

TESİS YERLEŞİM PLANI İYİLEŞTİRMESİNİN FİZİKSEL RİSK ETMENLERİNE ETKİSİ

Rıdvan TENK^{1*}, Fatih ÖZTÜRK²

¹ İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Programı

ORCID No: <http://orcid.org/0009-0005-0574-2753>

² İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0003-4113-055X>

Anahtar Kelimeler	Öz
Tesis yerleşim planı iyileştirmesi İş sağlığı ve güvenliği Fiziksel risk etmenleri	<i>Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliğinin konusu olan fiziksel risklerin tesis yerleşim planı iyileştirme projesi sırasında nasıl değerlendirilebileceği ve yapılan iyileştirmelerin proje sonrasında etkileri üzerine incelemeler yapılmıştır. Tesis yerleşim planı, üretkenlik ve verimlilik için büyük önem taşıyan bir konudur. Makinelerin yerleşimleri ve çalışanların tesis içindeki organizasyonu verimlilik ve üretkenliğe doğrudan etki eder. Planlama yapılması sırasında makinelerin yerleşimlerinin yanı sıra çalışanların yeni düzende iş güvenliğinin ve memnuniyetinin de sağlanması gereklidir. İyileştirme projesi daha etkin bir organizasyon için makine yerleşimlerinin, bölümlerin ve altyapının değiştirilmesi anlamına gelir. Değişim sırasında yeni durumdaki İSG gereklilikleri ve mevcut riskler göz önünde bulundurularak iyileştirmelerin buna göre yapılması önemlidir. Tesis fiziksel koşullarından, aydınlatma, döşeme, kapı ve pencereler, yürüyüş yolları, acil çıkışlar elektrik ve borulama tesisatı altyapıları gibi pek çok şey yeniden tasarlanır. Yaptığımız çalışmada tesis yerleşim planı iyileştirmesinin aydınlatma, ısı ortam, toz ve gürültü maruziyeti gibi riskler üzerindeki etkilerine vurgu yapılmıştır. Belirtilen fiziksel risk etmenleri için iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgili ulusal ve uluslararası standartlara göre yapılan ölçümler sunulmuş, tesis yerleşim planının ve fiziksel koşulların çalışan sağlığı için önemi anlatılmıştır.</i>

IMPACT OF FACILITY LAYOUT IMPROVEMENT ON PHYSICAL RISK FACTORS

Keywords	Abstract
Facility layout improvement Occupational health and safety Physical risk factors	<i>In this study, it has been studied how the physical risks, which are the subject of occupational health and safety, can be analyzed during the facility layout improvement project. In addition, the impacts of the improvements on the physical conditions of the new layout were examined. Facility layout is a key issue for productivity and efficiency. The layout of the machines and the organization of the employees in the facility directly affect efficiency and productivity. During the planning, besides the placement of the machines, it is necessary to ensure the safety and satisfaction of the employees in the new layout. An improvement project means changing machine layouts, departments and infrastructure for a more efficient organization. During the change, it is important that the improvements are made accordingly, considering the new situation OHS requirements and existing risks. Many things are redesigned from the physical conditions of the facility, such as lighting, flooring, doors and windows, walkways, emergency exits, electrical and piping infrastructures. In our study, the effects of facility layout improvement on risks such as lighting, thermal environment, dust and noise exposure were emphasized. For the physical risk factors, measurements made according to national and international standards related to occupational health and safety are presented, and the importance of facility layout and physical conditions for employee health is explained.</i>

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi

:19.04.2023

Kabul Tarihi

:08.05.2024

Research Article

Submission Date

: 19.04.2023

Accepted Date

: 08.05.2024

* Sorumlu yazar e-posta: ridvantenk@gmail.com

1. Giriş

Tesis yerleşim planı, üretkenlik ve verimliliğe önemli katkıları olan kilit konulardan birisidir. Tesis yerleşim planı için tasarım geliştirirken, makine ve ekipmanın yerleşim özellikleri, malzeme taşıma gereksinimleri ve depolama stratejileri ilk akla gelen unsurlardır (Öztürk, 2021). Bunların yanında İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) standart ve gereklilikleri de ihmal edilmemesi gereken konulardır. Bu gerekliliklere dikkat edilmesi, yeni bir tesis tasarlanmasında veya mevcut bir tesisin yerleşim planının değiştirilmesinde, çalışma ortamındaki mevcut veya muhtemel risklerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi için önemlidir. Üstelik, tasarım sırasında iş güvenliğinin göz önünde bulundurulması, gelecekte İSG gerekliliklerinden kaynaklanabilecek istenmeyen maliyetlerin de önüne geçilmesini sağlar.

Tesis yerleşim planı, 1950'lerin başından beri incelenen bir konudur (Benjaafar vd., 2002). Tesis yerleşim planı, verimli bir üretim için çözülmesi gereken en önemli problemlerden birisidir. Yerleşim problemi, makine, insan ve malzeme gibi kaynakların arasındaki ilişkilerin en iyi şekilde tasarlanması ve bu kaynakların en uygun şekilde konumlandırılması olarak tanımlanabilir (Meller ve Gau, 1996). Problem, süreç tasarımındaki değişikliklerden, donanımların yer değiştirmesinden, şirketteki organizasyonel değişikliklerden, yeni bir tesis kurma kararından ya da yeni iş güvenliği standartlarının uyarlanmasından ötürü ortaya çıkabilir (Francis ve White, 1974). Bir tesis yerleşimi geliştirirken, tasarımcılar, çalışanların, makinelerin, alanın ve enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasının yanı sıra, çalışan güvenliği ve iş memnuniyetinin sağlanmasını da göz önünde bulundurmalıdırlar (Tompkins vd., 2010).

İşletmelerde üretimin düzenli ve sağlıklı olarak sürdürülebilmesi için bütün kaynakların iyi planlanmış bir yapı içerisinde organize edilmesi gereklidir (Kuşakçı vd., 2019; Ayvaz vd., 2018). İş yerindeki fiziksel risklere bağlı kazaların nedeni büyük ölçüde çalışma ortamının özelliklerine ve organizasyonun yapısına bağlıdır. Üretim organizasyonunun yapısı, makinelerin iş yerine yerleştirilmesi ve çalışma düzenine, bakım onarım faaliyetlerine, ergonomiye, işçilerin çalışma sürelerine, iş yerlerinin büyüklüğüne, çalışanların niteliklerine, iş yerinde güvenlik gerekliliklerinin uygulanması gibi etkenlere bağlı olarak değişir (Öztürk, 2014; Çelik ve Öztürk, 2017). Tesis yapısının üretime uygunluğu (zemin kaplaması, aydınlatmalar, havalandırma, duvarlar, pencereler, kapılar, yürüme yolları, acil çıkışlar), kullanılan ekipmanların düzeni, iş yerinin temizliği, makine ve ekipmanlardan yayılabilecek gürültü ve tozlar, çalışma ortamında istenen ısı değerleri, uygun bir

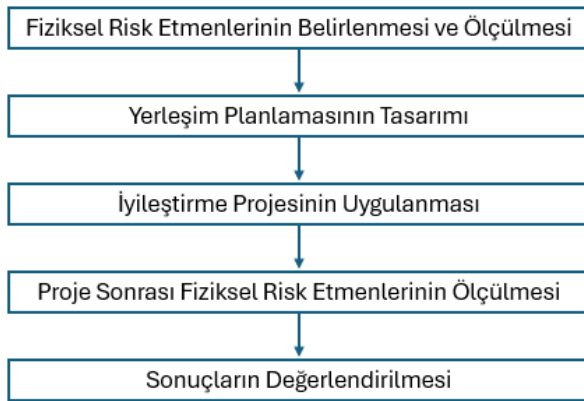
çalışma ortamının sağlanması için önemli hususlardır. Detay gibi görünen bu hususlar, iş kazalarına yol açabilmekte, hatta bazen büyük can ve mal kaybıyla neticelenen acil durumların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu sebeple kuruluşların daha planlama aşamasındayken yapılan işe uygun şekilde çalışma ortamının özelliklerini belirlemeleri ve buna göre tesis etmeleri önemlidir. Üretkenlik ve verimliliğin düşmemesi için işçilerin çalışma ortamındaki şartlardan rahatsız olmamaları gerekir. İş kazalarına ve meslek hastalıklarına yol açan, gürültü, aydınlatma, iş yeri hava kalitesi ve ısı konfor şartları gibi çevresel etkenlerin standartların dışında olması, çalışanların beden ve ruh sağlığını olumsuz yönde etkiler (Kahya vd., 2022). Yerleşim planının tasarlanması sırasında bütün riskler değerlendirilerek iş yeri düzeninin ve çevresel koşulların çalışan sağlığına ve memnuniyetine uygun şekilde hazırlanması elzemdir. Çalışanların iş performanslarını, kalitelerini, üretkenliklerini ve emniyetlerini iyileştirmek için çevresel çalışma koşulları, ulusal ve uluslararası standartları karşılayacak şekilde iyileştirilmelidir (Kahya vd., 2019).

Bu çalışma, endüstriyel tesislerde İSG alanının konusu olan fiziksel risk etmenlerinin, tesis yerleşim planlaması sürecinde nasıl dikkate alınabileceğine ve yapılan iyileştirmelerin proje sonrasındaki etkilerine odaklanarak literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Metal işleme endüstrisinde üretim yapan bir işletmede gerçekleştirilen bu çalışma, özellikle bu sektörde çalışanların maruz kaldığı risklerin belirlenmesi ve azaltılması üzerine odaklanmaktadır. Literatürde, genellikle tesis yerleşim planlaması sürecinin İSG faktörlerini genel olarak nasıl dikkate aldığı ve yapılan iyileştirmelerin etkilerinin nasıl ölçüldüğüne dair çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, kesici takım imalatı veya metal işleme endüstrisi özelinde yapılan bu tür özgün çalışmaların literatüre katkı sağladığı söylenebilir. Bu çalışma, metal işleme endüstrisinde İSG faktörlerinin yerleşim planlaması sürecine entegrasyonu konusunda yeni bir bakış açısı sunarak, bu alanda daha fazla araştırma ve uygulama için ilham kaynağı olabilir. Ayrıca, yapılan iyileştirmelerin proje sonrasındaki etkilerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, endüstriyel tesislerin İSG performansını artırmak için kullanılabileceği stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Böylece çalışma, metal işleme endüstrisindeki İSG yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine ve iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Özetle, metal işleme endüstrisi için üretim yapan bir işletmede, tesis yerleşim planı iyileştirme projesi sonrası fiziksel risk etmenlerinden olan aydınlatma, gürültü, ısı ortam ve toz maruziyeti ile ilgili incelemeler yapılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntemler

Çalışmadaki adımlar Şekil 1'de gösterilmiştir. İşletmedeki fiziksel risk faktörlerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi adımıyla başlar. Bu adımda, tesis içindeki potansiyel riskler tanımlanır ve ortam ölçümleri gerçekleştirilir. Yapılan değerlendirmelerin ardından, proje isterlerine ilaveten risk faktörleri gözetilerek tesis yerleşim planlaması ve tasarımı yapılır. Bu aşamada, İSG ile ilgili iyileştirme problemleri değerlendirilir ve yerleşim planı optimize edilir. İyileştirmelerin proje öncesindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi, yapılan değişikliklerin önemli bir adımıdır. Tesis yerleşim planı iyileştirme projesi tam olarak uygulandıktan sonra, etkilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Bu aşamada, iyileştirmelerin işletme performansına ve İSG hedeflerine olan etkisi analiz edilir. Bu adımlar, işletmede İSG performansının iyileştirilmesi için kritik bir süreci temsil eder.

Bu çalışmadaki ölçümler, fiziksel risk etmenlerinden olan aydınlatma, gürültü, ısı konfor ve toz için yapılmış olup, üretim departmanı içindeki, teknik ofis, kesme, silindirik taşlama, takım taşlama, kalite ve paketleme bölümlerinde yapılmıştır.



Şekil 1. Yöntem Akış Şeması

2.1. Aydınlatma Ölçümleri

Çalışma ortamlarında aydınlatma koşulları, İSG açısından büyük önem taşımaktadır. Aydınlatma kaynaklı riskler ne kadar erken tespit edilebilirse, onlardan kaçınmak da o kadar kolay olur. Bu nedenle aydınlatma sistemleri, yapılan işe uygun seçilmeli, çalışma ortamını yeterli seviyede aydınlatacak şekilde tasarlanmalı ve tesis edilmelidir. Aydınlatma sistemlerinin doğru tasarlanmasıyla, göz sağlığı korunur, görme yeteneği iyileşir, iş verimi artar ve iş kazası ihtimali azalır (Özkaya ve Tüfekçi, 2011). Aydınlatma görsel performansı etkileyen en önemli etkidir. Görsel performans, görsel bilgileri

işlemenin hızı ve doğruluğu olarak tanımlanır (Rea ve Ouellette, 1991; Boyce, 2003). Ayrıca görsel performans, kişinin düşük kontrasta sahip nesnelere veya küçük detayları görsel olarak algılama ve tanımlama yeteneğidir. Görsel performansı ölçmeye yönelik en önemli yaklaşımlar, 1930'larda Weston (1935) ile Luckiesh ve Moss (1937) tarafından ortaya atılmıştır. Çalışmaları, iş yeri için aydınlatma değerlerinin oluşturulmasına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Weston farklı aydınlatma koşullarındaki algılama hızı üzerinde çalışmalar yürütürken, Luckiesh ve Moss, tanıma doğruluğunu inceleme yaklaşımı üzerinde çalışmalar yapmıştır. İki yaklaşım, aydınlatmadaki küçük değişikliklerin görsel performans üzerinde farklı etkileri olması bakımından değişiklik gösterir. Bununla birlikte, bugün her iki yaklaşımın da doğru olduğu kabul edilmektedir (Rea, 2012). Sonuç olarak, yapılacak işin niteliği önemli bir rol oynar. Örneğin, acil durum aydınlatmasında, yüksek kontrastlı büyük nesnelere algılamak için düşük aydınlatma seviyeleri yeterlidir (Weston, 1935). Fakat, saat üretiminde, düşük kontrastlı çok ince detayların fark edilebilmesi için yüksek düzeyde aydınlatma gerekir (Luckiesh ve Moss, 1937).

Endüstriyel tesislerde aydınlatma sistemlerinin yerleşim planıyla uyumlu şekilde tasarlanması ile hem aydınlatma maliyetleri azaltılır hem de yeterli aydınlatma sağlanacağı için uygun bir çalışma ortamı oluşturulur. Yetersiz aydınlatma seviyesi ya da parlamaya ve yansımaya sebep olabilecek yanlış aydınlatma sistemlerinin kurulması sebebiyle oluşan iş kazaları önemli bir paya sahiptir. İş yeri aydınlatması sebebiyle oluşan yansımaların azaltılması için, duvar, tavan ve zemin gibi yüzeyler uygun renklerle boyanabilir, yerleşim planı değiştirilebilir ya da daha uygun aydınlatma sistemleri tercih edilebilir (Adalar vd., 2021). Uygun olmayan aydınlatmalar çalışanların ruh hallerini etkileyebilir. Odaklanma ve motivasyon kaybına sebep olabilen uygunsuz aydınlatma, iş yeri ortamında emniyetsiz hareketlerin yapılabilmesine neden olabilir. Yapılan uluslararası bir çalışmada, daha önce aydınlatma yapılmamış ya da yetersiz aydınlatma seviyesine sahip yolların, uygun şekilde aydınlatılmasının ardından hafif iş kazalarında %84, ciddi zararlı kazalarda %67, ölümlü iş kazalarında ise %50 oranında azalma gözlemlendiği sonuçlarına ulaşılmıştır (Kocabay, 1999). İş güvenliğini tehlikeye atmamak için çalışanların ve işverenlerin aydınlatma konusundaki bilincinin artırılması gereklidir.

Kuruluşlar için enerji maliyetleri kritik önem taşır. Bu sebeple, artan enerji maliyetleri ve sürdürülebilir çevre ihtiyacından dolayı aydınlatma sektörü üreticileri daha az enerji tüketen, daha çevreci, bunun yanında da aynı aydınlatma değerlerini sağlayabilen yeni aydınlatma teknolojileri üzerinde çalışırlar. Işık yayan diyot (LED) teknolojisi ile

aydınlatma bu çalışmaların sonunda ortaya çıkmıştır. LED aydınlatma teknolojisi, enerji tasarrufu açısından bir devrimdir. LED aydınlatmalar cıva içermediği için çevre dostudur. Aynı zamanda standart floresanlara göre %50 daha az enerji harcayarak, enerji tasarrufu sağlarlar (Myer vd., 2009). LED aydınlatmalı sistemler floresan aydınlatmalı sistemlerle karşılaştırıldığında 7-8 yıl kadar daha uzun ömürlüdür. (Rosenthal ve Barringer, 2009). Floresan ve akkor ampüllerin aksine LED aydınlatmalar gözün algılayamayacağı UV (ultraviyole) ışınları neredeyse hiç yaymadığı için göz sağlığı açısından daha uygun bir aydınlatma yöntemidir.

Aydınlatma seviyelerinin belirlenmesi için COSHR-928-1-IPG-039 "İş Yerinde Aydınlatma Seviyelerinin Ölçülmesi" yöntemi kullanılır. Ayrıca COSHR-928IPG-039 yöntemine ilaveten TS EN 12464-1 "Işık ve aydınlatma- Çalışma yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları" standardına uygun olarak değerlendirmeler yapılır. Işık şiddeti ölçümleri için Extech SDL400 cihazı kullanılmıştır.

2.2. Gürültü Ölçümleri

Gürültü basitçe hoşça gitmeyen rahatsız edici ses olarak tanımlanabilir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) de gürültüyü "rahatsızlığa neden olan veya sağlık üzerinde etkisi olabilecek tüm istenmeyen sesler veya ses gruplarıdır" olarak tanımlar.

Gürültü en yaygın iş sağlığı tehlikelerinden birisidir. Gürültünün olumsuz sonuçlarını önlemek için, gürültü seviyesi kabul edilebilir düzeylere düşürülmelidir. Gürültüden kaynaklanan çevresel tehlikeler, gürültü kaynağı ortadan kaldırıldığında aniden son bulur ve genellikle sonrasında herhangi bir kalıntı bırakmaz. Gürültü sebebiyle oluşan herhangi bir maddi kirlilik, canlı zehirlenmesi veya çevre tahribatı gibi tehlikelerin ortaya çıkması mümkün değildir. Ancak gürültünün insan sağlığı üzerinde, duyma ve uyku bozukluğu, performans düşüklüğü yaratması gibi pek çok fizyolojik ve psikolojik etkileri vardır. (Toprak ve Aktürk, 2004).

Endüstrilerde kullanılan makine ve ekipmanlardan yayılan gürültülerin uzun zaman zarfında oluşturduğu etki çalışanlarda tedavisi mümkün olmayan kayıplara yol açabilir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin sanayileri için gürültü, çevresel kirliliğe yol açan ve gün geçtikçe daha çok önemli hale gelen bir sorun olmaktadır. Günümüzün önemli çevresel problemlerinden birisi olan gürültüyü önlemek, oluşturduğu çevresel etkilerin önüne geçmek için önemli bir adımdır. Gürültü sebebiyle ortaya çıkan işitme kaybı veya işitme bozukluğu rahatsızlığı çalışanlar için en büyük risklerden birisidir ve bu rahatsızlığın tedavisi çoğu durumda mümkün olmamaktadır. İSG ile ilgili

yönetmelik ve kanunlara rağmen ülkemizde, yeterli seviyede İSG bilinci ve kültürü maalesef yerleşmemiştir. Bunun sebebi eğitilmiş çalışanların eksikliği ve çalışan sağlığının öneminin yeterince kavranamamasıdır. Bunun üzerine işverenlerin İSG sebebiyle oluşan maliyetlerden kaçınması da eklendiğinde koruyucu önlemlerin alınmasında eksiklikler ortaya çıkmaktadır. Bu gibi sebeplerle kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanılmaması sonucu da ortaya çıkar. Schmidt vd. (1980) yaptıkları çalışmada gürültünün önlenmesi için kullanılan kişisel koruyucu donanımların iş kazalarının azalmasında olumlu anlamda rol oynadığı sonuçlarına ulaşmıştır. KKD kullanılmaması pek çok iş kazasına yol açarken çeşitli meslek hastalıklarına da neden olur. Çalışanların gürültü ve titreşim gibi risklerden korunması için yürürlükte olan mevzuat ve yönetmeliklere uyulduğunda gürültü ve titreşim sonucu doğabilecek bütün risklerden kaçınılabılır. İş yerindeki gürültü sebebiyle oluşan işitme kaybı çalışma yaşamındaki iş güvenliğini engellerken, günlük gürültüye maruz kalma dozlarının 89 dBA'yı aşığı yerlerde çalışmak, hafif gürültü kaynaklı işitme kaybı yaşayanlar için bile daha tehlikeli bir hale dönüşür (Picard vd., 2008).

Üretim faaliyetinde bulunan endüstrilerin kullanmış olduğu teknoloji, ekipman ve makine hızlarının her geçen gün artması sebebiyle ve işletmelerin her zaman daha verimli üretim yapma hedeflerinden ötürü, çalışanların yoğun ve tempolu bir iş hayatı vardır. İşverenlerin İSG konularındaki riskleri göz ardı etmeleri, meslek hastalığı veya iş kazalarının sıklıkla yaşanmasına neden olur. Gürültü sebebiyle ortaya çıkan işitme rahatsızlıkları ve meslek hastalıkları, 85 dBA gürültü seviyesinin üzerinde, 8-12 saat sürelerinde çalışma yapılan endüstrilerde en çok karşılaşılan meslek rahatsızlıklardandır. (Ulukaya ve Çögenli, 2020). Metal endüstrisinde kullanılan makinelerin çalışma gürültüsü ve kullanılan ham maddelerin yapısı sebebiyle imalat işlemleri sırasında (metal kesim, talaşlı imalat, kaynak, vb.) yayılan gürültü seviyesi diğer endüstrilerle karşılaştırıldığında daha yüksektir (Akarsu vd., 2013).

Kişisel gürültü ölçümleri TS EN ISO 9612 "Akustik-Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi- Mühendislik yöntemi" standardına göre yapılmıştır. Ölçümlerde Casella Dbadge 2 gürültü dozimetresi ve CEL-120/2 gürültü ölçer kalibratör kullanılmıştır.

İş yeri için gürültü ölçümleri (İÇG) TS ISO 1996-2 "Akustik- Çevresel gürültünün tanımı, ölçümü ve değerlendirilmesi- Bölüm 2: Ses basıncı seviyelerinin belirlenmesi" standardına göre yapılmıştır. Ölçümlerde CESVA SC310 Tip 1 Gürültü Ölçüm ve Kayıt Cihazı ve CESVA CB006 akustik kalibratör cihazı kullanılmıştır.

2.3. Isıl Konfor Ölçümleri

Isıl konfor, kişinin ısı ortamla olan memnuniyet ya da memnuniyetsizliğini ifade eden ve sübjektif olarak değerlendirilen koşullar olarak tanımlanabilir. Hissedilen sıcaklık, termometrenin gösterdiği hava sıcaklığı değil, kişilerin algıladığı vücut sıcaklığıdır. Bu algı çalışanın ısı dengesi ile alakalıdır. Algılanan sıcaklık, içinde bulunulan çevrenin ısı koşulları, kıyafetlerin ısı direnci, kişisel ve fiziksel özelliklerin bir sonucu olduğu için sübjektif bir kavramdır. Bu sebepten ötürü, kişiden kişiye farklılık gösterir. Belirtildiği gibi ısı konfor sadece çevresel etkilerden kaynaklanmaz; ısı konfor değerlendirilirken insan algısıyla ilişkisinden ötürü kişisel özelliklerin de dikkate alınması gereklidir. (Chen vd., 2003).

İş yerlerinin iklimlendirilmesinin başlıca amacı bu ortamlarda çalışan kişilerin sağlıklı kalmalarını ve daha üretken olmalarını sağlamaktır. Bu sebeple ısı konforu etkileyen değişkenler detaylıca gözlemlenmelidir. Isıl konfor, sıcaklık, nem, yaş ve cinsiyet gibi pek çok değişkene bağlı olsa da genellikle çevresel değişkenler ve kişisel değişkenler olarak ikiye ayrılabilir. Çevresel değişkenler için, ortam sıcaklığı, ortam bağıl nemi, ortam hava hızı ve ortalama ışıma sıcaklığı örnek verilebilir. Kişisel değişkenler ise kişinin metabolik etkinlik seviyesi ve kıyafetlerinin durumundan oluşur. İnsan metabolizması tarafından üretilen ısının transferi kontrol edilebildiğinde en iyi ısı konfor düzeyi olarak tanımlanan ısı nötrlük sürdürülebilir, böylece insan ve çevresi arasında ısı denge kurulur. Isıl konfora etki eden başlıca faktörler, vücut ısısının transferini belirleyen metabolik hız, giyilen kıyafetlerin yalıtımı, ortam hava sıcaklığı, ortalama ışıma sıcaklığı, havanın hızı ve bağıl nemidir. Kişisel beklentiler gibi ruhsal değişkenler de ısı konfora etki eder (Dear ve Brager, 1998).

İşletmelerin çalışma alanları ısı ortam koşullarının, uygunsuz şekilde gereken seviyelerin altında veya üstünde olması, duyu yetilerinin azalması, halsizlik, yorulma, bitkinlik, dikkatsizlik, kaygı ve isteksizlik gibi durumları meydana getirebilir. Yapılan işe uygun şekilde ısı ortam koşulları sağlanmadığında, çalışanlar için iş kazalarına sebebiyet verebilecek tehlikeli durumların kapıları aralanmış olur. Nem ve sıcaklık gibi çalışma ortamı iklimsel koşullarının insan vücudu üstündeki etkileri, çalışma alanı ısı durumuyla yakından ilgilidir. Örneğin çalışılan yerin sıcak, nem oranının ise az olduğu koşullarda, insan vücudu ısıyı terleme vasıtasıyla dışarıya atmaya çalışacaktır. Böyle bir ısı koşulda çalışan işçi, 40 °C sıcaklığa kadar çalışmayı sürdürebilir. Fakat, çalışılan ortamın haddinden fazla nemli olması koşulunda, vücutta oluşan fazla ısı terleme vasıtasıyla dışarı atılamaz. Başka bir ifadeyle, haddinden fazla nem terlemeye izin vermez. Böyle bir durumda ise kişilerin 30 °C sıcaklıkta çalışmaya

dahi dayanmaları zorlaşır. Bunun yanında yüksek sıcaklık sebebiyle de çalışma gücü ve verimliliği azalır (Krishnamurthy vd., 2017). Yüksek sıcaklık, özellikle beden gücü ile çalışılan işlerde insan sağlığını daha fazla olumsuz etkiler (Kjellstrom vd., 2009).

Çalışma ortamının konforlu olarak algılanma yüzdesi, Fanger (1970) tarafından ortaya atılmış olan 'Tahmini Ortalama Oy' (PMV) ısı duyum ölçeği ile ifade edilmektedir. Bu ölçek; hava sıcaklığı, ışıma sıcaklığı, hava hızı, bağıl nem, giyilen kıyafet ve yapılan aktiviteyi baz alan yedi puanlı ısı duyum ölçeğinde, geniş bir popülasyonun ortalama oylarının değerlerini tahmin eden bir göstergedir (Hamdi vd., 1999). PMV indeksi, aktivite (metabolik oran) ve giyinme (ısı direnci) öngörülebildiğinde belirlenebilir. Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi (PPD) göstergesi, ortam ısı şartlarından rahatsız olan kişilerin yüzdesini tahmin etmeye yararmaktadır.

Ölçümler TS EN ISO 7243 "Isıl ortam ergonomisi-WBGT (yaş hazne küre sıcaklığı) indeksi kullanılarak ısı stresinin değerlendirilmesi" ve TS EN ISO 7730 "Isıl çevrenin ergonomisi - PMV ve PPD indislerinin hesabını ve bölgesel ısı konfor kriterlerini kullanarak ısı konforun analitik olarak belirlenmesi ve yorumu" standardına göre yapılmıştır. Ölçümlerde DELTA OHM HD32.3 mikroklima analiz cihazı kullanılmıştır.

2.4. Toz Ölçümleri

Üretim alanları için toz, ürünlerin üretilmesi sırasında oluşabilen, yetersiz havalandırma veya kirli çalışma ortamı sebebiyle biriken, havada asılı kalabilen veya zamanla yere çöken parçacıkların genel adıdır. "Tozla Mücadele Yönetmeliği"nde ise tozla ilgili, iş yeri ortam havasına yayılan veya yayılma potansiyeli olan parçacıklar ifadesi yer almaktadır. Tozlu çalışma ortamları, insan sağlığı açısından birçok risk barındırmaktadır. Tozlar, solunum sistemi hastalıkları gibi mesleki hastalıklara yol açarak çalışanların sağlığını tehdit edebilir. Erken tanı, hastalığın durumu ve ilerleyişini belirleyerek gerekli tedbirlerin alınması açısından önemlidir. İşletmelerde, tozlara ilişkin risk değerlendirmesi, teknik kontroller ve alınacak önlemler neticesinde tozun kaynağında yok edilmesi veya azaltılmasıyla, güvenli çalışma ortamı tesis edilmekte ve meslek hastalıkları önlenilmektedir. Çalışma ortamının hava kalitesini bozarak kirliliğe sebep olan tozlar, pek çok makinenin bir arada bulunduğu işyerlerinde çalışanların rahatsız olmasına neden olur. Aşırı miktarda toz seviyesi çalışanların sağlığını etkilediği gibi verimliliğin de olumsuz etkilenmesine neden olur (Kodalıoğlu ve Günaydın, 2021).

Metal işleme sektöründeki her işletme de olduğu gibi kesici takım imalatı yapan işletmelerde de yayılan tozun kontrolü çok önemlidir. İşlenen sert metalin fiziksel özelliklerinden ve hassas ölçü ihtiyacından ötürü kesici takım imalatında taşlama ile üretim yöntemi kullanılır. Taşlama yoluyla malzeme işleme sırasında oluşan tozlara maruz kalma kontrol altına alınması gereken en önemli fiziksel risklerden birisidir. Taşlama, yüksek düzeyde toz kirliliği oluşturan bir üretim yöntemidir. Taşlama ıslak ve kuru taşlama olmak üzere ikiye ayrılabilir. Islak taşlama işleminde kesme sıvısı kullanılırken kuru taşlamada kullanılmaz. Taşlama sırasında kesme sıvısı kullanılmasının önemli bir nedeni de toz parçacıklarının yayılmasını önlemektir. Kesme sıvısı uygulanması yayılan parçacıkların seviyesini azaltmaya yardımcı olsa da çalışma ortamında toz yayılmaya devam eder. İşçiler çalıştıkları süre boyunca toz parçacıklarının etkisi altında kalırlar (Lee vd., 2009). Metal işleme sırasında yayılan farklı boyutlardaki toz parçacıklarına maruz kalma, solunum hastalıkları, alerjiler ve dermatolojik hastalıkların ortaya çıkmasına neden olur (Moroni ve Viti, 2009).

Tesiste işlenen ham madde tungsten karbür sert metalidir. Bu sert metal; tungsten karbürleriyle, daha az miktarda molibden, vanadyum, krom, titanyum ve tantal karbürlerinin kobalt, nikel ve demirle çok yüksek ısılarda karıştırılıp bağlanmasıyla elde edilmektedir. Bu metallerin bir diğeri adı da sement karbürdür. Sement karbür tozu karışımı, presleme veya enjeksiyon kalıplama işlemlerinin ardından tam yoğunluğa ulaşması için 1200°C-1500°C sıcaklıkta sinterlenir. Kalıplama veya presleme yöntemiyle elde edilmiş ham madde, kesilerek, taşlanarak ya da bilerek son ürün haline getirilir. Bu işlemler yapılırken çeşitli soğutma ve kesme sıvıları kullanılabilir. Ürünün son içeriği %80-90 tungsten karbür, %10-20 kobalt ve az miktarda diğeri metallerden oluşur. Malzeme, kesici takım imalatı veya yüksek mukavemet istenen metal parçaların üretilmesinde kullanılır. Sement karbürlerin ham maddesinin işlenmesinde çalışanlar ile kesici takım imalatı veya makine parçalarının üretimini yapanlar yüksek risk altındadırlar. En yüksek risk, işleme ve bileme süreçlerinde çalışanlarda olmasına rağmen, bu bölümlere yakın bölümlerde çalışanlar da risk altındadır. Sert metal endüstrisinde çalışanların akciğer hastalığına yakalanma riski, iyonize kobalt tozuna maruz kalanlarda, kuru iyonize olmayan kobalt tozlarına maruz kalanlardan daha fazladır. Ağır metal tozlarına maruz kalma yoğunlukla solunum sistemi yoluyla olur. Maruziyet ağızdan ve ciltten alma yoluyla da kaynaklanabilir. Tozun vücuda yayılımı diğeri toz parçacıklarına benzer şekildedir; çözünemez toz parçacıkları akciğerlerde kalır, çözünabilir olanlar kan yoluyla diğeri dokulara taşınırlar. Vücuttan dışarı atılımı idrar yoluyla

gerçekleşir. Maruz kalmanın çoğu ilk gün sonunda atılır, kalan az miktar ise yıllar içinde birikerek %14'ü kemikte, %43'ü kaslarda tutulur (ÇSGB, 2011). Maruziyet sınırının üzerinde 15-20 yıl boyunca solunarak biriken tozlar akciğer rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Kampa ve Castanas, 2008).

Kişisel maruziyet solunabilir toz ölçümleri MDHS 14/3 "Solunabilir ve Teneffüz Edebilir Tozun Numunesinin Alınması ve Gravimetrik Analizi için Genel Yöntemler" ve "Tozla Mücadele Yönetmeliği"ne göre yapılmıştır. Ölçümlerde Libra Plus LP5 kişisel toz örnekleyici ve TSI 4146 akış kalibratörü kullanılmıştır.

İş yeri ortamı solunabilir toz ölçümleri (İST) için MDHS 14/3 "Solunabilir ve Teneffüz Edebilir Tozun Numunesinin Alınması ve Gravimetrik Analizi için Genel Yöntemler" kullanılmıştır. Ölçümlerde Libra Plus LP5 toz örnekleyici ve TSI 4146 akış kalibratörü kullanılmıştır.

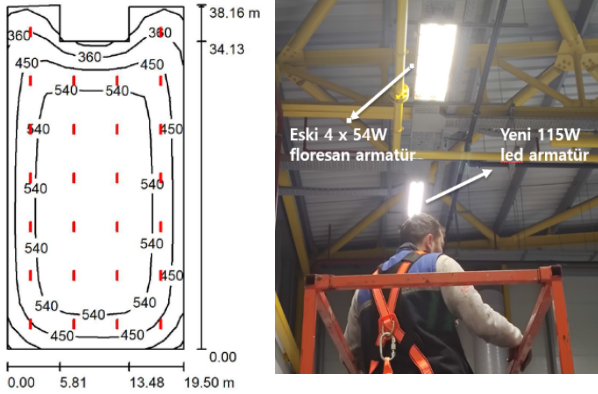
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Aydınlatma

Tesis yerleşim planı yenileme projesinde, 750 m²lik üretim alanında 6m yükseklikten aydınlatma sağlayan 54W 4000K özellikli (30x4) 120 adet floresan ampüllü armatürlerin yerine 115W 4000K özellikli 26 adet LED armatür tercih edilmiştir (Şekil 2). Aydınlatma planlaması, operatörlerin yoğun olarak çalıştığı ve yaptıkları işe uygun olması açısından bazı bölgelerin min 500 lüks aydınlatma ihtiyacı temel alınarak tasarlanmıştır.

Tablo 1'de T1 proje öncesi, T2 ise proje sonrası zamanı temsil etmektedir. Üretim alanı içinde 9 farklı alanda ölçümler yapılmıştır. Sınır değerler, teknik ofisler (TO) için 500 lüks, üretim alanı (HMK, ST, TT, MP) için 300 lüks, kalite kontrol (KK) odaları için 1000 lüks, ham madde depolama alanları (HMD) için ise 300 lüks değerindedir. Üretim alanı için planlanan sistem şirket standartları gereği operatörlerin yoğun olarak çalıştığı bölgelerde minimum 500 lüks olacak şekilde hazırlanmış ve uygulanmıştır. T1 zamanı ölçümlerine bakıldığında genel olarak değerler 500 lüks değerlerine yakın şekilde bazen de bu değer altındadır. Sınır değer altındadır çıkmasına sebebi kararmış floresan ampüllerdir. Kullanım ömrü bitmek üzere olan floresan ampüller zamanla kenarlarından kararmaya başlar ve daha az aydınlatma sağlar, bu durumda floresan ampüllerin yenisiyle değiştirilmesi şart olur. Floresan ampüllerin ömürleri LED ampüllere göre çok daha düşük olduğu için bakım ve değişim zaman aralıkları daha siktir. Onlarca ampülün yer aldığı tesisler düşünüldüğünde yüksekte bulunan bu ampüllerin değiştirilmesi hızlıca yapılabilen bir işlem değildir. Bu açıdan bakıldığında da ömrü ve

dolayısıyla bakım zaman aralığı daha uzun olan LED aydınlatmaların tercih edilmesi, iş güvenliği açısından daha uygundur. T2 zamanında yapılan ölçümler incelendiğinde üretim alanındaki her alan istenen sınır değerini üzerine çıkarılmış ve daha güvenli bir çalışma ortamı tesis edilmiştir. Ayrıca yeni aydınlatma sistemi daha az enerji harcadığı için enerji tasarrufu da sağlanmıştır.



Şekil 2. Aydınlatma Planlaması ve Sistemlerin Değişimi

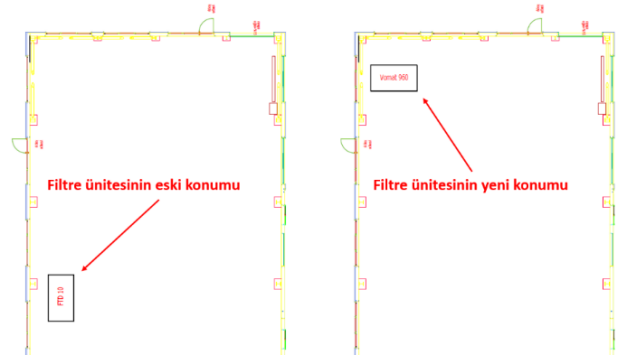
Tablo 1. COSHR-928-1-IPG-039 metoduna göre yapılan ölçümler

Ölçüm Alanları	T1 (lüks)	T2 (lüks)	Sınır Değer (lüks)
TO	267	653	500
HMD	492	503	300
HMK	486	553	300
ST	486	671	300
TT 1	532	573	300
TT 2	528	566	300
TT 3	519	534	300
KK	875	1452	1000
MP	311	400	300

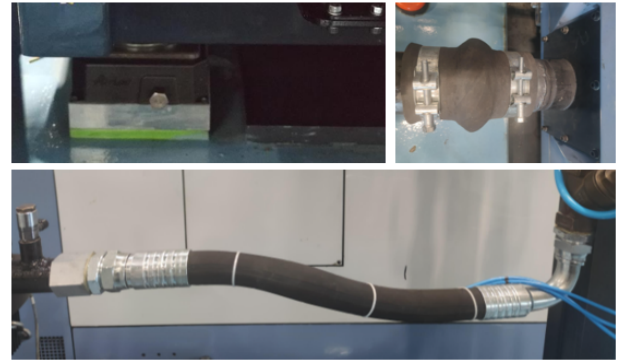
3.2. Gürültü

Çalışma ortamında maruz kalınan gürültü seviyelerinin azaltılması veya olumsuz etkilerinden korunulması için, 3 ana çözüm yöntemi bulunur. Bunlar, gürültü seviyesinin kaynağında azaltılması, maruz kalan kişi ile kaynak arasında geçen yolda azaltılması veya alınacak önlemlerle maruz kalan kişinin korunmasıdır. Yapılan projede gürültüyü kaynağında azaltmak için, en çok gürültü yaratan eski merkezi yağ filtreleme ve soğutma sistemi yenisiyle değiştirildi. Ayrıca Şekil 3'te görüldüğü gibi

gürültüyü alıcı ile kaynak arasındaki yolda azaltmak için de sistemin daha önce üretim alanının ortasında olan konumu 16m daha uzağa üretim alanının köşesine taşındı.



Şekil 3. Filtre Ünitesinin Yerinin Değişimi



Şekil 4. Titreşim ve Gürültünün Azaltılması

CNC taşlama makinelerinin eski sönümleyici ayakları yeni olanlarla değiştirilmiştir. Yine titreşim risklerinin oluşmaması için soğutma yağı besleme sisteminin plastik malzemeden yapılmış ayakları titreşim sönümleyici kauçuk ayaklar ile değiştirilmiştir. Ayrıca daha önce makineye direkt olarak çelik boruyla bağlanan besleme sistemleri Şekil 4'de görüleceği üzere kompanseör ve esnek bağlantı elemanlarıyla tesis edilerek titreşim ve gürültünün en aza indirilmesi sağlanmıştır.

Akustik - Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi standardına göre en fazla çalışan ve en fazla makinenin bulunduğu silindirik taşlama (ST) ve takım taşlama (TT) bölümlerinde kişisel maruziyet ölçümleri yapılmıştır. Tablo 2'ye bakıldığında yapılan iyileştirmeler neticesinde 4 yeni makine devreye alınmasına rağmen artışın önlenildiği hatta gürültü seviyelerinin az da olsa düşürüldüğü görülebilir. Yine Akustik - Çevresel gürültünün tanımı, ölçümü ve değerlendirilmesi standardına göre yapılan iş yeri ortamı çevresel gürültü (İÇG) ölçümlerinin sonucu ise gürültü seviyesinin düşük de olsa bir miktar arttığını

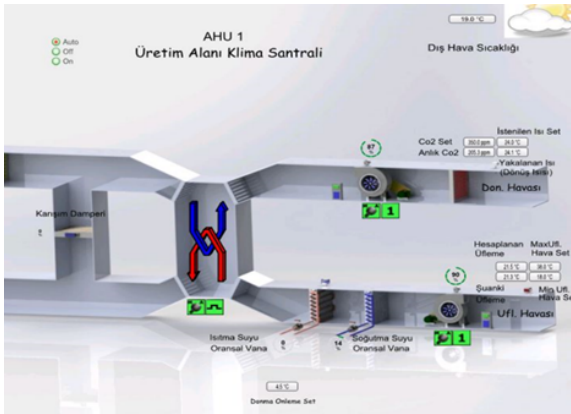
göstermiştir. Sonuç olarak yapılan yerleşim planı iyileştirmesi neticesinde makine sayısının artmasına rağmen gürültü değerleri sınır değerlerin altında tutulmuştur.

Tablo 2. TSE EN ISO 9612 ve TS ISO 1996-2 standartlarına göre yapılan gürültü ölçümleri

Ölçüm Alanları	T1 (dBA)	T2 (dBA)	Sınır Değer (dBA)
ST	82	76	85
TT	81	79	85
İÇG	73	76	85

3.3. Isıl Konfor

Isıl konforun sağlanması adına tesisin cam giydirmeye sahip duvarlarından içeriye giren gün ışığı sebebiyle oluşan ısının önlenmesi için, camlar film kaplanmış ve çalışma ortamının özellikle yaz aylarında aşırı ısınmasının önüne geçilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi otomasyona bağlı iklimlendirme sistemiyle ortam sıcaklığı ve nem oranı sürekli olarak takip edilmeye başlanmıştır.



Şekil 5. Çalışma Ortamı Isıl Koşullarının İzlenmesi

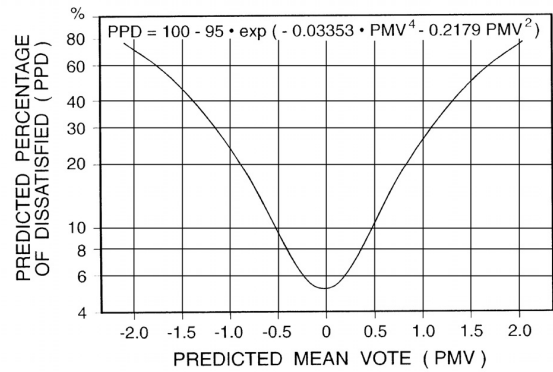
Üretim alanında 2 farklı zamanda yapılan ölçümlerde Tablo 3'te verilen değerler elde edilmiştir. Ölçümler üretim alanındaki hareketin yoğun olduğu takım taşlama (TT) ve paketleme (MP) bölümlerinde yapılmıştır. T1 zamanı proje öncesini T2 zamanı proje sonrasında gösterir. Hem T1 hem T2 zamanında ısı konfor şartları Tablo 4'deki 7 noktalı ısı konfor ölçeğinde belirtilen PMV ölçeğinde nötr, yani ısı konfor bölgesi içinde çıkmıştır. Özellikle yapılan iyileştirmeler sonrası ısı ortam koşulları daha etkin şekilde kontrol edilebilmekte ve izlenebilmektedir. Şekil 6'da ilişkilendirilen ortam ısı şartlarının memnuniyetsizlik yüzdesini gösteren PPD değerinde de iyileşme gözlenmiştir.

Tablo 3. TS EN ISO 7243 ve TS EN ISO 7730 standardına göre yapılan ortam ölçümleri

Ölçüm Alanları	T1		T2	
	PMV	PPD	PMV	PPD
TT	0,33	7,65	0	6,98
MP	0,44	9,58	0,01	7,31

Tablo 4. Yedi Noktalı Isıl Duyum Ölçeği

PMV	PPD%	Değerlendirme
3	100	Aşırı Sıcak
2	75,7	Sıcak
1	26,4	Hafif Sıcak
0	<10	Nötr (Isıl Konfor)
-1	26,8	Hafif Serin
-2	76,4	Serin
-3	100	Soğuk



Şekil 6. PMV - PPD ilişkisi (ASHRAE, Standard 55)

3.4. Toz

Çalışma ortamındaki tozun kontrolü çok önemlidir. Artan makine ve insan sayısı sebebiyle ortaya çıkabilecek toz oluşumunun artmaması için özellikle toz oluşturan ve kuru taşlama yapılan universal tezgâh yerine kapalı sistem soğutma sıvısı ile çalışan yeni taşlama tezgâhı devreye alınmıştır (Şekil 7). Ayrıca sistemde dolaşan eski madeni yağ, karbür tozunu daha aktif şekilde yakalayabilen ve insan sağlığı açısından daha sağlıklı olan sentetik polialfaolefin (PAO) bazlı bir yağ ile değiştirilmiştir. Yerleşim planlaması projesinin sonunda Şekil 8'de görülen zeminin eskiyen epoksi kaplaması yenilenmiş ve temizlenmesi kolay, toz tutmayan, hijyenik bir ortam yeniden tesis edilmiştir.



Şekil 7. Kuru Taşlama Tezghasının Islak Taşlama Tezghasıyla Değişimi



Şekil 8. Epoksi Zeminin Yenilenmesi

Üretim alanında en fazla toz oluşumun gözlemlendiği silindirik taşlama (ST) bölümünde kişisel toz maruziyeti ölçümleri yapılmıştır. Tablo 5'te görüleceği üzere T1 ve T2 zamanında yapılan ölçümler karşılaştırıldığında her iki ölçüm sonucunun da sınır değerinin altında olduğu görülebilir. T2 zamanında yapılan ölçümlerin sonuçlarına bakıldığında T1 zamanından daha düşük değerlerin elde edildiği görülebilir. Yapılan iyileştirmelerle makine ve insan sayısı %50 oranında artmasına rağmen toz yayılımı azaltılmış ve maruziyet değerleri sınır değerlerinin altında tutulmuştur. İş yeri ortamı solunabilir toz ölçümü sonuçları (İST) da kişisel maruziyete paralel şekilde azaltılmıştır. Yapılan iyileştirmeler sayesinde iş yeri ortamı hava kalitesi durumu daha iyi bir noktaya getirilmiştir.

Tablo 5. MDHS14/3 ve Tozla Mücadele Yönetmeliğine Göre Yapılan Ölçümler

Ölçüm Alanları	T1 TWA (mg/m ³)	T2 TWA (mg/m ³)	Sınır Değer (mg/m ³)
ST	1,99	1,19	5
İST	2,54	1,14	-

4. Sonuçlar

Bu çalışma, endüstriyel tesislerde iş sağlığı ve güvenliğinin fiziksel risk etmenleri açısından değerlendirilmesi ve tesis yerleşim planlaması sürecinde nasıl iyileştirilebileceği konusunda önemli bir katkı sağlamaktadır. Özellikle metal işleme endüstrisinde yapılan bu çalışma, sektöre özgü risklerin belirlenmesi ve azaltılması konusunda değerli bulgular sunmaktadır. Literatürde genellikle tesis yerleşim planlaması sürecinin İSG faktörlerini genel olarak nasıl dikkate aldığı ve yapılan iyileştirmelerin etkilerinin nasıl ölçüldüğü üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Ancak, kesici takım imalatı veya metal işleme endüstrisi özelinde yapılan bu tür özgün çalışmaların literatüre katkı sağladığı söylenebilir.

Çalışmamız, metal işleme endüstrisinde İSG faktörlerinin yerleşim planlaması sürecine entegrasyonu konusunda yeni bir bakış açısı sunarak, bu alanda daha fazla araştırma ve uygulama için ilham kaynağı olabilir. Yapılan iyileştirmelerin proje sonrasındaki etkilerinin detaylı bir şekilde değerlendirilmesi, endüstriyel tesislerin İSG performansını artırmak için kullanılabileceği stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Bu şekilde, çalışma, metal işleme endüstrisi için üretim yapan bir işletmede, tesis yerleşim planı iyileştirme projesi sonrası fiziksel risk etmenlerinden olan aydınlatma, gürültü, ısı ortamı ve toz maruziyeti ile ilgili incelemeler yapılmıştır.

İş yeri ortamı çevresel koşullarının iyileştirilmesi çalışan sağlığı ve memnuniyeti açısından çok önemlidir. Tesis yerleşim planı iyileştirme projeleri bu koşulların değerlendirilmesi ve yeni durumun daha uygun hale getirilmesi açısından büyük fırsatlar getirir (Öztürk ve Kaya, 2020). Çalışmamızda tesis yerleşimi iyileştirme projesinin gerçekleştirilmeden önceki durumunun anlaşılması için iş yeri ortam ölçümleri yapılmış ve fiziksel risklerle ilgili bilgiler kaydedilmiştir. Bu bilgilerin yardımı ve yeni düzenin getirebileceği riskler de göz önünde bulundurularak fiziksel risk etmenlerinden kaynaklanabilecek olumsuzlukların iyileştirilmesi için tasarım geliştirilmiştir.

Yerleşim projesi tamamlandıktan, yani makine ve ekipmanların devreye alınması, borulama, elektrik ve aydınlatma sistemlerinin buna göre tesis edilmesi, zemin, yürüyüş yolları, kapı, pencere ve duvarlarının inşası veya tamiri tamamlandıktan sonra ölçümler tekrar yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre, aydınlatma seviyeleri standartlarda belirtilen seviyelerin üzerine çıkarılmış ve eşit aydınlık dağılımlı yeni bir üretim alanı ortaya çıkarılmıştır. Üstelik yeni durumda daha çevreci, insan sağlığına daha uygun ve daha az enerji harcayan bir sistem tercih edilerek sürdürülebilirlik adına önemli bir çalışma yapılmıştır.

İnsan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan gürültü ile ilgili olarak, eski filtre sistemi değiştirilmiş ve yeni sistemin konumu alıcı ile olan uzaklığın artırılması için üretim alanının köşesine taşınmıştır. Bulgular incelendiğinde, yeni durumdaki gürültü seviyelerinin, makine sayısının artmasına rağmen özellikle kişisel maruziyet anlamında iyileştirildiği ve sınır değerlerden uzaklaştığı görülebilir.

Çalışma alanının ısı koşulları hem proje öncesi hem de proje sonrasında ısı konfor bölgesindedir. 7 noktalı ısı duyum ölçeği PMV, proje sonrası durumda incelendiğinde nötr yani "0" durumuna daha yakın olduğu görülebilir. Isıl ortam koşullarından memnuniyetsizliği belirten PPD incelendiğinde memnuniyetsizliğin azalmış olduğu da ortadadır.

Proje sonrası toz maruziyeti değerleri incelendiğinde, önceki duruma göre sınır değerlerden uzaklaştırılmış ve daha kaliteli bir çalışma havası ortamı sağlanmıştır.

Tesis yerleşim projeleri gerek ilk tasarım aşamasında gerekse iyileştirme projeleri aşamasında yapılırken, İSG gereklilik ve standartlarına göre yapılarak çalışanların sağlığı ve memnuniyeti artırılabilir. Çalışmamız yerleşim planı iyileştirmelerinin fiziksel risk etmenleri ile İSG üzerindeki olumlu etkisini göstermesi açısından örnek teşkil eder.

Çalışmamızda, iş yerindeki çevresel etmenlerin iyileştirilmesinin çalışan sağlığı ve memnuniyeti üzerindeki önemi vurgulanmıştır. Tesis yerleşim planlaması iyileştirme projeleri, iş yerindeki fiziksel risklerin değerlendirilmesi ve yeni düzenlemelerin yapılması için büyük fırsatlar sunmaktadır. İş yeri ortam ölçümleri ve fiziksel risklerin belirlenmesi temel alınarak tasarlanan iyileştirme projeleri, İSG standartlarına uygun olarak hayata geçirilmiştir. Yapılan iyileştirmelerin ardından, iş yeri ortamı daha aydınlık, daha çevreci ve daha sağlıklı hale getirilmiştir. Ayrıca, gürültü seviyelerindeki azalma ve ısı konforunun artması gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışma, iş yerlerindeki çevresel koşulların iyileştirilmesinin çalışan sağlığı ve memnuniyeti üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ancak, bazı sınırlılıklar bulunmaktadır. Birinci olarak, bu çalışma sadece fiziksel risk etmenlerinin iyileştirilmesinin etkilerine odaklanmıştır. Kimyasal veya psikososyal faktörler gibi diğer potansiyel etkilerin dışlanması, çalışmanın kapsamını sınırlamıştır. İkinci olarak, bu çalışma belirli bir endüstri veya işyeri türüne odaklanmıştır ve bulguların genel geçerliği sınırlı olabilir. Diğer endüstriler için yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilebilir. Üçüncü olarak, çalışmanın verileri belirli bir zaman aralığında toplanmıştır ve sonuçlar bu zaman aralığına göre yorumlanmıştır. Bu nedenle, sonuçların zaman

çinde değişebileceği veya farklı bir zaman diliminde farklı sonuçlar elde edilebileceği unutulmamalıdır. Son olarak, bu çalışmanın metodolojik sınırlamaları bulunmaktadır. Ölçüm araçlarının doğruluğu veya veri toplama yöntemlerinin kısıtlamaları gibi faktörler, bulguların yorumlanması ve genelleştirilmesi üzerinde etkili olabilir. Sonuç olarak, bu çalışma iş yerlerindeki çevresel koşulların iyileştirilmesinin önemini vurgulamakla birlikte, belirli sınırlılıkları da içermektedir. Gelecek araştırmaların, bu sınırlılıkları aşarak konuyu daha kapsamlı bir şekilde ele alması önerilmektedir.

Gelecek çalışmalar açısından, iş yerindeki çevresel koşulların iyileştirilmesi üzerine daha kapsamlı araştırmalar yapılabilir. Özellikle, farklı endüstriyel sektörlerde benzer iyileştirme projelerinin etkilerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi, İSG alanında daha geniş bir perspektif sunabilir. Ayrıca, yeni teknolojilerin ve yenilikçi tasarım yaklaşımlarının iş yerindeki çevresel koşulları nasıl etkilediğinin araştırılması, gelecekteki tesis yerleşim planlaması projeleri için önemli ipuçları sağlayabilir.

Teşekkür

TaeGuTec Türkiye'ye paylaştığı veriler ve yaptığı katkılardan ötürü teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Adalar, E., Çakmak, A., Ulusu, H. A., & Gündüz, T. (2021). Otomotiv Yan Sanayii için Ergonomi Risk Analizi ve Aydınlatma Çalışması. *Endüstri Mühendisliği* 32(1), 1-11.
- Akarsu, H., Ayan, B., Çakmak, E., Doğan, B., Eravcı, D. B., Karaman, E., & Koçak, D. (2013). *Meslek Hastalıkları*. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, Ankara.
- ANSI/ASHRAE Standard 55, (2020). Thermal environmental conditions for human occupancy.
- Ayvaz, B., Kuşakçı, A. O., Öztürk, F. & Sırakaya, M., (2018). Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı İçin Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli Önerisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(4), 55-70.
- Benjaafar, S., Heragu, S. S., & Irani S. A. (2002). Next Generation Factory Layouts: Research Challenges and Recent Progress. *Interfaces* 32 (6): 58-76.

- Boyce, P. R. (2003). *Human Factors in Lighting* (2nd ed.). CRC Press.
- Chen, M. L., Chen, C. J., Yeh, W. Y., Huang, J. W. & Mao, I. F. (2003). Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *AIHA Journal*, 64(3), 352-9.
- COSHR 928-1-IPG-039, (2009). *Measurement of Lighting Levels in the Work Place*.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, (2011). İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İSGİP Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar *Tanı Rehberi*, Ankara.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, (2013). *Tozla Mücadele Yönetmeliği*.
- Çelik, N. & Öztürk, F. (2017). The Upcoming issues of industry 4.0 on occupational health and safety specialized on turkey example. *International Journal of Economics, Business and Management Research*, 1(05); ISSN 2456-7760, pp.236-256
- Dear, R. J. d. & Brager, G. S. (1998). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *ASHRAE Transactions*, 104 (1), 145-67.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. Danish Technical Press, Copenhagen.
- Francis, R. L. & White, J. A. (1974). *Facility Layout and Location*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hamdi, M., Lachiver, G. & Michaud, F. (1999). A new Predictive Thermal Sensation Index of Human Response. *Energy and Buildings*, 29(2), 167-178.
- Kahya, E., Çakır, S. & Tetik, S. (2022). Büyük Ölçekli Bir Metal Sanayi İşletmesinin Ofislerinde İş yeri Koşullarının Değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 33(1), 75-95.
- Kahya, E., Ulutaş, B. H. & Özkan, F. N. (2019). The Effects of Environmental Factors on Job Performance In Metal Industry. *Endüstri Mühendisliği*, 30(1), 1-14.
- Kampa, M. & Castanas, E. (2008). Human Health Effects of Air Pollution. *Environmental Pollution*, 151 (2), 362-367.
- Kjellstrom, T., Holmer. I. & Lemke B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity-an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global Health Action*, 2, 1-6.
- Kocabay, S. (1999). Dahili Ortamlarda Aydınlik Seviyesinin Kontrolü ile Enerji Tasarrufunun Sağlanması. Marmara Üniv. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi.
- Kodaloğlu, M. & Günaydın, G. K. (2021). Çözgülu Örne İşletmesinde Toz Maruziyet Ölçümlerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 3 (1), 1-11.
- Krishnamurthy, M., Ramalingam, P., Perumal, K., Kamalakannan, L. P., Chinnadurai, J., Shanmugam, R., Srinivasan, K. & Venugopal, V. (2017). Occupational Heat Stress Impacts on Health and Productivity in a Steel Industry in Southern India. *Safety and Health Work*. 8(1), 99-104.
- Kuşakçı, A. O., Ayvaz, B., Öztürk, F. & Sofu, F. (2019). Bulank Multimoora ile Personel Seçimi: Havacılık Sektöründe Bir Uygulama. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 96-110.
- Lee, J. M., Kim, J. H., Chang Y. Y. & Chang, Y. S. (2009). Steel dust catalysis for Fenton-like oxidation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins. *Journal of Hazardous Materials*, 163, (1), 222-230.
- Luckiesh, M. & Moss, F. K. (1937). *The Science of Seeing*, D Van Nostrand Co., New York.
- MDHS 14/3, (2000). *General Methods for Sampling and Gravimetric. Analysis of Respirable and Inhalable Dust*.
- Meller, R. D. & Gau. K. Y. (1996). *The Facility Layout Problem: Recent and Emerging Trends and Perspectives*. *Journal of Manufacturing Systems*. 15 (5), 351-366.
- Moroni, B. & Viti, C. (2009). Grain size, chemistry, and structure of fine and ultrafine particles in stainless steel welding fumes. *Journal of Aerosol Science*, 40(11), 938-949.
- Myer, M. A., Paget, M. L. & Lingard, R. D. (2009). Performance of T12 and T8 fluorescent lamps and troffers and LED linear replacement lamps, Caliper Benchmark.
- Özkaya, M., & Tüfekçi, T. (2011). *Aydınlatma Tekniği*. Birsen Yayınevi. İstanbul.
- Öztürk, F. (2014). Qualität, Effizienzsteigerung und integrierte Managementsystemen im türkischen Eisenbahnsektor. *Social and Natural Sciences Journal*, 8(2). 14-19, Print ISSN 1804-4158, Online ISSN 1804-9710
- Öztürk, F. (2021). A Hybrid Type-2 Fuzzy Performance Evaluation Model for Public Transport Services. *Arab J Sci Eng* 46, 10261-10279.
- Öztürk, F. & Kaya, G. K. (2020). Afet Sonrası Toplanma Alanlarının PROMETHEE Metodu ile Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 25 (3) , 1239-1252.

- Picard, M., Girard, S. A., Simard, M., Larocque, R., Leroux, T. & Turcotte, F. (2008). Association of work-related accidents with noise exposure in the workplace and noise-induced hearing loss based on the experience of some 240,000 person-years of observation. *Accident Analysis & Prevention* 40(5), 1644-1652.
- Rea, M. S. (2012). The Trotter Paterson Lecture 2012: Whatever happened to visual performance?. *Lighting Research and Technology*, 44, 95-108.
- Rea, M. S., & Ouellette, M. J. (1991). Relative Visual Performance: A Basis for Application. *Lighting Research and Technology*, 23, 135-144.
- Rosenthal, E. & Barringer, F. (2009). Green Promise Seen in Switch to LED Lighting. *New York Times*.
- Schmidt, J. A. W., Royster, L. H., & Pearson, R. G. (1980). Impact of an industrial hearing conservation program on occupational injuries for males and females. *The Journal of the Acoustical Society of America* 67, S59.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco J. M. A. (2010). *Facilities Planning*. Wiley.
- Toprak, R. & Aktürk, N. (2004). Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Olumsuz Etkileri. *Türk Hijyen Deneysel Biyoloji Dergisi*, pp. 49-58.
- TS EN 12464-1, (2021). Işık ve aydınlatma- Çalışma yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları.
- TS EN ISO 7243, (2017) Isıl ortam ergonomisi-WBGT (yaş hazne küre sıcaklığı) indeksi kullanılarak ısı stresinin değerlendirilmesi.
- TS EN ISO 7730, (2006). Isıl çevrenin ergonomisi – PMV ve PPD indislerinin hesabını ve bölgesel ısı konfor kriterlerini kullanarak ısı konforun analitik olarak belirlenmesi ve yorumu.
- TS EN ISO 9612, (2009). Akustik-Çalışma ortamında maruz kalınan gürültünün belirlenmesi-Mühendislik yöntemi.
- TS ISO 1996-2, (2020). Akustik- Çevresel gürültünün tanımı, ölçümü ve değerlendirilmesi- Bölüm 2: Ses basıncı seviyelerinin belirlenmesi
- Ulukaya, F. & Çögenli, M. Z. (2020). Gürültülü Çalışma Ortamının Çalışanlar Üzerindeki Psikososyal Etkilerinin İncelenmesi: Tekstil Sektöründe Ampirik Bir Çalışma, *Anadolu Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), pp. 131-140.
- Weston, H. (1935). *The Relation Between Illumination and Industrial Efficiency: The Effect of size of Work*, Joint Report of the Industrial Health Research Board and the Illumination Research Committee. London: His Majesty's Stationary Office.