43] J. Teizer, B. S. Allread ve U. Mantripragada, "Automating the blind spot measurement of construction equipment," *Automation in Construction*, vol. 19, no. 4, pp. 491-501, 2010.
- [44] "Smart Vests Keep Construction Workers Safe," <https://www.femoran.com/hvac-plumbing-construction-blog/smart-vests-keep-construction-workers-safe> (erişim tarihi 11 Şubat 2021)
- [45] Y. Jin, S. A. Naeem ve H. E. Shumway, "Fall Detection and Posture Monitoring System" (Doctoral dissertation, Worcester Polytechnic Institute), 2019.
- [46] S. Y. Yin, H. P. Tserng, J. C. Wang ve S. C. Tsai, "Developing a precast production management system using RFID technology," *Automation in Construction*, vol. 18, no. 5, pp. 677-691, 2009.
- [47] R. Lia ve T. H. Leung, "Leading safety indicators and automated tools in the construction industry," In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 34). IAARC Publications, 2017.
- [48] Y. Zhou, L. Y. Ding ve L. J. Chen, "Application of 4D visualization technology for safety management in metro construction," *Automation in Construction*, no. 34, pp. 25-36, 2013.
- [49] W. Wu, H. Yang, D. A. Chew, S. H. Yang, A. G. Gibb ve Q. Li, "Towards an autonomous real-time tracking system of near-miss accidents on construction sites," *Automation in Construction*, vol. 19, no. 2, pp. 134-141, 2010.
- [50] M. Abderrahim, E. Garcia, R. Diez ve C. Balaguer, "A mechatronics security system for the construction site," *Automation in Construction*, vol. 14, no. 4, pp. 460-466, 2005.
- [51] S. O. Cheung, K. K. Cheung ve H. C. Suen, CSHM: "Web-based safety and health monitoring system for construction management," *Journal of Safety Research*, vol. 35, no. 2, pp. 159-170, 2004.
- [52] D. Niewolny, "How the Internet of Things Is Revolutionizing Healthcare," *White Pap.*, pp. 3-5, 2013.
- [53] Q. Jing, A. Vasilakos, J. Wan, J. Lu ve D. Qiu, "Security of the Internet of Things: Perspectives and challenges," *Wireless Networks*, no. 20, pp. 2481-2501, 2014.
- [54] E. Hopah ve O. Vayvay, "Internet of Things (IoT) and its Challenges for Usability in Developing Countries," *International Journal of Innovation Engineering and Science Research*, vol. 2, no. 1, pp. 1-9, 2018.
- [55] N. Azmy ve A. Zain, "The applications of technology in enhancing safety and health aspects on Malaysian construction projects," *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, no. 11, pp. 7209-7213, 2016.
- [56] B. Chu, K. Jung, M.T. Lim ve D. Hong, "Robot-based construction automation: An application to steel beam assembly (Part I)," *Automation in Construction*, no. 32, pp. 46-61, 2013.
- [57] T. Bock, T. Linner ve W. Ikeda, "Exoskeleton and humanoid robotic technology in construction and built environment, the future of humanoid robots - research and applications," *Intechopen*, 2012.
- [58] Y. Niu, W. Lu ve D. Liu, "The application scenarios of smart construction objects (SCOs) in Construction," Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, pp. 969-980, 2017.
- [59] H. A. Yu, Knowledge-based system for construction health and safety competence assessment, University of Wolverhampton. United Kingdom, 2009.
- [60] Construction Robotics, <https://www.construction-robotics.com/sam100/> (erişim tarihi 5 Ocak 2021)
- [61] K. Hooker, "Advantages of Demolition Robots," https://www.concreteconstruction.net/how-to/repair/advantages-of-demolition-robots_o (erişim tarihi 14 Ocak 2021)
- [62] C. Balaguer ve M. Abderrahim, "Trends in Robotics and Automation in Construction Robotics," *Intechopen*, 2008
- [63] J. Howard, V. Murashov, ve C. M. Branche, "Unmanned aerial vehicles in construction and worker safety," *American Journal of Industrial Medicine*, pp. 3-10, 2017.
- [64] C. Nnaji, J. Gambatese, H. W. Lee ve F. Zhang, "Improving construction work zone safety using technology: A systematic review of applicable Technologies," *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 61-75, 2020.
- [65] Royal Truck ve Equipment, "Attenuator Truck - What is it?" <https://royaltruckandequipment.com/attenuator-truck/> (erişim tarihi 14 Ocak 2021)

- [66] Businesswire, "Komatsu First to Operate Autonomous Haulage System over Dedicated Private LTE Network," <https://www.businesswire.com/news/home/20190120005012/> (erişim tarihi 21 Şubat 2021)
- [67] J. Park, E. Marks, Y. K. Cho ve W. Suryanto, "Performance test of wireless technologies for personnel and equipment proximity sensing in work zones," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 142, no. 1, 04015049, 2016.
- [68] B. W. Jo, Y. S. Lee, J. H. Kim, D. K. Kim ve P. H. Choi, "Proximity warning and excavator control system for prevention of collision accidents," *Sustainability*, vol. 9, no. 8, 1488, 2017.
- [69] J. Teizer, B. S. Allread, C. E. Fullerton ve J. Hinze, "Autonomous pro-active realtime construction worker and equipment operator proximity safety alert system," *Automation in Construction*, vol. 19, no. 5, pp. 630–640, 2010.
- [70] X. Yang, J. Park, ve Y. K. Cho, "Adaptive signal-processing for BLE sensors for dynamic construction proximity safety applications," In Construction Research Congress., March, 2018.
- [71] NSW, https://www.rms.nsw.gov.au/business-industry/partnerssuppliers/documents/technical-manuals/delineation/delineationsect1v11_i.pdf (erişim tarihi 19 Ocak 2021)
- [72] D. Bouchlaghem, H. Shang, J. Whyte ve A. Ganah, "Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC)," *Automation in Construction*, vol. 14, no. 3, pp. 287-295, 2005.
- [73] Q. T. Le, A. Pedro ve C. S. Park, "A social virtual reality-based construction safety education system for experiential learning," *Journal of Intelligent ve Robotic Systems*, vol. 79, no. 3, pp. 487-506, 2015.
- [74] Z. Zhou, J. Irizarry ve Q. Li, "Applying advanced technology to improve safety management in the construction industry: a literature review," *Construction Management and Economics*, vol. 31, no. 6, pp. 606-622, 2013.
- [75] M. A. Froehlich ve S. Azhar, "Investigating virtual reality headset applications in construction," In Proceedings of the 52nd Associated Schools of Construction Annual International Conference, 13-16, Nisan, 2016.
- [76] A. Agrawal, G. Acharya, K. Balasubramanian, N. Agrawa ve R. Chaturvedi, "A review on the use of augmented reality to generate safety awareness and enhance emergency response," *International Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 813-820, 2016.
- [77] J. Akyeampong, S. J. Udoka ve E. H. Park, "A hydraulic excavator augmented reality simulator for operator training, In Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, pp. 1511-1518, 2012.
- [78] M., Golparvar-Fard, F. Pena-Mora ve S. Savarese, "D4AR—a 4-dimensional augmented reality model for automating construction progress monitoring data collection, processing and communication," *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 14, no. 13, pp. 129-153, 2009.
- [79] S. Rajendran ve B. Clarke, "Building Information Modeling: Safety benefits and opportunities," *Professional Safety*, pp. 44-51, 2011.
- [80] S. Azhar, A. Bahringer, M. Khalfan, A. Sattineni ve T. Maqsood, "BIM for Facilitating Construction Safety Planning and Management at Jobsite," Proceeding of the CIB W099 International Conference on Modelling and Building Health and Safety, pp. 82-92, 2012.
- [81] R. Rwamamara, H. Noreberg, T. Olofson ve O. Lagerqvist, "Using visualization technologies for design and planning of a healthy construction," *Workplace, Construction Innovation*, no. 10, pp. 248-266, 2010.
- [82] Mallasi, Z. "Dynamic quantification and analysis of the construction workspace congestion utilizing 4D visualization," *Automation in Construction*, no. 15, pp. 640–655, 2006.
- [83] V Benjaoran ve S Bhokha, "Enhancing visualization of 4D CAD model compared to conventional methods," *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 16, no. 4, pp. 392-408, 2009.
- [84] X. Zhu, S. K. Mukhopadhyay ve H. A. Kurata, "Review of RFID technology and its managerial applications in different industries," *Journal of Engineering and Technology Management*, vol. 29, no. 1, pp. 152-167, 2012.
- [85] UK Connect, 10 Construction Technology Trends Impacting the Industry in 2022 <https://ukconnect.com/construction-technology-trends/> (erişim tarihi 8 Nisan 2021)
- [86] K. Ku ve T. Miles, "Research needs for Building Information Modelling for Construction Safety," International Proceedings of Associated Schools of Construction 45th Annual Conference, Boston, MA. 2010.

- [87] J. Qi, R. Issa, J. Hinze ve S. Olbina, "Integration of safety in design through the use of building information modeling," International Conference on Computing in Civil Engineering, Miami, U.S., pp. 698-705, 2011.
- [88] S. A. Talmaki, S. Dong ve V. R. Kamat, "Geospatial databases and augmented reality visualization for improving safety in urban excavation operations," In Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice, 91-101, 2010.
- [89] American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS). U.S. Bone and Joint Initiative. The Burden of Musculoskeletal Diseases in the United States. 3rd Ed. Rosemont, Illinois: U.S., 2016.
- [90] E. Yelin, S. Weistein ve T. King, "The burden of musculoskeletal diseases in the United States," In *Seminars in arthritis and rheumatism*, vol. 46, no. 3, pp. 259-260, Aralık 2016.
- [91] R., Bostelman, E., Messina, ve S. Foufou, "Cross-industry standard test method developments: from manufacturing to wearable robots," *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, vol. 18, no. 10, 1447-1457, 2017.
- [92] B. Marinov, "Types and classifications of exoskeletons. Exoskeleton Report," 2015.
- [93] M. P. De Looze, T. Bosch, F. Krause, K. Stadler ve L. O'sullivan, "Industrial applications of exoskeletons and their impact on physical loads," *Ergonomics*, vol. 59, no. 5, pp. 671-681, 2015.
- [94] T. Bosch, J. Van Eck, K. Knitel ve M. De Looze, "The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work," *Applied Ergonomics*, no. 54, pp. 212-217, 2016.
- [95] Y. K. Cho, K. Kim, S. Ma ve J. A. Ueda, "Robotic wearable exoskeleton for construction worker's safety and health," In ASCE Construction Research Congress, pp. 19-28, 2018.
- [96] T. Butler ve D. Wisner, "Exoskeleton technology: Making workers safer and more productive," In ASSE Professional Development Conference and Exposition. American Society of Safety Engineers. Ocak, 2017.
- [97] E. Rashedi, S. Kim, M. A. Nussbaum ve M. J. Agnew, "Ergonomic evaluation of a wearable assistive device for overhead work," *Ergonomics*, vol. 57, no. 12, pp. 1864-1874, 2014.
- [98] S. Kim, M. A. Nussbaum, M. I. M. Esfahani, M. M. Alemi, S. Abdulkarim ve E. Rashedi, "Assessing the influence of a passive, upper extremity exoskeletal vest for tasks requiring arm elevation: Part I- "Expected" effects on discomfort, shoulder muscle activity, and work task performance," *Applied Ergonomics*, no. 70, pp. 315-322, 2018.
- [99] M. A. Smets, "Field evaluation of arm-support exoskeletons for overhead work applications in automotive assembly," *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, vol. 7, no. 3-4, pp. 192-198, 2019.
- [100] Consumer Product Safety Commission, Potential hazards associated with emerging and future Technologies, Staff Report, 2017.
- [101] "Exoskeleton set to take the strain for construction workers" <https://www.thenbs.com/knowledge/exoskeleton-set-to-take-the-strain-for-construction-workers> (erişim tarihi 11 Şubat 2021)
- [102] J. Howard, V. V. Murashov, B. D. Lowe ve M. L. Lu, "Industrial exoskeletons: Need for intervention effectiveness research," *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 63, no. 3, pp. 201-208, 2020.
- [103] IBM Digital Twin: Helping Machines Tell Their Story. (2019). <https://www.maximo.ae/news/news-insights-3/> (erişim tarihi 11 Ocak 2021)
- [104] M. Grieves, "Origin of The Digital Twin Concept," Florida Institute of Technology. NASA, Working Paper, 2016.
- [105] Dodge Data and Analytics Safety Management in the Construction Industry, "Smart Market Report," Bedford, MA, 2017.
- [106] R. Chakkravarthy, "Artificial intelligence for construction safety," *Professional Safety*, vol. 64, no. 1, 46, 2019.
- [107] V. K. Reja ve K. Varghese, "Impact of 5G technology on IoT applications in construction project management," In ISARC. Proc. Int. Symp. Autom. Robot. Constr, vol. 36, pp. 209-217, Mayıs 2019.
- [108] Y. W. D. Tay, B. Panda, S. C. Paul, N. A. Noor Mohamed, M. J. Tan ve K. F. Leong, "3D printing trends in building and construction industry: a review." *Virtual and Physical Prototyping*, vol. 12, no. 3, 261-276, 2017.
- [109] Archdaily, "Dubai Municipality to Become the World's Largest 3D-Printed Building" <https://www.archdaily.com/930857/dubai-municipality-to-become-the-worlds-largest-3d-printed-building>, (erişim tarihi 10 Şubat 2021)
- [110] J. Wong, X. Wang, H. Li ve G. A. Chan, "Review

of cloud-based BIM technology in the construction sector,” *Journal of Information Technology in Construction*, no. 19, pp. 281-291, 2014.

- [111] G. E. Güranlı, U. Müngen ve M. Akad, “Construction Equipment and Motor Vehicle Related Injuries on Construction Sites in Turkey,” *Industrial Health*, vol. 46, no. 4, pp. 375-388, 2008.