



T.C.

**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**CAM ÜRETİM SEKTÖRÜNDE
TERMAL KONFOR ŞARTLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kadriye ÇINAR

(İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma)

ANKARA – 2016

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

CAM ÜRETİM SEKTÖRÜNDE
TERMAL KONFOR ŞARTLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

Kadriye ÇINAR

(İş Sağlığı Ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma)

Tez Danışmanı

Cemal Burak YAŞAROĞLU

ANKARA-2016

T.C.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

O N A Y

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Kadriye ÇINAR, Cemal Burak YAŞAROĞLU danışmanlığında, başlığı “Cam Üretim Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi” olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı 21/09/2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi” olarak kabul edilmiştir.

Dr. Serhat AYRIM

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

Müsteşar Yardımcısı

KOMİSYON BAŞKANI

Tarkan ALPAY

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.

ÜYE

İsmail GERİM

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.

ÜYE

Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd. V.

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Ercüment N. Dizdar

Öğretim Üyesi

ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Tarkan ALPAY

İSGGM Genel Müdür V.

TEŞEKKÜR

Mesleki açıdan yetişmem hususunda ve uzmanlık tezi hazırlama aşamasında değerli katkılarından dolayı Müsteşar Yardımcımız Dr. Serhat AYRIM'a, Genel Müdürümüz Sayın Tarkan ALPAY'a, eski Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarımız Sayın İsmail GERİM'e, Sayın Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU'na ve Sayın Sedat YENİDÜNYA'ya, eski Genel Müdür Yardımcımız Sayın Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN'e çok teşekkür ederim.

Kıymetli destekleriyle yanımda olan değerli İSG Uzman Yardımcıları Fatma Gülesin YAVUZ'a, Kadir KADIROĞULLARI'na ve diğer çalışma arkadaşlarıma, çalışmalarımın yoğunlaştığı dönemleri her zaman anlayışla karşılayan bölüm sorumlum Sayın Meltem METE KILIÇ'a, değerli yorumlarıyla tez çalışmama yön veren tez danışmanım İSG Uzmanı Sayın Cemal Burak YAŞAROĞLU'na, saha çalışmalarım için kapılarını açan işletme yöneticilerine, araştırmalarım sırasında desteğini esirgemeyen iş güvenliği uzmanlarına, çalışma ortamı hususunda fikirlerini esirgemeyen cam çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan kıymetli aileme tüm içtenliğimle şükranlarımı sunarım.

ÖZET

Kadriye ÇINAR

Cam Üretim Sektöründe Termal Konfor Şartlarının Değerlendirilmesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Sıcaklık maruziyeti vücudun fizyolojik ve psikolojik dengesini önemli ölçüde etkileyen, çalışma konforunu, verimini belirleyen ve çalışma ortamında sıkça karşılaşılan problemlerden biridir. Termal konfor ise kişinin bulunduğu ortamın sıcaklığı ile uyumun sağlanması ve memnuniyetsizliğin bertaraf edilmesi anlamına gelmektedir. Isıl işlemin zorunlu olduğu, sıcağa maruziyetin kaynağında yok edilemediği durumlarda çalışanların termal konfor şartları belirlenerek, iyileştirmeler yapılmalıdır. Böylece, öncelikle çalışanların sağlığına beraberinde ise üretim verimine olumlu katkılar sağlanacaktır. Cam üretim sektörü, yüksek sıcaklık gerektiren ısıl işlemleri yaygın olarak kullandığı için tezin saha çalışmaları bu sektörde yürütülmüştür. Bu çalışmanın amacı çok tehlikeli sınıfta yer alan cam üretim sektörünün düzcam ve çukur cam alt sektörlerinin termal konfor koşullarını objektif ve subjektif olarak değerlendirmek, muhtemel maruziyet kaynakları belirlemek ve çözüm önerileri sunmaktır. Bu kapsamdaki araştırmalar, Ankara, Eskişehir ve Denizli illerinde bulunan düzcam ve çukur cam (makine ile ev eşyası, el ile ev eşyası ve cam ambalaj) imalatı alanında faaliyet gösteren 4 işletmede gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem yapılan üretim süreçlerindeki termal konfor koşulları objektif ve subjektif olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda, sıcaklık maruziyetinin yüksek olduğu bölümler ile maruziyetlerin muhtemel sebepleri tespit edilmiş ve bu hususta çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: cam imalatı, termal konfor, ısı baskısı

ABSTRACT

Kadriye ÇINAR

Assessment of Thermal Comfort Conditions in the Sector of Glass Manufacture

Ministry of Labour and Social Security

Directorate General of Occupational Health and Safety

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

The heat exposure in working conditions is a crucial factor that has significant impact on the physiologic and psychologic balance of human body. The problem encountered frequently in working life, affects the working comfort and efficiency. Thermal comfort, on the other hand, implies that the removal of the problem and the satisfaction of the body adaptation with the environment. When the hot process is essential and the elimination of the hazard is not possible, determining of thermal conditions of the workers and making the conditions more acceptable contribute to workers health and subsequently to production efficiency. Because the glass manufacture industry contains heat process and has high thermal dissatisfaction, the field studies were conducted in the industry. The purpose of this thesis is the objective and subjective assessment of thermal comfort in the flat glass and hollow glass sub-sectors of the glass manufacture industry. The determination of possible exposure sources and control measures are also objectives of the study. The researches in this scope were performed in flat glass, automatic glass, hand-made glass, glass packaging plants in Ankara, Eskişehir and Denizli. Thermal conditions of the production processes, where contains hot treatments, are evaluated objectively and subjectively. At the end of this study, the sessions with high heat exposure and possible exposure factors are determined and control measures are indicated.

Keywords: glass manufacture, thermal comfort, heat stress

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
GRAFİKLER LİSTESİ	v
RESİMLER LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 CAM SANAYİ	3
2.1.1 Sektörün Dünyadaki Genel Durumu	3
2.1.2 Sektörün Türkiye’deki Genel Durumu	6
2.2 CAM ÜRETİM SEKTÖRÜ.....	7
2.2.1 Üretim Süreç ve Teknolojileri	8
2.2.2 Üretim Sektörünün Alt Sektörleri	14
2.2.3 Sektörün İSG Açısından Genel Değerlendirmesi	20
2.3 TERMAL KONFOR.....	24
2.3.1 Termal Konfor Bileşenleri.....	25
2.3.2 Üretim Süreçlerinin Sıcaklık Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi.....	30
2.3.3 Termal Uygunsuzluğun Sağlık Etkileri	31
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	33
3.1 ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİ	33
3.1.1 Çalışma Yapılan İşletmeler ve Bölümler.....	33

3.2	TERMAL KONFORUN OBJEKTİF DEĞERLENDİRMESİ.....	35
3.2.1	Ölçüm Stratejisi	35
3.2.2	Kullanılan Metotlar ve Cihazlar	38
3.3	TERMAL KONFORUN SUBJEKTİF DEĞERLENDİRMESİ.....	44
3.3.1	Kullanılan Standart ve Anket	44
4.	BULGULAR	47
4.1	TERMAL KONFOR ÖLÇÜM SONUÇLARI	47
4.2	TERMAL KONFOR ANKET SONUÇLARI	60
5.	TARTIŞMA	75
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
	KAYNAKLAR.....	82
	ÖZGEÇMİŞ.....	85
	EKLER	86
	EK-1 PMV VE PPD DEĞERLERİ HESABI.....	87
	EK-2 KİŞİSEL DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ	88
	EK-3 ISI BASKISINDAN KORUNMA HAKKINDA BİLGİLENDİRİCİ BROŞÜR	89

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2.1 Dünya Cam Üretimi	4
Grafik 2.2 Alt Sektörlere Göre Üretim Dağılımı.....	4
Grafik 2.3 ABD’de Yıllara Göre Ölümcül Olmayan Yaralanma ve Hastalık Sayısı	5
Grafik 2.4 Türkiye’de Alt Sektörlere Göre Üretim Dağılımı.....	6
Grafik 2.5 Cam İmalat Alt Sektörlerine Göre İş Kazası İstatistikleri	22
Grafik 4.1 A İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması ..	50
Grafik 4.2 B İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması ..	54
Grafik 4.3 C İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması ..	57
Grafik 4.4 D İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması ..	59

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1 Üfleme yöntemiyle cam şekillendirme	12
Resim 2.2 Çekme yöntemiyle şekillendirilmiş cam malzeme.....	12
Resim 2.3 Cam ambalaj şekillendirme makinası (IS Makinası)	13
Resim 2.4 Kalite kontrol süreci	14
Resim 2.5 Kalay havuzunda şekillendirilmiş düzcam	15
Resim 2.6 Şekillendirilmiş düzcamın vinç yardımı ile stoklama alanına nakli	15
Resim 2.7 El ile cam imalatı – potadan maden taşıma.....	19

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Genel Hatları ile Cam Üretim Süreci	8
Şekil 2.2 Harmanın Ergitme ve Arıtma Süreci.....	11
Şekil 2.3 Düzcamların Üretim Süreci	16
Şekil 2.4 Cam Ambalaj Üretim Süreci	18
Şekil 3.1 A Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları	36
Şekil 3.2 B Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları.....	36
Şekil 3.3 C Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları.....	37
Şekil 3.4 D Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları	37
Şekil 3.5 PPD ve PMV Değerleri Arasındaki İlişki	39
Şekil 3.6 3M Questemp 36 Termal Konfor Ölçüm Cihazı.....	41
Şekil 3.7 LSI Heat Shield – ELR615M Termal Konfor Ölçüm Cihazı.....	41
Şekil 3.8 Almemo Ahlborn 2390-5 Anlık Sıcaklık, Nem, Hava Hızı Ölçer	42

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Türkiye’de Alt Sektörlere Göre Üretim Miktarı ve Çalışan Sayısı.....	7
Tablo 2.2 NACE Rev.2 Verilerine Göre İşyeri Tehlike Sınıfları.....	21
Tablo 2.3 Bazı Aktiviteler için Metabolizma Hızı	26
Tablo 2.4 Bazı Kıyafetler için Yalıtım Katsayısı	28
Tablo 3.1 Saha Çalışmalarının Yapıldığı İşletmeler ile İlgili Genel Bilgiler	34
Tablo 3.2 Saha Çalışmalarının Yapıldığı İşletmelere Göre Toplanan Veri Sayısı.....	35
Tablo 3.3 Yedi-Nokta Termal Konfor Duyarlılık Ölçeği.....	39
Tablo 3.4 WBGT Değeri için TLV ve Hareket Limit Değerleri (ACGIH).....	43
Tablo 3.5 WBGT Değeri için REL Değerleri (NIOSH).....	43
Tablo 4.1 Çalışma Alan Planı ve Alan Bazlı Ölçüm Sayısı	47
Tablo 4.2 A işletmesinin çevresel faktörler ölçüm sonuçları	48
Tablo 4.3 A işletmesinin kişisel faktör değerleri ve termal konfor indisleri	48
Tablo 4.4 A işletmesinin PMV değerlendirmesi	49
Tablo 4.5 A İşletmesinin WBGT Değerlendirmesi	49
Tablo 4.6 B İşletmesinin Çevresel Faktörler Ölçüm Sonuçları.....	51
Tablo 4.7 B İşletmesinin Kişisel Faktör ve Termal Konfor Değerleri	51
Tablo 4.8 B Fabrikası PMV Değerlendirmesi	52
Tablo 4.9 B İşletmesinin WBGT Değerlendirmesi	53
Tablo 4.10 C İşletmesinin Çevresel Faktörler Ölçüm Sonuçları.....	54
Tablo 4.11 C Fabrikasının Kişisel Faktör Değerleri ve Termal Konfor İndisleri	55
Tablo 4.12 C fabrikası PMV Değerlendirmesi	55
Tablo 4.13 C işletmesinin WBGT değerlendirme	56
Tablo 4.14 D işletmesinin çevresel faktörler ölçüm sonuçları	57
Tablo 4.15 D işletmesinin kişisel faktör ve termal konfor değerleri	58
Tablo 4.16 D işletmesinin PMV değerlendirme	58
Tablo 4.17 D İşletmesinin WBGT Değerlendirmesi	59
Tablo 4.18 A İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler	60
Tablo 4.19 A İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı.....	61
Tablo 4.20 A İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi.....	62
Tablo 4.21 B İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler	63

Tablo 4.22 B İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı.....	64
Tablo 4.23 B İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi.....	65
Tablo 4.24 D İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler	65
Tablo 4.25 D İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı.....	66
Tablo 4.26 D İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi.....	67
Tablo 4.27 Yaş Gruplarına Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu...	68
Tablo 4.28 İşletmedeki Deneyim Süresine Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu.....	69
Tablo 4.29 Bölümdeki Deneyim Süresine Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu.....	70
Tablo 4.30 Yapılan İşe Bağlı Metabolizma Oranlarına Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu.....	71
Tablo 4.31 Bölüme Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu.....	72
Tablo 4.32 İşletme Türüne Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu...	73
Tablo 4.33 İşletme Türüne Göre Göre Objektif ve Subjektif Değerlerin Karşılaştırması	74

SİMGE VE KISALTMALAR

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Amerika Ulusal Endüstriyel Hijyenistler Konferansı)
ISO	International Standards Organization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
I _{cl}	Yalıtım katsayısı (clo)
met	Metabolik oran
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü)
NACE	Nomenclature générale des Activités Economiques dans les Communautés Européennes (Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Amerika İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu)
PMV	Percentage mean vote (beklenen ortalama karar)
PPD	Predicted percentage of dissatisfied (beklenen ortalama memnuniyetsizlik)
REL	Recommended exposure limit (tavsiye edilen maruziyet limiti)
RH	Relative humidity (bağıl nem) (%)
T _a	Air temperature (kuru termometre sıcaklığı) (°C)
T _g	Globe temperature (küre sıcaklığı) (°C)
T _{nw}	Wet-bulb temperature (ıslak hazne sıcaklığı) (°C)
TLV	Threshold limit value (eşik sınır değeri) (°C)
V _a	Hava akım hızı (m/s)
WBGT	Wet bulb globe temperature (ıslak hazne küre sıcaklığı) (°C)
Fıska	Şekillendirilmeye hazır eriyik cam parçacığı
Tromel	Cam şekillendirmede kullanılan ara fırın

1. GİRİŞ

Cam, insanoğlunun keşfettiği en eski suni maddelerden biri olup günümüze dek birçok medeniyetin katkısı ile sürekli geliştirilen ve her geçen gün pazarda payını artıran kadim bir sanattır. Ülkemizde cam imalatı 1935 yılında sınai ölçeklerde başlamış ve sürekli büyüyen bir ekonomiye sahip olmuştur [1]. Cam imalat sektörü, gelişen teknolojiyle birlikte kendini yenilese, geliştirse de sektörde insan olan ihtiyaç hala kendini göstermektedir. Türkiye’de cam imalat sektörü, yaklaşık olarak yirmi bin çalışan barındıran, emek yoğun ve yüksek kapasite ile çalışma zorunluluğu olan bir sektördür [1].

Cam imalat sektörü, çoğu alt sektörü ile çok tehlikeli sınıfta yer alan bir sektör olup, iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli tehlikeler barındırmaktadır. Üretim sektöründe yaygın karşılaşılan sıcak çalışma ortamı, cam sektöründe de çalışanların maruz kaldığı önemli fiziksel etmenlerden biri olup iş sağlığı ve güvenliği literatüründe termal konfor olarak yer almaktadır. Termal konfor ısıl çevreden memnun olunan bir düşünce hali olarak tanımlanmakta ve çalışılan ortamın ısı koşulları insan verimliliğini etkilediği için termal konfor ergonominin bir konusu olarak ele alınabilmektedir [2]. Yüksek sıcaklık, çalışanların sağlığını etkilediği gibi iş kazaları oranlarında da artışa sebebiyet vermektedir. Özellikle çok dikkat isteyen işlerde, iş fazla yorucu olmasa da belli bir sıcaklığa kadar kaza sayısı sabit kalırken, sıcaklık yükseldikçe kaza sayıları artabilmektedir [3]. Ayrıca, vücut, yaşamsal organların fonksiyonlarının zarar görmemesi için, çevresel şartlardan bağımsız olarak sıcaklığını sabit tutmak için denetim mekanizmalarını devreye sokmaktadır; kişinin konforlu hissetmesi çevre ile kurulan ısıl dengenin kolaylığına bağlıdır. Dengenin kurulamaması durumunda sıcak etkisi ile organizmada verim düşüklüğü, cilt hastalıkları, sistemik rahatsızlıklar, hatta ölüm meydana gelebilmektedir [4]. Çalışma ortamının termal koşullarının insan fizyolojisine uygun hale getirilmesi çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından olduğu kadar verimlilik açısından da önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında cam imalatının düzcam ve çukur cam imalatı alt sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerde üretim süreçleri bazında kişisel sıcaklık maruziyet değerleri ölçümlerle tespit edilmiştir. Aynı zamanda ısı baskısının çalışanlar üzerindeki etkisini subjektif olarak belirlemek ve ölçüm sonuçlarını desteklemek amacıyla anket yapılmış ve sıcaklık maruziyetini azaltmak için alınması gereken önlemler belirtilmiştir. Bu bağlamda tez çalışmasının genel bilgiler bölümünde sektörün üretim kapasitesi, ekonomi ve iş sağlığı ve

güvenliği alanlarında genel durumu ve üretim süreçleri ile termal konfor konusu ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Gereç ve yöntemler bölümünde termal konfor şartları incelenirken kullanılan metotlar ile subjektif değerlendirme için kullanılan ölçekler hakkında bilgi verilmiştir. Bulgular bölümünde ise ölçüm ve anket sonuçları verilmiş olup grafiklerle desteklenmiştir. Tartışma bölümü, yapılan çalışmanın literatürde yer alan makalelerle karşılaştırmasını içermektedir. Sonuç ve öneriler bölümünde ise çalışma ile elde edilen sonuçlar ve sektörle ilgili iyileştirme yapılabilecek noktalar yer almaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 CAM SANAYİ

Cam, insanoğlunun keşfettiği ve ürettiği en eski suni maddelerden biri olup, antik çağlardan beri hayatın hemen her alanına girmeyi başarmıştır [5]. Cam tarih boyunca, taşlaşmış sıvı, taş, cevher ve maden gibi çeşitli şekillerde isimlendirilmiştir [5].

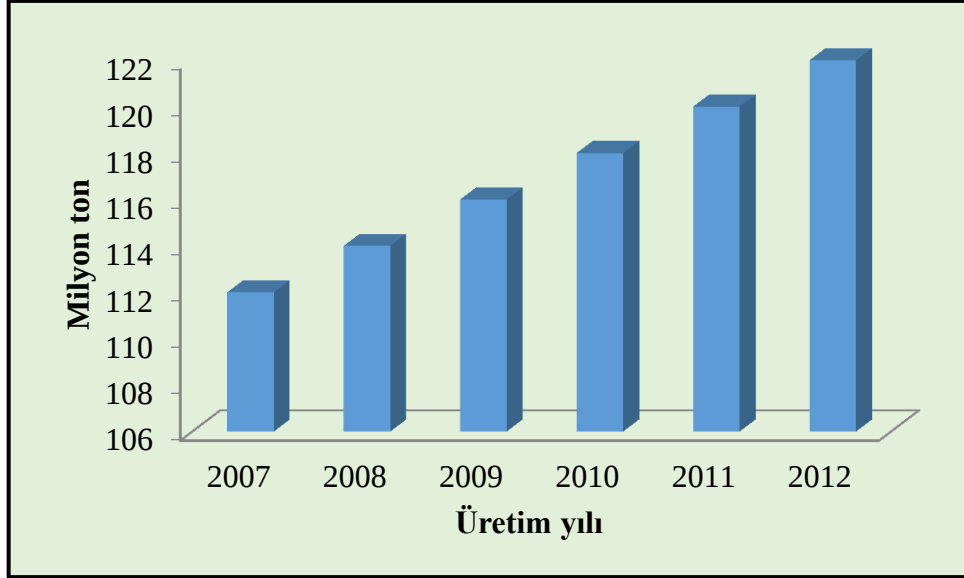
Cam, teknik olarak silis, potas veya soda, kireç ve bazen de başka katkı maddelerinin karıştırılıp yüksek sıcaklıkta eritilmesiyle elde edilen, saydam, yarı saydam veya opak, şekilsiz ve kristalleşmeden katılaştıran bir madde olarak tanımlanabilir [6].

Kökleri insanlığın ilk çağlarına kadar uzandığı düşünülen cama ilk olarak antik Mısır'da, cam boncuklar olarak rastlanılmaktadır. İskenderiye ve Roma'daki ustaların ellerinde hayat serüvenine başlayan cam Memlûkler, Eyyubiler, Venedikliler, İngilizler, Selçuklular, Osmanlılar gibi hemen her medeniyetin katkısıyla bugünlere ulaşmıştır [7]. Camın sanayileşmesi 19. yüzyılda başlamış olup halen mikro ve makro düzeyde akla gelen her sektörde kendine yer bulmuştur.

Cam, kısaca doğadan elde edilen çoğu silis esaslı kum, kalker, feldspat, dolomit, soda, sodyum sülfat gibi malzemelerin belirli oranlarda karıştırılıp, 1500-1600 °C'ye kadar özel fırınlarda eritildikten sonra, çeşitli yöntemlerle şekil verilerek soğutulmak suretiyle elde edilir. Günümüzde cam sektörü mimari, sağlık, otomotiv, inşaat, iletişim, makina gibi hemen her sektöre girdi veren bir sanayi alanıdır [8].

2.1.1 Sektörün Dünyadaki Genel Durumu

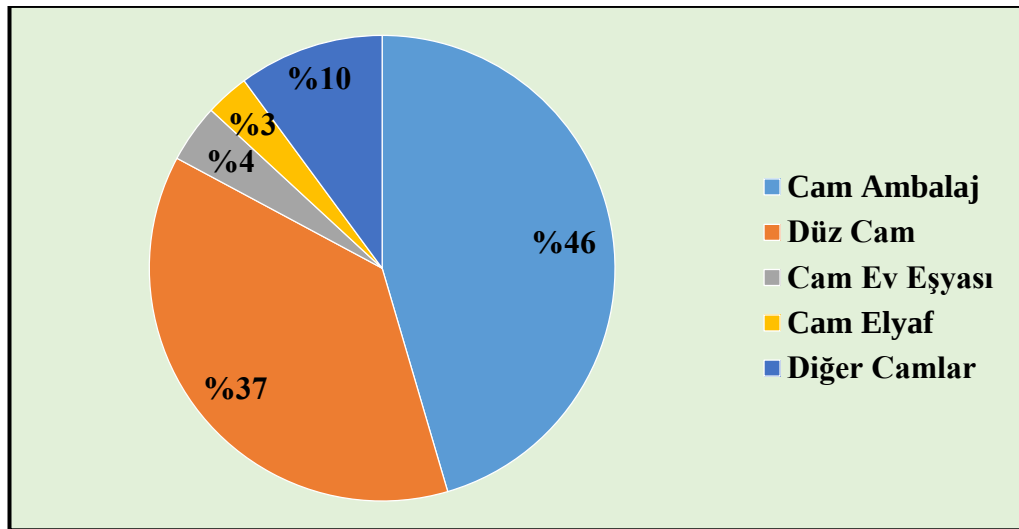
Dünya'daki cam üretimi her geçen yıl artış göstermektedir. Standing Committee of the European Glass Industries (CPIV - Avrupa Cam Endüstrileri Daimi Komitesi) kuruluşunun verilerine göre 2007-2012 yılları arasındaki cam üretim miktarı Grafik 2.1'de yer almaktadır [9].



Grafik 2.1 Dünya Cam Üretimi [9]

Cam üretim miktarı, global ekonomiye paralel olarak yılda ortalama % 2-4 arasında büyüme göstermektedir [1]. Sektörün genel kabul gören alt sektörleri;

- Cam ambalaj (%45)
- Düzcam (%37)
- Cam ev eşyası (%4)
- Cam elyaf (%3)
- Diğer camlar (%10) şeklinde olup, üretim dağılımı Grafik 2.2’de yer almaktadır.

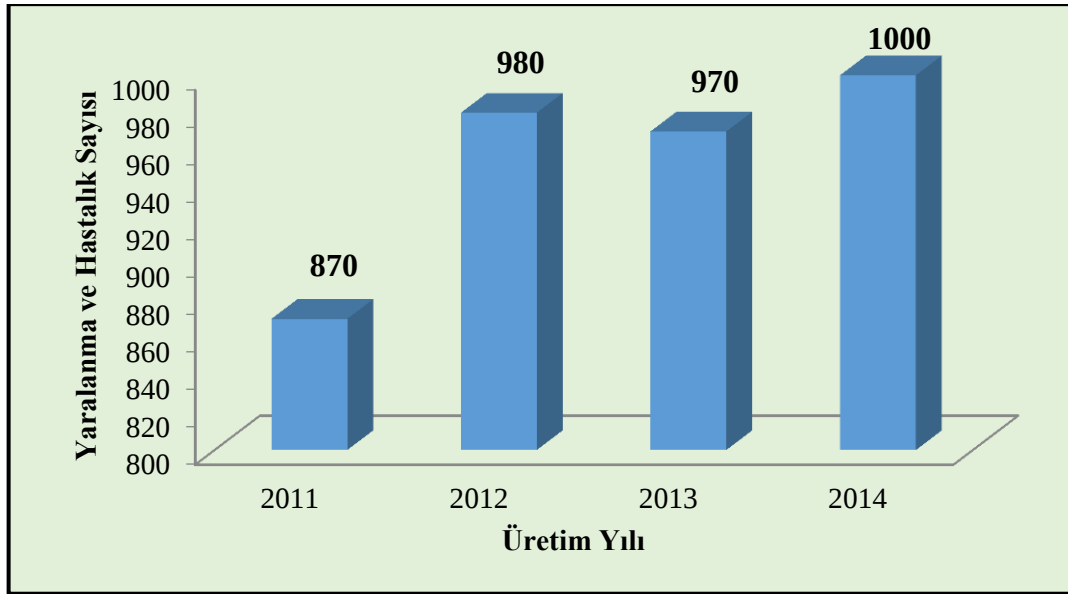


Grafik 2.2 Alt Sektörlere Göre Üretim Dağılımı [10]

Dünya cam üretimi, yaklaşık 140 milyar dolar düzeyinde seyretmektedir. Toplam üretimin bölgesel dağılımı ise, %30 Avrupa, %34 Asya, %29 ABD ve %7 diğer bölgeler olmak üzere üç bölgede yoğunlaşmış durumdadır. Sektördeki en büyük paya sahip olan Avrupa Birliği Ülkeleri'ndeki üretim dağılımı %27 düzcam, %67 cam ambalaj, %3 cam ev eşyası, %2 cam elyaf ve %1 diğer şeklindedir [10].

2014 yılı verilerine göre cam ve cam ürünlerinde dünya ithalat toplamı yaklaşık 75 milyar ABD doları, ihracat toplamı ise yaklaşık 70 milyar ABD doları olarak gerçekleşmiştir. Cam ve cam ürünleri ithalatında, Çin, ABD ve Almanya ilk üç sırada yer alırken, ihracat listesinde yine Çin, Almanya ve ABD ilkleri oluşturmaktadır. AB üyesi ülkeler, düzcam ve cam ambalajda ağırlıklı olarak ihracatçı konumunda iken, %5'lık orana sahip diğer cam çeşitlerinde ise ithalatçı konumunda yer almaktadır [10].

Dünyadaki cam üretimine iş sağlığı ve güvenliği açısından baktığımızda, ABD'de gerçekleşen ölümcül olmayan yaralanma ve hastalıkların 2011-2014 yılları arasındaki durumu Grafik 2.3'te gösterildiği gibidir. Söz konusu yıllarda gerçekleşen ölümcül kaza sayısı ise sırasıyla 2, 3, 0 ve 5'tir [11].

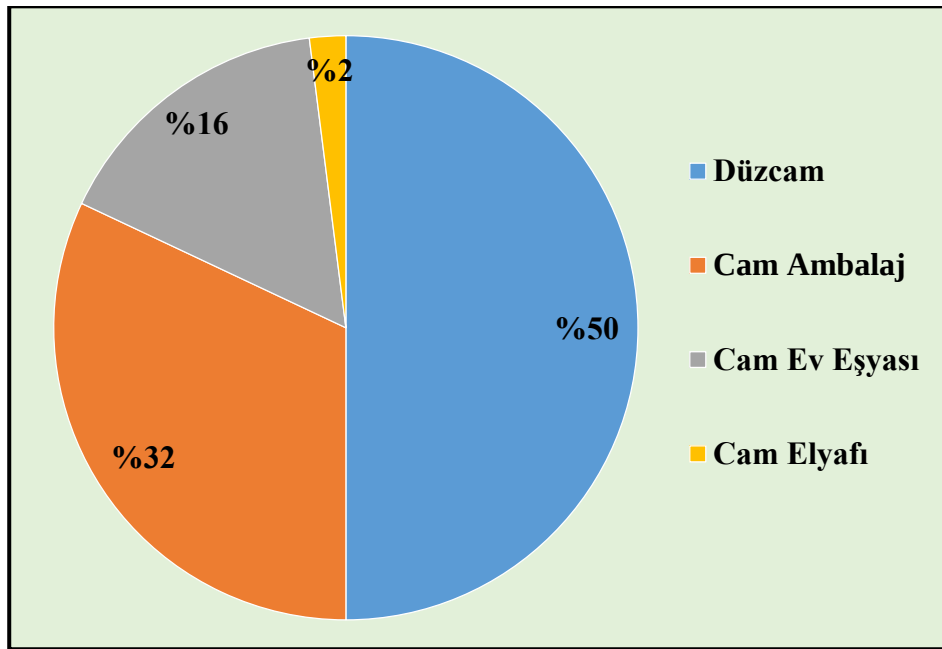


Grafik 2.3 ABD’de Yıllara Göre Ölümcül Olmayan Yaralanma ve Hastalık Sayısı [11]

2.1.2 Sektörün Türkiye’deki Genel Durumu

Ülkemizin cam üretiminde kullanılan en önemli hammaddelerden olan kum, soda, dolomit, kuvars maddeleri açısından zengin olması nedeniyle, ülkemizde cam üretimi %98 oranında yerli hammadde ile gerçekleştirilmektedir [10].

Ülkemiz cam sanayinin üretim kapasitesi son üç yıldır yaklaşık 3,5 milyon ton olup sektör yaklaşık olarak 20 bin çalışana sahiptir [10]. Yurtiçi üretim kapasitesinin üretim bazlı dağılımı Grafik 2.4’te yer aldığı gibidir.



Grafik 2.4 Türkiye’de Alt Sektörlere Göre Üretim Dağılımı [10]

2014 yılına ait alt sektör bazlı üretim miktarı ve çalışan sayısı Tablo 2.1’de yer almaktadır.

Tablo 2.1 Türkiye’de Alt Sektörlere Göre Üretim Miktarı ve Çalışan Sayısı [1]

	Üretim Miktarı (bin ton)	Çalışan Sayısı
Düzcaml	1690	2610
Cam Ambalaj	1240	2250
Cam Ev Eşyası	451	6710
Cam Elyafı ve Diğer Ürünler	197	990

Cam sektörünün etkileşim halinde olduğu sektörler ise inşaat, otomotiv, beyaz eşya, gıda, içki, meşrubat, ilaç, kozmetik, turizm, mobilya, boru, elektrik ve elektronik gibi birçok sektör olup; ev kesimi için de çalışmaktadır [10].

Ülkemizde cam üretim faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı bölgeler eskiden olduğu gibi Marmara ve Akdeniz Bölgeleri ile sınırlı kalmayıp, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri’ne de yayılım göstermiştir [1]. Üretim kapasitesi, üretici sayısı ve üretim çeşitliliği göz önüne alındığında cam üretiminde öne çıkan şehirler ise özellikle İstanbul, Kırklareli, Mersin, Bursa, Eskişehir, Konya, Ankara, İzmir, Kayseri’dir [10].

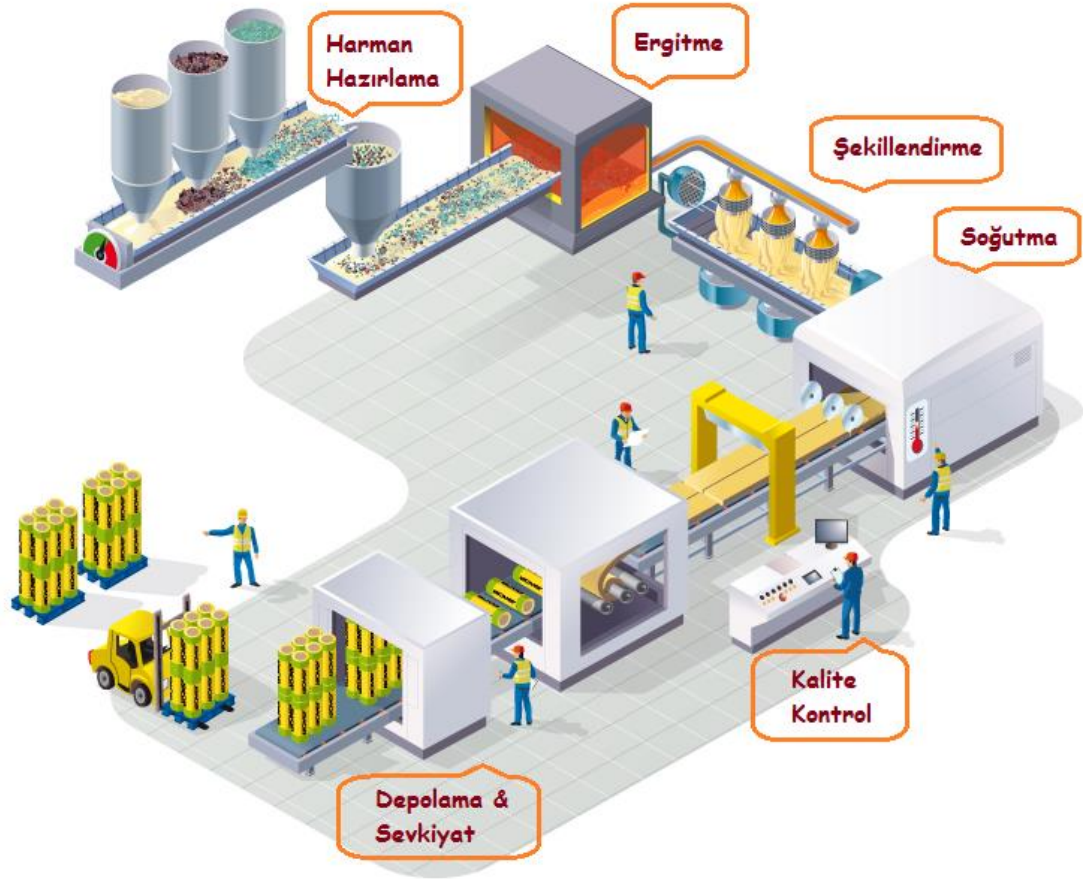
Sektördeki, büyük kuruluşlar ise T.C. Şişe ve Cam Fabrikası A.Ş. (Şişecam) bünyesinde Paşabahçe Cam San ve Ticaret A.Ş., Trakya Cam Sanayi A.Ş., Yenişehir Cam San. A.Ş., Anadolu Cam San. A.Ş., Cam Elyaf San. A.Ş. ile Güral Cam, Marmara Cam ve İzocam’dır [10].

2.2 CAM ÜRETİM SEKTÖRÜ

Cam sektörü ülkemiz ve dünyamız için temel sanayi alanlarından birisi olması hasebiyle büyük önem taşımaktadır. Sektör, harmandan veya cam kırığından izabe yani ısıtma, ergitme yolu ile üretilen cam türlerini ve bunların çeşitli işlemlere tabi tutulması sonucu elde edilen ürünleri kapsamaktadır. Bu çalışmada odaklanılan alan ise camın türlerinin üretilmesi kısmıdır, üretilen camın işlenmesi aşamalarına bu çalışma kapsamında değinilmeyecektir.

2.2.1 Üretim Süreç ve Teknolojileri

Cam üretimi süreci, üretilecek ürünlere göre farklılık göstermekle beraber genel hatlarıyla Şekil 2.1’de yer almaktadır. Süreç, hammaddelerin hazırlandığı harman ünitesinde başlar ve hazırlanan harmanın fırınlarda ergitilmesi ile birincil işlemler tamamlanmış olur. İstenilen kıvama ulaşan erimiş cam şekil verilmek üzere şekillendirme makinalarına verilir. Elde edilen cam ürünler programlı olarak soğutulur ve kalite muayenelerinden geçirilir. Üretim süreci tamamlanan cam ürünler depolama ve sevkiyat bölümlerine alınır. Her bir aşamanın detayları ve ürün bazlı üretim süreçlerine ayrıntılı olarak değinilecektir.



Şekil 2.1 Genel Hatları ile Cam Üretim Süreci [12]

2.2.1.1 Harman Hazırlama

Harman, camın yapısında bulunması gereken oksitleri sağlayacak temel, arındırıcı, dengeleyici ve renklendirici ham maddelerin, istenen son ürünün reçetesindeki miktarlara

göre tartılarak hazırlanan homojen karışımdır. Cam üretiminde kullanılan hammaddeler ana hammaddeler, yardımcı hammaddeler, renklendirici maddeler ve renksizleştirici maddelerdir [8].

Cam üretirken kullanılacak malzeme türü ve miktarı, üretilecek camın kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre belirlenmektedir. Kimyasal dayanıklılık, iletkenlik, yumuşama noktası, ısıl genleşme cam üretilirken dikkate alınan bu özelliklerin başında gelir. Camın temel bileşenleri silis (kuvars) kumu, soda, kireç ve kırık cam olmakla beraber kalker, dolomit, feldspat, trona, kolemanit, borik asit, potasyum karbonat, minyum ve baryum karbonat da ana hammaddeler arasında yer almaktadır [8].

Ergitme işlemi sırasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu açığa çıkan karbon dioksit, kükürt dioksit, azot dioksit, ve oksijen gazları camın içinde gaz kabarcıkları oluşturabilmektedir. Camın içinde kabarcıkların kalmasını engellemek amacıyla başlangıç harmanına saflaştırıcı maddeler eklenmektedir. Bunlara yardımcı (rafinasyon) maddeleri de denir. Bu amaçla, nitratlar, sülfatlar, arsenik oksit, antimon oksit, boraks, sodyum peroksit, potasyum persülfat gibi kimyasallar kullanılmaktadır [8].

Camlar, camda çözünerek renk oluşturan metaller ve metal oksitler ile renklendirilirler. Bu oksitler, krom trioksit, demir trioksit, bakır oksit, mangan oksit, mangan dioksit, kobalt oksit, kalay dioksit, zirkonya, uranyum oksit gibi kimyasallardan oluşur ve renklendirici maddeler olarak isimlendirilir [13].

Renksiz cam üretmek için yüksek saflıkta hammaddeye ihtiyaç vardır zira malzeme içinde bulunan safsızlıklar camı renklendirmektedir. Yüksek saflıkta hammadde üretimi ise oldukça pahalı bir işlem olduğundan dolayı üretilen camı renksizleştirmek için birtakım kimyasallar kullanılmaktadır. Renksizleştirme için kullanılan kimyasallar; kobalt oksit, nikel oksit, mangan oksit, potasyum per manganat ve sodyum nitrat gibi kimyasallardır [13].

Harman hazırlama kısmında gerçekleşen olaylar sırasıyla; hammaddeler harman silolarına nakli, iskarta ve cam kırıklarının toplanarak cam kırığı silolarına nakli, harman maddelerinin silolardan alınarak her birinin tartım kantarında tartılması, tartılan ham maddelerin karıştırıcıya nakli, karıştırıcıda bu maddelerin iyi bir şekilde karıştırılması ve gerekli su ilavesi, karıştırıcıdan alınan harmana uygun oranda cam kırığı ilavesi, cam kırıklı harmanın fırın silosuna naklidir.

2.2.1.2 Ergitme ve Arıtma

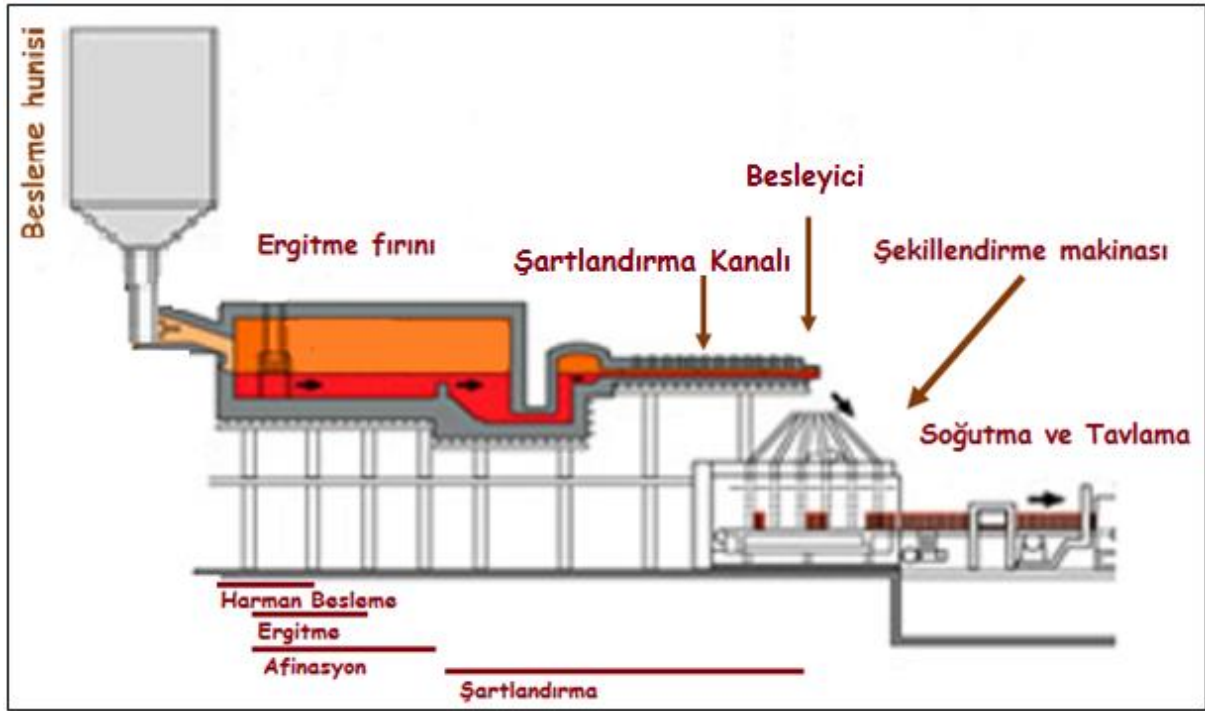
Hazırlanan harmanın yüksek sıcaklıklara çıkararak eriyik cam elde etme işi olan ergitme süreci, cam üretiminin en temel, en önemli aşamasıdır. Cam ergitme işi yüksek sıcaklıklara dayanıklı fırınlarda yapılmaktadır. Cam üretiminin ilk zamanlarında bu işlem için pota fırınlar kullanılmakta iken cama olan talebin artması üzerine tank fırınları da üretimde yerini almaya başlamıştır [13]. Tank fırınları günlük fırınlar ve sürekli ergitme fırınları olarak sınıflandırılabilir. Günlük ve pota fırınlarına kesikli fırın genel ismiyle nitelendirilmektedir. Sanayinin gelişmesi neticesinde seri ve otomasyon üretime geçilmesiyle beraber sürekli ergitme fırınları günümüzde cam üretim sektörünün vazgeçilmezi olmuştur. Günümüzde pota ve günlük fırınları sanayide görmek hala mümkündür ancak bunlar genellikle küçük tonajlar ve çok pahalı ve çok özel teknik camların yapımında kullanılır [14]. Bu özel durumlar dışında camın ergitilmesi sürecinde Şekil 2.2’de genel hatlarıyla gösterilen sürekli fırınlar kullanılmaktadır. Fırınlar, yaygın olarak yanma ısısı (doğal gaz, fuel-oil) veya elektrik enerjisi ile ısıtılırlar; hem gazlı hem de elektrikle çalışanları da vardır. Türkiye’deki orta ya da büyük işletmelerde fırınları ısıtmak için doğal gaz kullanılmaktadır.

Ergitme fırınının içinde gerçekleşen işlemler dört temel başlık altında gruplandırılabilir [13]:

- 1) Harman besleme: Cam seviyesini sabit tutmak, çekilen eriyik camın yerini doldurmak için servis silosundan ergitme fırınına kontrollü ve sürekli olarak harman nakletme işlemidir [13]. Harman besleme işlemi fırın türüne göre aralıklı veya sürekli olabilir.
- 2) Ergime: Harmanın sıcaklığının 1500-1600 °C’ye kadar ısıtıldığı ve harmanın dekompoze olduğu, eriyik hale geldiği aşamadır. Ancak, ergitme işlemi yalnızca ham maddeleri ergime sıcaklıklarının üzerine kadar ısıtmaktan ibaret değildir. Burada gerçekleşen işlemleri; ısı transferi, karışma, fiziksel ergime ve kimyasal reaksiyonlar şeklinde ele almak mümkündür [15].
- 3) Afinasyon ve homojenizasyon: Camın içindeki gaz kabarcıkları olan habbelerin ergimiş camdan uzaklaştırılması işlemine afinasyon; ergime bölgesinde ileri doğru hareket eden cam akımlarının çok iyi karışması işlemine ise homojenizasyon denir. Eriyik cam forehearth (şartlandırma kanalı) denilen kısma iletilmeden evvel yapılan bu işlemlere arıtma (refining) işlemleri de denmektedir [13].
- 4) Şartlandırma: Habbelerinden arınan ve homojen sıcaklığa ulaşan eriyik camın verimli bir şekilde şekillendirilmesi için uygun olan sıcaklık değerine homojen

olarak soğutulması işlemidir. Şartlanma sonunda stabil, yatay ve dikeyde homojen dağılmış ve istenilen sıcaklığa ulaşmış eriyik cam elde edilmiş olur. Bu işlem şartlandırma kanalında gerçekleşir [13].

Ergitme fırınının içindeki aşamalardan harman besleme, ergitme, afınasyon ve şartlandırmanın gerçekleştikleri yerler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Harmanın Ergitme ve Arıtma Süreci [16]

2.2.1.3 Şekillendirme

Şekillendirilme sürecinde kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler üretilen cam malzemenin cinsine göre belirlenmektedir. Kullanılan yöntemler; presleme, üfleme, çekme, silindirme, merdanelerle şekillendirme ve yüzdürme (float), savurma, akıtma gibi yöntemlerdir [13]. Resim 2.1, Resim 2.2 ve Resim 2.3’te cam şekillendirme tekniklerinden bir kısmı yer almaktadır.



Resim 2.1 Üfleme Yöntemiyle Cam Şekillendirme

Günümüzde, bu yöntemler büyük oranda insanlar tarafından değil de makineler tarafından kullanılmaktadır. Ancak, el yapımı cam ürünler ve özel üretim cam ürünler halen bu yöntemleri kullanan cam ustaları tarafından yapılmaktadır.



Resim 2.2 Çekme Yöntemiyle Şekillendirilmiş Cam Malzeme

Makina ile şekillendirmenin kullanıldığı düzcam, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam elyaf üretim süreçlerinde; şartlandırılmış cam şartlandırma kanalından (forehearth) şekillendirme

makinasına sabit hızla alınır. Üretim prosesine göre, eriyik cam kesintisiz şekillendirilir (düzcam, cam elyafı) ya da sabit ağırlık ve şekilde şekillendirme makinasına iletilir (cam ambalaj, cam ev eşyası) [13].



Resim 2.3 Cam Ambalaj Şekillendirme (IS) Makinası [17]

2.2.1.4 Soğutma ve Tavlama

Cama kademeli olarak uygulanan ısıtma işlemi tavlama denir. Tavlama işlemi ile cam yeniden ısıtılıp çevre sıcaklığına kadar soğutularak iç gerilmeler yok edilir ve cam daha dayanıklı hale gelir. Camlar sürekli çalışan fırınlarda tavlantırlar ki bu fırınlar lehr olarak isimlendirilir [13].

2.2.1.5 Bitirme İşlemleri ve Kalite Kontrol

Tavlantı cam ürün, belirli bazı bitirme işlemlerine sokulmaktadır. Bunlar, temizleme, yüzey silme ve parlatma, kesme, kum püskürtme, emayeleme gibi işlemleridir.

Kalite kontrol aşamaları ise, soğutma sonu kaplaması (cold-end coating), ışık altında gözlemleme (light screen), cidar kalınlığı ölçümü (wall thickness measurement), şekil ve son kontrol (geometry and finish control), ıskarta camların geri kazanımı (cullet recovery) ve sınıflandırma şeklindedir [8].



Resim 2.4 Kalite Kontrol Süreci [17]

2.2.1.6 Depolama ve Sevkiyat

Üretilen cam ürünler, organizasyon, pazar, ürün gibi özelliklere göre özel ambalaj ve stoklama teçhizatları ile depolanır.

Cam ürünler yapısı gereği hassas ve kırılğan oldukları için nakliyesi, cama uygun üretilmiş kamyon ve taşıma teçhizatları sağlanır.

2.2.2 Üretim Sektörünün Alt Sektörleri

Gümrük Giriş Tarife Cetveli Pozisyon 70’te belirtilmiş olan verilerine göre cam sektörü temel olarak aşağıda yer alan beş cam türünü içermektedir [10]:

- Düzcaml
- Cam Ev Eşyası
- Cam Ambalaj
- Cam Elyafı
- Diğer

Düzcamlar üretiminde yaygın olarak float teknolojisi kullanılmaktadır [13]. Bir hat üzerinde akan bu süreçte yer alan üretim sürecinde temel olarak Bölüm 2.2.1’de belirtilen aşamalar yer almaktadır ancak düzcam üretiminde bunlar genellikle fazla işçilik gerektirmeyen aşamalardır.

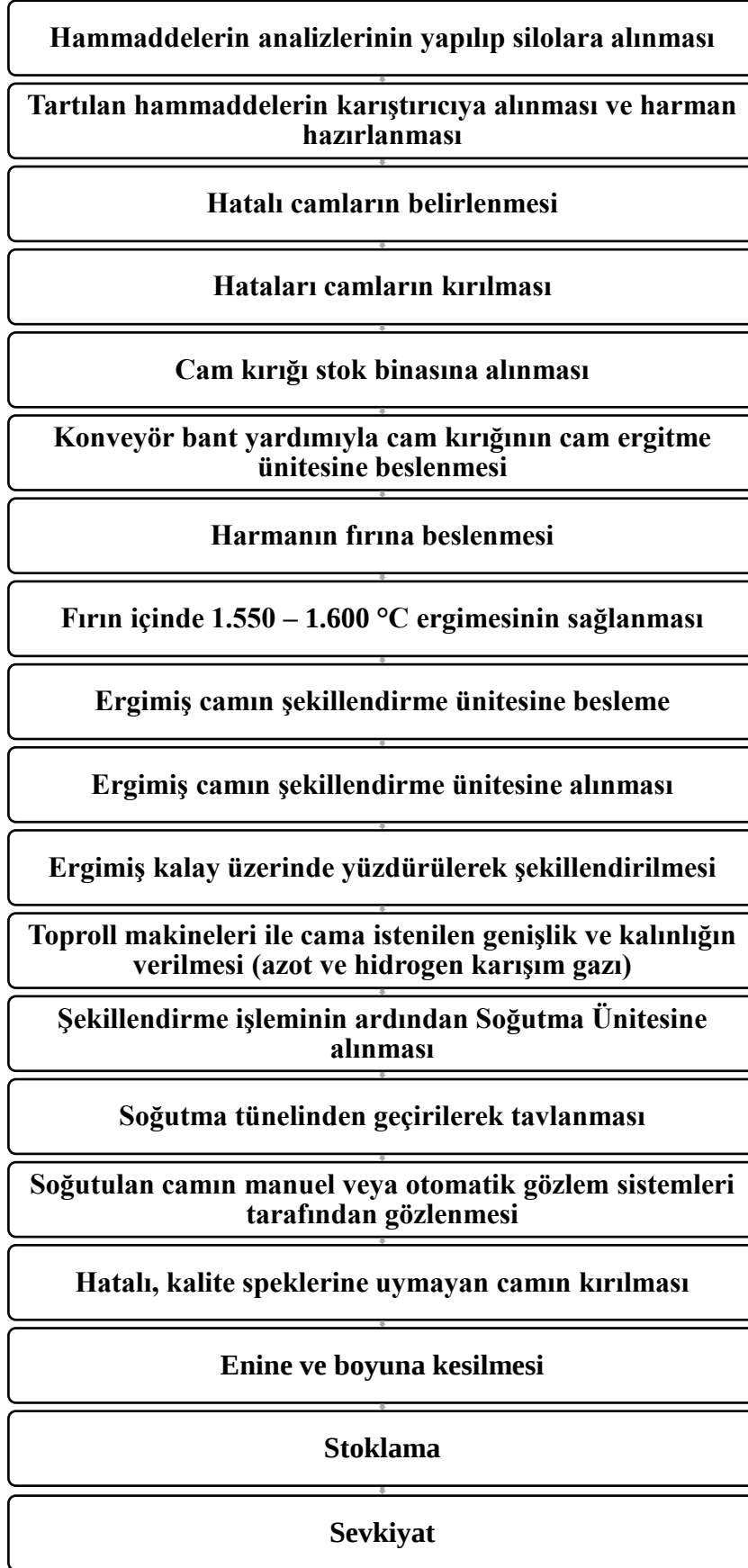
Resim 2.5 Kalay Havuzunda Şekillendirilmiş Düzcam [18]

Üretim süreci harman hazırlanması ve bunun fırına verilmesi ile başlar. Fırının ardından kalay banyosunda cama şekli verilir ve ardından soğuma ve tavlama işlemleri ile üretimi tamamlanan cam hatalı olan kısımların kırılması ve enine boyuna kesilmesi ile son halini alır ve stoklanır [19].



Resim 2.6 Şekillendirilmiş Düzcamın Vinç Yardımı İle Stoklama Alanına Nakli [18]

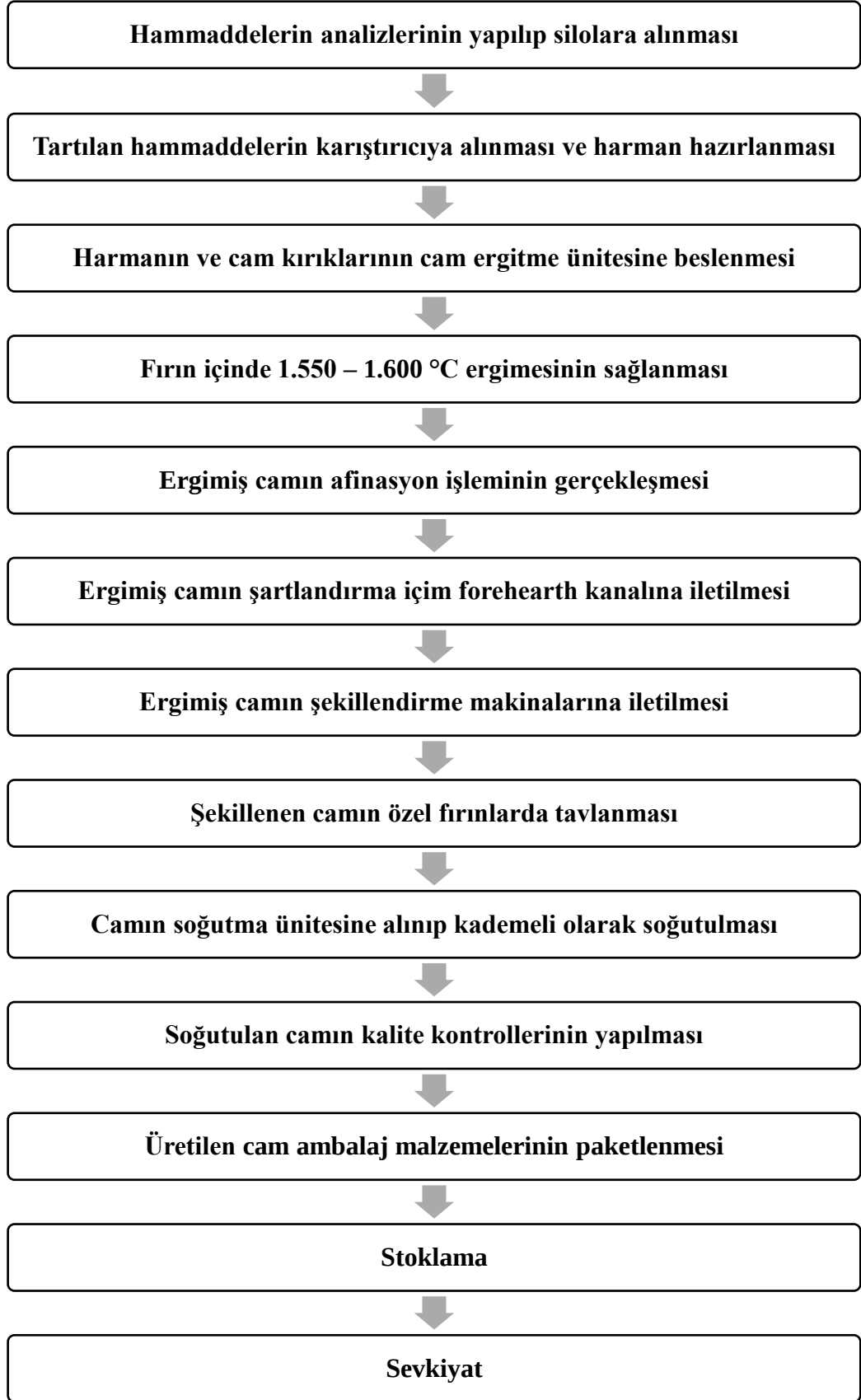
Düzcam üretim süreci Şekil 2.3’ de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.



Şekil 2.3 Düzcam Üretim Süreci [5]

Düzcamlar sektöründe, iki temel süreç bulunmaktadır. Bunlar; düzcamlar ve cam işleme olarak sınıflandırılır. Düzcamlar üretimi float cam ve buzlu camı kapsarken; cam işleme, düzcamların girdi olarak kullanıldığı, ek işlemlere tabi tutularak üretilen otomotiv camları (temperli, lamine, kurşuna dayanıklı), ayna, lamine camlar, kaplamalı camlar, beyaz eşya, enerji ve dekorasyona yönelik temperli camlar gibi ikinci aşama bir üretim faaliyetidir [13]. Bu çalışma kapsamında inceleme ve araştırmalar yapılan fabrika düzcamlar üretimi yapan bir işletmedir.

Camlar ambalaj üretimi otomatik olarak gerçekleştirilen bir üretim sürecine sahiptir. Harmanın ergitme fırınına verilmesi ile başlayan süreç, camın istenilen sıcaklığa çıkarılması ve istenilen renkte, genelde beyaz, yeşil veya bal rengine alının camın forehearth bölgesinde şartlandırılması ile devam eder ve feederden geçtikten sonra kesme bıçakları ile istenilen ağırlıkta damlalar kesilerek oluklar ve kepçe vasıtası ile üretim makinasına beslenir [13]. Cam ambalaj üretimi makinası, yan yana monte edilen bağımsız ve basınçlı hava ile çalışan mekanizmalar barındıran seksiyonlardan oluşmaktadır. Cam damlasının (fıska) her seksiyona zaman ayarlı düşmesi ile üretim sürdürülür. İki kademede şekillendirme yapılır: cam ambalaj türüne göre üfleme-üfleme veya pres-üfleme. Ürünler konveyör ile tavlama fırınlarından geçirilir, birtakım ikincil işlemler ve kalite kontrolü yapılan ürünler hat sonunda ambalajlanır. Cam ambalaj üretim süreci Şekil 2.4'te detaylı olarak ele alınmıştır.



Şekil 2.4 Cam Ambalaj Üretim Süreci [13]

Cam ev eşyası üretimi el imalatı ya da otomatik imalat olarak gerçekleştirilmektedir.

El imalatı ülkemizde birkaç fabrikada ve küçük cam atölyelerinde yapılmaktadır. Harman hazırlama ve fırına besleme süreçleri tüm alt sektörlerde benzerlik göstermektedir. Yalnız harmanın içeri, kompozisyonu ve miktarı noktasında ayrıma gidilir. Daha küçük ölçeklerde cam ergitilir bu sebeple daha küçük fırınlar kullanılır. Harman hazırlanıp fırına verilir, ergitme fırınlarında istenilen sıcaklığa ulaştırılmış ergitilmiş cam, el ile üretim yapmak üzere çeşitli el aletleri kullanılarak alınır. Ürünün özelliğine göre eritilmiş cam şekillendirme bölümlerine iletilir [13].



Resim 2.7 El ile Cam İmalatı – Potadan Maden Taşıma

Burada, üfleme, pres, haddeme, yüzdürme, savurma, akıtma gibi yöntemlerden biriyle bizzat çalışan, makina kullanmaksızın el aletleri ile ergimiş camı istenen forma sokar [13].

Üretilen cam eşyalar tavlama ve soğutma işlemlerine tabi tutularak kalite kontrol ve paketleme aşamalarından sonra sevkiyata hazır olur.

Otomatik üretim, Şekil 2.4'te gösterilen cam ambalaj üretimine çok benzerlik göstermektedir. Farklılık şekillendirici makinalardan kaynaklanmaktadır. Ambalaj ürünleri, ev eşyalarına göre daha sabit bir şekle sabit olduğu için proseste sık değişiklikler görülmemektedir. Otomatik üretimde kullanılan belli başlı prosesler; pres, pres-üfleme, üfleme-üfleme, savurma, ayaklı bardaklar (çekme ve takma ayaklı bardaklar), pres-üfleme gıda kabı prosesleridir [13]. Ülkemizdeki fabrikalarda bu prosesler oldukça teknolojik makinalarla sürdürülmektedir.

Cam elyaf üretimi de tıpkı diğer alt sektörlerde olduğu gibi hazırlanan harman fırınlanması sonucu ergimiş cam eldesi ile başlar. Ergimiş cam eldesinden sonraki süreç için iki temel yöntem vardır; birincisi erimiş cam damlalarından elde edilen cam bilyalardan elyaf çekme yöntemidir. Diğerisi ise temelde aynı yöntemi barındıran kapalı sistemdir. Günümüzde yaygın olarak bu modern uygulamalar kullanılmaktadır; hammaddelerin otomatik olarak girdiği kapalı sistemde tartım sonrasında başlayan ergitme işlemi sürekli üretim yapan hatlarda devam etmektedir ve düzcam üretimine benzer şekilde sonlanmaktadır. Sürekli sistem ile yapılan üretimde sağlanan stabil ürün kalitesi, bilya üretiminde sağlanamamaktadır. Cam elyafı alt sektöründe sayılabilecek ürünler, cam yünü, cam keçe, fitil, iplik, kırılmış demet gibi ürünlerdir [8].

Diğer olarak sınıflandırılan ve özel cam sektörü de diyebileceğimiz bu alan, bileşim yollarına, üretim yöntemlerine ve nihai kullanımına göre büyük farklılıklar barındıran geniş yelpazede ürünleri içerir. Ürünlerin çoğunun diğer sektörlerdeki ürünlerle benzer üretim prosesleri vardır bu sebeple bir anlamda diğer sektörlerin birleşimi olarak düşünülebilir. Sektördeki geniş ürün yelpazesinden kaynaklı çok çeşitli ergitme teknikleri kullanılmakla birlikte, üretimdeki düşük hacimler, küçük ölçekte fırınların bu alanda yaygın kullanımına sebep olmaktadır. Ayrıca, özel camlarının diğer cam ürünleri için gerekenden daha yüksek ergitme sıcaklıkları olabilmektedir. Örneğin, bor silikat cam ve cam seramikler 1650°C'den daha fazla ergitme sıcaklığına ihtiyaç duyar [19]. Bu sektöre ait ürünlerden bazıları; cam bilye, cam ampuller, elektrik lambaları, katot ışın tüpleri, camdan iç gövdeler, sinyalizasyon camları ve camdan optik elemanlar, saat ve gözlük camları, cam tuğla, karo, kiremit, mozaik, camdan laboratuvar ve eczane eşyası, cam boncuktur [8].

2.2.3 Sektörün İSG Açısından Genel Değerlendirmesi

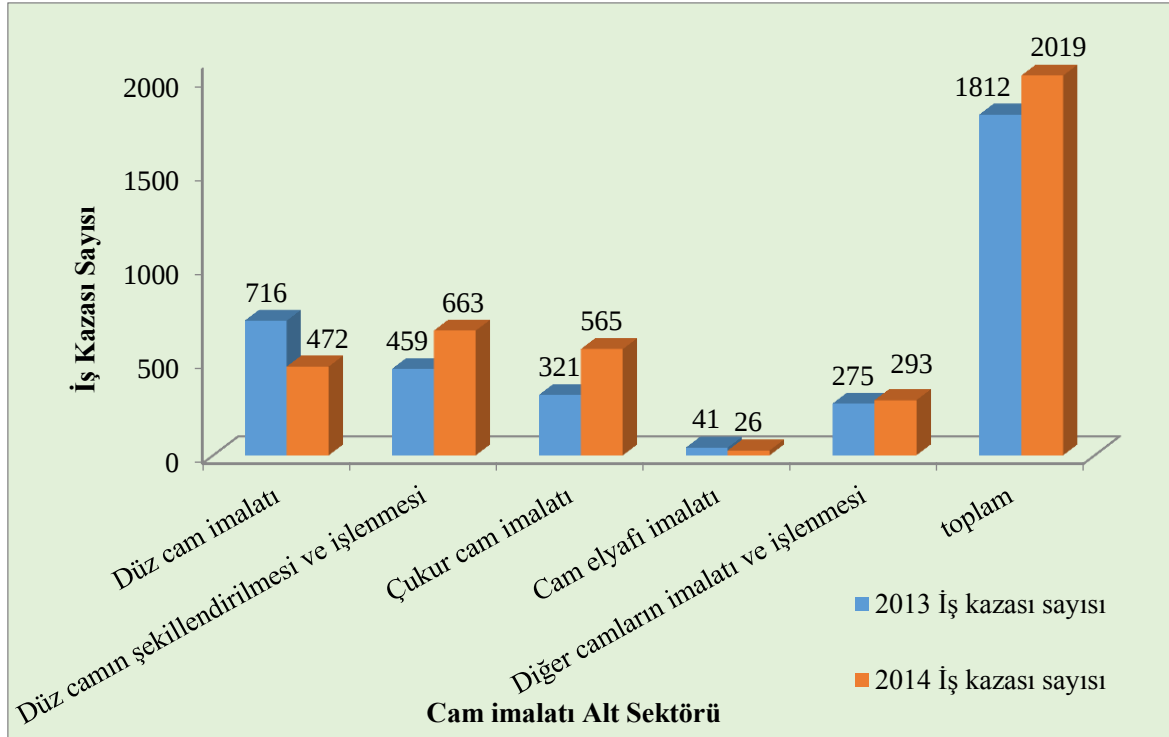
Cam imalatı, Avrupa Birliği'nde ekonomik faaliyetlerin istatistiksel olarak sınıflandırılmasını sağlayan bir sistem olan NACE (Nomenclature générale des Activités Economiques dans les

Communautés Européennes)’ye göre büyük oranda çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır [20]. İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları tebliğine göre NACE Rev. 2 tehlike sınıfları listesindeki sınıflandırılmasına göre cam ve cam ürünleri imalatı Tablo 2.2’de yer almaktadır [20].

Tablo 2.2 NACE Rev.2 Verilerine Göre İşyeri Tehlike Sınıfları [20]

NACE Rev.2_Altılı Kod	NACE Rev.2_Altılı tanım	Tehlike Sınıfı
23	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	
23.1	Cam ve cam ürünleri imalatı	
23.11	Düzcamlar imalatı	Çok tehlikeli
23.12	Düzcamların şekillendirilmesi ve işlenmesi	Çok tehlikeli
23.13	Çukur cam imalatı	Çok tehlikeli
23.14	Cam elyafı imalatı	Çok tehlikeli
23.19	Diğer camların imalatı ve işlenmesi	Tehlikeli

Cam imalat sektörüne yönelik 2013 ve 2014 yılına ait Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) iş kazası ve meslek hastalığı istatistikleri Grafik 2.5’de verilmiştir [21].



Grafik 2.5 Cam İmalat Alt Sektörlerine Göre İş Kazası İstatistikleri [21]

Düzcamlar, düzcamların şekillendirilmesi ve işlenmesi ile çukur cam imalatları iş kazasının en fazla yaşandığı alt sektörlerdir. Alt sektörlerde yaşanan kaza sayıları, yıllara göre incelendiğinde anlamlı bir ilişki görünmemekle birlikte toplam kaza sayısı 2014 yılında bir önceki yıla nazaran yaklaşık %10 oranında bir artış göstermektedir. SGK verilerine göre, 2013 ve 2014 yıllarında sektörde ikişer tane meslek hastalığı kayıt altına alınmıştır [21]. Ancak, diğer birçok sektörde olduğu gibi gerçek rakamın bunun çok ötesinde olduğu tahmin edilmektedir.

Bölüm 2.1’de belirtildiği gibi cam üretimi temel olarak altı aşamada gerçekleştirilir. Bunlar; harman hazırlama, ergitme, şekillendirme, soğutma, kalite kontrol ve depolama, sevkiyat aşamalarıdır. Her bir süreç, gerek genel gerekse de süreç özel sağlık ve güvenlik riskleri barındırmaktadır.

Harman hazırlama bölümü, camın hammaddelerinin ve miktarlarının belirlendiği kısımdır. Cam üretiminde silika, kil, alüminyum oksit, kireçtaşı, alkalin tozları, ağır metaller gibi birtakım insan sağlığı için zararlı olabilecek kimyasallar kullanılmaktadır. Büyük ölçekli üretim yapan fabrikalar bu kısmı büyük oranda otomasyonla sürdürmelerine rağmen sistemlerdeki kaçaklardan ya da birtakım ihmallerden, kazalardan dolayı çalışanlar çeşitli tozlara maruz kalmaktadır. Ayrıca, harman dairesi ile birlikte çalışan analiz laboratuvarları

Çalışanları da hammaddelerden ileri gelen toza maruz kalmaktadır. Bu tozların sebep olabileceği meslek hastalıkları ise camın en temel maddesi olan silikanın sebep olduğu silikozis, camın renklendirilmesi ve kimyasal bir takım özelliklerini artırmak amacıyla kullanılan metal oksitlere maruziyet sonucu oluşabilecek metal zehirlenmeleri, böbrek rahatsızlıkları, ayrıca diğer kimyasal tozlarının akciğerlere birikmesi sonucu oluşabilecek solunum sistemi rahatsızlıklarıdır. Ayrıca, otomasyon ile kontrolleri gerçekleştiren çalışanların ergonomik açıdan uygun çalışma koşullarına sahip olmaları da önem arz etmektedir [22].

Ergitme süreci fırınlarda yer alan ve genellikle kapalı sisteme sahip olan bir süreçtir. Bu sürecin gerçekleştiği kısımlarda genellikle çalışan bulunmamakta ve bu kısımlar geçiş bölgesi olarak kullanılmaktadır. Ancak el ile imalat yapılan işletmelerde eriyik cam sürekli fırınlardan ya da potalardan doğrudan alınarak işlendiği için bu kısımlarda yoğun emek gerektiren çalışmalar olmaktadır. Ergitme süreci hammaddelerin eriyik hale getirildiği süreçtir, bu kısımdaki sağlık ve güvenlik riskleri yine kimyasal madde maruziyetini içermektedir. Camın yapısında bulunan kimyasalların yüksek sıcaklıklarda eritilmesi sonucu gaz buharı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu gazın çalışma ortamına salınımını engellemek için fırın içi kaçaklara sebep olan çatlakların olmaması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, fırınların yapıldığı refrakter malzemelerin zamanla yıpranması sonucu değiştirilmesi de yine çalışanlar tarafından ve üretim devam ettiği sırada yapılan bir işlemdir. Bu işlem kısa bir zaman, yaklaşık 10-15 dakika, almakla beraber çalışanlar bu esnada, çok yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır.

şekillendirme makinalarına fırınlardan gelen ve yaklaşık 600 C’deki eriyik cam, fiskalar halinden makinalara girer, makinalar üretilecek malzemeye göre çekme, üfleme, presleme yöntemleri ile cama şekil verir. Bu süreç, en fazla çalışanı barındıran ve makinanın sürekli kontrollerinin çalışan tarafından yapıldığı kısımdır. Bu süreçte çalışanların yaptıkları temel işler; makinalardan hatalı ürünleri tespit edip maşalarla alıp ıskartaya çıkartmak, üretim hattından numune alıp ışık altında kontrollerini yapmak, makinaların düzgün çalışması için makinaları yağlamaktır. Ayrıca, retim sahasında bulunan otomasyon makinaları vasıtasıyla üretim sürecini kontrol etmek yapılan bir diğer iştir. Ayrıca, makinaların aksamında değişiklik gerektiği zaman bunu yapan bakım personeli de bulunmaktadır. şekillendirme sürecinde maruz kalınan başlıca etmenler, yüksek sıcaklık (sıcaklık maruziyeti nem ve hava akım hızı ile beraber değerlendirilmelidir), radyal ısı, kızılötesi ışınlar, eriyik camın içinde bulunan kimyasalların ve makina yağlarının yanması sonucu açığa çıkan zararlı kimyasal ve yağ

buharları ve gürültüdür [4]. Ayrıca ergonomik açıdan uygun olmayan çalışma koşulları da şekillendirme işçilerinin karşılaştıkları olumsuzluklardır. Bu süreçte karşılaşılabilecek meslek hastalıkları; buharlaşan kimyasalların solunması sonucu çeşitli pnömokonyozlar ve akciğer hastalıklarıdır; hatta uzun süreli kimyasal buharlarına maruziyet sonucu ilerleyen yıllarda akciğer kanseri görülme riski artar. Ayrıca, uzun süre yüksek ısı ile çalışanlarda katarakt görülme ihtimali vardır. Yüksek ısı deride yanıklara sebep olabilir. Gürültü kaynaklı işitme kayıpları da karşılaşılabilecek muhtemel durumlardan biridir [19].

Soğutma süreci çalışanın dahil olmadığı ve bantlar üzerinde gelişen bir aşamadır. Bu sebeple bu soğutma süreci diğer süreçlere nazaran daha az risk barındırmamaktadır. Ancak, gürültü faktörü burada da önemli bir risktir. Yine makinalardan kaynaklanan riskler bulunmaktadır.

Kalite kontrol, hem cihazlarla hem de gözle yapılabilmektedir. Gözle yapılan kontrollerde makinaların koruyucularının yetersizliği ya da uygun kullanılmamasından kaynaklı kazalar olabilmektedir. Camın son halini aldığı ve camla temasın en fazla olduğu kısım bu süreç olduğu için cam kırıkları en fazla bu kısımda risk oluşturmaktadır. Bu süreçte de iletim bantlarla sağlandığından ve üretim sahasıyla keskin ayrımların mümkün olmamasından dolayı gürültü bu kısımda da risk etmeni olarak değerlendirilmelidir.

Depolama ve sevkiyat sürecinde, paketleme işlemi sırasında cam kırıkları risk oluşturmaktadır. Ayrıca forklift, transpalet gibi araçların dahil olduğu bir süreç olması sebebiyle birtakım riskler devreye girmektedir.

Cam üretim faaliyetinin her aşamasında göz önünde bulundurulması gereken hususlar cam kırıkları ve ergonomidir [22]. Cam kırıkları hem iş kazasına sebep olabilmekte hem de tozlarının ortam havasına karışması sonucu meslek hastalıklarına yol açabilmektedir. Yukarıda bahsedilen cam üretimine özel risklerden ziyade, cam üretimi de genel iş sağlığı ve güvenliği riskleri taşımaktadır.

2.3 TERMAL KONFOR

Çalışma ortam koşulları çalışanın rahat hissedebilmesi ve verimli çalışabilmesi için optimum hale getirilmelidir. Uygun ortam koşullarını etkileyen en yaygın fiziksel parametrelerden biri de yüksek sıcaklıktır. Cam sanayi gibi yüksek sıcaklıklarda hammaddelerin pişmesini gerektiren bir iş alanında çalışanların sağlığı ve verimli bir üretim için termal konfor koşulları büyük önem taşımaktadır [1].

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)' ın tanımına göre termal konfor, zihnin termal çevre ile etkileşimi sonucu oluşan memnuniyet durumudur ve subjektif olarak değerlendirilir [23].

2.3.1 Termal Konfor Bileşenleri

Termal konfor yalnızca çevresel faktörlerden etkilenmez; zihin algısı ile de doğrudan ilişkili olduğu için termal konfor değerlendirilirken kişisel özellikler de dikkate alınmalıdır. Kişinin sıcaklık algısı, tüm bedeninin termal dengesi ile ilgilidir. Bu dengeyi etkileyen kişisel faktörler, fiziksel aktivite ve kıyafet iken; çevresel faktörler, hava sıcaklığı, radyal sıcaklık, hava akım hızı ve nemdir [19].

Termal konfor kişisel faktörlere, kişinin algısına, fizyoloji ve psikolojisine bağlı olduğu için bir çalışma ortamındaki her birey için optimum termal ortamı sağlamak mümkün olmayacaktır. Her bireyin etkilendiği termal çevre aynı olmasına rağmen termal dengeyi sağlamaya çalışan bedenlerdeki farklılık termal açıdan uygun ortamı da farklılaştırmaktadır. Fakat çalışanların büyük bir kısmı için uygun termal çevreden bahsetmek mümkündür. Termal konforun belirlenmesinde kullanılan, iki kişisel ve dört çevresel olmak üzere altı temel faktör vardır [23];

- Metabolik hız
- Giysi yalıtımı
- Hava sıcaklığı (kuru termometre ile ölçülür)
- Radyal sıcaklık (siyah hazneli küre probu yardımı ile ölçülür)
- Hava akım hızı (anemometre ile ölçülür)
- Bağıl nem (kuru ve ıslak termometre yardımı ile ölçülür)

Ayrıca, yaş termometre sıcaklığı da termal koşulların belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Metabolik hız, ASHRAE Termal Konfor Standardı'nda, organizmadaki metabolik aktivitelerle, kimyasal enerjinin mekanik ve ısı enerjisine dönüştürülmesi şeklinde tanımlanmıştır [23]. Dolayısıyla, kişinin aktivitesine göre metabolizmanın ürettiği enerji değişmektedir. Ortamın konforlu hissedilmesi için organizmada üretilen enerjinin çevreye ısı kaybı olarak atılması gerekmektedir. Vücut, bu ısı dengesini korumak için fizyolojik denetim mekanizmalarına sahiptir ve bulunduğu çevreyle ne kadar kolay enerji dengesini kurabilirse,

yani fizyolojik denetim mekanizmaları ne kadar az devreye girerse, bulunduğu ortamı o denli konforlu hisseder [22].

Metabolik enerji üretimini ifade etmek için "met" birimi kullanılır; dinlenme halindeki bir insanın metabolik hızı olarak tanımlanmıştır (1 met=58.2 W/m²) [23]. Tablo 2.4’de bazı aktivite türleri için standart metabolizma hızları verilmiştir, termal konforun belirlenmesinde bu değerler kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında çalışma yapılan cam imalat işletmelerinde yapılan işler 1.2-2.4 met değerleri arasında yer almaktadır.

Tablo 2.3 Bazı Aktiviteler için Metabolizma Hızı [23]

Aktivite	Metabolik Oran (W/m ²)	Metabolik Oran (met)
Dinleme		
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
Bilgisayarda yazma	65	1,1
Oturarak yapılan evrak işleri	70	1,2
Ayakta yapılan evrak işleri	80	1,4
Gezinmek	100	1,7
Kaldırma, paketleme	120	2,1
Araç Kullanma/Uçuş		
Otomobil	60-115	1,0-2,0
Hava taşıtı (rutin)	70	1,2
Hava taşıtı (savaş)	140	2,4
Ağır taşıt	185	3,2

Tablo 2.3 Bazı Aktiviteler için Metabolizma Hızı [23] (devam)

Aktivite	Metabolik Oran (W/m²)	Metabolik Oran (met)
Çeşitli İş Aktiviteleri		
Aşçılık	95-115	1,6-2,0
Ev temizleme	115-200	2,0-3,4
Oturarak ağır kas hareketleri	130	2,2
Makine kullanılarak yapılan işler		
Testere ile yapılan işler	105	1,8
Hafif işler	115-140	2,0-2,4
Ağır işler	235	4,0
Ağır yük kaldırma	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, yarış	410-505	7,0-8,7

Giysi yalıtımı, ASHRAE Termal Konfor Standardı'nda, kıyafetin ısı transferine karşı direnci şeklinde tanımlanmaktadır. Kıyafet ısı direnci, insan derisi ile çevre arasındaki ısı transferini etkileyen bir faktördür. Giysiler için ısı transferine karşı direnç, giysinin türüne göre aldığı yalıtım birimi ile ifade edilmektedir, "clo" birimi kullanılır ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$) [23]. Tablo 2.5'de bazı giysi türleri için yalıtım değerleri verilmiştir, termal konforun belirlenmesinde bu değerler kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında çalışma yapılan cam imalat işletmelerinde genellikle iş kıyafetleri kullanılmakta ve yalıtım katsayıları 0,9-1,0 clo arasındadır.

Tablo 2.4 Bazı Kıyafetler için Yalıtım Katsayısı [23]

Kıyafet		Yalıtım Katsayısı, I_{cl} (clo)
Pantolon	1)Pantolon, kısa kollu gömlek	0,57
	2)Pantolon, uzun kollu gömlek	0,61
	3) #2 + ceket	0,96
	4) #3 + yelek, T-shirt	1,14
	5) #2 + uzun kollu kazak, T-shirt	1,01
	6) #5 + ceket, uzun içlik	1,30
Etek/Elbise		0,54-1,10
Şort	Yürüyüş şortu, kıs kollu gömlek	0,36
Tulum	1)Uzun kollu tulum, T-shirt	0,72
	2)Tulum, uzun kollu gömlek, T-shirt	0,89
Spor kıyafetler		0,74

Hava sıcaklığı, ASHRAE Termal Konfor Standardı'nda, çalışanın etrafındaki hava sıcaklığı şeklinde tanımlanmıştır. Kuru hava sıcaklığı olarak da tabir edilen bu sıcaklık türü çalışanın maruziyetini belirlemek için tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle termal konfor şartları belirlenirken nem ve hava akım hızı da dikkate alınmalıdır.

Hissedilen sıcaklık, termometre ile belirlenen hava sıcaklığından farklı olarak, insan vücudunun algıladığı sıcaklıktır. Hissedilen sıcaklık kavramı, hava akım hızını ve nemi de içeren kavramlar olduğu için hava sıcaklığından daha doğru bir değerlendirme sunmaktadır. Ancak hesaplanan veya grafikte elde edilen hissedilen sıcaklık değerleri de maruziyeti tam olarak ifade etmekte yetersiz kalacaktır, zira radyal sıcaklık ve kişisel faktörlerin de çalışanın termal konforu üzerinde yadsınamaz etkileri vardır [23].

Radyal sıcaklık, siyah bir küre yardımıyla ölçülen sıcaklıktır, çalışanın vücut yüzeyinden radyasyon ve konveksiyon yoluyla kaybettiği ısı ile aynı miktarda ısı kaybettiği kabulüyle kullanılan siyah kürenin sıcaklığıdır. Düz bir plaka yardımı ile de ölçülebilen sıcaklık için genellikle küre biçimindeki termometre kullanılır. Radyal sıcaklığın belirlenmesinde, küre sıcaklığı, hava sıcaklığı, hava akım hızı beraber kullanılır [23].

Hava akım hızı, yönü düşünülmezsizin bir noktadaki hava hareketinin hızını ifade eder [23]. Hava akımı çalışma ortamındaki temiz ve kirli hava döngüsünü sağlamak amacıyla ihtiyaç duyulmaktadır, ancak çalışanın maruz kaldığı sıcaklık üzerinde de önemli bir etkiye sahip olduğu için termal koşullar iyileştirilirken mutlaka dikkate alınmalıdır. Hava akım hızı, anemometre ile ölçülmektedir. Zamana göre değişiklik gösterebilmektedir bu sebeple anlık ölçümü güvenilir sonuç vermeyecektir.

Nem, atmosferde bulunan su buharıdır ve ısıyı tutma özelliğine sahiptir. Bu sebeple ortam nem ile maruz kalınan sıcaklık ilişkilidir. Nem, mutlak ve bağıl nem olarak ifade edilir; birim hava moleküllerinin içerdiği suyun kütle cinsinden miktarına mutlak nem; mutlak nemin aynı sıcaklık ve basınçta aynı havanın taşıyabileceği maksimum su miktarına oranına ise bağıl nem denir [23]. Nem ve hava akım hızının maruz kalınan sıcaklığa büyük etkisi vardır.

Termal konforun değerlendirilmesinde kullanılan standartlara göre ortamda bulunanların tamamı için uygun termal şartları sağlamak mümkün olmamaktadır. Ancak %80 gibi büyük bir çoğunluğu memnun etmek mümkündür. Memnuniyetsizlik yaşayan grubun %10'u genel termal konfor rahatsızlığı yaşarken diğer %10 ise bölgesel memnuniyetsizlik yaşadığı kabul edilmektedir. Yukarıda bahsedilen temel termal konfor bileşenlerini kullanarak % 80 kabul edilebilirlik limitine ulaşmak mümkündür. Ancak daha yüksek termal konfor standardına ulaşmak için daha detaylı çalışmalarla bu limiti, % 90 kabul edilebilirliğe düzeyine çıkarmak mümkündür. Bu durumda, termal konfora etki eden temel parametrelerden başka şu bileşenlerin de hesaba katılması gerekmektedir; hava sıcaklığındaki düşey farklılık, radyal sıcaklık asimetrisi, vücudun bir bölgesinin sıcaklığının lokal hava akımı ile değişimi, zemin yüzeyinin çok sıcak yada çok soğuk olması, sıcaklığın zamana bağlı değişimi, çalışma ortamında işleme sıcaklığının periyodik değişimi [23].

Çalışma ortamındaki ısı baskısını tayin etmek için bu etmenler tek tek kullanılmamakta, her birinin etkisi hesaba katılarak termal konfor şartları değerlendirilmektedir. Şartları değerlendirilmek için kullanılan farklı indisler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan ısı baskısı indisleri, percentage mean vote (PMV), predicted percentage of dissatisfied (PPD) ve wet bulb globe temperature (WBGT) değerleridir.

Ayrıca ısı baskısının değerlendirilmesinde psikrometrik diyagramlarda kullanılabilir. Termal konfor, çalışma ortamındaki farklı sıcaklık parametrelerin ve nemin ile vücudun sıcaklık ve nem parametrelerinin dengesi ile ilgili bir husustur. Psikrometri ise gaz buhar karışımının termodinamik ve fiziksel özellikleri ile ilgilenen bir termodinamik dalıdır.

Psikrometrik prensipler yaygın olarak ısıtma, havalandırma, iklimlendirme uygulamalarının temelinde yer alan hava ve su buharı karışımının termodinamik parametrelerinin değerlendirilmesi için kullanılır. Bu sebeple, çalışma ortamının değerlendirilmesinde psikrometrik diyagramlara başvurulabilmektedir [23].

Hem soğuk hem de sıcak çalışma ortamları çalışanların sağlığını ve çalışma verimini etkilemektedir. Ancak bu çalışma, sadece sıcak çalışma ortamlarında termal konfor şartlarını kapsamaktadır. Çalışma koşulları incelenirken yukarıda belirtildiği gibi çevresel koşulları belirlemek için ortamın sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Ortamın termal koşullarının çalışanlar üzerine etkisi incelenirken, kişinin metabolizma hızı ve kıyafetlerinin de etkisi düşünülerek üzerinde biriken ısı yükü hesaba katılmaktadır. Termal konfor koşulları incelenirken bu faktör beraber değerlendirilmektedir.

2.3.2 Üretim Süreçlerinin Sıcaklık Maruziyeti Açısından Değerlendirilmesi

Cam üretiminin ergitme teknolojisine dayalı olması, cam fırınlarının sürekli olarak faaliyette ve üretimin kesintisiz olması çalışanların sürekli olarak sıcak ortama maruz kalmasına sebebiyet vermektedir.

Camın harmanının hazırlanıp fırına verilmesi süreci, endüstride genellikle otomasyon ile kontrol edilmekte ve ergitme işleminden izole bir ortamda gerçekleştiği için bu kısımda çalışanların sıcağa maruziyetleri sıcak işlem olmayan diğer sanayi türlerinden farklılık göstermemektedir. Harmanın fırına verilmesi, fırının kontrol işlemleri de büyük oranda otomasyon ile kontrol edilmektedir ve fırın bölgesi geçiş için kullanılmakta, çalışanlar bu kısımdaki sıcaklığa uzun süre maruz kalmamaktadır. Ancak, bu kısımda refrakter değişim ustaları zaman zaman faaliyet göstermektedir. Öte yandan, el ile imalatın yapıldığı ve küçük ölçekli fırınların kullanıldığı işletmelerde fırınlar diğer işletmelerde olduğu gibi aktif çalışma ortamından ayrı olmayabilmektedir. Bu durumda, fırın sıcaklığı da maruz kalınan ortam sıcaklığına eklenmektedir.

Cam üretiminin bel kemiğini oluşturan ve en çok çalışanı barındıran şekillendirme kısmı sıcaklığa en fazla maruz kalınan kısımdır. Fırınlardan yaklaşık 600 °C’de çıkan cam fiskaları, şekillendirme makinalarına düşmektedir. Şekillendirme makinaları, çalışanlar tarafından sürekli kontrol edilmekte, hatalı ürünlerin hat üzerinde ilerlemesi uzun maşalar kullanılarak engellenmektedir. Ayrıca bu kısımda faaliyet gösteren bakım ve tamir çalışanları da makina aksamalarının yağlanması ve tamir işleri sırasında sıcağa maruz kalmaktadır. Şekillendirme

bölümünde camın makina üzerinde düzgün bir şekilde ilerlemesi gözle kontrol edildiğinden direkt olarak açık aleve bakıldığı için kızılötesi ve UV ışınlarına maruz kalılabilmektedir.

Cam mamuller bir üretim hattı boyunca ilerlediği için soğutma ve kalite kontrol bölümlerinde de, şekillendirme bölümünden gelen ve üretilen cam malzemelerden gelen sıcaklığın etkisi görülmektedir. Bu çalışmada üretim bölümünde maruz kalınan sıcaklıkla ilgili çalışmalar yapılmış olup özellikle şekillendirme ve kalite kontrol bölümlerinden veri toplanmıştır.

2.3.3 Termal Uygunsuzluğun Sağlık Etkileri

Çalıştığı ortamdan tatmin olmayan bir bireyin mental ve fiziksel olarak sağlıklı davranması beklenemez. Termal konfor şartları, çalışanın beden ve ruh sağlığını etkilediği gibi üretkenliğini de etkileyebilmektedir.

Besin ve oksijen kullanarak mekanik iş ve düşük sıcaklıkta ısı oluşturan insan vücudu, termodinamik bir sistemdir. Bu sistem, vücudun iç sıcaklığını $37\pm0,5$ °C, deri yüzey sıcaklığını ise ortalama 31,5-33,5 °C arasında tutmak üzerine kurulmuştur. Sitemde gerçekleşen tüm biyolojik prosesler sıcaklığa bağlıdır, bu yüzden sıcaklık ve nem dengesinin koruması hayati öneme sahiptir.

Yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalmak çalışanlarda sistematik rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Öte yandan, sıcaklığın akut etkileri de olabilmektedir. Deri sıcaklığında, 1-3 °C arasında bir sıcaklık değişiminin insanda çok büyük etkisi olmaz iken daha fazlası karaciğer, dalak gibi önemli organlara ciddi zararlar verebilmektedir [20]. Ayrıca, ortam sıcaklığının yüksek olması sonucu ortama uyum sağlamaya çalışan organizmada su kaybı, elektrolit metabolizmasında bozulma, kalp atım sayısında, solunum sayısında, kan basıncında değişme, yüksek ateş ve çalışma gücünde azalma gibi problemler açığa çıkmaktadır. Dahası, yüksek ortam sıcaklığı, sıcak çarpması, sıcak ödemi, sıcak krampı, sıcak bitkinliği gibi birtakım sistemik rahatsızlıklara sebep olmasının yanı sıra isilik gibi cilt hastalıkları ve hatta ani ve aşırı artışlarda ölüme bile yol açabilmektedir. Diğer sağlık etkileri ise kimi hastalıkları şiddetlendirmesi, üreme sağlığına olumsuz etkisidir [4]. Sıcak çalışma ortamına bağlı olarak çalışanda gelişebilecek ani rahatsızlıklardan bir kısmı aşağıda belirtilmiştir [25]. Isı krampı (heat cramp), ısı yorgunluğu (heat exhaustion), ısı yükü (heat strain), ısı çarpması (heat stroke), ısı tetanisi (heat tetany), ısı krampları (heat cramps) bu rahatsızlıklar arasında sayılmaktadır.

Ayrıca, ısı çarpmaları da meydana gelebilmektedir. Isı çarpması sonucu yoğun terleme, halsizlik, ağız kuruluğu, kas krampları, tansiyon düşüklüğü, baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma gibi belirtiler; çarpmanın ileri safhalarında ise ateş, bilinç bulanması, kuru-sıcak ve kırmızı cilt, hızlı ve yüzeysel solunum ve en sonunda bilincin tamamen kaybı görülmektedir [26].

Sıcak ortamda çalışmaya bağlı olarak bıkkınlık, sinirlilik ve dikkatsizlik hallerinin oluşmasından dolayı hataların yoğunlaşması, zihinsel çalışmalarda verim, fiziksel çalışmalarda performans düşüklüğü, yetenek ve becerilerde azalma gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilmekte ve bunun sonucu olarak iş kazalarında artış görülebilmektedir. Özellikle çok dikkat isteyen işlerde, iş fazla yorucu olmasa bile belli bir sıcaklığa kadar kaza sayısı sabit olmakta, bu sıcaklığın üzerinde ise kaza sayıları artabilmektedir [27].

Ayrıca, çalışma ortamının termal koşulları çalışanların fizyolojik ve psikolojik durumlarını etkilemektedir. Çalışma ortamının termal açıdan uygun olmaması vücudun ürettiği ısıyı artırmakta ve fazla ısının vücuttan dışarıya atılmasını güçleştirmektedir. Vücutta biriken ısının etkisiyle, çalışanda fiziksel ve zihinsel rahatsızlık ve yorgunluk belirtilerinin başlar ve çalışma gücü de zamanla zayıflar [28]. Bu sebeple, termal konfor meslek hastalıkları ve iş kazalarının açısından yüksek bir öneme sahiptir [29].

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1 ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİ

Literatür araştırmaları sonucu, cam üretim sektöründe, işyeri ortamlarında yaygın olarak karşılaşılan fiziksel etkenlerden biri olan yüksek sıcaklığın, uygun termal koşullar açısından problem teşkil ettiği saptanmıştır. Bu problemten yola çıkarak literatür taraması genişletilmiş ve cam sektöründeki termal koşulların belirlenmesi için kullanılan objektif veriler elde edilmesine olanak sağlayan ölçüm standartlarının yanında subjektif değerlendirme açısından elverişli standart kaynaklara ulaşılmıştır. Bu araştırmalar ışığında, çalışmanın amacı, cam üretim sektöründe ortam ölçümleri ile termal konfor şartlarını belirlemek, konforsuzluk probleminin boyutunu tespit etmek ve yine aynı koşulların subjektif olarak bir anket yardımı ile değerlendirilmesini sağlayarak elde edilen bulguları karşılaştırmak şeklinde belirlenmiştir.

Saha çalışmalarının yapılacağı işletmeleri belirlemek amacıyla TOBB Türkiye Cam ve Cam Ürünleri Sanayi Meclisi ile görüşülerek sektördeki işletmeler hakkında bilgi edinilmiştir. Bu bağlamda, düzcam, makina ile cam ev eşyası, el ile ev eşyası ve cam ambalaj üretimi yapan dört cam üretim fabrikasında ve sıcak üretim sürecinin gerçekleştiği alanlarda çalışmaların gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Çalışmada, termal konfor ölçümleri için TS EN ISO 7730, TS EN 27243 standartları ve termal koşulların subjektif değerlendirilmesi için TS EN ISO 10551 standardı kullanılmıştır. Toplanan veriler, standartlarda yer alan sınır değerlerle ve istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir.

Çalışmanın temelde üç amacı bulunmaktadır:

- Çalışma ortamının termal koşullarının ölçüm yaparak belirlenmesi
- Çalışma ortamının termal koşullarının anket yardımı ile subjektif olarak değerlendirilmesi
- Objektif ve subjektif verilerin karşılaştırılarak sonuçlarının, muhtemel maruziyet kaynaklarının değerlendirilmesi ve sonuç önerilerinin sunulması

3.1.1 Çalışma Yapılan İşletmeler ve Bölümler

Cam üretimi ve cam ürünleri imalatı Tablo 2.1’ de belirtildiği gibi İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları tebliğine göre 23.1 NACE kodu ile sınıflandırılan ve büyük oranda çok tehlikeli sınıfta bulunan iş kolları arasında yer alan bir sanayi koludur. Bu

çalışmada, 23.11 ve 23.13 kodlu düzcam ve çukur cam imalatı kategorisinde yer alan düzcam, cam ambalaj, makina ile cam ev eşyası üretimi ve el ile ev eşyası üretimine odaklanılmış her bir alt sektörde üretim yapan birer fabrikada saha çalışmaları yapılmıştır. Ölçüm yapılan işletmelerin özellikleri Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1 Saha Çalışmalarının Yapıldığı İşletmeler ile İlgili Genel Bilgiler

İşletme Kodu	Üretim Alanı	Çalışan Sayısı Üretim/Toplam	İşletme Büyüklüğü (m²)
A	Düzcam	60/188	370 000
B	Makina ile cam ev eşyası imalatı	718/1069	430 000
C	El ile cam ev eşyası imalatı	363/663	117 000
D	Cam ambalaj	182/416	200 000

İşletmeler belirlendikten, gerekli izinler alındıktan sonra saha ziyaretleri gerçekleştirilmiştir. İşletmelerdeki iş güvenliği uzmanı eşliğinde tüm bölümler ve süreçler incelenmiş ve gerekli bilgiler alındıktan sonra iş güvenliği uzmanları ile verilen ortak karar neticesinde çalışanların sıcağa ortam koşullarına maruziyetin yaşandığı bölümlerde çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu kısımda gerçekleştirilen faaliyetler camın şekillendirme, tavlama, soğutma, işleme-kalite kontrol işleridir. Özellikle camın şekillendirildiği bölümde makina konumlarının sıcaklık maruziyeti ile doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür ve bu sebeple homojen olmayan bir maruziyet planı olduğu tespit edilerek her bir işletmeden yeterli sayıda ölçüm alınmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca üretim hattında çalışanları temsil edecek örneklem sayısı, düzcam (A), makina ile ev eşyası (B) ve cam ambalaj (D) fabrikalarında sırasıyla, 31, 74 ve 45 ($\alpha=0,05$, $d=0,1$, $p=0,2$) olarak belirlenmiş ve veriler toplanmıştır. Bu bağlamda her bir işletmede yapılan ölçüm ve anket sayıları Tablo 3.2’ de belirtilmiştir.

Tablo 3.2 Saha Çalışmalarının Yapıldığı İşletmelere Göre Toplanan Veri Sayısı

İşletme Kodu	Ölçüm sayısı	Anket sayısı/üretimde çalışan sayısı
A	7	31/60
B	11	74/718
C	9	-
D	8	45/182

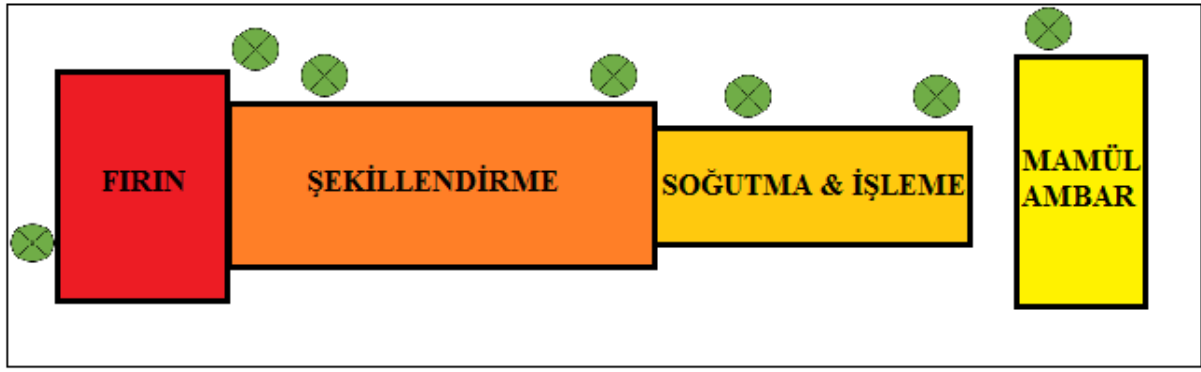
3.2 TERMAL KONFORUN OBJEKTİF DEĞERLENDİRMESİ

Çalışma ortamının termal şartlarını belirlemek amacıyla ilk aşamada objektif veriler elde edilmiştir. Bunun için öncelikle strateji belirlenmiş, uluslararası standartlar ve ölçüm cihazları kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Ölçüm Stratejisi

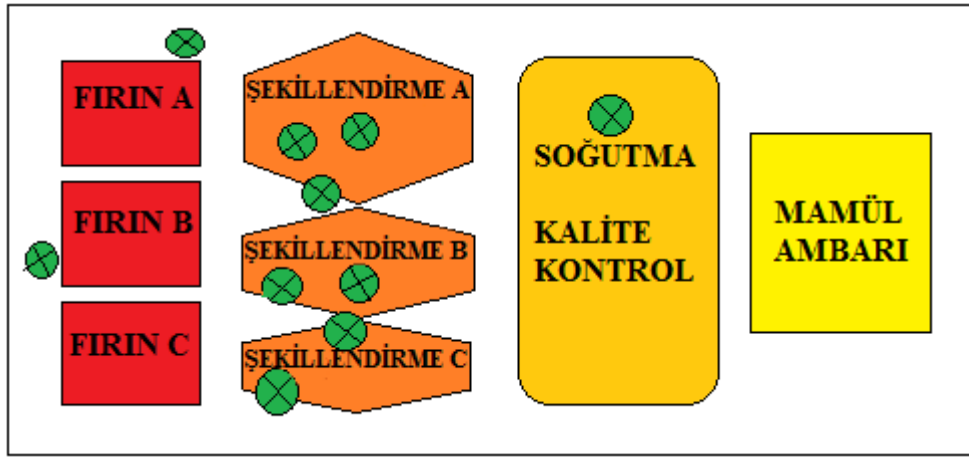
Yukarıda Bölüm 3.1’de belirtildiği üzere ölçümleri gerçekleştirmek için sıcak proseslerin yer aldığı işletme kısımları tercih edilmiştir. Şekillendirme, soğutma ve kalite kontrolün yapıldığı bölümlerde homojen gruplar oluşturularak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, cam imalatı bir hat üzerinde devam eden sürekli bir proses olduğu için ergitme işleminin gerçekleştiği fırınlar ile şekillendirme makinaları, Şekil 2.6’dan açıkça anlaşılabileceği üzere, birbirine yakın konumlandırıldığı için fırın etrafında aktif çalışma olmasa bile şekillendirme kısımda yoğun olarak faaliyet gösteren çalışanları etkileyebileceği için bu kısımdan da ölçümler alınmıştır.

Şekil 3.1’de düzcam üretimi yapılan işletme iş akış şeması üzerinde ölçüm yapılan noktalar yeşil dairelerle belirtilmiştir. Sisteme müdahalelerin üretim hattının sol tarafından yapıldığı bilgisi ışığında ölçümler sol taraftan alınmıştır.



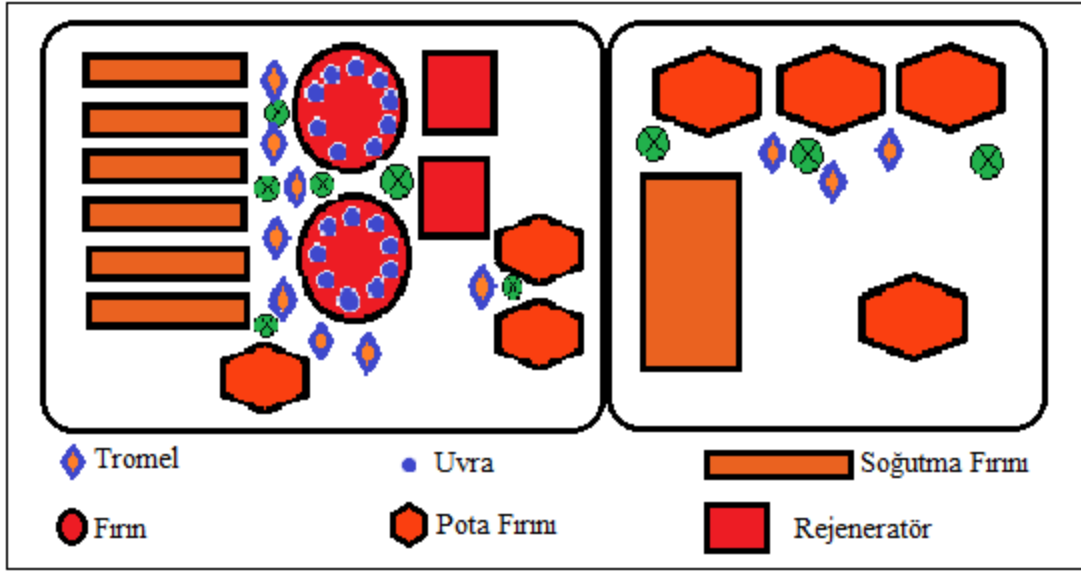
Şekil 3.1 A Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları

Şekil 3. 2’de makina ile cam ev eşyası üretimi yapılan işletmede işyeri krokisi üzerinde ölçüm yapılan noktalar yeşil dairelerle belirtilmiştir. Şekillendirme bölümlerinde sıcaklığın homojen dağılmadığı ve maruziyetin yüksek olduğu bölümler olduğu için ölçümler o noktada yoğunlaşmıştır. Şekillendirme işlemleri için IS (individual section) makinaları kullanılmaktadır. Fırın bölgesinde ortamdaki maruziyeti temsil edeceği düşünülen iki noktada ölçüm alınmıştır. Soğutma ve kalite kontrol bölümü ise sıcaklığın homojen dağıldığı kısım olduğu için bir ölçüm alınması uygun görülmüştür.



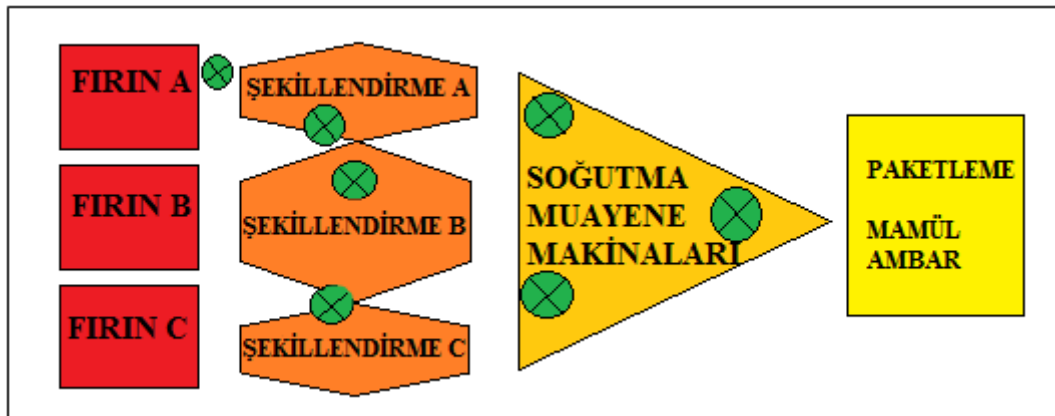
Şekil 3.2 B Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları

Şekil 3.3’te el ile cam ev eşyası üretimi yapılan işletmede işyeri krokisi üzerinde ölçüm yapılan noktalar yeşil dairelerle belirtilmiştir.



Şekil 3.3 C Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları

Şekil 3.4'te cam ambalaj üretimi yapılan işletmede işyeri krokisi üzerinde ölçüm yapılan noktalar yeşil dairelerle belirtilmiştir. Mamullere şekil verilen kısımdaki makinaların konumları birbiri ile orantılı bir şekilde seçildiği için sıcaklık işletme bölümünde görece homojen dağılım göstermektedir. Bu sebeple işletme kısmında üç ölçüm alınması uygun bulunmuştur. Soğutma sonu ve muayene makinalarının bulunduğu kalite kontrollerin yapıldığı kısımda ise sıcaklık dağılımının B kodlu işletmedeki gibi homojen olmadığı görülmüş bu sebeple termal koşulları temsil edecek üç noktadan ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.4 D Kodlu İşletmedeki Termal Konfor Ölçüm Noktaları

3.2.2 Kullanılan Metotlar ve Cihazlar

Çalışma ortamının termal koşulları tahmin etmek, termal memnuniyetsizliği belirlemek amacıyla “TS EN ISO 7730 – Orta Dereceli Termal Ortamlar, PMV ve PPD İndislerinin Tayini, Termal Rahatlık İçin Şartların Belirlenmesi” standardı ve bu standardın yetersiz kaldığı durumlarda (PMV değerinin ± 2 dışında olduğu durumlar) ise ölçüm stratejisi değiştirilerek “TS Türk Standartları Enstitüsü. TS EN 27243 – Sıcak Ortamlar – WBGT İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini” standardı kullanılmıştır.

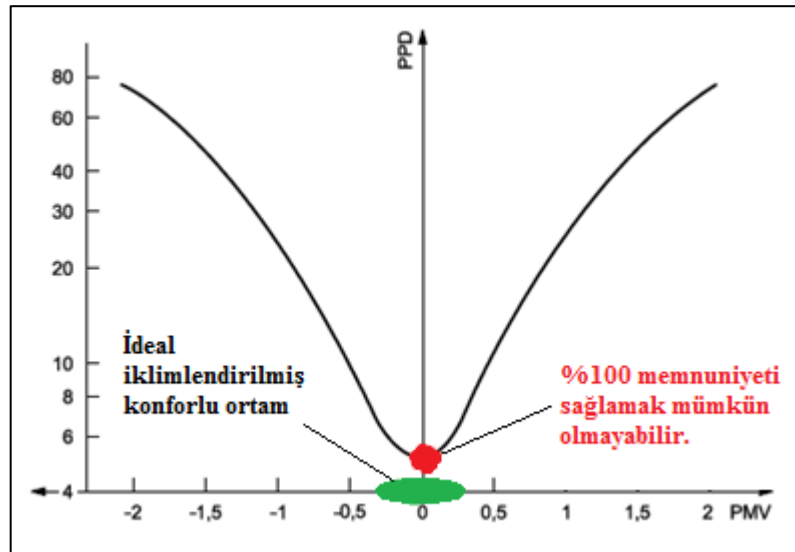
TS EN ISO 7730 standardı, termal ortam ergonomisi tayini için Predicted Mean Vote (PMV – Tahmini Ortalama Karar) ve Predicted Percentage Dissatisfied (PPD – Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi) indekslerinin hesaplanması, ve lokal termal konfor kriterlerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

P.O. Fanger isimli Danimarkalı bilim insanı tarafından geliştirilen bu model sayesinde ısı konfora etki eden kişisel ve çevresel bileşenler, matematiksel olarak modellenmiş ve insanların ortamı nasıl algıladıkları hesaplanabilmiştir [24]. PMV indeksi, geniş bir insan grubunun yedi-nokta bir termal duyarlılık ölçeğine (seven-point thermal sensation scale) göre değerlendirilmiştir. Vücutta üretilen ısı enerjisi ile vücudun ortama yayarak kaybettiği ısı enerjisinin denk olduğu durumda oluşan insan bedeninin ısı dengesini temel alan ortalama bir karar değerini öngörmektedir. PMV indeksi; hava sıcaklığı, radyal ısı, nem, hava akım hızı, giysi ve aktivite değişkenleri dikkate alınarak hesaplanan ve bireyin ortamın termal koşullarından etkilenme düzeyini belirleyen bir indekstir. 3 ile +3 arasında değer alabilen PMV indeksi, termal koşulların uygun olduğu yerlerde -0,5 ile +0,5 arasında değerler alır. Tablo 3.3’te gösterilen termal duyarlılık skalası kullanılarak hesaplanan PMV değerlerinin insan bedeni tarafından nasıl algılandığı tespit edilebilir [24].

Tablo 3.3 Yedi-Nokta Termal Konfor Duyarlılık Ölçeği [24]

PMV	Anlam
+3	Sıcak (Hot)
+2	Ilık (Warm)
+1	Hafif ılık (Slightly warm)
0	Nötr (Neutral)
-1	Hafif serin (Slightly cool)
-2	Serin (Cool)
-3	Soğuk (Cold)

PPD değeri ise, PMV’de türetilen ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesini veren bir indekstir. İki parametre arasındaki ilişki Şekil 3.5’te görülebilir. Konforlu bir ortam için PMV değerinin ± 0.5 arasında bir değer alması gerektiğini belirttik, bu durum, ortamda bulunan memnuniyetsiz kişilerin oranının % 10’u aşmaması anlamına gelmektedir. Şekil 3.5’te görüldüğü üzere PMV’nin nötr olduğu orijin noktasında bile PPD indisi sıfır değerini almamaktadır. PPD indisinin bu durumu, pratik olarak, teknik olarak tam olarak konforlu bir ortam sağlansa bile sıcaklık konusunda %100 memnuniyeti sağlamak mümkün olmayacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca yine şekilden anlaşıldığı gibi PMV değeri sıfırda uzaklaştıkça memnuniyetsizlik artmaktadır [24].



Şekil 3.5 PPD ve PMV Değerleri Arasındaki İlişki [24]

PMV ve PPD değeri bedenın bir bütün olarak termal konforunun ifadesidir. Ancak, termal memnuniyetsizlik bedenın belli bir bölümünün üşmesi veya terlemesi şeklinde de olabilir buna bölgesel memnuniyetsizlik denmektedir. En yaygın sebebi vücudun bir bölgesinin sıcaklığının lokal hava akımı ile değişimidir. Ancak, bölgesel memnuniyetsizlik, hava sıcaklığındaki yüksek düzey farklılık, radyal sıcaklık asimetrisi, zemin yüzeyinin çok sıcak ya da çok soğuk olması gibi sebeplerde etkilidir [24]. PMV indisinin matematiksel formülasyonu Ek-1’de yer almaktadır.

PMV ölçümleri yapılırken ölçüm cihazı, tripot üzerine ve çalışanın karın seviyesine konularak 1 saatlik ölçümler alındı. Böylece termal konforu etkileyen çevresel faktörler ölçülmüş oldu; termal konfora etki eden diğer parametreler olan giysi yalıtımı ve çalışanlara ait metabolik hız değerleri ise standartta yer alan tablolardan, çalışma ortamı şartlarına en yakın aktivitelere ve kullanılan giysilere ait değerler kullanıldı.

PMV indeksinin ± 2 aralığı dışında olduğu durumlarda termal şartları değerlendirmek için bu indeks yetersiz kalmakta ve ölçüm stratejisi değiştirmek gerekmektedir. Bu durumda sıcak ortamları değerlendirme için TS EN 27243 standardı kullanılmıştır. Bu standart, Wet Bulb Globe Temperature (WBGT - Islak Hazne Küre Sıcaklığı) indeksine göre ısının çalışan üzerindeki baskısının tahmini için kullanılır ve sıcak termal şartların değerlendirilmesinde kullanılan deneysel bir indekstir. WBGT indeksi hesaplanırken ıslak termometre sıcaklığı (T_{nw}), küre sıcaklığı (T_g) ve kuru termometre sıcaklığı (T_a) kullanılır. WBGT indeksi, güneş yükü alan dış ortamlar ve güneş yükü almayan iç ve dış ortamlar için ayrı şekilde hesaplanmaktadır [27].

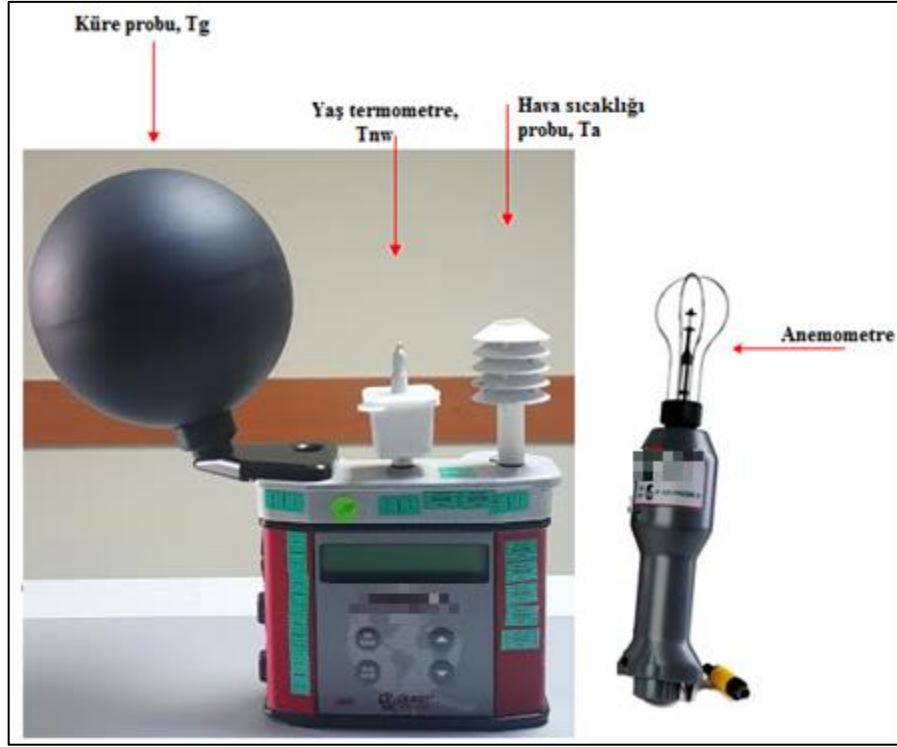
Güneş yükü alan dış ortamlar:

$$WBGT = 0,7T_{nw} + 0,2T_g + 0,1T_a \quad (3.1)$$

Güneş yükü almayan iç ve dış ortamlar:

$$WBGT = 0,7T_{nw} + 0,3T_g \quad (3.2)$$

Çalışma ortamlarının fiziksel koşulları ölçülürken, Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’te gösterilen cihazlar kullanılmıştır.



Şekil 3.6 Termal Konfor Ölçüm Cihazı

WBGT indeksi hesabında hava akım hızı kullanılmadığı için ölçümler sırasında anemometreye ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak TS EN ISO 7730 metodu ile PMV ve PPD ölçümleri sırasında kullanılmaktadır.



Şekil 3.7 Termal Konfor Ölçüm Cihazı

WBGT ölçümleri öncesinde, ölçüm noktası belirlendikten sonra belirlenen noktanın homojen sıcaklık dağılımı gösterip göstermediği kontrol edildi. Bu sebeple anlık değer gösteren sıcaklık, nem ve hava akım hızı ölçen ve Şekil 3.8’te yer alan cihaz kullanılarak çalışanın baş, karın ve ayak bileği seviyelerinden anlık ölçümler alındı; şayet değerler arasındaki fark %5’i geçmiş ise ölçüm noktasının heterojen olduğuna karar verildi ve her bir seviyeden birer saatlik ölçümler alındı. Heterojen ölçümlerde WBGT indeksi aşağıdaki formül ile hesaplandı.

$$WBGT = [WBGT_{baş} + (2 \times WBGT_{karın}) + WBGT_{ayakbileği}] / 4 \quad (3.3)$$



Şekil 3.8 Anlık Sıcaklık, Nem, Hava Hızı Ölçer

Isı baskısını belirlemek için kullanılan WBGT indisinin sınır değerler yapılan işe harcanan enerjiye ve mesai süresi boyunca işin başında kalan süreye göre değişiklik göstermektedir. WBGT indisinin sınır değerlerine dair bir ulusal mevzuatımız bulunmamaktadır. Ancak, ACGIH ve NIOSH kurumlarının kaynaklarında yer alan sınır değerler Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.4 WBGT Değeri için TLV ve Hareket Limit Değerleri (ACGIH) [30]

	TLV (°C)				Hareket limiti (°C)			
Çalışma süresi/saat (%)	İş yoğunluğu(metabolizma hızına göre)							
	Hafif iş	Orta ağırlıkta iş	Ağır iş	Çok ağır iş	Hafif iş	Orta ağırlıkta iş	Ağır iş	Çok ağır iş
75-100	31,0	28,0	-	-	28,0	25,0	-	-
50-75	31,0	29,0	27,5	-	28,5	26,0	24,0	-
25-50	32,0	30,0	29,0	28,0	29,5	27,0	25,5	24,5
0-25	32,5	31,5	30,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,0

*WBGT: Wet bulb globe temperature (Islak hazne küre sıcaklığı)

**TLV: Threshold limit value (eşik sınır değer)

***Hafif iş: 70-130 W/m², orta ağırlıkta iş: 130-200 W/m², ağır iş: 200-260 W/m², çok ağır iş: 260+ W/m² (İş yoğunluğu:metabolizma hızı)

Tablo 3.5 WBGT Değeri için REL Değerleri (NIOSH) [31]

Çalışma süresi/saat (%)	REL (°C)			
	İş yoğunluğu (metabolizma hızına göre)			
	Hafif iş	Orta ağırlıkta iş	Ağır iş	Çok ağır iş
100	31	28	27	25,5
75	31,5	29	27,5	26,5
50	32	30,5	29,5	28
25	32,5	32	31,5	31
0	39	37	36	34

*WBGT: Wet bulb globe temperature (Islak hazne küre sıcaklığı)

**REL: Recommended exposure limit (tavsiye edilen maruziyet limiti)

***Hafif iş: 70-130 W/m², orta ağırlıkta iş: 130-200 W/m², ağır iş: 200-260 W/m², çok ağır iş: 260+ W/m² (İş yoğunluğu:metabolizma hızı)

3.3 TERMAL KONFORUN SUBJEKTİF DEĞERLENDİRMESİ

Çalışmanın ikinci kısmı olan ortam sıcaklığının subjektif olarak değerlendirilmesi için çalışanlara anket yapılmıştır. Anketin amacı, çalışanların, bulundukları ortamda sıcaklık açısından nasıl hissettiklerini saptamaktır.

3.3.1 Kullanılan Standart ve Anket

“ISO 10551: Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales” uluslararası standartta belirtilen ölçekler kullanılarak bireylerin fikirlerini kapsayan veriler elde edilmiştir [32]. Termal ortamın subjektif olarak değerlendirilmesi amacı ile kullanılan ölçekle değerlendirilmeye çalışılan parametreler kişisel sıcaklık algısı, kişisel değerlendirme, tercih, kabul edilebilirlik ve toleranstır; her bir parametre için yöneltilen soru şu şekildedir:

- Kişisel algı: Sizce şu anda buranın sıcaklığı nasıl?
- Kişisel değerlendirme: Bu durumu nasıl değerlendiriyorsunuz?
- Kişisel tercih: Şu anda buraya göre nasıl bir ortamda olmak isterdiniz?
- Kişisel kabul edilebilirlik: Kişisel olarak bu ortamı kabulleniyor musunuz?)
- Kişisel tolerans : Sizce bu çevre katlanılabilir mi?

Bu kişisel ölçeklerle toparlanan veriler, termal baskının fizyolojik ve psikolojik açılardan değerlendirilmesinde tamamlayıcı olarak kullanılabilir. Ayrıca, anket kapsamında çalışanların demografik bilgilerinin yanı sıra, işyerindeki deneyim süresi, bölümü, şuan çalıştığı departmandaki deneyim süresi, günlük çalışma süresi gibi bilgilerde edinilmiştir. Kullanılan anket, Ek-2’de yer almaktadır.

Anket uygulanmadan önce literatürde yapılmış benzer çalışmalar incelenerek tercüme kontrol edilmiştir. Ayrıca 3 iş güvenliği uzmanı ile anlaşılabilirliği kontrol edildikten sonra ilk ziyaret edilen işletmede 25 çalışana ön deneme maksatlı uygulanmış ve gerekli yenilemeler yapılmıştır. Anketin, her bir işletme için, tüm işletmeyi temsil niteliğinde gerekli örneklem büyüklüğü belirlenmiş ve yüz yüze anket yöntemi ile çalışma alanında uygulanmıştır.

Subjektif değerlendirme için gönüllülük esasına dayanarak termal konfor şartları belirlenecek ortamda çalışanları temsil edecek şekilde anketler yapılmıştır. El ile imalatın yapıldığı işletme C, yoğun iş temposu nedeniyle anket çalışmasında yer almaya gönüllü olmadığı için burada subjektif değerlendirme yapılamamıştır. Subjektif değerlendirme için kullanılacak örneklem

sayısı, evrendeki birey sayısının bilindiği durumda kullanılan aşağıdaki formül kullanılmıştır [33]:

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1)+t^2pq} \quad (3.4)$$

Formülde yer alan parametreler:

n = Örneklem sayısı

N = Evrendeki birey sayısı

p = İncelenecek olayın görülüş sıklığı

q = İncelenecek olayın görülmeyiş sıklığı

d = Olayın görülüş sıklığına göre yapılmak istenen $\pm$ sapma, hoşgörü miktarı

t = Belirli serbestlik derecesinde ve saptanan yanılma düzeyinde t tablosunda bulunan teorik t değeri, şeklindedir.

Bu bağlamda, düzcam (A), makina ile ev eşyası (B) ve cam ambalaj (D) fabrikalarında uygun örneklem büyüklükleri ($\alpha=0,05$, $d=0,1$, $p=0,2$) sırasıyla, 31, 74 ve 45 olarak belirlenmiştir. Anket verileri, bilgisayar destekli istatistiksel analiz programıyla değerlendirilmiştir. Anket sonuçları ile ölçüm sonuçları kıyaslanarak anketin ölçüm sonuçları ile tutarlılığı test edilmiştir. Ankette değişkenler arasındaki ilişki olup olmadığını incelemek için Ki-Kare Testi kullanılmıştır. Ayrıca, verilerin ortalamaları arasında fark olup olmadığına bağımsız örneklem t-test kullanılarak karar verilmiştir. Eğer, $p \leq 0.05$ ise değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olduğu; eğer, $p > 0.05$ ise değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olmadığı kabul edilmiştir [33].

4. BULGULAR

4.1 TERMAL KONFOR ÖLÇÜM SONUÇLARI

Bu çalışma kapsamındaki araştırmalar, farklı alt sektörlerde üretim yapan dört cam imalat fabrikasının ortak sıcak çalışma alanlarında yapılmıştır. Çalışmaların gerçekleştirildiği alanlar; fırın bölgesi, şekillendirme makinaları, soğutma ve işleme-kalite kontrol bölümü olarak belirlenmiştir. Çalışma alanlarında makinaların yerleşim planlarına göre çalışanların sıcaklığa maruziyetleri değişiklik göstermektedir. Bu sebeple, her çalışanın üzerindeki ısı baskısını belirleyebilmek amacıyla çalışma alanı sıcaklık açısından homojen gruplara ayrılarak her fabrika için ölçüm sayıları belirlenmiş ve Tablo 4.1’de belirtilmiştir.

Tablo 4.1 Çalışma Alan Planı ve Alan Bazlı Ölçüm Sayısı

Fabrika Kodu	Bölüm	Ölçüm Sayısı
A	Fırın	1
	Şekillendirme	3
	Soğutma	1
	İşleme-Kalite Kontrol	2
B	Fırın	2
	Şekillendirme	7
	Soğutma	1
	İşleme-Kalite Kontrol	1
C	Fırın	2
	Şekillendirme	5
	Soğutma	2
	İşleme-Kalite Kontrol	-
D	Fırın	1
	Şekillendirme	3
	Soğutma	1
	İşleme-Kalite Kontrol	3

Çalışma ortamının termal konfor şartları belirlenirken iki temel bileşen kullanılmıştır; çevresel faktörler ve kişisel faktörler. Tablo 4.2’de düzcam imalatı yapan A işletmesine ait çevresel ölçüm sonuçları yer almaktadır.

Tablo 4.2 A işletmesinin çevresel faktörler ölçüm sonuçları

Bölüm	T _a (°C)	T _g (°C)	T _{nw} (°C)	RH (%)	V _a (m/s)
Fırın	29,74	34,32	17,3	18,5	0,2
Şekillendirme-1	38,85	48,92	22,72	9,5	0,1
Şekillendirme-2	38,34	44,39	20,65	13	0,2
Şekillendirme-3	35,82	38,4	20,8	12,5	0,1
Soğutma	33,25	36,25	21,75	14,5	0,1
İşleme-Kalite Kontrol-1	23,51	23,93	14,32	31,5	0,2
İşleme-Kalite Kontrol-1	23,52	23,91	14,29	30,5	0,1

Düzcam imalatı yapılan A işletmesinin termal koşullarını belirlemede kullanılan kişisel faktörler ve termal konforu belirlemek için kullanılan PMV, PPD ve WBGT değerleri ise Tablo 4.3’te belirtilmiştir.

Tablo 4.3 A işletmesinin kişisel faktör değerleri ve termal konfor indisleri

Bölüm	met	Clo	PMV	PPD (%)	WBGT (°C)
Fırın	1,2	0,9	2,14	83	22,45
Şekillendirme-1	1,2	0,9	-	-	30,55
Şekillendirme-2	1,2	0,9	-	-	27,77
Şekillendirme-3	1,2	0,9	-	-	26,34
Soğutma	1,2	0,9	2,78	98	25,35
İşleme-Kalite Kontrol-1	1,6	0,9	0,88	21	17,53
İşleme-Kalite Kontrol-1	2,0	0,9	0,89	22	17,54

Şekillendirme bölümünde ölçüm yapılan ortam koşulları, kullanılan TS EN ISO 7730 standardında belirtilen ön koşulların dışında olduğu için PMV ve PPD değerleri hesaplanamamıştır.

A işletmesi için PMV değerlerinin anlamı Tablo 4.4’te verilmiştir.

Tablo 4.4 A işletmesinin PMV değeri

Bölüm	PMV	Anlam
Fırın	2,14	Sıcak
Şekillendirme-1	-	-
Şekillendirme-2	-	-
Şekillendirme-3	-	-
Soğutma	2,78	Sıcak
İşleme-Kalite Kontrol-1	0,88	Ilık
İşleme-Kalite Kontrol-1	0,89	Ilık

TS EN ISO 7730 standardına göre yapılan değerlendirmeye göre fırın ve soğutma bölümleri “sıcak”; işleme ve kalite kontrol bölümleri ise “ılık” olarak bulunmuştur. Şekillendirme bölümleri ise TS EN 7730 standardının gerektirdiği şartları sağlamadığından PMV değeri yapılamamış, bu bölümler için sadece WBGT değerleri hesaplanmıştır.

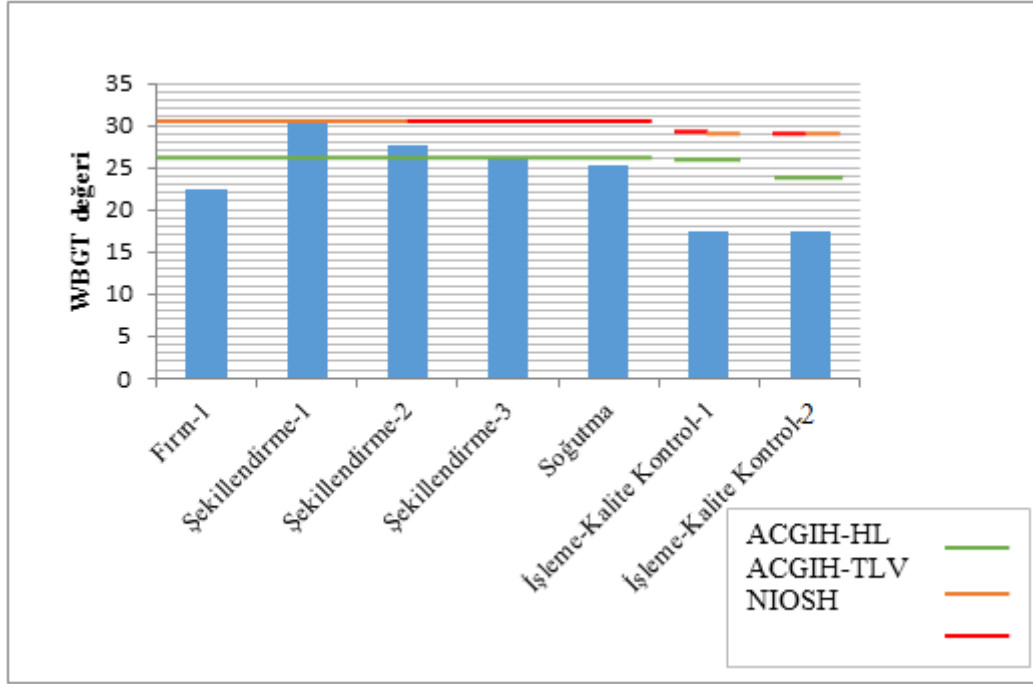
Her bir işletme için WBGT sonuçları ve sınır değerleri tablo ve grafik olarak verilmiştir, hareket limitini aşan değerler tabloda altı çizili olarak, sınır değeri aşanları ise koyu olarak belirtilmiştir.

A işletmesinin WBGT değerleri ve her bir bölüm için ACGIH hareket limitleri, ACGIH eşik sınır değerleri ve NIOSH eşik sınır değerleri Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5 A İşletmesinin WBGT Değeri

Bölüm	WBGT (°C)	ACGIH-Hareket limiti	ACGIH-TLV	NIOSH
Fırın-1	22,45	28	31	31
Şekillendirme-1	30,55	28	31	31
Şekillendirme-2	27,77	28	31	31
Şekillendirme-3	26,34	28	31	31
Soğutma	25,35	28	31	31
İşleme-Kalite Kontrol-1	17,53	26	28	28
İşleme-Kalite Kontrol-1	17,54	24	27,5	27,5

Tablo 4.5'teki sonuçlar kullanılarak A işletmesinin farklı bölümlerindeki WBGT değerleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve Şekil 4.1'de grafik halinde sunulmuştur. WBGT değeri için ulusal sınır değerlerimiz olmadığından ACGIH ve NIOSH sınır değerleri belirtilmiştir.



Grafik 4.1 A İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması

Makine ile cam ev eşyası üretiminin yapıldığı B işletmesine ait çevresel ölçüm sonuçları Tablo 4.6'da yer almaktadır.

Tablo 4.6 B İşletmesinin Çevresel Faktörler Ölçüm Sonuçları

Bölüm	T _a (°C)	T _g (°C)	T _{nw} (°C)	RH (%)	V _a (m/s)
Fırın-1	34,80	37,60	23,00	32,00	0,3
Fırın-2	36,20	39,00	25,15	29,00	0,4
Şekillendirme-1	43,43	50,85	26,83	16,25	0,3
Şekillendirme-2	45,16	51,84	27,42	17,75	0,4
Şekillendirme-3	43,79	53,48	27,14	14,00	0,4
Şekillendirme-4	45,10	55,30	26,68	13,00	0,2
Şekillendirme-5	40,38	38,29	25,58	22,00	0,3
Şekillendirme-6	49,69	58,40	29,25	12,25	0,4
Şekillendirme-7	45,93	61,34	28,10	9,00	0,2
Soğutma	32,81	33,09	21,86	34,50	0,3
İşleme-Kalite Kontrol-1	31,32	32,08	21,26	34,25	0,2

B işletmesinde çalışanların sıcaklık algısını belirlemede kullanılan kişisel faktörler ve termal konforu belirlemek için kullanılan PMV, PPD ve WBGT değerleri ise Tablo 4.7’de belirtilmiştir.

Tablo 4.7 B İşletmesinin Kişisel Faktör ve Termal Konfor Değerleri

Bölüm	met	Clo	PMV	PPD (%)	WBGT (°C)
Fırın-1	2,4	1,0	2,87	98	27,08
Fırın-2	2,4	1,0	2,77	97	28,91
Şekillendirme-1	2,4	1,0	3,10	99	34,04
Şekillendirme-2	2,4	1,0	-	-	34,75
Şekillendirme-3	2,4	1,0	-	-	35,04
Şekillendirme-4	2,4	1,0	-	-	35,24
Şekillendirme-5	2,4	1,0	-	-	31,45
Şekillendirme-6	2,4	1,0	-	-	38,07
Şekillendirme-7	2,4	1,0	-	-	38,07
Soğutma	2,0	1,0	2,36	90	25,29
İşleme-Kalite Kontrol-1	1,6	1,0	2,14	83	24,35

Şekillendirme bölümlerinin büyük bir kısmında ölçüm yapılan ortam koşulları, kullanılan TS EN ISO 7730 standardında belirtilen ön koşulların dışında olduğu için PMV ve PPD değerleri hesaplanamamıştır. B işletmesi için PMV değerlerinin anlamı Tablo 4.8’te verilmiştir.

Tablo 4.8 B Fabrikası PMV Değerlendirmesi

Bölüm	PMV	Anlam
Fırın-1	2,87	Sıcak
Fırın-2	2,77	Sıcak
Şekillendirme-1	3,10	Çok Sıcak
Şekillendirme-2	-	-
Şekillendirme-3	-	-
Şekillendirme-4	-	-
Şekillendirme-5	-	-
Şekillendirme-6	-	-
Şekillendirme-7	-	-
Soğutma	2,36	Sıcak
İşleme-Kalite Kontrol-1	2,14	Sıcak

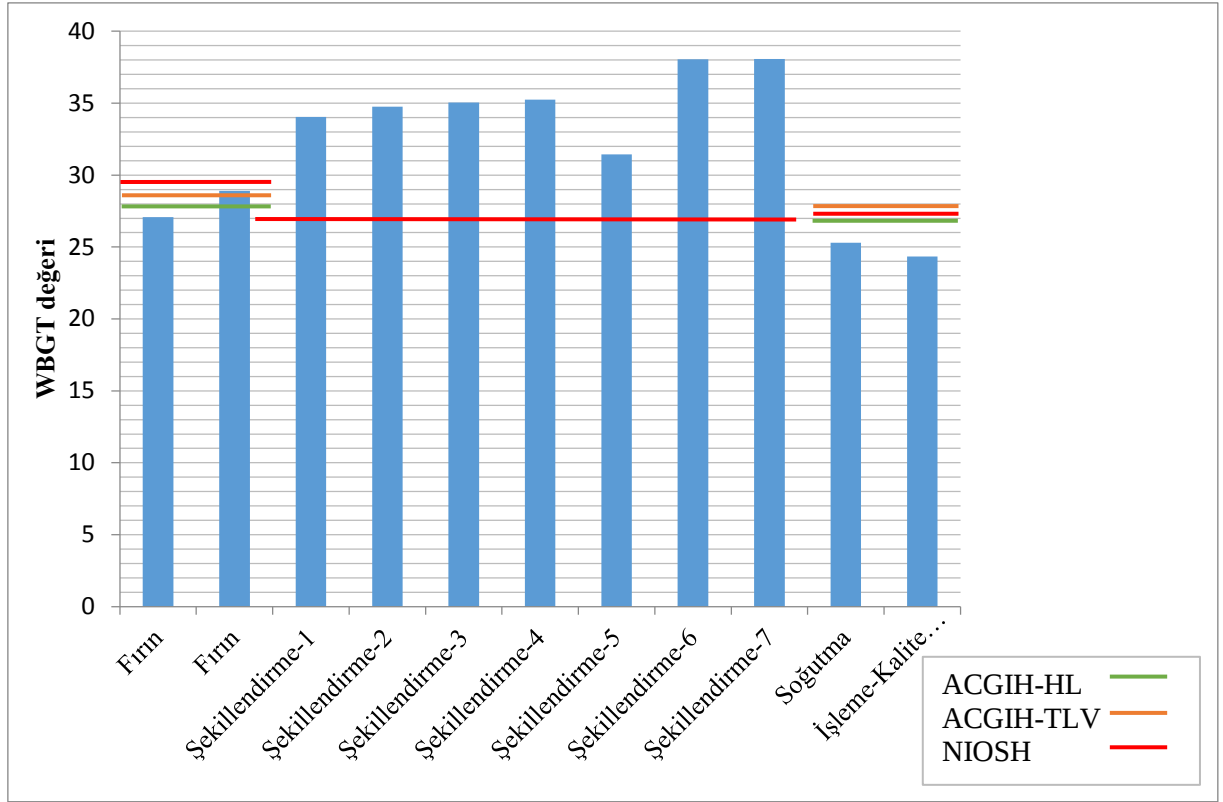
TS EN ISO 7730 standardına göre yapılan değerlendirmeye göre fırınlar, şekillendirme-1 ve soğutma bölümleri “sıcak” olarak bulunmuştur. Diğer şekillendirme bölümleri ise TS EN 7730 standardının gerektirdiği şartları sağlamadığından PMV değerlendirmesi yapılamamış, bu bölümler için sadece WBGT değerleri hesaplanmıştır.

B işletmesinin WBGT değerleri ve her bir bölüm için ACGIH hareket limitleri, ACGIH eşik sınır değerleri ve NIOSH eşik sınır değerleri Tablo 4.9’te verilmiştir.

Tablo 4.9 B İşletmesinin WBGT Değerlendirmesi

Bölüm	WBGT (°C)	ACGIH- Hareket limiti	ACGIH- TLV	NIOSH
Fırın-1	27,08	27	29	29,5
Fırın-2	28,91	27	31	29,5
Şekillendirme-1	34,04	-	-	26,5
Şekillendirme-2	34,75	-	-	26,5
Şekillendirme-3	35,04	-	-	26,5
Şekillendirme-4	35,24	-	-	26,5
Şekillendirme-5	31,45	-	-	26,5
Şekillendirme-6	38,06	-	-	26,5
Şekillendirme-7	38,07	-	-	26,5
Soğutma	25,29	26,5	27,5	27
İşleme-Kalite Kontrol-1	24,35	26,5	27,5	27

Tablo 4.9'daki sonuçlar kullanılarak B işletmesinin farklı bölümlerindeki WBGT değerleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve Şekil 4.2'de grafik halinde sunulmuştur. WBGT değeri için ulusal sınır değerlerimiz olmadığından ACGIH ve NIOSH sınır değerleri belirtilmiştir.



Grafik 4.2 B İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması

El ile cam ev eşyası üretiminin yapıldığı C işletmesine ait çevresel ölçüm sonuçları Tablo 4.10'da yer almaktadır.

Tablo 4.10 C İşletmesinin Çevresel Faktörler Ölçüm Sonuçları

Bölüm	T _a (°C)	T _g (°C)	T _{nw} (°C)	RH (%)	V _a (m/s)
Fırın Önü-1	20,66	24,41	15,21	43,40	0,3
Fırın Önü-2	25,14	32,35	25,80	33,10	0,3
Fırın Önü-3	29,27	34,11	29,82	27,96	0,3
Fırın Tezgah Önü-1	30,72	36,25	21,94	29,01	0,3
Fırın Tezgah Önü-2	27,16	33,31	19,47	34,74	0,4
Pota Fırın Önü-1	29,61	34,28	19,47	27,83	0,3
Pota Fırın Önü-2	25,78	33,74	18,35	25,95	0,4
Pota Fırın Önü-3	26,79	37,52	18,56	30,28	0,3
Tromel Önü	24,46	32,52	17,19	29,72	0,3
Soğutma-1	25,56	34,36	18,58	28,43	0,3
Soğutma-2	27,30	36,61	19,64	24,20	0,3

C işletmesinde çalışanların sıcaklık algısını belirlemede kullanılan kişisel faktörler ve termal konforu belirlemek için kullanılan PMV, PPD ve WBGT değerleri ise Tablo 4.11’de belirtilmiştir.

Tablo 4.11 C Fabrikasının Kişisel Faktör Değerleri ve Termal Konfor İndisleri

Bölüm	met	Clo	PMV	PPD (%)	WBGT (°C)
Fırın Önü-1	2,4	1,0	1,43	47	17,97
Fırın Önü-2	2,4	1,0	2,15	83	27,77
Fırın Önü-3	2,4	1,0	2,23	85	31,11
Fırın Tezgah Önü-1	2,4	1,0	2,33	87	26,24
Fırın Tezgah Önü-2	2,4	1,0	2,04	77	23,63
Pota Fırın Önü-1	2,4	1,0	2,29	90	23,91
Pota Fırın Önü-2	2,4	1,0	1,60	57	22,98
Pota Fırın Önü-3	2,4	1,0	2,58	94	24,26
Tromel Önü	2,4	1,0	2,58	94	21,79
Soğutma-1	2,4	1,0	2,25	85	23,31
Soğutma-2	2,4	1,0	2,43	90	24,73

C işletmesi için PMV değerlerinin anlamı Tablo 4.12’te verilmiştir.

Tablo 4.12 C fabrikası PMV Değerlendirmesi

Bölüm	PMV	Anlam
Fırın Önü-1	1,43	Ilık
Fırın Önü-2	2,15	Sıcak
Fırın Önü-3	2,23	Sıcak
Fırın Tezgah Önü-1	2,33	Sıcak
Fırın Tezgah Önü-2	2,04	Sıcak
Pota Fırın Önü-1	2,29	Sıcak
Pota Fırın Önü-2	1,60	Ilık
Pota Fırın Önü-3	2,58	Sıcak
Tromel Önü	2,58	Sıcak
Soğutma-1	2,25	Sıcak
Soğutma-2	2,43	Sıcak

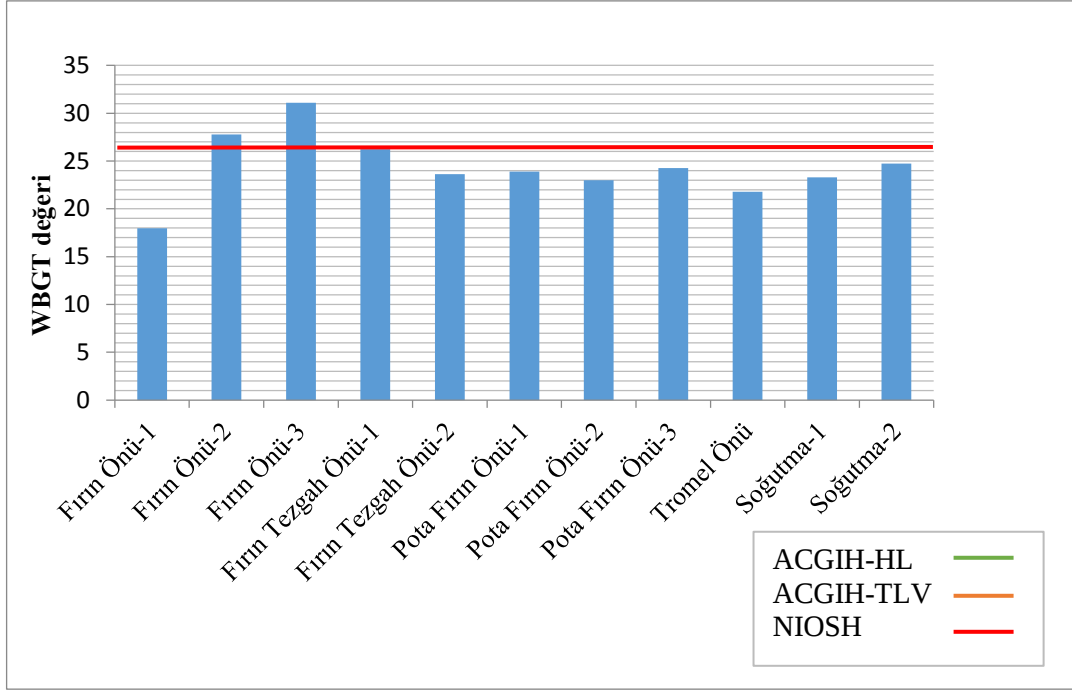
TS EN ISO 7730 standardına göre yapılan değerlendirmeye göre el ile imalat işletmesinin tüm süreçleri “sıcak” olarak bulunmuştur.

C işletmesinin WBGT değerleri ve her bir bölüm için ACGIH hareket limitleri, ACGIH eşik sınır değerleri ve NIOSH eşik sınır değerleri Tablo 4.13’te verilmiştir.

Tablo 4.13 C işletmesinin WBGT değerlendirmesi

Bölüm	WBGT (°C)	ACGIH- Hareket limiti	ACGIH- TLV	NIOSH
Fırın n-1	17,97	-	-	26,5
Fırın n-2	27,77	-	-	26,5
Fırın n-3	31,11	-	-	26,5
Fırın Tezgah n-1	26,24	-	-	26,5
Fırın Tezgah n-2	23,63	-	-	26,5
Pota Fırın n-1	23,91	-	-	26,5
Pota Fırın n-2	22,98	-	-	26,5
Pota Fırın n-3	24,26	-	-	26,5
Tromel n	21,79	-	-	26,5
Soğutma-1	23,31	-	-	26,5
Soğutma-2	24,73	-	-	26,5

Tablo 4.13’deki sonuçlar kullanılarak C işletmesinin farklı bölümlerindeki WBGT değerleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve şekil 4.3’de grafik halinde sunulmuştur. WBGT değeri için ulusal sınır değerlerimiz olmadığından ACGIH ve NIOSH sınır değerleri belirtilmiştir.



Grafik 4.3 C İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması

Cam ambalaj üretiminin yapıldığı D işletmesine ait çevresel ölçüm sonuçları Tablo 4.14'te yer almaktadır.

Tablo 4.14 D işletmesinin çevresel faktörler ölçüm sonuçları

Bölüm	T _a (°C)	T _g (°C)	T _{nw} (°C)	RH (%)	V _a (m/s)
Fırın	29,31	32,55	17,75	23,10	0,2
Şekillendirme-1	28,91	34,01	17,01	19,00	0,3
Şekillendirme-2	25,20	32,11	16,07	23,16	0,5
Şekillendirme-3	31,80	45,43	21,14	19,32	0,4
Soğutma	21,56	22,18	14,33	32,23	0,2
İşleme-Kalite Kontrol-1	23,15	25,08	14,20	28,51	0,4
İşleme-Kalite Kontrol-2	24,21	25,80	14,92	25,24	0,4
İşleme-Kalite Kontrol-3	23,79	25,66	13,38	29,14	0,4

D işletmesinde çalışanların sıcaklık algısını belirlemede kullanılan kişisel faktörler ve termal konforu belirlemek için kullanılan PMV, PPD ve WBGT değerleri ise Tablo 4.15'de belirtilmiştir.

Tablo 4.15 D işletmesinin kişisel faktör ve termal konfor değerleri

Bölüm	met	Clo	PMV	PPD (%)	WBGT (°C)
Fırın	2,4	1,0	2,19	85	22,20
Şekillendirme-1	2,4	1,0	2,38	90	22,11
Şekillendirme-2	2,4	1,0	1,56	54	20,88
Şekillendirme-3	2,4	1,0	3,34	100	28,43
Soğutma	2,0	1,0	0,92	22	16,69
İşleme-Kalite Kontrol-1	1,8	1,0	1,53	52	17,46
İşleme-Kalite Kontrol-2	1,8	1,0	1,63	58	18,19
İşleme-Kalite Kontrol-3	1,8	1,0	1,13	32	18,46

D değerleri için PMV değerlerinin anlamı Tablo 4.16’te verilmiştir.

Tablo 4.16 D işletmesinin PMV değerlendirmesi

Bölüm	PMV	Anlam
Fırın	2,19	Sıcak
Şekillendirme-1	2,38	Sıcak
Şekillendirme-2	1,56	Sıcak
Şekillendirme-3	3,34	Çok Sıcak
Soğutma	0,92	Ilık
İşleme-Kalite Kontrol-1	1,53	Sıcak
İşleme-Kalite Kontrol-2	1,63	Sıcak
İşleme-Kalite Kontrol-3	1,13	Ilık

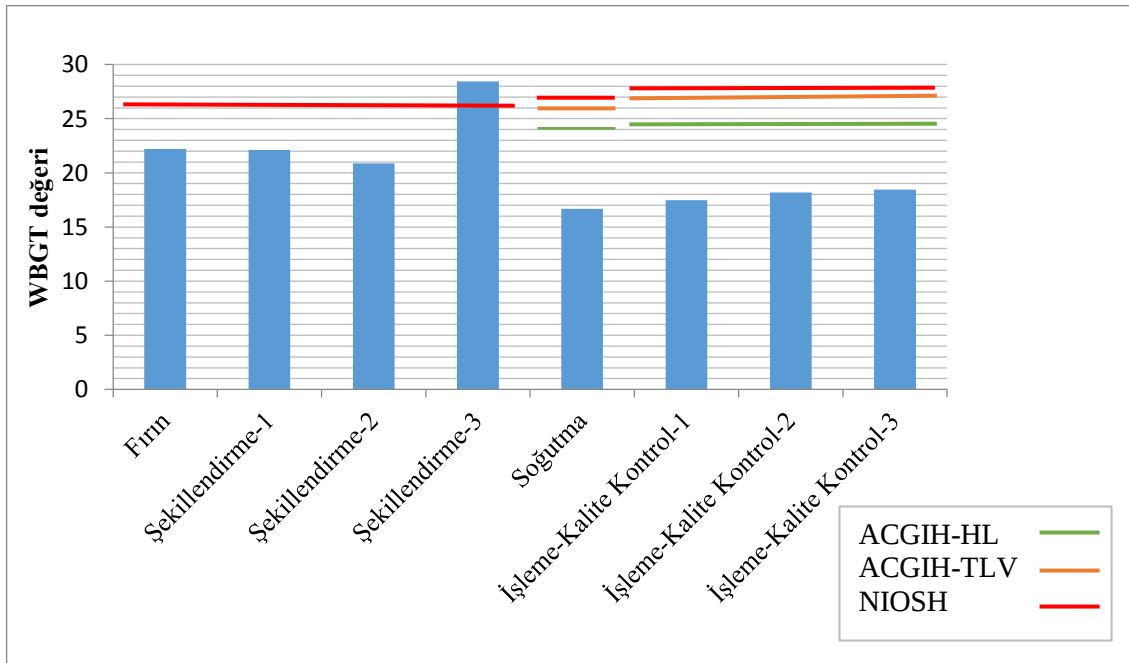
TS EN ISO 7730 standardına göre yapılan değerlendirmeye göre cam ambalaj işletmesinin fırın, kalite kontrol ve şekillendirme-1,2 süreçleri “sıcak”, soğutma ve kalite kontrol-3 bölümü “ılık” ve şekillendirme-3 bölümü ise “çok sıcak” olarak bulunmuştur.

D işletmesinin WBGT değerleri ve her bir bölüm için ACGIH hareket limitleri, ACGIH eşik sınır değerleri ve NIOSH eşik sınır değerleri Tablo 4.17’te verilmiştir.

Tablo 4.17 D İşletmesinin WBGT Değerlendirmesi

Bölüm	WBGT (°C)	ACGIH-Hareket limiti	ACGIH-TLV	NIOSH
Fırın	22,20	-	-	26,5
Şekillendirme-1	22,11	-	-	26,5
Şekillendirme-2	20,88	-	-	26,5
Şekillendirme-3	28,43	-	-	26,5
Soğutma	16,69	24	27	27,5
İşleme-Kalite Kontrol-1	17,46	24,5	27,5	28
İşleme-Kalite Kontrol-2	18,19	24,5	27,5	28
İşleme-Kalite Kontrol-3	18,46	24,5	27,5	28

Tablo 4.17'deki sonuçlar kullanılarak D işletmesinin farklı bölümlerindeki WBGT değerleri birbirleriyle karşılaştırılmış ve Şekil 4.4'de grafik halinde sunulmuştur. WBGT değeri için ulusal sınır değerlerimiz olmadığından ACGIH ve NIOSH sınır değerleri belirtilmiştir.



Grafik 4.4 D İşletmesi WBGT Değerlerinin Bölümlere ve Sınır Değerlerle Karşılaştırması

4.2 TERMAL KONFOR ANKET SONUÇLARI

Çalışanların, sıcak çalışma ortamını algılama şekli kişisel özelliklere oldukça bağlı bir durumdur. Bu sebeple, termal koşullar çalışanlar tarafından bir anket yardımı ile subjektif olarak da değerlendirilmiştir. Düzcamlar (A), makina ile ev eşyası (B) ve cam ambalaj (D) işletmelerinde anket çalışmasına sırasıyla, 31, 74 ve 45 çalışan katılmıştır.

Düzcamlar imalatı yapılan A işletmesinin çalışanlarına ve çalışma hayatlarına ait bilgiler Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18 A İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler

Kişisel Bilgiler	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	28,42	2,74
İşyerindeki deneyim (yıl)	3,00	1,12
Bölümdeki deneyim (yıl)	2,82	1,13
Günlük çalışma süresi (saat)	8,06	0,36
Günlük mola (dk)	46,29	26,08

A işletmesi çalışanlarının termal ortamın subjektif değerlendirme ölçeklerine verdikleri yanıtlar ve yüzdelik dağılımları ise Tablo 4.19’de yer almaktadır. Ölçeğin değerlendirme parametrelerinin sayısal değerleri yine tabloda verilmiştir.

Tablo 4.19 A İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı

Ölçek	Değerlendirme		Yanıt Sayısı	Yanıt Yüzdesi (%)
Kişisel algı ölçeği	Çok sıcak	+4	4	12,9
	Sıcak	+3	13	41,9
	Ilık	+2	8	25,8
	Hafif ılık	+1	2	6,45
	Ne sıcak ne soğuk	0	4	12,9
	Hafif serin	-1	-	-
	Serin	-2	-	-
	Soğuk	-3	-	-
	Çok soğuk	-4	-	-
Kişisel değerlendirme ölçeği	Rahat	0	4	12,9
	Hafif rahatsız	1	21	67,7
	Rahatsız	2	5	16,1
	Çok rahatsız	3	1	3,2
	Son derece rahatsız	4	-	-
Kişisel tercih ölçeği	Çok daha sıcak	+2	-	-
	Daha sıcak	+1	1	3,2
	Ne sıcak ne soğuk	0	19	61,3
	Daha soğuk	-1	10	32,3
	Çok daha soğuk	-2	1	3,2
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Evet	0	21	67,7
	Hayır	1	10	32,3
Kişisel tolerans ölçeği	Katlanılabilir	0	14	45,2
	Katlanmak biraz zor	1	15	48,4
	Katlanmak zor	2	1	3,2
	Katlanmak çok zor	3	-	-
	Katlanılamaz	4	1	3,2

Ankete verilen yanıtların ISO 10551 standardında belirtilen kriterlere göre betimsel analiz sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 A İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi

Ölçek	Anket Sonuçları	
Kişisel algı ölçeği	Ortalama	2,19
	Standart sapma	1,33
	t	9,203
	P	.000
Kişisel değerlendirme ölçeği	Medyan	1
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Rahat olmayan yüzdesi (%)	87,0
Kişisel tercih ölçeği	Medyan	0,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Değişim isteyen yüzdesi (%)	38,7
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Mod	0
	Kabul edilebilir bulmayan yüzdesi (%)	32,3
Kişisel tolerans ölçeği	Medyan	1,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Katlanılabilir bulmayan yüzdesi (%)	54,8

Makina ile cam ev eşyası imalatı yapılan B işletmesi çalışanlarına ve çalışma hayatlarına ait bilgiler Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21 B İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler

Kişisel Bilgiler	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	38,04	5,27
İşyerindeki deneyim (yıl)	13,64	5,66
Bölümdeki deneyim (yıl)	12,58	6,19
Günlük çalışma süresi (saat)	8,21	0,44
Günlük mola (dk)	41,51	22,42

B işletmesi çalışanlarının termal ortamın subjektif değerlendirme ölçeklerine verdikleri yanıtlar ve yüzdelik dağılımları ise Tablo 4.22’de yer almaktadır. Ölçeğin değerlendirme parametrelerinin sayısal değerleri yine tabloda verilmiştir.

Tablo 4.22 B İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı

Ölçek	Değerlendirme		Yanıt Sayısı	Yanıt Yüzdesi (%)
Kişisel algı ölçeği	Çok sıcak	+4	24	32,4
	Sıcak	+3	33	44,6
	Ilık	+2	10	13,5
	Hafif ılık	+1	2	2,7
	Ne sıcak ne soğuk	0	5	6,8
	Hafif serin	-1	-	-
	Serin	-2	-	-
	Soğuk	-3	-	-
	Çok soğuk	-4	-	-
Kişisel değerlendirme ölçeği	Rahat	0	14	18,9
	Hafif rahatsız	1	9	12,2
	Rahatsız	2	33	44,6
	Çok rahatsız	3	9	12,2
	Son derece rahatsız	4	9	12,2
Kişisel tercih ölçeği	Çok daha sıcak	+2	-	-
	Daha sıcak	+1	1	1,4
	Ne sıcak ne soğuk	0	31	41,9
	Daha soğuk	-1	16	21,6
	Çok daha soğuk	-2	26	35,1
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Evet	0	30	40,5
	Hayır	1	44	59,5
Kişisel tolerans ölçeği	Katlanılabilir	0	20	27,0
	Katlanmak biraz zor	1	23	31,1
	Katlanmak zor	2	16	21,6
	Katlanmak çok zor	3	10	13,5
	Katlanılamaz	4	5	6,8

B işletmesinde ankete verilen yanıtların, ISO 10551 standardında belirtilen kriterlere göre betimsel analiz sonuçları Tablo 4.23’de belirtilmiştir.

Tablo 4.23 B İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi

Ölçek	Anket Sonuçları	
Kişisel algı ölçeği	Mean	2,93
	Standart sapma	1,09
	t	23,15
	p	0,000
Kişisel değerlendirme ölçeği	Medyan	2,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Rahat olmayan yüzdesi (%)	81,1
Kişisel tercih ölçeği	Medyan	-1,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Değişim isteyen yüzdesi (%)	58,1
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Mode	1
	Kabul edilebilir bulmayan yüzdesi (%)	59,5
Kişisel tolerans ölçeği	Medyan	1,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Katlanılabilir bulmayan yüzdesi (%)	73,0

Cam ambalaj imalatı yapılan D işletmesi çalışanlarına ve çalışma hayatlarına ait bilgiler Tablo 4.24’de verilmiştir.

Tablo 4.24 D İşletmesi – Ankete Katılan Çalışanlara ve Çalışma Hayatlarına İlişkin Veriler

Kişisel Bilgiler	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	27,24	3,43
İşyerindeki deneyim (yıl)	3,69	2,46
Bölümdeki deneyim (yıl)	3,19	0,88
Günlük çalışma süresi (saat)	8,33	0,47
Günlük mola (dk)	36,67	25,29

D işletmesi çalışanlarının termal ortamın subjektif değerlendirme ölçeklerine verdikleri yanıtlar ve yüzdelik dağılımları ise Tablo 4.25’de yer almaktadır. Ölçeğin değerlendirme parametrelerinin sayısal değerleri yine tabloda verilmiştir.

Tablo 4.25 D İşletmesi – Çalışanların Ortamın Termal Değerlendirmesi Ölçeklerine İlişkin Yanıtlarının Dağılımı

Ölçek	Değerlendirme		Yanıt Sayısı	Yanıt Yüzdesi (%)
Kişisel algı ölçeği	Çok sıcak	+4	10	22,2
	Sıcak	+3	24	53,3
	Ilık	+2	9	20,0
	Hafif ılık	+1	-	-
	Ne sıcak ne soğuk	0	2	4,4
	Hafif serin	-1	-	-
	Serin	-2	-	-
	Soğuk	-3	-	-
	Çok soğuk	-4	-	-
Kişisel değerlendirme ölçeği	Rahat	0	7	15,6
	Hafif rahatsız	1	8	17,8
	Rahatsız	2	13	28,9
	Çok rahatsız	3	14	31,1
	Son derece rahatsız	4	3	6,7
Kişisel tercih ölçeği	Çok daha sıcak	+2	-	-
	Daha sıcak	+1	-	-
	Ne sıcak ne soğuk	0	12	26,7
	Daha soğuk	-1	10	22,2
	Çok daha soğuk	-2	23	51,1
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Evet	0	15	33,3
	Hayır	1	30	66,7
Kişisel tolerans ölçeği	Katlanılabilir	0	14	31,1
	Katlanmak biraz zor	1	1	2,2
	Katlanmak zor	2	18	40,0
	Katlanmak çok zor	3	10	22,2
	Katlanılamaz	4	2	4,4

D işletmesinde ankete verilen yanıtların, ISO 10551 standardında belirtilen kriterlere göre betimsel analiz sonuçları Tablo 4.26’de belirtilmiştir.

Tablo 4.26 D İşletmesi – Subjektif Değerlendirmenin İstatistiksel Analizi

Ölçek	Anket Sonuçları	
Kişisel algı ölçeği	Mean	2,89
	Standart sapma	0,91
	t	21,29
	p	0,000
Kişisel değerlendirme ölçeği	Medyan	2,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Rahat olmayan yüzdesi (%)	84,4
Kişisel tercih ölçeği	Medyan	-2,0
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Değişim isteyen yüzdesi (%)	73,3
Kişisel kabul edilebilirlik ölçeği	Mode	1
	Kabul edilebilir bulmayan yüzdesi (%)	66,7
Kişisel tolerans ölçeği	Medyan	2
	Çeyrekler arası genişlik	1/2 aralığı
	Katlanılabilir bulmayan yüzdesi (%)	68,9

Sıcaklık algısı bireylerin yaşlarına, sıcağa alışkanlık durumlarına, metabolizma hızlarına, çalışılan bölüme ve ölçüm yapılan işletmenin türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple uygulanan anketin, bahsi geçen parametrelere göre farklılık gösterip göstermediği istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışanların yaş gruplarına göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.27’de yer almaktadır.

Tablo 4.27 Yaş Gruplarına Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

Yaş Grupları		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	Ilık	Sıcak	Çok Sıcak	Toplam
20-25	Kişi sayısı	1	0	3	9	5	18
	%	5,6	0	16,7	8,3	4,6	100
26-30	Kişi sayısı	3	2	8	17	5	35
	%	8,6	5,7	22,9	48,6	14,3	100
31-35	Kişi sayısı	3	2	3	13	7	28
	%	10,7	7,1	10,7	46,4	25,0	100
36-40	Kişi sayısı	5	0	4	15	13	37
	%	13,5	0	10,8	40,5	35,1	100
41-45	Kişi sayısı	1	0	6	12	8	24
	%	3,7	0	22,2	44,4	29,6	100
46+	Kişi sayısı	0	0	1	2	0	3
	%	0	0	33,3	66,7	0	100

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p = 0,739$).

Çalışanların işletmedeki deneyim sürelerine göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.28’de yer almaktadır.

Tablo 4.28 İşletmedeki Deneyim Süresine Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

İşletmedeki deneyim (yıl)		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	ılık	sıcak	Çok sıcak	Toplam
0-5	Kişi sayısı	6	1	14	31	9	61
	%	9,8	1,6	23,0	50,8	14,8	100
6-10	Kişi sayısı	2	2	0	8	9	21
	%	9,5	9,5	0	38,1	42,9	100
11-15	Kişi sayısı	3	1	4	14	11	33
	%	9,1	3,0	12,1	42,4	33,3	100
16-20	Kişi sayısı	1	0	6	9	9	25
	%	4,0	0	24,0	36,0	36,0	100
21-25	Kişi sayısı	1	0	1	4	0	5
	%	16,7	0	16,7	66,7	0	100
26+	Kişi sayısı	0	0	0	2	0	2
	%	0	0	0	100	0	100

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile işletmedeki deneyim süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p = 0,214$).

Çalışanların bölümdeki deneyim sürelerine göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.29’da yer almaktadır.

Tablo 4.29 Bölümdeki Deneyim Süresine Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

Bölümdeki deneyim (yıl)		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	Ilık	Sıcak	Çok sıcak	Toplam
0-5	Kişi sayısı	8	1	14	34	11	68
	%	11,8	1,5	20,6	50,0	16,2	100
6-10	Kişi sayısı	1	2	0	9	10	22
	%	4,5	9,1	0	40,9	45,5	100
11-15	Kişi sayısı	3	1	4	12	8	28
	%	10,7	3,6	14,3	42,9	28,6	100
16-20	Kişi sayısı	0	0	6	7	9	22
	%	0	0	27,3	31,8	40,9	100
21-25	Kişi sayısı	1	0	1	4	0	5
	%	16,7	0	16,7	66,7	0	100
26+	Kişi sayısı	0	0	0	2	0	2
	%	0	0	0	100	0	100

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile bölümdeki deneyim süresi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p = 0,119$).

Çalışanların yaptıkları işe onların metabolizma oranlarını ve dolayısıyla sıcaklığı algılayış şekillerini de etkileyecektir. Yapılan işe bağlı metabolizma oranlarına göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.30'da yer almaktadır.

Tablo 4.30 Yapılan İşe Bağlı Metabolizma Oranlarına Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

Yapılan iş (met değerleri)		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	ılık	sıcak	Çok sıcak	Toplam
Mühendis	Kişi sayısı	0	0	2	3	0	5
	%	0	0	40	60	0	100
Vardiya teknisyeni	Kişi sayısı	10	3	10	55	35	113
	%	8,8	2,7	8,8	48,7	31,0	100
Bakım teknisyeni	Kişi sayısı	3	1	12	7	0	23
	%	13,0	4,3	52,2	30,4	0	100
Forehead	Kişi sayısı	0	0	0	3	3	6
	%	0	0	0	50	50	100

Çalışanların yaptıkları iş, sıcaklık algısında önemli etkisi olan metabolizma hızını belirlemektedir. Analiz sonucuna göre metabolizma hızı, algı ölçeğine verilen cevapları etkilemektedir ($p = 0,000$). Metabolizma hızı yüksek olan, vardiya teknisyeni veya forehaed olarak çalışanlar ortamın sıcaklığını genellikle sıcak ve çok sıcak olarak algılamaktadır.

Çalışılan bölüme göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.31’de yer almaktadır.

Tablo 4.31 Bölüme Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

Bölüm		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	ılık	sıcak	Çok sıcak	Toplam
Şekillendirme	Kişi sayısı	6	2	14	50	33	105
	%	5,7	1,9	13,3	47,6	31,4	100
Soğutma	Kişi sayısı	3	2	3	8	2	18
	%	16,7	11,1	16,7	44,4	11,1	100
Fırın	Kişi sayısı	2	0	5	6	0	13
	%	15,4	0	38,5	46,2	0	100
İşleme-Kalite Kontrol	Kişi sayısı	1	0	1	3	2	7
	%	14,3	0	14,3	42,9	28,6	100

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile çalışılan bölüm arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p = 0,08$).

Çalışılan işletme türüne göre kişisel algı ölçeğine verilen cevapların dağılımı Tablo 4.32’de yer almaktadır.

Tablo 4.32 İşletme Türüne Göre Algı Ölçeğine Verilen Cevapların Karşılaştırma Tablosu

İşletme Türü		Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar					
		Ne sıcak ne soğuk	Hafif ılık	ılık	sıcak	Çok sıcak	Toplam
Cam ambalaj	Kişi sayısı	2	0	14	27	3	46
	%	4,3	0,0	30,4	58,7	6,5	100
Ev eşyası	Kişi sayısı	4	2	5	30	30	71
	%	5,6	2,8	7,0	42,3	42,3	100
Düzcam	Kişi sayısı	7	2	6	11	5	31
	%	22,6	6,5	19,4	35,5	16,1	100

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile işletme türü arasında anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($p = 0,000$).

Kişisel algı ölçeğine verilen cevaplar arasında işletme türüne göre anlamlı bir farklılık olduğu için objektif ve subjektif veriler kıyas edilirken işletme türü göz önünde bulundurulmuştur. Her bir işletme türü için ölçüm ve anket sonuçları ayrı ayrı kıyas edilmiştir. Ayrıca PMV değerinden elde edilen PPD değeri de işletme türlerine göre karşılaştırılmıştır.

ISO 10551 standardında yer alan kişisel algı ölçeği, TS EN ISO 7730 standardı kullanılarak ölçülen PMV değeri ile benzer bir değerlendirme dağılımına sahiptir. ISO 10551 standardında belirtildiği üzere PMV değeri ile kişisel algı ölçeği ve benzer şekilde kişisel değerlendirme ölçeği de PPD değeri ile kıyaslanabilmektedir. Ölçümler sonucu elde edilen PMV değeri ile anketler sonucu elde edilen kişisel algı ölçeği verileri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı bağımsız örneklem t-testi kullanılarak analiz edilmiştir. PPD değeri ile kişisel değerlendirme ölçeği verileri kıyas edilirken ise PPD değerinin %10 tolerans eşiği kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. Bu oran, yukarıda bahsedildiği gibi, tüm şartlar ideal hale getirilse %10 civarında kişinin memnun olmayacağı prensibi ile belirlenmiştir.

Tablo 4.33 İşletme Türüne Göre Göre Objektif ve Subjektif Değerlerin Karşılaştırması

Fabrika Türü	Kişisel algı ölçeği/PMV		Kişisel değerlendirme ölçeği/PPD	
	subjektif	objektif	objektif (%)	subjektif (%)
Düzcamlar	Ortalama = 2,21 Varyans = 1,67	Ortalama = 1,67 Varyans = 0,89	93.3 ± 10	87.1
	t = 1,03 p= 0,36			
Cam ev eşyası	Ortalama = 2,89 Varyans = 0,81	Ortalama = 2,65 Varyans = 0,15	93.4 ± 10	85.3
	t = 1,10 p= 0,29			
Cam ambalaj	Ortalama = 2,94 Varyans = 1,22	Ortalama = 1,84 Varyans = 0,60	82.25 ± 10	86.2
	t = 3,64 p= 0,003			

Algı ölçeğine verilen cevaplar ile yapılan ölçümlerin karşılaştırması, her bir işletme türü için ayrı ayrı yapılmıştır. Düzcamlar imalatı yapılan işletmede subjektif değerlendirmeyi gösteren anket sonuçları ile objektif değerlendirme ölçütü olan ölçüm sonuçları arasında bir farklılık yoktur ($p = 0,36 > 0,05$). Cam ev eşyası imalatı yapılan işletmede da benzer şekilde objektif ve subjektif sonuçlar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p = 0,29 > 0,05$). Ancak, cam ambalaj üretimi yapılan işletmede objektif ve subjektif sonuçlar birbirinden farklı bulunmuştur ($p = 0,003 < 0,05$). Bu farklılığın, Tablo 4.30’da belirtilen farklı metabolizma hızlarını sebep olan yapılan işten kaynaklanmış olması muhtemeldir. Bu sebeple, söz konusu işletmenin verileri, yapılan işe göre ayrı ayrı analiz edilmiştir, p değerleri 0,05’ten büyük bulunmuştur. Bu durumda, yapılan her bir iş için objektif ve subjektif veriler arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Değerlendirme ölçeğine verilen cevaplar ile yapılan ölçümler karşılaştırıldığında ise, memnuniyetsizlik oranlarının benzer olduğu görülmektedir. Ölçüm sonuçları, memnuniyetsizlik oranını %10 oranında sapma ile doğru gösterdiğinden [24], anketlerle elde edilen sonuçlar ölçümler ile tutarlı sonuç göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Çalışma ortamlarında yaygın görülen sıcaklık maruziyeti cam üretiminde de karşımıza çıkan önemli bir sorundur. Yüksek sıcaklık, çalışanların sağlığı üzerinde doğrudan olumsuz etkilere sahip olduğu gibi sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının tesis edilmesini de engellemektedir [28]. Bu sebeplerle işyeri termal koşullarının belirlenmeli ve uygunsuzluk durumunda gerekli tedbirler alınmalıdır.

Cam üretim sektöründe yapılan bu çalışmada, termal koşullar ilk olarak teknik ölçümlerle değerlendirilmiştir. Elde edilen objektif verilere dayanan değerlendirmeler çalışanların yaptıkları subjektif değerlendirmelerle desteklenmiş ve kıyaslanmıştır.

Düzcamların üretimi yapan A işletmesinde, yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre, fırın ve soğutma bölümleri PMV indisine göre sıcak olarak tespit edilmiştir. Bu durumun tehlike oluşturması çalışanların metabolizma hızlarına bağlıdır. Çünkü, Atmaca ve ark. [29] makalelerinde belirttiği üzere yüksek metabolizma hızına sahip çalışanlarda daha fazla ısı baskısı olacaktır. Ancak, çalışmanın yapıldığı işletmede otomasyon sistemi yerleşik olduğundan, çalışanlar düşük metabolizma hızına sahiptir. Fırın ve soğutma bölümlerindeki ısı baskısı kabul edilebilir düzeydedir.

Makina ile ev eşyası üretiminin yapıldığı B işletmesinde yer alan yirmi makina farklı açılarla ve mesafelerle yerleştirildikleri için üretim alanının tüm noktalarındaki sıcaklık maruziyeti aynı değildir. Bu sebeple, şekillendirme bölümünden farklı noktalarda ölçüm yapılmıştır. Şekillendirme makinalarının birbirine daha yakın olduğu yerlerde yapılan ölçüm sonuçlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Saha çalışmaları sırasında çalışanların, kendilerine temin edilen uzun kollu kıyafetler yerine kısa kollu kıyafetleri tercih ettikleri görülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçları göstermiştir ki uzun kollu kıyafet giyen çalışanların sıcaklık maruziyetleri daha fazladır. Schoenberger [34] makalesinde, çalışanların sınırlı hareket alanında yüksek performansı ile oluşan ısı enerjisinin dışarı atılmasını kıyafetler engellediğini ve çalışanların kendilerini konforsuz hissettiklerini belirtmiştir. Bu durum, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Ayrıca, aynı çalışmada belirtildiği üzere seçilen kıyafetlerin termal açıdan konforu sağlayacak nitelikte olması gerektiği de belirtilmiştir.

El ile cam ev eşyası üretiminin yapıldığı C işletmesinde termal konfor değerleri diğer işletmelere nazaran daha düşük bulunmuştur. Buna sebep olan en önemli etkenlerden biri fabrika kapı ve pencerelerinin genellikle açık tutulması, içerideki hava sirkülasyonunun doğal yollarla sürekli sağlanması olarak görülmektedir. Bu durum, Clark'ın [35] makalesinde belirttiği, yüksek miktarda ısı üretiminin gerçekleştiği yapılarda doğal havalandırmanın iyi bir çözüm yolu olduğu savı ile uygunluk göstermektedir.

Yüksek sıcaklıkların olduğu ve WBGT değerinin ölçüldüğü kısımlarda sonuçların büyük oranda sınır değerleri aştığı görülmüştür. Bhanarkar ve ark. [36] tarafından 2003 yılında bir cam fabrikasında yapılan çalışmada da ölçüm sonuçlarının büyük çoğunlukla sınır değeri aştığı belirtilmiştir. Bu durum, orta sıcaklıkların olduğu bölümlerde yapılan ölçümler için geçerli değildir çünkü bu kısımlarda WBGT değeri değil PMV değeri dikkate alınmıştır.

B ve D işletmelerinin şekillendirme bölümlerinde ölçüm sonuçları genellikle ACGIH ve NIOSH limit değerlerinin üzerinde bulunmuştur. Srivastava ve ark. [37] Hindistan'da bir cam imalat fabrikalarında yaptıkları araştırmada şekillendirme bölümlerinde WBGT değerleri, benzer şekilde ACGIH TLV değerlerinin üzerinde tespit etmişlerdir. Aynı işletmelerde fırın bölümlerindeki WBGT sonuçları sınır değerlerin altındadır. Ancak, aynı çalışmada fırın bölümünde de sonuçların sınır değerin üstünde bulunduğu belirtilmiştir [37]. Bu farklılığın nedenleri arasında, çalışmayı yürüttüğüm bölümde doğal yollarla hava akışına izin verilmesi sayılabilir. Ayrıca, söz konusu makalede fırın bölümünün de yüksek sıcaklık değerlerine sahip olmasında Hindistan'ın tropikal ikliminin etkisi düşünülebilir [37].

Küre sıcaklıkları (T_g), ölçüm yapılan dört farklı işletmede de kuru termometre sıcaklığından (T_a) belirgin derecede farklılık göstermektedir. Söz konusu sıcaklıklar arasındaki fark özellikle fırın ve şekillendirme bölümlerinde daha fazladır. Bu durum gösteriyor ki, ortamdaki radyal sıcaklığın oluşmasına sebep olan, küre termometresinin etrafında yer alan yüzeylerin sıcaklığı termometreyi çevreleyen havanın sıcaklığından daha fazladır. Srivastava ve ark. [37] da yaptıkları çalışmada, konpresör odası dışındaki ölçüm noktalarında benzer sonuç elde etmişlerdir. Fırın ve şekillendirme bölümlerinde kuru hava ile radyal sıcaklık farkının bu denli fazla olmasının sebepleri arasında bu bölümlerde yer alan makina ve ekipmanların uygun aralıklarla ve konumlarda yerleştirilmemesine bağlı olduğu düşünülmektedir [23].

Spor ve ark. [28], cam çalışanları ile ilgili makalelerinde, sıcaklığın algılanışının yaşa, sıcağa alışkanlık durumuna, metabolizma hızına, çalışılan bölüme ve işletmenin türüne göre değişiklik gösterebileceğini belirtmiştir. Anketin uygulandığı işletmelerde yaş, deneyim

(alışkanlık durumu) ve çalışılan bölüm sıcaklığın algılanış şeklinde anlamlı bir katkıya sahip değildir. Ancak işletme türü ile sıcaklık algısı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sebeple objektif ve subjektif veriler değerlendirilirken her bir işletme türü için analizler ayrı ayrı yapılmıştır. A ve B işletmelerinde objektif veriler ile subjektif veriler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, cam ambalaj imalatı yapılan D işletmesinde objektif veriler ile subjektif veriler arasında anlamlı bir farklılık vardır. Bu farklılığın, metabolizma hızlarını farklılaştıran yapılan iş türlerinin çeşitli olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu sebeple, cam ambalaj işletmesi için objektif ve subjektif veriler yapılan iş türlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu durumda, ölçüm sonuçları (objektif) ile anket sonuçları (subjektif) arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Yıldız ve ark.'nın [4] yapmış oldukları benzer çalışmada da subjektif değerlendirme sonuçları objektif ölçüm sonuçlarına uygunluk göstermiştir. Bu bağlamda, düzcam, makina ile ev eşyası ve cam ambalaj üretimi yapılan işletmelerde termal ortamının ön değerlendirmesi için, iş güvenliği uzmanları bu kişisel ölçeklere başvurabilirler. Brotherhood [38] makalesinde, ısı baskısının amacının çalışanların, ısıya karşı subjektif ve fizyolojik tepkisini belirlemek olduğunu belirtilmiştir. Bu bağlamda ölçümlerle elde edilen sonuçların, subjektif olarak değerlendirilme ölçekleri ile desteklenmesi anlamlı olacaktır.

Çalışma ortamı sıcaklığının, insan sağlığı açısından değerlendirilmesinde kullanılan parametreler ve bunlara dair sınır değerler ulusal mevzuatımızda yer almamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada uluslararası literatürden yararlanılmıştır. Ancak, termal konfor belirlenirken kullanılan parametreler yaşanan bölgeye göre farklılık gösterebilmektedir [37]. Örneğin, çalışanın konforlu hissetmesinde önemli bir etken olan metabolizma hızı yapılan iş ile ilgili olduğu kadar kişilerin yaşadıkları bölge ile ilişkisi bulunan vücut yapısı ile de ilgilidir. Ayrıca, vücudun ısıya karşı geliştirmiş olduğu bir tepki mekanizması olan ısıya alışma da yaşanan bölge ve insanın vücut yapısına göre değişebilmektedir. Bu bağlamda, termal konfor hususunun ulusal mevzuatımızda yer almasının çalışanların sağlığı açısından önemli katkıları olacaktır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Cam imalat sektöründe yapılan bu çalışmada, çalışanların sıcaklık maruziyeti araştırılmıştır. Bu kapsamda işletmeler, fırın, şekillendirme, soğutma ve işleme-kalite kontrol olarak ele alınmıştır. Termal koşullar ilk olarak teknik ölçümlerle değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışanlara uygulanan anketlerle desteklenmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş, yüksek sıcaklık maruziyetlerinin muhtemel sebepleri ve çözüm önerileri belirtilmiştir.

6.1 Sonuçlar

Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır:

- Fırın bölümlerindeki ısı baskısı genellikle çalışanların çoğunu rahatsız edecek düzeyde bulunmuştur. Ancak, bu bölüm, hat boyu üretim yapan işletmelerde kısa süreli çalışmaların gerçekleştiği yerler olduğu veya geçiş bölgesi olarak kullanıldığı için ısı baskısı kabul edilebilir düzeydedir.
- Şekillendirme bölümlerinde ısı baskısı vardır, memnuniyetsizlik oranları %100 düzeyindedir.
- Şekillendirme bölümlerinde WBGT değerleri çoğunlukla maruziyet sınırının üzerlerinde bulunmuştur. Şekillendirme makinalarının birbirine daha yakın olduğu yerlerde WBGT değerleri daha yüksektir.
- Soğutma bölümleri PMV değerine göre çoğunlukla sıcak olarak tespit edilmiştir. Buradaki memnuniyetsizlik oranı %90 civarındadır. Bu bölümlerdeki WBGT değerleri ise maruziyet sınırının altındadır.
- İşleme ve kalite kontrol bölümleri çoğunlukla ılık olarak bulunmuştur ve memnuniyetsizlik oranları kabul edilebilir düzeydedir.
- Dar çalışma alanlarındaki çalışanların memnuniyetsizlik oranları çok yüksektir. Bu alanlardaki kişisel sıcaklık maruziyetleri sınır değerlerin oldukça üzerindedir.
- Metabolizma hızının fazla olduğu noktalarda memnuniyetsizlik oranları da yüksektir.
- Yüksek ortam sıcaklığından dolayı yüzeylerden yansiyarak oluşan radyal ısı çok yüksek değerlerdedir.

- Üretim alanlarına yoğun ve plansız makina ve ekipman yerleştirilmesi, alandaki ısı baskısını artırdığı gibi doğrudan ısıl işlemin yapılmadığı işleme-kalite kontrol süreçlerindeki memnuniyetsizliği de artırmaktadır.
- Isı baskısının ve memnuniyetsizliğin yüksek olduğu bölümlerde havalandırma sistemleri yeterli değildir. Cam, kimyasından dolayı hava akımından etkilendiği gerekçesi ile birçok işletmede doğal havalandırma yoluna gidilememektedir.
- Ölçüm sonuçlarının yüksek olduğu işletmelerde, sıcaklık değişimi isteyen çalışan yüzdesi, ortamı katlanılabilir bulanların yüzdesinden daha yüksektir.
- İşletmelerde yapılan karşılaştırmalı analizler göstermiştir ki, özellikle PMV değerine göre ortamın hafif ılık ve sıcak olarak değerlendirildiği noktalarda, objektif ve subjektif sonuçlar tutarlılık göstermektedir.
- Saha çalışmaları esnasında, sıcakla çalışmalarda kullanılması gereken KKD'lerden koruyucu eldivenin her çalışan tarafından kullanıldığı ancak radyal ısıya karşı koruyucu gözlük ya da siperliğin ise çok nadiren kullanıldığı görülmüştür.

6.2 Öneriler

Çalışmalar kapsamında, ısıl işlemlerin yapıldığı cam imalat sektöründe ve ısıl işlemlerin yapıldığı benzer süreçleri içeren diğer işletmelerde uygulanabilecek öneriler ve alınabilecek önlemler aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışma alanı genişletilerek ya da makina, ekipman yoğunluğu azaltılarak ısı kaynaklarının çalışma alanına etkisi azaltılmalıdır.
- Doğal havalandırmanın kullanılmadığı işletmelerde, hava akım ve ısı transferi mekanizmaları simülasyon yardımı ile belirlenebilir. Uygun havalandırma veya iklimlendirme sistemleri kurulabilir.
- Radyal ısıнын çalışanlara etkisini azaltmak ve yönünü değiştirmek için yansıtıcı yüzeyler artırılmalıdır. Bunun için yeni yüzey alanları oluşturulabileceği gibi var olan yüzeyler daha az ısıya yapan ya da radyal ısıyı havalandırma yoluyla kontrol edilebilen konveksiyonel ısıya dönüştüren maddeler ile kaplanmalıdır.
- Çalışma ortamındaki nemi azaltmak için buhar kaçakları önlenmeli, yerler kuru tutulmalıdır.
- Çalışanların kıyafetleri, ortam sıcaklığına uygun ve terin deriden rahatça uzaklaşmasına olanak sağlayacak cinsten seçilmelidir.

- Isıl işlemin yapılmadığı ancak üretim hattının devamı olan işleme ve kalite kontrol bölümleri diğer bölümlerden uygun malzemelerden yapılmış duvarlarla ayrılmalıdır.
- Yeni başlayan ya da işten uzun süre ayrı kalmış çalışanların sıcak çalışma ortamına alışabilmeleri için yeterli zaman (yaklaşık 15 gün) verilmelidir. Ayrıca, iş kazası oranlarının en fazla olduğu hafta başı ya da vardiya başlangıçlarında, çalışma süresi ilk çalışma gününden itibaren kademeli olarak artırılmalıdır.
- Gün içindeki mola sürelerinin sıklığı artırılmalıdır.
- Çalışanlar, ihtiyaç duydukları anda soğuk bir yere gidip mola vermeleri konusunda teşvik edilmeli ve fazla miktarlarda sıvı tüketmeleri sağlanmalıdır.
- Çalışanların, sarf ettikleri enerjiyi azaltmak, metabolizma hızlarını düşürmek amacıyla her takımdaki çalışan sayısı artırılabilir.
- Özellikle sıcak bölümlerde çalışanlara ısı temelli sağlık gözetimleri yapılmalıdır.
- Çalışanların sıcağa uyumlarına göre çalışma süreleri ve mola sıklıkları belirlenmelidir.
- Sıcağa uyum sağlayamayan çalışanlar daha uygun bir bölüme alınmalıdır.
- Çalışanlara ısı baskısının tehlikeleri, maruziyet belirtileri, ısı kaynaklı hastalık belirtileri, sıcağa maruziyet ve yangın ile ilgili ilk yardım prosedürü, ısı baskısından kaçınma yolları gibi konularda spesifik eğitimler verilmelidir.
- Sıcakla teması engellemek için koruyucu eldiven, radyal ısıya maruziyeti azaltmak için koruyucu siperlik, uygun koruyucu gözlük kullanılmalıdır.
- Çalışmada kullanılan anket, cam imalat işletmelerinin termal koşullarının kontrolü amacıyla belirli periyotlarla ya da süreçte herhangi bir değişiklik olduğunda uygulanabilir.
- Anket sonuçlarına göre rahatsızlığın arttığı durumlarda ölçümlerle termal koşullar tekrar teyit edilerek iyileştirme yoluna gidilebilir.
- Çalışma ortamının termal koşullarının değerlendirilmesinde kullanılan parametrelere dair sınır değerlere ulusal mevzuatımızda yer verilmelidir.
- Termal konfora dair mevzuat çalışması sırasında, kişilerin yaşadıkları bölge ve vücut yapılarıyla da ilişkili olan metabolizma hızı ve ortamın termal koşullarına alışma süresi gibi hususlar da dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Türkiye Cam ve Cam Ürünleri Sanayi Meclisi Sektör Raporu, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2012, 2014.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE Handbook – Fundamentals, Chapter 8: Physiological Principles and Thermal Comfort, 2001.
- [3] Yiğit, A, İş Güvenliği ve Sağlığı, Alfa Aktüel Yayınevi, Bursa, Sayfa: 162-164, 2008.
- [4] Yıldız, A. N, Bilir, N, Sıcak Çalışma Ortamının Subjektif Olarak Değerlendirilmesi, Toplum Hekimliği Bülteni, 2(26), 23-28, 2007.
- [5] Kılıç, A.C, Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 1995.
- [6] Harden, D.B, Glass of the Caesars. Milan: Olivetti. Sayfa: 303, 1987.
- [7] Yıldız, S, Yıldız Takımı Cam, Bilim ve Teknik Dergisi, 2008.
- [8] Özbelik, Y, Cam Hammaddesi Mineralojisi Ve Cam Teknolojisi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sayfa: 51-62, Niğde, 2011.
- [9] Standing Committee of the European Glass Industries, Glass Production Amounts, <http://ietd.iipnetwork.org/content/glass#key-data>, (Erişim tarihi: 25.12.2015).
- [10] T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Cam Sektörü Raporu (2015/2), 2015.
- [11] Bureau of Labor Statistics U.S. Department of Labor, <http://data.bls.gov> (Erişim tarihi: 29.12.2015).
- [12] Cam imalatı üretim süreci şeması, <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/Materiales-aislantes-y-sus-ciclos-de-vida/Lanas-de-vidrio-ISOVER> (Erişim tarihi: 25.12.2015)
- [13] Milli Eğitim Bakanlığı, Seramik ve Cam Teknolojisi, Cam Üretimi ve Şekillendirme Yöntemleri, Ankara, 2013.
- [14] Bender J, Hadley J. G, Hellerstein J. P, Hohman C. M. Glass, Pottery and Related Materials. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Uluslararası Çalışma Örgütü, Cenevre, 2011.
- [15] Worrell E, Galitsky C, Masanet E, Graus W, Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Glass Industry, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, 2008.

- [16] Cam imalatı üretim süreci şeması, <http://de.verallia.com/en/about-glass/glass-production> (Erişim tarihi: 25.12.2015)
- [17] Cam ambalaj şekillendirme makinası görseli, http://www.sisecam.com.tr/wp/wp-content/uploads/2013/06/sisecam_2014_tr.pdf (Erişim tarihi: 27.12.2015)
- [18] Cam imalatı üretim süreci, http://www.orttool.com/Fabrication_industries.html (Erişim tarihi: 27.12.2015)
- [19] AB Komisyonu, Entegre Kirliliğin Önlenmesi ve Kontrolü Cam Üretim Sanayisinde Mevcut En İyi Teknikler Konusunda Referans Doküman, 2001.
- [20] T. C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, Resmi Gazete, 26 Aralık 2012; 28309.
- [21] Sosyal Güvenlik Kurumu İstatistik Yıllığı, 2011-2014 SGK İstatistik Yıllıkları <http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/tr/kurumsal/istatistikler> (Erişim Tarihi: 06/06/2015).
- [22] Ekuklu G, Saltık A, Yaman M. Kırklareli Cam Fabrikası Ortam Havası Toplam Toz Ölçümü Nedeniyle Endüstriyel Toz Sorunu. Çalışma Ortamı Dergisi, 39, 13:20, 1998.
- [23] ASHRAE, ANSI/AHSRAE Standard 55-2010 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE Publications, 2010.
- [24] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN ISO 7730 – Orta Dereceli Termal Ortamlar – PMV ve PPD İndislerinin Tayini Termal Rahatlık İçin Şartların Belirlenmesi, 2006.
- [25] United States Department of Health and Human Services, The Buddy System, <https://www.cdc.gov/vhf/ebola/pdf/buddy-system.pdf> (Erişim tarihi: 27.06.2016)
- [26] Occupational Safety and Health Administration, Monitoring Workers at Risk of Heat-related Illness, https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/monitoring_workers.html (Erişim tarihi: 27.12.2015)
- [27] Türk Standartları Enstitüsü, TS EN 27243 – Sıcak Ortamlar – WBGT İndeksine Göre Isının Çalışan Üzerindeki Baskısının Tahmini, 2002.
- [28] Spor, Y, Sabuncu, H, Cantez, E, Güray, Ö, Önen, L, Gürgen, A. ve ark., Bir Cam Fabrikasında Çalışan İşçilerde Sıcaklığın Oluşturduğu Sorunlar: I (Fizik ve Fizyolojik), 22. Ulusal Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Kongresi. İzmir, Türkiye, 29 Ekim - 1 Kasım 1986.
- [29] Atmaca, İ, Koçak, S, İşletmelerde Farklı Metabolik Aktivite Düzeylerinde Çalışanlar İçin Isıl Konfor Bölgelerinin Tespiti, Mühendis ve Makina, 638(54), 26-3, 2013.

- [30] OSHA, “Heat Stress”, Minnesota Department of Labor and Industry Occupational Safety and Health Division, 2012.
- [31] Altınsoy, H, Yıldırım H. A, Labor productivity losses over western Turkey in the twenty-first century as a result of alteration in WBGT, *International Journal of Biometeorology* 59(4), 463–471, 2015.
- [32] International Organization of Standardization, ISO 10551: Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales, International Organization for Standardization, Geneva, 1995.
- [33] Analitik Bilgi Yönetimi Çözümleri (Türkiye). IBM SPSS Statistics ile İstatistiksel Analizler. Ankara, 2012.
- [34] Schoenberger, L.C.H., Liquid Barrier and Thermal Comfort Properties of Selected Surgical Gowns, Doktora Tezi, Kansas State Üniversitesi, Sayfa: 182, Kansas, 1990.
- [35] Clark, G, Natural ventilation is the solution for most heat intensive industries. <http://blog.colinfo.co.uk/blog/bid/151993/Natural-ventilation-is-the-solution-for-most-heat-intensive-industries>, 2013. (Erişim tarihi: 29.02.2016).
- [36] Bhanarkar, A. D, Srivastava, A, Joseph, A.E. et al. *Environ Monit Assess* 1(109), 73-80, 2005.
- [37] Srivastava, A, Kumar, R, Joseph, E, Kumar, A, Heat Exposure Study in the Workplace in a Glass Manufacturing Unit in India, *Annual Occupational Hygiene*, 6(44), 449-453, 2000.
- [38] Brotherhood, J, What does the WBGT Index tell us: Is it a useful index of environmental heat stress? *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(18), 23-71, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, adı : ÇINAR, Kadriye

Doğum tarihi ve yeri: 11.03.1990, Karabük

Telefon : 0 (312) 256 1690

E-Posta : kadriye.cinar@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği	Devam ediyor.
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği	2012
Lise	75. Yıl Karabük Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer&Görev
2012 – Halen	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2015: 80)

Yayınlar

Çınar, K., ‘The Analysis of Toluene Exposure to the Sectors in Turkey’, 20th World Congress on Safety and Health at Work, Frankfurt, Germany, August 24-27, 2014.

Çınar K., Balcı S., “Savunma ve Güvenlik Sektöründeki Toluen Maruziyetinin İş Kollarına göre İncelenmesi”, 7. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 5-7 Mayıs, 2014.

Mesleki İlgi Alanları

Kimyasal maruziyetler, termal konfor

EKLER

EK-1: PMV ve PPD Değerleri Hesabı

EK-2: Kişisel Değerlendirme Ölçeği

EK-3: Isı Baskısından Korunma Hakkında Bilgilendirici Broşür

EKLER

EK-1 PMV VE PPD DEĞERLERİ HESABI

Isı baskını belirlemede kullanılan PMV ve PPD indislerinin TS EN ISO 7730 standardına göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} PMV = & [0,303 \times \exp(-0,036 \times M) + 0,028] \\ & \times \{(M - W) - 3,05 \times 10^{-3} [5733 - 6,99 \times (M - W) - p_a] - 0,42 \\ & \times [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0,0014 \times M \\ & \times (34 - t_a) - 3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} \\ & - t_a)\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35,7 - 0,028 \times (M - W) - I_{cl} \\ & \times \{3,96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)\} \end{aligned}$$

$$2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \times \sqrt{\gamma_{ar}} \quad \text{ise} \quad h_c = 2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25}$$

$$2,38 \times |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \times \sqrt{\gamma_{ar}} \quad \text{ise} \quad h_c = 12,1 \times \sqrt{\gamma_{ar}}$$

$$I_{cl} \leq 0,078m^2 \times K/W \quad \text{ise} \quad f_{cl} = 1,00 + 1,290I_{cl}$$

$$I_{cl} > 0,078m^2 \times K/W \quad \text{ise} \quad f_{cl} = 1,05 + 0,645I_{cl}$$

$$PPD = 100 - 95 e^{-(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2)}$$

denklemlerde;

M metabolizma hızı (W/m²)

W efektif mekanik güç (W/m²)

I_{cl} kıyafet izolasyonu (m².K/W)

f_{cl} kıyafet yüzey alanı katsayısı

t_a hava sıcaklığı (°C)

t_r ortalama radyal sıcaklık (°C)

v_{ar} rölatif hava akım hızı (m/s)

p_a su buharı kısmı basıncı (Pa)

h_c konveksiyonel ısı transfer katsayısı [W/(m².K)]

t_{cl} kıyafet yüzey sıcaklığı (°C)

EK-2 KİŞİSEL DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

DEMOGRAFİK BİLGİLER

- 1) Kaç yaşındasınız?
- 2) Kaç yıldır bu işyerinde çalışıyorsunuz?
- 3) Hangi bölümde çalışıyorsunuz?
- 4) Kaç yıldır bu bölümde çalışıyorsunuz?
- 5) Yaptığınız iş nedir?
- 6) Günde kaç saat çalışıyorsunuz?
- 7) Öğle tatiliniz kaç dakika?
- 8) Kaç dakika molanız var?
- 9) Kıyafet: Pantolon, gömlek, ayakkabı, eldiven, mont vs.

SICAK ORTAM DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

- 1) Sizce şu anda buranın sıcaklığı nasıl?

Çok sıcak	Sıcak	Ilık	Hafif ılık	Ne sıcak ne soğuk	Hafif serin	Serin	Soğuk	Çok soğuk
-----------	-------	------	------------	-------------------	-------------	-------	-------	-----------

- 2) Bu ortamı nasıl değerlendiriyorsunuz?

Rahat	Hafif rahatsız	 Rahatsız	Çok rahatsız	Son derece rahatsız
-------	----------------	----------------	--------------	---------------------

- 3) Şu anda buraya göre nasıl bir ortamda olmak isterdiniz?

Çok Daha Sıcak	Daha Sıcak	Ne sıcak ne soğuk Burası iyi	Daha soğuk	Çok daha soğuk
----------------	------------	---------------------------------	------------	----------------

- 4) Sadece kişisel tercihlerinizi düşündüğünüzde, bu ortamın sıcaklığı kabul edilebilir mi?

Evet	Hayır
------	-------

- 5) Sizce bu ortam katlanılabilir mi?

Katlanılabilir	Katlanmak biraz zor	Katlanmak zor	Katlanmak çok zor	Katlanılamaz
----------------	---------------------	---------------	-------------------	--------------

EK-3 ISI BASKISINDAN KORUNMA HAKKINDA BİLGİLENDİRİCİ BROŞÜR



“İşyerlerinde termal konfor şartlarının çalışanları rahatsız etmeyecek, çalışanların fiziksel ve psikolojik durumlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde olması esastır.”¹

¹ İşyeri Bina Ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik. (2013). T.C. Resmi Gazete, 28710, 17 Temmuz 2013.



**SU İÇMEK İÇİN
SUSAMAYI BEKLEME!**

SICAK ORTAMLARDA ÇALIŞMA



**ISI BASKISINDAN
KORUNMA**



ISI BASKISI (STRESİ) NEDİR?

Uygun sıcaklığa sahip olmayan bir ortamda, vücudun ısınısını sabit tutmak için gösterdiği çabaya ısı baskısı(stresi) denilmektedir. Bu durum, kalp damar sistemini yorarak çalışan sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir.



RİSKLİ DURUM VE DAVRANIŞLAR NELERDİR?

Yüksek sıcaklık ve nem
Doğrudan güneşe maruz kalma
Yetersiz sıvı alımı
Ağır fiziksel aktivite
Su geçirmez kıyafetler
Isıya alıştırmaksızın yüksek sığa maru

SICAK YORGUNLUĞU İLE SICAK ÇARPMASI AYNI MIDIR?

Sıcak yorgunluğu, vücudun fazla ısınması halidir; sıcak çarpmasında çok daha fazla ısınma olur, kaybolan sıvının yerini doldurmak ve vücudu soğutmak daha zordur. Sıcak çarpması, acil müdahale edilmezse ölüme ya da kalıcı sakatlıklara neden olabilen ısı baskısının en ciddi tipidir.

SICAK YORGUNLUĞUNUN BELİRTİLERİ NELERDİR?

Baş ağrısı, baş dönmesi, terleme, sersemlik, yorgunluk, baygınlık, sinirlilik, susuzluk, bulantı, kusma

SICAK ÇARPMASININ BELİRTİLERİ NELERDİR?

Bilinç bulanıklığı, halüsinasyon, bilinç kaybı, koordinasyon kaybı, baygınlık, terlemenin durması veya bol terleme, 40 derecenin üzerinde ateş, nöbet, koma

KAÇINMA YOLLARI

- ✓ Bol su tüketilmeli - her saat en az yarım litre
- ✓ Çalışanlar sık sık mola vermeleri konusunda teşvik edilmeli
- ✓ Molalar gölge ya da klimalı yerlerde verilmeli ve molalarda su tüketilmeli
- ✓ İşe yeni başlayanlar için iş kademeli olarak artırılmalı, alışma periyodu dikkate alınmalı
- ✓ Çalışanların sıcakla ilgili sağlık kontrolleri düzenli olarak yapılmalı

SICAĞA MARUZİYETTE İLK YAPILMASI GEREKENLER

- ✓ Etkilenen çalışan serin bir yere alınmalı
- ✓ Su içebilecek durumda ise soğuk su içirilmeli
- ✓ Üzerindeki dış kıyafetler çıkarılmalı
- ✓ Serin su, vantilatör, buz torbası gibi malzemelerle serinletilmeli
- ✓ Yardım çağırılmalı ancak gelene kadar sıcaktan etkilenen çalışan yalnız bırakılmamalı