

HADDEHANELERDEKİ FİZYOLOJİK FAKTÖRLERDEN TERMAL KONFOR DEĞERİNİN İŞ VERİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İrem TUNÇAY^{1*}, Muharrem ÜNVER²

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0009-0000-7147-5132>

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0001-7587-6849>

Anahtar Kelimeler

Haddehane
Termal konfor
Çalışma koşulları
İş verimi

Öz

Demir çelik sektöründeki haddehanelerde çalışanların iş verimlerini etkileyen termal konfor faktörleri, özellikle çalışma koşulları için dikkate alınması gereken ergonomik konulardandır. Termal konfor, çalışma ortamındaki sıcaklık, nem, hava akışı gibi çevresel etmenlerin işçilerin zihinsel ve fiziksel performansını nasıl etkilediğini incelemektedir. Özellikle, haddehanelerdeki yüksek sıcaklık ve nem gibi zorlu koşulların işçilerin performansı üzerindeki etkileri derinlemesine araştırılmaktadır. Çalışma sürecinde optimum sıcaklık olan 20 °C 'den insanın dayanabileceği maksimum sıcaklık 40°C- 45 °C 'dir. Çalışmanın odak noktası, Karadeniz bölgesindeki haddehanelerdeki termal konforun iş verimine etkisinin değerlendirilmesidir. Bu değerlendirme, hem çevresel parametrelerin (sıcaklık, nem, hava akış hızı) hem de kişisel parametrelerin (metabolik aktivite seviyesi, giyinme durumu) dikkate alınmasıyla yapılmaktadır. Elde edilen veriler ve analizler, haddehanelerde termal konforun sağlanmasının iş verimini nasıl etkilediğini ortaya koymak ve iyileştirme önerileri geliştirmek için kullanılmaktadır. Sonuç olarak, çalışmada %5 ile %10 arasında haddehanelerde sıcaklık memnuniyet sağlanması planlanmaktadır. Bu çalışma, haddehanelerde çalışanların sağlığı, güvenliği ve verimliliği açısından kritik öneme sahip olan termal konfor konusunu ele almaktadır. Elde edilecek sonuçlar, hem işletmelere hem de çalışanlara daha sağlıklı ve verimli çalışma ortamları oluşturmak için yol göstermektedir.

EFFECT OF THERMAL COMFORT VALUE ON WORK EFFICIENCY FROM PHYSIOLOGICAL FACTORS IN ROLLING MILLS

Keywords

Rolling mill
Thermalcomfort
Working conditions
Work efficiency

Abstract

In this study, the factors of thermal comfort that affect the work efficiency of employees in rolling mills in the iron and steel sector are discussed. Thermal comfort, which involves environmental factors such as temperature, humidity and airflow in the working environment, is examined to see how it impacts mental and physical performance. Specifically, the study investigates the effects of harsh conditions, such as high temperature and humidity, on worker performance in rolling mills. The study evaluates the optimum temperature of 20 °C during the operation process and the maximum temperature that people can withstand, which ranges from 40 °C to 45 °C

The focus of the study is to evaluate the effect of thermal comfort on work efficiency in rolling mills in the black sea region. This assessment takes into account not only environmental factors (temperature, humidity, airflow rate) but also personal parameters (metabolic activity level, clothing status). The data obtained and the analyses conducted are used to reveal how the provision of thermal comfort in rolling mills affects work efficiency and to develop improvement suggestions. As a result, the study aims to ensure temperature satisfaction in rolling mills between %5 and %10. This study addresses the issue of thermal comfort, which is critical for the health, safety and efficiency of those working in rolling mills. The result obtained will guide both businesses and the creation of more efficient working environments.

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 07.07.2024

Submission Date : 07.07.2024

Kabul Tarihi : 19.10.2024

Accepted Date : 19.10.2024

* Sorumlu yazar e-posta: irem.tuncay04@gmail.com

1. Giriş

Geleneksel olarak, sanayi tesislerindeki ergonomi odaklı çalışmalar, fiziksel ekipmanların ve iş süreçlerinin optimize edilmesine odaklanmıştır. Ancak, iş yerlerindeki sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörlerin iş verimine etkisi giderek artan bir ilgi odağı haline gelmektedir. Özellikle, haddehanelerde çalışanlar gibi termal açıdan zorlu ortamlarda çalışan işçiler için, termal konforun sağlanması, iş sağlığı ve güvenliğinin yanı sıra iş performansı açısından da hayati bir etkiye sahiptir. Haddehaneler, yüksek sıcaklık, toz ve nem gibi zorlu koşullara sahip işyerleridir. Bu nedenle, termal konforun buradaki iş verimine etkisi daha da önemlidir.

Araştırmada, "Haddehanelerdeki Termal Konfor Değerinin İş Verimi Üzerindeki Etkisi" başlığı altında, sıcaklık, nem ve hava akışı, ısı konforu gibi çevresel faktörlerin iş performansı üzerindeki etkileri derinlemesine incelenmiştir. Ayrıca termal konforun belirlenmesi için gerekli olan ortamın termal etkisinin hesaplanması ile ilgili, PMV(Tahmini Ortalama Oy) ve PPD(Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi) değerlerinin arasındaki ilişkiye değinilmiştir. Haddehaneden alınan veriler üzerinde araştırmalar yapılmış olup değerlendirme sonucunda alınabilecek önlemler için çizelge oluşturulmuştur. Oluşturulan çizelgeye göre termal konforu iyileştirmek amaçlanmıştır. Haddehanelerde kullanılan makineler dikkate alındığında, bazı alanlarda daha ayrıntılı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki ölçüm yapılan bölümler, hadde ve merdane bölümleridir. Geleneksel endüstriyel yaklaşımlardan ziyade, çalışanların termal konforunu artırmak için yeni stratejiler ve teknolojilerin nasıl kullanılacağına odaklanılmıştır. Elde edilen bulguların, işletmelerin verimliliği artırmak için nasıl bir fırsat sunduğu ayrıca tartışılmıştır.

Sonuç olarak, haddehane gibi ısı işlemlerin zorunlu olduğu durumlarda ısı işlem gereksinimlerini karşılamak için, sıcaklık maruziyetinin kaynağına müdahale edilemediği durumlarda, çalışanların termal konfor koşullarının iyileştirilmesi, öncelikle çalışanların sağlığına ve ardından üretim verimliliğine olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. Haddehanelerdeki işçilerin sağlığı, refahı ve performansı arasındaki bağlantıları anlamak, sadece işyeri koşullarını iyileştirmekle kalmayacak, aynı zamanda endüstriyel süreçlerin ve işletmelerin genel performansını da artırmaktadır. Bu çalışma, termal konforun iş verimine olan etkisi üzerine daha fazla araştırma ve uygulama yapmak için bir ilham kaynağı olmayı hedeflemektedir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

İnsanların zihinsel ve fiziksel performansı, yüksek tatmin sağlayan ortamlarda artmaktadır. Bu sebeple insanoğlu uzun yıllar, konforlu ortamlar kurmak için çeşitli ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemleri geliştirmişlerdir. Isıl konforun ölçümü, Danimarkalı bilim insanı P. O. Fanger tarafından 1970'lerde geliştirilen bir model ile yapılmaktadır. Bu model, ısı konforu etkileyen kişisel ve çevresel faktörlerin matematiksel bir ifadesini sunmaktadır. PMV (Predicted Mean Vote) değeri, bu modelin sonucunda ortaya çıkan bir matematiksel terimdir ve bir ortamda bulunan insanların yüzde kaçının ısı konfordan memnun olduğunu gösteren PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) değeri de hesaplanabilmektedir. (Fanger,1970)

Bu çalışma, ısı konforun insanların üretkenliği üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürde yapılan çalışma incelendiğinde, konforlu bir ortamda çalışanların daha yüksek konsantrasyon ve verimlilik gösterdiği gözlemlenmiştir. Burada, PMV ve PPD gibi parametrelerin önemi vurgulanmakta ve bu değerlerin nasıl optimize edilebileceği üzerine öneriler sunulmaktadır. (Seppanen, Fisk & Lei,2006;Lan,Lian&Pan,2010).

İş ortamında aşırı ısı, çalışanların verimliliğini düşürmektedir. Bu durum, çalışanlarda baş ağrısı, tükenmişlik, sinirlilik ve hatalı işlerin ortaya çıkmasına yol açabilir. Ayrıca, yüksek sıcaklık çalışanlarda, iş becerilerinin azalmasına ve iş kazalarının artmasına da yol açmaktadır. (Baltaoğlu,1988)

İlgili literatürde yapılan araştırma incelendiğinde, optimal ısısal koşulların iş verimliliği üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür. (Fanger,1970; ASHRAE Handbook,2021).

Isıl konfor, çalışanların iş ortamından duydukları memnuniyet ve kişisel unsurlar ile belirlenir ve duyuşsal algılamalarla ilişkilidir. Ergonomi ise, çalışanlar, ekipmanlar ve çevre arasındaki ilişkileri düzenleyen temel ilkeleri inceleyen bir disiplindir. Ayrıca, ergonomi iş ortamındaki etkenler ile insan vücut özellikleri, performansı ve gücü arasındaki ilişkileri inceler. Çalışma koşulları, özellikle ortam koşulları, nemlilik ve hava akımı gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. (Erkan, 1997).

Örneğin, çevreye ısı veren fırınlar gibi yüksek sıcaklıkta veya düşük sıcaklık değerlerinde çalışmanın iş performansını önemli bir ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir.

İnsan bedeni, metabolizması ve solunum faaliyetleri ile termal bir sistem olarak işler. Belirtilen sistemde, vücut sıcaklığı genellikle 37 ile 37.5°C arasında sabitlenmiştir; deri yüzey sıcaklığı ise 31.5°C-33,5°C arasında değişir. Araştırmalar, deri sıcaklığındaki 1-3 °C arasındaki değişikliklerin genellikle insanları

rahatsız etmediğini göstermektedir. (Avcı ve Yiğit, 1997).

Uluslararası İç Ortam ve Uluslararası Enerji Merkezi tarafından yapılan araştırmalar neticesinde, iş yeri çalışanlarının performansını belirleyen faktörler arasında iç ortam hava kalitesinin önemli bir rol oynadığı gözlemlenmektedir. Örneğin; literatürde taşıt sürüş performansının sıcak, soğuk ve nötr ortam koşullarında nasıl değiştiğini inceleyen deneysel bir çalışmada, sıcak koşullarda bulunanların genellikle "sıcak" cevabı verdiği ve sürüş performanslarının yaklaşık olarak %13 civarında azalmakta olduğu, ortamın soğuk olduğu ortamda bulunan test edilen kişilerin ise cevaplarının "soğuk" ile "çok soğuk" arasında değiştiği ve sürüş performanslarının %16,5 civarında azalma gösterdiği sonuçlarına ulaşılmıştır. (Daanen ve diğ., 2003). Bu çalışma, iç ortam hava kalitesinin iş verimliliği üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Yüksek sıcaklığın insan vücudu üzerindeki tesirleri, organizmanın iç ısını dışarı atarak terleme yoluyla soğumaya çalışmasıyla ortaya çıkar. Bu koşullarda vücut, iç ısısının dışarıya aktararak serinlemeye çalışır. Ancak, ter buharlaşması, etkili bir soğutma mekanizması olmasına rağmen, yüksek sıcaklıklarda sürdürülebilirliği sınırlıdır. (Hayta, 2007). Bu çalışma, yüksek sıcaklıktaki işyerlerinde çalışmanın insan vücudu üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Optimal çalışma koşullarının sağlanması, çalışanların sağlığı ve performansı açısından büyük önem taşımaktadır.

Fanger'in PMV (Predicted Mean Vote) metodu uluslararası düzeyde kabul görmüş ve termal konforun değerlendirilmesinde temel bir metot olarak kullanılmaktadır. Termal konfor standartları, Avrupa kıtasında Uluslararası Standardizasyon örgütü 7730, ABD ve Kanada da ise ASHRAE standart-55 olarak sıkça kabul edilmektedir. (Hoof ve Hensen, 2007).

Düşük enerjili bir klimanın etkinliği için ideal hava koşulları, ortalama 23.5°C sıcaklık ve %56 nem içermelidir (Khan ve Rasul, 2007).

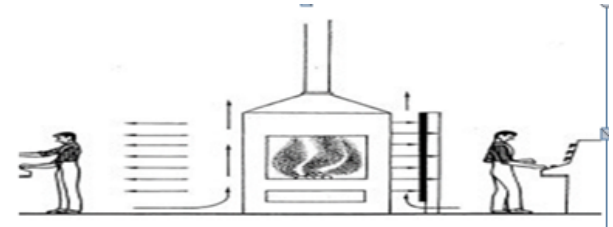
Isıl konforun belirlenmesinde uluslararası olarak kabul gören Fanger'in PMV metodu, bilim dünyasında yüksek bir itibara sahiptir (Hoof, 2008)

2011 yılında NIOSH, Mesleki Güvenlik ve Sağlık idaresi (OSHA) ile birlikte iş hastalığı hakkında ortak markalı bir bilgi sayfası yayınladı. Bu birleşik çaba sayesinde, su tüketimi de dahil olmak üzere birçok öneri güncellendi. Ayrıca, ısıya bağlı hastalıkların risklerini ve semptomlarını artıran faktörler daha ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. 2013 yılında NIOSH, "Isıya Bağlı Hastalıkların veya Dış Mekân İşçilerinin Ölümünün Önlenmesi"ni yayınladı. Dış mekân çalışanları, büyük miktarda efor ve çevresel iş

stresine maruz kalır. Giysi yalıtım faktörleri mevcut Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tavsiyelerini yansıtabilecek şekilde güncellenmiş olsa da ısı dengesi ve ısı değişimi ile ilgili temel bilgilerle ilgili bölümler büyük ölçüde değişmeden kalmaktadır. Isının biyolojik etkileri hakkında ek bilgiler, özellikle merkezi sinir sistemi, dolaşım düzenlenmesi, terleme mekanizması, H₂O ve elektrolit dengesi ve diyet faktörlerinin anlaşılmasını artıran son çalışmalarla mevcut hale gelmiştir. Bir işçinin ısıya bağlı hastalık riskini artırabilecek risk faktörleri hakkında yeni bilgiler oluşturulmuştur. 60 yaşın üzerindeki ısı bozukluklarından muzdarip ek risk altındadır (Kenny ve ark. 2010).

Ağır işler sırasında vücudumuz daha fazla oranda enerji üretmektedir. Bu durumda daha fazla ısı üretimi sağlar. Terleme düzeyi, vücut ısısı ve çevresel sıcaklık uyumu bu durumları etkileyebilmektedir. (Temur, 2011).

Radyant ısı (termal radyasyon) hava akımına ihtiyaç duymadan iletilen ve bir yüzeye temas etmedikçe sıcaklık artışı oluşturmayan elektromanyetik bir enerjidir. Örneğin, çalışma ortamlarında yapılan görevlerin doğası gereği ısınan bölgeler bulunabilir. Bu bölgelerden yayılan ışıma, çalışanların konforuna etkileyebilir. Radyant ısıdan korunmanın en etkili çözümü ışıma yapan ısı enerjisi yaymakta olan makine ve işçi arasında ışımayı ve sıcaklığı yansıtabilecek bir malzemenin yerleştirilmesidir. Şekil 1'de ışıma olayı gösterilmektedir. (İmancı, 2014; Zuhur,2023)



Şekil 1. Sıcaklık Yayan Ocak Ve Işıma

Radyant ısıdan korunma stratejileri şunlardır; Radyant ısı kaynağıyla çalışan alanlarda, yüksek yansıtma katsayısına sahip koruyucu malzemeler kullanılmalıdır. Ayrıca radyant ısı yayan yüzeyler, radyant ısıyı azaltmak için düşük ışıma kapasiteli boyalar ve kaplamalarla kaplanarak ışıma azaltılabilir (İmancı, 2014).

Aşırı sığağa maruz kalan yada iç veya dış mekanlar olarak sıcak ortamlarda çalışan işçiler, hatta yorucu fiziksel aktivitelerde bulunanlar bile ısı stresi için risk altında olabilir. Aşırı ısıya maruz kalmak, sıcak çarpması, sıcak yorgunluğu, ısı senkopu, ısı krampları, ısı döküntüleri veya ölüm dahil olmak üzere sıcak stresinden kaynaklanan meslek

hastalıklarına neden olabilir. Isı ayrıca, terli avuç içi, buğulu koruyucu gözlükler, baş dönmesi ile sonuçlanabileceği ve akıl yürütme yeteneğinden sorumlu beyin fonksiyonunu azaltarak ek tehlikeler yaratabileceği için çalışanların yaralanma riskini de artırabilir. Yanıklar gibi diğer ısı yaralanmaları, sıcak yüzeyler, buhar veya yangınla temas sonucu ortaya çıkabilir. Isı stresi riski altındakiler arasında dış mekân işçileri ve itfaiyeciler, fırın işçileri, çiftçiler, inşaat işçileri, madenciler (özellikle yüzey madencileri), kazan dairesi işçileri ve fabrika işçileri gibi sıcak ortamlardaki işçiler yer almaktadır. (Jacklitsch,2016)

Isıl konfor parametrelerinden ısı, nemlilik ve hava akım hızı, çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından büyük öneme sahiptir. Sıcaklık değerinin çok düşük veya çok yüksek olması, nem seviyesinin uygun görülen düzeyde olmaması ve hava hareket hızının uygun görülen seviyenin dışında olması, çalışma ortamlarını olumsuz etkileyerek iş yeri verimliliğini düşürebilir. Bu tür uygun olmayan termal konfor koşullarının, iş kazalarının artmasına ve dolayısıyla verimlilik ve üretimde azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir. (Coşkun vd., 2017).

Ortam sıcaklığı düşürülmediğinde, çalışanlarda çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkabilir. Fazla terleme kas işlevinde düzensizliklere yol açarak, beklenmedik kasılmalarla kendini gösterir ve ısı kramplarına neden olabilir. Vücut ısısı dengesi bozulur ve vücut sıcaklığı 40°C'ye kadar yükselirse, beyin hasarına ve hatta ölüme yol açabilen ciddi bir durum olan ısı-güneş çarpması meydana gelebilir. Terlemeye fazla maruz kalmak nedeniyle vücutta sıvı eksikliği, kan basıncı düşüklüğü ve baş dönmesi ile sonuçlanan ısı bitkinliklerine sebep olabilir. Ayrıca deri dokusunda kaşıntılı leke oluşumu, moral bozukluğu, istek kaybı, konsantrasyon kaybı aşırı duyarlılık ve endişe gibi belirtiler görülebilir. (Karademir, 2017).

Çalışanların metabolizma hızını ve enerji üretimini etkileyen beslenme alışkanlıkları nedeniyle, kolay sindirilebilen hafif yiyecekler ve mevsime uygun menüler tercih edilmelidir. Isı yayan makineler, fırınlar gibi ısı kaynakları ile çalışanlar arasında güvenli bir mesafe bırakılması önemlidir. Ayrıca vücudu su ile soğutmak doğal bir yöntem olduğu için sık sık ılık suda durmak önerilmektedir (Aritan ve Tümer,2017; Özdamar,2019)

Çalışılan yerlerde termal konforu sağlamak aynı zamanda tehlikeli partikülleri ve gazları temizlemek için gerekli hava akım hızının sağlanması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için yapılması gerekenler şunlardır: İş yerinin inşaatı aşamasında yeterli açıklıklar ve havalandırma delikleri sağlanmalıdır. Kirlilik oranının düşük olduğu alanlarda doğal havalandırma sistemleri kullanılmalı ve bu havalandırma işleminin yeterli olması için

açıklıklar ve havalandırma delikleri yeterli büyüklükte olmalıdır. Küçük hacimli çalışma alanlarında, fazla sayıda çalışan bulundurulmamalıdır. Çalışan sayısının fazla olduğu durumlarda mekanik havalandırma sistemleri kullanılarak gerekli kirlilik oranı düşük, oksijen oranı fazla hava temini ve hava akışı sağlanmalıdır (Emekçi, 2017; Zuhur,2023).

3. Materyal ve Yöntem

3.1 Materyal

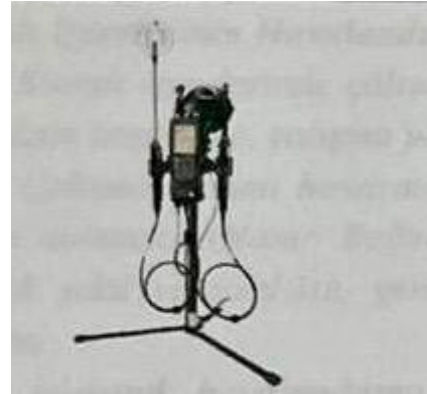
3.1.1 Termal Konfor Ölçüm Sistemi

Haddehane bölümlerinde uygulanan ölçüm sonuçlarını elde etmek için "Testo t480" termal konfor ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Cihazın Özellikleri:

- Üstün Kaliteli dijital probalar ve akıllı kalibrasyon sistemi
- HVAC standartlarına uyum ve konfor seviyesi ölçümleri yapabilme
- Modern trackpad ve grafik ekran ile kolay kullanım sağlama
- PC yazılımı ile hızlı ve profesyonel rapor oluşturma imkânı

Aşağıda Şekil 2.'de Termal konfor ölçüm cihazı gösterilmektedir.



Şekil 2. Testo t480 Termal Konfor Ölçüm Cihazı

3.1.2 Isı Stresinin Değerlendirilmesi İçin Termal Çevre Ergonomisi: WBGT İndeksi (ISO 7243) Kullanımı

Sıcak ortamda çalışma prosedürü, TS EN ISO 7243 Standardı doğrultusunda ısı stresine maruz kalan çalışanların WBGT ölçütünün belirlenmesi ve değerlendirilip sonuçlandırılmasını içerir. Bu prosedürün geçerli olduğu sıcaklık aralıkları aşağıdaki gibidir. (Civil,2019)

- Yaş Hazne Sıcaklığı:5-40 °C
- Küre Sıcaklığı:20-120 °C

- Kuru Hava Sıcaklığı:10-60 °C

Küre yüzeyindeki sıcaklık, kürenin orta noktasına konumlandırılan dedektör aracılığıyla, siyah bir ısı emicinin hassas ölçümleri yapılır. (TS EN 27243,2002)

İş sağlığı ve güvenliği kurumu tarafından tavsiye edilen ölçüm aracı koşullarında ; TS EN 27243 ve TS EN ISO 7726.2001-11 standartlarında tavsiye edilen değerlendirme ölçütü ile koyu renge sahip , 0,15 m çapındaki küre tavsiye edilmektedir. Aşağıda verilen Şekil 3.'te Küre sıcaklık ölçüm aparatı gösterilmektedir (Öz vd.2018).



Şekil 3. Küre Isı Ölçümü Aygıtı

- Çap:150 mm, ortalama emisyon katsayısı :0,95 (mat siyah küre)
- Kalınlık: Mümkün olduğunca ince
- Ölçüm sınırları:20°C - 120°C arası
- Ölçüm doğruluğu:20°C-50°C arası alan: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, 50°C ile 120 °C arası alan: $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Parsons K.,2006)

3.1.3 Anemometre

Anemometre, geçici rüzgar hızını ölçer, ancak patlamalar ölçüm sonuçlarını etkileyebilir. Bu nedenle, en doğru ölçüm, her 10 dakikada bir alınan verilerin ortalaması ile elde edilir. Ayrıca anemometre, rüzgarın maksimum hızını ortamda belirlemeye olanak tanır. (Portillo,2024)

Cihazın özellikleri:

- Sıcaklık, nem, basınç ve hava hızı ölçümü imkanı,
- RS232 ve RS485 çıkış seçenekleri,
- 4...20mA, 0...20 mA, 0...10V ve 2...10V analog çıkışlar,
- Düşük ve yüksek seviye alarm girişleri,

- Dahili ekran ile anlık veri takibi
- Deltamet 8 yazılımı ile bilgisayar kayıt ve grafik imkanı
- Sıcaklık ölçüm sınırları (-20_+80° C)
- Nem Ölçüm sınırları:(0_%100 RH)
- $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ Sıcaklık duyarlılığı,
- $\pm \%2.5$ nem duyarlılığı
- ± 0.5 mb basınç hassasiyeti

Aşağıda verilen şekil.4'de anemometre cihazı gösterilmiştir.



Şekil 4. Anemometre

3.2 Yöntem

Çalışma "Karadeniz Bölgesinde Orta Ölçekli bir haddehane"de gerçekleştirilmiştir. Haddehane fırın çıkışı CO ve CO₂ ölçümleri için Çankaya Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarında yapılan analizler kullanılmıştır. Ayrıca termal konfor ölçüm sistemi olarak Testo t480 kullanılmıştır.

İş yerindeki insanların çoğunun memnun olacağı ideal bir termal ortam sağlamak gerçekçi bir hedef olarak çıkar. Termal konfor, sadece oda sıcaklığıyla değil, çalışanların termal rahatsızlıktan şikayet etme durumlarıyla ölçülür. Çevresel ve kişisel faktörler, bu konforu etkileyen altı temel unsurdur ve her biri çalışanların genel termal konforuna katkı sağlar. İş

yerindeki şikayetleri azaltmak ve çalışanların verimliliğini artırmak için ısı ve nem gibi faktörlerin doğru şekilde düzenlenmesi önemlidir.

Termal konfor şartlarının belirlenmesi ve ölçülmesi için başvurulabilecek önemli standartlar arasında TS EN ISO 27243 ve TS EN ISO 7730 bulunmaktadır. Bu standartlar, memnuniyetsizlikleri 2 aşamada değerlendirir. Birincisi PMV (Tahmini Ortalama Oylama), ikincisi ise PMV değerine dayalı olarak hesaplanan PPD (Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi) değerleridir. Belirtilen değerler, çalışanların sağlıkları ve güvenlikleri açısından önemlidir. TS EN Uluslararası Standardizasyon Örgütü 7730'da -2 ile +2 değerleri arasında PMV değerleri ılık olarak kabul edilirken, 2 ve üstündeki sonuçlar sıcak ortamları temsil eder ve bu durumda TS EN ISO 27243 standardı kullanılır. Yüksek sıcaklık koşullarında WBGT (Islak Termometre Küre Sıcaklık İndeksi) hesaplaması TS EN ISO 27243 standardına göre yapılır.

PMV denklemi, Isıl Duyum Skalası tablosunda verilmiştir. Hesaplanan PMV değerlerinin insanlar üzerinde yarattığı hisler Tablo 1.'de açıklanmıştır.

Tablo 1. Isıl Duyum Skalası

PMV DEĞERİ	ANLAM	YORUM
3	Yüksek sıcaklık	Rahatsız edici şekilde bunaltıcı ve dayanılmaz.
2	Sıcak	Aşırı sıcak
1	Ilık	Dayanılabilir, sıcak.
0	Nötr	Konforlu
-1	Ilıman	Dayanılabilir ,serin.
-2	Serin	Çok serin.
-3	Soğuk	Dayanılmaz, soğuk.

Kapalı ortamda çalışan işçilerin rahatsız olma ve bunalmasının temel nedenlerinden biri, düşük hava akım hızıdır. Tıpkı diğer termal konfor şartları gibi, hava akım hızı da insandan insana değişkenlik göstermektedir. Çevrede 0,1 m/sn'den daha az hava hareketi olan yerler havadar değildir olarak ifade edilir ve bu durum çalışanlar tarafından göz ardı edilebilmektedir. İş yerlerinde uygun görülen hava akım hızı genellikle 0,1 m/sn ile 0,3 m/sn arasında makul seviyede olduğu söylenir. Hava akım hızı 0,5 m/sn'i aşması durumunda ortam hafif esintili olarak algılanır. 1,5 m/sn'yi geçen hava hızlarında ise çalışanlarda önemli derecede memnuniyetsizlik

yaratabilir ve verimlilik düşüşüne neden olabilmektedir. (Balanlı ve Öztürk(2005; McWilliams ve Sherman,(2005);Karaoğlu ve Ersoy,(2005; Zorer(19992))

Aşağıda verilen Tablo 2.'de hava akım hızlarının çalışanlar üzerindeki etkisi verilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Türüne Göre Optimal Hava Akım Hızları

HAVA AKIM HIZI(M/SN)	ÇALIŞANLAR ÜZERİNDE ETKİSİ
0,1-0.2	Çalışanlar üzerinde olumsuz etkileri vardır. Ortamda havanın durgun ve havasız olduğu kabul edilir.
0.2-0.3	Haddehaneler için uygun hava akım hızı değildir. Ancak ofis çalışmaları için uygunluk gösterebilir.
0.3-0.5	Hafif endüstriyel işler için uygundur.
0.5-0.7	Çok hareket gerektiren işler için uygundur.
0,7- 1,0	Yüksek fiziksel efor gerektiren işler

3.2.1 Termal Konfor Ölçümü Genel Prensipleri (TS EN ISO 7730-TS EN 7243)

Termal konfor genellikle bir çalışma alanında çalışanların hem bedensel hem de zihinsel faaliyetlerini sürdürürken, sıcaklık, nem ve hava akımı gibi iklim koşulları bakımından rahat olmalarını ifade eder.

Çalışma ortamlarında yaşanan ısı etkileri ve konforsuz ortam şartları, iş kazalarının artmasına ve iş veriminin azalmasına neden olabilir.

Çalışma ortamının uygunluğunu değerlendirmek için termal konfor ölçümleri, insanın ortama ısı alışverişini etkileyen temel parametreleri ölçerek gerçekleştirilir. Ölçümler "TS EN 7243 ve TS EN ISO 7730" standardına uygun olarak yapılmaktadır. Kıyafet ve yapılan işin durumuna göre aşağıdaki Tablo.3 verilen çizelgeye göre yapılmaktadır.

Tablo 3. Kıyafet ve Metabolik Faaliyetlerin Seçiminde Kullanılan Sayısal Değerler

Kıyafet Seçimi	clo	m ² .C °/W	Metabolik Faaliyet	met	w/m ²
Kalın İş Kıyafeti	1.5	0.233	Çok Hareketli Ayakta	2.8	163.0
Kışlık İş Kıyafeti	1.0	0.155	Orta Hareketli Ayakta	2.0	116.4
İş Kıyafeti	0.7	0.109	Rahat Ayakta	1.2	69.8
Yazlık İş Kıyafeti	0.5	0.078	Oturarak Hareketli	1.2	69.8
Kısa Kollu İnce Kıyafetler	0.1	0.016	Rahat Oturarak	1.0	58.2

3.3 Risk Profili Oluşturma

Etkili liderler ve yöneticiler, organizasyonlarıyla karşılaştıkları riskleri tanımlar, bunları öncelik sırasına göre değerlendirir ve etkin bir şekilde kontrol etmek için gerekli adımları atarlar. Riskler geniş bir spektrumu kapsar, kalite, çevre, varlık ve sağlık güvenliği gibi çeşitli unsurları içerir. Öte yandan, bir alandaki sorunlar diğer alanları da olumsuz etkileyebilir. Risk profili oluşturulurken, risklerin oluşma olasılığı ve etki düzeyi yanı sıra her bir risk türü için ilişkilendirilen maliyetler göz önünde bulundurulur. Ayrıca, bu riskleri etkin bir şekilde yönetmek için uygulanan kontrollerin etkinliği de değerlendirilir.

Risk profili oluşturulurken aşağıdakileri kapsayan bir risk profili oluşturulur.

- Kurum veya kuruluşun karşılaştığı risklerin niteliği ve düzeyi; olumsuz etkilerin meydana gelme olasılığı
- Bu riskleri yönetmek için yürürlükte olan kontrollerin etkinliği

4. Uygulama

4.1 Termal Konfor Ölçümü Sonuçları

Aşağıda verilen termal konfor ölçümleri, Karadeniz Bölgesi'nde yer alan orta ölçekli bir haddehanede ölçülmüş olup haddehanenin hadde ve merdaneler bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.'de termal konfor ölçümleri verilmiştir. Bu tabloda termal konforun belirlenmesine yönelik ölçüm sonuçları sunulmaktadır. Ölçümler çalışanların bulunduğu ortamın termal konfor şartlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu bağlamda, ortamdaki sıcaklık, nem ve hava akımı gibi faktörler göz önünde bulundurulurken PMV ve

PPD değerleri hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçları, ortamın ne kadar uygun olduğunu ve hangi koşullarda iyileştirmeler yapılması gerektiğini gösterir. Özellikle çalışanların daha verimli çalışabilmeleri için ortamdaki sıcaklık ve nem belirlenen standartlara uygun şekilde ayarlanması gereklidir. Bu ölçümler, çalışan sağlığı ve verimliliği açısından oldukça değerlidir.

Tablo 4. Termal Konfor Ölçüm Sonuçları

Sıra No	Ölçüm Yapılan Yer	Ölçüm Süresi dk	Küme Sıcaklığı [°C]	Hava Sıcaklığı [°C]	Yağ Harzeme Sıcaklığı [°C]	WBGT [°C]	Hava Akım Hızı [m/s]	Bağıl Nem [%]	Kıyafet [clo]	Metabolik hareket [met]	PMV	PPD	Değerlendirme
1	K**** K***** (Haddehane Merdaneler)	60	9,70	13,90	-	-	0,17	72,40	1,5	2,0	0,6	5,1	İdeal
2	H**** K**** (Hadde)	60	11,90	17,20	-	-	0,14	37,40	1,5	2,0	0,8	19,3	İdeal

TS EN 7243 Standardı kapsamında yapılan PMV ve PPD ölçümleri sonucunda ortam değerlendirmesi aşağıda verilen Tablo.5 yer almaktadır. Termal konfor ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi öneri niteliğindedir. Değerlendirme sonucunda alınabilecek önlemler için aşağıdaki çizelge kullanılabilir. Uygunluk sadece iyileştirmeler için referans alınabilir.

Tablo 5. PMV Ve PPD Değerlendirmesi Sonucunda Elde Edilen Değerler Doğrultusunda Alınabilecek Önlemler

	PMV	Durum	Değerlendirme
1	PMV≥3	Çok Sıcak	Ortam iyi bir şekilde soğutulmalıdır.
2	3>PMV≥2	Biraz Sıcak	Ortam Soğutulmalıdır.
3	2>PMV≥1	Ilık	Ortam biraz soğutulmalıdır.
4	1>PMV>-1	İdeal	Ortam şartları idealdir.
5	-1≥PMV>-2	Serin	Ortam biraz ısıtılmalıdır.
6	-2≥PMV>-3	Biraz Soğuk	Ortam ısıtılmalıdır.
7	-3≥PMV	Soğuk	Ortam iyi bir şekilde ısıtılmalıdır.

Tablo 5' de verilen veriler, PMV ve PPD değerlerinin değerlendirilmesine dayanarak ortamdaki termal konforu iyileştirmek için alınabilecek önlemleri özetlemektedir. Her bir PMV değeri aralığına göre, ortamın soğutulması ya da ısıtılması gerektiği belirtilmiştir. Örneğin, PMV değeri 3'ten büyük olduğu durumlarda ortamın çok sıcak olduğu ve iyi bir şekilde soğutulması gerektiği ifade edilmiştir.

Soğutma Yöntemleri: Ortamın soğutulması gerektiği durumlarda, uygun bir HVAC (ısıtma, havalandırma ve klima) sisteminin kurulması, hava sirkülasyonu artırılması, vantilatörler veya endüstriyel soğutucular kullanılması gibi yöntemler önerilebilir. Ayrıca, çalışanların dinlenme alanlarında soğutma çözümlerine erişimi sağlanmalıdır.

Enerji Verimliliği: Soğutma yöntemleri uygulanırken, enerji verimliliği artırmak amacıyla enerji tasarruflu cihazlar kullanılmalı ve soğutma sistemlerinin bakımına özen gösterilmelidir. Bu, hem çevresel sürdürülebilirliği artıracak hem de maliyetleri düşürecektir.

Isıl Yalıtım: Ortamın soğutulması gereksinimini azaltmak için bina yalıtımının iyileştirilmesi önemlidir. Özellikle üretim süreçlerinde yüksek ısı açığa çıkan ortamlarda ısı yalıtımının yükseltilmesi gerekmektedir. Bu, termal konforu artırırken enerji tüketimini azaltacaktır.

Termal konfor koşulları sürekli izlenmeli ve gerektiğinde ölçümler tekrar edilmelidir. İş sağlığı ve güvenliği uzmanları tarafından belirlenen standartlara uygun olarak çalışma ortamının düzenlenmesi, çalışanların verimliliğini ve sağlık koşullarını iyileştirecektir.

5. Tartışma

5.1 Termal Konfor Açısından Meslek Hastalıkları ve Sağlık Şikâyetlerinin Azaltılmasına Yönelik Tespit ve Öneriler

Termal konforun sağlanması ve çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması, iş yerlerinde son derece önemli bir konudur. Çalışanların termal konforunun artırılması için bilinçlendirme ve eğitim sağlanması ilk adım olarak önerilmektedir. Bu eğitimler, çalışanların sağlık unsurları ve yaşamsal faaliyetlerde ilk yardımın önemini kavramalarını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Kapalı iş yerlerinde, çalışanların yeterli temiz havaya erişiminin sağlanması büyük önem taşır. İhtiyaç duyulan hava hacmi, çalışma yöntemleri, işin niteliği ve çalışan sayısı gibi faktörler göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Termal konfor şartlarının, çalışanların fiziksel ve psikolojik sağlığını olumsuz etkilemeyecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Çalışma ortamının sıcaklığı, çalışma şekline ve çalışanların harcadıkları güce uygun olmalıdır. Dinlenme alanları, soyunma odaları, yemekhaneler gibi alanlar da amaçlarına uygun

sıcaklıkta tutulmalıdır. Isıtma ve soğutma sistemleri, çalışanları rahatsız etmeyecek ve iş güvenliği riski oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeli ve düzenli olarak bakımları yapılmalıdır. Termal konfor şartlarının ölçümü ve değerlendirilmesi için uluslararası standartlar (TS EN 7243) kullanılmalıdır. Ayrıca, sürekli çok sıcak veya çok soğuk ortamlarda çalışılması gereken durumlarda, çalışanları bu koşullardan koruyacak tedbirler alınmalıdır. Çalışanların sağlık ve performansı için, terleme yoluyla kaybettikleri sıvı ve minerallerin yerine konması önemlidir. Bu nedenle, çalışma ortamları ve koşulları, çalışanların yaş, cinsiyet ve metabolik özelliklerine göre değerlendirilmeli ve uygun iş kıyafetleri seçilmelidir. Bu şekilde, iş yerlerinde termal konfor ve çalışan sağlığı ön planda tutularak daha sağlıklı ve verimli çalışma ortamları sağlanabilir.

Bu araştırmada elde edilen bulgular, termal konforun ve çevresel faktörlerin çalışanların verimliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle ısı çıkışının yoğun olduğu endüstriyel ortamlarda, PMV ve PPD değerleri genellikle yüksek bulunmuş, bu da çalışanların termal konforunun olumsuz etkilendiğini ortaya koymuştur. Örneğin, haddehanelerde yapılan benzer çalışmalarda sıcaklık değerlerinin çalışma verimliliği üzerinde büyük bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Haddehaneler, çelik üretim tesisleri gibi ağır sanayi alanlarında yüksek sıcaklıklar çalışanlar üzerinde stres ve yorgunluk yaratmaktadır. Bu durum hem iş kazalarını artırmakta hem de uzun vadede iş gücü kaybına neden olabilmektedir.

Literatürde, haddehaneler ve benzeri yüksek sıcaklık bulunan üretim tesislerinde yapılan araştırmalar, bu çalışmanın bulgularını destekler niteliktedir. Örneğin, haddehanelerdeki yüksek sıcaklık ve zayıf hava sirkülasyonunun, işçilerin çalışma performansını düşürdüğü ve iş kazası riskini artırdığı saptanmıştır. Bu çalışma da benzer şekilde, termal konforun iyileştirilmesinin iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik olduğunu vurgulamaktadır. Haddehanelerde yapılan iyileştirmelerle iş kazalarının %20 oranında azaltılabileceği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, ağır sanayi tesislerinde yapılan araştırmalar, ortam sıcaklığının düşürülmesi ve iyi havalandırmanın işçi verimliliğini %15 oranında artırabileceğini göstermiştir. (Cheung, S.S., & McLellan, T.M. (1998))

Araştırmanın bulgularını dikkatle değerlendirdiğimizde bazı kısıtlamalar söz konusudur:

Veri sınırlılıkları ve zaman sınırlamaları kısıtlarımız arasındadır. Çalışma Şubat-Nisan ayları aralığında yürütülmüştür. Daha geniş kapsamlı değerlendirmeler için sıcaklık değerlerinin daha yüksek olduğu yaz aylarında termal konfor

verilerinin toplanması çalışmayı zenginleştirerek derinlik katması değerlendirilebilir. Ayrıca çalışmanın yapıldığı haddehanedeki çalışan sayısı azlığı da bir diğer kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle daha az veri seti söz konusu olmaktadır. Araştırmanın belirli bir zaman diliminde yapılmış olması, uzun vadeli etkilerin gözlemlenmesini engellemektedir.

6. Sonuç

Bu araştırma, haddehanedeki termal konforun iş verimi üzerindeki etkilerini inceleyerek bilimsel ve endüstriyel açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. Termal konforun doğru şekilde sağlanması, çalışanların sağlık ve performansında doğrudan bir etki oluşturabilir. Özellikle haddehaneler gibi değişken termal koşulların bulunduğu ortamlarda, işçilerin konfor seviyelerinin iyileştirilmesi, meslek hastalıklarının azaltılmasına ve iş veriminde artışa katkıda bulunabilir. Bu çalışma, mevsimsel ve termal değişikliklerin işçi memnuniyeti üzerindeki etkisini belirleyerek, iş hijyeni ölçümleri, giysi seçimi ve mühendislik düzenlemeleri gibi pratik çözümler önermektedir. Bu önlemlerle çalışma koşullarının iyileştirilmesi ve çalışanların termal konforunun artırılması hedeflenmiştir. Bu yaklaşım, endüstriyel işyerlerinde sağlık sorunlarının azaltılmasında öncü bir rol oynamaktadır. Sonuç olarak, bu araştırma, termal konforun iş verimi ve işçi sağlığı üzerindeki önemli etkilerini vurgulayarak endüstriyel uygulamalar için pratik çözümler sunmaktadır. Gelecekteki araştırmaların, termal konforun işçi performansı ve sağlığı üzerindeki etkilerini daha derinlemesine incelemesi ve bu alandaki yenilikçi mühendislik çözümlerini geliştirmesi gerekmektedir. Araştırma sonuçları ve benzer çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, termal konfor koşullarının iyileştirilmesi çalışan sağlığı ve verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır. Haddehaneler gibi yüksek ısı çıkışlı endüstriyel tesislerde yapılan çalışmalar, bu araştırmadan elde edilen bulguları desteklemekte ve optimum önlemlerin alınmasıyla iş sağlığı ve güvenliği standartlarının yükseltilebileceğini göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 1919B012323377 proje numarası ile TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmektedir. Yazarlar olarak destekleri için TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Avcı, A., ve Yiğit, A. (1992). Farklı Giysilerin Termal Ve Kütle Transferi Özelliklerinin İnsan Konforu Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *ikinci Soğutma ve İklimlendirme Kongresi Bildiri Kitabı*, Adana, 165-174.
- ASHRAE(2020). ASHRAE Standard 55-2020: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, GA: American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Pereira, P.F.C., Broday, E.E.,& Xavier, A.A.(2020) Thermal Comfort Applied in Hospital Environments: A Literature Review. *Applied Sciences*, 10(20),7030.
- Lian, Z.(2024). Revisiting Thermal Comfort and Thermal Sensation. *Building Simulation*, 17(2)185-188)
- Cheung.S. S., & McLellan, T.M.(1998). Heat Acclimation, Aerobic Fitness, And Hydration Effects On Tolerance During Uncompensable Heat Stress. *Journal of Applied Physiology*,84(5), 1731-1739.
- Babalık, F. (2016). *Mühendisler için Ergonomi – İş Bilimi*.5.Baskı, Dora Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Bursa.
- Lan, L., Lian, Z.,& Pan,L.(2010) The Effects Of Air Temperature On Office Workers' Well-Being, Workload And Productivity Evaluated With Subjective Ratings.
- Seppanen,o.,Fisk, W.j.,&Lei,Q.H.(2006). Room Temperature And Productivity İn Office Work. *ASHRAE Handbook-HVAC Applications*.
- Fanger, P.o.(1970). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering.
- Baltaoğlu, C. (1988). Çalışma Alanları İçin Bir Denetim Listesi Geliştirilmesi Ve Bu Alanların Değerlendirilmesi. *Birinci Ulusal Ergonomi Kongresi*, Ankara, Yayın No:372.
- Camkurt, M. Z. (2007). İşyerindeki Çalışma Sistemi Ve Fiziksel Faktörlerin İş Kazalarına Etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 20(6), 80-106.
- Çeyrek, H. (2013). PMV Metodu İle Isıl Konfor Ölçümü Ve Hesaplanması. *VIII Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi Bildiriler Kitabı*, Gebze-KOCAELİ, 1-5.
- Daanen, H.A.M., Vliert, E.V., Huang, X. (2003). Driving Performance in Cold, Warm, and Thermoneutral Environments. *Applied Ergonomics*, 34, 597-602. doi:10.1016/S0003-6870(03)00055-3

- Delta OHM HD32.1 Termal Konfor Ölçüm Cihazı Bilgileri. Delta OHM HD32.1 Thermal Microclimate. Erişim tarihi: [\[http://www.deltaohm.com/ver2012/download/HD32.1_M_uk.pdf\]](http://www.deltaohm.com/ver2012/download/HD32.1_M_uk.pdf)
- Dizdar, E.N., Ünver, M. (2019). The Assessment of Occupational Safety And Health in Turkey By Applying A Decision-Making Method MULTIMOORA. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, (0), 1-12. DOI: [DOI Link]
- Ekici, C. (2013). PMV Metodu İle Isıl Konfor Ölçümü Ve Hesaplanması. *VIII Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi Bildiriler Kitabı*, Gebze-KOCAELİ, 1-5.
- Ekici, İ. (2017). Kimya Sektöründe Havalandırma Ve İsg Açısından Önemi. *Istanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16(32), 65-76.
- Erkan, N. (1997). Ergonomi. M.P.M. yayınları, Ankara, Yayın No:373.
- Haupt, R. L. & Haupt, S. E. (2004). *Practical Genetic Algorithms*. 2. baskı. Wiley, New York, USA.
- Hayta, A. B. (2007). Çalışma Ortamı Koşullarının İşletme Verimliliği Üzerine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Ticaret Ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, (1), 21-41.
- Hignett, S. & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- Hoof, J. V., Hensen, M. (2007). Quantifying the Relevance of Adaptive Thermal Comfort Models in Moderate Thermal Climate Zones. *Building and Environment*, 42(1), 156-170. doi: 10.1016/j.buildenv.2005.08.023
- İmancı, C. (2014). Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi*, TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- International Finance Corporation. (2007). Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines. Erişim tarihi: [\[https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/554e8d80488658e4b76af76a6515bb18/Final+-+General+EHS+Guidelines.pdf?MOD=AJPERES\]](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/554e8d80488658e4b76af76a6515bb18/Final+-+General+EHS+Guidelines.pdf?MOD=AJPERES)
- Karademir, D. (2017). AB Uyum Süreci Ve İklim Değişikliği Eylem Planı Çerçevesinde KOBİ'lerin Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi: Ordu İli Mobilya Sektörü Örneği. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 253-262.
- Karaoğlu, E. & Ersoy, H. (2005). Mekan içi hava hareketlerinin sonlu farklar yöntemi ile modellenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 89, 5-11.
- Khan, M. M. K., Rasul, M. G. (2007). Thermal-comfort Analysis And Simulation For Various Low-Energy Cooling-Technologies Applied To An Office Building In A Subtropical Climate. *Applied Energy*, 85(6), 449-462. doi: 10.1016/j.apenergy.2007.10.001
- Kaya, Ö., & Özok, A. F. (2017). Tasarımda Antropometrinin Önemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(ÖS: Ergonomi2016), 309-316.
- Muharrem, Ü., Ziyaeddin, B. A., Neşet, D. E. (2013). Türkiye'de İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi Uygulanması. *International IIE Conference ve YA/EM 2013 Kongresi*, İstanbul, Türkiye, Haziran 2013.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2016). Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. Erişim tarihi: [\[https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf\]](https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf)
- P.O. Fanger. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. McGrawHill Book Company.
- Sıcak çalışma hatlarında ısı konfor iyileştirilmesi soğuk yelek uygulaması Nurettin Yamankaradeniz. Bursa uludağ üniversitesi: [\[\(bursauludagunivfile:///C:/Users/PC/Desktop/Yeni%20klas%C3%B6r/10.17482-uumfd.1023500-2080931.pdf\]](http://bursauludagunivfile:///C:/Users/PC/Desktop/Yeni%20klas%C3%B6r/10.17482-uumfd.1023500-2080931.pdf)
- Temur, H. (2011). Edirne Geleneksel Konut Mimarisinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Enerji verimliliği ve Isıl Analiz Açısından Değerlendirilmesi. *Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Temur, H. (2011). Edirne Geleneksel Konut Mimarisinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Enerji verimliliği ve Isıl Analiz Açısından Değerlendirilmesi. *Yüksek lisans tezi, Trakya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- TS EN 27243. (2002). Sıcak Ortamlar- Wbgt (Yaş - Hazne Küre Sıcaklığı) İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini. ICS 13.100.
- Üniv, T. (2016). İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16(32), 65-76