

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**DÖKÜM ATÖLYELERİNDE  
TERMAL KONFOR ŞARTLARININ İNCELENMESİ**

**Cihat İMANCI**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi / Araştırma)**

**ANKARA – 2014**

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**DÖKÜM ATÖLYELERİNDE  
TERMAL KONFOR ŞARTLARININ İNCELENMESİ**

**Cihat İMANCI**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi / Araştırma)**

Tez Danışmanı  
Nihat EĞRİ

**ANKARA – 2014**

**T.C.**  
**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**  
**İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**ONAY**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Cihat İMANCI**'nın, **Nihat EĞRİ** danışmanlığında tez başlığı "**Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi**" olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı 11 / 06 / 2014 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından "**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**" olarak kabul edilmiştir.

**KOMİSYON BAŞKANI**

Dr. Serhat AYRIM

Müsteşar Yrd.

ÜYE

Kasım ÖZER

Genel Müdür

ÜYE

Doç. Dr. Yasin Dursun SARI

Öğretim Üyesi

ÜYE

Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN

Genel Müdür Yrd.

ÜYE

İsmail GERİM

Genel Müdür Yrd.

Yukarıdaki imzaların adı geçen kişilere ait olduğunu onaylarım.

Kasım ÖZER

Genel Müdür

## TEŞEKKÜR

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel M¼d¼rl¼đ¼'nde uzman yardımcısı olarak, ¼ç yıllık çalışma hayatımı tamamlamamın ardından "Uzmanlık Tez"imi hazırlamıő bulunmaktayım.

Gerek çalışma hayatım gerekse uzmanlık tezimin hazırlanması s¼recinde katkılarından dolayı baőtta Genel M¼d¼r¼m¼z Sayın Kasım ÖZER'e, Genel M¼d¼r Yardımcılarımız Sayın Dr. H. N. Rana G¼VEN'e, Sayın İsmail GERİM'e ve Sayın Ahmet ÇETİN'e, İSG¼M M¼d¼r¼ Sayın Halil POLAT'a, İSG¼M M¼d¼r Yardımcıları Sayın Cemil AGAH'a, teknik katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Nihat EğRİ'ye teőekk¼r ederim.

## ÖZET

**Cihat İMANCI, Döküm Atölyelerinde Termal Konfor Şartlarının İncelenmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara, 2014**

İnsan vücudu ile çevre arasında fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyumun memnuniyet verici durumda olmasının göstergesi olan konforun, önemli bileşenlerinden biri termal konfordur. İnsanoğlu yıllarca daha konforlu ortamlar oluşturmak için çalışmış ve ısıtma, soğutma, iklimlendirme sistemleri geliştirmek üzerine çalışmalar yapmıştır.

Çalışma performansı ile doğrudan ilişkili olan termal konforun geliştirilmesi oldukça önemlidir. Çalıştığı çevreden doyum sağlayamayan bir çalışanın performansı da düşer. Üretimdeki verimi artırmak ve sağlığı idame ettirebilmek için bireylerin rahatının sağlanması gerekmektedir.

İnsan vücudu ile bulunduğu ortam arasındaki ısı dengesini belirleyen faktörler, vücudun fizyolojik ısı denge mekanizması, kişisel faktörler ve çevresel faktörler olarak üç ana başlık altında toplanabilir. Metabolik aktivite ve giysi seçimi gibi kişisel faktörler bireylerin kendileri tarafından düzenlenirken, hava sıcaklığı, nem, hava akım hızı, radyant ısı gibi çevresel faktörler, kişiden kaynaklanmayan, ortam kaynaklı etkilerdir. Ayrıca kişilerin algılarındaki farklılık, psikolojik durum ve vücudun giysi ve çevre ile olan etkileşimlerini açıklayan fizyolojik faktörler de konforu etkileyen çok önemli parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, ana başlıklar halinde gruplandırılan bu faktörler ve termal konfora etkileri konusunda, ilgili literatür araştırması ve çalışma ortamı ölçümleri ışığında bilgiler verilmektedir. Gerçekleştirilen ortam ölçümleri ve değerlendirmeler ışığında işletmelerdeki konforsuzluk probleminin boyutu tespit edilmiş ve buna karşılık çözüm önerileri getirilmiştir. Çalışmanın sonunda ayrıca “Isıl Çalışma Ortamları İçin Risk Değerlendirmesi Rehberi” ek olarak sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** termal konfor, kişisel faktörler, çevresel faktörler, ısıl çalışma ortamı

## **ABSTRACT**

**Cihat İMANCI, Investigation of Thermal Comfort Conditions in Casting Workshops, Ministry of Labour and Social Security, General Directorate of Occupational Health and Safety, The Thesis for Occupational Health and Safety, Ankara, 2014**

Thermal comfort is one of the important components of comfort which shows the satisfaction level of the physiological, psychological and physical harmony between human body and environment. Mankind has worked for years to create a more comfortable environment and to design and develop heating, cooling, air conditioning systems.

Improvement of thermal comfort, which is directly related with work efficiency of an individual, is very important. Performance of the individual becomes lower if enough satisfaction can't be performed. To augment the efficiency at work and to maintain the health, individuals comfort must be carried out.

Factors influencing the thermal balance between human body and the environment can be classified under three main headlines as physiological thermal regulation of the body, personal factors and environmental factors. Personal factors such as metabolic activity, selection of clothing can be arranged by people, but environmental factors such as air temperature, humidity, air movement and radiant heat must be detected and covered from outside. Furthermore, personal perceptual discrepancies, psychological conditions and physiological factors, which explain interactions between body, clothing and environment, are the crucial parameters affecting comfort.

In this study, all these factors described above and their influence on thermal comfort, are explained with the help of literature review and the results of the working environment measurements. The quantities of the thermal discomfort problems in workplaces are evaluated with the help of the working environment measurements and solutions for these situations are advised. Also "Risk Assessment for Thermal Working Conditions" is introduced as a supplementary guide with the study.

**Keywords:** thermal comfort, personal factors, environmental factors, thermal working environment

<b>İÇİNDEKİLER</b>	
<b>KABUL VE ONAY SAYFASI</b>	
<b>TEŞEKKÜR</b>	
<b>ÖZET</b>	
<b>İNGİLİZCE ÖZET</b>	
<b>İÇİNDEKİLER</b>	
<b>SİMGE VE KISALTMALAR</b>	
<b>GİRİŞ VE AMAÇ</b>	<b>1</b>
<b>GENEL BİLGİLER</b>	<b>2</b>
- <b>DÖKÜM SEKTÖRÜ</b>	<b>2</b>
- <b>METAL DÖKÜMDE KULLANILAN PROSESLER</b>	<b>11</b>
- <b>METAL DÖKÜM İŞLETMELERİNDE İŞ KAZALARI, MESLEK HASTALIKLARI VE GENEL TEHLİKELER</b>	<b>24</b>
- <b>TERMAL KONFOR</b>	<b>32</b>
<b>GEREÇ VE YÖNTEMLER</b>	<b>45</b>
<b>BULGULAR</b>	<b>50</b>
<b>TARTIŞMA</b>	<b>57</b>
<b>SONUÇLAR</b>	<b>59</b>
- <b>GENEL ÖNLEMLER</b>	<b>60</b>
- <b>HAVALANDIRMA ÖNERİLERİ</b>	<b>64</b>
- <b>RADYANT ISIYA KARŞI KORUNMA ÖNERİLERİ</b>	<b>65</b>
- <b>ÇALIŞMA VE DİNLENME PROGRAMI</b>	<b>67</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>69</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b>	<b>72</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b>	<b>73</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>74</b>
<b><u>EKLER:</u></b>	
<b>EK 1:ISIL ÇALIŞMA ORTAMLARI İÇİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ REHBERİ</b>	<b>76</b>

## SİMGE VE KISALTMALAR

<b>AFS</b>	American Foundry Society; Amerikan Dökümcüler Birliği
<b>ANSI</b>	American National Standards Institute; Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliği
<b>ILO</b>	International Labour Organization, Uluslararası Çalışma Örgütü
<b>ISIC</b>	International Standard for Industrial Classification; Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflandırması
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization; Uluslararası Standartlar Teşkilatı
<b>İSG</b>	İş Sağlığı ve Güvenliği
<b>NACE</b>	Nomenclature Generale Des Activites Economiques Dans Les Communautés Europeennes; Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflaması
<b>SGK</b>	Sosyal Güvenlik Kurumu
<b>TÜDÖKSAD</b>	Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği



## **GİRİŞ VE AMAÇ**

Günümüzde işletmelerin hedeflerine ulaşmaları amacıyla kullanılmak zorunda oldukları çeşitli kaynaklar vardır. Bu kaynakların birbiri ile sistemli çalışmasını sağlamak, düzenlemek, geliştirmek; diğer bir ifade ile sistemi kurmak ve yönetmek, ancak insanın varlığı ile mümkündür. İnsan üretim sürecinin en önemli ögesi olması dışında aynı zamanda üretimin hedefidir. İşletmelerin temel hedeflerinden biri olan verimlilik, az kaynak kullanımı ile daha çok ve kaliteli hizmet veya ürün üretmektir. İşte bu verimlilik hedefine ulaşmak için başarı gücü yüksek bir işgücü gereksinimi arz etmektedir.

İş kazaları, meslek hastalıkları ve uygun olmayan çalışma ortamı, sonuçları itibariyle çalışanın hayatını ve sağlığını tehdit etmesinin yanında, işletmeler için de önemli bir maliyet unsuru olarak işyerinde verimliliği ve karlılığı da doğrudan etkilemektedir. Meydana gelmesi ile birlikte sonuçları görülen iş kazalarına gösterilen hassasiyet, ne yazık ki meslek hastalıklarının önlenmesinde ve çalışma ortamının çalışanlar için uygun hale getirilmesinde görülememektedir.

Bir işletmenin performansını artırmak için, çalışma ortamının çalışanların performansı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmasını sağlamak gerekir. İnsani ve fiziksel etkenlerin bir bileşimi olarak uygun bir çalışma ortamının oluşturulması, ısı, sıcaklık, nem, aydınlatma, temiz hava akımı, hijyen, titreşim, gürültü gibi hususların da dikkate alınmasıyla mümkün hale gelmektedir.

## GENEL BİLGİLER

### DÖKÜM SEKTÖRÜ

Eritilmiş hammaddenin, elde edilecek parçanın şekline sahip bir kalıp boşluğuna, yerçekimi veya basınç uygulanarak doldurulup katılaşıcağı yönteme döküm denir. Döküm teknolojisi, özellikle metaller başta olmak üzere malzemeleri işlemek ve şekillendirmek konusunda yüzyıllardır kullanılagelen önemli endüstri dallarındandır. Hayatımızın her aşamasında, kuyumculuktan, ağır sanayi tezgahlarına, tarım makinelerinden gemi makinelerine kadar birçok alanda döküm yöntemi ile üretilen malzemeler kullanılmaktadır.

Türkiye’de döküm sektörü ve zanaatı köklü tarihsel geçmişi ile birlikte sanayileşme döneminde özel teşebbüs yatırımları ile gelişerek Avrupa’da ve dünyada önemli bir noktaya ulaşmıştır. Türkiye’de döküm sanayi üretimi, 2012 yılı rakamları itibari ile Almanya, Fransa ve İtalya’yı takiben Avrupa’da 4. sıraya yerleşmiş olup dünyanın önde gelen döküm üreticileri arasında yükselmeye devam etmiştir. Sektör, 2011 yılı dünya sıralamasında ise 13. sıradadır.

Döküm yönteminin diğer üretim yöntemlerine karşı üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Yöntemin sınırları çok geniştir; çok küçük parçalardan tonlarca ağırlıktaki büyük parçaların üretimine kadar uygun üretim teknikleri mevcuttur,
- Karmaşık geometriye sahip veya içi boş parçaların döküm yöntemi ile üretilmeleri mümkündür,
- Neredeyse bütün metal alaşımlarının dökümü yapılabilmektedir,
- Bazı malzemeler yalnızca döküm yolu ile elde edilebilir,
- Seri üretime uygun imalat yöntemleri bulunmaktadır.

## Sektörün Türkiye Ekonomisindeki Yeri

Döküm ürünleri hemen tüm sanayi dallarında girdi olarak kullanılmaktadır ve bu nedenle dökümcülük imalat sanayinde büyük bir öneme sahiptir. Döküm yöntemi ile üretilen birçok mamul imalat sanayinin her alanında kullanılmaktadır. Öyle ki, üretilen sanayi mamullerinin % 90'ında en az bir adet döküm ürünü bulunmaktadır.

Döküm sektörü katma değeri yüksek üretim alanlarından. Girdilerinin % 70'inden fazlası yurt içi kaynaklı olup yüksek nitelikli istihdam yaratmaktadır. Bununla beraber çıktıları pompa ve vana üretimi gibi birçok sanayi üretimi için temel olmaktadır.

Döküm prosesi birçok işletmenin içinde kendi üretimleri kapsamında mevcuttur. Bu işletmeleri entegre tesis olarak değerlendirmek mümkündür. İşletme döküm yapmakta, ancak döküm satmamaktadır. Bitmiş ürün üretimi ve satışı yapılmaktadır. Yurdumuzda dökümhaneler veya döküm makinelerine sahip 1400'e yakın işletme bulunmakta olup, bunların içinde faaliyeti döküm ürünü ve satışı olan işletmelerin sayısı 1200'ün altındadır (Tablo 1).

2012 yılında döküm sektöründe sadece döküm faaliyeti gösteren toplam 1127 firmanın 1119'u özel sektör, 8 tanesi ise kamu ve askeri kuruluştan oluşmaktadır. Söz konusu 8 tesisin üretim ve istihdam rakamları son derece sınırlıdır ve varlıkları stratejik açıdan değerlendirilmektedir [1, 3].

**Tablo 1. Türkiye metal döküm üretimi (Bin Ton)**

Yıllar	Pik	Sfero	Temper	Çelik	Demir Dışı	Toplam	Değer (Milyar Avro)
2000	690	130	7	98	40	965	1.1
2001	615	132	8	107	44	906	1.2
2002	620	139	8	110	45	922	1.2
2003	592	187	6	112	58	955	1.3
2004	470	308	6	121	72	982	1.4
2005	567	327	7	125	96	1121	1.6
2006	586	368	7	132	117	1209	1.9
2007	623	394	7	144	149	1316	2.0
2008	565	400	5	140	150	1260	2.2
2009	456	352	2	98	123	1030	1.7
2010	591	423	5	124	149	1291	2.1

## Üretim Cinslerine Göre İşletmelerin Değerlendirilmesi

Sektörde çok farklı teknik ve ticari özellikte işletmeler bulunmaktadır. 2012 yılında, demir - çelik döküm sanayinde 780 kuruluş, demir dışı döküm sektöründe ise 350 kuruluş faaliyet göstermektedir. Alüminyum dökümde faaliyet gösteren 171 firma bulunmaktadır. Bunlardan 42 tanesi KOBİ olup bünyelerinde 30 ile 100 kişi arasında işçi çalıştırmaktadır. Bu işletmelerin yanı sıra, 100'ü aşkın küçük atölye şeklinde aile işletmesi mevcuttur. Zamak dökümde faaliyet gösteren işletmenin büyük çoğunluğu (136) mikro işletmelerden oluşmaktadır, 21 tanesi de KOBİ ölçeklidir (Tablo 2) [1, 2].

**Tablo 2. Döküm sektöründe faal kuruluş sayıları (2013 Mart)**

Üretim Cinsi	Özel Sektör			Kamu & Askeri Tesisler	Toplam Kuruluş Sayısı
	Büyük	KOBİ	Mikro		
Pik/Sfero/Temper Döküm	28	238	410	4	680
Çelik Döküm	17	37	41	2	98
Alüminyum	21	42	107	1	171
Zamak	4	21	136	-	161
Bakır Alaşımları	2	6	9	1	18
<b>TOPLAM</b>	<b>72</b>	<b>344</b>	<b>703</b>	<b>8</b>	<b>1127</b>

### Alt Sektörlere Göre Değerlendirme

Döküm sektörü, temel metalürjik özelliklerine göre demir (pik, sfero, temper), çelik, demirdışı – bakır ve alüminyum alaşımları dökümü ve özel dökümhaneler olmak üzere dört ana grupta incelenebilir.

#### 1- Demir Döküm Sanayi

Sektörün en yaygın ve eski üretim alanıdır. Özellikle otomotiv sanayine çalışan çok modern ve yeni yatırımlar dikkati çekmektedir. Önemli bilgi birikimi ile teknik ve idari tecrübeye sahiptir. 2012 yılında, 610000 ton pik, 502000 ton sfero ve 8000 ton temper olmak üzere toplam 1120000 ton üretim gerçekleşmiştir.

## **2- Büyük Parça Dökümhaneleri**

Sanayinin gelişimi ve yurtdışı pazar talepleriyle gelişen büyük parça dökümü son 8 yılda gelişme göstermiştir. Yüksek karlılık oranları ve pazar talebi, firmaları bu alana yönlendirmiştir. Makine ve tesis yatırımları ile beraber gelişmiş teknoloji ve bilgi birikimi gerektirmekte olan bu alanda üretim artış göstermektedir. Tek parça 15 ton ile 70 ton'a kadar parça dökümü gerçekleştirilmektedir.

## **3- Çelik Döküm Sanayi**

Çelik döküm sektöründe, yüksek tecrübeye sahip kuruluşların yeni yatırımlar ile yurtiçi ve yurtdışına ciddi üretimler gerçekleştirdikleri gözlenmektedir. Çelik döküm firmalarımızın kapasiteleri Almanya'dan sonra Avrupa'nın en büyük kurulu kapasitesi ve fiili üretimini sağlamaktadır. Ancak yaratılan katma değer henüz hedeflerin çok altında gerçekleştirilmektedir.

## **4- Demir Dışı Metallerin Dökümü**

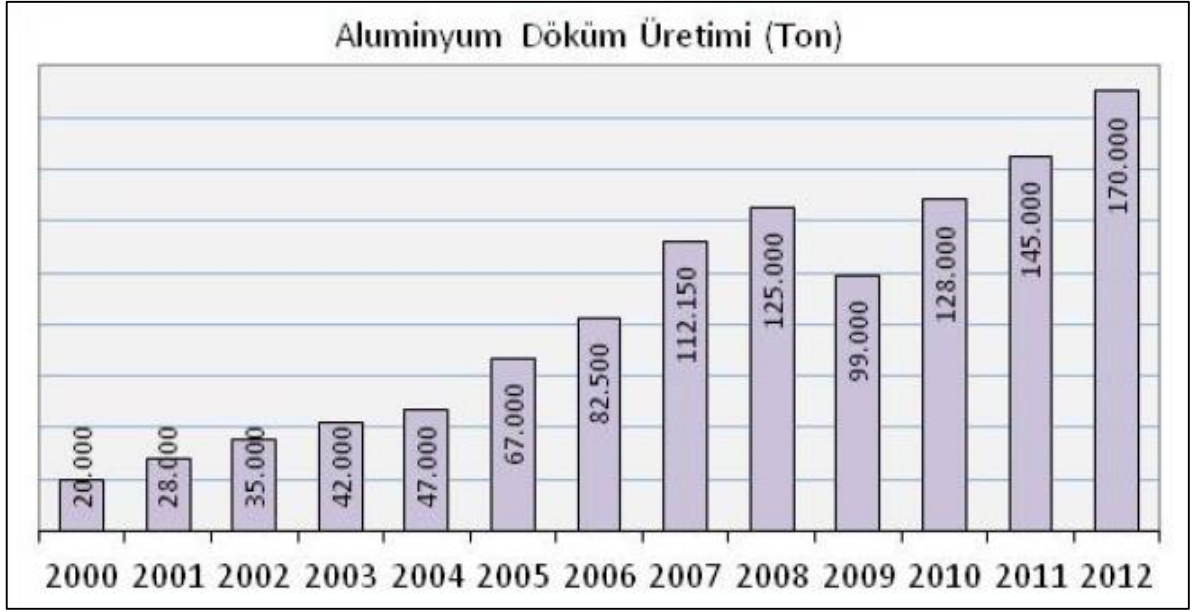
Bakır alaşımları ve alüminyum, zamak, magnezyum gibi hafif metallerin eritilip dökülmesi, sektörde demir dışı metallerin dökümü başlığında değerlendirilmektedir.

Bakır alaşımları dökümü çoğunlukla makine parçaları, pompa parçaları, gemi sanayi, sanat dökümleri, musluk ve bataryalar alanlarında yer bulmaktadır.

### **a- Alüminyum Döküm Sanayi**

Yurtiçi ve yurtdışı talebin önemli şekilde gelişmesi nedeniyle alüminyum döküm üretimi özellikle 2005 yılından itibaren önemli artış göstermiştir. Türkiye'nin 2012 yılı alüminyum döküm üretimi 157000 tondur. Türkiye 2011 yılında gerçekleştirdiği 145000 ton üretim ile AFS verilerine göre Avrupa'nın 5. büyük alüminyum döküm üreticisidir (Şekil 1).

Yeni gelişmekte olan alüminyum dökümde özellikle yerli otomotiv sanayinin gelişmesi ve döküm ihracatında talep artışı nedeniyle önümüzdeki yıllarda daha hızlı büyüme beklenmektedir.



**Şekil 1. Alüminyum Döküm Üretiminin Yıllara Göre Gelişimi**

Alüminyum sektöründe kapasite kullanım oranı % 80 civarındadır. Ancak kapasite kullanım oranları ürün cinsine ve üretim proseslerine göre büyük değişiklikler göstermektedir.

Alüminyum döküm sektörünün yurtiçinde en önemli kullanım alanları otomotiv sanayi, elektrikli aletler ve elektronik sanayi, mobilya sanayi ve beyaz ve kahverengi eşya sektörleridir.

#### **b- Alaşımli Jant Üretimi**

Türkiye’de alüminyum alaşımli yerli jant üretimi 25 yıl önce yıllık 20000 - 25000 adet olarak başlamış olup bugün 400 kat artarak 9 milyon jant/yıl kapasiteye ulaşılmıştır. Sektörde 2’si yabancı sermayeli 6 adet alüminyum jant üreticisi mevcuttur. Bu tesislerde 2500’ün üzerinde nitelikli çalışan istihdam edilmektedir.

#### **c- Alüminyum Yüksek Basınçlı Döküm**

Alüminyum döküm üretiminin % 80’i yüksek basınçlı döküm, % 15’i gravity (kokil) döküm, % 5 ise alçak basınçlı döküm prosesleri ile olmaktadır. Alüminyum ve zamak döküm yapan 380 civarında işletme bulunmaktadır, bunların 295 tanesi yüksek basınçlı makinelere sahiptir. Üretimin % 50’si otomotiv, % 25’i beyaz eşya, % 10’u elektronik, % 5’i pompa ve makine ve % 10’u elektrik motorlarına dağılmıştır.

#### **d- Zamak Döküm**

Zamak dökümhaneleri çoğunlukla KOBİ - mikro boyutlarda firmalardır. Temel müşterileri inşaat, mobilya, beyaz eşya, konfeksiyon ve çanta aksesuarları, kilit, elektronik / elektrik sanayi ile otomotiv sanayidir. Endüstriyel boyuttaki tesisler az sayıdadır. 2009 yılında yapılan araştırmada toplam 227 işletme tespit edilmiştir.

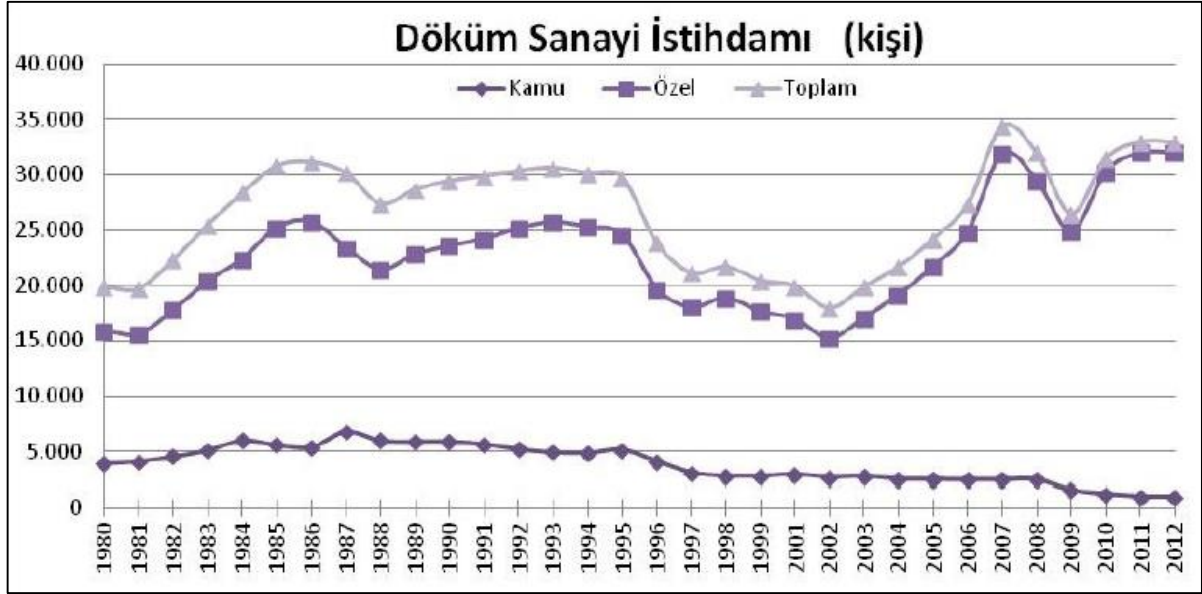
#### **e- Bakır Alaşımları**

Bakır ve bakır alaşımları ve dökümlerinin miktarsal olarak büyük çoğunluğu santrifüj yöntemi ile dökülen yataklık bronz alaşımlarıdır. Sınırlı sayıda dökümhane el kalıplama maçalı parça dökmektedir. Üretimin büyük kısmı makine imalat sanayine yöneliktir.

#### **İstihdam Düzeyi, Niteliği ve Maliyeti**

Döküm sanayi, 2012 yılında 33000 kişiye istihdam sağlamıştır. Demir - çelik döküm sanayinde faaliyet gösteren kuruluşlar 2012 yılında yaklaşık 27000 kişiye; demir dışı döküm sektöründeki işletmeler ise 6000 kişiye iş imkanı sağlamıştır (Şekil 2).

Sektördeki mavi yakalı çalışan sayısı 19300 kişidir, bunların % 67.4'ü ise kalifiye elemandır. Şekil 2'de görülebileceği gibi, sektördeki üretim artışına bağlı olarak istihdam da yükselmiştir. Gerçekleştirilen yeni kapasite yatırımları ile kişi başına düşen döküm üretimi de artmaktadır [1].



Şekil 2. Yıllara göre döküm sanayi istihdamı

## Üretim Yöntemleri

Demir ve çelik döküm sanayi, elektrik endüksiyon, ark veya kupol ocaklarında, çeşitli pik demiri, metal hurdaları ve ferro alaşımların eritilerek, kalıplama tesislerinde hazırlanmış kum, seramik veya metal kalıplar içerisinde şekillendirilmesi ve özel ısıl işlemler ile değişik mekanik özellikler kazandırılması sureti ile pik döküm, çelik döküm, sfero döküm ve temper döküm türündeki ürünleri ham döküm, işlenmiş döküm ve mamul olarak üreten bir sektördür.

Demir dışı metallerin dökümünde de benzer yöntemler kullanılmakta, alüminyum ve zamak parça üretiminde yüksek hız ve verimlilikte basınçlı döküm yöntemleri hızla gelişmektedir.

Metal döküm üretim yöntemi, Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması (International Standard for Industrial Classification) ISIC Rev.4'de yayınlanmış ve metal döküm sanayi kodu 243 olarak belirlenmiştir. Alt kırılımlarda, Kod 2431 demir ve çelik dökümünü, Kod 2432 ise demir dışı metallerin dökümünü kapsamaktadır.

Bir diğer sınıflama ise, Avrupa Birliği'nde ekonomik faaliyetlerin istatistiksel olarak sınıflandırılmasını sağlayan bir sistem olan NACE (Nomenclature générale des Activités Economiques dans les Communautés Européennes)'dir. NACE Rev. 2'de tüm metallerin dökümü Kod 24 ile sınıflandırılmıştır. ISIC Rev.4 ile NACE Rev.2'nin detay bilgisi ve karşılaştırması Tablo 3'de verilmektedir [4, 5].



**Tablo 3. ISIC Rev.4 ile NACE Rev.2'nin detay bilgisi ve karşılaştırması**

ISIC Rev.4	NACE Rev.2	NACE Rev.2 Definition	Açıklama
	C	Manufacturing	Üretim
	24	Manufacture of basic metals	Ana metallerin üretimi
243	24.5	Casting of metals	Metallerin dökümü
	24.51.00	Casting of iron	Demir dökümü
2431	24.52.00	Casting of steel	Çelik dökümü
		Casting of light metals This class includes: - casting of semi-finished products of aluminium, magnesium, titanium, zinc etc. - casting of light metal castings	Hafif metallerin dökümü Bu sınıfın kapsamı: - Alüminyum, magnezyum, titanyum, çinko vb. malzemelerden dökülen yarı mamulleri - Hafif metallerin dökümü
2432	24.53.01 24.53.99		
	24.54	Casting of other non-ferrous metals This class includes: - casting of heavy metals - casting of precious metals - die-casting of non-ferrous metal castings	Diğer demir dışı metallerin dökümü Bu sınıfın kapsamı: - Ağır metallerin dökümü, (bakır ve alaşımları vb.) - Değerli metallerin dökümü - Demir dışı metallerin

Döküm sektöründe kullanılan üretim yöntemlerini, metal eritme, kum hazırlama, maça imali, kalıplama, temizleme, ısıtma işlemi, taşlama ve kaplama prosesleri olarak özetlemek mümkündür. Döküm öncesinde metal eritilir ve döküm sıcaklığına çıkarılır. Kalıba dolan metal soğumaya başlar, sıcaklık belirli bir değere düştüğü zaman katılaşma başlar ve katılaşma tamamlandığında hala sıcak olan parça oda sıcaklığına kadar soğur. Bu sırada önemli miktarda ısı uzaklaştırılır ve faz dönüşümleri olabilir. Bütün bu süreç boyunca parçanın boyut ve biçimi yanında malzemenin içyapısı ve dolayısıyla özellikleri belirlenir. Döküm sonrasında parça

kalıptan çıkarılır, parçaya ait olmayan kısımlar uzaklaştırılır, yüzey temizlenir, varsa ısıl işlem yapılır ve gerekli kontrollerden sonra imalat tamamlanmış olur.

Döküm üretim yöntemi sanayi üretiminin temel unsurlarındandır ve bu teknik ile üretim yapan kuruluşlar ikiye ayrılır. Bunlardan birinci bölüm tamamen müşteri talepleri doğrultusunda döküm mamulleri üreten kuruluşlar, diğerleri ise, bitmiş ürünlerinde kullandıkları malzemeler için döküm yöntemi ile üretim yapanlardır (örneğin kilit ve fermuar üreticilerinin zamak dökümhaneleri, elektrik motoru üreticilerinin alüminyum dökümhaneleri mevcuttur). Bazı tesisler ise döküm tekniği ile ürettiklerini son işlemlerden geçirdikten sonra nihai ürün olarak son kullanıcıya ulaştırmaktadırlar. Bunlara örnek olarak radyatörler, alaşımli otomobil jantları, kapı kolları gibi ürünler gösterilebilir.

Dökümhanelerin en önemli özelliklerinden birisi de pazar taleplerine göre üretimlerini modifiye edebilmeleridir. Örnek olarak döküm kuvvet üretilen bir tesis, pazarın daralması ile üretim hattını soba ve şömine parçaları dökümüne yöneltebilir.

## **METAL DÖKÜMDE KULLANILAN PROSESLER**

Dökümhanelerdeki prosesler genel anlamda şöyle sıralanabilir:

1. Model yapma
2. Kalıp hazırlama
3. Metal hazırlama
4. Metal eritme
5. Döküm
6. Dökümü kalıptan ayırma
7. Aşındırma (yüzeyin temizlenmesi)
8. Isıl işlem
9. İşletme bakımı
10. Atık bertarafı
11. Malzeme taşıma ve paketleme

İşletmelerde tamamının ya da bazılarının gerçekleştirildiği bu prosesler beraberlerinde, etkili bir şekilde kontrol edilmeleri gereken belirgin tehlikeleri de getirmektedirler.

### **Model Yapma**

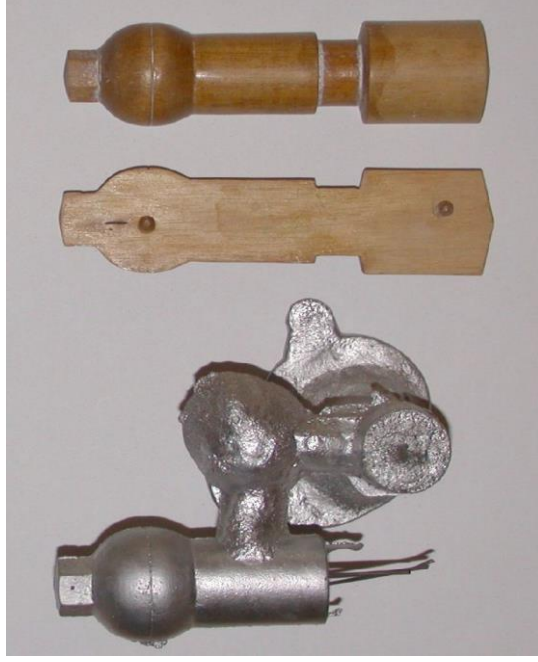
Modeli üretilecek parçanın yaklaşık birebir kopyası olup, kalıp içinde dökülecek sıvı metalin dolduracağı boşluğu elde etmek için kullanılır. Üretilecek parça sayısı, biçim karmaşıklığı, dökümhanede uygulanan kalıplama yöntemi ve parça tasarımının düzeltilmesinin söz konusu olup olmadığı gibi kriterlere göre, hangi tür modelin uygun olacağı belirlenir. Model üretiminde metal, plastik gibi malzemelerden yararlanılır ve tehlikeli olabilecek bir dizi işlemi içerir.



**Şekil 3. Model yapma aşaması**

Model yapma sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Ağaç işleme makineleri
- Metal işleme makineleri
- Gürültü
- Toz
- Kimyasallar ve çözücüler
- El aletleri
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Dumanlar



**Şekil 4. Model örnekleri**

### **Kalıp Hazırlama**

El ile ya da mekanik olarak kalıbın hazırlandığı süreçtir. Kalıp, içerisine erimiş metalin döküleceği, son ürünün negatif görüntüsüdür. Kalıplar genellikle kil veya silikatlar, reçineler ve izosiyanatlar ile bağlanmış kuvarslı kum ile yapılır.



**Şekil 5. Kalıp hazırlama aşaması**

Kalıp hazırlama sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Kalıplama makineleri
- Toz
- Gürültü / titreşim
- Kimyasallar ve çözücüler
- Dumanlar
- Isı / alev

### **Metal Hazırlama**

Eritilecek metal malzemelerin ayrıştırılması ve hazırlanması işlemidir. Yapılacak dökümün türüne göre malzemeler pik demir, metal külçe ve hurda içerir. Bu nedenle istenmeyen türlerin, kurşun bazlı boyalar içeren metallerin ve porselen parçaların ayrıştırılması dökümün kalitesi ve prosesin güvenliği açısından önemlidir. Yine güvenlik açısından fırına verilecek olan metallerin kuru olmaları gerekmektedir.

Metal hazırlama sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Metallerin keskin ve sivri kısımları
- Sıcak malzemeler
- Toz / kıvılcıklar
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Toksik atık
- Ağır metal kontaminasyonu
- Temizlik ve bakım

### **Metal Eritme**

Metallerin kontrollü sıcaklık ve bileşene eritildiği süreçtir. Çelik, paslanmaz çelik, demir, alüminyum, pirinç ve çeşitli alaşımları eritebilmek için elektrik arkı, kupol ocak, yağ veya gaz ile çalışan eritme ocaklarından yararlanır. Bu ocaklarda ayrıca alaşımlama, bileşimin ayarlanması, istenmeyen maddelerin katışmalarının giderilmesi, gaz giderme ve aşılama gibi bazı ek işlemler de, dökümden hemen önce gerçekleştirilir. Eritme ve döküm uygulamaları yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirildiklerinden (Tablo 4) bu süreçte özenle çalışılmalıdır. Çünkü

yapılacak küçük hatalar dahi çalışan sağlığını ve kaliteyi büyük ölçüde etkileyebilmektedir ve daha sonra giderilmesi mümkün olmayacak sonuçlara neden olabilmektedir [6].



**Şekil 6. Metal eritme aşaması**

Bazı döküm alaşımlarının erime ve döküm sıcaklıkları Tablo 4’de görülmektedir.

**Tablo 4. Değişik malzemelerin erime (katılaşıma) ve döküm sıcaklıkları**

Malzeme	Katılaşıma Sıcaklığı (°C)	Döküm Sıcaklığı (°C)
Kır Dökme Demir (% 3.5 C)	1175	1250 - 1350
Temper Dökme Demir (% 2.8 C)	1250	1325 - 1400
Beyaz Dökme Demir (% 3 C)	1240	1280 - 1320
Dökme Çelik (% 0.6 C)	1475	1550 - 1600
Alüminyum – Silisyum Alaşımı	570	700 - 750
Alüminyum – Bakır Alaşımı	600	700 - 720
Alüminyum Bronzu	1025	1050 - 1150
Prinç 60/40	890	990 - 1010
Magnezyum Alaşımları	630	720 - 770



Eritme sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Nem
- Isı / yüksek sıcaklık
- Dumanlar
- Patlamalar
- Ekipman yetersizliği
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma

## Döküm

Eritilmiş metalin katılaşması için hazırlanan kalıba transfer edilmesi işlemidir. Sıvı metalin kalıba doldurulması işlemi yer çekimi yardımıyla veya basınç uygulanarak gerçekleştirilir. En yaygın metot, metalin kendi ağırlığı ile bir yolluk sisteminden geçerek kalıbı doldurmasıdır.



Şekil 7. İşletme 1 döküm aşaması

Metal ve alaşımların akarak kalıbı kusursuz olarak doldurma özelliği akıcılık olarak adlandırılır. Kalıp içerisine doldurulan sıvı metalin akıcılığı malzeme, parça, kalıp ve döküm uygulaması ile ilgili döküm sıcaklığı, malzemenin ısıl özellikleri, kalıbın malzemesi ve ısıl özellikleri, parçanın ve kesitlerinin büyüklükleri, katılaşma türü ve aralığı gibi birçok parametreden etkilenmektedir.



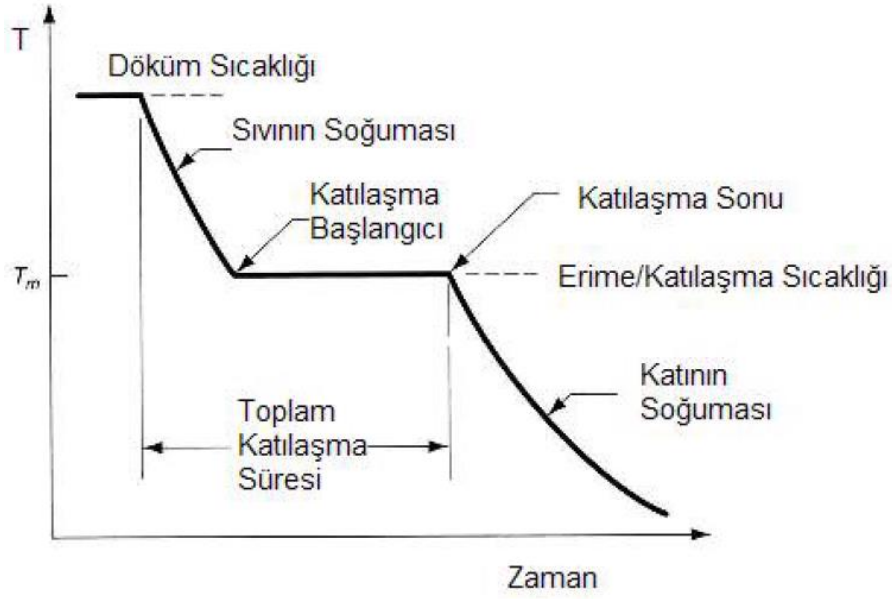
Döküm sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Erimiş metal
- Gizli ısı
- Dumanlar
- Tozlar
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Ekipman arızası
- Nem
- Patlamalar



**Şekil 8. İşletme 2 döküm aşaması**

Sıvı metal içindeki atomlar düzensiz halde olup sürekli hareket ederler. Soğuma sırasında ısının uzaklaştırılması ile eriyiğin enerjisi giderek azalır. Saf metallerde katılama sabit sıcaklıkta olur. Bu sıcaklığa inildiğinde eriyik içinde kristalleşme merkezi veya çekirdek olarak tanımlanan bir takım düzenli atom grupları oluşmaya başlar ve eriyiğin diğer atomları da zamanla bunlara eklenerek taneler ortaya çıkar (Şekil 3) [6].



**Şekil 9. Saf bir metalin soğuma eğrisi**

### **Dökümü Kalıptan Ayırma**

Malzemenin kalıptan alınarak taşlama ve son işlemlere hazırlanması sürecidir. Kalıp içinde katılaşması biten parçanın belirli bir sıcaklığa kadar kalıp içinde soğuması gereklidir. Kalıptan çıkarılan parçaların iç boşluklarında kalan maça parçalarının tam olarak temizlenebilmesi için de elle veya sarsma yöntemiyle temizleme, basınçlı su püskürtme, ısıtma veya kimyasal işlemler gibi bazı ek işlemler gerekebilir.

Temizleme işlemleri, genellikle mekanize hale getirilmediğinden maliyetli bir üretim kademesidir. Özellikle büyük parçalarda yüzeylerin kum ve tufaldan arındırılmasında kum veya metal parçacıklarının basınçlı hava yardımıyla veya mekanik olarak temizlenecek parça yüzeyine püskürtülmesi veya su püskürtülmesi en uygun yöntemlerdir. Yüzey temizlemede kullanılan diğer yöntemler; sarsarak temizleme, telle fırçalama ve asitle temizlemedir.



**Şekil 10. Dökümün kalıptan ayrılması**

Dökümü kalıptan ayırma sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Gürültü
- Toz
- Dumanlar
- Isı / yüksek sıcaklık
- Malzemelerin keskin ve sivri kısımları
- Atıklar
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma

### **Aşındırma ve Bitirme**

Dökülen malzemenin istenen boyuta gelmesi için fazlalıkların uzaklaştırılması işlemidir. Aşındırma ve bitirme, dökümün türüne göre birçok işlemi barındırabilir. Bu işlemlerden kaynaklanabilecek tehlikelerden dolayı düzenli olarak kontrolünün sağlanması gereken aşamalardan biridir.



**Şekil 11. Aşındırma aşaması**

Aşındırma ve bitirme sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Gürültü / titreşim
- Tozlar
- Isıl kesim
- Dumanlar
- Malzemelerin keskin ve sivri kısımları
- Temizlik ve bakım
- Taşlama ile temizleme
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Ekipman arızası
- Stres / mental yorgunluk
- Kesme işleminde kullanılan yağlar
- X ışınları
- Ultraviyole ışınlar

## **Isıl İşlem**

Malzemeye kontrollü sıcaklık programlarının uygulanmasıyla metalik yapısının şekillendirilmesi işlemidir. Dökülen parçalara ısıl işlem uygulanması düşünülmüş ise, genellikle temizlemeden sonra yapılır. Döküm parçalarına uygulanan ısıl işlemlere örnek olarak dökme çeliklerin normalizasyonu veya ıslahı, demir dışı metallerde yapılan yaşlandırma ısıl işlemleri gösterilebilir.

Yanık ve diğer ısı kaynaklı tehlikeleri barındırdığından genellikle özel uygulamalar ile gerçekleştirilir.

Isıl işlem sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Radyant ısı
- Buhar
- Mekanik / elle kaldırma
- Kimyasallar
- Yangın
- Patlamalar (gaz karışımları)
- Tozlar
- Atıklar
- Dumanlar
- Ekipman arızası

## **İşletme Bakımı**

Metal dökümü işlemlerinde kullanılan tüm işletme kısımları ve ekipmanlarının güvenli ve çalışır vaziyette tutulmaları için bakımlarının gerçekleştirilmesi işlemidir. Metalleri eritmede kullanılan fırınların iç yüzeyleri bazen yüksek kuartz içeriğine sahip olan refrakter tuğlalar ile örülmektedir. Bu tuğlalar fırın içine asbest fiberleri içeren harçlar yardımı ile sabitlenmektedir. Bu tip fırınlar düzenli bakım gerektirir ve bu da refrakter malzemenin düzenli olarak değiştirilmesi işlemi içerir.

İşletme bakımı sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Elektrik
- Tozlar
- Gaz
- Gürültü / titreşim
- Basınçlı hava
- Kimyasallar / çözücüler
- Yüksek / kapalı mekanlar
- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Temizlik ve bakım
- Tehlikeli atıklar

### **Atık Bertarafı**

Atıkların uzaklaştırılması, ayrılması, güvenli depolanması ve yeniden kullanılmayacak kısımlarının bertaraf edilmesi işlemidir. Birçok metal döküm işleminde belirgin miktarda geri dönüştülemeyen atık ortaya çıkmaktadır. Yüksek miktarda kurşun içeren metal atıklar gibi tehlikeli içeriğe sahip atıkların bertarafı için araştırma yapılmalıdır.

Atık bertarafı sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Tozlar
- Tehlikeli / toksik atıklar
- Mekanik / elle kaldırma
- Atıkların depolanması
- Malzemelerin keskin ve sivri kısımları
- Ağır cisimler

## **Malzeme Taşıma ve Paketleme**

Döküm işleminden çıkan son ürünün taşınması ve müşteri beklentilerine hazır hale getirilmesi işlemdir.

Malzeme taşıma ve paketleme sürecinde potansiyel tehlikeler:

- Mekanik / elle kaldırma ve taşıma
- Malzemelerin keskin ve sivri kısımları
- İzlenebilirlik eksikliği
- Yanlış depolama ve düşmeye / devrilmeye karşı yanlış destekleme

## **METAL DÖKÜM İŞLETMELERİNDE İŞ KAZALARI, MESLEK HASTALIKLARI VE GENEL TEHLİKELER**

Döküm endüstrisi, 24 no'lu Ana Metal Sanayi faaliyet kolu altında yer alan endüstrilerden biridir. Sektörde ağır ve son derece büyük malzeme ve makinelerin bir yerden diğerine taşınması, 1800 °C'ye kadar çıkabilen erimiş metaller, toksik ve aşındırıcı maddeler, solunum sisteminin maruz kaldığı toz, duman, kokular, soğuk, sıcak, termal konfor şartları, hijyen, gürültü vb. iş sağlığı ve güvenliği açısından en önemli riskleri oluşturmaktadır [7].

SGK istatistiklerine göre döküm sektörünün yer aldığı ana metal sanayi, iş kazalarının en sık görüldüğü faaliyet kolları arasında 4. sırada yer almaktadır. Yine döküm sektöründe yoğun olarak rastlanan normal sınırlar dışındaki ısılarla maruz kalma, makinelerin sebep olduğu kazalar, patlama sonucu meydana gelen kazalar, cisimlerin sıkıştırması, batması, ezmesi, kesmesi, zararlı maddelerle veya radyasyonla temas veya maruz kalma sonucunda meydana gelen kazalar da kaza sebeplerine göre yapılan incelemelerde oldukça yüksek iş kazası sayılarına sahiptir (Tablo 5, 6, 7).

### **Kas ve İskelet Hastalıkları**

Sektör büyük ölçekli ve emek yoğundur. Bu nedenle özellikle kas-iskelet sistemi yaralanmaları bu sektörde sıkça görülmektedir. Endüstrideki makineleşmeye rağmen bazı durumlarda elle taşıma yapılmakta olup bel incinmelerine, kas ve iskelet sistemi hasarına neden olmaktadır.

İşletmelerdeki çalışma ortamının genellikle temiz olmaması, ortalıkta rastgele malzeme bulundurulması vb. nedenler, kaymalara, düşmelere, burkulmalara ve kırılmalara neden olmaktadır. Bunların azaltılması için ekipmandan veya ortamdan kaynaklanan risklerin giderilmesi, ekip çalışması yapılması, eğitimler yoluyla çalışanlara iş güvenliği bilincinin verilerek güvenlik kültürünün oluşması sağlanmalıdır. Reaktif yaklaşım yerine proaktif yaklaşım sergilemek, risk analizi yapmak ve buna uygun politika ve planlamalar yapmak, işe uygun çalışan, ekipman seçimi ve ekip çalışması kazaları minimize edecektir.

Mesleki kas iskelet hastalıkları öncelikle bel, boyun ve üst ekstremiteleri (elleri, dirsekleri ve omuzları) etkiler. Sıklıkla bel ve el tutulur. Bel ağrısı için öncelikle endüstride bedensel aktivite ile ağır işlerde çalışanlar, boyun ve kol hastalıkları için endüstride tekrarlamalı hareketler ile çalışanlar öncelikli risk altındadır [8].



**Tablo 5. 5510 Sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalılardan işlemi tamamlanan iş kazaları, meslek hastalıkları, sürekli iş göremezlik, ölüm vakaları ve standardize iş kazası oranlarının faaliyet gruplarına ve cinsiyete göre dağılımı, 2012**

Faaliyet kodu Activity code	Faaliyet grupları (Nace sınıflamasına göre) (Branches of activities by nace codes)	İş kazası sayısı Number of employment injuries			Meslek hastalığı sayısı Number of occupational diseases			Sürekli iş göremezlik sayısı Number of permanent incapacity									Ölüm sayısı Number of death cases									Standardize iş kazası oranı % (*) Standardized employment injury rates % (*)
		İş kazası			Meslek hastalığı			Toplam			İş kazası			Meslek hastalığı			Toplam									
		Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total	Erkek Male	Kadın Female	Top. Total				
22	Kauçuk Ve Plastik Ürünler İm.	2.146	165	2.311	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	2	0	2	241,68
23	Metalik Olmayan Ürünler İma.	3.484	249	3.733	7	1	8	53	2	55	27	0	27	80	2	82	21	1	22	0	0	0	21	1	22	328,47
24	Ana Metal Sanayi	4.884	54	4.938	6	0	6	71	0	71	13	0	13	84	0	84	10	0	10	0	0	0	10	0	10	533,39
25	Fabrik.Metal Ürün.(Mak.Tec.Har)	6.851	194	7.045	25	1	26	130	1	131	5	0	5	135	1	136	25	0	25	0	0	0	25	0	25	350,46
26	Bilgisayar, Elektronik Ve Optik Ür.	274	78	352	0	0	0	10	0	10	1	0	1	11	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187,56

(*)	Standardize iş kazası oranı (%) = $\frac{2012 \text{ yılında bu faaliyet kolundaki iş kazası sayısı}}{\text{Beklenen iş kazası sayısı}} * 100$ Beklenen iş kazası sayısı = $(\text{Genel iş kazası hızı}) * (\text{İncelenen işkolundaki zorunlu sigortalı sayısı})$ Genel iş kazası hızı = $\frac{\text{Kaydedilen toplam iş kazası sayısı}}{\text{Toplam sigortalı sayısı}}$	(*)	Standardized employment injury rates (%) = $\frac{\text{Number of employment injuries in the branch of activities in 2012} * 100}{\text{Expected number of employment injury}}$ Expected number of employment injury = $(\text{General employment injury speed}) * (\text{Nof insured in the branch of activities})$ General employment injury speed = $\frac{\text{Total number of employment injury}}{\text{Total number of insured}}$
-----	--	-----	--

**Tablo 6. 5510 Sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalılardan işlemi tamamlanan iş kazaları, meslek hastalıkları vakaları sonucu toplam geçici iş göremezlik süreleri ile hastanede geçen günlerin faaliyet gruplarına ve cinsiyete göre dağılımı, 2012**

Faaliyet kodu Activity code	Faaliyet grupları (Nace sınıflamasına göre) (Branches of activities by nace codes)	İş kazası Employment injuries						Meslek hastalığı Occupational diseases						Toplam Total					
		Geçici işgöremezlik süresi (gün) (ayaktan) Days of temporary incapacity (outpatient)			Hastanede geçen günler (yatarak) Inpatient days			Geçici işgöremezlik süresi (gün) (ayaktan) Days of temporary incapacity (outpatient)			Hastanede geçen günler (yatarak) Inpatient days			Geçici işgöremezlik süresi (gün) (ayaktan) Days of temporary incapacity (outpatient)			Hastanede geçen günler (yatarak) Inpatient days		
		Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total	Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total	Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total	Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total	Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total	Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total
22	Kauçuk Ve Plastik Ürünler İm.	46.545	3.263	49.808	1.179	88	1.267	40	0	40	21	0	21	46.585	3.263	49.848	1.200	88	1.288
23	Metalik Olmayan Ürünler İma.	67.157	3.594	70.751	2.282	35	2.317	39	45	84	5	22	27	67.196	3.639	70.835	2.287	57	2.344
24	Ana Metal Sanayi	89.044	717	89.761	2.061	6	2.067	109	0	109	38	0	38	89.153	717	89.870	2.099	6	2.105
25	Fabrik.Metal Ürün.(Mak.Tec.Har)	131.705	3.478	135.183	2.639	45	2.684	440	2	442	131	2	133	132.145	3.480	135.625	2.770	47	2.817
26	Bilgisayar, Elektronik Ve Optik Ür.	4.829	488	5.317	53	0	53	0	0	0	0	0	0	4.829	488	5.317	53	0	53

**Tablo 7. 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalıların geçirdiği iş kazalarının kaza sebeplerine göre dağılımı\*, 2012**

Kod no Code no	Kazaların sebepleri Type of accident	2012		
		Erkek Male	Kadın Female	Toplam Total
400-	Makinelerin Sebep Olduğu Kazalar- Accident caused by machinery	12.325	1.076	13.401
500-	Patlama Sonucu Çıkan Kazalar- Accident caused by explosion	637	28	665
600-	Normal Sınırlar Dışındaki Isılara Maruz Kalmak Veya Temas Etmek	898	114	1.012
800-	Bir Veya Birden Fazla Cismin Sıkıştırması, Ezmesi,Batması, Kesmesi	17.992	1.587	19.579
1800-	Zararlı Maddelerle Veya Radyasyonla Temas Etmek Veya Maruz Kalmak	155	46	201

\* Kazaların sebepleri ILO standartlarına göre düzenlenmiştir.

## **Tozlardan Kaynaklanan Hastalıklar**

Tozlardan kaynaklanan hastalıklara da oldukça çok rastlanır. Silika kumu ile sıkça çalışıldığından silikozis hastalığına yakalanma riski oldukça yüksektir. İyi bir havalandırma olsa dahi bazen çıplak gözle fark edilmeyen silika tozları ortamda bulunmaktadır.

Pnomokonyoz hastalıklarında etken tozdur. Toz, havada asılı olarak kalabilen, ağırlığı ve çökme eğilimi gösteren, büyüklüğü genellikle 0.1 - 150 mikron, arasında olan katı parçacıklardır. Genellikle 10 mikrondan büyük olan toz parçacıkları ağırlıkları dolayısı ile çabuk çökerler. 0.1 - 10 mikron büyüklüğündeki tozlar, solunabilen edilebilen toz grubundandır.

Döküm parça elde edilirken döküm malzemesine kalıbın kum parçaları yapışır, yine döküm parçası üzerinde çapak ve yolluklar bulunur. Çapak ve yollukların parçadan uzaklaştırılması ve kumlardan arındırılması gereklidir. Bu işlemler yapılırken döküm fabrikasında bu bölümde çalışanlar kum, grafit ve maden tozlarından meydana gelen karışımlara maruz kalırlar.

Ortamda bulunan toz, duman ve buhar da gözler için tehlikeli olabilmekte, aynı zamanda çok yüksek ısıdaki erimiş metaller ortam havasına karışarak gözler için risk oluşturmaktadır.

Döküm fabrikaları çok gürültülü çalışma alanlarıdır. Gürültünün azaltılması veya izole edilmesi yönünde çalışmaların yanında kulaklıklar ve tıkaçlar kullanılmalıdır. Çalışana verilecek kişisel koruyucu donanımlarda esas iki ilke;

1. Verilecek kişisel koruyucunun yapılacak işe uygun olması,
2. Kullanacak kişiye rahatsızlık vermemesidir.

## **Kimyasal Tehlikelerden Kaynaklanan Hastalıklar**

Polisiklik aromatik hidrokarbonların, krom, nikel gibi metallerin dumanlarının termal parçalanma sırasında oluşmasının önemli kansorejen etkileri olduğu veya ölüme yol açtığı bilinmektedir.

Kaynak işleri sırasında ortaya çıkan metal dumanları da toksik olabilir ve metal ateşi hastalığına neden olabilir. Demir döküm materyallere kaynak yapılırken nikel çubuk kullanılır ve bu da nikel içerikli dumanlara neden olur. Plazma alev makinası da oldukça fazla miktarda metal dumanı, ozon, azot oksit ve UV radyasyonu oluşturur.

Bunlarla birlikte dökümhanelerde bulunan bazı kimyasallar (formaldehit, dimetiletilamin, trietilamin) çalışanlarda gözlerin sulanması, kaşınması ve buğulu görme gibi rahatsızlıklara neden olur ki bu da mavi - gri görüş olarak bilinmektedir.

### **İş Kazaları**

Sektörde kullanılan ocaklar, yapılan işin büyüklüğüne, eritilecek metalin miktarına ve yapılan işin şekline göre değişiklik gösterir. En çok kullanılan türü kupol ocaklardır. Ocakların içerisinde metaller eritilirken, genellikle çok yüksek sıcaklıklar kullanılır. Eriyik haldeki metalin kalıplara dökülmesi sırasında, çok ciddi hayati riskler vardır. Kazanlardan dökülen yüksek sıcaklıktaki eriyik, yakınlarda bulunan çalışanların üzerine dökülebilir ve yanarak ölümlere ya da ciddi bölgesel yanıklara neden olabilmektedir.

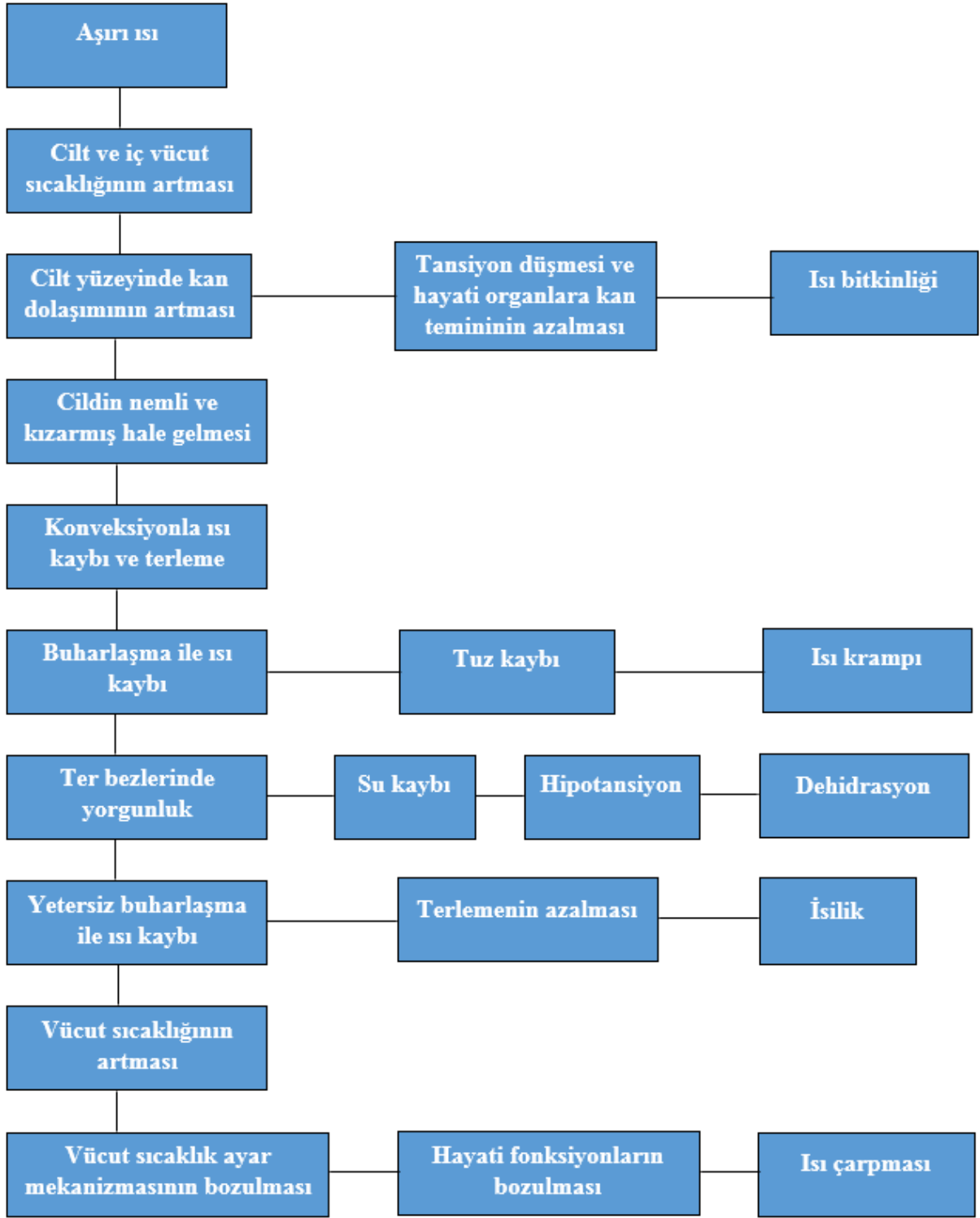
Kalıpların temizlenmesi ve kalıplardan çıkan dökümlerin çapaklarının alınması sırasında kullanılan taşlama aletleri de çok tehlikeli olabilmektedir. Bu aletlerin ve makinaların kullanımı sırasında hızla dönen diske el ve kolu kaptırmak, kesilmelere ve kopmalara neden olmaktadır. Ayrıca gözler için de büyük riskler söz konusudur.

### **Yüksek Sıcaklıklarda Çalışma Kaynaklı Rahatsızlıklar**

İnsan vücudundaki bütün biyolojik prosesler sıcaklığa bağlıdır, bu yüzden vücudun farklı çevre şartlarına göre uygun sıcaklık ve nem dengesinin korunması hayati öneme sahiptir. Çalışma ortamlarının klimatize edilmesi, çalışma kıyafetlerinin uygun cinsten seçilmesi; sıcak ortamda çalışan personelin, ağır işlerinin işletmenin uygun sıcaklığa sahip olduğu zaman dilimlerine kaydırılması büyük önem arz etmektedir. Çalışanlarda alışlagelen değerlerin üzerindeki sıcaklıkların meydana getirdiği en ciddi tablo ısı çarpmasıdır ve bu tabloda kişinin vücut sıcaklığının 41 °C'nin üzerine çıktığı gözlenmektedir.

Sıcak çalışma ortamlarına direkt maruz kalınması, kaybedilen sıvının ve elektrolitlerin yerine konulmaması, bulunulan ortamın aşırı sıcak ve hava akımsız olması, kalın ve sentetik kıyafetler gibi nedenler ısı çarpmasına yol açmakta ve tüm vücut sistemleri bu durumdan olumsuz etkilenmektedir (Şekil 4) [9].

Isı çarpmasında tüm vücut sistemleri olumsuz etkilenir. Çünkü vücut fonksiyonları dar bir sıcaklık aralığında düzenli yürütülebilir. Terleme, solunum, vücudun temas ettiği daha soğuk cisimler ve ısının dalgalar şeklinde havaya verilmesi ısı kaybetme yollarımızdır. Sıcak havalarda bu sistemler yoluyla yeterli ısı kaybedilemez. Böylece sıcaklığın olumsuz etkileri ortaya çıkar. Isı çarpmasında erken dönemde yoğun terleme, halsizlik, ağız kuruluğu ve susama, kas krampları, tansiyon düşüklüğü, baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, soğuk ve terli bir cilt ile beraber idrar koyulaşması olur. Daha ileri aşamalarda ateş, anormal davranışlar, bilinç bulanması, kuru-sıcak ve kırmızı cilt, hızlı ve yüzeysel solunum ve en sonunda bilincin tamamen kaybı gelişir. Isı çarpmasında erken önlem alınmazsa % 80'lere kadar varan ölüm olayları görülebilir.



Şekil 12. Aşırı ısıdan kaynaklanan ısı çarpmasının mekanizması

Çalışma ortamında yüksek ve düşük sıcaklığın olumsuz etkilerinden korunmak için, çalışma ortamında yapılan işe uygun termal konfor şartlarının sağlanması gerekir. Çalışma ortamında termal konfor şartlarının incelenmesi için gerekli ölçümler ve değerlendirmeler yapılır.

Termal konfor, derinin yüzeyindeki ve alt katmanlarındaki termoreseptörlerden gelen sinyallerin birleşiminden oluşan bir çeşit termoregülasyon sistemidir. ASHRAE standartlarına göre ise termal konfor, çevrenin termal şartlarına karşı duyulan memnuniyet olarak ifade edilmiştir. Farklı ortamlar ve giysi sistemleri için termal konforun belirlenmesine yönelik olarak yapılan objektif ve subjektif ölçümler ile etkili parametreler arasındaki ilişkilerin belirlenmesine çalışılmaktadır [10].

## TERMAL KONFOR

Termal konfor, zihnimizin termal çevre ile etkileşiminden duyduğu memnuniyet ya da memnuniyetsizliğin bir ölçüsüdür ve ortamda bulunanların faaliyetlerine devam ederken sıcaklık, nem ve hava akım hızı gibi ortam şartları bakımından belirli rahatlık içerisinde bulunup bulunmadıklarını ifade eder. Ortamda termal konfor şartları yetersiz ise rahatsızlık duyulmaya başlanır ve özellikle çalışma ortamında sıkıntı ve rahatsızlık hali, çalışanlarda kapasite kaybına ve verimin düşmesine sebep olur.

Bir ortamda bulunan tüm bireyler gerek psikolojik gerekse fizyolojik anlamda birbirinden farklılık göstereceğinden, ortamda bulunan herkesin termal konfor konusunda memnuniyetini sağlamak oldukça zordur. Çünkü her bireyin termal etkileşim içerisinde olacağı termal çevre aynı değildir. Ancak ortamda bulunan bireylerin belirli bir kısmı için oluşturulması gereken termal çevreden bahsedilebilir.

Bir ortamın termal konfor şartlarının ifade edilmesinde 6 temel faktör kullanılır:

1. Hava sıcaklığı	} <i>Çevresel</i>
2. Nem	
3. Hava akım hızı	
4. Radyant ısı	} <i>faktörler</i>
5. Metabolik hız	
6. Giysi yalıtımı	} <i>Kişisel</i>
	} <i>faktörler</i>

Bu temel faktörlerin tamamı, zamana bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğinden genellikle termal konforun ifade edilmesinde yatışkın hale gelmiş ortamlardan söz edilmektedir.

Aynı şekilde termal konfor şartlarının sağlandığı bir ortama henüz giren kişi, kendisi için termal konfor şartının sağlanmadığını algılayabilir.

Daha etkili değerlendirme yapabilmek için ortama dışarıdan gelen kişinin ortamda belirli bir süre (en fazla 1 saat olarak düşünülebilir) geçirdikten sonraki algısı değerlendirilmelidir.



## **Hava Sıcaklığı**

Vücudumuzdaki tüm metabolik aktiviteler, vücudumuzun sıcaklığına, dolayısıyla içerisinde bulunduğumuz termal çevrenin sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Özellikle solunum, asit ve baz dengesi, kanda oksijenin taşınımı gibi hayati faaliyetlerimizi sağlıklı olarak gerçekleştirebilmemiz için vücut sıcaklığımızın belirli değerlerde sabit olarak tutulması gerekmektedir.

Vücudumuz, içerisinde bulunduğumuz çevre ile sürekli olarak ısı alışverişindedir. Çevremizin sıcaklığı vücudumuzun sıcaklığından düşük olduğunda vücudumuz ısı kaybederken, çevre sıcaklığı vücudumuzun sıcaklığından yüksek olduğunda ise ısı kazanır. Bu alışveriş esnasında vücut sıcaklığı değişkenlik göstereceğinden, tüm metabolik faaliyetlerimiz de değişkenlik gösterir ve rahatsızlık duyarız.

## **Hissedilen Sıcaklık**

Termometre ile ölçülen fiziksel hava sıcaklığından farklı olarak, insan vücudunun algıladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklık, iklimsel çevre, giysilerin ısı direnci, vücut yapısı ve kişisel durumdan olduğu kadar, termometre sıcaklığı, nispi nem, rüzgar ve radyasyon gibi faktörlerden etkilendiği için subjektif bir kavramdır. Dolayısıyla sıcaklığı algılama kişiden kişiye değişiklik gösterir.

Sıcaklık, iklimsel çevre ve giysilerin ısı direnci ile radyasyonun hissettiğimiz sıcaklığa etkisi farklıdır. Çünkü 20 °C oda sıcaklığında oturan bir insan dışarıda da 20 °C ise üşüdüğünü hissetmez ama eğer dışarıda 20 °C'den daha soğuksa o zaman radyasyon kaybı nedeniyle kendisini üşüyor hisseder. Bu konudaki en akılcı yaklaşım, insan vücudunun gerçekte hissettiği sıcaklığın ölçüsü olarak ıslak hazne hava sıcaklık değerinin alınmasıdır [11].

Herkesin sıcaklığı farklı hissediyor olması bu kavramın bilimsel olarak ele alınmasına ve kullanılmasına engel değildir. Konuya bu açıdan bakıldığında insan fizyolojisi yanında psikolojik etkenler nedeni ile kişiden kişiye değişen farklı hissetmeleri bilimsel olarak karşılayacak ortalama değerlerin kullanılmasında toplumsal fayda olduğu kuşkusuzdur.

Hissedilen sıcaklık değerleri aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurularak kullanılmalıdır:

- Hissedilen sıcaklık, vücudun dış ortam sıcaklığı ile kendi sıcaklığı arasındaki farkı gidermek için gireceği çabanın bir nevi ölçüsü olduğundan herkes tarafından farklı hissedileceği unutulmamalıdır.
- Hissedilen sıcaklık değeri hesaplanırken hem nem değerinin hem de sıcaklık değerinin kullanılması gerekmektedir. Bu iki değerden birisi bulunmadığında hissedilen sıcaklık hesaplanamaz.

### **Nem**

Termal konforun ifade edilmesinde sıcaklığın yanında nemin de katkısı oldukça önemlidir. Havadaki nemin ifade edilmesinde genellikle iki farklı tanım kullanılır; mutlak nem; birim hava moleküllerin içerdiği su miktarını ifade ederken; bağlıl nem ise mutlak nemin aynı sıcaklıkta aynı havanın taşıyabileceği maksimum su miktarına oranını ifade eder.

Nem değerinin ifade edilmesinde sıcaklık ve hava akım hızı gibi diğer faktörler de hesaba katılmalıdır.

Çalışma ortamında nem değerinin düşmesi vücudumuzda üşüme olarak hissedilebilirken, yükselmesi ise bunalmamıza neden olur ve iş gücü kaybı ile sonuçlanabilir.

**Tablo 8. Hissedilen sıcaklığa nemin etkisi**

		BAĞIL NEM (%)																		
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
HAVA SICAKLIĞI (°C)	50	45	48	53	58	66	69	76	83	91	99									
	49	44	47	51	55	61	66	72	79	86	94									
	48	43	46	49	53	58	63	68	75	81	88	96								
	47	42	45	48	51	55	60	65	70	76	83	90	98							
	46	41	43	46	49	53	57	62	67	72	78	85	91	99						
	45	41	43	45	48	52	56	62	65	70	76	82	88	96						
	44	40	42	44	46	49	52	57	61	66	71	77	83	89	96					
	43	39	40	42	44	47	50	54	58	62	67	72	77	83	90	97				
	42	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	78	83	89	96			
	41	37	38	39	41	43	45	48	51	55	59	63	67	72	78	83	89	96		
	40	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	
	39	35	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	67	71	76	81	87	93
	38	35	35	36	37	38	40	42	44	47	50	53	56	60	64	68	73	78	83	89
	37	34	34	35	36	37	38	40	42	44	46	49	52	56	59	63	67	72	76	81
	36	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	74
	35	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68
	34	31	31	32	32	32	33	34	35	37	38	40	42	44	46	49	52	55	58	61
	33	31	31	31	31	32	32	33	34	36	37	39	40	42	45	47	49	52	55	58
	32	30	30	30	30	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53
	31	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	45	47
30	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	
29	27	27	27	27	28	28	28	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	
28	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	29	30	31	32	33	34	36	37	38	
27	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	30	30	31	32	33	34	
26	25	25	25	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	29	
25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	

**Tablo 9. Yüksek sıcaklığın insan vücuduna etkileri**

(-1) – 26	Soğuk – Serin	
27 – 32	Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak oluşan termal stresten dolayı halsizlik, sinirlilik, dolaşım ve solunum sisteminde birçok rahatsızlık meydana gelebilir.
33 – 41	Çok Sıcak	Fiziksel etkinliğe ve etkilenme süresine bağlı olarak kuvvetli termal stres ile birlikte ısı çarpması ısı krampları ve ısı yorgunlukları oluşabilir.
42 – 54	Tehlikeli Sıcak	Güneş çarpması, ısı krampları veya ısı bitkinliği meydana gelebilir.
> 55	Tehlikeli Sıcak	Isı veya güneş çarpması tehlikesi oluşur. Termal şok an meselesidir.

## Hava Akım Hızı

Gerek çalışma gerekse çalışma dışındaki ortamlarda kirli havanın uzaklaştırılması ve temiz havanın sağlanması için havalandırmaya ihtiyaç duyulur. Aynı şekilde ortam sıcaklığının ve neminin ayarlanması için de doğal ve mekanik havalandırma yöntemlerinin kullanımına ihtiyaç duyulabilir.

Sıcaklık ve nem yanında hava akım hızının da termal konfora etkisi oldukça büyüktür. Farklı sıcaklık ve nem değerlerine sahip olan iki farklı ortamda hava akım hızlarının ayarlanması ile aynı termal konfor algısı sağlanabilmektedir.

Örneğin; 37 °C sıcaklık, % 10 nem ve 3 m/sn hava akım hızı ile 27 °C sıcaklık, % 75 nem ve 0.1 m/sn hava akım hızı, sıcaklık duygusu bakımından eşdeğer olabilir. Yani bu iki farklı durumun kişi üzerindeki etkisi aynıdır. Hava sıcaklığı, nemi ve hava akım hızının beraberce oluşturduğu sıcaklık etkisine efektif sıcaklık denir [11].

**Tablo 10. Dış Ortamda Hava Akımının (Rüzgar) İnsan Vücuduna Etkisi**

		HAVA SICAKLIĞI (°C)																
		0	-1	-2	-3	-4	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55	-60
RÜZGAR HIZI (km/sa)	6	-2	-3	-4	-5	-7	-8	-14	-19	-25	-31	-37	-42	-48	-54	-60	-65	-71
	8	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-44	-50	-56	-61	-67	-73
	10	-3	-5	-6	-7	-8	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	-69	-75
	15	-4	-6	-7	-8	-9	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	-72	-78
	20	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62	-68	-75	-81
	25	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64	-70	-77	-83
	30	-6	-8	-9	-10	-12	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	-78	-85
	35	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	-80	-86
	40	-7	-9	-10	-11	-13	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	-81	-88
	45	-8	-9	-10	-12	-13	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	-82	-89
	50	-8	-10	-11	-12	-14	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69	-76	-83	-90
	55	-8	-10	-11	-13	-14	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	-84	-91
	60	-9	-10	-12	-13	-14	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71	-78	-85	-92
	65	-9	-10	-12	-13	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79	-86	-93
	70	-9	-11	-12	-14	-15	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-80	-87	-94
	75	-10	-11	-12	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80	-87	-94
	80	-10	-11	-13	-14	-15	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	-88	-95
	85	-10	-11	-13	-14	-16	-17	-24	-31	-39	-46	-53	-60	-67	-74	-81	-89	-96
90	-10	-12	-13	-15	-16	-17	-25	-32	-39	-46	-53	-61	-68	-75	-82	-89	-96	
95	-10	-12	-13	-15	-16	-18	-25	-32	-39	-47	-54	-61	-68	-75	-83	-90	-97	
100	-11	-12	-14	-15	-16	-18	-25	-32	-40	-47	-54	-61	-69	-76	-83	-90	-98	
105	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-25	-33	-40	-47	-55	-62	-69	-76	-84	-91	-98	
110	-11	-12	-14	-15	-17	-18	-26	-33	-40	-48	-55	-62	-70	-77	-84	-91	-99	

**Tablo 11. Düşük sıcaklığın insan vücuduna etkisi**

(-2) - (-9)	Soğuk	
(-10) – (-25)	Çok Soğuk	Kuru ciltte 5 saatten daha az sürede çatlama ve soğuk ısırtığı riski.
(-26) – (-45)	Aşırı Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 1 dakika içinde donma riski.
(-46) – (-59)	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 saniye içinde donma riski.
< (-60)	Tehlikeli Soğuk	Açıkta kalan vücut yüzeylerinde 30 saniyeden daha kısa sürede donma riski.

### **Radyant Isı**

Termal radyasyon herhangi bir ortama ihtiyaç duymadan iletilebilen, emilebileceği bir yüzeye çarpmadıkça sıcaklık artışı meydana getirmeyen elektromanyetik bir enerjidir ve iletimi ortam gerektirmediğinden havalandırma ile kontrol edilmesi de mümkün değildir.

Özellikle maden, cam vb. sektörlerde yoğun olarak rastlanan radyant ısı maruziyetinden korunmanın iki temel yolu bulunmaktadır:

1. Radyant ısı kaynağı ile ortamdaki insanlar arasına yansıtma katsayıları yüksek olan malzemelerden koruyucu siperler yerleştirilebilir.
2. Radyant ısıyı yayan sıcak cisimlerin yüzeyleri, ışımaya özelliğini azaltmak adına ışımaya özelliği zayıf boyalar veya malzemeler ile boyanabilir / kaplanabilir.

## **Metabolik Hız**

Vücudumuzdaki ısı üretimi metabolizma hızı olarak adlandırılır ve bu ısı besinlerin yanması ile açığa çıkan enerjiden kazanılır.

Farkında olmasak da günlük aktivitelerimizin ve bu aktiviteleri gerçekleştirirken vücudumuzun aldığı pozisyonların metabolik hızı ve vücut sıcaklığına etkisi oldukça fazladır. Isı üretimi ve kaybı kişiden kişiye farklılık göstermektedir ve bu farklılığı azaltmak adına birim vücut yüzey alanına bağlı değişkenler kullanılmaktadır [12].

**Tablo 12. Bazı Günlük Aktiviteler İçin Metabolizma Oranları (ANSI-ASHRAE 55-2010)**

<b>Aktivite</b>	<b>Metabolik Oran (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Metabolik Oran (met)</b>
Dinlenme		
Uyuma	40	0.7
Yaslanma	45	0.8
Oturma	60	1.0
Ayakta	70	1.2
Yürüme		
0.9 m/s	115	2.0
1.2 m/s	150	2.6
1.8 m/s	220	3.8
Ofis Aktiviteleri		
Oturarak okuma, yazma	60	1.0
Daktilo, bilgisayarda yazma	65	1.1
Kaldırma / paketlenme	120	2.1
Araç Kullanma / Uçuş		
Otomobil	60 - 115	1.0 – 2.0
Hava taşıtı	70	1.2
Ağır vasıta	185	3.2
Çeşitli İş Aktiviteleri		
Aşçılık	95 - 115	1.6 – 2.0
Ev temizleme	115 - 200	2.0 – 3.4
Makine kullanılarak yapılan işler		
Testere ile yapılan işler	105	1.8
Hafif işler (ör. Elektrik end.)	115 - 140	2.0 – 2.4
Ağır işler	235	4.0
Ağır yük kaldırma (50 kg)	235	4.0
Kazma, kırma işleri	235 - 280	4.0 – 4.8
Çeşitli Özel Uğraşlar		
Dans	140 - 255	2.4 – 4.4
Egzersiz	175 - 235	3.0 – 4.0
Tenis	210 - 270	3.6 – 4.0
Basketbol	290 - 440	5.0 – 7.6
Güreş	410 - 505	7.0 – 8.7

1 met = 58.2 W / m<sup>2</sup>

## Giysi Yalıtımı

İnsan vücudu ile termal çevresi arasındaki ısı alışverişi kütle transferi, taşınım ve ışınm mekanizmaları ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle deri ile çevre arasında yer alan giysinin ısı ve nem alışverişine karşı olan davranışı oldukça önemlidir. Termal konforun ifade edilmesinde giysiler için ısı transferine karşı direnç, giysinin türüne göre aldığı yalıtım birimi ile ifade edilmektedir [12].

**Tablo 13. Çeşitli Giysi Türleri ve Yalıtım Katsayıları (ANSI - ASHRAE 55 - 2010)**

Kıyafet	Yalıtım Katsayısı, I <sub>cl</sub> (clo)
Pantolon, kısa kollu gömlek	0.57
Pantolon, uzun kollu gömlek	0.61
Pantolon, uzun kollu gömlek, ceket	0.96
Diz uzunluğunda etek, kısa kollu gömlek	0.54
Ayak bileği uzunluğunda etek, uzun kollu gömlek, ceket	1.1
Etek / Elbise	0.54 – 1.10
Şort	0.36
Önlük / Tulum	0.72 – 1.37
Spor Kıyafetleri	0.74
Uzun kollu pijama ve uzun pijama altlığı	0.96

1 clo = 0.155 m<sup>2</sup> K / W

## Termal Konfora Etki Eden Diğer Faktörler

Uluslararası anlamda kabul gören standartlara göre, bir ortamda termal konfor şartları sağlanmaya çalışılırken, ortamda bulunan topluluğun bir kısmı için daima termal konfor şartlarının sağlanamadığı, ancak belirli bir yüzdeye göre kabul edilebilir şartların oluştuğu tahmin edilmektedir.

Ortam hakkında çok detaylı bilginin edinilemediği tipik uygulamalarda % 80 kabul edilebilirlik yeterli olabilirken, daha yüksek termal konfor standardının yakalanmasının amaçlandığı detaylı çalışmalarda bu limit % 90 kabul edilebilirliğe çıkmaktadır.



Yüksek kabul edilebilirlik limitlerinin yakalanması, ancak termal konfora etki eden temel parametrelerin yanında

- hava sıcaklığındaki düşey farklılık,
- radyant sıcaklık asimetrisi,
- vücudun bir bölgesinin sıcaklığının lokal hava akımı ile değişimi,
- zemin yüzeyinin çok sıcak yada çok soğuk olması,
- sıcaklığın zamana bağlı değişim göstermesi,
- çalışma ortamında işleme sıcaklığının periyodik olarak yükselip alçalması

gibi ikincil parametrelerin de hesaba katılmasıyla mümkün olmaktadır.

## **Termal Konforun Değerlendirilmesi**

### **1- 7 Nokta Duyarlılık Ölçeği**

Konforun ölçülmesi ile ilgili olarak P.O. Fanger bir model geliştirmiştir. Bu model, ısı konfora etkileyen kişisel ve çevresel faktörlerin bileşenlerinin matematiksel olarak ifadesini sağlamıştır. Bir ortamda bulunan insanların ortamı nasıl algıladığı ile ilgili bir parametre olan PMV (Predicted Mean Vote, Tahmini Ortalama Oy) değeri Fanger'in modeli sonucunda bir matematiksel ifade olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca PMV değeri kullanılarak ortamdaki insanların yüzde kaçının ısı ortamdan memnun olduğunu ortaya koyan bir değer olan PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied, Tahmini Memnuniyetsiz Yüzdesi) değeri de hesaplanabilmektedir [13].

Fanger, 7 nokta termal duyarlılık ölçeği ile çok sayıda bireyden oluşan bir topluluk için en az % 80'lik memnuniyeti sağlayacak konfor sıcaklığını tahmin etmeye çalışmıştır.

Konfor bölgesi için +1, 0, -1 oylarını konforlu olarak nitelendirmiştir.

**Tablo 14. 7 Noktalı termal konfor duyarlılık ölçeği (Fanger 1967)**

PMV	Anlam	Yorum
+3	Aşırı Sıcak	Bunaltıcı ve tolere edilemez.
+2	Sıcak	Çok sıcak.
+1	Hafif Sıcak	Tolere edilebilir, sıcak.
0	Nötr	Konforlu
-1	Hafif Serin	Tolere edilebilir, serin.
-2	Serin	Çok serin.
-3	Soğuk	Tolere edilemez, soğuk.

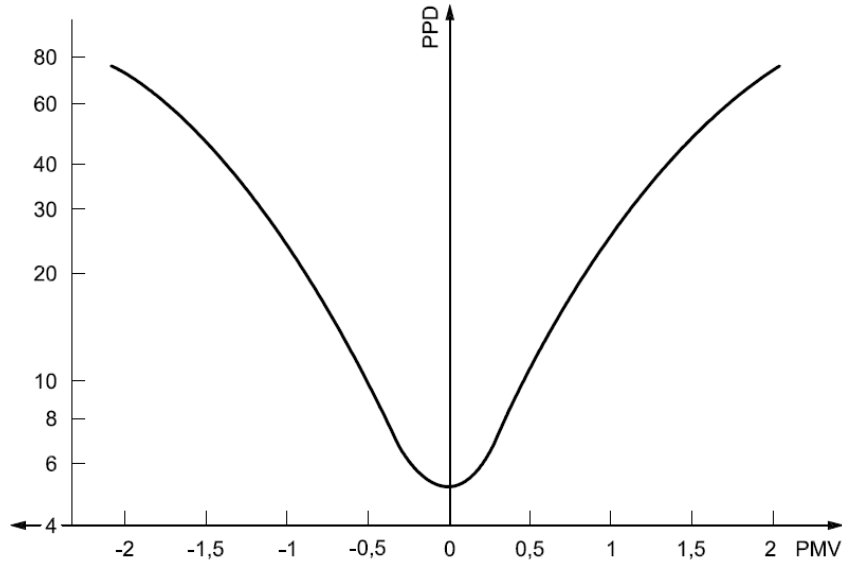
## 2- PMV Modeli

PMV modeli öncelikle çok sayıda insandan oluşan bir grubun termal duyarlılığını tahmin etmek için tasarlanmıştır.

Bu tür gruplarda bireyler arasında kişilerin o anki psikolojik halleri, kıyafet seçimleri ve diğer kişisel parametrelerinden kaynaklı yaklaşık 2°C ya da termal duyarlılık ölçeğinin bir birimine kadar farklılık görülebilir. Bu yüzden mekandaki termal çevre PMV modeline göre oluşturulursa, bu mekandaki bireylerin bazılarının termal olarak memnuniyetsiz olmaları olasıdır.

İnsanlar arasındaki bu fark yine Fanger tarafından geliştirilen PPD göstergesi ile ifade edilir. PMV göstergesiyle tanımlanan konfor sıcaklığında PPD göstergesi, kullanıcıların % 5'inin hala termal çevreden memnun olmadığını gösterir (Şekil 5).

Bu yüzden PMV modeli kullanıcıların çoğunluğu için memnun verici sıcaklık aralığını belirlerken, tüm kullanıcıların termal olarak aynı koşullarda memnun olabileceğini düşünmek doğru değildir.



**Şekil 13. Tahmini ortalama oy (PMV) ile tahmini memnuniyetsiz kişi yüzdesinin (PPD) değişimi**

PMV modeli, ikincil olarak kullanıcıların bir iç mekânda kendilerini ne kadar sıcak ne kadar soğuk hissettiğini ölçmeye dayalıdır. Fakat içerik olarak termal duyarlılık; termal memnuniyet (termal koşullarla memnunum/memnun değilim), termal kabul edirlilik (termal koşullar kabul edilir/kabul edilemez), termal konfor (konforlu/konforsuz hissediyorum) ve termal tercihten (daha sıcak/daha serin olmasını isterim) farklıdır.

Termal duyarlılık basit olarak kullanıcının içinde bulunduğu ortamın sıcaklığını değerlendirmesiyle ölçülür. -1, 0, +1 değerlerinin termal duyarlılıkta memnuniyeti gösterdiği varsayılır [13].

$$PMV = (0.028 + 0.3033e^{-0.036M}) \cdot \{(M - W) - 3.05[5.733 - 0.000699(M - W) - Pa] - 0.42[(M - W) - 58.15] - 0.0173M(5.867 - Pa) - 0.0014M(34 - T_a) - 3.96 \cdot 10^{-8} f_{cl}[(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c(T_{cl} - T_a)\}$$

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] - f_{cl} h_c(t_{cl} - t_a)$$

$$h_c = \begin{cases} 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} & \text{for } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1\sqrt{V_a} \\ 12.1\sqrt{V_a} & \text{for } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1\sqrt{V_a} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1 + 0.2I_{cl} & \text{for } I_{cl} < 0.5 \text{ clo} \\ 1.05 + 0.1I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0.5 \text{ clo} \end{cases}$$

PMV: Tahmini ortalama oy

M: Metabolik hız W/m<sup>2</sup>

W: Harici iş

I<sub>cl</sub>: Giysinin termal direnci, clo

f<sub>cl</sub>: Giysi ile kapatılan vücut yüzey alanının açıkta kalan vücut yüzey alanına oranı

t<sub>a</sub>: Hava sıcaklığı, °C

V<sub>a</sub>: Bağlı hava hızı, m/s

p<sub>a</sub>: Su buhar basıncı, pa

h<sub>c</sub>: Konvektif ısı transferi katsayısı, W/m<sup>2</sup>K

t<sub>cl</sub>: Giysinin yüzey sıcaklığı, °C

PMV, hava sıcaklığı, radyant ısı, nem, hava akımı, giysi ve aktivite değişkenlerini dikkate alarak, bireyin ortamın termal koşullarından etkilenme düzeyini belirleyen bir indeks olup “Thermal comfort meter” ile saptanır; -3 ile +3 arasında değer alır.

Termal konfor için uygun değerler -0.5 ile +0.5 arasındaki değerlerdir. PMV değeri -0.5 ya da +0.5 olduğunda PPD değeri % 10 iken, PMV değeri -1.0 ya da +1.0 olduğunda PPD değeri % 25, PMV değeri -2.0 ya da +2.0 olduğunda PPD değeri % 75’dir.

Termal konfor ile ilgili olarak Avrupa’da ISO 7730 standardı kabul görürken, Amerika’da ise ASHRAE Standart 55 termal konforu incelemektedir. Bu standartlarda PMV ve PPD değerleri ile ilgili referans değerler de yer almaktadır.

ASHRAE Standart 55 bir ortamın konforlu sayılabilmesi için, eğer ortam termal olarak homojen ise, o ortamda bulunan insanların % 90’ının ısı ortamdan memnun olması şartını belirtmiştir. Fakat asimetric bir ısı ortam mevcut ise % 80 de kabul edilebilir bir değerdir.

ISO 7730 ise konforlu bir ortam için PMV değerlerinin ±0.5 değerleri arasında kalmasını önermektedir. Bu değer ortamdaki bulunan memnuniyetsiz kişilerin oranının % 10’u aşmaması anlamına gelmektedir.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma; normal sınırlar dışındaki ısılarla maruz kalarak çalışmanın yoğun olarak gözlemlendiği döküm sektöründe, ortam ölçümleri ışığında termal konfor şartlarını gözlemlemek, konforsuzluk probleminin boyutunu tespit etmek ve buna yönelik çözüm önerileri geliştirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışma konusunun belirlenmesinin ardından, tez çalışması için bir çalışma planı hazırlanmış ve kaynak araştırmasına başlanmıştır. Öncelikle internet ortamında ayrıntılı literatür taraması yapılmış, konu ile ilgili olarak çeşitli kaynaklardan elde edilen bilgi ve değerler sentezlenerek, bu bilgiler ışığında söz konusu doküman çalışması ortaya koyulmuştur.

Literatür çalışmasının yanında, döküm sektöründe faaliyet gösteren küçük ölçekli işletmelerde çalışmaların ve mevcut durumun yerinde incelenmesi, araştırma yapılacak işletmelerin belirlenmesi amacıyla işletmelerin yer aldığı organize sanayi bölgesine ziyaretler gerçekleştirilmiştir. Demir döküm yöntemi üzerine literatürde birçok çalışmanın mevcut olması ve dönem itibarıyla üretim yapan atölyelerin ağırlıklı olarak alüminyum döküm üzerine çalışmaları sebebiyle çalışma, alüminyum döküm atölyelerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yer alan işletmeler, 3 ile 13 arasında çalışana sahip, dönem itibarı ile günlük minimum 8 saat faaliyet gösteren alüminyum döküm atölyeleridir. Araştırma yapılacak işletmelerin belirlenmesinin ardından, çalışma ortamlarının termal konfor şartları ve çalışanlar üzerindeki ısı stresini belirleyebilmek amacıyla, yaz mevsimi itibarıyla gün ortasında ve günün şartlarında üretimin en yoğun gerçekleştiği dönemlerde ortam fiziksel koşulları ölçülmüştür.



Şekil 14. Hava akım hızı ölçümlerinde ise Almemo Ahlborn 2390-5



Şekil 15. WBGT ve nem ölçümlerinde 3M Questemp 36

Çalışma ortamlarının fiziksel koşulları ölçülürken, WBGT (Islak Hazne Küre Sıcaklığı) ve nem ölçümlerinde 3M Questemp 36 (Şekil 15), hava akım hızı ölçümlerinde ise Almemo Ahlborn 2390-5 (Şekil 14) ölçüm cihazlarından faydalanılmıştır. Termal konfora etki eden diğer parametreler olan giysi yalıtımı ve çalışanlara ait metabolik hız değerleri ise ASHRAE 55-2010 standartı içerisinde bulunan tablolardan elde edilmiştir. Tablolarda bulunan giysi yalıtımı ve metabolik hız değerlerinin elde edilmesinde, çalışma ortamı şartlarına en yakın aktivitelere ve kullanılan giysilere ait değerler temel alınmıştır.

TS EN 27243:2002 standartına göre WBGT indeksi, iki türetilmiş parametre ölçüsü olan, doğal yaş-hazne sıcaklığı ( $t_{nw}$ ) ile küre sıcaklığını ( $t_g$ ), ve bazı durumlarda da bir temel parametre ölçüsü olan hava sıcaklığını ( $t_a$ ) birleştirir. Güneş yükü olmayan iç yapılar ve dış yapılar için:

$$WBGT = 0.7t_{nw} + 0.3t_g$$

WBGT ölçümünde çalışanın etrafını çevreleyen alanda birtakım parametrelerin sabit bir değere sahip olmaması durumunda, WBGT indeksinin baş, karın ve ayak bileğinin yere göre yüksekliğine karşılık gelen 3 pozisyonda belirlenmesi gereklidir. Çalışma esnasında düzenli aralıklarla ölçüme başlamadan önce sıcaklığın homojen dağıldığına emin olmak amacıyla baş, karın ve ayak bileği hizalarından değerler okunmuş ve 0.1 – 0.15 °C aralığında değişen sıcaklık farkı gözlenmiştir. Sıcaklık farkının belirgin bir heterojenlik göstermemesi sebebiyle 15 dakikalık düzenli aralıklarla ölçümler, ortalama değere sahip olan bel hizasından alınmıştır. Sensörler, normal çalışma yerine yerleştirmenin mümkün olmadığı durumlarda, ortamdan yaklaşık olarak aynı etkilenmeye maruz kalacağı yere yerleştirilmiştir.

Ortam termal konfor şartlarının değerlendirilmesinde, Berkeley Üniversitesi Yapısal Çevre Merkezi tarafından ASHRAE 55 standartı temel alınarak oluşturulan internet arayüzlü termal konfor programı kullanılmıştır [14]. Kullanılan bu program ile işletmelerin çeşitli kısımlarına ait ortam koşullarının termal konfor şartlarını sağlayıp sağlamadıkları tespit edilmiş ve işletmelere ait değerler grafiksel olarak ifade edilmiştir.

Çalışma ortamı termal konfor şartlarına ek olarak, işletmelerde çalışma süreleri boyunca çalışanlara etki eden ısı yükü değerleri tespit edilmiş ve standart değerler ile karşılaştırılmıştır (Tablo15) [15].

**Tablo 15. Belirlenen bir duruma karşılık gelen referans değerler**

Metabolik oran sınıfı	Metabolik oran, M		WBGT'nin referans değeri			
	Bir birim deri yüzey alanıyla ilgili $W / m^2$	Toplam (1,8 $m^2$ 'lik ortalama deri yüzey alanı için) W	Isıya alıştırmış kişi $^{\circ}C$		Isıya alıştırmamış kişi $^{\circ}C$	
0 Dinlenme	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Hissedilmeyen hava hareketi 25	Hissedilir hava hareketi 26	Hissedilmeyen hava hareketi 22	Hissedilir hava hareketi 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

**Not** – Verilen değerler, ilgili kişiler için  $38^{\circ}C$ 'lik bir rektal sıcaklık hesaba katılarak belirlenmiştir.

Bu değerler bilimsel literatürdeki mevcut verilere dayanır. Bu değerler geçildiğinde,

- İncelenmekte olan çalışma ortamındaki ısı baskısının, uygun metotlarla (ortamın, faaliyet seviyesinin, ortamda harcanan zaman miktarının kontrolü ve kişisel koruyucuların kullanımı) doğrudan azaltılması,
- Daha detaylı metotlarla ısı baskısı analizinin yapılması gereklidir.



İşletme performansının ve verimliliğinin çalışanların performansından, çalışan performansının da ortam koşullarından büyük ölçüde etkilendiği bilinmektedir. Birçok işletmede çalışan sağlığı üzerinde tehlike oluşturan olumsuz termal koşulların ve meydana getirdiği problemlerin çözümünde, öncelikle olumsuz koşulların tespitinin yapılması, sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması ve koruma yöntemlerinin geliştirilerek uygulanması gerekmektedir. Ancak yapılan çalışmalar ile ülkemizde tespit edilen olumsuz ortam termal koşullarına bağlı meslek hastalığı sayısı beklenenin oldukça altındadır. Bunun için işyerinde yapılan termal konfor ve ısı stresi ölçümleri, çalışanların hekimler tarafından sağlık muayenelerinin yapılması ile meslek hastalıklarının tespiti ve bunların kayıtlara geçirilmesi önem kazanmaktadır.

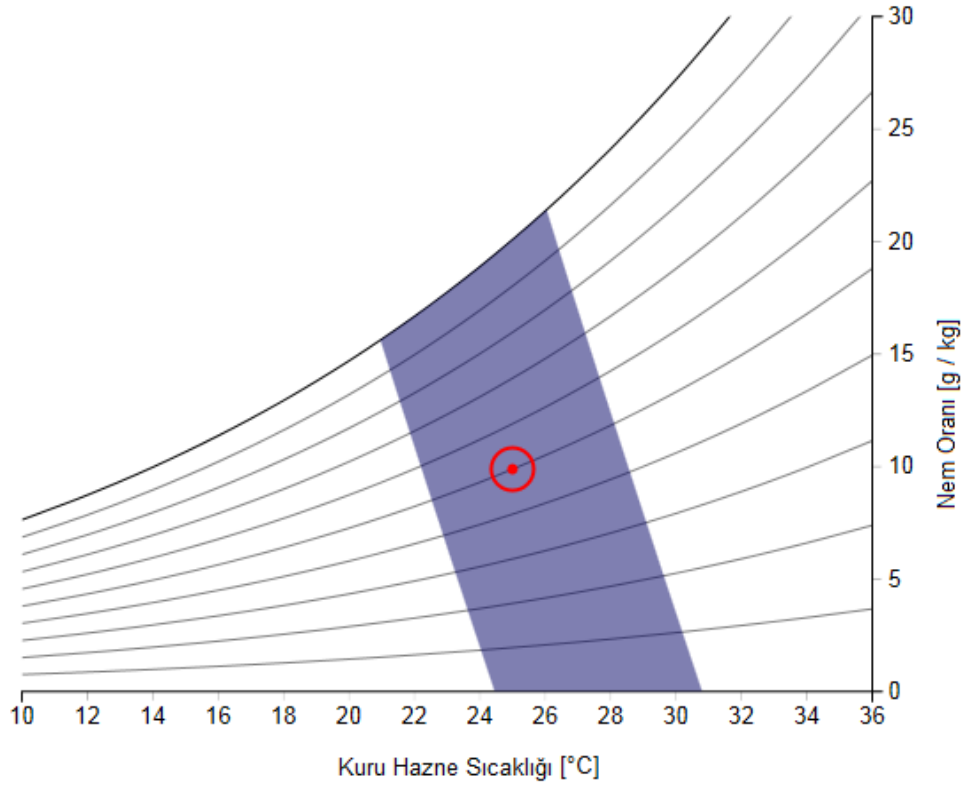
## **BULGULAR**

### **TERMAL KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRME**

ASHRAE standartlarına göre ideal şartlar için ortam sıcaklığının 20 – 25.5 °C, neminin ise % 30 - 60 arasında olması gerekmektedir. Vücut yüzey alanı, üzerimize giydiğimiz kıyafetler ve günlük yapılan aktiviteler de termal konforu etkilemektedir. Oturur durumda ve ayaktaiken vücut sıcaklığı değişmektedir. Örneğin vücut sıcaklığı ayağa kalkma durumunda 0.85 °C, ortamda sakince dolaşma durumunda ise 3.5 °C artış göstermektedir.

Uygun termal konfor şartlarının sağlandığı örnek bir çalışma ortamına ait değerler şekilde gösterilmektedir (Şekil 6). Grafiklerde, ölçümler sonucunda işletmelerde sağlanması gereken konfor aralığı değerleri mavi renkle taranmış, işletmelere ait ölçüm sonuçları ise kırmızı renk ile ifade edilmiştir.

İncelenen her üç işletmede de çalışma ortamı sıcaklık değerleri, gün boyunca döküm ocaklarının çalışır durumda olmalarından dolayı belirgin değişim göstermemektedir. Özellikle kalıp hazırlama, eriyik metalin ocaktan kalıba taşınması döküm, dökülen parçaların temizleme aşaması öncesinde taşınması gibi işlemler de yine nispeten metabolik hızı artıran faaliyetler olarak gözlenmiştir.



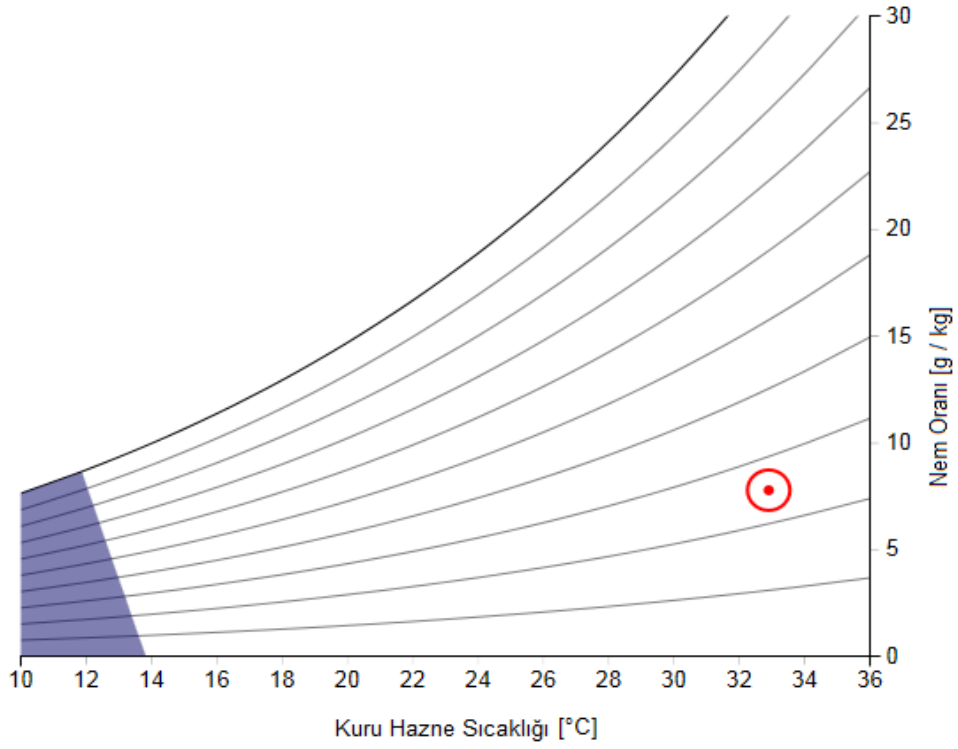
**Şekil 16. Termal konfor aralığı**

### İŞLETME 1 ÖLÇÜM SONUÇLARI

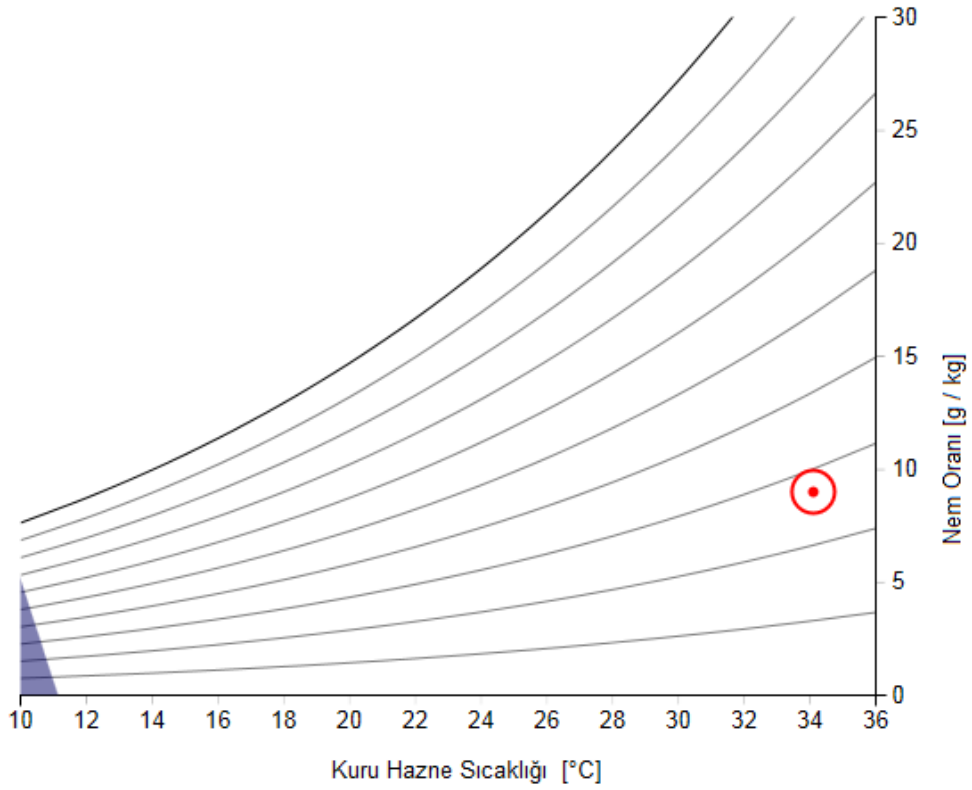
İşletme 1 içerisinde, model, maça, kalıp hazırlama işlemleri ve döküm işlemi aynı alan kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle atölye içerisinde gün boyunca sıcaklık değişimi, yalnızca döküm öncesi ve döküm sonrası aşamalarında kayda değer farklılık göstermektedir. Dökümü yapılan ürünün temizleme işlemi, işletmenin farklı bir alanında yapıldığı için, ayrı olarak değerlendirilmiştir (Tablo 16).

**Tablo 16. İşletme 1 ölçüm sonuçları**

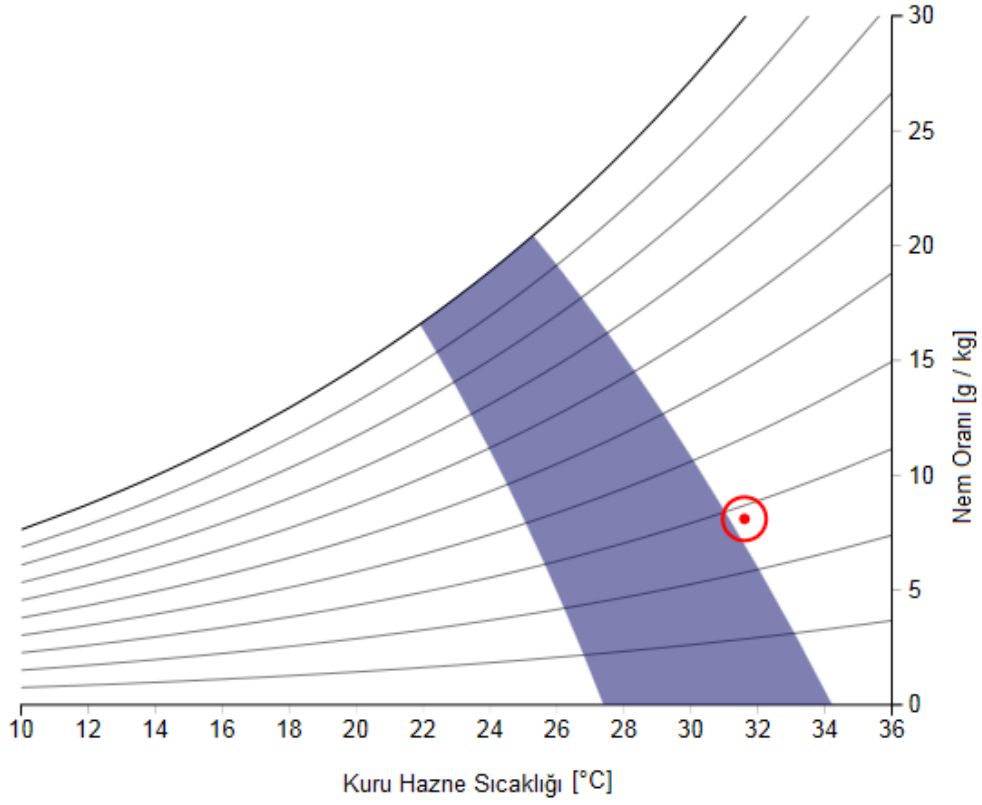
	<b>Döküm öncesi</b>	<b>Döküm esnasında</b>	<b>Temizleme bölümü</b>
<b>Sıcaklık (°C)</b>	32.8	34.1	30.9
<b>Radyant Sıcaklık (°C)</b>	37.2	39.8	34.3
<b>Bağıl Nem (%)</b>	24	24	26
<b>Hava Akım Hızı (m/s)</b>	0.01	0.01	1.2
<b>Giysi Yalıtımı (clo)</b>	0.55	0.55	0.55
<b>Metabolik Hız (met)</b>	4.0	4.0	4.0



**Şekil 17. İşletme 1 döküm öncesi atölye içi termal konfor şartları**



**Şekil 18. İşletme 1 döküm esnasında atölye içi termal konfor şartları**



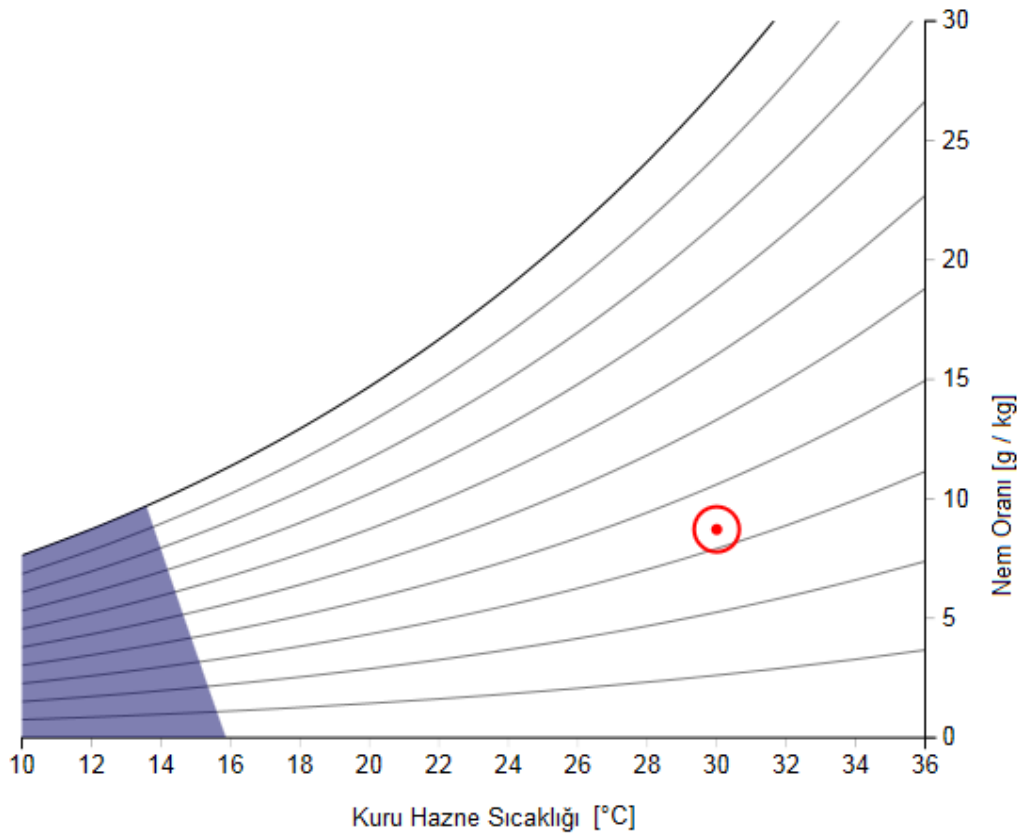
Şekil 19. İşletme 1 temizleme bölümü termal konfor şartları

## İŞLETME 2 ÖLÇÜM SONUÇLARI

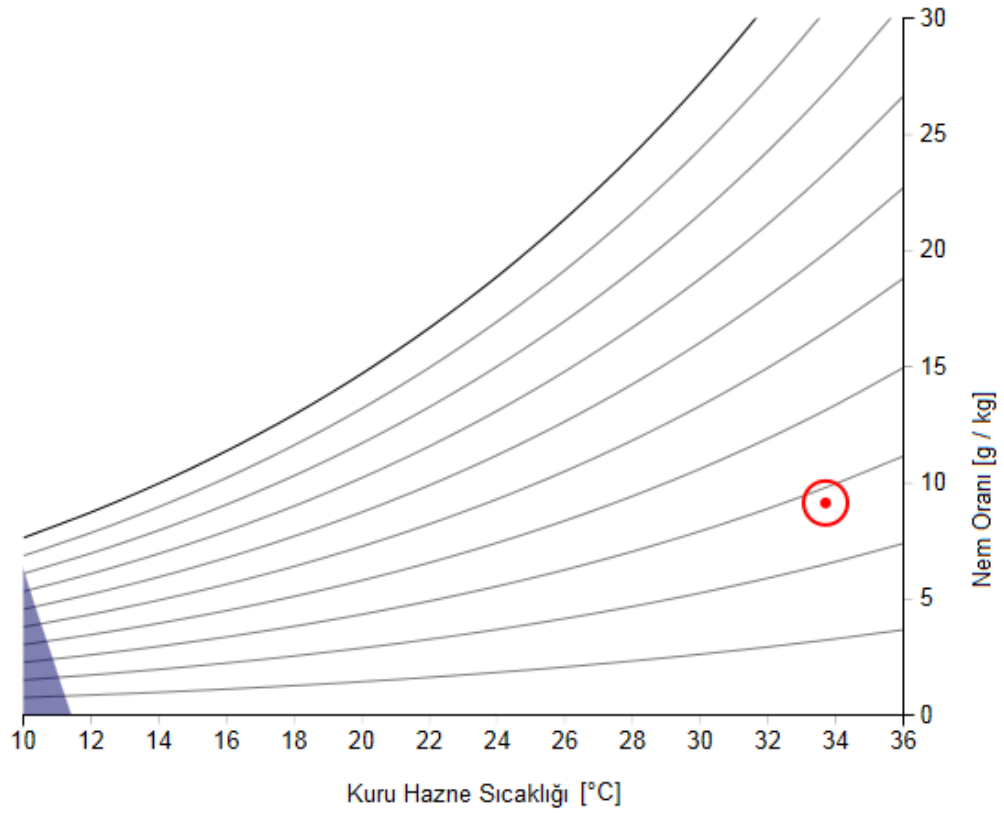
İşletme 2 içerisinde tüm işlemler ortak alan içerisinde gerçekleştirilmektedir. İşletme 1'den farklı olarak ocağın toprak zemin içerisine yerleştirildiği bu işletmede, ocak yakınında ve atölye içinde ölçülen ortalama sıcaklıklar kayda değer farklılık gösterdiğinden ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. İşletme 2 ölçüm sonuçları

	Döküm esnasında atölye	Döküm esnasında ocak yakını
Sıcaklık (°C)	30.1	33.9
Radyant Sıcaklık (°C)	34.7	44.5
Bağıl Nem (%)	28	27
Hava Akım Hızı (m/s)	0.03	0.02
Giysi Yalıtımı (clo)	0.55	0.55
Metabolik Hız (met)	4.0	4.0



**Şekil 20. İşletme 2 döküm esnasında atölye içi termal konfor şartları**



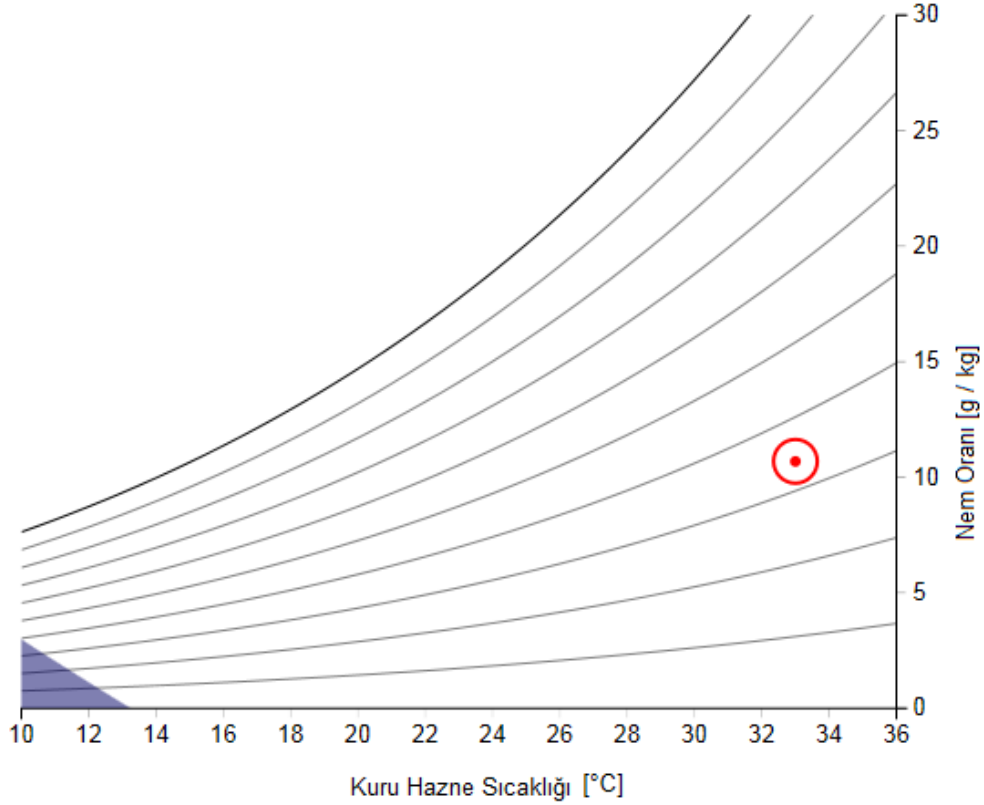
**Şekil 21. İşletme 2 döküm esnasında ocak yakınında termal konfor şartları**

## İŞLETME 3 ÖLÇÜM SONUÇLARI

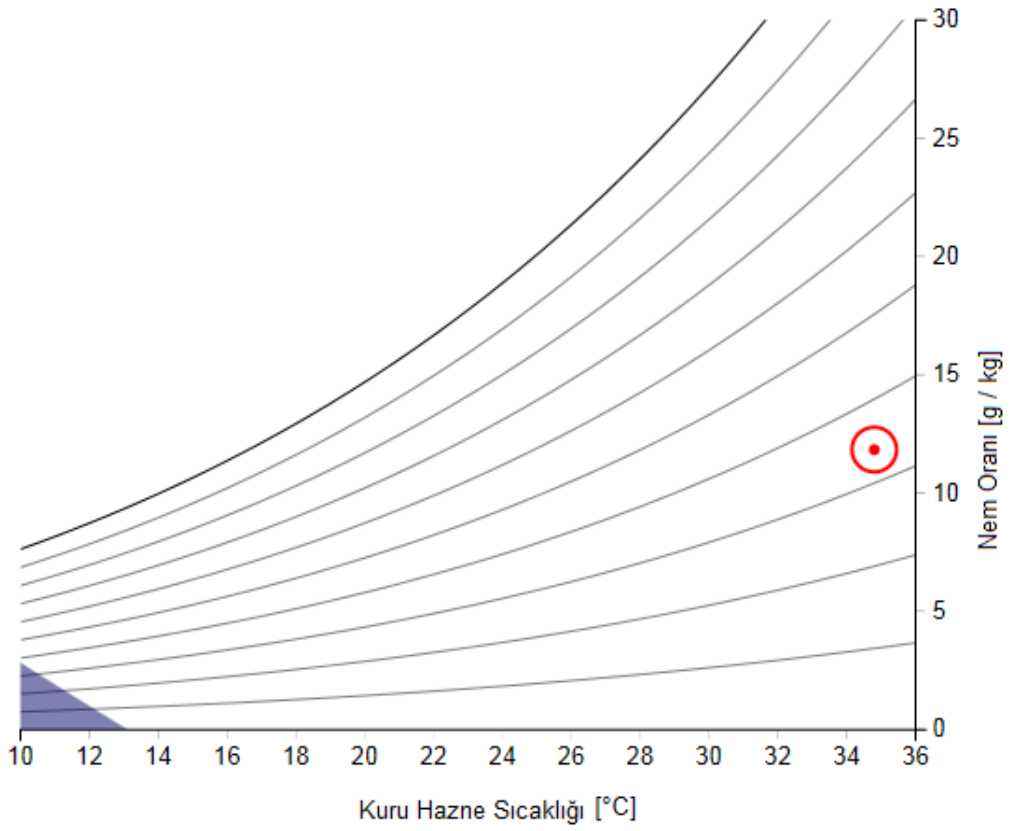
İşletme 3 içerisinde kalıp hazırlama, döküm ve temizleme işlemlerinin gerçekleştirildiği alanlarda yapılan ölçümlerde belirgin sıcaklık farkı gözlenmiş, bu nedenle her alan bağımsız olarak değerlendirilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. İşletme 3 ölçüm sonuçları

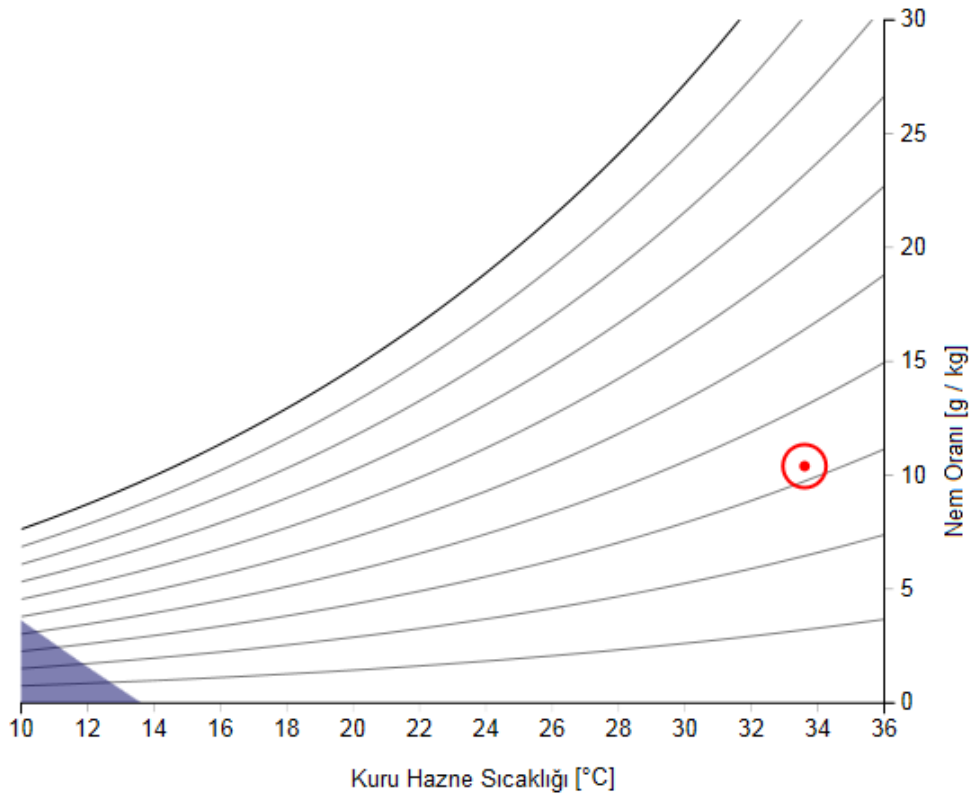
	Kalıp hazırlama	Döküm esnasında	Temizleme bölümü
Sıcaklık (°C)	33.0	34.8	33.6
Radyant Sıcaklık (°C)	35.7	36.2	35.4
Bağıl Nem (%)	34	34	32
Hava Akım Hızı (m/s)	0.3	0.3	0.3
Giysi Yalıtımı (clo)	0.6	0.6	0.6
Metabolik Hız (met)	4.0	4.0	3.8



Şekil 22. İşletme 3 kalıp hazırlama esnasında termal konfor şartları



**Şekil 23. İşletme 3 döküm esnasında termal konfor şartları**



**Şekil 24. İşletme 3 temizleme esnasında termal konfor şartları**



## TARTIŞMA

SGK İstatistikleri incelendiğinde, iş kazası sayısının çok büyük bir bölümünü ana metal sanayi faaliyet grubunun oluşturduğu; yine iş kazaları sebeplerine göre incelendiğinde normal sınırlar dışındaki ısılarla maruz kalmadan kaynaklı kazaların toplam iş kazası sayısı içinde büyük bir yüzdeyi oluşturduğu gözlenmektedir (Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7).

Çalışma ortamındaki sıcaklık değerlerinin çalışanların çalışma gücünü azalttığı herkesçe bilinen bir gerçektir. Ortam sıcaklığının çalışanlar üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada, yapılan işin ağır olmasının ve ciddi fiziksel efor gerektirmesinin, vücudun ürettiği ısı oranını artırdığı ve ısının vücuttan dışarıya atılmasını güçleştirdiği; ısının çalışanın vücudunda birikmesi ile kişide fiziksel ve zihinsel çalışma isteğinin azaldığı, yorgunluk belirtilerinin başladığı ve çalışma gücünün gittikçe zayıfladığı belirlenmiştir. Aynı araştırmaya göre aşırı sıcak ortamlarda çalışanlarda; midede kramp tarzında ağrı, gözde kızartı ile beliren tahriş, hırıltılı nefes alma, öksürük, deride yanıklar, ışıktaki görememe, boğaz ağrıları ve balgam çıkarma gibi belirtiler ortaya çıkmıştır [16].

Çalışma ortamının sıcaklığı ile küçük çaplı kazaların meydana gelme sıklığına yönelik olarak yapılan bir araştırmanın sonuçları, ortalama değerdeki sıcaklıklarda çalışanların kazaya uğrama oranlarının düşük olduğunu, ortalama sıcaklıkta artma veya azalma olduğunda kaza oranlarında da artış ve azalış olduğunu ortaya koymuştur [17].

Döküm sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde gerçekleştirilen bu çalışmada, çalışma ortamı termal konfor şartları ve normal sınırların dışındaki ısılarla maruz kalarak çalışmanın, çalışanlar üzerindeki termal rahatsızlığa etkileri araştırılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, tüm işletmeler için çalışma ortamı koşullarının, termal konfor şartlarından oldukça uzak olduğu gözlenmiştir.

Ölçümler esnasında her üç işletme içerisindeki sıcaklık değerlerinin 30.1 – 34.8 °C aralığında yer aldığı; üretimin gün boyu devam etmesinden dolayı ocakların sürekli olarak çalışır durumda olduğu, bu nedenle sıcaklık değerlerinde büyük değişimlerin gerçekleşmediği (< 1.5 °C) gözlenmiştir. Yüksek ortam sıcaklığının dışında termal konforsuzluğa neden olabilecek en belirgin etken ise yüksek metabolik hızlarda çalışmadır. Özellikle kalıp hazırlama, temizleme gibi ağır malzemelerin elle kaldırılmasını gerektiren işlemler, metabolik hızın artmasına sebep olmakta, dolayısıyla termal konforsuzluğun oluşmasına etki eden parametreler olarak gözlenmiştir.

Singh, Bhardwaj ve Deepak tarafından Hindistan'daki döküm atölyelerinde ısı ve gürültü maruziyetini ölçmek amacıyla gerçekleştirilen benzer çalışmada da, bu araştırmada elde edilen sonuçlara yakın WBGT indeks değerlerinin gözlendiği (32.2 – 37.3) kaydedilmiştir. Singh ve ark. , kalıp kumunun kürekle kalıba aktarılması, metalin dökümü, döküm sonrası taşıma işlemleri gibi nispeten yüksek metabolik hız gerektiren işlemleri gerçekleştiren çalışanların, ısı stresine daha yatkın olduğunu belirtmiştir [18].

## SONUÇLAR

Döküm sektörü, içerdiği prosesler, kullanılan ekipmanlar, malzemeler ve gerektirdiği fiziksel iş yükünden dolayı iş kazalarının ve meslek hastalıklarının sık olarak gözlendiği sektörlerden biridir. Döküm sektöründe çalışanların ısı ortamlara maruziyetlerinin ve çalışma ortamı termal konfor şartlarının incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar, uluslararası literatürde yer alan standart değerler ile karşılaştırılarak, maruziyet kaynağı ve çalışma ortamında alınması gereken önlemler belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, alüminyum dökümü yapan işletmelerdeki konforsuzluğun ve çalışanlar üzerinde yüksek sıcaklıktaki çalışma ortamından kaynaklı ısı baskısının ciddi boyutlarda olduğunu göstermiştir.

Alüminyum dökümü işlemi, yaklaşık 650 – 750 °C sıcaklık aralığında gerçekleşmektedir ve dökümü yapılan diğer metaller ile kıyaslandığında bu sıcaklık değerleri oldukça düşük sayılmaktadır. Dolayısıyla diğer metallerin döküm işlemlerinde karşılaşılabilecek ortamların, en az alüminyum dökümü kadar zorlu çalışma şartlarına sahip olacağı öngörülmektedir.

İşletmelerde ölçülen yüksek sıcaklık değerleri, ACGIH tarafından tavsiye edilen ve TS EN 27243 standardında da yer alan (Tablo 15) referans maruziyet değerleri ile kıyaslandığında, referans değerlerin oldukça üzerinde oldukları ve durumun çalışanların sağlığı için tehlike arz ettiği görülmektedir. Bu maruziyetin önlenmesi veya en aza indirgenmesi için yapılması gerekenler; genel önlemler, havalandırma önerileri, radyant ısıya karşı korunma önerileri ve çalışma / dinlenme programı adı altında dört ana başlık halinde aşağıda sunulmuştur.

## GENEL ÖNLEMLER

### Tehlikenin tanımı

Özel koşullarda ortaya çıkan riskler:

- a) Sıcaklığın veya nemin alışılmadık düzeyde yüksek olması,
- b) Çalışanların yüksek radyant ısıya maruz kalması,
- c) Yüksek çalışma hızı ve kişisel koruyucu donanımların bileşimi sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklık veya nem,
- d) Düşük sıcaklıkta yüksek hava akım hızlarına (>5 m/s) maruz kalma,
- e) Çıplak elle sıcak nesnelere temas ederek uzun süreli çalışma.

### Risk değerlendirme

1. Eğer çalışanlar yukarıda sayılan koşulların tamamına ya da bazılarına maruz kalıyorlarsa ve tehlike önlenemiyorsa, işveren aşırı yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan tehlike ve riskleri değerlendirmelidir. Belirlenen tehlikeleri ortadan kaldırmak veya çalışanlar üzerindeki etkilerini azaltmak için gerekli kontrol tedbirleri belirlenmelidir.
  2. Çalışanların sıcak ortam koşullarına alışabilmeleri için gerekli zaman tanınmalıdır.
  3. Termal çevre değerlendirmesinde çalışma ortamındaki tehlikeli maddelerle çalışmadan kaynaklanan riskler de dikkate alınmalıdır.
    - a) Isı stresini ve termal konforsuzluğu artırmasından dolayı, tehlikeli maddelere karşı kullanılan kişisel koruyucu donanımları daha az kullanılır hale getiren sıcak bir ortamın oluşması ve risklerin azaltılması için işler yeniden yapılandırılmalıdır.
      - Tehlikeli maddelere maruziyetin azaltılması ile kişisel koruyucu donanım kullanımına ihtiyacın azaltılması,
      - Belirli aralıklarla yapılan işin değiştirilmesi ile sıcak ortamlarda geçirilen sürenin azaltılması,
      - Dinlenme aralıklarının ve görev yeri değişikliği sayılarının artırılması,
- benzeri müdahaleler buna örnek olarak verilebilir.

2. Tehlike ve risklerin analiz edilmesinde işveren;
  - a) İşyerinin farklı kısımlarında benzer işlerin yapıldığı noktalardaki ölçümler ile karşılaştırmalar yapmalı,
  - b) Bu mümkün değilse ölçümlerin uygun ve kalibreli cihazlar ile yetkin kişilerce yapılmasını sağlamalı,
  - c) Uygulanması gereken maruziyet standartları ile ilgili iş sağlığı ve güvenliği danışmanlığına başvurmalı,

### **Kontrol Stratejileri**

#### **a) Eğitim ve bilgilendirme**

1. Sıcak ortamlara maruz kalarak çalışma durumunda olan çalışanlar ve yöneticileri;
  - a) Isı stresi veya hipotermiye yol açabilecek belirtiler, gerçekleşmemesi için alınacak tedbirler veya gerçekleşmesi durumunda yapılması gerekenler,
  - b) İlk yardım ve kurtarma,
  - c) Yüksek veya düşük sıcaklıklarda kaza riskinin arttığı durumlarda yapılması gerekenler,

konusunda eğitilmelidir.

#### **2. Çalışanlar;**

- a) Sıcak ortamlarda çalışmalarını için fiziksel uygunluklarının önemi,
- b) Terleme ile kaybedilen miktarda sıvı, tuz, potasyum ve diğer elementlerin tekrar vücuda kazandırılması amacıyla tüketilmelerinin önemi,

konusunda bilgilendirilmelidir.

#### **b) İzolasyon, yerine koyma ve mühendislik kontrolleri**

1. Risk değerlendirmesi sonucunda çalışan, ısı stresi veya hipotermi riski taşıyorsa; işveren, mümkünse ortam koşulları altında çalışma gereksinimini ortadan kaldırmalı, değilse yüksek sıcaklıklardan kaynaklanan riski azaltmak için tedbirler almalıdır.

2. Çalışanların sıcak yüzeylerin yakınında bulunarak radyant ısıya maruz kalmaları durumunda;
  - a) Diğer işlere zarar vermeyecek şekilde çalışanların bulunduğu konum ile sıcak yüzeyler arasındaki mesafe artırmalıdır,
  - b) Bu mümkün değil ise, sıcak yüzeylerin oluşmasına sebep olan işletme sıcaklıkları, yüzeylerin yalıtılması veya ısı emisyonunu azaltacak mühendislik önlemleri ile düşürülmelidir.
3. Yüzey sıcaklığının düşürülmesinin mümkün olmadığı durumlarda çalışanlar;
  - a) Çalışma konumları ve sıcak yüzey arasında, düşük iletkenliğe ve yüksek yansıtıcı özelliğe sahip radyasyon bariyerlerinin konulması ve temiz vaziyette tutulması,
  - b) Uygulanabiliyor ise sıcak yüzeylerin su ile soğutulması,
  - c) Taşınabilir yansıtıcı paravanların kullanımı,
  - d) İşlemlerin uzaktan kontrol edilebilir hale getirilmesi,ihtimallerini değerlendirmeli ve uygulanabilir olanları çalışma ortamlarına uyarlamalıdır.
4. Yapılan risk değerlendirmesi sonucu yüksek sıcaklıktan dolayı sağlıksız veya konforsuz şartların oluştuğu belirlenmişse; işveren, havalandırma veya hava soğutma işlemleri gibi hava sıcaklığını azaltacak araçları kullanmalıdır.
5. İşverenler, kapalı alanlar ve bölgelerin havalandırma sistemlerinin tasarımı için özellikle dikkatli olmalıdır. Risk altında çalışanlar için gerektiği durumlarda tehlikeli bölgeden uzaklaştırılmaları için yeterli denetim sağlanmalıdır.
6. Eğer ortaya çıkan riskin bir kısmı metabolik ısı üretiminden kaynaklanıyorsa ve riski azaltmak mümkün değil ise; işverenler, çalışanların belirli aralıklarla dinlenmelerini sağlayacak şekilde dinlenme zamanları planlamalıdır. Dinlenme süreci ihtiyaca göre çalışma ortamında veya daha soğuk ortam şartlarına sahip odalarda geçirilmelidir. Çalışanlar için gerekli dinlenme süreleri konusunda uzman desteği alınmalıdır. İşverenler, sıcak ortamlarda çalışanların iş yüklerini ve fiziksel streslerini azaltacak, mekanik yardım sağlayacak ekipmanları çalışma ortamında bulundurmamalıdır.

7. Dinlenme süreleri de dahil olmak üzere termal riski kontrol altına alacak metotlar uygulanamıyorsa, çalışanlar koruyucu kıyafet kullanmalıdır. Uygun koruyucu kıyafetin seçiminde aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:
  - a) Isı kazancı yoğun olarak radyasyondan kaynaklanıyorsa yansıtıcı özelliğe sahip koruyucu kıyafetler,
  - b) Yüksek radyant ısı ve sıcak havaya aynı anda maruz kalınıyor ise yansıtıcı yüzeylere ve ısı yalıtımına sahip koruyucu kıyafetler (çalışanın rahat hareket etmesini engellemecek şekilde),
  - c) a ve b maddelerine olası bir tamamlayıcı olarak diğer durumlarda hava, su veya buz soğutmalı koruyucu kıyafetler, tercih edilmelidir.
8. Koruyucu kıyafetteki olası bir deformasyon, çalışanın yüksek sıcaklıklara maruz kalmasına neden olacaksa, koruyucu kıyafet yetkin kişiler tarafından ortam şartları da dikkate alınarak düzenli aralıklar ile kontrolden geçirilmelidir. Mümkün ise deformasyonun oluşmasının en kısa sürede fark edileceği ve çalışanın derhal ortamdaki uzaklaştırılacağı bir sistem geliştirilmelidir.
9. Çalışanların yeterli sıvı desteğini almaları adına, işverenler mümkün ise gerekli elektrolitleri de içecek su ve içeceklerin uygun ortamlarda bulundurulmasını sağlamalıdır.
10. Tüm kontrol tedbirlerine rağmen hala bir miktar ısı stresi riski mevcut ise, çalışanlarda belirtilerin gözlenmesi durumunda ortamdaki uzaklaştırılmaları konusunda yeterli denetim sağlanmalıdır. İşverenler acil durumlarda müdahale edebilecek donanıma sahip personelin işyerinde bulunmasını sağlamalıdır.
11. Çalışanların sıcak ortamdaki uzaklaştırılmaları gerektiğinde, ani olarak sıcaklık düşüşüne (özellikle soğuk hava akımı veya rüzgara) maruz kalmamaları için dikkat edilmelidir.

## HAVALANDIRMA ÖNERİLERİ

Isı kontrolü için havalandırma lokal aspirasyonla veya genel olarak yapılabilir.

1. Aspirasyonlu havalandırma: Isı kaynağını kısmen kapatmanın olası olduğu durumlarda fazla ısı, fazla nem veya her ikisinin de yok edilmesi için kullanılabilir. Bazı ocaklarda doğal çekiş veya cebri çekiş ısı fazlasının işyerine girmesini önleyebilir.
2. Genel havalandırma: Lokal havalandırma sistemlerinin uygulanmadığı durumlarda ısı kontrolünde kullanılır. Bu sistemin temeli yeterli miktarda uygun sıcaklıkta yeterli bağıl nemi içeren ve kirleticilerden arınmış temiz havanın çalışanların bulunduğu ortama temin edilmesidir.

Uygulamada, genel havalandırma bile normal koşullarda (ör. yüksek ısı ve nem kaynaklarının, hava kirleticilerinin olmadığı bölümlerde) işyerinin büyüklüğüne, çalışan kişilerin sayısına ve yapılan işin temizliğine bağlı olarak değişir. Buna rağmen normal koşullardaki işyerleri için de aşağıdaki değerler önerilebilir (Tablo 19) [19].

**Tablo 19. Fiziksel iş yoğunluğuna karşılık sağlanması gereken hava miktarları**

Bölümdeki çalışanların çoğunluğunun yaptığı fiziksel iş	Kişinin saatte ürettiği toplam metabolik ısı (kcal/saat)	Kişi başına sağlanması gereken hava hacmi (m <sup>3</sup> /saat)
Çok hafif	120	25
Hafif	120 – 170	30
Vasat	170 – 220	35
Ağır	220 – 270	40
Çok ağır	270'den az	50



## **RADYANT ISIYA KARŞI KORUNMA ÖNERİLERİ**

Radyasyon, iletimi için maddesel ortam gerekmeyen bir ısı enerjisi olduğundan, bunu havalandırma ile kontrol etme olanağı yoktur ya da oldukça azdır. Radyant ısıdan korunmanın iki yolu vardır:

1. Radyasyon siperi kullanmak
2. Sıcak cisimlerin yüzeylerini ışımaya özelliği zayıf maddelerle boyamak veya kaplamak

Radyasyon siperleri doğrudan kontrol edilmeyen, erimiş maden veya cam külçeleri gibi maddeler kullanılır. Bu siperler madeni levha (alüminyum folyo, alüminyum levha gibi) paravan gibi radyant ısı kaynağı ile çalışanların arasına yerleştirilen koruyuculardır. Esas olarak siperler, gelen radyant ısının büyük bir kısmını yansıtarak çalışana gelmesini önler ve absorbladığı radyant ısının ancak bir kısmını çalışana doğru yeniden yayar. Bunların yanı sıra, radyant ısıyı emen ve havalandırma yoluyla kontrol edilebilen konveksiyon ısısı cinsinden yayan ısı absorpsiyon siperleri de bulunmaktadır.

Isı radyasyonunun kontrolü için yeterli olabilecek bir metot da sıcak cisimlerin yüzeylerini düşük radyasyon parametrelili maddeler ile boyamak veya kaplamaktır. Bu metotun kullanılma prensibi de yine radyasyonu çalışandan uzaklaştırmaktır.

Aşağıdaki bazı siperleme ve kaplama materyellerinin etkinlikleri hakkında yaklaşık değerler verilmiştir (Tablo 20) [20].

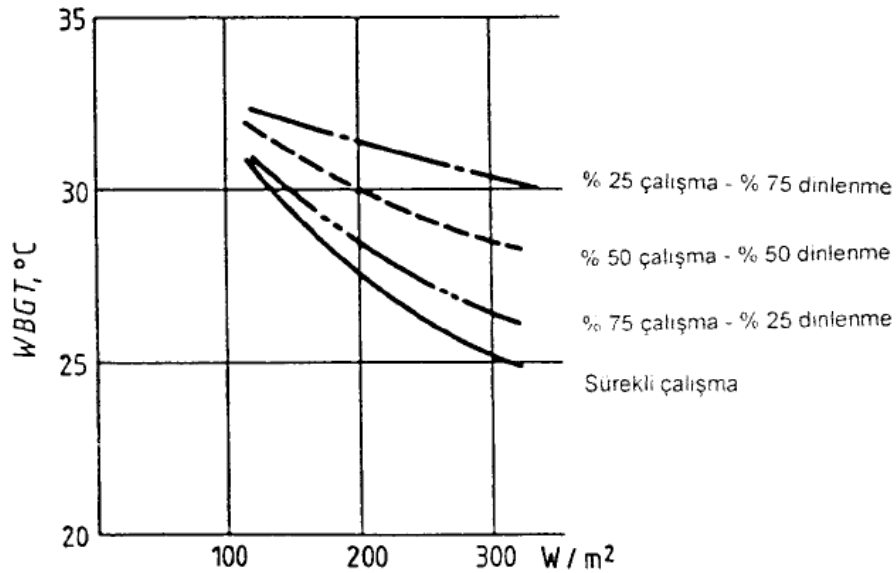
**Tablo 20. Yaygın olarak kullanılan siperleme maddelerinin yeterlik dereceleri**

Siperin yüzeyinin yapıldığı madde	Siper üzerine düşen radyant ısının yansım oranı (%)	Siperden çalışma ortamına geçen radyant ısı (%)
Alüminyum (parlak)	95	5
Çinko (parlak)	90	10
Alüminyum (okside)	84	16
Çinko (okside)	73	27
Alüminyum boya (yeni, temiz)	65	35
Alüminyum (boya, kirli)	40	60
Demir levha	45	55
Demir levha (okside)	35	65
Tuğla	20	80
Lak (siyah)	10	90
Lak (beyaz)	10	90
Asbest levha	6	94

## ÇALIŞMA VE DİNLENME PROGRAMI

Tüm kontrol tedbirlerine rağmen hala bir miktar ısı stresi riski mevcut ise, çalışanlarda belirtilerin gözlenmesi durumunda ortamdaki uzaklaştırılmaları konusunda yeterli denetim sağlanmalıdır. İşverenler acil durumlarda müdahale edebilecek donanıma sahip personelin işyerinde bulunmasını sağlamalıdır.

Çalışma ve dinlenme çevrimleri için belirlenen WBGT referans değerleri için eğriler, dinlenme için ayrılmış yerdeki WBGT değerinin, çalışma ortamındaki WBGT değerine eşit veya ona yakın olduğu varsayımı üzerine çizilir (Şekil 15). Bu eğriler, çalışma / dinlenme çevrimleri değiştirilerek için yeniden düzenlenmesinde kullanılabilir [15].



Şekil 25. Çalışma / dinlenme eğrileri

Aynı zamanda bir çalışanın yeterli bir zaman boyunca belirlenen bir ortama maruz kalması durumunda, onun toleransını artırmak amacıyla bir fizyolojik uyum süreci uygulanabilir. Alıştırılmış çalışan, alıştırılmamış çalışana kıyasla aynı ısı baskısı için daha az bir fiziksel zorlanma gösterir. Bu çeşitli alıştırma, ya bir alıştırma odasında tekrarlanan kontrollü maruz kalma yardımıyla yapay olarak veya önce kısa zaman dilimleri ve daha sonra gittikçe artan uzun zaman dilimleri için kişinin işiyle ilgili çalışma yapan kimse tarafından doğal olarak elde edilebilir.

Alıştırılmış ve alıştırmamış çalışanlar için çalışma/dinlenme çevrimleri, WBGT'nin ve Tablo 15'deki referans değerlerinin tahmin edilmesiyle belirlenir. Alıştırılmama durumundan alıştırmaya durumuna çalışma zaman dilimi süresindeki artış, 7 günlük bir zaman dilimi boyunca derece derece olmalıdır.

İnsan vücudu, yaşamsal organların fonksiyonlarının zarar görmemesi için, çevresel şartlar ne olursa olsun vücut iç sıcaklığını 36.8 °C'de tutmak için fizyolojik denetim mekanizmalarına sahiptir. İnsan vücudundaki ısı düzenleyici mekanizma her ne kadar ısı dengesi sağlamaya çalışsa da, ısı çalışma ortamı kaynaklı sağlık sorunlarını en aza indirmek için, binaların ve çalışma ortamlarının uluslararası ısı konfor standartlarına göre düzenlenmesi ve inşa edilmesi gerekmektedir. Böylelikle insanda bedensel ve zihinsel olarak bir verim artışı sağlanacaktır.

Ortam koşullarının belirlenmesine yönelik çalışmalarda ilk adım ortam ölçümlerinin tekniğine uygun ve düzenli olarak yapılmasıdır. Objektif verilere dayalı değerlendirmeleri desteklemek amacıyla sübjektif değerlendirme ölçekleri de hesaba katılmalı, elde edilen sonuçlar uluslararası kabul gören kuruluşların yayınladığı referans değerlerle kıyaslanarak, maruziyet sınırlarının aşıldığı alanlar ile ilgili olarak koruyucu ve önleyici tedbirler alınmalıdır. Teknik anlamda alınacak önlemlere ilave olarak yaş, cinsiyet, sağlık durumu gibi kişisel özellikler, bedensel aktivite düzeyi dikkate alınarak işe giriş ve düzenli kontrol muayenelerinin ayrıntılı olarak yapılması, beslenmenin yapılan işe göre düzenlenmesi, sağlık eğitimi, çalışanlarda ısıya alıştırmaya sağlanması, çalışma saatlerinin düzenlenmesi, ortama uygun kıyafet kullanılması sayılabilir.

Yürürlükteki mevzuat, iş sağlığı ve güvenliği konusunda sürekli olarak gelişimi ve iyileştirmeyi benimsemektedir. Bu nedenle yasal sınırların üzerine çıkılmasa dahi, çalışma ortamında bulunan risk faktörlerinin çalışanlar üzerindeki olumsuz etkilerini yok etmek veya azaltmak için, ölçüm sonuçlarının yapılacak risk değerlendirmelerinde dikkate alınması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. 2013 Yılına Girerken Mevcut Durum. Türkiye Döküm Sanayi Rehberi 2013; 8-20.
- [2] Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. 2012 Yılına Girerken Mevcut Durum. Türkiye Döküm Sanayi Rehberi 2012; 4-8.
- [3] T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. Türk Döküm Sektörü. Türkiye Sanayi Sektörleri 2011 Yılı Değerlendirmesi 2011.
- [4] United Nations. International Standard Industrial Classification of All Economic Activities - Revision 4. Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division. Statistical papers. Series M No.4/Rev4. 2008; 49-50.
- [5] European Commission. Statistical Classification of Economic Activities in the European Community NACE Rev.2. Eurostat Methodologies and Working Papers. 2008; 68-69.
- [6] Aran A. Döküm Teknolojisi İmal Usülleri Ders Notları. İTÜ Makine Fakültesi 2007; 6-100.
- [7] Sosyal Güvenlik Kurumu. SGK İstatistik Yıllıkları. 2012 Yılı SGK İstatistikleri. [www.sgk.gov.tr](http://www.sgk.gov.tr)
- [8] Uçan R, Arslan H, Ürü Z. Döküm Fabrikalarında İş Sağlığı ve Güvenliği Önlemleri: Örnek Vaka Çalışmaları. TMMOB VI. Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi. 21-23 Nisan 2011, Adana, Türkiye.
- [9] Yıldız A N, Bilir N. Sıcak Çalışma Ortamının Subjektif Olarak Değerlendirilmesi. Toplum Hekimliği Bülteni Mayıs – Ağustos 2007; Cilt 26: Sayı 2.
- [10] OSHA. Protecting Workers From The Effects of Heat. OSHA Fact Sheet. 2011. [www.osha.gov](http://www.osha.gov)
- [11] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Hissedilen Sıcaklık. Nemin Etkisi. <http://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=hissedilensicaklik>

- [12] ASHRAE. ANSI/AHSRAE Standard 55-2010 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE Publications 2010.
- [13] Fanger PO. Calculation of thermal comfort: Introduction of a basic comfort equation. ASHRAE Transactions 1967; 73 (2): III4.1-III4.20
- [14] Berkeley University. Thermal Comfort Tool. Center for the Built Environment. [www.smap.cbe.berkeley.edu/comforttool](http://www.smap.cbe.berkeley.edu/comforttool)
- [15] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 27243 – Sıcak Ortamlar – WBGT İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini. 2002.
- [16] Spor Y. Bir Cam Fabrikasında Çalışan İşçilerde Sıcaklığın Oluşturduğu Sorunlar: I (Fizik ve Fizyolojik). 22. Ulusal Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Kongresi. 29 Ekim - 1 Kasım 1986. İzmir
- [17] Edwin EG, Brown CW. Personel and Industrial Psychology, McGraw-Hill Book Company. USA. 1955; s.351
- [18] Singh LP, Bhardwaj A, Deepak KK. Occupational exposure in small and medium scale industry with specific reference to heat and noise. Noise Health 2010;12:37-48
- [19] ASHRAE. Comfort Applications. ASHRAE HVAC Applications Handbook. ASHRAE Publications 2007; Chapter 12.
- [20] Taşyürek M. Termal Konfor – İşyeri Ortamında Olağandışı Sıcaklıklar – II. Çalışma Ortamı Dergisi. Sayı 73. Mart – Nisan 2004;10-15
- [21] ASHRAE. Thermal Comfort, Indoor Environmental Health. ASHRAE Fundamentals. ASHRAE Publications 2009; Chapter 9, Chapter 10.
- [22] International Organization for Standardization. ISO 7730:2005 - Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO Publications 2005.
- [23] Charles KE. Fanger's Thermal Comfort and Draught Models, IRC Research Report RR-162, Institute for Research in Construction National Research Council of Canada; 2003
- [24] Öner E, Okur A. Materyal, Üretim Teknolojisi ve Kumaş Yapısının Termal Konfora Etkileri. Tekstil ve Mühendis Dergisi; Yıl 17, Sayı 80: 20-29.
- [25] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. Metal Sektöründe Çalışan İşçilerin Çalışma Koşullarının İyileştirilmesi Programlı Teftişi Sonuç Raporu 2011.

- [26] Ekici C. PMV Metodu ile Isıl Konfor Ölçümü ve Hesaplanması. 8. Ulusal Ölçümbilim Kongresi. 26-28 Eylül 2013. Gebze, Kocaeli.
- [27] Atmaca İ, Yiğit A. Isıl Konfor ile İlgili Mevcut Standartlar ve Konfor Parametrelerinin Çeşitli Modeller ile İncelenmesi. 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi. 6-9 Mayıs 2009.
- [28] T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Döküm Sektörü Rehber Doküman. Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi 2009; 2-7.
- [29] Thermal Exposure. Guidelines for Workers Compensation Act and OHS Regulation. Guidelines Part 7. Division 4. 2005. www.worksafefbc.com
- [30] ILO. Code of Practice on Safety and Health in the Iron and Steel Industry. Sectoral Activities Programme. Geneva. 2005; 22-25.
- [31] Health and Safety Guidelines on the Management of Hazards in the Metal Casting Industry. 1997; 15-20. www.business.govt.nz
- [32] HSE. The Development of a Practical Heat Stress Assessment Methodology for Use in UK Industry. Research Report 008. United Kingdom. 2002.
- [33] Thermal Comfort. Thermal Booklet. INNOVA AirTech Instruments. 1997.
- [34] Thermal Comfort. WorkSafe ACT. Office of Regulatory Services. Australia. 2012.
- [35] Guideline for Thermal Stress. Workplace Safety & Health Division. Manitoba. 2007; 9-12.
- [36] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN ISO 7730 – Orta Dereceli Termal Ortamlar – PMV ve PPD İndislerinin Tayini Termal Rahatlık İçin Şartların Belirlenmesi. 2006.
- [37] Türk Standartları Enstitüsü. TS EN ISO 15265:2004 – Isıl Ortamın ergonomisi – Isıl Çalışma Ortamlarında Gerilme veya Huzursuzluğun Önlenmesi İçin Risk Değerlendirmesi Stratejisi. 2004.
- [38] Demir T. İmalat Yöntemleri Sunumu. 2009-2010.
- [39] Ay İ. Döküm Yolu İle İmalat. İmalat Yöntemleri I Ders Notları. Balıkesir Üniversitesi 2012; 1-25.
- [40] OSHA. Heat Stress Guide. Minnesota Department of Labour and Industry. Occupational Safety and Health Division. Ağustos 2012; 2-10.
- [41] Camkurt MZ. İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi. Ağustos 2007. Cilt: 20, Sayı: 6

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.</b> Türkiye metal döküm üretimi	3
<b>Tablo 2.</b> Döküm sektöründe faal Kuruluş Sayıları	4
<b>Tablo 3.</b> ISIC Rev.4 ile NACE Rev.2'nin detay bilgisi ve karşılaştırması	9
<b>Tablo 4.</b> Değişik malzemelerin erime ve döküm sıcaklıkları	15
<b>Tablo 5.</b> 5510 Sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalılardan işlemleri tamamlanan iş kazaları, meslek hastalıkları, sürekli iş göremezlik, ölüm vakaları ve standardize iş kazası oranlarının faaliyet gruplarına ve cinsiyete göre dağılımı, 2011	25
<b>Tablo 6.</b> 5510 Sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalılardan işlemleri tamamlanan iş kazaları, meslek hastalıkları vakaları sonucu toplam geçici iş göremezlik süreleri ile hastanede geçen günlerin faaliyet gruplarına ve cinsiyete göre dağılımı, 2011	25
<b>Tablo 7.</b> 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki aktif sigortalıların geçirdiği iş kazalarının kaza sebeplerine göre dağılımı, 2011	26
<b>Tablo 8.</b> Hissedilen sıcaklığa nemin etkisi	35
<b>Tablo 9.</b> Yüksek sıcaklığın insan vücuduna etkileri	35
<b>Tablo 10.</b> Dış ortamda hava akımının insan vücuduna etkisi	36
<b>Tablo 11.</b> Düşük sıcaklığın insan vücuduna etkisi	37
<b>Tablo 12.</b> Bazı günlük aktiviteler için metabolizma oranları	39
<b>Tablo 13.</b> Çeşitli giysi türleri ve yalıtım katsayıları	40
<b>Tablo 14.</b> 7 Noktalı termal konfor duyarlılık ölçeği	42
<b>Tablo 15.</b> Belirlenen bir duruma karşılık gelen referans değerler	48
<b>Tablo 16.</b> İşletme 1 ölçüm sonuçları	51
<b>Tablo 17.</b> İşletme 2 ölçüm sonuçları	53
<b>Tablo 18.</b> İşletme 3 ölçüm sonuçları	55
<b>Tablo 19.</b> Fiziksel işin yoğunluğuna karşılık sağlanması gereken hava miktarları	62
<b>Tablo 20.</b> Yaygın olarak kullanılan siperleme maddelerinin yeterlik dereceleri	64



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1. Alüminyum döküm üretiminin yıllara göre gelişimi	6
Şekil 2. Yıllara göre döküm sanayi istihdamı	8
Şekil 3. Model yapma aşaması	12
Şekil 4. Model örnekleri	13
Şekil 5. Kalıp hazırlama aşaması	13
Şekil 6. Metal eritme aşaması	15
Şekil 7. İşletme 1 döküm aşaması	16
Şekil 8. İşletme 2 döküm aşaması	17
Şekil 9. Saf bir metalin soğuma eğrisi	18
Şekil 10. Dökümün kalıptan ayrılması	19
Şekil 11. Aşındırma aşaması	20
Şekil 12. Aşırı ısıdan kaynaklanan ısı çarpmasının mekanizması	30
Şekil 13. Tahmini ortalama oy ile tahmini memnuniyetsiz kişi yüzdesinin değişimi	43
Şekil 14. Hava akım hızı ölçümlerinde ise Almemo Ahlborn 2390-5	46
Şekil 15. WBGT ve nem ölçümlerinde 3M Questemp 36	46
Şekil 16. Termal konfor aralığı	51
Şekil 17. İşletme 1 döküm öncesi atölye içi termal konfor şartları	52
Şekil 18. İşletme 1 döküm esnasında atölye içi termal konfor şartları	52
Şekil 19. İşletme 1 temizleme bölümü termal konfor şartları	53
Şekil 20. İşletme 2 döküm esnasında atölye içi termal konfor şartları	54
Şekil 21. İşletme 2 döküm esnasında ocak yakınında termal konfor şartları	54
Şekil 22. İşletme 3 kalıp hazırlama esnasında termal konfor şartları	55
Şekil 23. İşletme 3 döküm esnasında termal konfor şartları	56
Şekil 24. İşletme 3 temizleme esnasında termal konfor şartları	56
Şekil 25. Çalışma / dinlenme eğrileri	65

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler:**

**Adı-Soyadı:** Cihat İMANCI

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Ankara - 29/11/1984

**Askerlik Durumu:** Muaf

**Medeni Durumu:** Evli

### **İletişim Bilgileri:**

**Adres:** Ergenekon Mah. 140/1. Sok. 9/4 Yenimahalle/ANKARA

**İş tel:** 0 312 2571634 **Cep No:** 0 532 5842643

**E-mail:** cimanci@csgb.gov.tr

### **Eğitim Bilgileri:**

**Ortaokul - Lise:** Gazi Anadolu Lisesi 1996 - 2003

**Üniversite Lisans:** Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği 2003 - 2007

**Üniversite Yüksek Lisans:** Ankara Üniversitesi 2011 - (devam ediyor)

### **İş Deneyimi:**

- Tetra Teknolojik Sistemler Ltd. Şti., Satış-Teknik Destek Mühendisi (2007 - 2008)
- Nestle Türkiye Gıda San. A.Ş., Medikal Delege (2008 - 2009)
- AFS Boru Sanayi A.Ş., Kalite Kontrol Mühendisi (2010 - 2010)
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (İSGÜM), İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı (2010 - ...)

### **Yabancı Dil Bilgisi**

İngilizce (İyi seviyede yazma – okuma - konuşma)

## **EKLER**

**EK 1:** ISIL ÇALIŞMA ORTAMLARI İÇİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ REHBERİ

# EK 1: ISIL ÇALIŞMA ORTAMLARI RİSK DEĞERLENDİRMESİ REHBERİ

## 1. STRATEJİ

Isıl çalışma ortamları için risk değerlendirmesinin amacı, riskleri önlemek, ortadan kaldırmak ya da en azından azaltmaktır.

Günümüzde ısı olarak problemlili olan birçok çalışma ortamı bulunmaktadır ve tamamı için detaylı bir analiz gerçekleştirebilmek neredeyse imkansızdır. Detaylı bir analiz gerçekleştirmek aynı zamanda pratik bir uygulama da değildir, çünkü problemlerin çoğu yalnızca basit “gözlemler” ile de çözüme kavuşturulabilir niteliktedir. Ancak bazı durumlarda daha gelişmiş değerlendirme tekniklerini içeren detaylı bir “analize” veya bir “ekspertize” gereksinim duyulabilir. Bu nedenle uygulanacak strateji her biri farklı karakteristikte olan üç aşamadan oluşan kademeli bir yaklaşımı temel alır (Tablo 1).

Burada uygulanacak metot, bir problemin olup olmadığını, varsa ortadan kaldırmak veya etkisini azaltmak adına yapılabilecekler konusunda bilgi toplamak adına hazırlanmıştır.

**Tablo 1. Uygulanacak stratejinin üç aşamasının karakteristiklerinin karşılaştırılması**

Yöntemler	Aşama 1 “Gözlem”	Aşama 2 “Analiz”	Aşama 3 “Ekspertiz”
Ne zaman?	Problemlerle karşılaşıldığında	Daha karmaşık durumlarda	Çok karmaşık durumlarda
Nasıl?	Nitel gözlemler	Olağan önlemler	Özelleşmiş ölçümler ve değerlendirme
Maliyet?	Düşük	Ortalama	Yüksek
Süre	2 saat	1 gün	Birkaç gün
Kim tarafından?	Çalışanlar + işletme yönetimi	Çalışanlar + işletme yönetimi + uzmanlar	Çalışanlar + işletme yönetimi + uzmanlar + eksperler
Yeterlik - Çalışma durumu: - Ergonomi:	Yüksek  Ortalama	Ortalama  Yüksek	Düşük  Özelleşmiş

**Aşama 1** – Çalışma ortamı ve şartları konusunda yeterli bilgiye sahip kişilerin oluşturacağı bir ekip tarafından yürütülmelidir. Gün boyunca ve yıl boyunca çalışma ortamının durumu ve ortamdaki değişiklikler konusunda bilgi edinmek amacıyla gerçekleştirilmelidir.

**Aşama 2** – Aşama 1’deki kişilere ilave olarak ısı çalışmaları ortamının ergonomisi konusunda yeterli bilgiye sahip uzmanların da eşlik edeceği bir ekip tarafından yürütülmelidir. Aşama 1’de tespit edilen sorunların özellikle belirgin hale geldiği zaman dilimleri (yaz mevsimi, gece vb.) incelenerek gerçekleştirilmelidir.

**Aşama 3** – Aşama 2’deki kişilere ilave olarak, konusunda daha fazla yetkinliğe sahip uzmanların da eşlik edeceği bir ekip tarafından yürütülmelidir. Daha kapsamlı, özel ölçümler ve önlemlerin gerektiği, karmaşık yapıdaki ısı çalışmaları koşulları incelenerek gerçekleştirilmelidir.

## **2. AŞAMA 1 : “Gözlem”**

### **2.1. Amaçlar**

Bu aşamanın amacı;

- Yapılan çalışmanın durumu, çalışma koşulları, iklimsel şartlar ve sıcak veya soğuk ısı kaynakları hakkında genel olarak bilgi toplamak,
- Riski önlemek veya kontrol etmek için doğrudan uygulanabilecek basit teknik önlemleri belirlemek,
- Daha ileri bir “Analiz” (aşama 2) için gereklilik olup olmadığına karar vermektir.

### **2.2. Prosedür**

**2.2.1.** Termal olarak problemlili olan veya problem çıkmasını muhtemel olduğu çalışma şartlarını belirleyin. Örneğin “Kış mevsiminde Atölye A” veya “Herhangi bir mevsimde fırını temizlerken”.

**2.2.2.** Tablo 2’deki puanlama ölçeklerini kullanarak ortam fiziki şartlarını tanımlayan 6 göstergenin tamamı için durumu değerlendirin. Aynı şekilde çalışanların ortam hakkındaki ortalama değerlendirmelerini de raporlayın.

Uygulanan prosedürün amacının yalnızca puanlama olmadığını, bu skorların nedenlerinin ve analiz edilerek nasıl geliştirileceklerinin tespit edilmesinin de önemli olduğunu unutmayın.

**Tablo 2. “Gözlem” metodu için puanlama ölçekleri**

<b>Puan</b>	<b>Şartlar</b>
<b>Hava Sıcaklığı</b>	
-3	genellikle dondurucu
-2	genellikle 0 °C ve 10 °C arası
-1	genellikle 10 °C ve 18 °C arası
0	genellikle 18 °C ve 25 °C arası
1	genellikle 25 °C ve 32 °C arası
2	genellikle 32 °C ve 40 °C arası
3	genellikle 40 °C'den yüksek
<b>Nem</b>	
-1	2 - 3 saat sonrasında boğazda veya gözde kuruluk hissi
0	normal
1	nemli deri
2	tamamen ıslak deri
<b>Termal Radyasyon</b>	
-1	2 - 3 dakika sonrasında yüz kısmında soğukluk hissi
0	fark edilebilir radyasyon yok
1	2 - 3 dakika sonrasında yüz kısmında sıcaklık hissi
2	yüz kısmında 2 dakikadan daha uzun süre dayanılmazlık hissi
3	ani yanma hissi
<b>Hava akımı</b>	
-2	soğuk kuvvetli hava akımı
-1	soğuk hafif hava akımı
0	hava akımı yok
1	sıcak hafif hava akımı
2	sıcak kuvvetli hava akımı

**Tablo 2. “Gözlem” metodu için puanlama ölçekleri (devam)**

<b>Fiziksel iş yükü</b>	
0	ofis işi: kolay, kısıtlı kas hareketleri, oturur pozisyonda normal hızlarda hareketler
1	kollar yada bacakları kullanarak orta hızda çalışma: ağır iş makinesi kullanımı, düzenli hızlarda yürüme
2	kollar ve gövde ile yoğun şekilde çalışma: ağır cisimleri kaldırma, kürekle atmak, odun kesmek, hızlı şekilde veya yük taşıyarak yürümek
3	yüksek hızlarda çok yoğun çalışma: basamaklar, portatif merdivenler
<b>Giysiler</b>	
0	hafif, esnek, işe engel teşkil etmeyen giysiler
1	uzun, nispeten ağır, işe bir miktar engel teşkil eden giysiler
2	hantal, ağır, radyasyondan korunma için özel olarak kullanılan giysiler, nem veya düşük sıcaklıklar için özel olarak kullanılan giysiler
3	eldivenli, başlıklı, ayakkabılı özel tulumlar
<b>Çalışanların görüşleri</b>	
-3	titretici, tüm vücut için güçlü bir rahatsızlık hissi
-2	güçlü ve lokal rahatsızlık, genel serinlik hissi
-1	hafif ve lokal serin rahatsızlık
0	rahatsızlık hissi yok
1	hafif terleme ve rahatsızlık, hafif susuzluk hissi
2	ağır terleme, kuvvetli susuzluk hissi
3	şiddetli terleme, çok yorucu iş, özel giysi kullanımı

**2.2.3.** Sonuçları Tablo 3 üzerinde raporlayın.

**Tablo 3. Mevcut durum için puan tablosu**

<b>Parametreler</b>	<b>- 3</b>	<b>- 2</b>	<b>- 1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Hava sıcaklığı							
Nem	---	---					---
Termal radyasyon	---	---					
Hava akımı	---						---
Fiziksel iş yükü	---	---	---				
Giysiler	---	---	---				
Çalışanların görüşleri							

**2.2.4.** Mevcut durum ideal değilse (-1 ve 1 arasında değilse), bunun nedenini ve problemin önemini belirleyin (ısı kaynakları, sıcak yüzeyler, konum...).

Tablo 2’deki ölçeklerin tamamı, her bir durum için en uygun koşul sıfır (0) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bir yada daha fazla göstergenin en uygun koşuldan sapması durumunda, sapmanın büyüklüğü, olumsuz durumun düzeltilmesine duyulan ihtiyacın bir göstergesi olarak düşünülmelidir ve önleyici ilave önlemler alınmalıdır.

Eğer incelenen endüstriyel proses ısı göstergelerde belirtilen durumlarla kesinlikle ifade edilemiyorsa, “Önleyici Ölçüm Örnekleri” başlığı altında belirtilen önlemleri de göz önünde bulundurarak ortam koşullarındaki olumsuzluğu gidermeye çalışın.

Kısa dönemde alınabilecek önlemleri belirleyin: sıcak veya soğuk içecekler, dinlenme aralıkları, iş organizasyonu, giysiler... Kısa dönemli önlemler geçici önlemlerdir ve sorunun çözümü için daha detaylı bir “Analiz”e (aşama 2) gerek olduğunun göstergesidir.

Gerekli önleyici veya kontrol altına alıcı önlemler ile durumun öngörülen şekilde düzeltilmesi halinde puanlamanın ne şekilde değişeceğini tahmin edin. Yapılacak bu tahminin gerçekçi görünmemesi de yine daha detaylı bir “Analiz”e (aşama 2) duyulan gereksinimin göstergesidir.

**2.2.5.** Sonuçları Tablo 4 üzerinde raporlayın.



**Tablo 4. Olması beklenen durum için puan tablosu**

<b>Parametreler</b>	<b>- 3</b>	<b>- 2</b>	<b>- 1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Hava sıcaklığı							
Nem	---	---					---
Termal radyasyon	---	---					
Hava akımı	---						---
Fiziksel iş yükü	---	---	---				
Giysiler	---	---	---				
Çalışanların görüşleri							

**2.2.6.** Daha detaylı bir “Analiz” (aşama 2) için ihtiyaç olup olmadığına karar verin. Bunun için olması beklenen durum tablosunda -1 ile 1 aralığı dışında kalan puanlamaların sayısını değerlendirin.

“Gözlem”in sonunda, incelemeyi yapan kişi, incelenen çalışma ortamı için daha detaylı bir “Analiz”e (aşama 2) gerek olup olmadığına karar vermelidir.

### **3. AŞAMA 2 : “Analiz”**

#### **3.1. Amaçlar**

Aşama 1’de seçilen şartlar için bu aşamanın amacı;

- Isıl rahatsızlık riskini veya iklimsel göstergelerin fonksiyonu olarak kısıtlamaları belirlemek,
- En uygun iş organizasyonuna karar vermek,
- “Ekspertiz” (aşama 3) için gerek olup olmadığına karar vermektir.

#### **3.2. Prosedür**

**3.2.1.** Çalışma ortamındaki aktiviteler dizisini analiz edin.

- a) Aktivitelerin tanımı
- b) Ortalama ve maksimum süreleri
- c) İlgilenilen çalışma koşulunun periyodu
- d) Maruz kalan çalışan sayısı

e) Kesin olarak ölçülmesi gereken göstergeler:

- Hava sıcaklığı: Anormal bir artış ya da düşüş varsa;
- Nem: Dış ortamın nem değerinden farklı ise;
- Radyasyon: Güneş ışığına, çok sıcak ya da çok soğuk yüzeylere maruziyet varsa;
- Hava akımı: Cereyan varsa;
- İş yükü: Çok yüksek ya da bilinmiyorsa;
- Giysi karakteristiği: Özel bir kıyafet giyilmesi gerekiyorsa.

Elde edilen bu bilgiler Tablo 5 benzeri bir form üzerine raporlanmalıdır.

**Tablo 5. Aktiviteler dizisinin analizinde elde edilen bilgiler**

Aktivite	Süre		Maruz kalan çalışanlar	Ölçülmesi gereken faktörler
	Ortalama	Maksimum		

**3.2.2. Çalışma durumunu aşağıdakileri dikkate alarak değerlendirin:**

- İklimsel ve çalışma şartları açısından ilgilenilen durumun olduğu günlerde (olumsuz şartların gözlenebildiği temsili günler),
- Sıcaklık, nem, güneş ışığına maruziyet, yağmur gibi dış ortam şartlarını da hesaba katarak;
- Olumsuz koşulların olduğu temsili günlerde ortam göstergelerinin ortalama ve maksimum değerlerini ölçerek;
- Uygun standartlara göre aşağıdaki indeksleri hesaplayarak:
  - İhtiyaç duyulan giysi yalıtımı (Required Clothing Insulation, IREQ);
  - Tahmini ortalama oy (Predicted Mean Vote, PMV) ve Tahmini Memnuniyetsiz Yüzdesi (Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD);
  - Islak hazne küre sıcaklığı (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT);
  - Beklenen ısıl gerilme (Predicted Heat Strain, PHS) ve Maruziyet Limit Süresi (Duration Limit of Exposure, DLE).

Elde edilen bu bilgiler Tablo 6 benzeri bir form üzerine raporlanmalıdır.

**Tablo 6. Her aktivite için çalışma şartlarının değerlendirilmesi**

Göstergeler	Aktivite		Aktivite	
	Ortalama	Maksimum	Ortalama	Maksimum
$t_a$ RH $t_g$ $v_a$ M $I_{cl}$				
IREQ PMV PPD WBGT PHS/DLE				
Semboller ve birimler ISO 13731 ile uygundur.				
$t_a$	Hava sıcaklığı			
RH	Bağıl nem			
$t_g$	Küre sıcaklığı			
$v_a$	Hava akım hızı			
M	Metabolik hız			
$I_{cl}$	$m^2kW^{-1}$ (giysi yalıtımı için)			

**3.2.3.** Mevcut durumun risk sınıfını aşağıdaki ölçeği kullanarak değerlendirin.

**Tablo 7. Risk sınıfları**

Sınıf	Kriter
Acil kısıtlama	DLE < 30 dakika
Kısa dönemli kısıtlama	$I_{clr} < IREQ_{min}$ ve DLE < 120 dakika
Uzun dönemli kısıtlama	PMV < -2 ve
Soğuk rahatsızlık	$IREQ_{min} \leq I_{cl} \leq IREQ_{nötr}$
Konfor	$-2 \leq PMV \leq -0,5$ $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$
Sıcak rahatsızlık	$0,5 \leq PMV \leq 2$
Uzun dönemli kısıtlama	DLE < 480 dakika
Kısa dönemli kısıtlama	DLE < 120 dakika
Acil kısıtlama	DLE < 30 dakika

Tablonun sonunda yer alan 2 durum için:

- 8 saatlik çalışma günü boyunca tahmini ortalama su kaybı;
- Vücut iç sıcaklığının tahmini artma riski

bilgilerini edinin.

**3.2.4.** Her aktivitenin ortalama ve maksimum sürelerini izin verilen maruziyet limitleri (DLE) ile karşılaştırarak kabul edilebilirliğine karar verin.

**3.2.5.** Her bir gösterge için en uygun iş organizasyonunu sağlamak amacıyla uygulanacak koruma ve kontrol tekniklerini belirleyin.

**3.2.6.** Uygulanan koruma ve kontrol önlemlerinin ardından Madde 3.2.3.'de tanımlanan kriterleri kullanarak geriye kalan riski belirleyin ve yeniden kabul edilebilirliklerini değerlendirin.

**3.2.7.** “Ekspertiz” (aşama 3) için gerek olup olmadığını belirleyin.

**3.2.8.** Kısa dönemde yapılması gereken kontrol önlemlerini belirleyin.

**3.2.9.** Kısa dönemde gerçekleşmesi gereken tıbbi gözetim gereksinimlerini belirleyin.

**3.2.10.** Uzun dönemde gerçekleşmesi gereken tıbbi gözetim gereksinimlerini belirleyin.

“Analiz” (aşama 2) sonuçları Tablo 8’ye benzer bir form üzerinde özetlenebilir.

**Tablo 8. Her aktivite için risk değerlendirmesi ve kontrol önlemleri**

<b>Değerlendirme</b>	<b>Aktivite</b>	<b>Aktivite</b>
<b>Risk</b> a) Risk sınıfı b) Eğer ısı stresi varsa: - Terleme hızı - Günlük su kaybı - DLE		
<b>Kabul edilebilirlik</b>		
<b>Koruma/kontrol önlemleri</b>		
<b>Kalan risk</b> a) Risk sınıfı b) Kabul edilebilirlik		
<b>“Ekspertiz” (aşama 3) için gereksinim</b>		
<b>Kısa dönemli önlemler</b>		
<b>Tıbbi gözetim</b>		

#### **4. AŞAMA 3 : “Ekspertiz”**

##### **4.1. Amaçlar**

Bu aşamanın amacı;

- Bazı özel ölçümler ile çalışma ortamındaki sıcak ve soğuk kaynaklarını ve/veya ısı aktiviteyi daha iyi tanımlamak,
- Çalışanların toplam maruziyetlerini, iklimsel/aktivite kaynaklı koruma ve kontrol önlemlerini daha detaylı şekilde inceleyerek belirlemektir.

##### **4.2. Prosedür**

**4.2.1.** Daha detaylı bir inceleme için olumsuz şartları ve bu şartların oluştuğu temsili günleri belirleyin.

**4.2.2.** Mevcut durumdaki riski değerlendirin.

**4.2.3.** Her aktivite dizisi için süre, hava sıcaklığı, nem, radyasyon, hava akım hızı, metabolik hız, giysi yalıtımının ortalama ve uç değerlerini içerecek veri toplayın.

**4.2.4.** Isıl indeksleri kullanarak aktivite bazlı riskleri ve toplam riski değerlendirin:

- Soğuk koşullar için ihtiyaç duyulan giysi yalıtımı (IREQ);
- Konforlu ve konforsuz durumlar için PMV - PPD değerleri;
- Islak hazne küre sıcaklığı (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT);
- Isı kısıtlaması bulunan durumlar için beklenen ısıl gerilme (PHS).

**4.2.5.** Korunma ve kontrol önlemlerini belirleyin.

**4.2.6.** Her bir gösterge için, göstergelerin tamamına ve iş organizasyonuna yapılacak geliştirmeleri araştırın.

**4.2.7.** Gerekliyse tüm sıcak veya soğuk kaynakları için detaylandırılmış inceleme gerçekleştirin.

**4.2.8.** Uygulanan koruma ve kontrol önlemlerinin ardından geriye kalan riski değerlendirin.

**4.2.9.** Kişisel korunma önlemlerini belirleyin.

**4.2.10.** Uzun dönemde gerçekleşmesi gereken tıbbi gözetim gereksinimlerini belirleyin.

## Örnek Korunma Önlemleri

### 1. Hava Sıcaklığı

- Çevredeki sıcak veya soğuk kaynaklarının konumlarını tespit edin.
- Sıcak veya soğuk havanın kaynaklarını ortadan kaldırın.
- Sıcak yüzeyleri yalıtım malzemeleri ile kaplayın.
- Sıcak veya soğuk havanın lokal olarak ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayın.
- Cereyan oluşturmayacak şekilde ortamı havalandırın.
- İhtiyaca göre daha yüksek veya daha düşük yalıtım katsayısına sahip giysiler kullanın.

### 2. Nem

- Buhar ve su sızıntılarını ortadan kaldırın.
- Su veya buharlaşma yöntemi ile soğutma işlemi gerçekleştirilen yüzeyleri dış ortamla teması kesecek şekilde çevreleyin.
- Su geçirmeyen ancak buharı geçiren giysiler kullanın.

### 3. Isıl radyasyon

- Radyasyon ile ısı yayan yüzeylerin sayısını veya alanını azaltın.
- Yansıtıcı paravanlar kullanın.
- Isıl radyasyonu yayan yüzeyleri ortadan kaldırın veya uygun yalıtım malzemeleri ile yalıtın.
- Çalışmanın gerçekleşeceği konumları mümkünse ısıl radyasyonu yayan yüzeylerden uzağa konumlandırın.
- Isıl radyasyonu yansıtan koruyucu kıyafetler kullanın.

#### **4. Hava Akımı**

- Cereyanı ortadan kaldırın veya azaltın.
- Cereyana maruziyeti lokal olarak engelleyecek paravanlar kullanın.
- Çalışmanın gerçekleşeceği konumları mümkünse cereyanın bulunduğu alanlardan uzağa konumlandırın.

#### **5. Fiziksel İş Yüğü**

- Çalışma esnasında yapılan hareketlerin miktarını azaltın.
- Çalışma esnasında konum değiştirmelerinin sayısını azaltın.
- Hareketlerin hızını azaltın.
- Mekanik destek kullanarak harcanan eforu azaltın.
- Çalışma esnasında duruşunuzu geliştirin.

#### **6. Giysiler**

- Giysilerin tasarımını işe uygun olarak geliştirin.
- Daha uygun malzemelerden imal edilen giysileri tercih edin.
- Daha hafif malzemelerden imal edilen giysileri tercih edin.