



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

**MOBİLYA SEKTÖRÜNDE AĞAÇ TOZU
MARUZİYETİNİN ÖNLENMESİNDE ENDÜSTRİYEL
HAVALANDIRMA TASARIMI**

Tayfun GÜRLEVİK

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

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

MOBİLYA SEKTÖRÜNDE AĞAÇ TOZU
MARUZİYETİNİN ÖNLENMESİNDE ENDÜSTRİYEL
HAVALANDIRMA TASARIMI

Tayfun GÜRLEVİK

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

Tez Danışmanı

Gökce Begüm SİLSÜPÜR

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 **Tayfun GÜRLEVİK**'in, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı **Gökce Begüm SİLSÜPÜR** danışmanlığında başlığı “**Mobilya Sektöründe Ağaç Tozu Maruziyetinin Önlenmesinde Endüstriyel Havalandırma Tasarımı**” olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı 22/09/2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
Müsteşar Yardımcısı
Dr. Serhat AYRIM
JÜRİ BAŞKANI

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.
Tarkan ALPAY
ÜYE

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.
İsmail GERİM
ÜYE

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd. V.
Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU
ÜYE

Öğretim Üyesi
Yrd. Doç. Dr. Ercüment N. DİZDAR
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

Tez hazırlık süreci ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Genel Müdürlüğü'ndeki çalışma hayatım boyunca kıymetli bilgi, deneyim ve desteklerini esirgemeyen başta Müsteşar Yardımcısı Dr. Serhat AYRIM, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürü Sayın Tarkan ALPAY, İş Sağlığı ve Güvenliği eski Genel Müdürü Sayın Kasım ÖZER olmak üzere, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcısı Sayın İsmail GERİM, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcısı Sayın Sedat YENİDÜNYA, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcısı V. Sayın Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU, İş Sağlığı ve Güvenliği eski Genel Müdür Yardımcısı Sayın Dr. H. N. Rana GÜVEN' e teşekkürlerimi sunarım. Değerli bilgi ve deneyimleriyle tez çalışmama önemli ölçüde katkı sağlayan tez danışmanım İSG Uzmanı Sayın Gökce Begüm SİLSÜPÜR ile tecrübelerinden yararlandığım İSG Uzmanı Sayın Aykut KARAKAVAK'a, yardımlarından dolayı İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Eşim Dilara GÜRLEVİK'e sonsuz sabrı ve katkılarından, ailemize yeni katılan kızım Asya GÜRLEVİK'e ve aileme manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

ÖZET

Tayfun GÜRLEVİK

**Mobilya Sektöründe Ağaç Tozu Maruziyetinin Önlenmesinde Endüstriyel
Havalandırma Tasarımı**

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**

ANKARA, 2016

Ülkemizde istihdamın en fazla olduğu sektörlerden biri olan mobilya sektörü aynı zamanda yapılan iş ve kullanılan ham maddeden dolayı çalışanların toza maruziyetinin en fazla olduğu iş alanlarından biridir. Mobilya sektöründe çalışanların odun tozuna maruziyet sonucunda meslek hastalıklarına yakalanma riski yüksektir. Endüstriyel havalandırma sistemlerinin çalışanların tozun zararlı etkilerinden korunmasında önemli bir toplu korunma yöntemi olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada çalışanların toza maruziyetinin azaltılması amacıyla endüstriyel havalandırma sistemlerinin etkinliği araştırılmış ve endüstriyel havalandırma sistemi tasarım yöntemleri açıklanmıştır. Çalışma boyunca mobilya sektöründe faaliyet gösteren beş farklı işyeri ziyaret edilmiş ve toz maruziyeti ölçümü yapılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerinde toz maruziyetinin Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilmiş olan sınır değer olan 5 mg/m³'ün üzerinde olduğu saptanmıştır. Endüstriyel havalandırma sistemi bulunmayan işyerinin mimari planı ve atölye makine yerleşimleri dikkate alınarak bir endüstriyel havalandırma sistemi tasarlanmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda endüstriyel havalandırma sistemi olan işyerlerindeki toz maruziyeti seviyesi ile endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerindeki toz maruziyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak endüstriyel havalandırma sistemlerinin mobilya sektöründe ağaç tozuna maruziyeti azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel havalandırma, mobilya, ağaç tozu, toz filtreleri, toz maruziyeti ölçümü

ABSTRACT

Tayfun GÜRLEVİK

**Industrial Ventilation Design for Prevention of Exposure to Wood Dust in the Field of
Woodworking Operations**

Ministry of Labour and Social Security

Directorate - General of Occupational Health and Safety

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

ANKARA, 2016

The woodworking industry, which has great amount of employment in our country, also is one of the workers mostly exposed to dust because of the process and the raw materials are used. As a result of exposure to wood dust in the woodworking industry the risk of occupational diseases is greater. Ventilation systems are known to be important in maintaining a batch method of protection of workers from the harmful effects of the dust. In this thesis in order to reduce the exposure to dust the effectiveness of industrial ventilation systems are researched and industrial ventilation systems design methods are described. During the thesis work five different establishments had been visited which operates in the furniture industry and dust exposure had been measured. As a result of the findings in the workplace where industrial ventilation system was not found to be over the limit value, which is 5 mg/m³, laid down in Dust Control Regulation. For the workplace has not got any industrial ventilation system an industrial ventilation system has been designed taking into account the plans of workshop machinery and architectural dimensions. The results shows that there is a significant difference of occupational wood dust exposure between workplaces which have industrial ventilation systems or not. Also there is a statistically difference findings of occupational wood dust exposures between wood cutting and sanding processes. Consequently, it is determined that industrial ventilation systems reduce exposure to the wood dust significantly.

Keywords: Industrial ventilation, woodworking, wood dust, dust filters, dust exposure measurement

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ	vii
RESİMLEMELER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. TÜRKİYE’DE MOBİLYA SEKTÖRÜ	3
2.2. MESLEK HASTALIKLARI	5
2.3. TOZ ve TOZUN YAPISI.....	6
2.4. MOBİLYA SEKTÖRÜNDE OLUŞAN SAĞLIĞA ZARARLI KİRLETİCİLER ve SAĞLIĞA ETKİLERİ.....	7
2.4.1. Ağaç Tozu.....	7
2.4.2. Formaldehit.....	10
2.4.3. Tolüen.....	11
2.5. ULUSAL ve ULUSLARARASI MEVZUAT	11
2.6. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA	13
2.6.1. Besleme Sistemleri	14
2.6.2. Tahliye Sistemleri.....	14
2.7. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN İSG AÇISINDAN ÖNEMİ.....	23
3. GEREÇ ve YÖNTEMLER	25
3.1. İŞ AKIŞ ŞEMASI.....	26
3.2. ÖLÇÜM ANALİZ ARAÇ VE METODLARI	27
3.2.1. Havada Solunabilir Toz Numunesi Alınması	27
3.2.2. Mesleki Maruz Kalma Derişiminin Hesaplanması	28
3.3. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIM VE HESAPLAMA METODLARI.....	29
3.3.1. Isı Kaybı ve Isı Kazancı Hesabı.....	29

3.3.2. Havalandırma Kanalı Hesabı	29
3.3.3. Kanal basınç kaybı hesabı	32
3.3.4. Davlumbaz Hesabı.....	36
3.3.5. Havalandırma Sisteminin Akustik Tasarımı ve Gürültü Kontrolü	39
4. BULGULAR	41
4.1. İŞYERİ A	41
4.2. İŞYERİ B	43
4.3. İŞYERİ C	44
4.4. İŞYERİ D	45
4.5. İŞYERİ E	46
4.6. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ	48
4.7. İŞYERİ E İÇİN ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIMI.....	50
4.7.1. Isı Kaybı ve Isı Kazancı Hesabı.....	51
4.7.2. Yerel Tahliye Sistemi Tasarımı	52
4.7.3. İklimlendirme Sistemi Tasarımı	58
5. TARTIŞMA	63
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	67
6.1. SONUÇLAR	67
6.2. ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	77
EKLER	79
EK-1 ÖZEL DİRENÇLER.....	81

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Hava Kirleticilerin Boyut Dağılımı ve Özellikleri[8]	6
Tablo 2.2. Zehirli Ağaç Tozları ve Sebep Olduğu Rahatsızlıklar [11].....	8
Tablo 2.3. Filtre Çeşitlerinin Karşılaştırması [28].....	21
Tablo 3.1. ASHRAE tarafından tavsiye edilen kanal hızları [47]	30
Tablo 3.2. ACGIH tarafından önerilen asgari kanal tasarım hız aralıkları [26].....	31
Tablo 3.3. Kirletici Yayılma Koşullarına Göre Yakalama Hızları[26]	37
Tablo 3.4. Farklı Davlumbaz Tipleri İçin Hava Debisi Hesaplama Denklemleri [50]	38
Tablo 3.5. Farklı Fan Tipleri İçin Özgül Güç Seviyesi Değerleri (dB) [51]	39
Tablo 4.1. İşyeri A Bilgileri.....	41
Tablo 4.2. İşyeri A Ölçüm Sonuçları.....	42
Tablo 4.3. İşyeri B Bilgileri.....	43
Tablo 4.4 İşyeri B Ölçüm Sonuçları	44
Tablo 4.5. İşyeri C Bilgileri.....	44
Tablo 4.6. İşyeri C Ölçüm Sonuçları	44
Tablo 4.7. İşyeri D Bilgileri.....	45
Tablo 4.8. İşyeri D Ölçüm Sonuçları.....	46
Tablo 4.9. İşyeri E Bilgileri	46
Tablo 4.10 İşyeri E Ölçüm Sonuçları	47
Tablo 4.11 Toz Ölçüm Sonuçları Grup İstatistikleri	48
Tablo 4.12 Bağımsız Örneklem T Testi	49
Tablo 4.13 Ölçüm Yapılan İstasyonların Grup İstatistikleri	49
Tablo 4.14 İstasyonlara Göre Bağımsız Örneklem T Testi	49
Tablo 4.15. İşyeri E Mahallleri Isı Kaybı ve Kazancı	52
Tablo 4.16. Kirletici Kaynağına Olan Uzaklıklara Göre Davlumbaz Debisi	52
Tablo 4.17. Kanal Boyut Hesap Çizelgesi.....	53
Tablo 4.18 Düz Kanal Sürtünme Kayıpları	54
Tablo 4.19. Özel Dirençler Hesap Çizelgesi	55
Tablo 4.20. Taze Hava Besleme Sistemi Kanal Boyutlandırması.....	58
Tablo 4.21. Taze Hava Besleme Sistemi Düz Kanal Basınç Kaybı Hesabı Çizelgesi	59
Tablo 4.22. Taze Hava Besleme Sistemi Özel Dirençler Hesap Çizelgesi.....	59
Tablo 4.23. İç Ünite Seçim Çizelgesi	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Partikül Madde Büyüklüğüne Göre Solunum Sisteminin Etkilendiği Bölgeler [10]..	8
Şekil 2.2. Yerel Tahliye Sisteminin Ana Unsurları [28]	16
Şekil 2.3. Davlumbaz Çeşitleri [31]	17
Şekil 2.4 Yakalayıcı Davlumbaz [31].....	18
Şekil 2.5. Jet-Pulse Filtre [28]	19
Şekil 3.1 İş Akış Şeması	26
Şekil 3.2. SKC 224-52tx Sidekick tipi örnekleme pompası [45].	27
Şekil 3.3. Örnek Sistem [48]	32
Şekil 3.4. Galvaniz çelik yuvarlak hava kanalları için basınç kaybı diyagramı [48]	35
Şekil 4.1. İşyeri E Mimari Planı	51
Şekil 4.2. Davlumbaz Yerleşimi.....	53
Şekil 4.3. Kanal Basınç Kaybı İçin Kanal Numaralandırması	54
Şekil 4.4. İşyeri E İçin Yerel Tahliye Havalandırması.....	57
Şekil 4.5. İşyeri E Taze Hava Besleme Sistemi	62

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2.1. Mobilya Sektöründe Firma ve Çalışan Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı [5]	3
Grafik 2.2. Mobilya Sektöründe İş Kazası Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı [5].....	4
Grafik 2.3. Mobilya Sektöründe Meslek Hastalığı İstatistikleri [5]	4
Grafik 4.1. İşyerlerinde Yapılan Bireysel Toz Maruziyeti Ölçüm Sonuçları.....	48

RESİMLEMELER LİSTESİ

Resim 4.1. Ölçüm Yapılan Laminant Kesim Alanı.....	42
Resim 4.2. B İşyeri Toz Toplama Sistemi.....	43
Resim 4.3. İşyeri C Elektrostatik Toz Boyama Hattı	45
Resim 4.4. İşyeri E Genel Görünümü.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACGIH	The American Conference Of Governmental Industrial Hygienists (Hükümete Bağlı Endüstriyel Hijyenistler Amerika
ASHRAE	American Society Of Heating, Refrigerating, And Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma Soğutma Ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu)
CEN	European Committee For Standardization (Avrupa Standardizasyon Komitesi)
CFD	Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
CLTD/SCL/CLF	Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor/Solar Cooling Load Factor
HSE	Health And Safety Executive, United Kingdom (Sağlık Ve Güvenlik İdaresi, İngiltere)
HVAC	Heating, Ventilating And Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma Ve İklimlendirme)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı)
ILO	International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
IOM	Institute of Occupational Medicine (İş Sağlığı Enstitüsü)
ISO	International Organization For Standardization (Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı)
NIOSH	National Institute For Occupational Safety And Health (Ulusal İş Sağlığı Ve Güvenliği Enstitüsü)
OELV	Occupational Exposure Limit Values (Mesleki Maruziyet Limit Değerleri)
OSHA	United States Department Of Labour Occupational Safety And Health Administration (Amerika Birleşik Devletleri İş Sağlığı Ve Güvenliği İdaresi)
PEL	Permissible Exposure Limit (Müsaade Edilen Maruziyet Sınır Değeri)
REL	Recommended Exposure Limits (Önerilen Maruziyet Sınır Değeri)
SCOEL	The Scientific Committee On Occupational Exposure Limits (Mesleki Maruziyet Limitleri Akademik Komitesi)

STEL	Short Term Exposure Limit (Kısa Süreli Maruziyet Limiti)
TLV	Threshold Limit Value (Eşik Sınır Değer)
TWA/ZAOD	Time Weighted Average (Zaman Ağırlıklı Ortalama Değer)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

1. GİRİŞ

İş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi konusu 31.06.2012 tarihli ve 28339 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile birlikte ülkemizde önem kazanmıştır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) her yıl 2,34 milyon insanın iş kazaları veya meslek hastalıklarından dolayı hayatını kaybettiğini tahmin etmektedir [1]. İngiltere’de bulunan Sağlık ve Güvenlik İdaresi (Health and Safety Executive, HSE) tarafından yayımlanan 2013/2014 istatistik yıllığına göre her yıl 13 000 kişinin solunum ile ilgili meslek hastalıklarından hayatını kaybettiği tahmin edilmektedir [2]. Aynı raporda yılda 4 000 kişinin işyerinde toza maruziyetten dolayı oluşan meslek hastalıklarından hayatını kaybettiği belirtilmektedir.

Günümüzde meslek hastalıklarının en önemli sebeplerinden biri olan toz, insanlığın var oluşundan beri hayatı olumsuz etkileyen etmenlerin başında gelmektedir. Büyük tıp bilgini İbni Sina’nın “Eğer toz olmasaydı insan ömrünün bin sene olmaması için hiçbir sebep olmazdı” sözü de tozun insan hayatına etkisini açıkça göstermektedir.

Toz oluşumunun en fazla olduğu iş alanlarının başında gelen mobilya sektörü, istihdam edilen çalışan sayısı bakımından sektörel sıralamada 2014 yılı itibari ile 7. sıradadır [3]. Bu nedenle mobilya sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin tozun zararlı etkilerinden korunmak amacıyla almış olduğu tedbirler ve çalışanların toza maruziyetlerinin araştırılması önem taşımaktadır.

HSE tarafından 1999 yılında İngiltere’de yapılan mobilya sektörü araştırmasında [4] ülke çapında 47 işyeri ziyaret edilmiş ve çalışanların toza maruziyeti değerlendirilmiştir. Ziyaret edilen işyerlerinin tamamında endüstriyel havalandırma sisteminin bulunmasına rağmen sadece 16 işyerinde toz maruziyetinin eşik değerin (5 mg/m^3) altında olması dikkat çekmektedir. Bu durum endüstriyel havalandırma sisteminin doğru tasarlanmadığında çalışanı korumadığını göstermektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında doğru bir endüstriyel havalandırma sistemi tasarımı için gereken hesaplamalar ve yöntemler açıklanmıştır.

Tez çalışmasının “Genel Bilgiler” bölümünde mobilya sektöründe toza bağlı oluşabilecek meslek hastalıkları ile ilgili bilgiler verilmiş, toz maruziyetinin önlenmesinde kullanılan endüstriyel havalandırma ekipmanları tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde toz maruziyeti ölçüm metodu açıklanmış ve havalandırma sistemi tasarımında kullanılan hesaplama yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümünde ise endüstriyel havalandırma sisteminin etkinliğinin

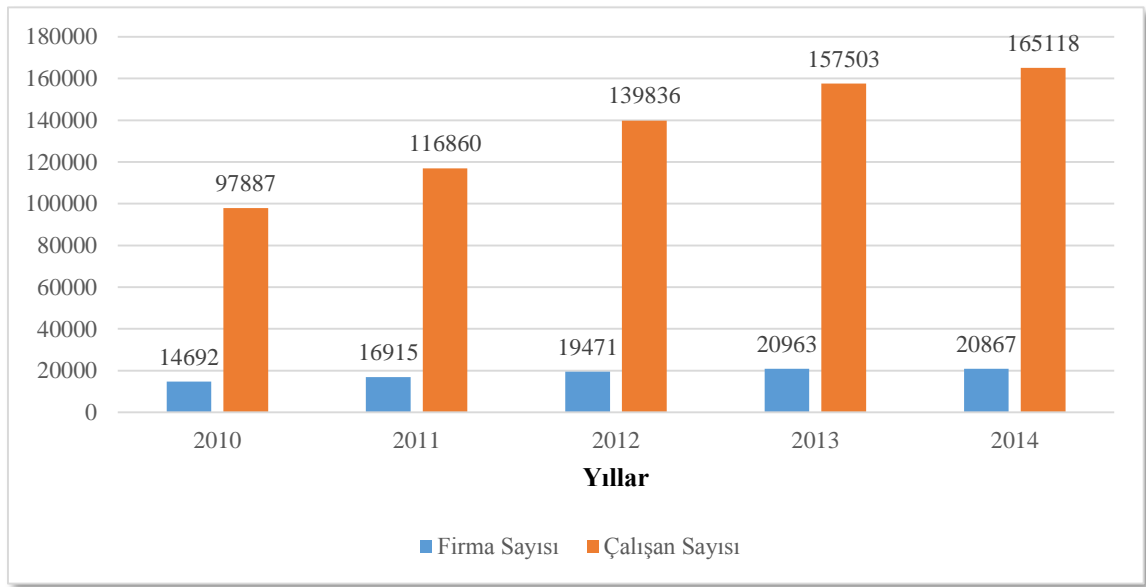
karşılaştırılması amacıyla mobilya sektöründe faaliyet gösteren beş farklı işyerinde bireysel toz maruziyeti ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılan işyerlerinden, dört işyerinde endüstriyel havalandırma sistemi mevcut iken bir işyerinde herhangi bir endüstriyel havalandırma sistemi bulunmamaktadır.

Saha ölçümlerinde elde edilen bireysel toz maruziyeti sonuçları karşılaştırılarak endüstriyel havalandırma sisteminin toz maruziyetine etkisi değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. TÜRKİYE’DE MOBİLYA SEKTÖRÜ

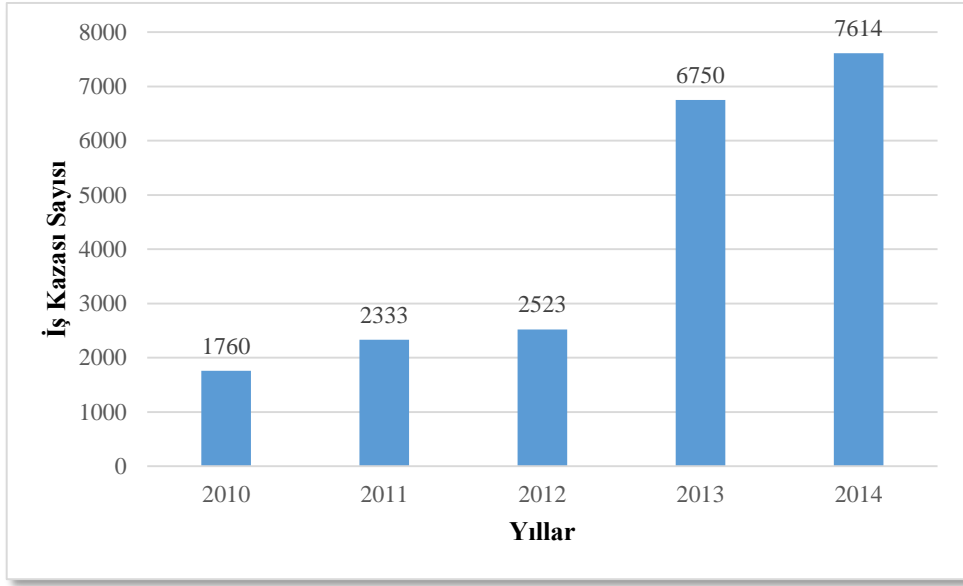
Türkiye’de istihdam gücü olarak üst sıralarda yer alan mobilya sektörü, yurt genelinde her ilde faaliyet göstermektedir. Mobilya sektöründe faaliyet gösteren firma ve çalışan sayısı Grafik 2.1.’de görüldüğü üzere son beş yılda sürekli artarak 2014 yılı için firma sayısı 20 867 ve çalışan sayısı 165 118 olmuştur.



Grafik 2.1. Mobilya Sektöründe Firma ve Çalışan Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı [5]

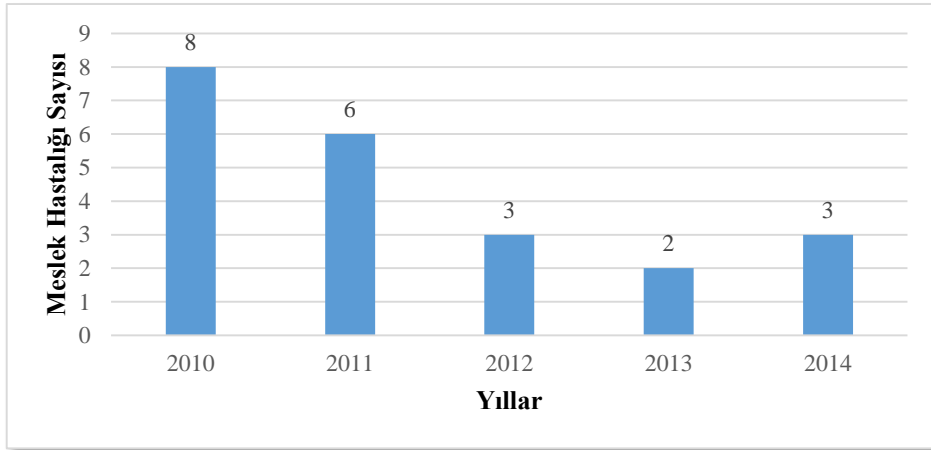
Sektörün genel yapısı göz önüne alındığında, sektör çalışanlarının eğitim düzeyindeki yetersizlik kalifiye işgücü, istihdam ve deneyim eksikliğini beraberinde getirmektedir [6]. Bunun sonucu olarak iş sağlığı ve güvenliği kültürünün oluşması diğer sektörlerle kıyasla daha yavaş ilerlemektedir.

Sektörün büyümesine paralel olarak iş kazası sayısı son beş yılda düzenli olarak artış göstermesine rağmen sektörde tanı ve teşhisi yapılan meslek hastalığı sayısının aynı oranda artmadığı Grafik 2.2. ve Grafik 2.3.’te görülmektedir.



Grafik 2.2. Mobilya Sektöründe İş Kazası Sayılarının Yıllara Göre Dağılımı [5]

2013 yılından itibaren 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun getirdiği yükümlülükler ile beraber iş kazalarının bildiriminde önemli bir artış olmuştur. Bu durumun sonucu olarak bildiri yapılan iş kazası sayılarında 2012-2013 yılları arasında dikkate değer bir fark ortaya çıkmıştır. Fakat meslek hastalığı tanı ve teşhisindeki yetersizlikler, mobilya sektörü ile ilgili meslek hastalıklarının yavaş ilerlemesi gibi nedenlerden dolayı sektörde tespit edilen meslek hastalığı sayısı beklenenden azdır.



Grafik 2.3. Mobilya Sektöründe Meslek Hastalığı İstatistikleri [5]

2.2. MESLEK HASTALIKLARI

Meslek hastalığı, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununda “Mesleki risklere maruziyet sonucu ortaya çıkan hastalık” olarak tanımlanırken; 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 14’üncü maddesinde ise “sigortalının çalıştığı veya yaptığı işin niteliğinden dolayı tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, bedensel veya ruhsal özürlülük halleri” olarak tanımlanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) gibi uluslararası kaynaklarda meslek hastalıkları; zararlı bir etkenle bundan etkilenen insan vücudu arasında, çalışılan işe özgü bir neden-sonuç, etki-tepki ilişkisinin ortaya konulabildiği hastalıklar grubu olarak tanımlanmaktadır [7].

Çalışma Gücü ve Meslekte Kazanma Gücü Kaybı Oranı Tespit İşlemleri Yönetmeliğinin Ek-2’inde belirtilen Meslek hastalıkları listesi aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır;

A Grubu: Kimyasal maddelerle olan meslek hastalıkları

B Grubu: Mesleki cilt hastalıkları

C Grubu: Pnömonyozlar ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları

D Grubu: Mesleki bulaşıcı hastalıkları

E Grubu: Fiziksel etkenlerle olan meslek hastalıkları

ILO Meslek Hastalıkları Listesi’nde ise meslek hastalıkları üç kategoride sınıflandırılmaktadır;

1. İş Etkinliklerinden Kaynaklanan Etkenlere Maruz Kalmaya Bağlı Mesleki Hastalıkları

1.1. Kimyasal etkenlere bağlı hastalıklar

1.2. Fiziksel etkenlere bağlı hastalıklar

1.3. Biyolojik ajanlar, enfeksiyöz veya parazitik hastalıklar

2. Hedef Organ Sistemlerine Göre Mesleki Hastalıklar

2.1. Mesleki solunum sistemi hastalıkları

2.2. Mesleki deri hastalıkları

2.3. Mesleki kas-iskelet sistemi bozuklukları

2.4. Zihinsel ve davranışsal bozukluklar

3. Mesleki kanserler

4. Diğer Hastalıklar

2.3. TOZ ve TOZUN YAPISI

Mesleki solunum sistemi hastalıklarının temel sebeplerinden biri olan tozun sınıflandırılması, özellikleri, solunum sistemi üzerindeki birikim mekanizmalarının bilinmesi tozun zararlı etkilerinin önlenmesi açısından önem arz etmektedir.

Tozlar çeşitli organik ve inorganik maddelerde aşınma, parçalanma, öğütme, yanma sonucu oluşan ve büyüklükleri Tablo 2.1’de belirtildiği gibi bir kaç μm ile 300 μm arasında değişen, kimyasal özellikleri kendisini oluşturan kimyasal maddelerin yapısına benzeyen maddelerdir[8].

Tablo 2.1. Hava Kirleticilerin Boyut Dağılımı ve Özellikleri[8]

Hava Kirleticileri	Boyut Aralığı (μm)	Tanım
Toz	0,1-30,0	Katıların pulverizasyonu ya da parçalanması ile oluşur. Örnek olarak; metal ve kömür tozu verilebilir. Parçacık boyutları 300-400 μm olabilir ancak iri parçacıklar havada asılı kalmaz.
Buğu	0,01-10,0	Gaz fazından yoğunlaşma ya da sıvıların dağılımı ile oluşan asılı sıvı parçacıklardır. Elektro kaplama tanklarının açık yüzeyleri üzerinde oluşur.
Duman	0,01-1,0	Organik maddeler eksik yanma sonucu oluşan aerosol karışımıdır.
Tütsü	0,001-1,0	Buharın veya yanma sonucu ortaya çıkan gazların yoğunlaşarak gaz halden katı hale geçmesi ile oluşan aerosoldür. Özellikle kaynak sırasında uçucu hale gelen metaller örnek verilebilir.
Buhar	0,005	Oda sıcaklığında katı veya sıvı olarak bulunan maddelerin gaz halidir. Birçok solvent buhar açığa çıkarmaktadır.
Gaz	0,0005	

ACGIH, ISO ve CEN mesleki sağlık açısından tozları solunabilir, trokal ve alveollere ulaşan olmak üzere üç grupta sınıflandırmıştır [8].

Solunabilir tozlar, %50’sinin aerodinamik çapı 80 – 100 μm ’nin altında kalan, alveollere ulaşan tozları da içeren, maruz kalındığında ise tüm solunum sistemini etkileyen tozlardır. Ağız ve burun yoluyla alınan, havada asılı kalan tüm parçacıkların kütlesi şeklinde de tanımlanmaktadır [8].

Trokal tozlar, %50’sinin aerodinamik çapı 10 μm ’nin altında kalan, alveollere ulaşan tozları da içeren, maruz kalındığında alt solunum yollarını etkileyen ve akciğere kadar ulaşabilen tozlardır [8].

Alveollere ulaşan tozlar, %50’sinin aerodinamik çapı 4 μm ’nin altında kalan ve maruz kalındığında alveollere kadar ulaşabilen tozlardır [8].

2.4. MOBİLYA SEKTÖRÜNDE OLUŞAN SAĞLIĞA ZARARLI KİRLETİCİLER ve SAĞLIĞA ETKİLERİ

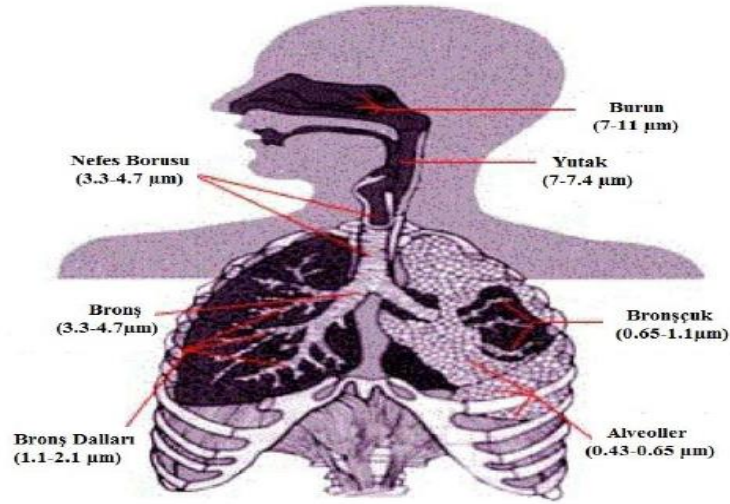
Mobilya sektöründe kullanılan hammadde dolayısı ile en sık maruz kalınan kirletici ağaç tozudur. Mobilya imalatında kullanılan reçine veya koruyucu maddelerin içerisinde bulunan formaldehit ve boyama işlemi sırasında solvent olarak kullanılan tolüen bu sektörde çalışanların maruz kaldığı diğer solunabilir kirleticilerdir. Bazı ağaçlar üzerinde bulunan küf, mantar gibi biyolojik oluşumlar deri ile teması sonucu alerjik reaksiyonlara sebep olabilmektedir. Bu bölümde mobilya sektöründe kullanılan özellikle solunum vasıtasıyla vücuda giren kirleticiler ve sağlığa olumsuz etkileri açıklanmıştır.

2.4.1. Ağaç Tozu

Ağaç tozu kesim, delme veya zımparalama gibi ağaç ürünlerinin işlenmesi sırasında ortaya çıkan partiküllerdir. Mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılan ağacın tozu bileşik olarak kompleks bir yapıya sahiptir. Ağaç tozunun içeriği kullanılan ağaç türüne göre değişmekle birlikte genel olarak %40-%50 arasında selüloz, %15-%35 arasında polyose ve %20-%35 arasında lignin içermektedir. [9]

Ağaç tozu 0,1 mikrondan birkaç milimetreye kadar farklı çaplarda olabilmektedir. Çapı 0,1 mikrondan küçük olan ağaç tozlarının solunması durumunda rahatlıkla dışarıya atılabildiğinden sağlığa zararı yoktur. Mobilya sektöründe oluşan ağaç tozunun %90'ı 5 mikrondan küçük çaplı tozlardır. [10]

Özellikle meslek hastalıklarının oluşmasında solunabilir boyuttaki ağaç tozu tehlike oluşturmaktadır. Odun tozunun madde büyüklüğüne göre solunum sistemi üzerinde etkilediği bölgeler Şekil 2.1.'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Partikül Madde Büyüklüğüne Göre Solunum Sisteminin Etkilendiği Bölgeler [10]

Ağaç Tozunun Sağlığa Olumsuz Etkileri

İnsan sağlığına zarar veren zehirli ağaç türleri, zehirli ağaç tozuna maruz kalınan iş kolları ve zehirli ağaç tozlarının sebep olduğu rahatsızlıklar Tablo 2.2’te belirtilmiştir [11].

Tablo 2.2. Zehirli Ağaç Tozları ve Sebep Olduğu Rahatsızlıklar [11]

Ağaç Türü	Kullanım Yeri	Sağlık Üzerine Etkisi
Kızılağaç	Konstrüksiyonlar, oyuncaklar, fırça kolları	Deri iltihabı semptomları, burun iltihabı, bronşit
Dışbudak	Marangozluk, spor ürünleri	Akciğer fonksiyonlarında düşüş
Kayın	Mobilya, kaplama, el aletleri, müzik aletleri	Deri iltihabı, akciğer rahatsızlığı, göz tahrişleri
Huş	Mobilya, kağıt ve kağıt hamuru, kaplama	Deri iltihabı sendromu (kereste bıçkısı)
Lübnan Sediri	Kapı, marangozluk, bahçe mobilyası	Burun iltihabı, solunum rahatsızlığı
Kestane	Mobilya, mutfak aletleri, kapı, kaplama	Deri iltihabı sendromu
Akçaağaç	Zemin kaplamada, mobilya, spor aletleri	Akciğer fonksiyonlarında düşüş
Meşe	Mobilya, zemin kaplama, panel, varil	Astım, göz tahrişleri, aksırma
Çam	Konstrüksiyon, kapı, mobilya, palet	Deri tahrişi, akciğer rahatsızlıkları
Kavak	Oyuncak, palet, etajer, kibrit, ağaç yünü	Öksürük, göz tahrişleri,
Ladin	Konstrüksiyon, telefon direkleri, palet	Solunum düzensizlikleri
Teak	Marine, montaj	Solunum düzensizlikleri, deri iltihabı
Porsuk	Oymacılık, kabin yapımı, spor aletleri	Deri iltihabı, kalp rahatsızlıkları

Tozların akciğerlerde hastalık oluşturmaları bakımından hem toza hem de kişiye ait bazı özellikler önem taşır. Bunlar; tozun büyüklüğü, ortamdaki yoğunluğu, depolama niteliği, kimyasal yapısı, maruz kalan kişinin genetik yapısı, sigara alışkanlığı, başka solunum sistemi rahatsızlığının varlığı olarak sıralanabilir.

2.4.1.1.1. Mesleki astım

Mesleki astım, işyeri havasındaki toz, gaz, buhar ve dumanlarla temas sonucu ortaya çıkan, hava yolu aşırı duyarlılığı ve değişken hava yolu daralmasıdır.

Solunan ajanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, düzeyi, temasın süresi ile yoğunluğu, ajanla karşılaşan (soluyan) kişinin özellikleri ve endüstriyel hijyen uygulamaları mesleki astım gelişimini etkilemektedir.

Çalışmada öksürük, nefes darlığı, hırıltı ve göğüste sıkışma hissi gibi şikayetler varsa mesleki astım olasılığı mevcuttur.

Mesleki astımın oluşmasında önemli risk taşıyan maddeler:

- İzosiyanatlar (%5-%10 oranında),
- Tahıl unu ya da tozu (%10 oranında),
- Lateks (%6 oranında),
- Odun tozları (%4 oranında) şeklinde sıralanır [12].

Mesleki astımda hastalığın ortaya çıkmasının engellenmesi için temasın azaltılması gerekir. Maske kullanımı, endüstriyel havalandırma gibi önlemler iş kolunun özelliğine göre seçilip uygulanmalıdır.

2.4.1.1.2. Burun Kanseri

Burun kanseri (Paranasal sinüs kanseri) vakalarının çoğu mesleksel maruziyet ile ilişkilidir. Burun kanserine neden olan etmenler; nikel, krom, isopropil yağlar, volatil hidrokarbonlar, ağaç ve odun talaşı şeklinde sıralanmaktadır. Mobilya sektöründe ağaç tozuna maruziyet ile burun kanseri vakaları arasındaki bağ ilk olarak 1960'ların sonunda fark edilmeye başlanmıştır. Burun kanseri özellikle sert ağaç tozundan kaynaklanan sağlık tehlikelerinin başında gelmektedir. Van den Oever'in çalışmasında [13] toplam 386 burun kanseri vakası incelenmiş ve bu vakalardan 88 adetinin halen mobilya sektöründe çalışmakta olduğu, 169 adetinin ise geçmişinde toz maruziyeti öyküsünün bulunduğu saptanmıştır.

Blot ve ark. tarafından yapılan çalışmada ağaç tozu maruziyetinin 5mg/m³'ü aşmaması durumunda burun kanserine yakalanma riskinin ortadan kalkacağı sonucuna varılmıştır [14].

2.4.1.1.3. Akciğer Kanseri

Akciğer kanseri gelişimi uzun süreler alan fakat meslek hastalıkları arasında görülme sıklığı zamanla artmaya devam eden en önemli sağlık sorunlarından biridir. Akciğer kanserinin başlıca nedenleri arasında sigara alışkanlığı, genetik yatkınlık, hava kirliliği gibi çevresel etkenlerin yanı sıra madencilik, tekstil, metal ve kaynak işçiliği, boya imalatı gibi riskli meslekler de yer almaktadır. Ağaç tozunun kanserojen bir madde olduğu bilinmesine rağmen 2014 yılına kadar literatürde akciğer kanseri ile ağaç tozunun ilişkilendirecek yeterli kanıt elde edilememiştir. Hancock ve ark. tarafından 2014 yılında yapılan araştırmada akciğer kanseri ile ağaç tozuna maruziyet arasındaki ilişki ispatlanmıştır [15].

HSE'nin 2013/2014 yılları istatistik raporuna göre, her yıl yaklaşık 13000 kişinin işyerinde toza maruziyetten dolayı mesleksi akciğer kanserine yakalanarak hayatını kaybettiği belirtilmiştir [2].

2.4.1.1.4. Dermatit (Deri İltihabı)

Mobilya sektöründe çalışanlar arasında sıklıkla rastlanan cilt hastalığı dermatittir. Dermatit kendisini irritasyon(tahriş, kaşıntı) veya aşırı duyarlılık olarak gösterebilir. Yeni kesilmiş ağaç içerisinde bulunan ağaç özünün kimyasal bileşimi, cilt ile temas halinde irritasyona neden olabilmektedir ve hastalığa sebep olan etken ile temas kesildikten bir süre sonra cilt normal haline geri dönmektedir. Duyarlılık şeklinde meydana gelen dermatit ise daha ağrılı bir şekilde devam etmekte ve bazı ağaç türlerinin tozlarına maruz kalmaktan kaynaklanmaktadır. Kızılağaç, sedir, kestane ve çam ağaçları dermatite neden olan başlıca ağaç türleridir [16].

2.4.2. Formaldehit

Formaldehit karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşan keskin kokulu ve renksiz bir gazdır. Endüstriyel alanda kullanılan formaldehit genellikle %36-%50 arasında su içermektedir. Bu karışım endüstride formalin olarak da bilinmektedir [17].

Çeşitli endüstri alanlarında 150 yıldan fazla süredir kullanılan formaldehit, mobilya sektöründe özellikle kontrplak yapımında kullanılan reçine içerisinde ve lamine ağaç işlerinde kenar bantlama sırasında kullanılan tutkal içeriğinde bulunmaktadır [17].

2.4.2.1. Formaldehitin Sağlığa Olumsuz Etkileri

Formaldehit maruziyeti çoğu kez gaz halinde iken solunum yoluyla alınmasına bağlı olarak meydana gelmektedir. Uzun süreli olarak düşük dozlarda(0,1 ppm) formaldehite maruziyet solunum güçlüğü ve dermatite yol açabildiği gibi yüksek dozlarda (>20 ppm) maruziyetlerde miyeloid lösemi kanserine yol açabilmektedir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC, International Agency for Research on Cancer) 2006 yılında yayınladığı raporda insanlarda görülen miyeloid lösemi kanseri ile formaldehit arasında ilişkiyi gösteren yeterli kanıt bulunduğu sonucuna varmıştır [18].

2.4.3. Tolüen

Bir benzen türevi olan tolüen, tinere benzer kokuda, renksiz, yanıcı, suda çözünmeyen bir sıvıdır. Mobilya sektöründe boyama işleminde boya inceltici madde olarak kullanılmaktadır.

2.4.3.1. Tolüenin Sağlığa Olumsuz Etkileri

Tolüene maruz kalınması durumunda solunum yollarında tahriş ve merkezi sinir sistemini etkilemesi sonucu susama baş ağrısı, kas spazmları gibi rahatsızlıklar görülebilir. Tolüenin kanserojen etkisi üzerinde çalışmalar devam etmekle birlikte, şu ana kadar tolüen ile kanser arasında doğrudan bir ilişki kuracak yeterli bulgu elde edilememiştir [19].

2.5. ULUSAL ve ULUSLARARASI MEVZUAT

İşyerlerinde tozdan kaynaklı ortaya çıkabilecek risklerin önlenmesi amacıyla iş sağlığı ve güvenliği yönünden tozla mücadele edilmesi ve bu işlerde çalışanların tozun etkilerinden korunmalarının sağlanması için alınması gerekli tedbirlere dair usul ve esaslar 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilmiştir.

Tozla Mücadele Yönetmeliği'ne göre işveren her türlü tozun meydana geldiği işyerlerinde çalışanların toz maruziyetini önlemek ve çalışanların toz ile ilgili tehlikelerden korunması için

gerekli tüm koruyucu ve önleyici tedbirleri almakla yükümlüdür. İşveren tozdan kaynaklanan maruziyetin önlenmesinde ikame ve toplu koruma yöntemlerine öncelik vererek toz çıkışını önlemek için uygun mühendislik önlemlerini kullanmalı, işyerlerinin çalışma şekli ve çalışanların yaptıkları işe göre ihtiyaç duyulan yeterli temiz havanın bulunmasını sağlamalıdır.

Tozla Mücadele Yönetmeliği'nin 8'inci maddesinde işyerinde yapılan risk değerlendirmesi sonucuna göre periyodik olarak toz ölçümlerinin yapılması ve ölçüm sonuçlarının Yönetmelik Ek-1'inde yer alan mesleki maruziyet sınır değerleri dikkate alınarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Odun tozu için maruziyet sınır (TWA/ZAOD) değeri 5 mg/m³'tür.

Tolüen için maruziyet sınır değeri 12.08.2013 tarih ve 28733 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik Ek-1'inde 192 mg/m³(TWA) ve 384 mg/m³ (STEL) olarak belirtilmiştir.

Zaman Ağırlıklı Ortalama Değer (TWA/ZAOD): Günlük 8 saatlik zaman dilimine göre ölçülen veya hesaplanan zaman ağırlıklı ortalama değeri ifade eder.

Kısa süreli Maruziyet Sınırı (STEL, Short Term Exposure Limit): Başka bir süre belirtilmedikçe, 15 dakikalık bir süre için aşılmaması gereken maruziyet üst sınır değeri ifade etmektedir.

Ulusal mevzuat dışında ayrıca uluslararası kuruluşlarca yayımlanmış sınır değerler de aşağıdaki gibidir:

- **Amerika Birleşik Devletleri İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi (United States Department of Labour Occupational Safety and Health Administration)**

OSHA tarafından düzenlenen sınır değerler Permissible Exposure Limits (PEL) olarak isimlendirilmektedir. Düzenlenmemiş partiküller başlığı altında toplam toz için 10 mg/m³, solunabilir tozlar için 5 mg/m³ sınır değeri kabul edilmektedir. Formaldehit için maruziyet sınır değeri 0,75 ppm olarak belirlenmiştir. Tolüen için maruziyet sınır değeri 200 ppm olarak belirlenmiştir [20].

- **Amerikan Resmi Endüstriyel Hijyenistleri Konferansı (The American Conference of Governmental Industrial Hygienists)**

ACGIH, çalışan sağlığının korunması amacı ile tavsiye niteliğinde rehberler hazırlayan bilimsel bir örgüt olarak faaliyet göstermektedir. ACGIH tarafından belirlenen Threshold Limit Values (TLV) değerleri tavsiye niteliğinde olup yasal zorunluluk olarak uygulanması söz konusu değildir. ACGIH-TLV değerleri ABD'de ve diğer birçok ülkede sınır değerlerin

belirlenmesinde referans doküman olarak kullanılmaktadır. ACGIH tarafından batı kırmızı sedir ağaç tozu için $0,5 \text{ mg/m}^3$ diğer ağaç türlerine ait tozlar için 1 mg/m^3 sınır değeri kabul edilmiştir. Formaldehit için sınır değeri $0,3 \text{ ppm}$, tolüen için sınır değeri ise 50 ppm olarak belirlenmiştir [21].

- **Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (National Institute for Occupational Safety and Health)**

NIOSH, federal yasalardan aldığı yetki ile standartlar hazırlayan ve bu standartların uygulanabilmesi amacı ile OSHA'ya öneren yetkili kuruluştur. NIOSH tarafından hazırlanan sınır değerler Recommended Exposure Limits (REL) adı altında yayımlanmaktadır. NIOSH tarafından ağaç tozu için 1 mg/m^3 maruziyet sınır değeri belirlenmiştir. Ayrıca NIOSH, OSHA tarafından belirlenen sınır değerlerinin yeterli olmadığı görüşündedir. NIOSH tarafından formaldehit için maruziyet sınır değeri $0,016 \text{ ppm}$ olarak belirlenmiştir. Tolüen için maruziyet sınır değeri 100 ppm olarak belirlenmiştir [22].

- **Mesleki Maruziyet Limitleri Bilimsel Komitesi (The Scientific Committee on Occupational Exposure Limits)**

SCOEL 1995 yılında Avrupa Komisyonu'na işyerlerinde kullanılan kimyasallarla ilgili mesleki maruziyet sınır değerleri önermek amacıyla oluşturulmuş ve yetkilendirilmiş bir organizasyondur. SCOEL, söz konusu görevini bilimsel tavsiye kararları olarak mesleki maruziyet sınır değerleri (Occupational Exposure Limit Values – OELVs) ile ilgili yasal düzenleme önerilerinin oluşturulması amacı ile Komisyona ileterek yerine getirmektedir. SCOEL tarafından 2003 yılında hazırlanan öneri raporunda $1 \text{ mg/m}^3 - 5 \text{ mg/m}^3$ aralığındaki maruziyetlerde dahi birçok solunum yolu rahatsızlıklarına rastlanıldığı belirtilmektedir. SCOEL tarafından formaldehit için maruziyet sınır değeri, $0,2 \text{ ppm}$ (TWA) ve $0,4 \text{ ppm}$ (STEL) olarak belirlenmiştir. Tolüen için maruziyet sınır değeri, 50 ppm (TWA) ve 100 ppm (STEL) olarak belirlenmiştir [23].

2.6. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA

Endüstriyel havalandırma sistemlerinin başlıca amaçları, üretimin uygun çevresel şartlar altında yürütülmesinin, depolanan malzeme veya ürünlerin korunması için endüstriyel yapılar içinde termal şartların sağlanması ile personelin sağlık ve güvenliği açısından en uygun şartların oluşturulmasıdır. İklimlendirme sistemleri, üretimde çalışanların sağlık ve

konforunun iyileşmesinin bir sonucu olarak iş veriminin artmasına da katkıda bulunmaktadır [24].

Endüstriyel yapılarda kullanılan havalandırma sistemleri besleme ve tahliye olmak üzere ikiye ayrılır. Besleme sistemleri, çalışma alanına kişilerin ihtiyaç duyduğu taze havanın tedarik edilmesi amacıyla kullanılırken tahliye sistemleri ise çalışma esnasında oluşan toz ve diğer kirletici maddelerin ortamdaki uzaklaştırılarak daha sağlıklı bir çalışma alanı sağlanması amacıyla kullanılmaktadır [25].

Endüstriyel havalandırma sistemi tasarlanırken taze hava beslemesi ve tahliye sistemi beraber ele alınmalıdır. Sadece yerel tahliye havalandırması yapılan bir alanda, basınç dış ortama göre daha düşük olacağından çalışma alanına pencerelerden, kapı aralıklarından hatta duvardaki çatlaklardan bile kontrolsüz olarak hava girişi olacaktır. Bu durum, kış aylarında çalışmada rahatsızlık, tahliye havalandırması sisteminin veriminin düşmesi, ısıtma ve soğutma masraflarının artması gibi olumsuz sonuçları ortaya çıkaracaktır [26].

2.6.1. Besleme Sistemleri

Besleme sistemleri temel olarak iki amaçla uygulanır:

1. Çalışma alanında uygun termal konfor şartlarını sağlamak
2. Tahliye havalandırma sistemi ile ortamdaki uzaklaştırılan havanın yerine konması

İyi tasarlanmış bir besleme sistemi taze hava alış menfezi, filtreler, ısıtma ve soğutma amacıyla ısı değiştiricileri, havanın hareketini sağlamak amacıyla bir vantilatör, havayı çalışma alanına ulaştıracak kanal sistemi ve üfleme menfezlerinden meydana gelir. Filtre, ısı değiştiriciler ve vantilatör taze hava santrali adı verilen bir ünite içinde birlikte bulunabilir [26].

2.6.2. Tahliye Sistemleri

Tahliye havalandırma sistemleri genel ve yerel tahliye sistemleri olmak üzere ikiye ayrılır.

2.6.2.1. Genel Tahliye Sistemi

Genel tahliye sistemleri ortam ısısının kontrolü ve çalışma ortamında oluşan kirleticilerin büyük miktarda hava ile birlikte ortamdaki uzaklaştırılması amacı ile kullanılmaktadır. Hava kirleticilerin kontrolü amacıyla kullanılması durumunda ise (seyreltme sistemi) yeterli

miktarda taze hava ile kirleticinin karıştırılması yoluyla kirleticinin ortamdaki ortalama konsantrasyonunun güvenli seviyelere düşürülmesini sağlamaktadır. Kirli hava genellikle atmosfere atılmaktadır. Genel tahliye sistemleri genellikle tahliye edilen hava miktarı kadar havanın tekrar ortama sağlanabilmesi amacı ile bir tedarik sistemi ile bütünleşik olarak tasarlanır. Yüksek işletim maliyetleri nedeni ile yerel tahliye sistemlerinin uygulanabilir olmadığı durumlarda hava kirleticilerin kontrolü amacı ile kullanılmaktadır [26].

2.6.2.2. Yerel Tahliye Sistemi

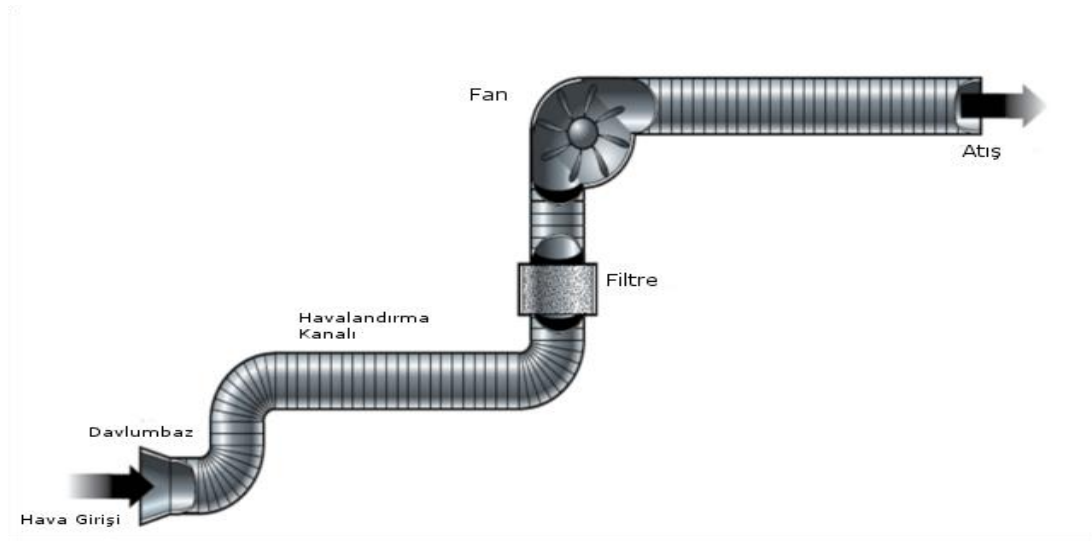
Yerel tahliye sistemi toz, duman, buhar ve gaz gibi uçucu kirleticilere maruziyeti azaltmak amacıyla kullanılan bir mühendislik kontrol sistemidir. Kirleticinin, çalışanın nefes alma bölgesine ulaşmadan kontrol edilebilmesi nedeniyle yerel tahliye sistemi çalışan sağlığının korunması açısından daha makul bir sistemdir [27].

Yerel tahliye sistemi;

- Kirleticinin ciddi sağlık riski oluşturması,
- Büyük miktarlarda toz veya duman oluşumunun gerçekleşmesi,
- Havalandırma kaynaklı ısınma giderlerinin yüksek olması,
- Emisyon kaynaklarının az sayıda olması,
- Emisyon kaynaklarının çalışanların nefes alma bölgesi yakınında bulunması

durumlarında tercih edilmektedir [28].

Bir yerel tahliye havalandırma sistemi Şekil 2.2.'de görülen unsurlardan oluşur. Davlumbaz, kirletici içeren havanın yerel tahliye havalandırma sistemine giriş yaptığı kısımdır. Havalandırma kanalı, kirletici içeren havanın davlumbazdan başlayarak sistem dışına atılmasına kadar iletilmesini sağlar. Filtre ve tutucular, sistem tarafından çekilen kirli havanın temizlendiği kısımdır. Fan, havanın sistem içerisinde hareketini sağlar. Atış, sistem tarafından çekilen havanın güvenli bir bölgeye tahliyesinin yapıldığı kısımdır [28].



Şekil 2.2. Yerel Tahliye Sisteminin Ana Unsurları [28]

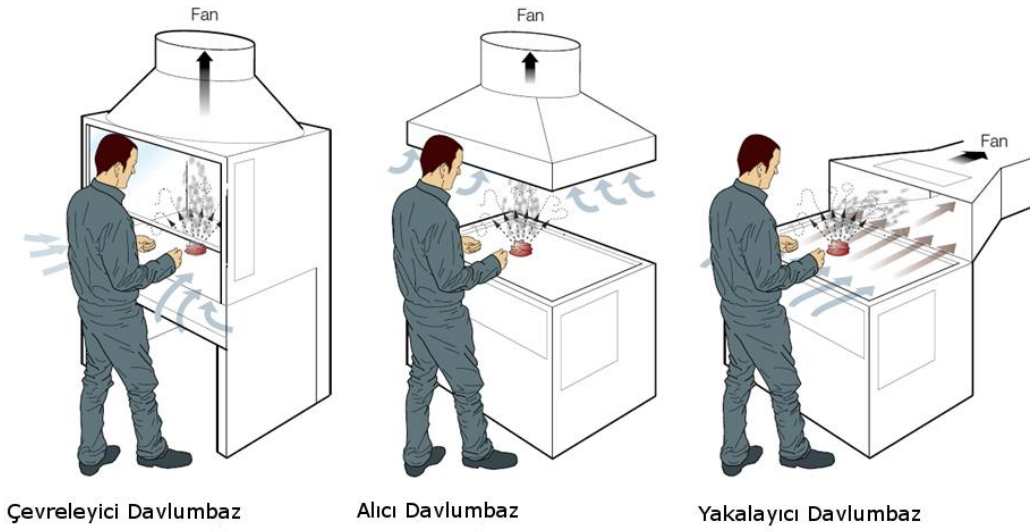
2.6.2.2.1. Davlumbaz

Başarılı bir yerel tahliye havalandırma sistemi oluşturmak için en önemli ölçüt, kirletici içeren havayı kaynağında yakalayıp ortamdan uzaklaştırabilen bir davlumbaz tasarımının yapılmasıdır. Davlumbaz seçimi ve tasarımı kirletici kaynağına, üretim şekli ve sürecine, çalışanın çalışma esnasındaki pozisyonuna bağlı kalınarak yapılmalıdır [29]. Kirletici kaynağının çok büyük olması, birçok küçük kirletici kaynağının bulunması veya kirletici kaynağının hareketli olması durumunda yerel tahliye havalandırması yapılması zorlaşacaktır [30]. Bu gibi durumlarda tasarımcı kirleticiyi kaynağında yok etme veya kaynak boyutunu küçültme yollarına gitmelidir. Kirletici kaynağına müdahalenin imkânsız olduğu durumlarda kaynağı izole etme yöntemi kullanılabilir [31].

Davlumbaz çeşitleri:

1. Çevreleyici
2. Alıcı
3. Yakalayıcı

olmak üzere üçe ayrılır (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Davlumbaz Çeşitleri [31]

2.6.2.2.1.1. Çevreleyici davlumbaz

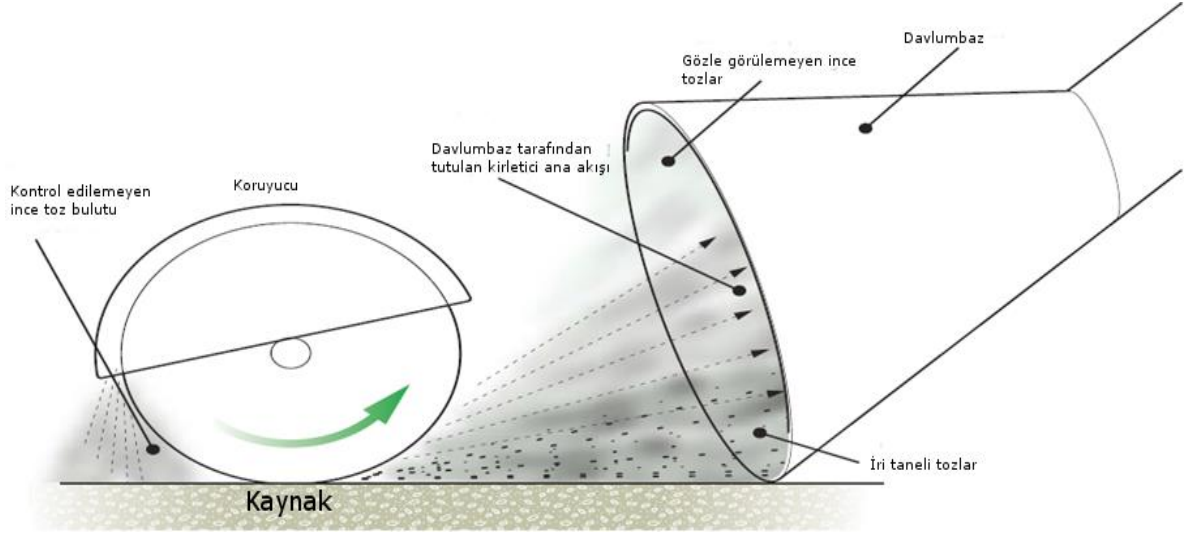
Çevreleyici davlumbazlar alıcı ve yakalayıcı davlumbazlara kıyasla daha verimlidirler. Boya kabini gibi çalışanın ve iş sürecinin aynı kapalı yerde bulunduğu yerler tamamen çevrelenmiş davlumbaz uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca çalışanın işe müdahale etmesi gerektiği durumlar için bir açıklık bulunan kısmen çevrelenmiş davlumbaz çeşitleri de bulunmaktadır [31].

2.6.2.2.1.2. Alıcı davlumbaz

Süreç genellikle davlumbazın dışında gerçekleşir. Davlumbaz kirletici içeren havayı, iş sürecinin kendisine bağlı olan hız ve yönde çeker. Sabit veya hareketli olabilirler [31].

2.6.2.2.1.3. Yakalayıcı davlumbaz

En yaygın kullanılan davlumbaz çeşididir. İş süreci, kirletici kaynağı ve kirletici içeren hava davlumbazın dışındadır. Yakalayıcı davlumbazlar Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi kirletici kaynağında ve çevresindeki havayı çekmeye yetecek kadar hava akışı sağlamalıdır [32]. Yakalayıcı davlumbazlar el aletlerine bütünleşik olarak çalışabilecek küçük ebatlardan, endüstriyel tesislerde kullanılmak üzere metrelerce uzunlukta olabilen değişen boyutlarda olabilir [31].



Şekil 2.4 Yakalayıcı Davlumbaz [31]

2.6.2.2.2. Hava kanalı

Hava kanalları, havalandırma cihazları ile havalandırılan mekân arasında, havanın gidiş ve dönüşünü sağlamaktadırlar. Hava kanalları tasarlanırken kanal içindeki hava hızı, sürtünme kayıpları, ses ve gürültü düzeyi, ısı ve sızma kayıpları göz önüne alınması gerekmektedir [33].

Kanallar, hava hızına göre düşük hızlı veya yüksek hızlı olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük hızlı hava kanallarında hava hızı 10 m/sn'yi geçmez iken, yüksek hızlı hava kanallarında ise bu hız 12-15 m/sn arasında olabilir. Özellikle endüstriyel havalandırma uygulamalarında kirli havanın ortamdaki uzaklaştırılması amacıyla kirletici partikülün boyutuna da bağlı olarak yüksek hızlı hava kanalları kullanılmaktadır [34].

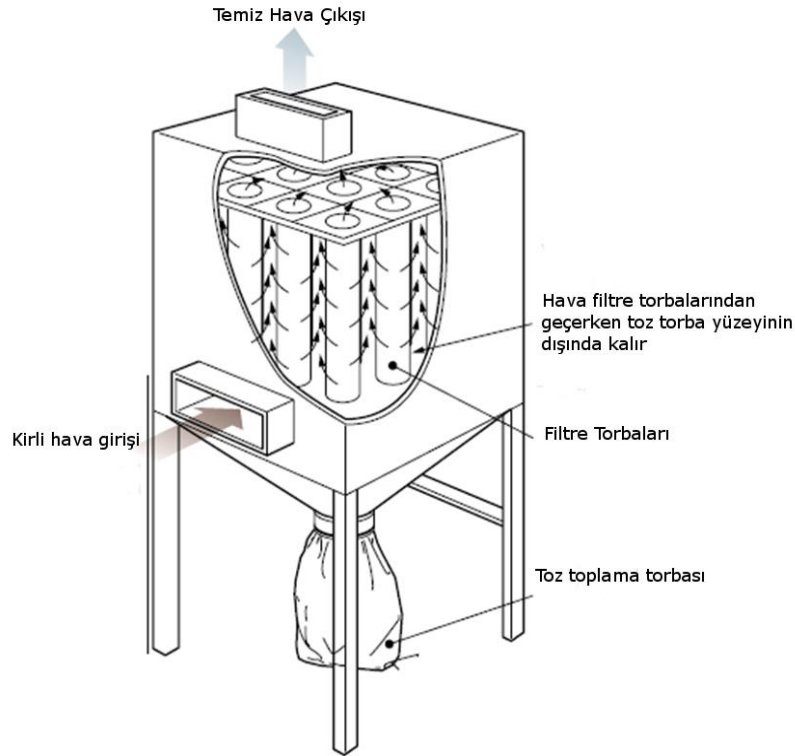
2.6.2.2.3. Filtre ve tutucular

Yerel tahliye havalandırmasında en sık kullanılan hava temizleme araçları toz toplayıcılardır. Toz toplayıcı sistemler; torbalı filtreler, siklon filtreler, elektrostatik filtreler ve ıslak yıkayıcı filtreler olmak üzere dört gruba ayrılır.

2.6.2.2.3.1. Torbalı filtreler

Torbalı filtreler (Şekil 2.5.), kirli hava içerisindeki tozun kuru olması durumunda kullanılabilir. Torba kumaşı filtre edilecek tozun yapısına göre elektrostatik yalıtkan özellikler de içerebilir.

Kirli hava, filtre içine bir vantilatör vasıtasıyla çekilir. Kirli hava girişinden filtreye geçişte kesit alanının büyümesinden dolayı toz parçacıklarının hızı düşer [35]. Bu sayede kirli hava içerisindeki iri toz parçacıkları yerçekiminin etkisi ile filtre tabanında birikmeye başlar. Diğer toz parçacıkları kirli hava içerisinde hareketlerine devam ederler. Kirli hava torba yüzeyinden geçerken kirli hava içerisindeki torba kumaşının gözeneklerinden daha büyük olan toz parçacıkları kumaş yüzeyinde birikmeye başlar [36].



Şekil 2.5. Jet-Pulse Filtre [28]

Torba kumaşı üzerinde biriken toz; mekanik titreşim, ters hava akımı veya jet-pulse yöntemleri ile temizlenerek filtre tabanındaki toz toplayıcısında depolanır [37].

2.6.2.2.3.2. Siklon filtreler

Siklon filtreler aşağıya doğru daralan, dairesel kesitli bir filtre odasından oluşur. Kirli hava siklon içerisine filtre odasının tavanına yakın bir yerden ve filtre odasına neredeyse teğet bir açıyla giriş yapar. Kirli hava filtre odasının duvarları etrafında dönerek hareket ederken, kirli hava içerisindeki toz parçacıkları merkez-kaç kuvveti vasıtasıyla filtre odasının çeperlerine çarpar. Çarpma sonucu hızı azalan toz parçacıkları yerçekiminin etkisiyle filtre tabanında birikir. Temizlenen hava filtre odasının üzerinde bulunan açıklıktan dışarı çıkar [28].

Siklon filtrelerin verimliliği kirli hava içerisinde bulunan toz parçacıklarının boyutu ile doğru orantılı olarak artmaktadır [28].

2.6.2.2.3.3. Elektrostatik filtreler

İnce tozların bulunduğu ortamlarda kullanımı uygundur. Ancak toz yoğunluğunun yüksek olduğu durumlarda verimliliği azalır. Filtre içerisine giren toz parçacıkları pozitif elektrik ile yüklenir ve filtre içerisinde negatif elektrik yüklü olan plakalar tarafından çekilir. Temizlenmiş hava filtrenin diğer tarafından dışarı atılır [38].

2.6.2.2.3.4. Islak yıkayıcı filtreler

Filtre içerisine giren kirli havanın üzerine su damlaları püskürtülür. Su damlaları ile temas eden toz parçacıklarının ağırlığı artar ve filtre tabanında birikmeye başlar [39].

Farklı filtre çeşitlerinin avantaj ve dezavantajlarının birbirleri ile karşılaştırması Tablo 2.3.'te verilmiştir [28].

Tablo 2.3. Filtre Çeşitlerinin Karşılaştırması [28]

Filtre Tipi	Yaklaşık Verimi	Avantajları	Dezavantajları
Torbali Filtreler	<ul style="list-style-type: none">• Verimliliği %99.9'a kadar çıkabilir.	<ul style="list-style-type: none">• Torba kumaşı üzerindeki birikme arttıkça filtrenin verimliliği artar.	<ul style="list-style-type: none">• Torba üzerindeki birikim arttıkça akış direnci de artar. Aşındırıcı malzemeler filtre torbasının zamanla yırtulmasına neden olur.
Siklon Filtreler	<ul style="list-style-type: none">• 2 µm parçacıklarda verimsizdir.• 5 µm parçacıklarda %50 verimle çalışır.• 8 µm parçacıklarda %100 verimle çalışır.	<ul style="list-style-type: none">• Diğer filtre tiplerine göre daha az basınç kaybı vardır.• Büyük parçacıklarda daha verimlidir.	<ul style="list-style-type: none">• Küçük toz parçacıklarında verimi azdır.
Elektrostatik Filtreler	<ul style="list-style-type: none">• 1 - 5 µm arası parçacıklarda %80 - %99 verimle çalışır.• 5 - 10 µm arası parçacıklarda %99'un üzerinde verimle çalışır.	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek sıcaklık ve korozyona karşı dirençlidir.• İşletme maliyeti düşüktür.• Basınç kaybı düşüktür.	<ul style="list-style-type: none">• İlk yatırım maliyeti fazladır. İletkenliği çok düşük veya çok yüksek olan parçacıkların filtrelenmesinde verimi azdır.
Islak Yıkayıcılar	<ul style="list-style-type: none">• 5 µm den büyük parçacıklarda %96 verimle çalışır.• 1 - 5 µm arası parçacıklarda %20 - %80 arasında verimle çalışır.	<ul style="list-style-type: none">• Sıcak gazlar ile çalışmaya uygundur.• Yangın ve patlama tehlikesi yoktur.	<ul style="list-style-type: none">• Gürültülüdür, zamanla paslanır. Soğuk havalarda içerisindeki su donabilir. Bazı tozların ıslanması zordur. Zamanla bakteri ve kötü koku yayabilir.

2.6.2.2.4. Fan

Fanlar hava ve benzeri gazları (bundan sonra hava olarak anılacaktır) basınçlandırarak belirli bir akış yolu içinde hareket etmesini (bir yerden başka bir yere naklini) sağlayan makinelerdir. Fanın hareketli elemanı olan çarkı, hava üzerinde iş yapar ve ona statik ve kinetik enerji kazandırır. Fanlar genel olarak, havanın çark üzerinden akış doğrultusuna bağlı olarak, aksiyal (eksenel) ve radyal tip olarak sınıflandırılır [40].

2.6.2.2.4.1. Aksiyal (eksenel) tip fanlar

Aksiyal tip fanlarda basınç farkı oluşturularak meydana gelen havanın hareketi eksenel yöndedir. Aksiyal tip fanlar pervane kanatlı tip, silindir kanat tip ve kılavuzlu silindir tip olmak üzere üçe ayrılır [41].

- Pervane kanatlı tip: Alçak, orta ve yüksek basınçlı genel ısıtma, havalandırma ve klima uygulamalarında kullanılmaktadır.
- Silindir kanat tip: Alçak ve orta basınçlı sistemlerde ve kurutma ve boyama kabinlerinin egzozlarında kullanılmaktadır.
- Kılavuzlu silindir tip: Alçak statik basınçlı, büyük hava debileri için kullanılmaktadır.

2.6.2.2.4.2.Radyal tip fanlar

Radyal tip fanlarda basınç farkı oluşturularak meydana gelen havanın hareketi merkezkaç (santrifüj) kuvveti doğrultusundadır. Radyal tip fanlar:

- Radyal (eğimsiz) tip: Endüstriyel tesislerde malzeme nakli için veya yüksek basınçlı klima tesislerinde kullanılmaktadır.
- Öne eğimli kanatlı tip: Alçak basınçlı havalandırma sistemlerinde, paket klima cihazları, ev tipi sıcak hava apareyleri ve fanlı serpantinlerde kullanılmaktadır.
- Geriye eğimli kanat tip: Genel havalandırma sistemlerinde kullanılmaktadır.
- Aerodinamik kanatlı tip: Genel havalandırma sistemlerinde, özellikle büyük hava debilerinde kullanılmaktadır.

olmak üzere dört çeşittir [41].

2.7. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMLERİNİN İSG AÇISINDAN ÖNEMİ

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik gereğince işveren, işyerinde yeterli aydınlatma, havalandırma ve termal konfor şartlarını sağlamakla yükümlüdür. Aynı yönetmeliğin 16. maddesinde kapalı işyerlerinde boğucu, zehirli veya tahriş edici gaz ile toz, buğu, duman ve fena kokuları ortam dışına atacak şekil ve nitelikte mekanik havalandırma sistemlerinin kurulması zorunlu hale getirilmiştir.

Dünya genelindeki uygulamalarda da endüstriyel havalandırma sistemleri İSG mevzuatında zorunlu hale getirilmiştir. U.S. OSHA tarafından bazı özel iş kolları için yerel tahliye havalandırma sistemleri için standartlar geliştirilmiş ve uygulaması zorunlu hale getirilmiştir [42]. ACGIH ve ASHRAE gibi kuruluşların hazırladığı tavsiye niteliğindeki rehberler uluslararası alanda kabul görmekte ve havalandırma sistemleri tasarlayan mühendisler tarafından projelendirme aşamasında dikkate alınmaktadır.

Toza maruziyet solunum sistemi ile ilgili meslek hastalıklarının başlıca sebeplerindendir. Meslek hastalıklarının tamamının önlenebilir olduğu bilinmekle birlikte endüstriyel havalandırma sistemleri solunum ile ilgili meslek hastalıklarından çalışanları koruma yolunda en önemli mühendislik kontrol aracıdır.

İş sağlığı ve güvenliğinde genel yaklaşım tehlikelerin kaynağında önlenmesi ile çalışanların zararlı etkilerden toplu korunmasına öncelik verilmesidir. Kişisel koruyucu donanımlar alınabilecek bütün önlemlerden sonra tehlikenin varlığını devam ettirmesi durumunda kullanılması gerekmektedir. Bu önlemler tehlike kaynağı olan hammaddenin değiştirilmesi, daha az zararlı bir hammadde ile değiştirilmesi, prosesin veya iş yapış şeklinin değiştirilmesi şeklinde sıralanabilir. Özellikle mobilya sektörü gibi hammadde konusunda fazla alternatifi bulunmayan sektörlerde yukarıda sayılan önlemleri uygulamak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı endüstriyel havalandırma sistemleri toz maruziyetinin önlenmesinde en kapsamlı faydayı sağlayan bir kontrol mekanizmasıdır. Ancak ülkemizde özellikle toza maruziyetin önlenmesinde temin edilmesi kolay ve nispeten ucuz bir materyal olması sebepleriyle toz maskesi şeklindeki kişisel koruyucu donanımlara öncelik verilerek endüstriyel havalandırma sistemlerinin etkinliğinden faydalanılmamaktadır. Endüstriyel havalandırma sistemleri işyeri genelinde toz konsantrasyonunu kontrol altına alarak çalışanların tozun zararlı etkilerinden toplu korunmasını sağlamanın yanı sıra çalışanların

hatalı bir şekilde kişisel koruyucu donanım kullanması sonucu doğabilecek etkileri de en aza indirmektedir. Ayrıca kişisel koruyucu donanımların doğru takılıp kullanılması ile ilgili eğitim ihtiyacını da azaltacağından işyerinde zaman tasarrufu da sağlanacaktır.

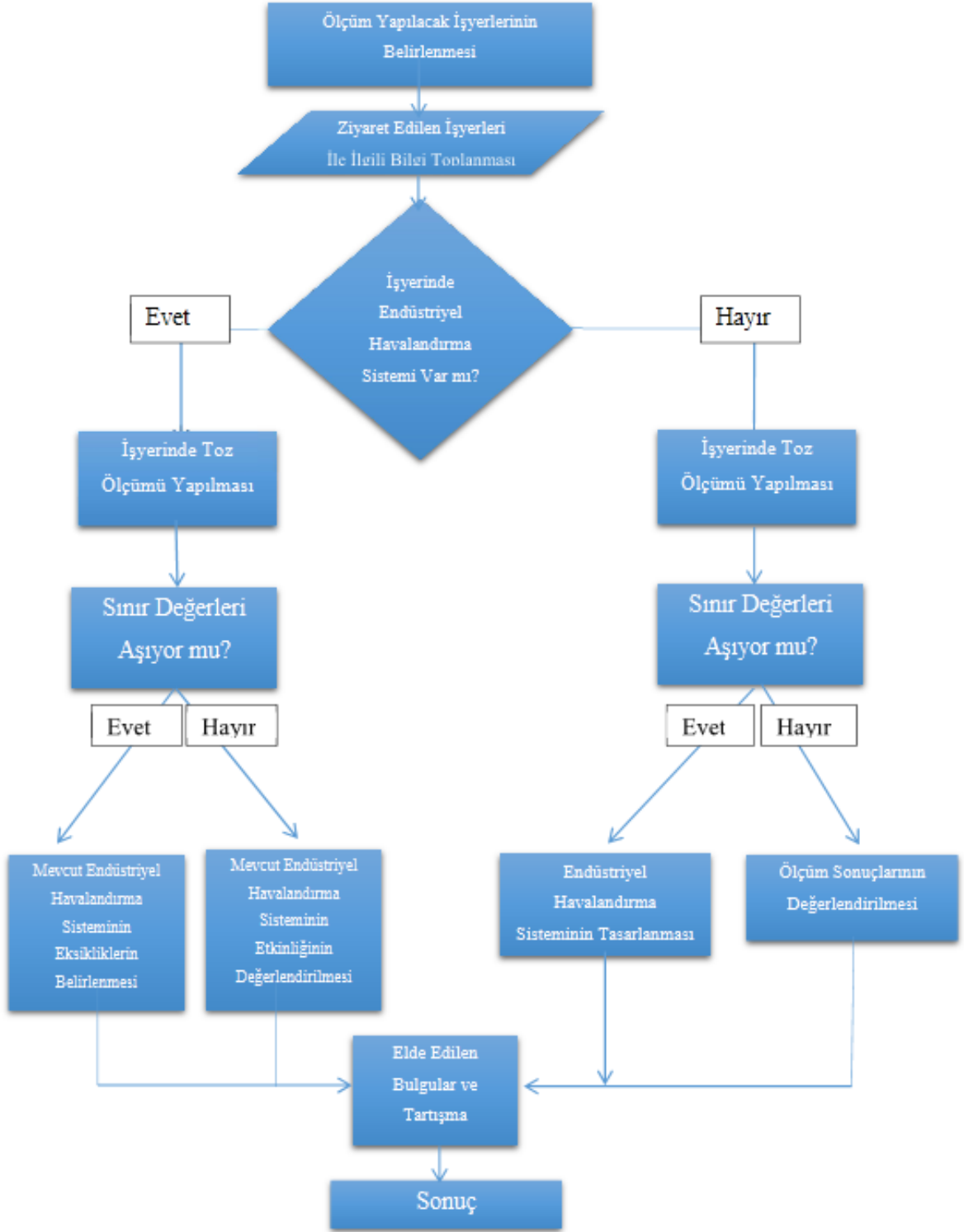
İşyerinde termal konfor şartlarının sağlanması çalışanların da verimliliğinin artmasına sebep olacaktır. İşyerinde termal konfor şartlarından 5 °C'lik bir sapmanın çalışanların üretkenliğinde %10'a kadar azalmaya sebep verebilmektedir [43].

3. GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada endüstriyel havalandırma sistemlerinin toza maruziyetin önlenmesindeki etkinliğini araştırmak amacıyla öncelikli olarak mobilya sektöründe faaliyet gösteren çeşitli firmalarda bireysel toz maruziyeti ölçümlerinin yapılması hedeflenmiştir. Sektörde Kayseri'den sonra en fazla işyeri adetine sahip olan il olması nedeni ile Ankara ilindeki firmalarda çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir. Bu amaçla Ankara ilinde Sincan Organize Sanayi Bölgesinde bulunan ve bünyesinde endüstriyel havalandırma sistemi bulunan 13 firma ile görüşülmüş, bu firmalardan 4'ünde toz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel havalandırma sistemi bulunmayan işyerlerinde ölçüm yapmak amacıyla, Ankara ilinde bulunan toplam 5 644 işletmenin faaliyet gösterdiği [44] Siteler bölgesinde 10 işyeri ile görüşülmüş ve görüşülen işyerlerinden çalışmaya katılımı kabul eden tek işyerinde ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Endüstriyel havalandırma sistemi bulunmasına rağmen ölçüm sonuçlarının maruziyet sınır değerlerine yakın çıktığı işyeri için havalandırma sisteminde yapılabilecek olan iyileştirmeler tez çalışmasında açıklanmıştır. Endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyeri için uygun olmayan termal konfor şartlarını iyileştirebilecek şekilde örnek bir endüstriyel havalandırma sistemi tasarlanmıştır. Havalandırma sisteminin tasarımında ısı yüklerinin hesaplanması amacıyla bir bilgisayar programı kullanılmıştır. Havalandırma sisteminin projesi AutoCAD programı vasıtasıyla çizilmiştir. Tez çalışması boyunca izlenen yöntemler Şekil 3.1'de akış şeması halinde verilmiştir.

3.1. İŞ AKIŞ ŞEMASI



Şekil 3.1 İş Akış Şeması

3.2. ÖLÇÜM ANALİZ ARAÇ VE METODLARI

Bu bölümde İSGÜM deney talimatlarında belirtildiği üzere gerçekleştirilen Solunabilir ve Alveollere Ulaşan Tozların Gravimetrik Metotla Analizi'nde kullanılan araç ve gereçler ile numune alma metotları anlatılmıştır.

3.2.1. Havada Solunabilir Toz Numunesi Alınması

İşyeri ortamına toz numunelerinin kişisel örnekleme pompaları kullanılarak alınmasında kullanılan gereç ve malzemeler şu şekildedir;

- a. 25 mm çapında PVC filtre
- b. 5-3000 ml/dakika akış hızına sahip esnek bağlayıcı borulu kişisel örnekleme pompası.

Bu tez çalışmasında sahada numune alınması sırasında SKC 224-52tx Sidekick tipi örnekleme pompaları (Şekil 3.2.) kullanılmıştır.



Şekil 3.2. SKC 224-52tx Sidekick tipi örnekleme pompası [45].

- c. Rotametre (0,4-5 lt arası hava hacmini gösteren hava akış ayarlama cihazı)
- d. IOM (Institute of Occupational Medicine) Başlık

Numunelerin alınmasından önce işyerlerinin çalışan sayısı, vardiya saatleri ve adedi, makine yerleşim planı gibi bilgiler elde edilmiştir. İşyerlerinde yapılan işler, üretim süreçleri, çalışan sayısı, işyeri düzeni, toz emisyon kaynakları, maruziyet süreleri, kişisel ve teknik önlemler ile havalandırma ve diğer mühendislik önlemleri hakkında bilgi toplanmıştır.

Numune alma süresi maruziyetin değişkenlik gösterebileceği değişik zaman dilimleri ve işler göz önünde bulundurularak tüm gün maruziyetini temsil edebilecek şekilde belirlenmiştir.

Numuneler alınmadan önce dijital debi ölçer (Drycal) ile pompa kalibrasyonu gerçekleştirilmiş, ölçüm öncesi ve sonrasında ise rotametre ile akış hızının çalışma süresi boyunca başlangıç değerinden $\pm \% 5$ 'den fazla sapma göstermediği teyit edilmiştir.

Aynı ortamdan alınan numuneler için birer adet kör numune alınmıştır. Kör numuneler diğer numuneler ile aynı şartlarda taşınmış ve saklanmıştır.

Numune alınması sırasında pompa akış hızları 2 l/dk olarak ayarlanmıştır.

3.2.2. Mesleki Maruz Kalma Derişiminin Hesaplanması

Bu işlem, sınır değer 8 saatlik ağırlıklı ortalama süresi için belirlendiğinde uygulanır. 8 saatlik referans süre terimi, herhangi bir vardiyada, periyodun 8 saatlik homojen bir maruz kalmaya eşdeğer olarak muamele gördüğü mesleki bir maruz kalma işlemine ilişkindir. 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama (TWA) maruz kalma süresidir.

$$\frac{\sum C_i t_i}{\sum t_i} = \frac{C_1 t_1 + C_2 t_2 + \dots + C_n t_n}{8} \quad (3.1)$$

Burada;

C_i : Mesleki maruz kalma derişimi (mg/m^3)

t_i : Maruz kalma süresi (saat)

$\sum t_i$: Vardiya süresi (saat)

Numune alma işlemi nefes alma yüksekliğinde gerçekleştirilir. Eğer çalışanın toz maruziyetinde çalışma süresi boyunca önemli değişiklikler olmuyorsa numune alma işleminin süresi kısaltılabilir.

3.3. ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIM VE HESAPLAMA METODLARI

Endüstriyel havalandırma sistemi tasarımı yapılırken, tasarım yapılacak olan işyerinin mimari detayları bilinmeli, işyerinin bulunduğu iklim koşulları ve yapılan işin türü de dikkate alınmalıdır.

İşyerinde termal konfor şartlarının sağlanması amacıyla klima santralleriyle iklimlendirme yapılacaksa işyerinin ısı kayıp ve kazancı hesaplamaları yapılmalıdır. Bu hesaplamalar doğrultusunda işyeri iklimlendirmesi için gerekli olan hava debileri hesaplanmalıdır.

3.3.1. Isı Kaybı ve Isı Kazancı Hesabı

Bir binanın iklimlendirme sisteminin tasarlanmasında ilk adım olarak binanın ve bileşenlerinin özellikleri çok iyi incelenmeli ve mevcut ısı kaynakları tam olarak değerlendirilmelidir. İklimlendirme yüklerinin hesabında kullanılan birçok yöntem bulunmakla birlikte, bu tez çalışmasında ASHRAE tarafından önerilen ve endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan CLTD/SCL/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor/Solar Cooling Load Factor) yöntemi kullanılmıştır [46]. Isı yüklerinin hesabı bir bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplanmıştır.

3.3.2. Havalandırma Kanalı Hesabı

Havalandırma kanalı hesabı için geliştirilmiş birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları eş sürtünme yöntemi ve sabit hız yöntemidir. Eş sürtünme yöntemi konfor kliması uygulamalarında kullanıma uygunken, sabit hız yöntemi ise endüstriyel havalandırma uygulamalarında kullanılır [47].

3.3.2.1. Eş sürtünme yöntemi

Bu yöntemde bütün kanal boyunca birim uzunluktaki sürtünme kaybı aynı tutulmaktadır. Besleme, egzoz ve dönüş kanallarının boyutlandırılmasında kullanılan bir yöntemdir.

Bu yöntemde besleme kanallarında akış yönünde hız giderek azalır. Böylece ses üretimi de kontrol altına alınmış olur.

Bu yöntemin dezavantajı ise çeşitli kanal kollarındaki basınç düşüşlerinin eşitlenmesi yönünde hiçbir önlem getirmemesidir. Bu nedenle simetrik sistemler veya dallanmayan tek kanallar için uygundur [47].

ASHRAE tarafından tavsiye edilen kanallardaki hava hızı Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. ASHRAE tarafından tavsiye edilen kanal hızları [47]

	Hava Hızı (m/s)	
	Konfor Kliması Uygulamaları	Endüstriyel Uygulamalar
Besleme Menfezleri	1,5-3	3-4
Emiş ve Egzoz Menfezleri	2-3	4-8
Dış Hava Panjurları	3-4	4-6
Ana Kanallar	3,5-7	7-12
Tali Kanallar	3-5	5-8
Yüksek Basıncılı Kanallar	15-20	12-18

3.3.2.2. Sabit hız yöntemi

Bütün kanal sistemi boyunca sabit bir hız belirlenerek, bu hızı koruyacak şekilde kanal boyutlandırılması yapılır. Endüstriyel havalandırma sistemlerinde tozun toplanabilmesi için gereken asgari hava hızı önemli olduğundan sabit hız yöntemi tercih edilir(Tablo 3.2.).

Tablo 3.2. ACGIH tarafından önerilen asgari kanal tasarım hız aralıkları [26]

Kirletici Türü	Örnekler	Tasarım Hızı (m/sn)
Buhar, gaz, duman	Bütün buhar, gaz ve dumanlar	5-10
Duman	Kaynak Dumanı	10-13
Çok ince hafif toz	Pamuk elyafı, ağaç tozu	13-15
Kuru Toz	Bakalit tozu	15-20
Endüstriyel tozlar	Asbest, granit tozu, silika, tuğla kesim, döküm işleri	18-23
Ağır tozlar	Metal tozu, kurşun tozu	20-23
Ağır veya ıslak tozlar	Kurşun tozu, ıslak çimento, boru kesme makinelerinde oluşan asbest tozu	23 ve üzeri

3.3.2.3. Havalandırma debisi hesabı

Bir mahalden belirli bir miktarda ısıyı dışarı atmak için gerekli olan hava debisi,

$$\emptyset = q/\rho c_p (t_i - t_e) \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Burada,

\emptyset : Isıyı atmak için gerekli hava debisi (m^3/s)

q: atılacak olan ısı (W)

c_p : Havanın özgül ısısı (J/kgK)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

t_i : İç sıcaklık ($^{\circ}C$)

t_e : Mahale beslenen havanın sıcaklığı ($^{\circ}C$)

anlamlandırılır [34].

3.3.2.4. Kanal boyut hesabı

Kanal çapı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmaktadır [34]:

$$\emptyset = A_c \cdot V \cdot 3600 \quad (3.3)$$

Bu bağıntıda;

\emptyset : Hava debisi (m³/s)

A_c : Kanal kesit alanı (m²)

V : Kanaldan geçen havanın hızıdır (m/s)

A_c , tasarımı yapılacak sistemde dairesel kesitli kanal kullanılacak olması nedeni ile aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır [34];

$$A_c = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \quad (3.4)$$

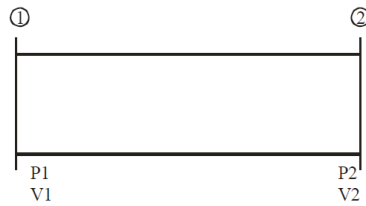
Bu bağıntıda;

d : Kanal çapıdır.

Kare ve dikdörtgen kesitli kanalların kullanılması durumunda kanal çapının tespiti için “hidrolik çap” hesaplanmalıdır [34].

$$D_h = \frac{4A}{\zeta} \quad (3.5)$$

3.3.3. Kanal basınç kaybı hesabı



Şekil 3.3. Örnek Sistem [48]

Şekil 3.3.’te gösterilen sistemde, daimi, sürtünmesiz ve sıkıştırılamaz akış için Bernoulli Denklemi aşağıdaki gibidir [48];

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} = \text{sabit} \quad (3.6)$$

Denklem düzenlenirse;

$$\underbrace{P_1}_{\text{statik basınç}} + \underbrace{\frac{1}{2}\rho V_1^2}_{\text{dinamik basınç}} = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 = P_{\text{toplam}} \quad (3.7)$$

$$\Delta P = \left(P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 \right) - \left(P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 \right) \quad (3.8)$$

Bu bağıntıda;

ΔP : Sürtünme ve dinamik kayıplar sonucu basınç kaybı (Pa),

P_1 ve P_2 : 1 ve 2 noktalarındaki statik basınçlar,

V_1 ve V_2 : 1 ve 2 noktalarındaki hava hızı (m/s),

ρ : Kanal içindeki havanın yoğunluğudur (kg/m^3).

Bu durumda akışkanın herhangi bir noktadaki toplam basıncı şu şekilde ifade edilir [48];

$$P_{\text{toplam}} = P_{\text{statik}} + P_{\text{dinamik}} \quad (3.9)$$

Kanallarda oluşan toplam basınç kaybı, kanal cidarlarında, bağlantı elemanlarında ve kullanılan cihazlarda oluşan toplam basınç düşüşünü ifade etmektedir. Bu durumda toplam basınç kaybı şu şekilde ifade edilir [48];

$$\Delta P_{\text{toplam}} = \Delta P_{\text{statik}} + \Delta P_{\text{dinamik}} = \sum(l \cdot R + Z) + P_{\text{Ek}} \quad (3.10)$$

Bu bağıntıda;

R : Birim basınç kaybı (Pa/m)

l : Kanal uzunluğu

Z : Bağlantı elemanlarından kaynaklanan özel dirençler nedeni ile basınç kaybı (Pa)

P_{Ek} : Kullanılan cihazlardan kaynaklanan toplam basınç kaybıdır [48].

3.3.3.1. Kanallarda sürtünme basınç kaybı

Düz kanallarda basınç düşüşü havanın kanal cidarlarına sürtünmesi nedeni ile oluşmaktadır.

Kanallardaki basınç kayıpları Darcy – Weisbach denklemi ile hesaplanmaktadır [48];

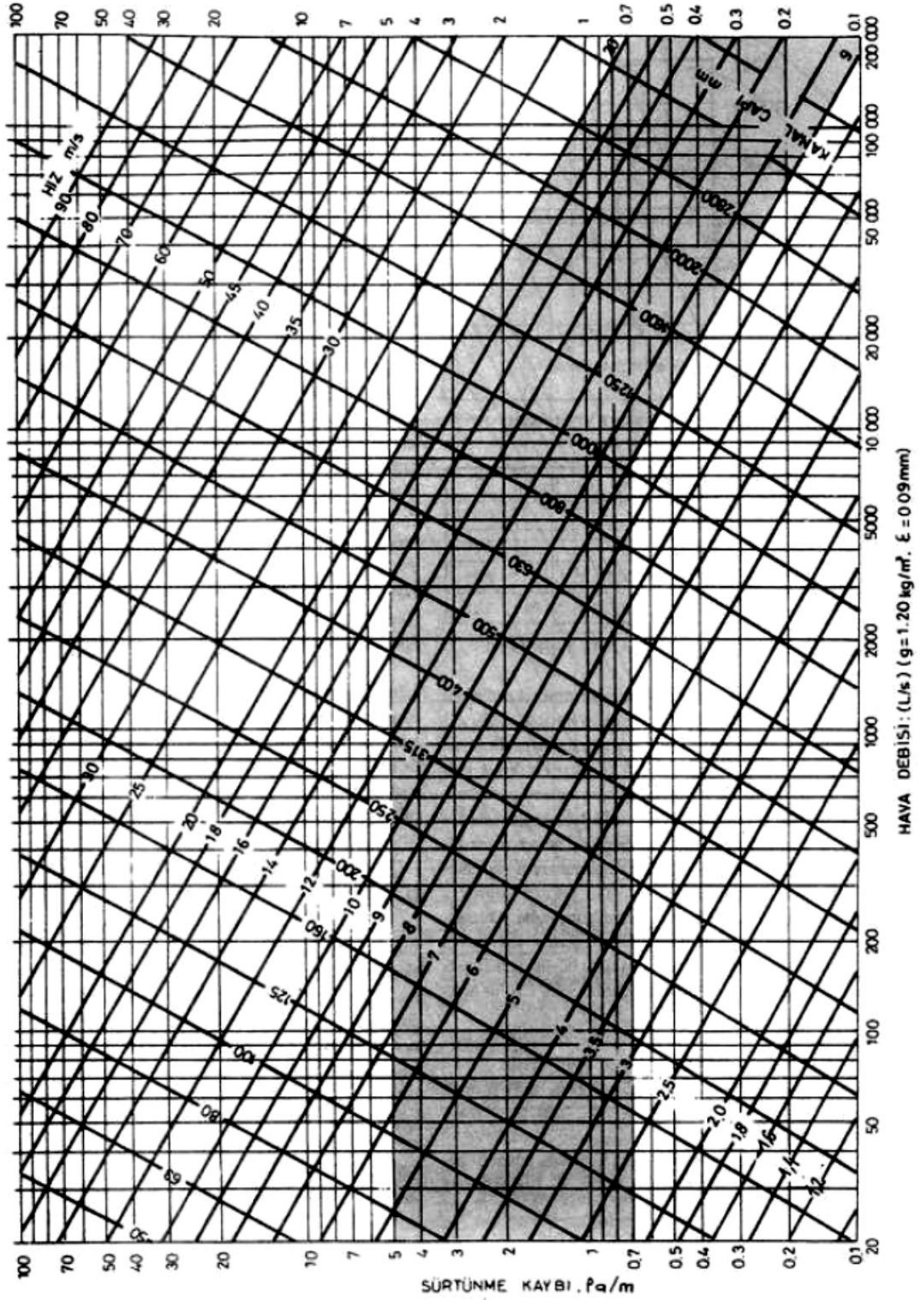
$$\Delta P = l \cdot R = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2 \quad (3.11)$$

Burada;

- ΔP : Basınç farkı (Pa)
l : Kanal boyu (m)
R : Birim basınç kaybı (Pa/m)
 λ : Kanal direnç katsayısı
d : Kanal çapı (m)
 ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
V : Hava hızıdır (m/s).

Bu denklemde boyutsuz kanal direnç katsayısının (λ) belirlenebilmesi için kanalın imal edildiği malzemenin pürüzlülük katsayısının (ϵ) biliniyor olması gerekmektedir. Galvaniz çelik yuvarlak kanallar için ϵ değeri 0,09'dur. Hesaplamalarda kullanılmak üzere diyagramlar mevcut olmakla birlikte galvaniz çelikten imal edilen yuvarlak hava kanalları ve normal şartlardaki hava için hazırlanmış olan diyagram Şekil 3.4.'te görülmektedir [48].

Söz konusu diyagram kullanılarak, kanaldaki hava debisi ve kanal çapının bilindiği durumlarda kanaldaki hava hızının ve kanal birim uzunluğu başına özgül sürtünme kaybının bulunması mümkündür.



Şekil 3.4. Galvaniz çelik yuvarlak hava kanalları için basınç kaybı diyagramı [48]

3.3.3.2. Özel dirençler (bağlantı elemanları kaynaklı basınç düşüşü)

Yerel kayıplar (dinamik kayıplar) hava kanallarındaki daralma, genişleme, yön değiştirme için kullanılan bağlantı elemanları ve kanal üzerindeki farklı cihazlar vb. nedeni ile oluşan özel dirençlerden kaynaklanmaktadır. Söz konusu bağlantı elemanları kesit değiştiriciler (redüksiyon), birleşme, ayrılma, dirsekler ve havanın kanala giriş veya çıkış yaptığı açıklıklardır. Özel dirençler nedeni ile oluşan dinamik basınç kayıpları havalandırma hesaplamalarında ve cihaz tayininde önem arz etmektedir [49].

Dinamik basınç kaybı hesabı aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir:

$$Z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (3.12)$$

Bu bağıntıda;

Z : Özel direnç dinamik basınç kaybı (Pa),

ξ : Özel direnç katsayısıdır.

Özel direnç katsayıları Ek-1'de görülmektedir [49].

3.3.4. Davlumbaz Hesabı

Kaynak ile davlumbaz arasındaki mesafe mümkün olduğunca az olmalıdır. Çekiş için gerekli debi miktarı kaynak ile davlumbaz arasındaki mesafenin karesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Farklı kirletici yayılma koşullarına göre davlumbaz yakalama hızları da değişiklik göstermektedir. Tablo 3.3.'te kirletici yayılma koşullarına göre kullanılan davlumbaz yakalama hızları verilmiştir [26].

Tablo 3.3. Kirletici Yayılma Koşullarına Göre Yakalama Hızları[26]

Kirletici Koşulları	Yayılma	Örnekler	Yakalama Hızı m/s
Durgun havaya ön hız olmaksızın yayılma		Tanklardan buharlaşma	0,25-0,5
Düşük hızda durgun sayılabilecek havaya yayılma		Depo doldurma, düşük hızlı konveyör, kaynak	0,5-1,0
Hızlı hava hareketine aktif biçimde karışma		Konveyör yüklemesi, kırıcılar, kömür elekleri	1,0-2,5
Çok hızlı hava akımına yüksek hızla karışma		Öğütme, patlama, sıcak eleme	2,5-10

Davlumbazın konumu ve yakalama hızı belirlendikten sonra egzoz havası debisi hesaplanabilir. Kapalı davlumbazlarda egzoz debisi, davlumbaz giriş kesit alanı ile gerekli hız değerinin çarpımına eşittir. Açık davlumbazlarda kirleticinin yayıldığı noktada hava hızı yakalama hızına eşit olmalı ve kirleticileri davlumbaza taşıyacak biçimde yönlendirilmiş olmalıdır.

En yaygın olarak kullanılan flanşsız düz davlumbazlar için gerekli hava debisi:

$$Q = V(10x^2 + A) \quad (3.13)$$

İfadesi ile bulunabilir. Burada,

Q: Hava debisi (m^3/s),

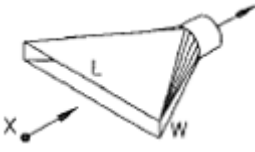
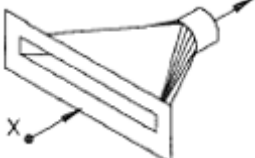
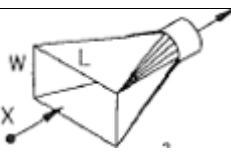
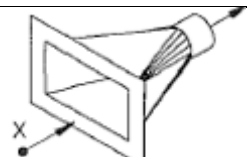
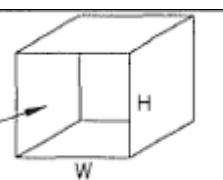
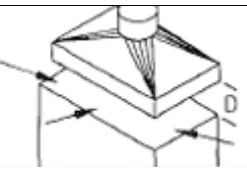
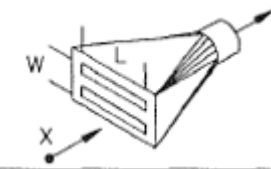
V: Yakalama hızı (m/s),

x: Davlumbaz girişi ile kirletici kaynağı arasındaki mesafe (m),

A: Davlumbaz giriş yüzeyi alanı (m^2)

Tablo 3.4.'te farklı davlumbaz tipleri için hava debisi hesaplama denklemleri verilmiştir [50].

Tablo 3.4. Farklı Davlumbaz Tipleri İçin Hava Debisi Hesaplama Denklemleri
[50]

Davlumbaz Tipi	Tanım	Kenar Oranı, W/L	Hava Debisi
	Slot	0,2 veya daha az	$Q=3,7LVX$
	Flanşlı Slot	0,2 veya daha az	$Q=2,6LVX$
	Düz Açıklık	0,2 veya daha fazla	$Q = V(10X^2 + A)$
	Flanşlı Açıklık	0,2 veya daha fazla	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$
	Kanal Ağız	İşe uygun ebatlarda	$Q=VA=VWH$
	Kanopi	İşe uygun ebatlarda	$Q=1,4PVD$ P: Çevre D:Ocak Üstü Yükseklik
	Düz Çoklu Slot	0,2 veya daha fazla	$Q = V(10X^2 + A)$

3.3.5. Havalandırma Sisteminin Akustik Tasarımı ve Gürültü Kontrolü

Havalandırma sisteminin akustik tasarımında aşağıdaki sıra izlenir[51]:

1. Ses kaynağının gücü ve yaşanılan ortamda istenilen gürültü kriteri belirlenir.
2. Kanal sitemindeki ve odadaki ses sönümlemesi hesaplanır.
3. Kaynaktan, yoldaki sönüm çıkartılarak kriterin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.
4. Gerekliyse susturucu seçimi yapılır.

Fan ses güç düzeyi aşağıdaki formülle belirlenir [51]:

$$L_w = K_w + 10 \log \left(\frac{Q}{Q_1} \right) + 20 \log \left(\frac{P}{P_1} \right) \quad (3.14)$$

Burada:

L_w : Fanın hesaplanan ses güç düzeyi (dB)

K_w : Özgül ses güç düzeyi (dB) (Tablo 3.5.'ten okunur)

Q : Fan debisi (L/s)

Q_1 : 0,472 L/s

P : Fan basıncı (Pa)

P_1 : 249 Pa

Tablo 3.5. Farklı Fan Tipleri İçin Özgül Güç Seviyesi Değerleri (dB) [51]

Fan Tipi	Çark Çapı (mm)	Oktav bandı merkez frekansları (Hz)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
Radyal geriye eğimli	>900	32	32	31	29	28	23	15
	<900	36	38	36	34	33	28	20
Radyal öne eğimli	Hepsi	47	43	39	36	34	32	28
Radyal düz kanatlı ve yüksek basınçlı	>1000	45	39	42	39	37	32	30
	500-1000 arası	55	48	48	45	45	40	38
	<500	63	57	58	50	44	39	38
Eksenel kanatlı	>1000	39	36	38	39	37	34	32
	<1000	37	39	43	43	43	41	28

4. BULGULAR

Bu çalışmada mobilya sektöründe faaliyet gösteren beş işyerinde toplam 13 farklı iş istasyonunda bireysel toz maruziyeti ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan iş istasyonları belirlenirken yapılan iş ile ilgili toz oluşumu, yapılan işin süresi ve gün içerisindeki sıklığı gibi faktörler dikkate alınmıştır. Ölçüm yapılan işyerlerinde dördünde çalışan sayısı 50'nin üzerinde, endüstriyel havalandırma sistemi mevcut ve bu işyerlerinde İSG hizmetleri iş güvenliği uzmanları tarafından yürütülmektedir. Beşinci işyerinde çalışan sayısı 7 olmakla birlikte ülkemizde küçük ölçekli işletmelerin oranının yüksekliğinden (86%) dolayı genel görünüm açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu işyerinde endüstriyel havalandırma sistemi mevcut olmamakla birlikte herhangi bir İSG hizmeti de almamaktadır.

4.1. İŞYERİ A

İşyeri A'da ofis ve mutfak mobilyaları üretilmektedir. Ürettikleri mobilyaları yurtiçi ve yurtdışı piyasalarına pazarlayan firma, OSGB aracılığı ile iş sağlığı ve güvenliği (İSG) hizmeti almaktadır. Firmada endüstriyel havalandırma sistemi mevcut ve kullanılan makineler Resim 4.1.'de görüldüğü gibi havalandırma sistemi ile bütünleşmiş şekildedir.

Tablo 4.1. İşyeri A Bilgileri

Bulunduğu OSB	Sektör	Tehlike Sınıfı	İSG Hizmeti Alıyor mu?	Çalışan Sayısı	Endüstriyel Havalandırma Sistemi Mevcut mu?	Kullanılan Ağaç Türü
SİNCAN OSB	Mobilya İmalatı	Tehlikeli	Evet	80	Evet	Akçaağaç, Meşe, Ceviz Ladin



Resim 4.1. Ölçüm Yapılan Laminant Kesim Alanı

Firmada delikleme makinası, ebatlama-kesim, laminant kesim ve kenar bantlama alanlarında bireysel toz maruziyetleri ölçülmüş olup ölçüm sonuçları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. İşyeri A Ölçüm Sonuçları

Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Numune Alınan İş İstasyonu	TWA (mg/m³)
09.10.2015	A1	Delikleme Makinası	2,10
09.10.2015	A2	Ebatlama-Kesim	0,732
09.10.2015	A3	Laminant Kesim	2,91
09.10.2015	A4	Kenar Bantlama	0,361

4.2. İŞYERİ B

İşyeri B’de ofis ve yatak odası mobilyaları imalatı gerçekleştirilmektedir. İSG hizmetini kendi bünyesinde çalıştırdığı A sınıfı iş güvenliği uzmanı ile sağlayan firmada endüstriyel havalandırma sistemi mevcuttur. Toz filtrasyonu için jet-pulse torbalı filtre kullanılan işyerinde filtre edilen tozlar geri dönüştürülerek ham madde olarak kullanılmaktadır (Resim 4.2.).

Tablo 4.3. İşyeri B Bilgileri

Bulunduğu OSB	Sektör	Tehlike Sınıfı	İSG Hizmeti Alıyor mu?	Çalışan Sayısı	Endüstriyel Havalandırma Sistemi Mevcut mu?	Kullanılan Ağaç Türü
SİNCAN OSB	Mobilya İmalatı	Tehlikeli	Evet	57	Evet	Ceviz, Kızılağaç, Meşe



Resim 4.2. B İşyeri Toz Toplama Sistemi

Firmada freze kalıp ve plaka toz temizleme alanlarında yapılan bireysel toz maruziyeti ölçüm sonuçları Tablo 4.4.’te verilmiştir.

Tablo 4.4 İşyeri B Ölçüm Sonuçları

Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Numune Alınan İş İstasyonu	TWA (mg/m ³)
20.11.2015	B1	Freze Kalıp	0,034
20.11.2015	B2	Plaka Toz Temizleme	0,345

4.3. İŞYERİ C

İşyeri C’de metal iskeletli raf ve arşiv dolapları imal edilmektedir. Firma İSG hizmetini OSGB aracılığı ile almaktadır. Firma bünyesinde ahşap malzeme kesimi yapılmamaktadır. Ara mamul olarak gelen ahşap malzeme kalite kontrol kısmında kontrolleri yapıldıktan sonra elektrostatik boyama kabini boyanan metal iskelet ile birlikte montajı yapılarak son ürün halini almaktadır.

Tablo 4.5. İşyeri C Bilgileri

Bulunduğu OSB	Sektör	Tehlike Sınıfı	İSG Hizmeti Alıyor mu?	Çalışan Sayısı	Endüstriyel Havalandırma Sistemi Mevcut mu?	Kullanılan Ağaç Türü
SİNCAN OSB	Mobilya İmalatı	Tehlikeli	Evet	70	Evet	Akçaağaç, Dişbudak

Firmada doğal ahşap kalite bölümünde ve elektrostatik toz boyama alanında (Resim 4.3) bireysel toz maruziyeti ölçümü yapılmış olup toz ölçüm sonuçları Tablo 4.6.’da verilmiştir.

Tablo 4.6. İşyeri C Ölçüm Sonuçları

Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Numune Alınan İş İstasyonu	TWA (mg/m ³)
27.11.2015	C1	Doğal Ahşap Kalite (Giriş)	0,00017
27.11.2015	C2	Doğal Ahşap Kalite (Çıkış)	0,00024
27.11.2015	C3	Elektrostatik Toz Boyama	0,00017



Resim 4.3. İşyeri C Elektrostatik Toz Boyama Hattı

4.4. İŞYERİ D

İşyeri D’de ofis ve ev dekorasyon mobilyaları imalatı yapmaktadır. Ürünlerini yurtiçi ve yurtdışı piyasasına pazarlayan firmada endüstriyel havalandırma sistemi mevcut olmasına rağmen kullandığı makinaların çoğunun eski teknoloji ürünü olmasından dolayı makinalarda mevcut havalandırma sistemi ile bütünleşik bir tahliye sistemi yoktur. Bundan dolayı yapılan bireysel toz maruziyeti ölçümlerinde elde edilen değerlerin diğer endüstriyel havalandırma sistemi olan firmalara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir.

Tablo 4.7. İşyeri D Bilgileri

Bulunduğu OSB	Sektör	Tehlike Sınıfı	İSG Hizmeti Alıyor mu?	Çalışan Sayısı	Endüstriyel Havalandırma Sistemi Mevcut mu?	Kullanılan Ağaç Türü
Ankara Bilkent	Mobilya İmalatı	Tehlikeli	Evet	105	Evet	Kayın

D işyerinde yapılan ölçüm sonuçları Tablo 4.8.’de verilmektedir.

Tablo 4.8. İşyeri D Ölçüm Sonuçları

Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Numune Alınan İş İstasyonu	TWA (mg/m³)
06.11.2015	D1	Zımpara Kabini	2,9509
06.11.2015	D2	Masif Kesim Hattı	4,0071
06.11.2015	D3	Panel Delik İşlem Alanı	2,9899

4.5. İŞYERİ E

Ankara Siteler semtinde faaliyet gösteren işyeri E ahşap masa ayağı imalatı yapmakta olup diğer mobilya firmalarına alt işveren hizmeti vermektedir. Firmada işveren dahil olmak üzere toplam 7 çalışan bulunmaktadır. Bu yönüyle Türkiye'deki mobilya firmalarının %86'sının 1-9 arası çalışana sahip küçük işletmeler olduğu [5] göz önüne alındığında ülke genelindeki mobilya imalatı gerçekleştiren firmaların genel görünümü hakkında önemli bir örnek teşkil etmektedir. Firmada Resim 4.4.'te görüldüğü üzere herhangi bir endüstriyel havalandırma sistemi mevcut olmamakla birlikte firma tarafından İSG hizmeti de alınmamaktadır.

Tablo 4.9. İşyeri E Bilgileri

Bulunduğu OSB	Sektör	Tehlike Sınıfı	İSG Hizmeti Alıyor mu?	Çalışan Sayısı	Endüstriyel Havalandırma Sistemi Mevcut mu?	Kullanılan Ağaç Türü
Siteler	Mobilya İmalatı	Tehlikeli	Hayır	7	Hayır	Akçaağaç



Resim 4.4 İşyeri E Genel Görünümü

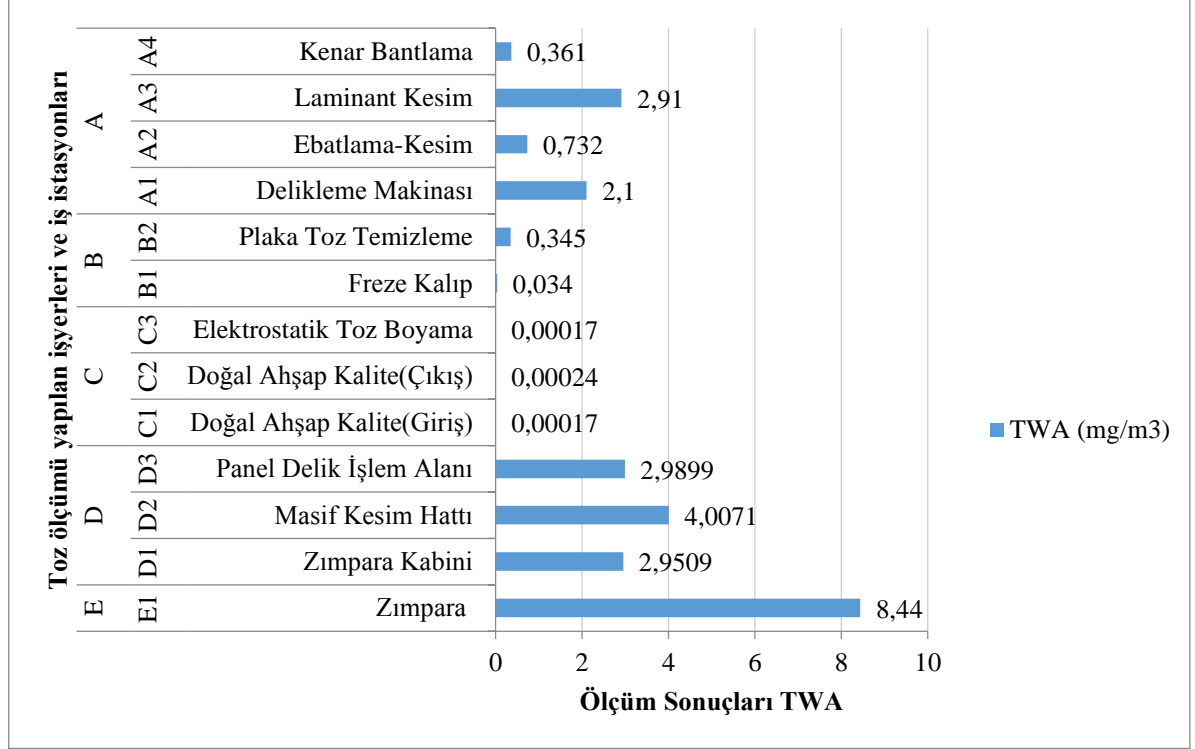
E işyerinde yapılan bireysel toz maruziyeti ölçüm sonucu Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 İşyeri E Ölçüm Sonuçları

Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Numune Alınan İş İstasyonu	TWA (mg/m³)
14.01.2016	E1	Zımpara	8,44

4.6. ÖLÇÜM SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ

Tez çalışması sırasında ziyaret edilen işyerlerinde yapılan ölçüm sonuçları Grafik 4.1.'de özet olarak verilmiştir.



Grafik 4.1. İşyerlerinde Yapılan Bireysel Toz Maruziyeti Ölçüm Sonuçları

Toz maruziyeti ölçüm değerleri matematiksel olarak sürekli veri sınıfında yer aldığından istatistiksel analiz yöntemi olarak “Bağımsız Örneklem T Testi” uygulanmıştır.

Tablo 4.11 Toz Ölçüm Sonuçları Grup İstatistikleri

	Havalandırma Sistemi Var mı?	N	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
TWA(mg/m3)	var	12	1,3692066667	1,50368839231	0,43407744904
	yok	1	8,4400000000	.	.

Tablo 4.12 Bağımsız Örneklem T Testi

	t	df	P	Ortalama Fark	Standart Hata Farkı
TWA(mg/m3)	-4,518	11	0,001	-7,07079333333	1,56508850003

Endüstriyel havalandırma sistemi olan işyerlerindeki toz ölçüm sonuçlarının ortalama varyansı ile endüstriyel havalandırma olmayan işyerlerindeki toz ölçüm sonuçlarının ortalama varyansı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. (p=0,001)

Ölçüm yapılan iş istasyonları da aynı yöntemle incelenerek iş istasyonlarının toz maruziyetine etkisi incelenmiştir. Kesim yapılan iş istasyonları ile diğer iş istasyonlarındaki toz maruziyeti ortalama varyansları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. (p=0,007)

Tablo 4.13 Ölçüm Yapılan İstasyonların Grup İstatistikleri

	İstasyon	N	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata
TWA(mg/m3)	kesim	7	3,4471285714	2,42118495488	,91512189553
	diğer	6	,1234300000	,17837731134	,07282223241

Tablo 4.14 İstasyonlara Göre Bağımsız Örneklem T Testi

	t	df	P	Ortalama Fark	Standart Hata Farkı
TWA(mg/m3)	3,333	11	,007	3,32369857143	,99708976301

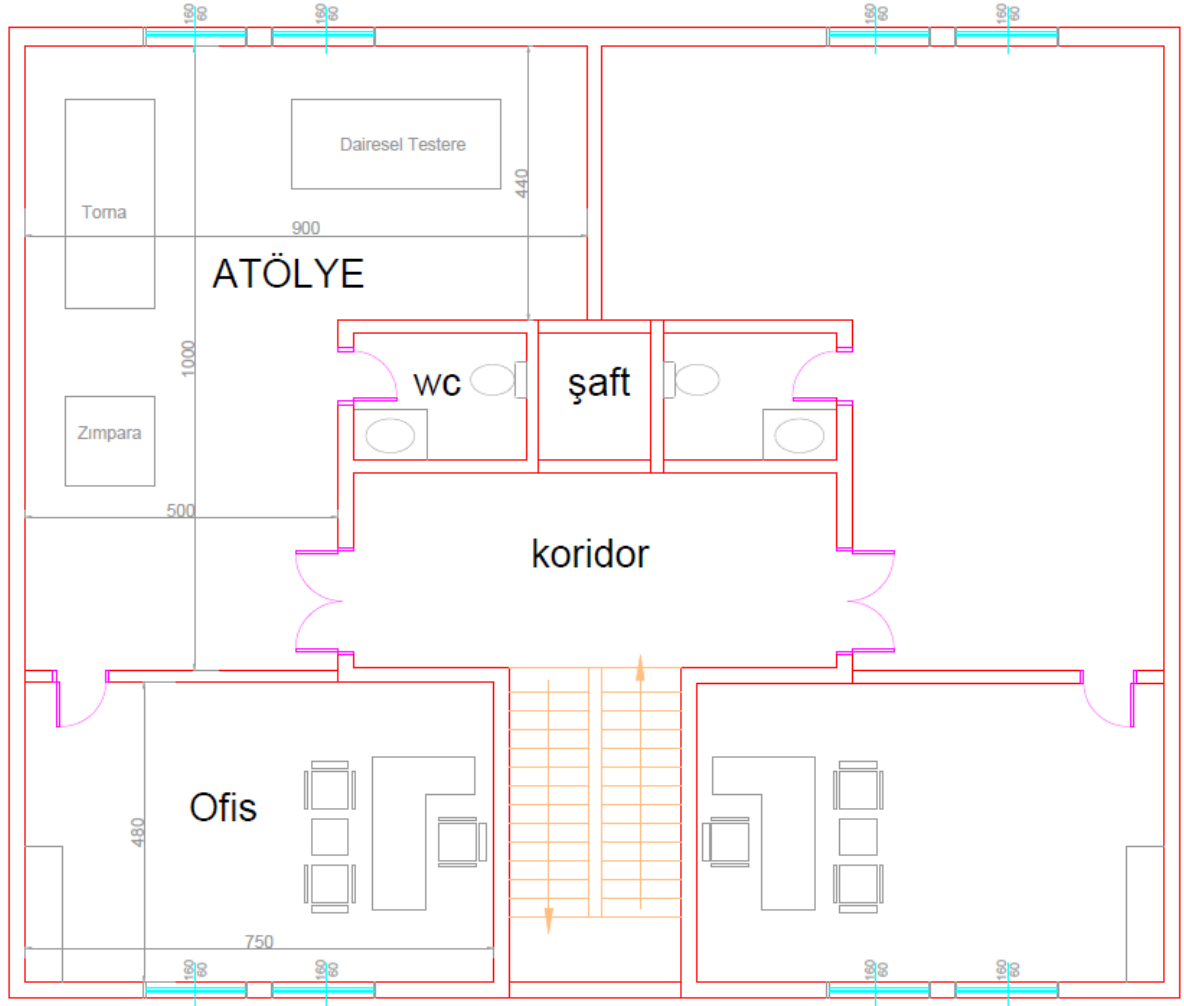
4.7. İŞYERİ E İÇİN ENDÜSTRİYEL HAVALANDIRMA SİSTEMİ TASARIMI

İşyeri E için bireysel toz maruziyeti ölçüm sonucu (8,44 mg/m³), izin verilen maksimum maruziyet sınır değerinden (5 mg/m³) yüksek olması dolayısı ile çalışanların tozun zararlı etkilerinden korunması amacıyla önlem alınması gerekmektedir. Çalışanların eğitim durumunun yetersizliği ve işyerinde kişisel koruyucu donanımları uygun koşullarda muhafaza edecek bir mekanın bulunmamasından dolayı endüstriyel havalandırma sistemi vasıtasıyla önlem alınması en uygun çözüm olacaktır. Ancak işyerinin termal konfor şartlarının yetersizliğinden dolayı özellikle yaz aylarında pencere ve kapılar açılarak işyeri ortamına dışarıdan kontrolsüz bir şekilde toz ihtiva eden havanın girişine sebebiyet verilebilir. Bu sebeple işyerinin termal konfor şartlarının uygun hale getirilmesi amacıyla yerel tahliye havalandırma sistemine ek olarak bir iklimlendirme sisteminin de tasarlanması gerekmektedir. Bu amaçla işyerinin ısı kaybı ve kazancı belirlenmeli, daha sonra bu değerleri karşılayacak şekilde iklimlendirme cihazlarının seçimi yapılmalıdır. Havanın soğutularak ortama verilmesi fazladan maliyetler doğuracağından(chiller ve pompa gibi), soğutucu grubu ve pompası kompakt şekilde tasarlanmış olan “değişken soğutkan debili çok iç üniteli klima sistemi” tercih edilmiştir.

Ortamdan toz içeren kirli hava yerel tahliye havalandırma sistemi ile çekilirken çalışanların gerek duyduğu taze havanın da ortama iletilmesi gerekmektedir. Ortam basıncının negatif olması durumunda dış ortamdan toz içeren havanın işyeri ortamına girmesi söz konusu olacağından taze hava besleme sisteminin debisi yerel tahliye havalandırma sisteminin debisinden fazla tutularak ortam basıncının pozitif olması sağlanmıştır.

Yerel tahliye havalandırma sisteminde jet-pulse torbalı filtre kullanılarak ortamdan çekilen tozlu havanın çevreye zarar vermeyecek şekilde dışarı atılması ve filtre torbasında biriken tozun geri dönüştürülerek hammadde olarak kullanılması sağlanmıştır. Kullanılan filtre sisteminin kapasitesi 50 g/m³ toz yoğunluğunu dahi filtre etmeye yetecek şekilde olduğundan işyerinde ilerleyen zamanlarda proseste veya iş istasyonu sayısında herhangi bir değişiklik olması durumunda havalandırma sisteminde hiçbir yenileme yapmaya gerek kalmadan kullanılabilmesi mümkün olacaktır.

4.7.1. Isı Kaybı ve Isı Kazancı Hesabı



Şekil 4.1. İşyeri E Mimari Planı

İşyeri E'nin ısı kaybı ve kazancı hesapları için ilk olarak ziyaret edilen işyerinin ölçüleri alınmış ve Şekil 4.1.'de verilen mimari çizimi hazırlanmıştır. Isı kaybı ve kazancı bu mimari plan esas alınarak bir paket program vasıtasıyla hesaplanmıştır.

İşyeri E, Ankara ilinde bulunduğundan, programda Ankara için dış ortam sıcaklıkları yaz aylarında 35 °C kuru termometre sıcaklığı ve 19 °C yaş termometre sıcaklığı, kış aylarında -12 °C kuru termometre sıcaklığı olarak girilmiştir. İşyeri iç ortam tasarım kriteri olarak yaz aylarında (soğutma yapılacak aylarda) 26 °C kuru termometre sıcaklığı ve %50 bağıl nem, kış aylarında (ısıtma yapılacak aylarda) 18 °C kuru termometre sıcaklığı belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda ısı kaybı ve ısı kazancı değerleri Tablo 4.15.'te verilmiştir.

Tablo 4.15. İşyeri E Mahallleri Isı Kaybı ve Kazancı

Mahal	Isı Kaybı (W)	Isı Kazancı (W)
Ofis	6 353	3 736
Atölye	10 856	8 150

4.7.2. Yerel Tahliye Sistemi Tasarımı

Bu bölümde toz oluşumunun meydana geldiği her bir iş istasyonu için uygun çekiş hızını sağlayan davlumbaz tasarımı ve yerel tahliye havalandırma kanal sisteminin tasarımı anlatılmıştır.

4.7.2.1. Davlumbaz tasarımı

Yerel tahliye sisteminde kullanılacak davlumbaz tipi olarak Tablo 3.4.'te belirtilmiş olan "Düz Açıklık" şeklindeki davlumbaz tipi seçilmiştir. Çalışma tezgâhının boyutlarına uygun olacak şekilde eni 45 cm boyu 15 cm olarak tasarlanmıştır.

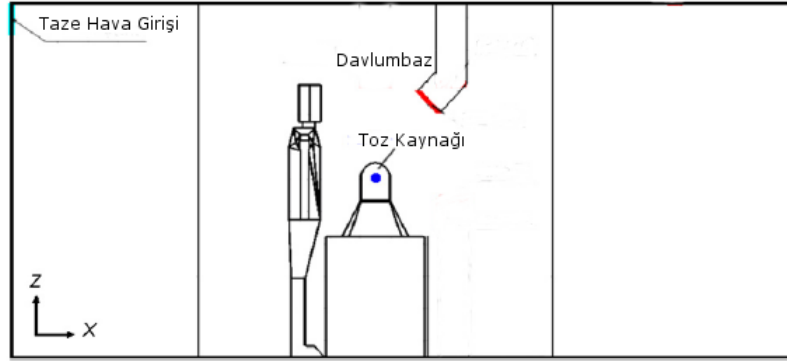
Tablo 3.3.'te belirtilen kirletici yayılma koşullarına göre davlumbaz yakalama hızlarından, 2 m/s davlumbaz yakalama hızı olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Kirletici Kaynağına Olan Uzaklıklara Göre Davlumbaz Debi

No	Kirletici Kaynağına Olan Uzaklık (m)	Davlumbaz Çekiş Hızı(m/s)	Davlumbaz Alanı (m²)	Debi (m³/saat)
1	0,1	2	0,0675	1 206
2	0,2	2	0,0675	3 366
3	0,25	2	0,0675	4 986
4	0,3	2	0,0675	6 966
5	0,4	2	0,0675	12 006
6	0,5	2	0,0675	18 486

Tablo 4.16.'da kirletici kaynağına olan çeşitli mesafeler için Denklem (3.13) vasıtası ile davlumbaz debileri hesaplanmıştır. Havalandırma kanallarının boyutu ve sistemin genel olarak maliyetinin artmasını engellemek amacıyla davlumbazın kirletici kaynağına uzaklığı 0,25 m olarak belirlenmiştir.

Davlumbaz yerleşimi CFD (Computational Fluid Dynamics) analizleri ile nefes alma bölgesinde en verimli olarak toz tahliyesini gerçekleştirdiği daha önceki çalışmalar ile tespit edilmiş olan [52] arada toz kaynağı olacak şekilde çalışan kişinin karşısında ve toz kaynağına 45° açı ile yapılmıştır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Davlumbaz Yerleşimi

Kanal boyutlandırması Tablo 3.2.'de belirtilen asgari kanal hızları dikkate alınarak Denklem (3.3) vasıtası ile hesaplanan kanal boyutları Tablo 4.17.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Kanal Boyut Hesap Çizelgesi

Kanal No	Debi		Hız	Kanal Kesit Alanı	Kanal Çapı	
	m ³ /saat	m ³ /s	m/s	m ²	mm	m
1	4986	1,385	17,2210622	0,080424772	160	0,16
2	9972	2,77	14,10749416	0,196349541	250	0,25
3	14958	4,155	13,32907611	0,311724531	315	0,315

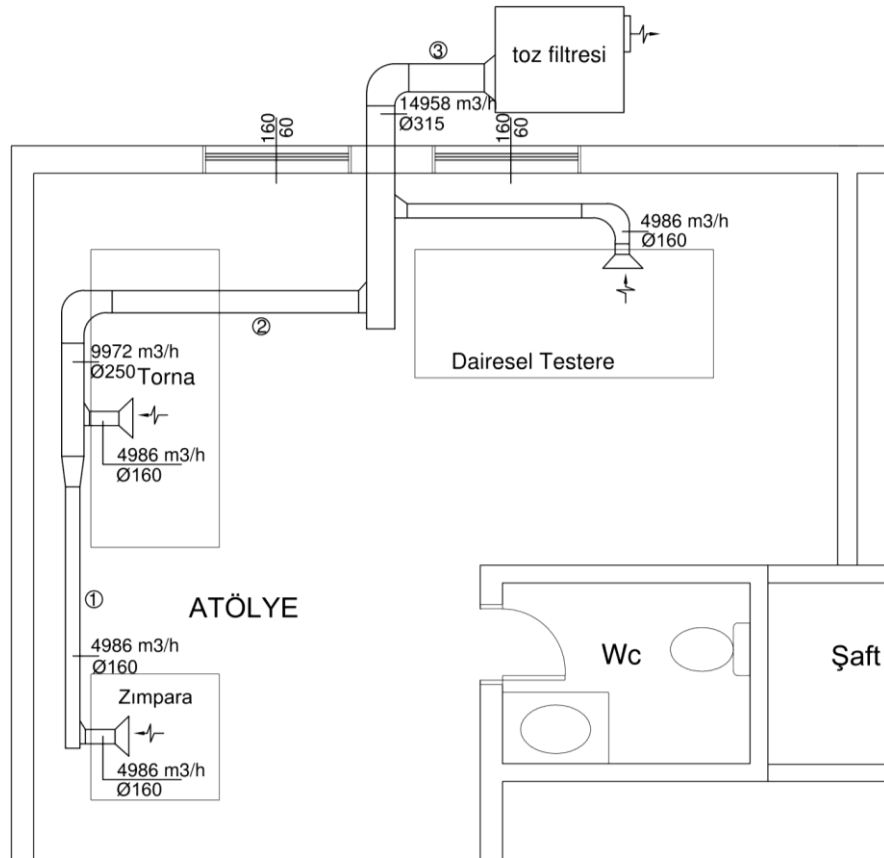
4.7.2.2. Kanal basınç kaybı hesabı

Şekil 3.4. kullanılarak belirlenen kanal debisi ve hava hızlarına karşılık gelen sürtünme kayıpları bulunmuş ve Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.18 Düz Kanal Sürtünme Kayıpları

No	R	L	RxL
	Pa/m	m	Pa
1	8,2	2,9	23,78
2	4,3	5,5	23,65
3	3,4	4,7	15,98

Kanal basınç kaybı hesabı için kullanılan kanal numaralandırması Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Kanal Basınç Kaybı İçin Kanal Numaralandırması

Ek-1'de verilen özel dirençler tablosu kullanılarak ξ değerleri bulunmuş ve Denklem (3.12) vasıtasıyla Z değerleri hesaplanan yerel tahliye havalandırmasındaki özel dirençlere bağlı sürtünme kayıpları Tablo 4.19.'da verilmiştir.

Tablo 4.19. Özel Dirençler Hesap Çizelgesi

Parça No.	ξ	Havanın Yoğunluğu	Hız	Z	Açıklama
		kg/m^3	m/s	Pa	
1	0,1	1,2	17,22	17,79	Saplanma
2	0,02	1,2	17,22	3,56	Redüksiyon
3	0,36	1,2	14,11	42,99	Yuvarlak dirsek
4	0,12	1,2	14,11	14,33	Saplanma
5	0,6	1,2	13,33	63,96	Yuvarlak dirsek
			$\sum Z =$	142,63 Pa	

Denklem (3.10)'da hesaplanan değerler yerine konulursa;

$$\Delta P_{statik} = 23,78 + 23,65 + 15,98 = 63,41 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{dinamik} = 142,63 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{toplam} = \Delta P_{statik} + \Delta P_{dinamik} = 63,41 + 142,63 = 206,04 \text{ Pa}$$

bulunur.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda hazırlanmış olan yerel tahliye havalandırma sisteminin çizimi Şekil 4.15'te verilmiştir.

4.7.2.3. Fan ses seviyesinin hesaplanması

Yerel tahliye sisteminin fan ses seviyesinin belirlenmesi Denklem (3.14) kullanılarak yapılmaktadır.

K_w değeri Tablo 3.5.'den radyal geriye eğimli kanatlı fan, 500 Hz oktav bandı merkez frekansı ve 900 mm altı çark çapı için 34 olarak belirlenmiştir.

$$\text{Fan debisi: } Q=14958 \text{ m}^3/\text{h} = 4055 \text{ L/s,}$$

$$\text{Fan basıncı: } P=206,04 \text{ Pa,}$$

$$Q_1=0,472 \text{ L/s,}$$

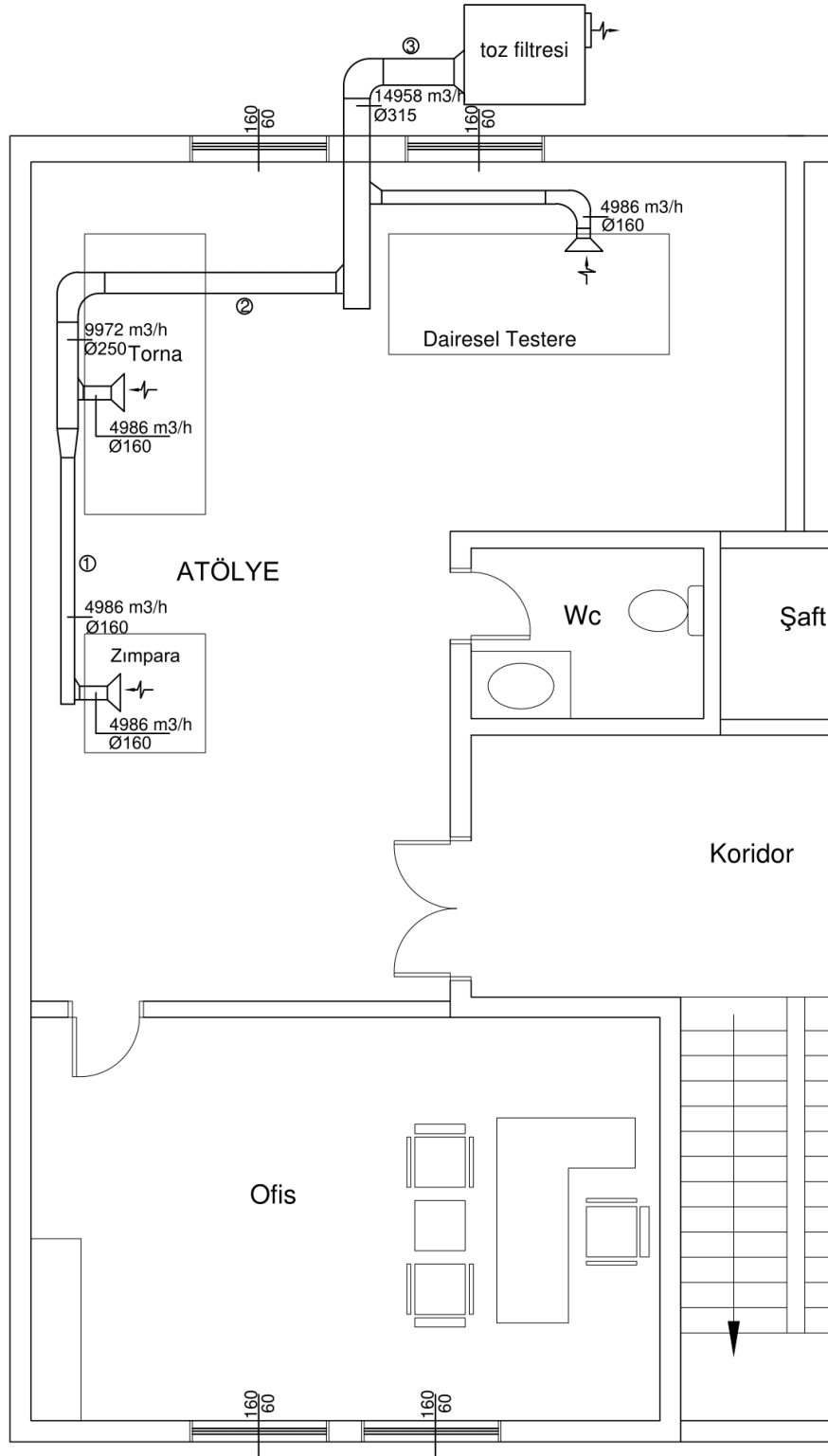
$$P_1=249 \text{ Pa,}$$

değerleri Denklem (3.14)'te yerine konulursa

$$L_w = 34 + 10 \log\left(\frac{4\,055}{0,472}\right) + 20 \log\left(\frac{206,04}{249}\right)$$

$$L_w = 71,69 \text{ dB(A)}$$

olarak hesaplanır. Hesaplanan değer alışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te tanımlanmış olan en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB(A)'dan küçük olduğundan yerel tahliye havalandırma sistemine susturucu ilavesine gerek görülmemiştir.



Şekil 4.4. İşyeri E İçin Yerel Tahliye Havalandırması

4.7.3. İklimlendirme Sistemi Tasarımı

İşyeri E’de mevcut bir iklimlendirme sistemi bulunmamaktadır. “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” gereğince kapalı işyerlerinde çalışanların ihtiyaç duyacakları temiz hava sağlanmalı ve termal konfor şartlarının çalışanları rahatsız etmeyecek, çalışanların fiziksel ve psikolojik durumlarını olumsuz etkilemeyecek şekilde olması gerekmektedir. Çalışanların temiz hava ihtiyacının karşılanması amacıyla işyeri E için taze hava besleme sistemi tasarlanmıştır. İşyerine dışarıdan toz vb. kirleticilerin kapı ve pencerelerdeki hava sızıntılarından girmesini engellemek için ortam basıncı pozitif tutulmuştur. Termal konfor şartlarının sağlanması amacıyla işyerinde değişken soğutucu debili klima sistemi tasarlanmıştır.

4.7.3.1. Kanal boyutlandırması

Taze hava besleme sisteminin kanal boyutlandırmasında “Eş Sürtünme Yöntemi” kullanılmıştır. Tablo 3.1.’de tavsiye edilen hava hızları kullanılarak kanal boyutlandırılması yapılarak hesaplanan kanal boyutları Tablo 4.20.’de sunulmuştur.

Tablo 4.20. Taze Hava Besleme Sistemi Kanal Boyutlandırması

Kanal No	Debi		Hız	Kanal Kesit Alanı	Kanal Çapı	
	m ³ /saat	m ³ /s	m/s	m ²	mm	m
1	3 000	0,833333	4,244132	0,196349541	250	0,25
2	6 000	1,666667	5,346601	0,311724531	315	0,315
3	9 000	2,5	6,314419	0,395919214	355	0,355
4	12 000	3,333333	6,631456	0,502654825	400	0,4
5	15 000	4,166667	6,549586	0,636172512	450	0,45
6	18 000	5	7,859503	0,636172512	450	0,45

4.7.3.2. Kanal basınç kaybı hesabı

Şekil 3.4. kullanılarak belirlenen kanal debi ve hava hızlarına karşılık gelen sürtünme kayıpları bulunmuş ve Tablo 4.21.'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Taze Hava Besleme Sistemi Düz Kanal Basınç Kaybı Hesabı Çizelgesi

No	R	L	RxL
	Pa/m	m	Pa
1	0,5	5	2,5
2	0,8	2,5	2
3	0,8	2,5	2
4	0,85	2,5	2,125
5	0,75	4	3
6	0,9	10	9

Ek-1 kullanılarak ξ değerleri bulunmuş ve Denklem (3.12) vasıtasıyla Z değerleri hesaplanarak taze hava besleme sistemindeki özel dirençlere bağlı sürtünme kayıpları Tablo 4.22'de verilmiştir.

Tablo 4.22. Taze Hava Besleme Sistemi Özel Dirençler Hesap Çizelgesi

Parça No.	ξ	Havanın Yoğunluğu	Hız	Z	Açıklama
			m/s	Pa	
1	1,5	1,2	4,24	16,21	Ayrılma
2	0,25	1,2	5,35	4,29	Redüksiyon
3	1,3	1,2	6,31	31,10	Ayrılma
4	0,25	1,2	6,63	6,60	Redüksiyon
5	1,1	1,2	6,55	28,31	Ayrılma (Pantolon)
6	0,7	1,2	7,859503	25,94	Ayrılma
7	0,12	1,2	7,86	4,45	Dirsek

$$\sum Z = 116,9 \text{ Pa}$$

Denklem (3.10)'da hesaplanan değerler yerine konulursa;

$$\Delta P_{statik} = 2,5 + 2,0 + 2,0 + 2,125 + 3 + 9 = 20,625 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{dinamik} = 116,9 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{toplam} = \Delta P_{statik} + \Delta P_{dinamik} = 20,625 + 116,9 = 137,525 \text{ Pa}$$

bulunur.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda hazırlanmış olan taze hava besleme sisteminin çizimi Şekil 4.16.'da verilmiştir.

4.7.3.3. Fan ses seviyesinin hesaplanması

Taze hava besleme sisteminin fan ses seviyesinin belirlenmesi Denklem (3.14) kullanılarak yapılmaktadır.

K_w değeri Tablo 3.5.'den radyal geriye eğimli kanatlı fan, 500 Hz oktav bandı merkez frekansı ve 900 mm altı çark çapı için 34 olarak belirlenmiştir.

Fan debisi: $Q=18\ 000 \text{ m}^3/\text{h} = 5\ 000 \text{ L/s}$,

Fan basıncı: $P=137,525 \text{ Pa}$,

$Q_1=0,472 \text{ L/s}$,

$P_1=249 \text{ Pa}$,

değerleri Denklem(3.14)'te yerine konulursa

$$L_w = 34 + 10 \log \left(\frac{5000}{0,472} \right) + 20 \log \left(\frac{137,525}{249} \right)$$

$$L_w = 69,09 \text{ dB(A)}$$

olarak hesaplanır. Hesaplanan değer Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te tanımlanmış olan en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB(A)'dan küçük olduğundan yerel tahliye havalandırma sistemine susturucu ilavesine gerek görülmemiştir.

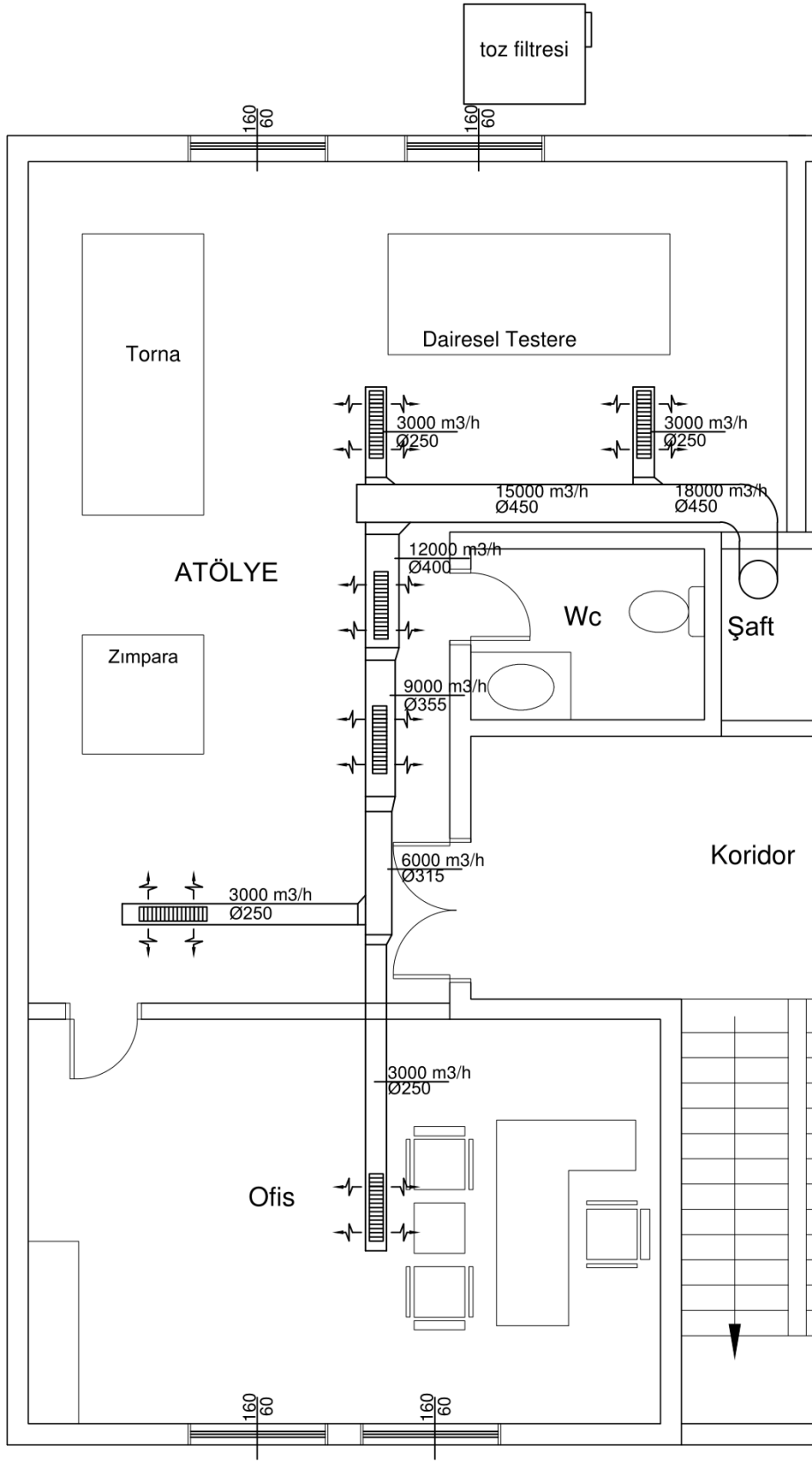
4.7.3.4. Değişken soğutkan debili çok iç üniteli klima sistemi tasarımı

E işyerinin termal konfor şartlarının sağlanması amacıyla ısıtma ve soğutma yapabilme yeteneğine sahip, montajı diğer soğutma sistemlerine göre daha kolay olan değişken soğutkan debili çok iç üniteli klima sistemi tercih edilmiştir.

Yapılan ısı kaybı ve kazancı hesabının sonuçları (Tablo 4.15.) doğrultusunda iç ünite seçimleri gerçekleştirilmiş olup Tablo 4.23.'te iklimlendirme yapılan mahallere ilişkin iç ünite adetleri ve kapasiteleri verilmektedir.

Tablo 4.23. İç Ünite Seçim Çizelgesi

Mahal	Isı Kaybı (W)	Isı Kazancı (W)	Seçilen İç Ünite	Adet	Soğutma Kapasitesi (W/Adet)	Isıtma Kapasitesi (W/Adet)	Toplam Soğutma Kapasitesi (W)	Toplam Isıtma Kapasitesi (W)
Ofis	6 353	3 736	Duvar Tipi	1	5 600	6 300	5 600	6 300
Atölye	10 856	8 150	Duvar Tipi	3	3 600	4 000	10 800	12 000



Şekil 4.5. İşyeri E Taze Hava Besleme Sistemi

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada yapılan ağaç tozu bireysel maruziyet ölçümlerinin ortalaması 1,91 mg/m³ (en büyük değer: 8,44 mg/m³, en küçük değer:0,00017 mg/m³) çıkmıştır. Endüstriyel havalandırma olan işyerlerinde ağaç tozu bireysel maruziyet ölçümlerinin ortalaması 1,37 mg/m³ (en büyük değer: 4,071 mg/m³, en küçük değer:0,00017 mg/m³), endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerinde ise 8,44 mg/m³ çıkmıştır. Ağaç tozu maruziyetini azaltmak amacıyla tasarlanan endüstriyel havalandırma sisteminde; yerel tahliye havalandırması için her bir davlumbazdan 2 m/s çekiş hızı oluşturacak şekilde 5000 m³/h kirli hava tahliyesi sağlanmış ve toplamda 15000 m³/h kapasiteli toz filtresi kullanılmıştır. Ortamdan çekilen havanın yerine konması amacıyla taze hava besleme sistemi tasarlanmış, 3000 m³/h kapasiteli 6 adet üfleyici menfezden toplam 18000 m³/h işyeri ortamına temiz hava üflenmiştir. Yerel tahliye havalandırması için kullanılan fanın toplam basınç kaybı 206,04 Pa, taze hava beslemesi için kullanılan fanın basınç kaybı ise 137,525 Pa hesaplanmıştır. Her iki fan için hesaplanan gürültü seviyeleri sırasıyla 71,69 dB ve 69,09 dB olarak hesaplanmıştır.

Danimarka'da Schlünssen ve ark. [53] tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada da ortamdan tozun uzaklaştırılması amacıyla kullanılan basınçlı hava sistemlerinin toz maruziyetini arttırdığını ve bu nedenle yerel tahliye havalandırma sistemlerine öncelik verilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bahsi geçen çalışmada 6 yıl arayla aynı işyerlerinde ağaç tozu maruziyeti ölçümü yapılmış, endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerlerinde endüstriyel havalandırma sistemi kurulduktan sonra toz maruziyetinin azaldığı saptanmıştır Bu çalışma kapsamında yapılan ölçüm sonuçlarında da endüstriyel havalandırma sistemi olan işyerlerindeki toz maruziyetinin endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerine göre yaklaşık 6 kat daha az olduğu görülmektedir. Bu çalışmadaki bireysel toz maruziyeti ölçüm sonuçlarına göre endüstriyel havalandırma sistemi bulunan işyerlerinde ortalama toz maruziyeti 1,37 mg/m³, endüstriyel havalandırma sistemi bulunmayan işyerinde bireysel toz maruziyeti 8,44 mg/m³ çıkmıştır. Yapılan ölçümler istatistiksel olarak incelendiğinde işyerinde endüstriyel havalandırma bulunmasının toz maruziyetinde anlamlı fark yarattığı görülmüştür(p=0,001).

HSE [4] tarafından 1999 yılında mobilya sektöründe faaliyet gösteren firmalara yönelik yapılan araştırma sonucunda zımpara ve kesim yapılan iş istasyonlarının en fazla toz maruziyeti bulunan alanlar olduğu görülmüştür. Ayalew ve ark. [54] çalışmasında 20 küçük

ve orta ölçekli mobilya firmasındaki yaptığı ölçümler sonucunda zımpara ve kesim işlerinde en çok toz maruziyetinin olduğu sonucuna varmıştır. Bu çalışmada yapılan ölçümler istatistiksel olarak incelendiğinde ise kesim ve zımpara işleminin yapıldığı iş istasyonlarında diğer iş istasyonlarına göre toz maruziyeti açısından anlamlı fark bulunduğu görülmektedir($p=0,007$). Bundan dolayı çalışma sonucunda elde edilen veriler, önceki çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC, International Agency for Research on Cancer) [18] 2006 yılında yayınladığı raporda insanlarda görülen miyeloid lösemi kanseri ile formaldehit arasında ilişkiyi gösteren yeterli kanıt bulunduğu sonucuna varmıştır. Ölçüm yapılan işyerlerinde kenar bantlama gibi tutkal kullanılması gereken süreçlerde su bazlı tutkallar kullanılarak çalışanların formaldehite maruziyetini önleme yoluna gidilmiştir. Benzer şekilde boyama işleminin elektrostatik toz boyama yöntemi ile yapılması ıslak boyama işleminde kullanılan tolüen ve benzeri solventlere maruziyetten de çalışanları korumaktadır. Ziyaret edilen işyerlerindeki bu gibi uygulamalar iş sağlığı ve güvenliğinin temel prensiplerinden biri olan risk oluşturan tehlike kaynağının daha az tehlikeli olan ile değiştirilmesine iyi bir örnek oluşturmaktadır.

Karakavak'ın çalışmasında [45] metal sektöründe faaliyet gösteren işyerlerinde yapılan metal tozu ölçümlerinde ölçüm sonuçlarının hiçbiri maruziyet sınır değerinden fazla çıkmamıştır. Bu çalışma kapsamında ise endüstriyel havalandırma sistemi olmayan işyerinde ölçüm sonucu maruziyet sınır değerinin üzerinde çıkmıştır. Bu durum mobilya sektörünün toza maruziyet konusunda metal sektörüne göre daha tehlikeli bir konumda yer aldığı ve endüstriyel havalandırma sistemlerinin mobilya sektöründe daha sıklıkla kullanılması gerektiğini göstermektedir.

SCOEL'in [23] raporuna göre Ağaç tozu maruziyetinin 1 mg/m^3 'ün üzerinde olması durumunda solunum ile ilgili sağlık sorunlarının meydana geldiği bilinmektedir. Bu çalışmadaki ağaç tozu maruziyeti ölçümlerinden 6 tanesinde bireysel toz maruziyeti 1 mg/m^3 'ün üzerinde çıkmıştır. Endüstriyel havalandırma sistemi bulunan işyerlerinde dahi ağaç tozu maruziyetinin 1 mg/m^3 'ün üzerinde çıkmış olması mevcut havalandırma tesisatının verimli olarak işlemediğinin göstergesidir. Ağaç tozu maruziyetinin 1 mg/m^3 'ün altına çekilebilmesi amacıyla havalandırma tesisatındaki toz birikmesinden kaynaklanan olası tıkanıklıkların tespit edilebilmesi amacıyla kanal içlerindeki hava hızları ölçülmeli, gerekli

görülmesi halinde davlumbaz çekiş hızları arttırılacak şekilde davlumbaz tasarımı yeniden yapılmalıdır.

Hagström [55] solunum ile ilgili meslek hastalığı tespitinde çalışma ortamındaki tozla doğrudan bağlantı kurabilmek için en az 12 adet ölçüm yapılması gerektiğini söylemektedir. Osman [56] çalışmasında; ağaç tozuna maruz kalanlarda göz ve burunda iş ile ilgili yakınmaların sık görüldüğünü, solunum sisteminde de yakınmalara neden olduğunu ve bu yakınmaların ağaç ve ağaç ürünleri ile çalışma sırasında ortaya çıktığını ve işe gelinmeyen günlerde azaldığını tespit etmiştir. Bu çalışma kapsamında her iş istasyonundaki çalışan için tek bir ölçüm yapılmış olmasından dolayı meslek hastalığı belirtileri konusunda herhangi bir yorum yapılamamaktadır. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda aynı kişilerde belli aralıklarla maruziyet ölçümü yapılarak, ölçüm sonuçları ile çalışanın sağlık şikâyetlerinin birlikte incelenmesi faydalı olacaktır.

Morata ve ark. [57] işyerinde tolüen ve gürültüye beraber maruz kalan çalışanlarda işitme kaybının daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Bu çalışma kapsamında tasarlanan yerel tahliye havalandırma sistemi ve taze hava besleme sistemlerinin gürültü seviyeleri 80 dB'in altında tutularak çalışanların gürültüye maruziyeti en aza indirilmeye çalışılmıştır. Bunu sağlamak amacıyla havalandırma kanal tasarımı yapılırken mümkün olduğunca düz hatlar kullanılarak kanal basınç kaybının minimum olması sağlanmıştır. Böylece her iki havalandırma sisteminin hesaplanan gürültü seviyesi 80 dB'in altında (yerel tahliye havalandırma sistemi için 71,69 dB ve taze hava besleme sistemi için 69,09 dB) çıkmıştır.

Ramsey ve ark. [58] çalışma ortamının termal konfor şartlarının sağlanamaması durumunda çalışanların güvensiz davranışlarında artışın meydana geldiği, 17 °C - 23 °C termal konfor şartları aralığında güvensiz davranış sayısının minimum olduğu sonucuna varmıştır. Bu nedenle termal konfor şartlarını iyileştirebilmek adına bu çalışma kapsamında endüstriyel havalandırma sistemi tasarlanırken, işyerinin mimari planları esas alınarak ısı kaybı ve ısı kazancı hesaplamaları yapılmış, ortam sıcaklığı yaz mevsiminde 24 °C, kış mevsiminde 18 °C olacak şekilde iklimlendirme sistemi tasarlanmıştır. Böylece çalışanların uygun olmayan termal konfor koşullarından etkilenerek toz maskesi gibi kişisel koruyucu donanımları kullanmaktan kaçınmalarının önüne geçilmiş, iç hava sıcaklığının düşürülmesi amacıyla pencerelerin açılması vasıtasıyla ortama dış ortamdan kontrolsüz toz girişi de önlenmiştir.

Kumar [59] yerel tahliye havalandırma sistemlerinin verimliliğini araştırdığı çalışmasında, ACGIH tarafından tavsiye edilen davlumbaz tasarım kriterlerine göre imal edilmiş

havalandırma sistemlerinin %93 - %100 aralığında verimlilik sağladığı sonucuna varmıştır. Inthavong ve ark. [52] tarafından yapılan çalışmada farklı davlumbaz tasarımları için yapılan sayısal analizler sonucunda en verimli davlumbaz tasarımının kirletici kaynağına 45° açıyla, çalışanın karşısında konumlandırıldığında gerçekleştiği vurgulanmaktadır. Nor [60] yerel tahliye havalandırma sistemlerinin işyerlerinde bireysel maruziyete etkisini araştırdığı çalışmada, saatlik hava değişimi yöntemi ile (minimum 5 hava değişimi/saat) yerel tahliye havalandırması yapılan işyerlerinde maruziyet değerlerinin düştüğünü göstermektedir. Bu çalışma kapsamında hazırlanan yerel tahliye havalandırma sisteminde de ACGIH tarafından tavsiye edilen tasarım kriterleri uygulanmış, davlumbaz yerleşimi 45°lik açıyla yapılarak çekiş hızı 2 m/s olarak elde edilmiştir. Tasarlanan yerel tahliye havalandırma sistemi 15000 m³/h lik kapasitesiyle 300 m³ hacimli işyerinde saatte 50 hava değişimini sağlamaktadır. Elde edilen bu hava değişimi sayısı ağaç tozu maruziyetinin en aza indirgenmesi amacıyla sağlanması gereken minimum değerden (5 hava değişimi/saat) fazladır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda elde edilen sonuçlar ve mobilya sektöründe toz maruziyetinin azaltılması hususundaki öneriler bu bölümde açıklanmıştır.

6.1. SONUÇLAR

Toz maruziyetinin en fazla olduğu sektörlerden biri olan mobilya sektöründe endüstriyel havalandırma sistemlerinin etkinliğinin araştırıldığı bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular dikkate alındığında aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- Büyük ölçekli işletmelerde tozun zararlı etkilerinden korunma amacıyla endüstriyel havalandırma sistemi kurulu iken, küçük ölçekli işletmelerde herhangi bir toplu koruma önlemi alınmamıştır. Büyük ölçekli işletmelerde endüstriyel havalandırma sistemi gibi toplu koruma yöntemlerinin yanı sıra tehlikelerin kaynağında önlenemediği durumlarda kişisel koruyucu donanım kullanımına da önem verilmektedir.
- Endüstriyel havalandırma sistemi bulunmayan işletmelerde yapılan ölçümler sonucunda çalışanların toza maruziyetinin Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür.
- Endüstriyel havalandırma sistemi eski olan işyerlerinde toz maruziyetinin referans sınır değerlere yaklaşmakta olduğu tespit edilmiştir.
- İşyerlerinde kullanılacak olan havalandırma sistemleri için asgari gereksinimler mevzuatımızda açıkça belirtilmemiştir. Bu durum işyerlerinde kullanılacak olan havalandırma sistemlerinin tercihini işverenin inisiyatifine bırakmaktadır.
- Yapılan ölçümler sonucunda zımpara ve kesim iş istasyonlarında toz maruziyetinin diğer iş istasyonlarına göre daha fazla olduğu görülmektedir.
- Mobilya sektöründe çalışanlar sıklıkla iş değiştirmekte ve bu durum çalışanların toza maruziyet öyküsünün takip edilmesini zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı sektörde meslek hastalığı tanısı konulan vaka sayısı beklenenden azdır.
- Tozla Mücadele Yönetmeliğinde odun tozu maruziyet sınır değeri (5 mg/m^3) çalışanların sağlığını gözeterek şekilde, işletmelerin ekonomik yapısı da dikkate alınarak tekrar değerlendirilmelidir.

6.2. ÖNERİLER

Tespit edilen bu sonuçlar ışığında çalışanların toza maruziyetinin azaltılmasında fayda sağlayacağı düşünülen öneriler aşağıda sunulmaktadır:

- Küçük ölçekli işletmeler için ilk yatırım maliyetlerini düşürmek amacı ile iş sağlığı ve güvenliğine katkı yapacak endüstriyel havalandırma gibi toplu koruma sistemlerinin temin edilmesinde vergi indirimi uygulaması veya proje bazlı teşviklerin verilmesi ülke genelinde iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.
- İşyeri ruhsatı için gerekli belgeler 10/08/2005 tarih ve 25902 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelik” te belirtilmektedir. Bu belgeler arasında yangın ve patlamalar için gerekli önlemlerin alındığına dair itfaiye raporu zorunlu hale getirilmiştir. Benzer şekilde; toz maruziyeti konusunda risk taşıyan işyeri sınıfları belirlenmeli ve bu işyerlerinin açılması esnasında ruhsat için istenen belgeler arasında havalandırma projesi de yer almalıdır.
- Ülkemizde havalandırma tesisatı projelendirmesi serbest müşavir mühendis belgesi olan makine mühendisleri tarafından yapılmaktadır. Serbest müşavir mühendislik kursu içeriğine toz kontrolü ile ilgili eğitimlerin de dahil edilmesi iş sağlığı ve güvenliği açısından faydalı olacaktır.
- İşyerlerinde mevcut bulunan endüstriyel havalandırma sistemlerinin periyodik bakım ve kontrolleri düzenli bir şekilde yapılmalı, işlevini yitirmiş veya verimliliği azalmış ekipmanlar yenileri ile değiştirilmelidir. İşyerinde iş akışında veya toz emisyonu oluşturan makine sayısında bir değişiklik oluşması durumunda havalandırma tesisatında gerekli değişiklikler yapılmalıdır. İşyerinde yapılan risk değerlendirmesi kapsamında bireysel ve ortam toz ölçümleri yapılmalıdır.
- İşverenler çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için 17/07/2013 tarih ve 28710 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” gereğince yeterli havalandırma ve termal konfor şartlarını sağlamak ile yükümlü tutulmuştur. İşyerlerinde havalandırma uygulamalarındaki farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla endüstriyel havalandırma sistemleri için asgari şartların belirlenmesi önem arz etmektedir.

- Mobilya sektöründe uygulanacak bir endüstriyel havalandırma projesi tasarlanırken toz oluşumunun fazla olduğu zımpara ve kesim istasyonlarında davlumbaz çekiş hızları daha yüksek seçilmeli, havalandırma kanal hızları kanal içinde toz birikmesine mahal vermemek amacıyla yüksek tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ILO, *The Hidden Epidemic: A Global Picture, The Prevention of Occupational Diseases*, ILO Publications, Sayfa: 4-6, İsviçre, 2013.
- [2] Health and Safety Executive, *Fatal Diseases, Health and Safety Statistics Annual Report for Great Britain*, HSE Books, Sayfa: 2-3, İngiltere, 2014.
- [3] Aşarkaya, A., *Mobilya Sektörü*, İş Bankası Yayınları, Sayfa:6-8, Ankara, 2015.
- [4] Health and Safety Executive, *Wood Dust Survey 1999/2000 Final Report*, HSE Books, Sayfa: 28-29, İngiltere,1999.
- [5] Sosyal Güvenlik Kurumu, SGK İstatistik Yıllıkları, http://www.sgk.gov.tr/wps/wcm/connect/75222d7b-d39c-4e91-ad6b-dd0131b232fd/sgk_2014.rar.
- [6] Kalkınma Bakanlığı, *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Mobilya Çalışma Grubu Raporu*, Kalkınma Bakanlığı, Sayfa:37-45, Ankara, 2015.
- [7] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, *Meslek Hastalıkları Rehberi*, Matsa Basımevi, Sayfa: 11, Ankara,2011.
- [8] World Health Organization, *Particle size fractions: conventions for dust sampling, Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust*, World Health Organization(WHO), Sayfa: 8, İsviçre,1999.
- [9] International Agency for Research on Cancer, *Wood Dust, IARC Monographs - 100C*, , WHO, Sayfa: 407-459, Fransa, 2005.
- [10] Tankut, A. N. , Kurban, H., Melemez, K., Orman Endüstri İşletmelerinde Odun Tozunun Ergonomik Etkilerinin İncelenmesi, *II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Sayfa: 785-792, Isparta, 2014.
- [11] Health and Safety Executive, *Toxic woods, Woodworking Sheet No 30*, HSE Books, <http://www.hse.gov.uk/pUbns/wis30.pdf>, İngiltere, 2012.
- [12] Kıter, D. G., *Mesleksel Astım*, Sürekli Tıp Eğitim Dergisi, 8(11),

<http://www.ttb.org.tr/STED/sted1199/st11991.html>, 1999.

- [13] Van den Oever, R., *Occupational exposure to dust and sinonasal cancer. An analysis of 386 cases reported to the N.C.C.S.F. Cancer Registry*, *Acta Otorhinolaryngologica Belgica*, 50(1); 19-24, 1996.
- [14] Blot, W. J., Chow W. H., Mclaughlin, J. K., Wood dust and nasal cancer risk. A review of the evidence from North America, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 39(2);148-156, 1997.
- [15] Hancock, D. G., Langley, M. E., Chia, K. L., Woodman, R. J. , Shanahan, E. M., Wood dust exposure and lung cancer risk: a meta-analysis, *Occupational and Environmental Medicine*, 72; 889-898, 2015.
- [16] Bozkurt, A. Y., Bozkurt, T., Ağaç İşleyen Endüstrilerde Sağlık Sorunları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 29(2); 60-67, 1979.
- [17] International Agency for Research on Cancer, *Wood Dust and Formaldehyde*, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, World Health Organization, Sayfa: 217-221, Fransa, 1995.
- [18] International Agency for Research on Cancer, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, World Health Organization, Sayfa: 156-157, Fransa, 2006.
- [19] International Agency for Research on Cancer, Re-Evaluation of Some Organic Chemicals,Hydrazine and Hydrogen Peroxide, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, World Health Organization, Sayfa: 834-836, Fransa, 1999.
- [20] Occupational Safety & Health Administration, *OSHA Annotated PELs*, <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>.
- [21] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Biological Exposure Indices*, ACGIH, Sayfa: 29, ABD, 2005.
- [22] NIOSH, *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards*, Centers for Disease Control and Prevention, <http://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdx.html>

- [23] SCOEL, *Risk assessment for Wood Dust, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* , European Commission, Sayfa 14, 2003.
- [24] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., Kaynaklı, Ö., Yamankaradeniz, N., *İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları*, Dora Yayıncılık, Sayfa: 1-5. Bursa, 2012.
- [25] Socha, G. E., Local exhaust ventilation principles, *American Industrial Hygiene Association Journal* , 40(1), Sayfa: 1-10, 1979.
- [26] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, *Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice*, ACGIH, Sayfa: 20-65, ABD, 1998.
- [27] Olander, L. , Dessagne, J., Bonthoux, F. ve Leclerc, J. P., A study of general ventilation and local exhaust ventilation in industrial premises using residence time distribution theory, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 14(3), Sayfa: 159-163, 1995.
- [28] HSE, Air Cleaners:Particles, *Controlling Airborne Contaminants at Work* , HSE Books, Sayfa: 56-60, İngiltere, 2011.
- [29] Ellenbecker, M. J., Gempel, R. F. ve Burgess, W. A. Capture Efficiency of Local Exhaust Ventilation Systems, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 44(10), Sayfa: 752-755, 1983.
- [30] Anderson, S. A. ve Hanney, J. D., Using probability to determine air flows for fume hood design, duct system sizing, chiller water network sizing, and HVAC central plant loads, *Chemical Health and Safety*, 7(5), Sayfa: 8-16, 2000.
- [31] Health and Safety Executive, Hood Design and Application, *Controlling Airborne Contaminants at Work*, HSE Books, Sayfa: 25-30, İngiltere,2011.
- [32] Hampl, V., Evaluation of Industrial Local Exhaust Hood Efficiency by a Tracer Gas Technique, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 45 (7), Sayfa: 485-490, 1984.
- [33] Moujaes, S. ve Gundavelli, R., CFD simulation of leak in residential HVAC ducts, *Energy and Buildings*, 54, Sayfa: 534-539, 2012.
- [34] TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Hava Kanalları, *Klima Tesisatı*, Ezgi Matbaa,Sayfa:147-153, İstanbul, 2009.

- [35] Cirqueira, S. S. R., Tanabe, E. H. ve Aguiar, M. L., Evaluation of operating conditions during the pulse jet cleaning filtration using different surface treated fibrous filters, *Process Safety and Environmental Protection*, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582016302361>, 2016.
- [36] ASHRAE, Exhaust Systems, *Ashrae Handbook-HVAC Applications*, ABD, ASHRAE, Sayfa 120-128, Amerika Birleşik Devletleri, 2007.
- [37] Andersen, B. O., Nielsen, N. ve Walther, J., Numerical and experimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters, *Powder Technology*, 291, Sayfa: 284-298, 2016.
- [38] Givehchi, R., Li, Q. ve Tan, Z., The effect of electrostatic forces on filtration efficiency of granular filters, *Powder Technology*, 277, Sayfa: 135-140, 2015.
- [39] Chen, Y. S., Hsiau, S., Smid, J., Wu, J. ve Ma, S. Removal of dust particles from fuel gas using a moving granular bed filter, *Fuel*, 182, Sayfa: 174-187, 2016.
- [40] U.S. Department of Energy, A Sourcebook For Industry, *Improving Fan System Performance*, U.S. Department of Energy, Sayfa: 15-55 Amerika Birleşik Devletleri, 2003.
- [41] AKTACİR, M. A., *Ders Notları*, http://eng.harran.edu.tr/~aktacir/hava_2.pdf
- [42] OSHA, *Ventilation Investigation, OSHA Technical Manual*, https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_3.html.
- [43] ISISAN, *İç Hava Kalitesinin Arttırılması İle Çalışanların Performans İlişkisi*, Yüksek Yapılarda Tesisat, ISISAN, Sayfa: 103-109, İstanbul, 2007.
- [44] Ankara Kalkınma Ajansı, *Siteler, Mobilya ve Ankara*, Ankara Kalkınma Ajansı, Sayfa: 13-15, Ankara, 2012.
- [45] Karakavak, A., *Talaşlı İmalat Ve Kaynak İşlerinde Meslek İle İlgili Solunum Sistemi Hastalıklarının Önlenmesinde Endüstriyel Havalandırma*, ÇSGB, Sayfa: 46-61, Ankara, 2014.
- [46] McQuiston, F. ve Spitler, J. , CLTD/SCL/CLF Method, *Load Calculation Manual*, ASHRAE, Sayfa: 8.1-8.5, ABD, 1992.

- [47] ISISAN, *Kanal Sistemi Tasarımına Genel Yaklaşım, Klima Tesisatı*, ISISAN, Sayfa: 11-17, İstanbul, 2001.
- [48] Versteeg, H.K., Malalasekera, W., *An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method*, Longman Scientific & Technical, Sayfa:10-39, İngiltere, 1994.
- [49] Çimen, F., *Hava Kanalları*, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, 1, Sayfa: 9-11, Ankara, 2003.
- [50] ISISAN, *Endüstriyel Egzos Sistemleri, ISISAN Çalışmaları No.305 Klima Tesisatı*, ISISAN, Sayfa:140, İstanbul, 2001.
- [51] Taner, K., *Klima*, Nobel Yayın Dağıtım, Sayfa: 227-238, Ankara, 2005
- [52] Inthavong, K. , Effect of ventilation design on removal of particles in woodturning workstations, *Building And Enviroment*, 44;Sayfa: 125-136, 2009.
- [53] Schlünssen, V., Jacobsen, G., Erlandsen, M., Mikkelsen, A. B., Schaumburg, I., Sigsgaard, T., Determinants of Wood Dust Exposure in the Danish Furniture Industry- Results from Two Cross-Sectional Studies 6 Years Apart, *The Annals of Occupational Hygiene*, 52(4), Sayfa: 227-238, 2008
- [54] Ayalew, E., Gebre, Y. ve Wael, K. , A Survey of Occupational Exposure to Inhalable Wood Dust Among Workers in Small- and Medium-Scale Wood-Processing Enterprises in Ethiopia, *The Annals of Occupational Hygiene*, 59(2), Sayfa: 253-257, 2014.
- [55] Hagström, K., Occupational Exposure During Production of Wood Pellets in Sweden, *Örebro Studies in Environmental Science*, Örebro University, Sayfa:61-65, İsveç, 2008.
- [56] Osman, E., *Bursa Beşevler Küçük Sanayi Sitesindeki Mobilya İmalathanelerinde Çalışan İşçilerin Ağaç Tozu Etkilenimlerinin Değerlendirilmesi*, *Uzmanlık Tezi*, T.C. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Sayfa:58, Bursa, 2007.
- [57] Morata, T., Dunn, D., Kretschmer, L., Lemasters, G. K. ve Keith, R. W., Effects of Occupational Exposure to Organic Solvents and Noise on Hearing, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 19(4), Sayfa: 245-254, 1993.
- [58] Ramsey, J., Burford, C. , Beshir, M. Y., Jensen, R., Effects of Workplace Thermal

Conditions on Safe Work Behaviour, *Journal of Safety Research*, 14, Sayfa: 105-114,1983.

[59] Kumar, V., Effectiveness of Local-Exhaust Ventilation for drum-filling operations. Final report, *SciTech Connect*, <http://www.osti.gov/scitech/biblio/6620868>, 1988

[60] Nor, M., Effectiveness of Local Exhaust Ventilation Systems in Reducing Personal Exposure, *Journal of Applied Science*, 14(13); Sayfa: 1365-1371, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı : GÜRLEVİK, Tayfun
Doğum tarihi ve yeri : 06.08.1982, Doha/KATAR
Telefon : 0 (507) 817 31 41
E-Posta : tayfun.gurlevik@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Lisans	Hacettepe Üniversitesi / İktisat	Devam ediyor.
Lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Müh.	2005
Lise	Ankara Kocatepe Mimar Kemal Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012- (Halen)	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.
2011-2012	GMD Proje	HVAC Proje Tasarım Mühendisi
2011	Mira Mühendislik	HVAC Proje Tasarım Mühendisi
2009-2010	Okutan Mühendislik	HVAC Proje Tasarım Mühendisi
2007-2008	OTM Mühendislik	HVAC Proje Tasarım Mühendisi
2007	Alfer Mühendislik	Endüstriyel Toz Filtreleri AR-GE ve Satış Mühendisi
2006	Mosdorfer A.Ş.	Üretim Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2014: 76,25)

Mesleki İlgi Alanları

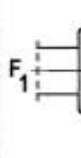
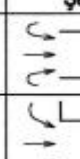
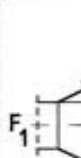
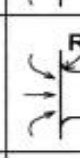
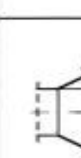
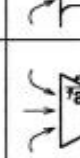

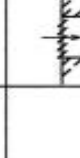

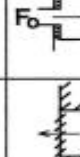


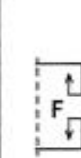







Endüstriyel Havalandırma, Programlama(C# ve Java), Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

EKLER

EK-1 Özel Dirençler

EK-1 ÖZEL DİRENÇLER

Pos	Şekil	Geo.değ.	ζ - değeri					
			○	□				
1		10°	0,05	0,1				
			30°	0,20	0,3			
			45°	0,5	0,7			
			60°	0,7	1,0			
			90°	1,2	1,2			
2		$R = \frac{a}{2}$	1,0					
3		$R = a$	0,5					
4		$\frac{R}{a}$	1,2					
			0,0	1,0				
			0,2	0,8				
			0,4	0,9				
			0,6	1,1				
			0,8	1,2				
			1,0	1,2				
5		$R = \frac{a}{2}$	0,36					
6		- Profil	0,1					
			- Plaka	0,35				
7		$\frac{R}{a}$	$a=90^\circ$					
			60°					
			30°					
			0,5	1,0	0,5	0,15		
			0,75	0,5	0,25	0,08		
			1,0	0,25	0,12	0,04		
1,5	0,15	0,08	0,03					
2,0	0,12	0,06	0,02					
4,0	0,10	0,05	0,015					
8		$\frac{R}{a}$	$\frac{a_1}{a}=0,25$					
			$\frac{a_1}{a}=0,50$					
			0,5	0,4	0,15			
			0,75	0,25	0,08			
			1,0	0,2	0,04			
			1,5	0,15	0,03			
2,0	0,1	0,02						
4,0	0,03	0,015						
9		$\frac{R}{d}$	0,14					
			0,14					
			0,16					
			0,17					
			0,20					
			0,26					
			0,38					
			0,75					
			0,5					
			0,75					
10		$\frac{R}{d}$	a					
			30°					
			60°					
			90°					
			120°					
			150°					
180°								
0,07								
0,16								
0,26								
0,33								
0,33								
0,43								
11		$\frac{R}{d}$	a					
			30°					
			45°					
			60°					
			90°					
			120°					
			150°					
			180°					
			0,2					
			0,12					
0,07								
0,05								
0,04								
0,04								
0,03								
0,03								
0,03								
12		$R = \frac{a}{2}$	0,4					
13		$R = 1,25a$	0,32					
14		$\frac{R}{d}$	0,0					
			1,6					
			1,9					
			2,0					
			2,1					
15		$\frac{R}{d}$	3,5					
			2,9					
			1,7					
			1,4					
			1,6					
			1,6					
			1,9					

Pos	Şekil	Geo.değ.	ζ - değeri		Pos	Şekil	Geo.değ.	ζ - değeri					
16		$\frac{F_1}{F_2}$			23		\square	1,25					
		0,1	0,81				\odot	0,90					
		0,2	0,64				\square	0,7					
		0,3	0,49										
		0,4	0,36										
		0,5	0,25										
		0,6	0,16										
		0,7	0,09										
		0,8	0,04										
0,9	0,01												
17		$\frac{F_1}{F_2}$	$a \leq 8^\circ$	$a < 8^\circ$	24		\square	0,7					
		0,0	0,15	1,0			\odot	0,5					
		0,2	0,14	0,64			\square	0,7					
		0,4	0,13	0,36									
		0,6	0,10	0,16									
		0,8	0,05	0,04									
		1,0	0,0	0,0									
18		a	2 taraflı	4 taraflı	25					$\frac{R}{d}$			
		6°	0,10	0,15			0,25	0,2					
		11°	0,25	0,35			0,75	0,1					
		18°	0,30	0,45			1,0	0,05					
19		$\frac{F_1}{F_2}$	Dikkat : Giriş köşelerinin yuvarlatılmış olması halinde $\zeta = 0$		26		a						
		0,01	0,50										
		0,1	0,47										
		0,2	0,42										
		0,4	0,33										
		0,6	0,25										
0,8	0,15												
20		a			27		80% serbest kesit	0,9					
		30°	0,02				$\frac{F_0}{F}$	F ₀ baz alınarak					
		45°	0,04										
		60°	0,07										
21		$F_1 = F_2$	0,15		28		0,0	2,5					
		$a \leq 14^\circ$					0,2	1,9					
22		$\frac{F_e}{F}$			29		80% serbest kesit	2,7					
		0,0	2,50				$\frac{F_0}{F}$	F ₀ baz alınarak					
		0,2	1,86										
		0,4	1,21										
		0,6	0,64										
		0,8	0,20										
		1,0	0,00										
		23		$\frac{F_1}{F_2}$								30	
0,1	0,81			0,2	2,44								
0,2	0,64			0,4	2,26								
0,3	0,49			0,6	1,96								
0,4	0,36			0,8	1,54								
0,5	0,25			1,0	1,0								
0,6	0,16			$R = \frac{d}{2}$	0,1								
0,7	0,09												
0,8	0,04												
24		$\frac{F_1}{F_2}$			31		m % serbest kesit	yuvarlak del.					
		0,0	2,50				0,2	34,5					
		0,2	1,86				0,3	15,3					
		0,4	1,21				0,4	8,6					
		0,6	0,64				0,5	5,5					
		0,8	0,20				0,6	3,8					
		1,0	0,00				0,7	2,8					
		25		$\frac{F_1}{F_2}$					32		0,8	2,2	
				0,1			0,81				kafesli menfez (Basma)		
				0,2			0,64						

Pos	Şekil	Geo.değ.	ζ - değeri		Pos	Şekil	Geo.değ.	ζ - değeri																																																																																																																																																																												
33			1,4		43		R/d	1,3 0,9 0,8 0,6 0,5																																																																																																																																																																												
34			1,0				35				10° 15° 30° 45° 60° 90°	0,10 0,12 0,30 0,70 1,0 1,4		44		Wd We	6,5 3,1 2,0 1,5 0,74 0,62		36			0,1		37			0,15		45		Wd We	5,0 2,2 1,3 0,77 0,47 0,58		38			0,3		39			0,4		46		Wd We	3,5 1,3 0,64 0,43 0,45 0,54		40		R/b 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	 1,1 0,6 0,4 0,25 0,20	 1,0 0,5 0,25 0,15 0,10	41		R/d	1,10 0,40 0,28 0,20 0,14 0,10 0,07 0,05 0,02 0,01		47		Wd We	2,7 1,1 0,4 0,15 0,0		0,0	0,4	0,25	0,28	0,50	0,20	1,0	0,14	2,0	0,10	3,0	0,07	4,0	0,05	5,0	0,02	6,0	0,01	7,0	0,01	42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		48		Qa Qd	ζe	ζd	0,0	0,0	-1,2	0,06	0,25	0,22	-0,4	0,18	0,50	0,14	0,1	0,30	1,0	0,10	0,6	0,40	2,0	0,07	0,8	0,50	3,0	0,05	1,0	0,60	4,0	0,03	49		Qa Qd	ζe	ζd	5,0	0,02	0,0	-0,90	0,05	6,0	0,01	0,2	-0,37	0,18	7,0	0,0	0,4	0,00	0,19			0,6	0,22	0,06			0,8	0,37	-0,18			1,0	0,38	-0,54	42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		50		Qa Qd	ζe	ζd	0,6	-1,8	0,40	0,8	-0,7	0,35	1,0	0	0,20	1,2	0,10	0,10	1,4	0,25	0,0	1,6
35		10° 15° 30° 45° 60° 90°	0,10 0,12 0,30 0,70 1,0 1,4		44		Wd We	6,5 3,1 2,0 1,5 0,74 0,62																																																																																																																																																																												
36			0,1				37					0,15		45		Wd We	5,0 2,2 1,3 0,77 0,47 0,58		38			0,3		39			0,4		46		Wd We	3,5 1,3 0,64 0,43 0,45 0,54		40		R/b 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	 1,1 0,6 0,4 0,25 0,20	 1,0 0,5 0,25 0,15 0,10	41		R/d	1,10 0,40 0,28 0,20 0,14 0,10 0,07 0,05 0,02 0,01		47		Wd We	2,7 1,1 0,4 0,15 0,0		0,0	0,4	0,25	0,28	0,50			0,20					1,0			0,14	2,0	0,10	3,0	0,07	4,0	0,05	5,0	0,02	6,0	0,01	7,0	0,01	42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		48				Qa Qd			ζe	ζd	0,0	0,0	-1,2	0,06	0,25	0,22	-0,4	0,18	0,50	0,14	0,1	0,30	1,0	0,10	0,6	0,40	2,0	0,07	0,8	0,50	3,0	0,05	1,0	0,60	4,0	0,03	49		Qa Qd	ζe	ζd	5,0	0,02	0,0	-0,90	0,05	6,0	0,01	0,2	-0,37	0,18	7,0	0,0	0,4	0,00	0,19			0,6	0,22	0,06			0,8	0,37	-0,18			1,0	0,38	-0,54	42		R/d			0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0			50		Qa Qd	ζe	ζd	0,6	-1,8	0,40	0,8	-0,7	0,35	1,0	0	0,20	1,2	0,10	0,10	1,4	0,25	0,0	1,6
37			0,15		45		Wd We	5,0 2,2 1,3 0,77 0,47 0,58																																																																																																																																																																												
38			0,3				39					0,4		46		Wd We	3,5 1,3 0,64 0,43 0,45 0,54		40		R/b 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	 1,1 0,6 0,4 0,25 0,20	 1,0 0,5 0,25 0,15 0,10	41		R/d	1,10 0,40 0,28 0,20 0,14 0,10 0,07 0,05 0,02 0,01		47		Wd We	2,7 1,1 0,4 0,15 0,0		0,0	0,4	0,25	0,28	0,50			0,20					1,0			0,14	2,0	0,10	3,0	0,07			4,0					0,05			5,0	0,02	6,0	0,01	7,0	0,01	42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		48				Qa Qd			ζe	ζd			0,0			0,0	-1,2	0,06	0,25	0,22	-0,4	0,18	0,50	0,14	0,1	0,30	1,0	0,10	0,6	0,40	2,0	0,07	0,8	0,50	3,0	0,05	1,0	0,60	4,0	0,03	49		Qa Qd	ζe	ζd	5,0	0,02	0,0	-0,90	0,05	6,0	0,01	0,2	-0,37	0,18	7,0	0,0	0,4	0,00	0,19			0,6	0,22	0,06			0,8	0,37	-0,18			1,0	0,38	-0,54	42		R/d			0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0						50		Qa Qd	ζe	ζd	0,6	-1,8	0,40	0,8	-0,7	0,35	1,0	0	0,20	1,2	0,10	0,10	1,4	0,25	0,0	1,6
39			0,4		46		Wd We	3,5 1,3 0,64 0,43 0,45 0,54																																																																																																																																																																												
40		R/b 0,5 0,75 1,0 1,5 2,0	 1,1 0,6 0,4 0,25 0,20	 1,0 0,5 0,25 0,15 0,10			41				R/d	1,10 0,40 0,28 0,20 0,14 0,10 0,07 0,05 0,02 0,01		47		Wd We	2,7 1,1 0,4 0,15 0,0		0,0	0,4	0,25	0,28	0,50			0,20					1,0			0,14	2,0	0,10	3,0	0,07			4,0					0,05			5,0	0,02	6,0	0,01	7,0			0,01					42				R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		48				Qa Qd			ζe	ζd			0,0			0,0	-1,2			0,06			0,25	0,22	-0,4	0,18	0,50	0,14	0,1	0,30	1,0	0,10	0,6	0,40	2,0	0,07	0,8	0,50	3,0	0,05	1,0	0,60	4,0	0,03	49		Qa Qd	ζe	ζd	5,0	0,02	0,0	-0,90	0,05	6,0	0,01	0,2	-0,37	0,18	7,0	0,0	0,4	0,00	0,19			0,6	0,22	0,06			0,8	0,37	-0,18			1,0	0,38	-0,54	42		R/d			0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0									50		Qa Qd	ζe	ζd	0,6	-1,8	0,40	0,8	-0,7	0,35	1,0	0	0,20	1,2	0,10	0,10	1,4	0,25	0,0	1,6
41		R/d	1,10 0,40 0,28 0,20 0,14 0,10 0,07 0,05 0,02 0,01		47			Wd We	2,7 1,1 0,4 0,15 0,0																																																																																																																																																																											
		0,0						0,4																																																																																																																																																																												
		0,25						0,28																																																																																																																																																																												
		0,50						0,20																																																																																																																																																																												
		1,0						0,14																																																																																																																																																																												
		2,0						0,10																																																																																																																																																																												
		3,0						0,07																																																																																																																																																																												
		4,0					0,05																																																																																																																																																																													
5,0	0,02																																																																																																																																																																																			
6,0	0,01																																																																																																																																																																																			
7,0	0,01																																																																																																																																																																																			
42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		48		Qa Qd	ζe	ζd																																																																																																																																																																											
		0,0					0,0	-1,2	0,06																																																																																																																																																																											
		0,25			0,22	-0,4	0,18																																																																																																																																																																													
		0,50			0,14	0,1	0,30																																																																																																																																																																													
		1,0			0,10	0,6	0,40																																																																																																																																																																													
		2,0			0,07	0,8	0,50																																																																																																																																																																													
		3,0			0,05	1,0	0,60																																																																																																																																																																													
		4,0			0,03	49		Qa Qd	ζe	ζd																																																																																																																																																																										
		5,0			0,02			0,0	-0,90	0,05																																																																																																																																																																										
		6,0			0,01	0,2	-0,37	0,18																																																																																																																																																																												
7,0	0,0	0,4	0,00	0,19																																																																																																																																																																																
		0,6	0,22	0,06																																																																																																																																																																																
		0,8	0,37	-0,18																																																																																																																																																																																
		1,0	0,38	-0,54																																																																																																																																																																																
42		R/d	0,60 0,22 0,14 0,10 0,07 0,05 0,03 0,02 0,01 0,0		50		Qa Qd	ζe	ζd																																																																																																																																																																											
		0,6					-1,8	0,40																																																																																																																																																																												
		0,8			-0,7	0,35																																																																																																																																																																														
		1,0			0	0,20																																																																																																																																																																														
		1,2			0,10	0,10																																																																																																																																																																														
		1,4			0,25	0,0																																																																																																																																																																														
		1,6			0,35	0,0																																																																																																																																																																														