

Yeni Nesil Akıllı Kişisel Koruyucu Donanımların Sektörel Kullanımına Yönelik Niteliksel Bir İnceleme

A Qualitative Examination of the Sectoral Applications of Next-Generation Smart Personal Protective Equipment

Ahmet ÇABUK ¹, Hızircan KARTAL ², Enes Said KARATAŞ ², Eray ŞEKER ²,
Sıla ÖZKAYA ², Maral ENGİN ², Zeynep Nur SALKIN ², Saadet KARAKUŞ ³, Serap TEPE ⁴

¹Karabük Üniversitesi, Eskipazar Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Karabük, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye

⁴Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, İstanbul, Türkiye

Öz

Akıllı teknolojilerle donatılan yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar (KKD), çalışanların güvenliği ve iş verimliliğini artırmak için geliştirilen bir çözümdür. Akıllı KKD'ler, ortam koşullarını ve çalışan hareketlerini izleme, potansiyel tehlikeleri önceden tespit etme ve kazaları engelleme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, yüksek maliyetler, eğitim eksiklikleri, yasal düzenlemelerin yetersizliği ve kullanıcı mahremiyeti gibi engeller bu teknolojilerin geniş ölçekli uygulamalarını kısıtlamaktadır. Bu çalışma, KKD'lerin iş güvenliği alanındaki kullanımını incelemektedir. Çalışmada, iş kazalarını önlemek, çalışma ortamını izlemek ve çalışan sağlığını korumak için akıllı sensörler, nesnelerin interneti (IoT), veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojilerin KKD'lere entegre edilmesi ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında, farklı sektörlerdeki iş güvenliği uzmanlarıyla yapılan görüşmeler sonucunda, akıllı KKD'lerin avantajları ve sınırlılıkları tartışılmakta, Türkiye'deki uygulamalara dair sektör temsilcilerinin görüşleri analiz edilmektedir. Katılımcılar, yüksek risk içeren işlerde akıllı KKD'lerin zorunlu hale getirilmesini savunurken, veri gizliliği ve psikolojik baskı gibi sorunlara dikkat çekmiştir. Çalışmada akıllı KKD'lerin iş güvenliği kültürüne katkısı vurgulanırken, maliyet-fayda analizlerinin yapılması ve teknolojinin etkinliğini artıracak yasal düzenlemelerin geliştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı kişisel koruyucu donanımlar, iş güvenliği, akıllı teknolojiler, veri gizliliği

Abstract

The next generation of personal protective equipment (PPE) equipped with smart technologies represents an innovative solution designed to enhance worker safety and operational efficiency. Smart PPE possesses the capability to monitor environmental conditions and employee movements, allowing for the proactive identification of potential hazards and the prevention of accidents. However, several barriers, including high costs, deficiencies in training, inadequate regulatory frameworks, and concerns regarding user privacy, limit the widespread adoption of these technologies. This paper examines the application of PPE in the field of occupational safety. It discusses the integration of technologies such as smart sensors, the Internet of Things (IoT), data analytics, and artificial intelligence into PPE to prevent workplace accidents, monitor work environments, and safeguard employee health. Through interviews conducted with occupational safety experts across various sectors, the paper explores the advantages and limitations of smart PPE and analyzes the perspectives of industry representatives regarding its implementation in Turkey. Participants advocate for the mandatory adoption of smart PPE in high-risk occupations while highlighting issues such as data privacy and psychological pressure. The paper emphasizes the contribution of smart PPE to the culture of occupational safety, recommending that cost-benefit analyses be conducted and that legal regulations be developed to enhance the effectiveness of the technology.

Keywords: Smart personal protective equipment, occupational safety, smart technologies, data privacy

1. GİRİŞ

Çalışma şekli ve ortamlarında meydana gelen değişimler [1], küresel iklim değişikliği ve üretim kalitesinin artırma isteği [2], iş yerlerinde güvenliği iyileştirme gerekliliği [3] ve teknolojinin hızlı gelişmesi çalışma hayatı ve iş

sağlığı ve güvenliğinde yeni çözümler geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Özellikle sağlık, inşaat, sanayi, tarım gibi alanlarda çalışanların sağlığı ve güvenliğini sağlamak, korumayı, iş verimini ve üretkenliği artırmak, kişisel koruyucu donanımların performansını geliştirmek için kişisel koruyucu donanımlara akıllı donanımlar eklenmesi, kullanılan malzemelerin geliştirilmesi kritik bir öneme sahiptir. İş yerlerinde çalışanların iş kazası geçirmesi veya meslek hastalığına tutulmasına neden olan tehlike ve tehlikeden kaynaklı risk(ler) bulunmaktadır. İş kazası ve meslek hastalığına neden tehlikelerin, tehlikelerin oluşturduğu riskleri ve ikincil tehlikeleri kaynağında, ortamda ve alıcı üzerinde yok etmek veya sınırlandırmak amacıyla kişilerin katılımıyla sistemli ve bilimsel çalışmalar yürütülmektedir. Tehlike ve risklerin yok edilmesi, sınırlandırılması için risk değerlendirmesi çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmada risk değerlendirme ekibi tarafından iş yeri ve iş yerinin sınırdış olduğu alanlarda bulunan canlı ve cansız varlıklara zarar verme potansiyeli olan tehlike belirlenmekte (1), tehlikeden kaynaklı risk ve ikincil tehlikeler tanımlanmakta (2), tehlikenin riske dönüşmesine neden olan olay ve durumlar belirlenmekte (3), belirlenen riskler meydana gelme sıklığı ve vereceği zararlar dikkate alınarak analiz edilmekte (4), analiz sonucunda elde edilen puanlar yüksekte düşüğe doğru sıralanmakta -risk analizi sonucunda puanların aynı olması durumunda ölüme ve ağır yaralanmaya neden olan tehlikelere öncelik verilir- (5), önem derecesine göre tehlike ve risklerin kaynağına önlenmesi ve sınırlandırılması için kontrol önlem ve tedbirlerine karar verilmesi (6), karar verilen önlem ve tedbirlerin uygulanması (7), uygulanan önlem ve tedbirlerin etkinliğinin analiz edilmesi (8), gözden geçirme, çalışmanın raporlanması ve dokümanite edilmesi (9) gerçekleştirilmektedir. Risk değerlendirmesi çalışmasında altıncı (6) basamakta tehlike ve risklerin önlenmesi için belirlenecek önlem ve tedbirlerde öncelik toplu korunmaya yönelik uygulamalara (Kaynağında veya ortamda yok etmek veya sınırlandırmak) yer verilmektedir. Toplu koruma sağlanmadığı durumlarda kişiye yönelik koruma uygulamalara (Alıcıda yok etmek veya sınırlandırmak) yer verilmektedir. Toplu koruma ve kişiye yönelik koruma yöntemlerinin uygulanmasında hiyerarşiye dikkat edilmektedir. Risk yönetim hiyerarşisinde sıralama; tehlikenin kaynağında yok edilmesi (1), tehlikeli maddenin, işlemin tehlikesiz veya daha az tehlikeli olanla değiştirilmesi yani ikame edilmesi (2), mühendislik metot ve yöntemlerinin uygulanması (3), idari önlemler alınması (4), kişisel koruyucu donanım kullanılmasıdır (5). Risk kontrol/ yönetim hiyerarşisinde yer alan ilk dört madde toplu koruma yöntemidir ve tehlike ile riskin kaynağa veya ortamda

yok edilmesi ve sınırlandırılmasına hizmet etmektedir. Son sırada yer alan beşinci madde ise kişiye yönelik koruma yöntemi olup tehlike ve riskin alıcıda önlenmesine hizmet etmektedir. Risk kontrol hiyerarşisinin adımlarının sırasıyla uygulanması hedeflenir ancak tek bir uygulama adımının yetersiz olması durumunda diğer yöntemlerde uygulanır. Kişisel koruyucu donanım kullanımı kişiye yönelik korunma yöntemi olarak son sırada yer almasına rağmen tüm yöntemlerle birlikte kullanılabilir. Kişisel koruyucu donanımların seçiminde kullanılan hammadde, iş sürecine dikkat edilmesi ve çalışanların kendilerine verilen kişisel koruyucu donanımı kurallara ve verilen eğitime -kişisel koruyucu donanımı doğru kullanma ve saklama konusundaki teorik ve pratik eğitime- uygun şekilde kullanması kişisel koruyucu donanımın koruyuculuğuna katkı sağlamaktadır. Kişisel koruyucu donanımların doğru seçilmesi, çalışanların kişisel koruyucuları kurallara uygun olarak kullanması, hem seçimde ve alımda çalışanların işverene güvenmesi hem de çalışanların her zaman ve her durumda kişisel koruyucu donanımı doğru kullanacağını konusunda güvenmesi zararın ve maliyetlerin azalmasına imkân verecektir.

Kimyasal ve fiziksel sensörlerle donatılan, veri analitiği ile gerçek zamanlı izlemeye imkân veren, kullanımının takibinin yapılmasını sağlayan donanımlara sahip kişisel koruyucu donanımlar ortam koşulları hakkında anlık bilgi alınmasında, durumların ve hareketlerin erken tespit edilmesinde önemli potansiyel sunmaktadır [4, 5]. Bu durum iş kazası ve meslek hastalıklarına neden olan tehlikelerin tanımlanmasına, tehlikelerden kaynaklı risklerin belirlenerek önlenmesine veya sınırlandırılmasına imkân vermektedir. Tehlike ve risklerin önlenmesi iş yeri ekosistemini oluşturan tüm canlı ve cansız varlıkların sağlığını ve güvenliğinin korunmasını, geliştirilmesini ve iyileştirilmesini sağlayacak, iş verimini ve üretkenliği artıracaktır.

Bu çalışma, farklı sektörlerde çalışan grupların görüşlerine dayanarak akıllı kişisel koruyucu donanımların (KKD) mevcut durumlarını, avantajlarını, sınırlılıklarını ve benimsenme faaliyetlerini incelemeyi sürdürüyor. Nitel yöntemle yürütülen bu araştırmada, üretim ve hizmet alanında yer alan yapı -inşaat, zemin işleri-, medya, eğitim -üniversite-, eğitim, danışmanlık, telekomünikasyon sektörlerinde yer işletmelerde yönetici olarak görev alan kişilerle görüşmeler yapılmıştır. Yöneticilerle yapılan görüşmelerden elde edilen bulgular, akıllı kişisel koruyucu donanımların kullanımından önemli çıkarımlar sunacaktır. Çalışma, özellikle Türkiye'deki

uygulamalara dikkat çekmekle birlikte, uluslararası literatürle karşılaştırmalar da içermektedir.

II. LİTERATÜR

Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından 3 Haziran 1981 tarihinde kabul edilen “155 No’lu İş Sağlığı ve Güvenliği ve Çalışma Ortamına İlişkin Sözleşme hükümleri arasında (Madde 16) “işverenler gerektiğinde, kaza riskinin veya sağlık üzerindeki etkilerinin imkanlar ölçüsünde önlenmesi için uygun koruyucu elbise ve donanım sağlar” bulunmaktadır. İş yerlerinde çalışanların sağlığını ve güvenliğini korunması amacıyla maruz kalınan tehlike (Fiziksel, biyolojik, kimyasal vd.) [1] ve risklere karşı kişisel koruyucu donanım işveren tarafından seçilmekte ve temin edilmektedir. Kişisel koruyucu donanımların temin edilmesi, temizlenmesi, onarılması, saklanması, depolanması, hasar gördüğünde yeniden değiştirilmesi ve çalışanlar tarafından kullanılması işverenin sorumluluğundadır [6]. Çalışan tarafından tutulan, giyilen veya takılarak kullanılan kişisel koruyucu donanımlar (Cihaz, alet ve malzeme) çalışanları bir veya birden fazla tehlike ve riske (mekanik darbeler, kimyasal maddeler, biyolojik ajanlar, zararlı tozlar, radyasyon, termal konfor şartları, gürültü ve titreşime vd.) karşı korumak amacıyla üretilmektedir [7]. Doğru kullanıldığında ölümleri ve yaralanmaların azalmasına imkân veren kişisel koruyucu donanımlar [8] mevzuat ve iş yerinde oluşturulan talimatlara rağmen rahatsız edici, iş yapmayı engelleyici, hantal ve bunaltıcı olduğu düşünüldükçe çalışanlar tarafından düzenli kullanılmamakta, kişisel koruyucu donanım kullanımı için eğitim eksikliği, yapılan işe ve ortama uygun olmayan kişisel koruyucu donanım kullanılması potansiyel risk durumlarını artırmaktadır [4, 9, 10, 11]. Bilgi ve iletişim teknolojileri verimliliği, güvenilirliği ve sürdürülebilirliği sağlamak ve artırmak için birçok sektörde kullanılmaktadır [8, 12].

Akıllı sensörler, nesnelerin interneti (IoT), simülasyonlar, yapay zekâ, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, veri analizi gibi akıllı teknolojiler kişisel koruyucu donanımlara entegre edilerek veya bu teknolojilerle birlikte olacak şekilde kullanılmaktadır [13, 14, 15, 16, 17, 18]. Belirtilen teknolojiler çalışanların nabız ve vücut sıcaklığının takibini yapmak [19, 20], çalışanın psikolojik durumlarını belirlemek [21, 22] toz, gürültü, aydınlatma, yükseklik, gaz gibi etkenleri tespit etmek [23, 24, 25], acil duruma neden olan riskler ve acil durum esnasında çalışanları uyarı ve sinyal almak, uyarmak, karar alma, acil durum ekiplerine haber vermek [26], çalışma ortamının anlık izlenmesinin yanında çalışanın iş yeri ortamında konumunun anlık belirlemek [27, 28, 29], çalışanların davranışlarının davranışlarını gözlemlemek, analiz etmek ve değiştirmek [30], izinsiz girişleri engellemek [31], çalışanların kişisel koruyucu donanımları kullanıp kullanmadıklarını takip etmek [32], nesnelerden kaynaklı darbeleri ölçmek amacıyla kullanılmaktadır. Bahsi geçen uygulamalar gerçek zamanlı izleme ve risk

azaltmayı mümkün kılmakta ve bu sayede çalışanın sağlık, güvenlik ve refahını korumayı, geliştirmeyi ve iyileştirmeyi sağlamaktadır.

Veri toplama, verinin depolanması ve paylaşılması, analiz edilmesi, yorumlanması ile çalışma ortamının ve çalışanın izlenmesi ve konumunun belirlenmesi, kişisel koruyucu donanımın kullanılıp kullanılmadığının takibinin yapılmasında akıllı teknolojiler kullanılmaktadır. Kullanılan akıllı teknolojiler çalışma ortamının çalışan için uygun hale getirilmesine, işin çalışanın fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden uygun olmasına, çalışma şartlarından ve tekrarlayan hareketlerden kaynaklı olarak çalışanın sağlığının ve refahının korunmasına, riskli davranışların ve durumların önlenerek güvenliğin sağlanmasına yönelik çalışmaların ve uygulamaların yapılmasına imkân vermektedir. Koruma, önleme, izleme, yer belirleme, takip amacıyla akıllı teknolojilerle entegre edilmiş kişisel koruyucu donanımlar inşaat, maden, sağlık başta olmak üzere birçok sektörde kullanılmaktadır [11, 20, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40]. Yüksek koruma gücü, tekrar kullanmaya imkân vermesi, kendi kendini sterilize etme, çevre kirliliğinin azalmasına katkı sağlanması özelliklerine rağmen [41] akıllı teknolojilerde özellikle giyilebilir teknolojilerden kaynaklı olarak elektrik akımına maruz kalma, yanma ve patlama durumları meydana gelebilmektedir. İnsan vücudu ve cildi ile temas eden bu ürünler için insanın sağlığı ve güvenliğine etkisi kadar performansı, mahremiyet, gizlilik ve güvenilirliği konusunda endişeler bulunmaktadır [42, 43]. Ayrıca akıllı teknolojilere sahip ürünlerin şarj edilmesi gerekliliği ve dış etkenlerden (Darbe, hava şartları vb.) teknolojilerin çok kolay etkilenmesi, görüntülerin alınmasında engeller oluşması, tanınmada sorunlar meydana gelmesi, kalibrasyona gerek duyulması, gerilmelerden etkilenmesi, standartların ve sertifikasyonların sınırlı olması, maliyet, eğitim gibi durumlar akıllı teknolojilerin kişisel koruyucu donanımlarda kullanılmasında geliştirilmesi gereken alanlar olduğunu göstermektedir [10, 44].

Yapılan işe, kullanılan malzeme ve makineye, yürütülen sürece, çalışma ortamı koşullarına, çalışanın fiziksel özelliklerine uygun olarak seçilen doğru kişisel koruyucu donanımların kullanıcılar tarafından kişisel koruyucu donanımın kullanma talimatlarına, teorik ve pratik eğitimde verilen bilgilere göre kullanılması sağlıklı ve güvende olmaya deste olmaktadır. Kişisel koruyucu donanımların temini, bakımı, yenilenmesi konusunda işverene; kişisel koruyucu donanımların belirlenen kurallara dahilinde doğru kullanılması ve muhafazası konusunda çalışanlara güven duyulması iş sağlığı ve güvenliği konusunda iyileştirici ve geliştirici olmakta ve güvenlik kültürünün gelişmesine katkı sunmaktadır.

Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlarda ergonomik ve estetik tasarım, sensör teknolojisi kullanımı, dijitalleşme ve veri yönetimi ön plana çıkmaktadır.

Tablo 1. Yeni Nesil Kişisel Koruyucu Donanımlar ve Özellikleri

Ergonomik ve Estetik Tasarım	Kullanıcı konforunu artırmak amacıyla ergonomik ve estetik tasarım ilkelerine uygun olarak geliştirilmiştir. Örnek: Geleneksel koruyucu başlıkların aksine, yeni tasarımlar daha hafif malzemelerden üretilmiş ve kullanıcının baş yapısına uyum sağlayacak şekilde ayarlanabilir özellikler eklenmiştir.
Sensör Teknolojileri	Yeni nesil KKD'ler, kullanıcı sağlığını izlemek ve çevresel riskleri tespit etmek amacıyla sensör teknolojileriyle donatılmıştır. Örnek: Eldiven, giyişi ve barete entegre edilen sıcaklık, nem, toz, gaz sensörleri, kullanıcının maruz kaldığı çevresel koşulları gerçek zamanlı olarak izleyebilmektedir.
Dijitalleşme ve Veri Yönetimi	Yeni nesil KKD'ler, dijitalleşme ve veri yönetimi alanında önemli yenilikler sunmaktadır. Örnek: Akıllı koruyucu gözlükler, kullanıcının görüş alanını artırmak ve çevresel verileri anlık olarak görüntülemek için AR (Artırılmış Gerçeklik) teknolojisini kullanmaktadır.

Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar ile geleneksel kişisel koruyucu donanımların özellikleri karşılaştırıldığında aralarında belirgin farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 2. Geleneksel Kişisel Koruyucu Donanım- Yeni Nesil Kişisel Koruyucu Donanım Özellikleri

Özellik	Geleneksel KKD	Yeni Nesil KKD
Malzeme	Ağır ve sert	Hafif ve esnek
Sensör Teknolojisi	-	Entegre sensör
Dijital Özellik	-	AR ve veri yönetimi
Ergonomik Tasarım	Sınırlı	Kullanıcı uyumu (Fit Test yapılmaktadır.)

Yapılan iş ve çalışma ortamına uygun kişisel koruyucu donanımın belirlenmesi, kişisel koruyucu donanımların kullanılması, muhafaza edilmesi, temizlenmesi ve gerekliliği konusunda eğitim eksikliği, güven ve güvenilirlik ve kullanım kolaylığına ilişkin endişe, maliyet, teknolojik alt yapının eksikliği, sertifikasyon ve standart eksikliği, akıllı teknolojiler ve bu teknolojilerin kişisel koruyucu donanımlarda kullanılması hakkında karar verici (İşveren) ve rehberlik yapanların (İş güvenliği uzmanı, işyeri

hekimi) bilgi ve deneyim eksikliği akıllı kişisel koruyucu donanımların iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılması konusunda engel olabilmektedir. Bu çalışma akıllı kişisel koruyucu donanımlara ilişkin görüşleri ve Türkiye’de kullanımı hakkında bilgiler sektörde yer alan kişilerden alınan bilgilerle sunulmaktadır.

III. YÖNTEM

Bu çalışma, nitel araştırma yaklaşımı benimsenerek gerçekleştirilmiştir. Üretim ve hizmet alanında yer alan yapı -inşaat, zemin işleri-, eğitim -üniversite-, medya, danışmanlık, eğitim, telekomünikasyon olmak üzere farklı sektörlerdeki altı (6) uzmanla görüşmeler yapılmış ve bu görüşmelerde nitel araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir veri toplama yöntemi olan yarı yapılandırılmış soru tekniği kullanılmıştır. Bu teknik hem esneklik kazandırması hem de tutarlılığı korumak amacıyla tercih edilmiştir. Önceden hazırlanmış soru seti katılımcılara yönlendirilmesine ve katılımcıdan gelen cevaba göre ek sorular sormaya imkân vermesi ve bu sayede cevabın derinleştirilmesini sağlaması ayrıca bu yöntemin kullanılmasını gerekli kılmıştır. Belirlenen konu çerçevesinde katılımcıların düşüncelerini ve deneyimlerini daha detaylı ifade etmelerine imkân veren yarı yapılandırılmış 21 soru yönlendirilmiştir. Verilerin sistematik bir şekilde özetlenmesine, sınıflandırılmasına ve yorumlanmasına olanak sağlayan betimsel analiz tekniği nitel araştırma yöntemlerinde çoğunlukla tercih edilmektedir. Bu yöntemde veriler doğrudan katılımcının ifadesine dayanarak betimlenmekte, veriler tema, kategori ve model şeklinde organize edilmektedir. Verilerin doğal halde sunulmasına, verilerin anlaşılır ve sistematik şekilde olmasına, araştırmacının yorumunu minimum düzeyde tutmasına, katılımcının düşüncelerini ön plana çıkarmasına, bulguların net olmasına imkân vermesi sebebiyle yöntemsel olarak betimsel analiz tekniği uygulanmıştır. Elde edilen veriler kodlanarak temalar altında toplanmıştır. Örneklem grubu farklı sektörlerde çalışan iş güvenliği uzmanlarından ve yöneticilerden oluşmaktadır. Uzmanların yönlendirme yöntemi kullanılmıştır; bölgelerinin en az beş yıllık deneyime sahip olması kriteri aranmıştır. Mülakatlar yüz yüze gerçekleştirilmiş, bir görüşmesi ortalama 45 dakika sürmüştür. Araştırma süreci boyunca bilgilerin gizliliği ve tüm görüşmelerden önce bilgilendirilmiş onam alınmıştır. Çalışmada katılımcılar X1, X2, X3, X4, X5, X6 olarak kodlanmıştır.

III. BULGULAR

Katılımcılara yönlendirilen sorular ve katılımcılar verilen cevaplar analiz edilerek verilmiştir.

“İş yerinizde yeni nesil kişisel koruyucu donanım (Akıllı teknolojilerle entegre edilmiş kişisel koruyucu donanım) kullanıyor musunuz?”

Katılımcılar arasında sektör farkı nedeniyle kişisel koruyucu donanım kullanımında büyük çeşitlilik gözlemlenmiştir. Medya ve danışmanlık gibi sektörlerde doğrudan kişisel koruyucu donanım ihtiyacı az

görülmekte; bazıları (X3 ve X4) ise teknolojik çözümleri güvenlik amaçlı kullanılmaktadır. Diğer yandan, tehlike sınıfı düşük olan iş yerlerinde (X2, X5, X6) kişisel koruyucu donanım ihtiyaç duyulmadığı ifade edilmiştir.

Genel olarak medya sektöründe (X1) kişisel koruyucu donanım kullanımı savaş bölgesi gibi özel durumlarla sınırlıdır. Giyilebilir teknoloji (X3) ve hareketsizlik sensörleri (X4) gibi yeni nesil güvenlik çözümleri bazı sektörlerde tercih edilmektedir. Düşük tehlike sınıfında yer alan iş yerlerinde (X2, X5, X6) kişisel koruyucu donanım kullanılmamakta ve eğitim veya denetim süreçlerine önem verilmediği görülmektedir.

“Akıllı baret, Akıllı Gözlük, Akıllı Hareket Kontrolü, E-Eldiven, Akıllı İç Taban, Etkin Aydınlatma Yeleği olan yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar hakkında bilgiye sahip misiniz?”

Katılımcılar, akıllı kişisel koruyucu donanımlar hakkında bilgi sahibi olsa da bu tür teknolojilerin Türkiye’de yaygın olarak uygulanmadığını vurgulamıştır. Yanıtların ortak noktaları, akıllı kişisel koruyucu donanımların yüksek maliyetleri ve Türkiye’deki firmaların düşük bilinç düzeyinin, kullanımını sınırladığı yönündedir.

Genel bulgulara bakıldığında:

- Yüksek maliyet ve tedarik zorlukları (X1, X4): Akıllı donanımların döviz bazlı fiyatlandırılması, firmaların bu ekipmanlara yatırım yapmasını zorlaştırmaktadır.
- Yurt dışı uygulamaları (X2): Türkiye’de yaygın olmasa da, yurt dışında özellikle İngiltere’de akıllı kişisel koruyucu donanım uygulamalarının kullanıldığına dair örnekler verilmiştir.
- Sektörel farklılıklar (X5): Akıllı kişisel koruyucu donanım daha çok kurumsal firmalar ve fabrikalarda kullanıldığı, ancak inşaat gibi sektörlerde uygulanmadığı belirtilmiştir.
- Bilgi takibi (X6): Teknolojik gelişmelerin takip edildiği, ancak somut uygulama yapılmadığı ifade edilmiştir.

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar ile ilgili kullanım eğitimi iş yerinizde nasıl veriliyor ve verdiğiniz eğitimlerin verimlilik düzeyleri nelerdir?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanım eğitiminin verilmemesini veya sınırlı düzeyde uygulandığını göstermektedir. Eğitimlerin verilmemesinin temel nedenleri arasında kişisel koruyucu donanım kullanımının yaygın olmaması, farklı sektörlerin ihtiyaçlarının farklılık göstermesi ve mevcut teknolojilere yeterli yatırım yapılmaması öne çıkmaktadır.

Genel bulgular:

- Kişisel koruyucu donanım kullanım eksikliği (X1, X2, X5): Yeni nesil kişisel koruyucu donanım kullanılmadığı için eğitim verilmediği sıkça belirtilmiştir. Özellikle inşaat gibi dinamik sektörlerde bu tür teknolojilerin uygulanmasının zor olduğuna dikkat çekilmiştir.
- Örnek olma ve farkındalık yaratma (X4): İş güvenliği uzmanlarının sahada çalışanlara örnek olması gerektiği vurgulanmıştır. Kişisel koruyucu donanım kullanımının teşvik edilmesi için liderliğin önemi öne çıkarılmıştır.
- Mobil cihazlar ve veri akışı (X5): Mobil cihazlarla veri takibi yapmanın iş güvenliği açısından faydalı olabileceği ve pandemide bu tür teknolojilerin etkin kullanıldığı belirtilmiştir.
- Sektörel farklılıklar (X2): Otomasyon ve fabrikalarda akıllı kişisel koruyucu donanımların daha verimli kullanılabileceği, ancak inşaat sektöründe bu tür uygulamaların karşılık bulmadığı ifade edilmiştir.

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanım kullanımı açısından çalışanların bilinçlenmesi ve bilgilendirilmesi, teşvik edilmesi için ne tür uygulamalarınız bulunmakta ve geliştirilmesi için neler yapıyorsunuz?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanım kullanımında eğitim ve bilinçlendirme süreçlerinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Eğitimlerin planlanmasında ekonomik koşullar, sektörel farklılıklar ve teknolojik donanımın fayda- risk analizi gibi unsurlar öne çıkmaktadır.

Genel bulgular:

- Uzaktan eğitim planları (X1): Eğitimlerin uzaktan verilmesi fikri tartışılmakta ve eğitim planlarına eklenmesi düşünülmektedir.
- Pratik eğitim ve deneyim (X2, X3): Yeni teknolojilerin ancak sahada test edilerek etkin kullanılabileceği ve eğitimlerin gerçek deneyimlerle desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.
- Ekonomik engeller (X4): Firmaların ancak kazalar veya cezalar sonrasında kişisel koruyucu donanımına önem verdikleri, maliyetlerin ise en büyük engellerden biri olduğu belirtilmiştir.
- Çalışanların bilinçlenmesi (X5): Çalışanların sağlığını koruma motivasyonu ön plana çıkarılarak kişisel koruyucu donanım eğitimlerinin daha etkili hale getirilebileceği öne sürülmüştür. Ayrıca, çalışanların geri bildirimlerinin gelecekteki eğitimlerin kalitesini artıracığı belirtilmiştir.

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların geleneksel kişisel koruyucu donanımlara göre avantajları ve dezavantajları sizce nelerdir?”

Katılımcılar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların geleneksel kişisel koruyucu donanımlara göre çeşitli avantajlara ve dezavantajlara sahip olduğunu belirtmiştir. Avantajlar arasında risklerin önceden

tespiti, proaktif önlem alınması, veri sağlama ve ergonomi ön plana çıkarken, maliyet, temin zorlukları, eğitim sürecinin uzunluğu ve arızalanma riskleri gibi faktörler dezavantaj olarak dile getirilmiştir. Ayrıca, çalışan davranışları ve ekipmanların sabote edilmesi de önemli bir zorluk olarak ifade edilmiştir.

Avantajlar:

- Proaktif önlemler: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar, kazaları önceden tespit ederek önlem alınmasını sağlıyor (X1, X2).
- Verimlilik ve ergonomi: Teknoloji kullanımı, iş yerinde üretkenliği ve ergonomiyi artırıyor (X3).
- Daha az personelle güvenli çalışma: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların sahada güvenliği artırarak daha az iş gücüyle çalışma imkânı sağladığı belirtiliyor (X5).

Dezavantajlar:

- Maliyet ve temin zorlukları: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların yüksek maliyeti ve döviz bazlı fiyatlandırma, yaygınlaşmasını engelliyor (X2, X6).
- Uzun eğitim ve adaptasyon süreci: Eğitimlerin etkili olması için uzun süreli adaptasyon gerektiği ifade ediliyor (X2).
- Suistimal ve sabotaj riski: Çalışanların ekipmanları doğru kullanmaması ve suistimal etmeleri, her iki kişisel koruyucu donanım türü için de zorluk oluşturuyor (X4).
- Arıza ve bilgi hatası: Elektronik ekipmanların bozulma ve hatalı veri sağlama riski var (X5).

“Yeni nesil teknoloji kişisel koruyucu donanım ile geleneksel kişisel koruyucu donanım arasındaki verim açısından nasıl farklılıklar gözetiyorsunuz?”

Katılımcılar, verimlilik açısından yeni nesil kişisel koruyucu donanımların geleneksel ekipmanlara göre önemli avantajlar sağladığını düşünmektedir. Ancak teknolojik karmaşıklık, alışkanlık eksikliği ve maliyetlerin yüksekliği gibi faktörler bu ekipmanların yaygın kullanımını sınırlandırmaktadır.

Verimlilik Artışına Katkılar:

- Veri toplama ve analiz: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar ekipmanın kullanımına dair veriler sunarak iş kazalarını önleme sürecinde proaktif çözümler sunuyor (X2, X5).
- Gözlem kolaylığı: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar ile saha gözlemleri sadece uzmanlara bağlı kalmadan otomatik olarak yapılabilir (X5).
- İletişim desteği: Teknolojik ekipmanlar, çalışanlar arasında iletişimi güçlendirerek iş güvenliğini artırıyor (X2).

Dezavantajlar ve Zorluklar:

- Kullanım alışkanlıklarının değişmesi: Teknolojiye alışık olmayan çalışanlar için yeni ekipmanların kullanımı zor olabilir (X2).
- Maliyet ve erişim zorlukları: Yüksek maliyet ve ekipmanların temin zorlukları, bu teknolojilerin yaygınlaşmasını zorlaştırıyor (X2).

- Koruma açısından fark: Bazı katılımcılar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların koruma açısından geleneksel ekipmanlardan daha üstün olmadığını düşünüyor (X6).

“Sizce yeni nesil kişisel koruyucu donanımların iş sağlığı ve güvenliği kültürüne ve çalışanların davranış değişikliğine etkisi nasıl olur? Mevcut olumsuzlukların yeni nesil kişisel koruyucu donanımlarla daha iyi önlenebileceğini düşünüyor musunuz?”

Katılımcılar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların iş sağlığı ve güvenliği kültürüne olumlu katkılar sağlayacağını, ancak bazı psikolojik ve operasyonel zorluklar yaratabileceğini ifade etmiştir. Çalışan davranışlarının değiştirilmesi ve güvenlik kültürünün geliştirilmesi için bu ekipmanların etkin bir şekilde kullanılması gerektiği öne çıkmaktadır.

Olumlu Etkiler:

- Farkındalık ve dikkat artışı: Çalışanların sürekli izlendiklerini bilmeleri, kurallara uyumlarını artırarak daha dikkatli çalışmalarına katkı sağlar (X2, X5, X6).
- İş güvenliği süreçlerinin kolaylaşması: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar veri toplama ve anlık müdahale imkânı sunarak iş güvenliği süreçlerini kolaylaştırır (X1, X2).
- Kayıp ve kötüye kullanımın önlenmesi: Ekipmanların takip edilmesi, kaybolma veya kötüye kullanım durumlarını engelleyebilir (X5).

Zorluklar ve Olumsuz Etkiler:

- Psikolojik baskı ve mobbing algısı: Çalışanların sürekli izlenme hissi, psikolojik baskı yaratabilir ve motivasyonu olumsuz etkileyebilir (X3, X5).
- Yasal düzenleme eksikliği: Türkiye’de yeni nesil kişisel koruyucu donanımlara dair yeterli yasal düzenleme ve kılavuzların olmaması, bu ekipmanların kullanımını sınırlamaktadır (X3).
- Eğitim ihtiyacı ve alışkanlıklar: Teknolojilerin etkin kullanımı için eğitim şarttır. Ayrıca, çalışanların yeni ekipmanlara uyum sağlaması zaman alabilir (X3, X4).
- Zorlama yöntemlerinin etkisizliği: Güvenlik kültürünün, zorlamadan çok bilinçlendirme ile geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir (X4).

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların tasarımı ve kullanımında karşılaşılan en büyük zorluklar ve fırsatlar sizce nelerdir?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların tasarımı ve kullanımında kültürel, teknolojik, ekonomik ve ergonomik zorlukların yanı sıra bazı fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Estetik tasarım, yerli üretim teşviki ve veri yönetimi altyapısının geliştirilmesi gibi faktörler, ekipmanların kullanımını artırma potansiyeline sahiptir.

Karşılaşılan Zorluklar:

- Kültürel farklılıklar ve kullanım alışkanlıkları: Ekipmanların kullanımının, ülkelerin iş güvenliği kültürlerine göre uyarlanması gerektiği belirtiliyor (X2, X4).
- Maliyet ve teknolojik altyapı: Ekipmanların yüksek maliyetleri ve döviz bazlı fiyatlandırma yaygınlaşmayı zorlaştırıyor. Küçük firmalar için veri yönetim altyapısı eksikliği büyük bir engel olarak görülüyor (X3, X5).
- Psikolojik ve estetik faktörler: Çalışanların ekipmanları rahatsız veya çirkin bulmaları, kullanım oranını düşürebilir (X4).
- Alerjen ve dayanıksız malzemeler: Ekipmanların malzeme kalitesinin yetersiz olması, kullanım ömrünü kısaltabilir ve çalışan sağlığını olumsuz etkileyebilir (X5).

Fırsatlar:

- Ergonomik ve estetik tasarım: Ekipmanların görünürlüğünün artırılması, kullanım oranlarını yükseltebilir (X4).
- Yerli üretimin teşviki: Yerli üreticilerin devlet desteği ile yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar geliştirmesi, maliyetleri düşürebilir ve bağımlılığı azaltabilir (X3).
- Veri yönetimi ile kayıpların önlenmesi: Yeni nesil kişisel koruyucu donanım izleme ve veri analizi imkânı sunarak ekipman kaybını önleyebilir ve verimliliği artırabilir (X5).
- İşe uygun tasarım: Estetikten ziyade güvenliğe odaklanan tasarımlar, iş sağlığı ve güvenliği süreçlerini iyileştirebilir (X6).

“Akıllı kişisel koruyucu donanımların iş sağlığı ve güvenliğine entegrasyonunda yaşanan sorunlar nelerdir?”

Katılımcıların yanıtları, akıllı kişisel koruyucu donanımların entegrasyon sürecinde bazı operasyonel ve eğitimsel zorluklar yaşandığını ancak avantajlı yönlerinin ağır bastığını göstermektedir. Temel sorunlar arasında eğitim eksikliği, yasal düzenleme yetersizliği ve maliyetlerin yüksekliği öne çıkmaktadır.

Entegrasyon Sürecinde Karşılaşılan Sorunlar:

- Eğitim Eksikliği: Çalışanların akıllı kişisel koruyucu donanımları verimli şekilde kullanabilmesi için eğitimlerin yetersiz kalması önemli bir sorun olarak görülüyor (X3).
- Yasal Düzenlemelerin Eksikliği: İş sağlığı ve güvenliği politikalarının yasal olarak korunmaması, entegrasyonun önünde bir engel oluşturuyor (X3).
- Maliyetlerin Yüksekliği: Akıllı kişisel koruyucu donanımların yüksek maliyetleri, organizasyonlar için ciddi bir yük oluşturuyor (X3).
- Zaman Gereksinimi: Teknolojinin etkilerinin görülebilmesi için zamana ihtiyaç var, dolayısıyla entegrasyon süreci zaman alabiliyor (X6).

Potansiyel Fırsatlar:

- Dijitalleşme ile uyum: Akıllı kişisel koruyucu donanımların entegrasyonu, dijitalleşmenin sunduğu fırsatlara benzer şekilde iş güvenliği süreçlerine pozitif katkı sağlayabilir (X1).
- Kullanıcı Odaklı Yaklaşım: Kullanıcı kitlesine uygun uygulamalar ve uyum süreçleri geliştirildiğinde entegrasyon daha başarılı olabilir (X6).

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların piyasaya sürülmesi ve kullanılması için hangi yasal ve etik standartlar ve kriterler gereklidir?”

Katılımcılar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların piyasaya sürülmesi ve kullanılabilmesi için mevcut yasal düzenlemelerin geliştirilmesi ve etik standartların belirlenmesi gerektiğini ifade etmektedir. Kişisel veri gizliliği, uluslararası sertifikasyon, ekonomik sürdürülebilirlik ve sorumluluk mekanizmaları, bu ürünlerin kullanımında önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır.

Gereken Yasal ve Etik Standartlar:

- Yasal düzenlemelerin güncellenmesi: Mevcut kişisel koruyucu donanım yönetmeliklerinin teknolojik gelişmelere göre yenilenmesi gereklidir (X1, X2, X4).
- Kişisel veri gizliliği (KVKK): Çalışanların sağlık ve konum verilerinin işlenmesi için etik kurallar ve güvence mekanizmaları sağlanmalıdır (X3, X5).
- CE sertifikasyon ve barkodlama: Ürünlerin uluslararası standartlara uygun üretilmesi ve sertifikalandırılması gereklidir (X5, X6).
- Üretici ve ithalatçı sorumluluğu: Kişisel koruyucu donanımları piyasaya süren kişi veya kuruluşların, yaşanacak olumsuzluklarda sorumlu tutulmaları gerektiği belirtilmiştir (X6).

Zorluklar:

- Hukuki belirsizlikler: Türkiye’de mevcut mevzuatın açık hedefler koymaması ve uygulamada eksiklikler yaşanması, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların entegrasyonunu zorlaştırabilir (X4).
- Ekonomik engeller: Akıllı kişisel koruyucu donanımların maliyetlerinin yüksek olması, işverenlerin bu ürünlere geçişini zorlaştırmaktadır (X4).
- Ergonomi ve erişim: Ekipmanların her yaş ve demografik yapıya uygun olarak tasarlanması gereklidir (X3).
- Veri kaybı riski: Dijital altyapının çökmesi durumunda verilerin korunması için yedekleme ve güvenlik önlemleri alınması gereklidir (X5).

Fırsatlar:

- Uluslararası uyum: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların uluslararası standartlarla uyumlu olması, küresel pazarda kabul görmesini sağlayabilir (X6).

- Veri destekli iş güvenliği: Toplanan verilerin analiz edilerek iş güvenliği süreçlerinin iyileştirilmesi mümkündür (X3).
- Yasal düzenleme fırsatı: Türkiye'deki iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının, teknolojik gelişmelere göre geliştirilmesi ve genişletilmesi bir fırsat yaratabilir (X2, X4).

"Akıllı teknolojik donanımların kullanımıyla ilgili güvenlik ve gizlilik endişeleri nelerdir?"

Katılımcıların yanıtları, akıllı teknolojik kişisel koruyucu donanımların kullanımında veri gizliliği, siber güvenlik, teknolojik arızalar ve mahremiyet konularının önemli zorluklar olarak öne çıktığını göstermektedir. KVKK uyumu, çalışan mahremiyetinin korunması ve teknolojik altyapının güvenilirliği gibi konularda önlemler alınması gereklidir.

Başlıca Güvenlik ve Gizlilik Endişeleri:

- Veri gizliliği: Çalışanların konum ve sağlık verilerinin toplanması, KVKK gibi veri koruma kurallarına uyulmasını gerektiriyor (X1, X3).
- Mahremiyetin ihlali: Çalışanların sürekli izlenme hissi, psikolojik baskıya neden olabilir ve ergonomik ihtiyaçları olumsuz etkileyebilir (X4).
- Teknolojik arızalar: Sensörler, bataryalar ve sinyal alışıverişindeki problemler, akıllı kişisel koruyucu donanımların güvenilirliğini zayıflatabilir (X4).
- Siber güvenlik: Teknolojik ekipmanların verilerini korumak için güçlü siber güvenlik önlemleri alınmalıdır (X2).

Alınabilecek Önlemler:

- KVKK ve veri gizliliği politikaları: Çalışanların kişisel verilerinin korunması için KVKK uyumlu gizlilik sözleşmeleri hazırlanmalıdır (X1, X3).
- Siber güvenlik sistemlerinin iyileştirilmesi: Veri güvenliği, güçlü güvenlik bariyerleri ile korunmalı ve teknolojik denetimler yapılmalıdır (X2).
- Mahremiyet dostu çözümler: Çalışanların izlenme hissini azaltmak için ergonomik dinlenme aralıkları sağlanmalı ve gereksiz takip önlenmelidir (X4).
- Teknolojik arızalara karşı yedekleme: Batarya ve sensör gibi bileşenlerin düzenli bakımı yapılmalı ve yedek sistemler geliştirilmelidir (X4).

"Akıllı teknolojik donanımların kullanımıyla ilgili güvenlik ve gizlilik endişeleri gidermek için ne gibi önlemler alınabilir?"

Katılımcılar, güvenlik ve gizlilik endişelerini gidermek için KVKK uyumlu süreçlerin geliştirilmesi ve özel yönetmeliklerin çıkarılması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışanların kişisel verilerinin güvenliğini sağlamak için yasal düzenlemelerin netleştirilmesi ve onay mekanizmalarının dijitalleştirilmesi önemlidir.

Önerilen Önlemler:

Kişisel Verileri Korunma Kanunu (KVKK) Uyumlu Onay Süreçleri (X1):

- Çalışanlara, aydınlatma metinleri dijital yollarla gönderilerek onayları alınmalıdır.
- Hukuk birimi tarafından hazırlanan dokümanlar, çalışanların gizlilik haklarını güvence altına almalıdır.

Yönetmeliklerin Hazırlanması (X3):

- Yeni nesil KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM'ların kullanımına yönelik yönetmelikler hazırlanmalıdır.
- Yönetmeliklerde ekipmanların tanımları, veri işleme süreçleri ve kullanım amacı netleştirilmelidir.
- Devletin, veri güvenliğini garanti altına alacak güvence mekanizmaları oluşturması gereklidir.

"Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların işverenler, çalışanlar ve üreticiler üzerindeki maliyet, etkinlik ve rekabetçilik açısından etkisi nasıl olacak?"

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların maliyet, etkinlik ve rekabetçilik açısından işverenler, çalışanlar ve üreticiler üzerinde farklı etkiler yaratacağını göstermektedir. Yüksek maliyetler, işverenlerin bu ekipmanları benimsemesini zorlaştırabilirken, rekabetin gelişmesiyle maliyetlerin düşmesi ve ekipmanların daha yaygın kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Maliyet ve Etkinlik:

- Yüksek maliyetler: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar döviz bazlı fiyatlar nedeniyle pahalıdır ve işverenler için ek maliyet yaratır (X1, X2, X5).
- Verimlilik artışı: İş kazalarının ve meslek hastalıklarının azalması, üretkenliği artırarak uzun vadede maliyetleri düşürebilir (X4, X5).
- Devlet desteği ve teşvikler: Eğitim belgeleri ve teşvikler, ekipmanların maliyetlerini dengeleyebilir (X5).

Rekabetçilik:

- Erken yatırımın önemi: Erken yatırım ve Ar-Ge yapan firmalar pazar lideri olabilir, ancak bu durum kartelleşmeye yol açabilir (X3).
- Rekabetin maliyetlere etkisi: Rekabetin artması, teknolojik ekipmanların maliyetlerini zamanla düşürebilir (X3, X5).
- Sektörel farklılıklar: Bazı sektörlerde ekipmanların daha fazla maliyet yaratabileceği öngörülmektedir (X6).

Öneriler:

- Devlet teşvikleri: Eğitim ve teşvik programları ile işverenlerin yeni nesil kişisel koruyucu donanımlara geçiş yapmaları kolaylaştırılabilir (X5).
- AR-GE ve yerli üretim: Yerli üretimin teşvik edilmesi, maliyetleri düşürebilir ve firmaların rekabet gücünü artırabilir (X3).

- Uzun vadeli fayda: kişisel koruyucu donanımların kullanımı ile iş kazaları ve hastalıkların azalması, uzun vadede işverenlere ve devlete ekonomik fayda sağlayabilir (X4).

“Peki çalışan ve iş yeri performansına etkisini nasıl olur?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların çalışanların motivasyonuna, güvenliğine ve iş yeri performansına önemli katkılar sağlayacağını göstermektedir. Zaman tasarrufu, ergonomik iyileştirmeler ve doğru bilgi akışı, iş süreçlerini daha verimli hale getirmeye yardımcı olacaktır.

Performansa Etkileri:

- Motivasyon ve moral artışı: Çalışanlar, kendilerine değer verildiğini hissettiklerinde daha motive çalışacak ve performansları artacaktır (X1).
- Güvenlik hissinin artması: Yeni nesil Kişisel Koruyucu Donanımlar, çalışanların kendilerini daha güvende hissetmelerini sağlayarak iş verimliliğine katkıda bulunacaktır (X1).
- Hataların azalması ve doğru müdahale: Teknolojik çözümler, çalışanlara doğru bilgi akışı sunarak hataların azaltılmasını sağlar (X2).
- Zaman ve ergonomi avantajları: Teknolojik ekipmanlar, zaman tasarrufu sağlarken iş ortamını daha ergonomik hale getirerek performansı artırır (X3).

“Yeni nesil yani bu bahsettiğimiz kişisel koruyucu donanımların sizce ilerleyen zamanlarda zorunlu olması gerekir mi?”

Katılımcılar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların zorunlu hale gelmesinin belirli durumlara ve koşullara bağlı olması gerektiğini ifade etmektedir. Özellikle yüksek riskli işlerde kullanımı gerekli görülürken, gereksiz kontrol ve izleme amaçlı zorunlulukların insanları olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir.

Zorunlu Kullanım Gerekliği:

- Yüksek riskli işler: Kapalı alanlar, yüksekte çalışma, radyasyon gibi tehlikeli işlerde yeni nesil kişisel koruyucu donanımların zorunlu hale getirilmesi gerektiği vurgulanıyor (X4, X5).
- Zamanla zorunlu olma ihtimali: Dijital süreçlerin henüz tam olarak yasal düzenlemeye tabi olmadığı gibi, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların zorunlu olması da zaman alabilir (X1).

Gereksiz Kontrole Karşı Eleştiriler:

- Gereksiz izleme: kişisel koruyucu donanımların sadece çalışanları kontrol etmek için kullanılması, çalışanların motivasyonunu ve rahatını olumsuz etkileyebilir (X4).
- İnsan faktörünün korunması: Günlük hayatta çalışanların gereksiz sıkı kontrol altında olmaması gerektiği ifade ediliyor (X4).

“Peki sizce siz bu konuda tek yetkili kişi olsaydınız? İşyerinde yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar mı

yoksa geleneksel eski tarz kişisel koruyucu donanımlar mı kullanılır?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların tercih edilmesi gerektiğini, ancak ekonomik koşullar, kültürel uyum ve bilimsel güvenlik gibi faktörlerin dikkate alınmasının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Yeni Nesil Kişisel Koruyucu Donanımların Tercihi ve Uygulama Stratejisi:

- Gelişim ve Yatırım: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar, teknolojik yatırımlarla ve AR-GE çalışmalarıyla desteklenmelidir (X3).
- Bilimsel Kanıt Gerekliği: Kullanımın sağlığa zararsız olduğunun bilimsel olarak kanıtlanması gereklidir (X4).
- Şartlara Bağlı Uygulama: Şirketin kültürel ve ekonomik şartları uygun değilse, geleneksel kişisel koruyucu donanımlarla devam etmek mantıklı olabilir (X2).
- Maliyet ve Zaman Yönetimi: Kişisel koruyucu donanımların maliyetler göz önünde bulundurularak aşamalı olarak yenilenmesi önerilmektedir (X6).

Öne Çıkan Faktörler:

- Ekonomik Sürdürülebilirlik: Maliyetlerin yüksek olması, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların bir anda benimsenmesini zorlaştırabilir (X6).
- Kültürel Uyum: Şirket ve toplum, bu teknolojilere hazır değilse uygulama zorlukları yaşanabilir (X2).
- Bilimsel Güvenlik ve Etkinlik: kişisel koruyucu donanımların bilimsel olarak güvenli ve faydalı olduğu kanıtlanmalıdır (X4).
- Yasal Düzenlemeler: Teknolojik gelişmeleri destekleyen kanuni düzenlemeler ve teşvikler yapılmalıdır (X3).

“Akıllı, kişisel koruyucu donanımları, çalışanı ile uyumunu arttırmak için yapılan çalışmalar neler olabilir?”

Katılımcıların yanıtları, akıllı kişisel koruyucu donanımların çalışanlarla uyumunu artırmak için ergonomik tasarım, veri yönetimi ve eğitim gibi faktörlerin kritik olduğunu ortaya koymaktadır. İş güvenliği süreçlerine entegrasyon ve geri bildirim mekanizmaları ile ekipmanların etkinliği artırılabilir.

Uyumu Artırmak İçin Önerilen Çalışmalar:

Geri Bildirim ve İhtiyaca Göre Tasarım (X1):

- Çalışanlardan alınan geri bildirimlerle ekipmanların ihtiyaca uygun şekilde tasarlanması öneriliyor.
- Örneğin, önceden sinyal veren veya kaza sonrası konum bilgisi sağlayan ekipmanlar, çalışan güvenliğini artırabilir.

Stratejik Entegrasyon ve Eğitim (X3):

- Liderlik desteği, veri yönetimi ve çalışan eğitimi, akıllı kişisel koruyucu donanımların başarılı entegrasyonunda önemlidir.

- Güvenlik kültürünün geliştirilmesi, çalışanların bu teknolojileri benimsemelerini kolaylaştırır.

Yapay Zekâ ve Gelişen Teknolojiler (X4):

- Yapay zekâ ve robotik sistemlerin iş yerlerine entegrasyonu zaman alacak olsa da, bu teknolojilerin sanayiye uyarlanması kaçınılmazdır.
- Uzay ve havacılık gibi sektörlerdeki gelişmelerin günlük iş güvenliği süreçlerine yansması beklenmektedir.

Ergonomik ve Kullanıcı Dostu Tasarım (X6):

- Kişisel koruyucu donanımların ergonomik ve güvenli olması, çalışanlarla uyum açısından en önemli unsurdur.
- Kullanıcıya zarar vermeyen ve rahat kullanılabilen ekipmanlar tercih edilmelidir.

“Sizce ilerleyen zamanda kişisel koruyucu donanımlar nasıl gelişir veya nasıl da gelişebilir?”

Katılımcıların yanıtları, kişisel koruyucu donanımların gelecekte dijitalleşme, yapay zekâ, ergonomik tasarım ve yeni teknolojilerle gelişeceğini göstermektedir. Ekonomik ve kültürel koşullar, gelişim hızını belirlerken yeni teknolojiler ekipmanların daha etkili hale gelmesini sağlayacaktır.

Gelişim Öngörülere:

Dijitalleşme ve Veri Yönetimi:

- Kişisel koruyucu donanımların dijitalleşmesiyle, sensörler ve veri yönetimi iş güvenliğinde önemli bir yer alacaktır (X1, X4).

Yapay Zekâ ve İleri Teknolojiler:

- Yapay zekâ, artırılmış gerçeklik ve robotik sistemler, iş güvenliğini artırmak için kullanılabilir (X4, X6).
- Sesle kontrol edilen gözlükler, gaz ölçen sensörler gibi yeni teknolojik çözümler yaygınlaşacaktır (X4).

Ergonomi ve Kullanıcı Dostu Tasarım:

- Kişisel koruyucu donanımların hafif, ergonomik ve sade olması, çalışanların bu ekipmanları benimsemesini kolaylaştıracaktır (X3, X5).
- Simülasyon tabanlı eğitimlerin de kullanımını artıracığı belirtilmiştir (X5).

Kültürel ve Ekonomik Faktörler:

- Türkiye gibi bazı ülkelerde ekonomik ve kültürel engeller nedeniyle kişisel koruyucu donanımların gelişiminin yavaş olabileceği ifade edilmiştir (X2).

“Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların iş kazalarından ve meslek hasarlarını koruyabileceğini düşünüyor musunuz?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların iş kazalarını önlemede etkili olacağı görüşünde birleşirken, meslek hastalıklarına yönelik etkileri konusunda farklı görüşler ortaya çıkmaktadır. Özellikle, anlık veri ölçümü ve uyarı sistemleri gibi teknolojilerle iş güvenliğinin artırılacağı ifade edilmiştir. Ancak, donanım arızaları ve kullanım hataları gibi risklerin de dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir.

İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesi:

- Anlık uyarı sistemleri ve sensörler: Yeni nesil kişisel koruyucu donanımlar, iş kazalarını önceden uyararak önleme potansiyeline sahiptir (X1, X5).
- Meslek hastalıkları: Kimyasal maddeler, gürültü ve diğer risk faktörlerinin anlık izlenmesi meslek hastalıklarının önlenmesinde önemli bir rol oynar (X3). Ancak, bazı katılımcılar meslek hastalıkları konusunda kişisel koruyucu donanımların yeterli olup olmayacağından emin değildir (X1).

Riskler ve Zorluklar:

- Güç kaynağı ve sensör arızaları: kişisel koruyucu donanımların sensörlerin arızalanması gibi teknik sorunlarla karşılaşabileceği belirtilmiştir (X3).
- Kullanım zorunluluğu ve uyarılar: Ekipmanların kullanılmaması durumunda uyarı sistemlerinin devreye girmesi, kazaları önlemede etkili olabilir (X5).

Öne Çıkan Faktörler:

- Anlık veri ve uyarı sistemleri: İş güvenliği açısından anlık veri akışı ve uyarı sistemleri kritik öneme sahiptir.
- Teknik arızaların önlenmesi: Sensör ve güç kaynağı gibi teknik unsurların düzenli kontrol edilmesi gereklidir.
- Meslek hastalıkları ve uzun vadeli etki: kişisel koruyucu donanımların meslek hastalıkları üzerindeki etkileri hakkında daha fazla araştırma yapılmalıdır.
- Kullanım alışkanlıkları: Çalışanların ekipmanları düzenli kullanması, uyarı mekanizmalarıyla teşvik edilmelidir.

“Akıllı kişisel koruyucu donanımlarda teknolojik arızaların yol açtığı riskler ve bu risklerin önlenmesi için alınan tedbirler neler olabilir?”

Katılımcıların yanıtları, teknolojik arızaların neden olabileceği risklerin farkında olunması ve bu risklerin önlenmesi için önleyici tedbirlerin alınmasının önemine dikkat çekmektedir. Elektronik ekipmanların arızalanması, teknik destek eksikliği ve dikkat dağınıklığı gibi olası riskler vurgulanmıştır.

Teknik Arızaların Olası Riskleri:

- Yüksek arıza potansiyeli: Elektronik donanımların zorlu çalışma ortamlarında daha sık arızalanabileceği öngörülebiliyor (X1).
- Teknik destek eksikliği: Parça temini ve tamir süreçlerinin uzun sürmesi, işin aksamasına yol açabilir (X2).
- Aşırı güven ve rahvet: Çalışanların kişisel koruyucu donanımlara aşırı güvenmesi, iş disiplini olumsuz etkileyebilir (X6).
- Dikkat dağınıklığı: Uyarı mekanizmalarının çalışanları stres ve tedirginliğe sürükleyebileceği belirtiliyor (X5).

Önerilen Önlemler:

- Yedekleme ve bakım planları: Bozulan ekipmanların yedekleri sağlanmalı ve düzenli bakım yapılmalıdır (X1).

- Teknik kadroların eğitimi: kişisel koruyucu donanımların tamiri ve kullanımı için eğitilmiş teknik personel bulundurulmalıdır (X2).
- Uyumlu sektörlerin liderliği: Fabrika ve otomasyon sektörleri gibi daha stabil ortamlarda bu donanımlar öncelikle test edilmelidir (X2).
- Uyarı mekanizmalarının dengeli kullanımı: Uyarı sistemlerinin çalışan motivasyonunu olumsuz etkilemeyecek şekilde tasarlanması gerekir (X5).
- Rehabetin önlenmesi: Çalışanlar, kişisel koruyucu donanımların iş güvenliği sürecinin yalnızca bir parçası olduğunu bilmelidir; sürekli iş takibi yapılmalıdır (X6).

“Kullandığınız yeni tarzdaki kişisel koruyucu donanım çalışmayı zorlaştırıyor mu veya çalışma kabiliyetini azaltıyor mu?”

Katılımcıların yanıtları, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların ergonomik zorluklar yaratabileceği, ancak teknolojik gelişmelerle bu sorunların aşılabileceği yönünde ortak bir görüş sunmaktadır. Kullanıcı geri bildirimlerinin dikkate alınmasının, bu ekipmanların daha iyi hale getirilmesi için kritik olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, kişisel koruyucu donanım yönetmeliklerinin ekipmanların rahat ve güvenli olması gerektiğine dikkat çekilmiştir.

Zorluklar:

- Ergonomi ve Ağırlık: GPS, sensör ve işlemci gibi teknolojiler entegre edildiğinde ekipmanların daha ağır ve hantal olabileceği belirtiliyor (X3).
- Gözlük ve diğer akıllı donanımların büyüklüğü: Şu anki ekipmanların kompakt olmaması, kullanıcı deneyimini zorlaştırıyor (X3).

Öneriler ve Önlemler:

- Geri bildirim ve anketler: Kullanıcıların sahadan ilettikleri deneyimler dikkate alınarak ekipmanlarda iyileştirmeler yapılmalıdır (X5).
- Ergonomik tasarımın geliştirilmesi: Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte ekipmanların hafifletilmesi ve daha kompakt hale getirilmesi gerektiği belirtiliyor (X3).
- Yönetmeliklere uygunluk: Ekipmanların kişisel koruyucu donanım yönetmeliklerine uygun şekilde tasarlanması ve çalışanların işini aksatmaması gerektiği vurgulanıyor (X4).

IV. SONUÇ

Gelecekte kişisel koruyucu donanımlar yapay zekâ, artırılmış gerçeklik, dijitalleşme ve ergonomik tasarımlar ile daha akıllı hale gelecektir. Bu donanımlar, simülasyon destekli eğitimlerin düzenlenmesi, bilinçlendirme ve bilgilendirme çalışmalarının planlanması ve gerçekleştirilmesi, rahat, güvenli kullanılabilmesi ve çalışmayı kolaylaştırıcı olması için iyileştirmelerin sürekli yapılması kullanıcı dostu tasarım olmasına imkân vererek bu sayede yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların (Akıllı teknolojilerle entegre edilmiş kişisel koruyucu donanım) her sektörde kullanılmadığı ve sektöre göre kullanımının farklılık

gösterdiği özellikle belirtilmiştir. Farklı yazarlar tarafından yapılan çalışmalarda da ölüm ve yaralanmaların önlenmesi için kazaların çokça yaşandığı inşaat, imalat, maden, sağlık sektörlerinde yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kullanıldığı ve teşvik edildiği belirtilmiştir [8, 15, 16]. Türkiye’de de yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kullanımının henüz sınırlı olduğu belirlenmiştir.

Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların çalışana uyumunu artırmak için geri bildirim mekanizmalarının geliştirilmesi ve uygulanması, ergonomik tasarımlar ve yapay zekâ gibi teknolojik gelişmelerin izlenmesi ve uyarlanması, eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu durum yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kaza ve hastalıklara neden olan tehlike ve risklerin belirlenmesi, önlenmesi ve sınırlandırılması, acil duruma neden olan bir kaza meydana geldiğinde uyarı ve bilgilendirmenin hızlı olması, çalışanlar tarafından sergilenen güvensiz davranışların analiz edilerek eğitim düzenlenmesi, kişisel koruyucu donanımların kullanımının takip edilmesi, bilinçlendirme çalışmalarının yapılması, çalışanın psikolojik durumunun belirlenmesinin iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılmasına, iş sağlığı ve güvenliği kültürünün gelişmesine ve verimin artmasına imkân sağladığı özellikle vurgulanmıştır. Tehlike sınıfı fark etmeksizin tüm iş yerlerinde kullanılmasıyla gereksiz kontrol ve izleme uygulamalarından kaçınılması çalışanların kendilerini daha güvende hissetmesini sağlayacak, çalışanların motivasyonu artıracaktır. Güvenli verilerin toplanması ve elde edilen verilerin amacına uygun kullanılması iş veriminin artmasına ve hataların azalmasına imkân vererek iş yeri performansının artmasını sağlayacaktır. Ayrıca zaman tasarrufu ve ergonomik avantajlar iş yerinin operasyonel verimliliğini artırırken uzun vadede maliyetleri azaltacaktır. Alanda yazılan bilimsel çalışmalarda yeni nesil kişisel koruyucuların kullanımının iş güvenliği kültürüne, iş performansına, çalışan motivasyonuna olumlu katkı yapacağı ve verimi artıracığı, iş kazası ve meslek hastalıklarının sayısını azaltacağı, güvensiz davranışların belirlenmesine imkân sağlayacağı belirtilmiştir [10, 21, 25, 29, 30].

Maliyet, farkındalık, kurumsal kültür, kişisel koruyucu donanım eğitimlerinin eksik olması, bilinçlendirme çalışmalarının yetersiz olması, çalışanlar tarafından kişisel koruyucu donanımların kullanılmak istenmemesi, teknolojik altyapı eksikliği, çalışanların donanım ve donanımla birlikte entegre edilen ekipmanı kullanıma imkân edilememesi, kültürel zorluklar, yasal düzenlemenin eksik olması, ergonomik tasarımı ve kullanıcı dostu olması konusunda çalışmaların yapılması gerekliliği, veri toplama ve yönetiminde eksiklikler olması, veri gizliliği ve güvenilirlik konusunda endişelerin olması, hukuki ve etik standartların belirlenmemesi, mahremiyet, enerji gibi başlıklar yeni nesil koruyucuların yaygınlaşması ve kullanımında günümüzdeki en büyük engellerdir. Bu

engeller çeşitli yazarlar tarafından da belirtilmiştir [14, 15, 32, 39]. Mevzuat düzenlemeleri, hukuki ve etik standartların belirlenmesi ve uygulanması, Kişisel Verileri Koruma Kanunu (KVKK) uyumlu süreçlerin ve yönetmeliklerin geliştirilmesi, güvenlik, gizlilik ve mahremiyet endişelerinin giderilmesi için bilinçlendirme ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması, dijital onay süreçleri ve yasal düzenlemeler ile çalışanların haklarının korunması sağlanırken, süreçlerin daha şeffaf ve verimli hale getirilmesi, yerli üretimin ve rekabetin artırılması, devlet teşviklerinin sağlanmasıyla maliyetlerin azaltılması, teknolojik alt yapının güçlendirilmesiyle veri alma, depolama ve kullanımının kolaylaştırılması, eğitim yatırımlarının desteklenmesi ve çeşitlenmesi yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kullanımının yaygınlaşmasını, işyerlerine kazandırılmasını, çalışanlar tarafından kullanılmasını, kurum kültürü içerisinde kabullenilmesini sağlayacaktır. Bu alanda yapılan çalışmalar, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kullanımı ve yaygınlaşmasındaki engelleri ortadan kaldıracak özellikle yazarlar tarafından vurgulanmıştır [27, 31, 45]. Bu çalışma iş güvenliği süreçlerinde yeni nesil kişisel koruyucu donanımların (KKD) kullanımıyla ilgili avantajlar ve zorlukları kapsamlı bir şekilde incelemektedir. İş yerinin risk profiline ve faaliyet alanına bağlı olarak kişisel koruyucu donanım kullanımında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Yeni nesil kişisel koruyucu donanımların, veri toplama, anlık uyarılar, ergonomik tasarımlar ve proaktif önlemler gibi önemli avantajlar sunduğu görülmektedir. Ancak, bu teknolojilerin yaygınlaşmasının önünde ekonomik engeller, farkındalık eksiklikleri, eğitim süreçlerinin yetersizliği ve kurumsal kültürün değişime uyum sağlamaması gibi zorluklar bulunmaktadır.

Verimlilik, güvenlik ve veri yönetimi açısından sağladığı avantajlara rağmen, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların benimsenmesinde yüksek maliyetler, teknik arızalar ve yasal düzenleme eksiklikleri önemli sınırlamalar olarak öne çıkmaktadır. Çalışma, gelecekte bu zorlukların ekonomik teşvikler, yerli üretim, farkındalık kampanyaları ve eğitim programları ile aşılabileceğini öngörmektedir. Ayrıca, yasal düzenlemeler ve veri gizliliği gibi unsurların önemine vurgu yapılmakta ve bu donanımların etkili kullanımı için düzenli bakım ve kontrol süreçlerinin kritik olduğu belirtilmektedir.

Çalışma, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların yaygınlaşmasının, sadece iş kazalarını önlemekle kalmayıp aynı zamanda iş yerlerinde verimliliği artırarak operasyonel süreçleri iyileştireceğine dair umut verici bir öngörü sunmaktadır. Ancak, teknolojik altyapının güçlendirilmesi, kültürel adaptasyonun sağlanması ve çalışanların bu ekipmanlara uyumunun artırılması gerekmektedir.

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında: * Toplu korunma tedbirlerine, kişisel

korunma tedbirlerine göre öncelik verilmesi gerekliliği belirtilmiştir. * Kişisel koruyucu donanımlar çalışanlar tarafından doğru kullanılmalı ve korunmalıdır. * İşveren iş yerlerinde kişisel maruziyete ve çalışma ortamına yönelik gerekli kontrol, inceleme ve araştırmalar ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerle ilgili ölçümleri yapmakla yükümlü kılınmıştır. İlgili yasa incelendiğinde yeni nesil kişisel koruyucu donanımların mevcut yasa ile uyumlu olmadığı belirlenmiştir. Bu kapsamda iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında öncelik toplu korunma yöntemleri (Tehlikenin bertarafı, ikame, mühendislik yöntemleri, idari önlemler) uygulanmaktadır. Toplu koruma sağlanamadığı durumlarda kişiye yönelik korunma tedbirleri uygulanmaktadır. Kişiye yönelik korunma tedbiri olarak kişisel koruyucu donanım kullanılmaktadır. Ancak sağlık ve güvenliğin korunması için işin her aşamasında gerekmesi durumunda toplu korunma tedbirlerine ek olarak kişiye yönelik korunma tedbirleri uygulanması gerektiği vurgulanmalıdır. Kişisel koruyucu donanımların çalışanlar tarafından doğru kullanıldığının, korunduğunun takip edilmesi için işverenin sorumluluğu vurgulanmalı ve takip konusunda KVVK kapsamında yetkiler verilmelidir. Kişisel maruziyet ve ortam ölçümlerinin sürekli ve her ortamda yapılması için yeni nesil kişisel koruyucuların tasarım ve teknolojisinin geliştirilmesi, kullanılması ve takibinin yapılması, kayıt altına alınması konusunda yükümlülükler ve hakların verilmesi mevcut yasaya eklenmelidir [46].

Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği ile Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik kişisel koruyucu donanımların özellikleri, kullanım alanları, uygunluk testleri, sahip olması gereken işaretlere ilişkin detaylı düzenlemeleri detaylı olarak vermek ve yükümlülükleri belirlemektedir. Ancak, çalışmamızın bulguları, mevcut yönetmeliklerin yeni nesil KKD'lerin teknolojik yeniliklerini (sensör entegrasyonu, dijitalleşme, veri yönetimi gibi) tam olarak kapsamadığını göstermektedir. Örneğin, sensör teknolojileri ve dijital veri yönetimi gibi yenilikler, mevcut yönetmeliklerde açıkça tanımlanmamıştır. Bu durum, yeni nesil KKD'lerin işyerlerinde kullanımı sırasında uygunluk ve denetim süreçlerinde belirsizliklere yol açabilmektedir [47- 48].

Bu çalışmadan hareketle gelecekte; yeni nesil kişisel koruyucu donanımları kullanan çalışanlardan alınan geri bildirimlere dayalı saha çalışmaları yapılması, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların ergonomik ve psikolojik etkileri ölçmeye yönelik çalışmalar yapılması, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların kullanımına dair Türkiye ve diğer ülkelerdeki yasal düzenlemelerin karşılaştırılması, yeni nesil kişisel koruyucu donanımların maliyet- fayda analizleri yapılarak iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesinde ekonomik avantajları hakkında

çalışmalar yapılması önerilmektedir. Ayrıca veri gizliliği, dijital onay süreçleri ve yasal düzenlemeler arasındaki ilişki ve Etik standartlar çerçevesinde iş güvenliği süreçlerinin nasıl iyileştirilebileceği özelinde yasal düzenlemeler, veri gizliliği ve KKD Kullanımı: İş Güvenliği İçin Etik ve Hukuki Yaklaşımlar başlığında çalışmalar yapılması da konunun detaylarının netleşmesi hususunda etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Bhattacharjee, S., Joshi, R., Chughtai, A. A., & Macintyre, C. R. (2019). Graphene Modified Multifunctional Personal Protective Clothing. *Advanced Materials Interfaces*, 6(21). <https://doi.org/10.1002/admi.201900622>
- [2] Satapathy, S., Mishra, D., & Realyvásquez Vargas, A. (2022). Personal Protective Equipment for Farmers (pp. 69–78). https://doi.org/10.1007/978-3-030-88828-2_5
- [3] Del Giudice, A., Dellutri, M., Di Francia, G., Formisano, F., & Loffredo, G. (2023). S. A. L. V. O.: Towards a Smart Personal Protective Equipment (pp. 282–288). https://doi.org/10.1007/978-3-031-08136-1_44
- [4] Saidi, A., Gauvin, C., Ladhari, S., & Nguyen-Tri, P. (2021). Advanced functional materials for intelligent thermoregulation in personal protective equipment. *Polymers*, 13(21), 3711. <https://doi.org/10.3390/polym13213711>
- [5] Tripathi, G. K., Soni, A., Singh, P., Bundela, P., Khiriy, P., Khare, P. S., Dixit, P., & Sundaramurthy, S. (2024). “Advanced Conversion Technologies for PPEs and Their Recent Research Trends” (pp. 53–71). https://doi.org/10.1007/978-981-97-4692-7_3
- [6] Rossin, A. R. S., Spessato, L., Cardoso, F. da S. L., Caetano, J., Caetano, W., Radovanovic, E., & Dragunski, D. C. (2024). Electrospinning in personal protective equipment for healthcare work. *Polymer Bulletin*, 81(3), 1957–1980. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04814-5>
- [7] Shi, J., Li, H., Xu, F., & Tao, X. (2021). Materials in advanced design of personal protective equipment: a review. *Materials Today Advances*, 12, 100171. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2021.100171>
- [8] Reaño, C., Riera, J. V., Romero, V., Morillo, P., & Casas-Yrurzum, S. (2024). A cloud-edge computing architecture for monitoring protective equipment. *Journal of Cloud Computing*, 13(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s13677-024-00649-1>
- [9] Kim, I.-D. (2024). ACS Nano Strengthening Global Ties in South Korea. *ACS Nano*, 18(38), 25907–25909. <https://doi.org/10.1021/acsnano.4c11864>
- [10] Shen, J., Xiong, X., Li, Y., He, W., Li, P., & Zheng, X. (2021). Detecting safety helmet wearing on construction sites with bounding-box regression and deep transfer learning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 36(2), 180–196. <https://doi.org/10.1111/mice.12579>
- [11] Yang, X., Yu, Y., Shirowzhan, S., Sepasgozar, S., & Li, H. (2020). Automated PPE-Tool pair check system for construction safety using smart IoT. *Journal of Building Engineering*, 32, 101721. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101721>
- [12] Ding, L., Jiang, W., & Zhou, C. (2022). IoT sensor-based BIM system for smart safety barriers of hazardous energy in petrochemical construction. *Frontiers of Engineering Management*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s42524-021-0160-6>
- [13] Carmona, A. M., Chaparro, A. I., Velásquez, R., Botero-Valencia, J., Castano-Londono, L., Marquez-Viloria, D., & Mesa, A. M. (2019). Instrumentation and Data Collection Methodology to Enhance Productivity in Construction Sites Using Embedded Systems and IoT Technologies. In *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering* (pp. 637–644). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_76
- [14] Jiang, Y., & He, X. (2020). Overview of Applications of the Sensor Technologies for Construction Machinery. *IEEE Access*, 8, 110324–110335. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001968>
- [15] Kanan, R., Elhassan, O., & Bensalem, R. (2018). An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. *Automation in Construction*, 88, 73–86. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.033>
- [16] Prabha, D., B. D., A. D. M., & K. S. (2021). IoT application for Safety and Health Monitoring System for Construction Workers. 2021 5th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), 453–457. <https://doi.org/10.1109/ICOEI51242.2021.9452911>
- [17] Xu, Z., & Zheng, N. (2020). Incorporating Virtual Reality Technology in Safety Training Solution for Construction Site of Urban Cities. *Sustainability*, 13(1), 243. <https://doi.org/10.3390/su13010243>
- [18] Yong, C., Xudong, H., Guojun, L., & Ping, W. (2021). Research on safety risk early warning of tunnel construction based on BIM and RFID Technology. *E3S Web of Conferences*, 293, 02048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129302048>

- [19] Ahn, C. R., Lee, S., Sun, C., Jebelli, H., Yang, K., & Choi, B. (2019). Wearable Sensing Technology Applications in Construction Safety and Health. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(11). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001708](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001708)
- [20] E. Angelia, R., S. Pangantihon Jr, R., & F. Villaverde, J. (2021). Wireless Sensor Network for Safety Tracking of Construction Workers through Hard Hat. 2021 7th International Conference on Computing and Artificial Intelligence, 412–417. <https://doi.org/10.1145/3467707.3467769>
- [21] Guo, H., Yu, Y., Xiang, T., Li, H., & Zhang, D. (2017). The availability of wearable-device-based physical data for the measurement of construction workers' psychological status on site: From the perspective of safety management. *Automation in Construction*, 82, 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.001>
- [22] Jebelli, H., Hwang, S., & Lee, S. (2018). EEG-based workers' stress recognition at construction sites. *Automation in Construction*, 93, 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.027>
- [23] Goar, V., Sharma, A., Yadav, N. S., Chowdhury, S., & Hu, Y.-C. (2023). IoT-Based Smart Mask Protection against the Waves of COVID-19. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(8), 11153–11164. <https://doi.org/10.1007/s12652-022-04395-7>
- [24] Kim, H., Tae, S., Zheng, P., Kang, G., & Lee, H. (2021). Development of IoT-Based Particulate Matter Monitoring System for Construction Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11510. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111510>
- [25] Mayton, B., Dublon, G., Palacios, S., & Paradiso, J. A. (2012). TRUSS: Tracking Risk with Ubiquitous Smart Sensing. 2012 IEEE Sensors, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICSENS.2012.6411393>
- [26] Fugini, M., Conti, G. M., Rizzo, F., Raibulet, C., & Ubezio, L. (2009). Wearable Services in Risk Management. 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, 563–566. <https://doi.org/10.1109/WI-IAT.2009.350>
- [27] Cheng, T., & Teizer, J. (2013). Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications. *Automation in Construction*, 34, 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.017>
- [28] Liu, H., Song, J., & Wang, G. (2021). A Scientometric Review of Smart Construction Site in Construction Engineering and Management: Analysis and Visualization. *Sustainability*, 13(16), 8860. <https://doi.org/10.3390/su13168860>
- [29] Marks, E., & Teizer, J. (2012). Proximity Sensing and Warning Technology for Heavy Construction Equipment Operation. *Construction Research Congress* 2012, 981–990. <https://doi.org/10.1061/9780784412329.099>
- [30] Guo, S. Y., Ding, L. Y., Luo, H. B., & Jiang, X. Y. (2016). A Big-Data-based platform of workers' behavior: Observations from the field. *Accident Analysis & Prevention*, 93, 299–309. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.09.024>
- [31] Rey-Merchán, M. del C., Gómez-de-Gabriel, J. M., López-Arquillos, A., & Fernández-Madrigal, J. A. (2021). Virtual Fence System Based on IoT Paradigm to Prevent Occupational Accidents in the Construction Sector. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6839. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136839>
- [32] Huang, L., Fu, Q., He, M., Jiang, D., & Hao, Z. (2021). Detection algorithm of safety helmet wearing based on deep learning. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 33(13). <https://doi.org/10.1002/cpe.6234>
- [33] Abbasianjahromi, H., & Sohrab Ghazvini, E. (2022). Developing a Wearable Device Based on IoT to Monitor the Use of Personal Protective Equipment in Construction Projects. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 46(3), 2561–2573. <https://doi.org/10.1007/s40996-021-00716-6>
- [34] Adjiski, V., Despodov, Z., Mirakovski, D., & Serafimovski, D. (2019). System Architecture To Bring Smart Personal Protective Equipment Wearables And Sensors To Transform Safety At Work In The Underground Mining Industry. *Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik*, 34(1), 37–44. <https://doi.org/10.17794/rgn.2019.1.4>
- [35] Arcayena, R. D., Ballarta, A. D., Claros, K. N., & Pangantihon, R. S. (2019). Development of Arduino Microcontroller-based Safety Monitoring Prototype in the Hard Hat. *Proceedings of the 2019 6th International Conference on Bioinformatics Research and Applications*, 119–124. <https://doi.org/10.1145/3383783.3383790>
- [36] Balakreshnan, B., Richards, G., Nanda, G., Mao, H., Athinarayanan, R., & Zaccaria, J. (2020). PPE Compliance Detection using Artificial Intelligence in Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, 45, 277–282. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.017>
- [37] Harito, C., Utari, L., Putra, B. R., Yulianto, B., Purwanto, S., Zaidi, S. Z. J., Bavykin, D. V., Marken, F., & Walsh, F. C. (2020). Review—The Development of Wearable Polymer-Based Sensors: Perspectives. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(3), 037566. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab697c>

- [38] Ji, X., Gong, F., Yuan, X., & Wang, N. (2023). A high-performance framework for personal protective equipment detection on the offshore drilling platform. *Complex & Intelligent Systems*, 9(5), 5637–5652. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01028-0>
- [39] Li, Y., Wei, H., Han, Z., Huang, J., & Wang, W. (2020). Deep Learning-Based Safety Helmet Detection in Engineering Management Based on Convolutional Neural Networks. *Advances in Civil Engineering*, 2020(1). <https://doi.org/10.1155/2020/9703560>
- [40] Slade Shantz, J. A., & Veillette, C. J. H. (2014). The Application of Wearable Technology in Surgery: Ensuring the Positive Impact of the Wearable Revolution on Surgical Patients. *Frontiers in Surgery*, 1. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2014.00039>
- [41] Ghosh, S., Dave, V., Sharma, P., Patel, A., & Kuila, A. (2023). Protective face mask: an effective weapon against SARS-CoV-2 with controlled environmental pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(29), 41656–41682. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30460-5>
- [42] Rao, P. M., & Deebak, B. D. (2023). Security and privacy issues in smart cities/industries: technologies, applications, and challenges. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 14(8), 10517–10553. <https://doi.org/10.1007/s12652-022-03707-1>
- [43] Sung, C.-H., & Lu, M.-C. (2023). Protection of personal privacy under the development of the Internet of Things. *Wireless Networks*. <https://doi.org/10.1007/s11276-023-03569-1>
- [44] Han, T.-S., Kim, D., Kwon, O.-Y., & Choa, S.-H. (2016). Study of Standardization and Test Certification for Wearable Smart Devices. *Journal of the Microelectronics and Packaging Society*, 23(4), 11–18. <https://doi.org/10.6117/kmeps.2016.23.4.011>
- [45] Xu, Q., Chong, H.-Y., & Liao, P.-C. (2019). Collaborative information integration for construction safety monitoring. *Automation in Construction*, 102, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.004>
- [46] Kanun, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 30.06.2012 tarihli ve 28339 sayılı Resmî Gazete
- [47] Yönetmelik, Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği, 01.05.2019 tarihli ve 30761 sayılı Resmî Gazete
- [48] Yönetmelik, Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, 02.07.2013 tarihli ve 28695 sayılı Resmî Gazete