



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR METAL ENDÜSTRİSİNDEKİ ÇALIŞMA
ORTAMLARININ İÇ HAVA KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

**Çevre Mühendisi Birgül KURUTAŞ
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yard. Doç. Dr. Ülkü ŞAHİN**

Şubat, 2009

İSTANBUL

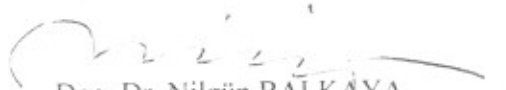
Bu çalışma 27.02.2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Yrd. Doç. Dr. Ulkü ŞAHİN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. Semiha ARAYICI
İstanbul Üniversitesi


Prof. Dr. İsmail BOZ
İstanbul Üniversitesi


Doç. Dr. Nilgün BALKAYA
İstanbul Üniversitesi


Yrd. Doç. Dr. Burcu ONAT
İstanbul Üniversitesi

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında gösterdiği her türlü destek ve yardımından dolayı çok değerli hocam Yard. Doç. Dr. Ülkü Şahin'e,

Yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında benden yine desteğini esirgemeyen çok değerli hocam Yard. Doç. Dr. Burcu Onat'a,

Ölçümleri yapmamda yardımlarını esirgemeyen çok değerli arkadaşım Bahtıgöl'e,

İşyerinde bana destek olan müdürüm Suat Subaşı'ya,

İşyerinde çalışma arkadaşım sevgili Sibel Çarkı'ya,

İç ortam hava kalitesi ölçümlemede kullanmam için IAQRAE ölçüm cihazının kullanımı konusunda her türlü teknik desteği veren İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi Eray Yurtseven'e

Ve tüm yüksek lisans dönemim boyunca benim en büyük destekçim olan eşim Ersin Kurutaş'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Şubat, 2009

Birgöl KURUTAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1 HAVA KİRLİLİĞİ.....	2
2.1.1 Hava Kirleticileri ve Kaynakları.....	2
2.1.2 Hava Kirleticilerinin Sağlık Üzerinde Etkileri.....	4
2.2 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ.....	5
2.2.1 Giriş.....	5
2.2.2 İç Ortam Kirleticileri ve Kaynakları.....	7
2.2.3 İç Ortam Kirleticileri ve Sağlık Etkileri.....	10
2.2.3.1 Gazlar.....	10
Sigara Dumanı.....	10
Formaldehit.....	10
SO ₂ (Kükürtdioksit).....	10
NO ₂ (Azotdioksit).....	11
O ₃ (Ozon).....	11
VOC'ler (Uçucu Organik Bileşikler).....	11
CO (Karbonmonoksit).....	12
CO ₂ (Karbondioksit).....	12
2.2.3.2 Ağır Metaller.....	13
Kurşun.....	13
2.2.3.3. Toz Kirleticiler.....	14

Asbest.....	14
Partikül Madde.....	14
2.2.3.4 İç Ortam Fiziksel Koşulları.....	20
Sıcaklık.....	20
Nem.....	20
2.2.4 Hasta Bina Sendromu.....	21
2.2.5 İç Ortam Hava Kalite Standartları.....	22
2.2.6 İç Hava Kalitesi İyileştirmesi.....	26
2.3 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ.....	27
2.3.1 İş Sağlığı ve Güvenliği'nin Türkiye'deki Tarihsel Gelişimi.....	28
2.3.2 İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Uluslararası Yayınlanmış Kanun ve Yönetmelikler.....	30
2.4 İÇ HAVA KALİTESİ LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	32
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	40
3.1 TESİSİN TANITIMI ve ÖLÇÜM NOKTALARI.....	40
3.2 ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ.....	45
3.2.1 MIE Partikül Madde Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri.....	46
3.2.2 IAQRAE Cihazının Teknik Özellikleri	47
3.2.3 pDR 1200 Portatif Toz Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri.....	48
4. BULGULAR.....	50
4.1 PM ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	50
4.1.1 Tesis İçi İmalat Bölümü PM _{2.5} Sonuçları.....	50
4.1.2 Dış Ortam PM _{2.5} Ölçüm Sonuçları.....	62
4.1.3 Ofis Ortamı PM _{2.5} Ölçüm Sonuçları.....	63
4.2 CO, CO ₂ ve VOC ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	63
4.2.1 Tesis İçi CO Ölçüm Sonuçları.....	63
4.2.2 Tesis İçi CO ₂ Ölçüm Sonuçları.....	67
4.2.3 Tesis İçi VOC Ölçüm Sonuçları.....	71
4.3 TESİS İÇİ SICAKLIK VE NEM ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	75
4.4 DIŞ ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ.....	76
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	79
KAYNAKLAR.....	87

ÖZGEÇMİŞ.....	92
----------------------	-----------

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1: Hava Kirletici Kaynakları.....	3
Şekil 2.2: İç Ortam Hava Kirlenmesinin Oluşum Şekli.....	7
Şekil 2.3: PM Boyutunun İnsan Saçı ve Plaj Kumu İle Kıyaslanması	15
Şekil 2.4: Partikül Maddenin Atmosferde Dağılımı.....	16
Şekil 2.5: Avrupa'nın Farklı 16 Noktasındaki Atmosferik Partiküller Maddelerin (PM ₁₀ , PM _{2.5} , PM _{10-2.5}) Temel Kimyasal Bileşenlerinin Yıllık Ortalama Konsantrasyonları.....	17
Şekil 2.6: Partikül Maddelerin Akciğer Üzerinde Verdiği Hasar.....	19
Şekil 3.1: Tesis Üretim Şeması.....	41
Şekil 3.2: Fabrika Yerleşim Planı ve Ölçüm Noktaları.....	44
Şekil 3.3: Ölçüm Platformunun Görünümü.....	45
Şekil 3.4: MIE DataRAM Partiküler Madde Ölçüm Cihazı. a) Cihazın genel görüntüsü, b) PM _{2.5} başlığı.....	47
Şekil 3.5: IAQRAE (Indoor air quality monitor) Cihazı.....	48
Şekil 3.6: pDR 1200 Portatif Toz Ölçüm Cihazı.....	49
Şekil 4.1: Isıl İşlem Giriş 1. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	51
Şekil 4.2: Isıl İşlem Fırın 2. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	52
Şekil 4.3: İmalat HPT 3. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	53
Şekil 4.4: İmalat SP 4. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	54
Şekil 4.5: İmalat BMV 5. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	55
Şekil 4.6: İmalat JBF 6. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	57
Şekil 4.7: Kalite Departman 7. Nokta PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	58
Şekil 4.8 : Dış Ortam PM _{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi.....	62
Şekil 4.9: Ofislerde İç Ortam PM _{2.5} Ölçüm Sonuçları.....	63
Şekil 4.10: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	64
Şekil 4.11: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	64
Şekil 4.12: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	64
Şekil 4.13: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	65
Şekil 4.14: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	65

Şekil 4:15 İmalat JBF (İ-JBF) bölümü, 6. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	65
Şekil 4.16: Kalite (KLT) bölümü, 7. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi....	66
Şekil 4.17: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi...	67
Şekil 4.18: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi...	68
Şekil 4:19: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi.....	68
Şekil 4:20: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi.....	68
Şekil 4.21: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi.....	69
Şekil 4.22: İmalat JBF bölümü, 6. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi.....	69
Şekil 4.23: İmalat Kalite bölümü, 7. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi...	69
Şekil 4.24: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi...	71
Şekil 4.25: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi...	71
Şekil 4.26: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.....	72
Şekil4.27: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.....	72
Şekil 4.28: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.....	72
Şekil 4.29: İmalat JBF (İ-JBF) bölümü, 6. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.....	73
Şekil 4.30: Kalite (KLT) bölümü, 7. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi..	73
Şekil 4.31: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.....	76
Şekil 4.32: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında CO ₂ konsantrasyon değişimi.....	77
Şekil 4.33: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.....	77
Şekil 4.34: İmalat Bölümünde İzolasyon Sistemi Olmadığında PM _{2.5} Konsantrasyon Dağılım Haritası.....	82
Şekil 4.35 : İmalat Bölümünde CO Konsantrasyon Dağılım Haritası.....	83
Şekil 4.36: İmalat Bölümünde CO ₂ Konsantrasyon Dağılım Haritası.....	84
Şekil 4.37: İmalat Bölümünde VOC Konsantrasyon Dağılım Haritası.....	85

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: İç Ortam Kirleticileri ve Kaynakları.....	8
Tablo 2.2: Şekillerine Göre Partiküller.....	14
Tablo 2.3: Partikül Boyutu ve Solunum Sistemi Arasındaki İlişki.....	19
Tablo 2.4: İç Ortam Kirleticileri ve Standart Değerleri.....	23
Tablo 2.5: EPA Hava Kalitesi İndeks (HKİ) Kategorileri ve Sağlığa Etkileri.....	25
Tablo 2.6: İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Uygulanan Uluslar arası Standartlar....	32
Tablo 3.1: Ölçüm Noktaları ve Tarihleri.....	43
Tablo 4.1: Fabrika üretim alanında tüm ölçüm noktalarındaki İzolasyon öncesi ve izolasyon sonrası ortalama $PM_{2.5}$ konsantrasyonları.....	61
Tablo 4.2: Dış Ortam $PM_{2.5}$ Ölçümlerinin Ortalama Konsantrasyonları.....	62
Tablo 4.3: İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama CO konsantrasyonları.....	67
Tablo 4.4: İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama CO_2 konsantrasyonları.....	70
Tablo 4.5: İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama VOC konsantrasyonları.....	74
Tablo 4.6: İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama Sıcaklık ($^{\circ}C$) ve Nem (%) değerleri	75
Tablo 4.7: Fabrika dışında ortalama CO, CO_2 , VOC, Sıcaklık ve Nem değerleri.....	78

SEMBOL LİSTESİ

PM: Havada asılı solunabilen parçacıklar

PM₁₀: Çapı 10 mikron ve altında olan partiküller

PM_{2.5}: Çapı 2.5 mikron ve altında olan partiküller

PM₁: Çapı 1 mikron ve altında olan partiküller

SO₂: Kükürt dioksit

SO_x: Kükürt oksitler

NO₂: Azot dioksit

CO: Karbon monoksit

NO_x: Azot oksit

VOC (Volatile Organic Carbon): Uçucu organik bileşikler

CO₂: Karbon dioksit

O₃: Ozon

Pb: Kurşun

As: Asbestos

Rd: Radon

PAH: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

SFT: Solunum Foksiyon Testi

PEFR: Pik Ekspiratuar Akım Hızı

HBS: Hasta Bina Sendromu

BRI: Yapıyla Bağlantılı Rahatsızlıklar

İİG: Isıl İşlem Giriş Ölçüm Noktası

İİF: Isıl İşlem Fırın Ölçüm Noktası

İ-HPT: İmalat HPT Ölçüm Noktası

İ-SP: İmalat SP Ölçüm Noktası

İ-BMV: İmalat BMV Ölçüm Noktası

İ-JBF: İmalat JBF Ölçüm Noktası

KLT: Kalite Önü Ölçüm Noktası

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

USEPA/EPA (United State Environmental protection Agency): Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı

WHO (World Health Organization): Dünya Sağlık Örgütü

ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning): Amerika Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Kurumu

TUIK: Türkiye İstatistik Kurumu

ILO (International Labour Organisation): Uluslar arası Çalışma Örgütü

İSGÜM: İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi

OSHA (Occupational Safety and Healty Administration): İşçi Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (Amerika)

HSE (Healty and Safety Executive): Sağlık ve Güvenlik Yönetimi

HSWA (Healty and Safety Work etc Act): Sağlıklı ve Güvenli Çalışma Kanunu

WSHA (Workplace Safety and Health Act): İşyerlerinde Güvenlik ve Sağlık Kanunu

OEL (Occupational Exposure Limits) : Çalışan Maruziyet Limitleri

WEL (Workplace Exposure Limits): İşyeri Maruziyet Limitleri

ETS :Çevresel Sigara Dumanı

RSP: Solunumu engelleyen partikül madde

UVPm: Ultraviyole partikül madde

FPM: Flüoresan partikül madde

HKİ: Hava Kalitesi İndeksi

ÖZET

BİR METAL ENDÜSTRİSİNDEKİ ÇALIŞMA ORTAMLARININ İÇ HAVA KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Günümüzde halk sağlığının bozulmasında en temel etkenin su ve hava ortamlarında oluşan kirlilikler olduğu birçok çalışma ile belirlenmiştir. WHO her yıl hava kirliliği nedeni ile milyonlarca kişinin öldüğünü belirtmektedir. Dış ortamda oluşan kirlilik yanında yaşam ve çalışma alanları olan iç mekanlarda da oluşacak kirlenmenin kontrol edilmesi gereklidir. İş sağlığı ve Güvenliği kavramının şu an Türkiye’deki uygulanış biçimi daha çok iş kazalarının önlemesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak ülkemizdeki işgücünün %19,5’lik kısmının sanayide çalışmakta olduğu ve günün 8 saatini bu kapalı üretim mekanlarında geçirdiği düşünüldüğünde meslek hastalıklarının önlenmesine yönelik tedbirlerin alınması gereklidir. Endüstriler kaliteli üretim yanında çevreye duyarlı bir yönetim sergilemeli, çalışanların temel sağlık gereksinimlerini karşılayacak kalitede çalışma ortamının oluşturulmasını sağlamalı ve iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili önlemleri almalıdır.

Bu çalışmada örnek bir metal sanayisinde üretim bölümü iç ortam havasında muhtemel olabilecek kirlleticilerin ($PM_{2.5}$, CO, CO_2 , VOC, sıcaklık ve nem) konsantrasyonları belirlenmiş ve yasal çerçevede iş sağlığı ve güvenliği ve halk sağlığı açısından uygunluğu incelenip alınabilecek iyileştirme önlemleri araştırılmıştır. Tesis üretim ortamı yanında karşılaştırma maksadı ile dış ortamda ve ofislerde de ölçümler yapılmıştır. Parametreler Temmuz-Ağustos 2008, Ekim-Kasım 2008 ve Ocak-Şubat 2009 periyotlarında gün boyu anlık kayıtlarla takip edilmiş ve oluşan konsantrasyon değişimleri üretim sürecindeki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Kasım ayında imalat makinelerine yalıtım yapılmış konsantrasyon azalmaları belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda herhangi bir önlem alınmadığı takdirde tesis imalat bölümünde üretim sürecindeki farklılıkları nedeni ile $PM_{2.5}$ konsantrasyonunda yüksek salınımlar gözlenmiştir. İmalat bölümündeki $PM_{2.5}$ konsantrasyonları dış ortamdaki konsantrasyonun yaklaşık 2 ile 8 katı mertebesinde dir. İmalat makineleri etrafında yapılan yalıtım sistemi sonucunda $PM_{2.5}$ konsantrasyonları ortalama 8 kat azalmıştır. .

İşçi sağığı açısından PM_{2.5} konsantrasyonları OSHA standartlarının altında kalırken, EPA ve WHO'nun halk sağığıının korunması amacıyla tanımladığı ortam kalitesi standartlarının oldukça üstünde değerler almıştır. 2400 µg/m³ ' e ulaşan bu değerler yalıtım yapılarak standartların altına düşürülebilmiştir. CO, CO₂ ve VOC konsantrasyonları ortalama değişim aralıkları sırasıyla 0,8-16,0 ppm; 537,0-675,8 ppm; 0,02-0,52 ppm'dir ve limit değerlerin altına sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma ortamlarındaki uzun süreli kişisel maruziyet düşünöldüğünde iş sağığı yönetmeliklerindeki limit değerlerin kişisel sağığıın korunması ve meslek hastalıklarının önlemesi için yeterli olmadığı düşünölmektedir.

SUMMARY

THE ASSESSMENT OF INDOOR AIR QUALITY INSIDE METALLIC INDUSTRY WORKPLACES

At the present day, the basic factor is water and air environment pollutions that determined with a great many of studies. WHO have determined that million of people died in every year by air pollution. Indoor air pollutions that life and workplace environment are controlled together with outdoor pollution. Occupational Healthy and Safety concept are applied as occupational accident in Turkey. In our country, 19.5% of the workforce works in industry and this people are spend approximately 8 hours in a day in workplaces. Accordingly, it should be get actions about occupational disease. Industries should display management with environmentally-conscious, provide to make workplace that provide to workers basic health requirements and get actions about occupational healthy and safety.

To determined concentrations with probable contaminant ($PM_{2.5}$, CO, CO_2 , VOC, ambient temperature and humidity) an indoor air quality in workplace of a metallic industry environment and to investigated in terms of occupational healthy and safety and public health in legal regulation and to researched treatment actions. Offices and outdoor environment were measured to compare with the industry production air. Parameters were followed all day and immediately in July-August 2008, October-November 2008 and January-February 2009 periods and these concentration changes associated with production process exchanges. Isolation was built to production machines in November and concentration decreasing was determined.

At the end of study, high release was watched on $PM_{2.5}$ concentration for production process variety in workplace air provided that any action was taken. $PM_{2.5}$ concentrations in workplace air are higher than outdoor air approximately 2 and 8 times. After that isolation system on production machines, $PM_{2.5}$ concentrations decrease approximately 8 times.

In terms of occupational health, $PM_{2.5}$ concentrations are below OSHA standards, but they are above environment quality standards that EPA and WHO have described for safe public health. These values were watched 2400 $\mu g/m^3$ but values were decreased below standards after isolation system.

CO, CO_2 and VOC concentration's average value range are in turn 0,8-16,0 ppm; 537,0-675,8 ppm; 0,02-0,52 ppm and these value are below limit value. When occupational expose in a long time in workplace was cared, limit values are not competence in terms of safety to personal healthy and occupational disease in occupational healthy regulation

1. GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Günümüzde Türkiye nüfusunun 2008 yılı istatistiklerine göre %32'lik bir kısmı 15 yaş ve üzeri işgücü potansiyelidir. Bu işgücünün %19,5'lik kısmı da sanayide çalışmaktadır. Sanayide çalışan nüfusun da günde ortalama 8 saati işyerinde geçmektedir. İşyeri ortamları da tıpkı evler ve diğer kapalı ortamlarda olduğu gibi (hastane, toplu taşıma, restoran vb eğlence yerleri vs.) kişilerin temel sağlık gereksinimlerini karşılayacak kalitede olmalıdır. Fakat birçok sanayi kuruluşunda, üretilen malzemenin üretim sürecindeki prosesler gereği, kullanılan kimyasallar, temizlik malzemeleri, boya malzemeleri, iş makineleri vs. işyeri iç ortam havasını olumsuz etkilemektedir.

İç ortam kalitesini, ortamda bulunan partiküler madde ($PM_{2.5}$, PM_{10}), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), sıcaklık, azotoksitler (NO_x), oksijen miktarı (O_2), kükürtoksitler (SO_x), uçucu organik moleküller (VOC), çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi fiziksel ve biyolojik etkenlerin varlığı etkilemektedir. Bir sanayide iç ortam havasında bu kirleticilerin görülme oranı, üretimin türüne, kullanılan malzemeye, üretim içerisindeki harekete, yapının özelliğine bağlı olarak değişir. Bu kirleticilerin bulunma oranı ve çalışanların bu havayı uzun süre solumasıyla çeşitli hastalıkların görülme oranı da artmaktadır.

Bu çalışmada bir metal sanayisi ele alınıp normal çalışma koşullarındaki iç ortam hava kalitesinde muhtemel olabilecek kirleticilerin ($PM_{2.5}$, CO , CO_2 , VOC , sıcaklık ve nem) ölçümleri yapıp, yasal çerçevede iş sağlığı ve güvenliği ve halk sağlığı açısından uygunluğu incelenip alınabilecek iyileştirme önlemleri araştırılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. HAVA KİRLİLİĞİ

Hava, atmosferi meydana getiren gazların bir karışımıdır. Hacim olarak % 78,09 azot, % 20,95 oksijen, % 0,93 argon ve % 0,03 karbondioksit bulunan havada, çok küçük oranlarda diğer gazlar da bulunmaktadır. Havanın bu bileşiminde meydana gelecek değişim hava kirliliğini oluşturmaktadır.

2.1.1 Hava Kirleticileri ve Kaynakları

Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir. EPA hava kirleticileri 7 kategoride toplamıştır. Bu kirleticiler;

- Gaz kirleticiler (SO_x, NO_x, CO, CO₂, VOC)
- Kalıcı organik kirleticiler (Dioksin/Furan, PCB vb.)
- Ağır metaller (kurşun, civa, bakır vb.)
- Partiküler madde (PM)
- Ozon
- Peroksi asetil nitrat (PAN)
- Peroksibenzol nitrat (PBN)

Ülkemiz Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği (HKKY)'nde ise hava kirleticileri genel olarak 9 başlık altında değerlendirilmektedir:

- Kükürtlü maddeler (kükürtdioksit; SO₂), kükürttrioksit; SO₃),
- Karbonmonoksit (CO),
- Azotlu maddeler (azotdioksit; NO₂, azotoksit; NO),
- Halojenler,
- Organik maddeler,

- Partiküler maddeler,
- Fotokimyasal Oksidanlar,
- Kurşun ve bileşikleri,
- Kadmiyum ve bileşikleri.

Hava kirletici kaynaklar, doğal kaynaklar ve insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen (antropojenik) kaynaklar olmak üzere iki sınıfta ele alınmaktadır.

Doğal kaynaklar;

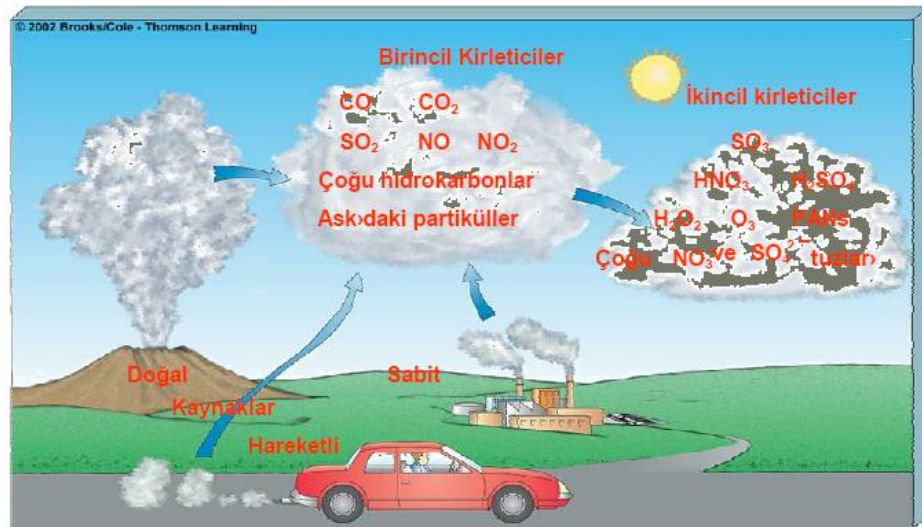
- Volkanik patlamalar,
- Orman yangınları,
- Toz fırtınaları,
- Okyanus ve denizler
- Bitkiler

Olarak sıralanmaktadır.

İnsan faaliyetleri (antropojenik) sonucu oluşan kaynaklar;

- Ulaştırma (uçaklar, motorlu taşıtlar, demiryolları ve gemiler),
- Endüstri (termik santraller, endüstriyel prosesler ve katı atık yakma tesisleri),
- Isınma (katı, sıvı, gaz yakıt sobaları ve kalorifer kazanları)

olarak üç temel grupta toplanmaktadır. Şekil 2.1’de bu kaynakların oluşturabilecekleri kirleticiler şekilsel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Hava Kirletici Kaynakları (Hilmioğlu ve diğ, 2007)

2.1.2 Hava Kirleticilerinin Sağlık Üzerinde Etkileri

İnsan günde ortalama 13.000–16.000 litre veya ömrü boyunca 400–500 milyon litre hava solumaktadır. Dolayısıyla temiz ve kirli hava insan sağlığı açısından oldukça önemlidir (Yurtseven, 2008). Dünyada her yıl hava kirliliğinden 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer dünyadaki toplam ölümün (ortalama 55 milyon) %5’ni oluşturmaktadır. ABD’de her yıl 60.000 kişi partikül madde kirliliğinden ve Yeni Zelanda’da ise hava kirliliğinden 900 kişi ölmektedir. Hava kirliliğinden ölümlerin %90’ı az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir. A.B.D. Kaliforniya’da yapılan bir çalışmaya göre PM₁₀ için günlük ölçüm değeri, 40’ı aştığı zaman erken ölümler başlamakta olup, ortalama yaşı 14 yıl gibi kısaltmaktadır. Havadaki partikül madde kirliliği arttıkça ömürde önemli miktarda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Hava kirliliği çocukların akciğer fonksiyonlarını zayıflatır. Partikül madde, kükürt dioksit, karbon monoksit, ağır metaller, benzen ve azot oksit gibi kirletici maddeler havada belli konsantrasyona ve maruz kalma süresine ulaştığı zaman insan sağlığı ve çevre için olumsuz etki yapmaya başlar (Öztürk, 2008).

Hava kirliliğinin artışı sonucunda;

1. Akciğer kanseri vakalarında artış,
2. Kronik astım krizi vakalarında artış,
3. Göğüs daralması sıklığında artış,
4. Öksürük/balgam sıklığında artış,
5. Akut üst solunum sistemi hastalığında artış,
6. Göz, burun ve boğaz tahribatında artış,
7. Soluk alma kapasitesinde azalma,
8. Artan ölüm,

görülmektedir. Bunun sonucunda da ;

- İş veriminde ve üretiminde düşüş,
- Sağlık tedavi masraflarında artış

Görülmektedir (Yurtseven, 2008).

2.2. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ

2.2.1 Giriş

Dış ortam hava kirliliğinin yanı sıra iç ortam hava kirliliği de sağlık açısından önemli etkiler oluşturmaktadır. İç ortam hava kalitesi son zamanlarda kapalı mekânlarda harcanan kişisel zamanların artması nedeniyle büyük önem taşımaktadır.

İç ortamda birçok kirletici bulunmaktadır. Bu kirleticilerin değerleri dış ortamdaki kaynaklanmakla beraber, iç ortamın sıcaklığına, nemine, iç ortamdaki yapı malzemelerine, iç ortamda kullanılan eşyalara, iç ortamda yaşayan kişilerin hobileri ve bakımları için kullandıkları ürünler ve iç ortamdaki faaliyetlere göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca iç ortamda bulunan eşyaların eskimesi, bakımının gerektiği zaman yapılamaması sonucu da ortama kirletici yayılmaktadır. Yapıyı çevreleyen dış hava da yapı içine havalandırma ve sızma yoluyla girip kirletici yaymaktadır. İç ortamda bulunan bu kirleticiler, iç hava kalitesini etkilemektedir.

İç hava kalitesi havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen tüm noktaları kapsar. Farklı ve düzeyleri sürekli değişen bir takım etkenlerin etkileşimi sonucu oluşmasından dolayı tam olarak tanımlanamayan iç hava kalitesi genel olarak “Normal koşullarda belli karışımlara sahip olan ve içinde insan sağlığı için zararlı madde içermeyen hava” olarak tanımlanmaktadır. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning) 62-1989 ve 2001 standardı ise “kabul edilebilir iç hava kalitesi” olarak isimlendirdiği iç hava kalitesini, *“içinde, bilinen kirleticilerin konsantrasyonlarının, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı düzeylerde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha üzerindeki oranın havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği havadır”* şeklinde açıklamaktadır.

Geçmişte, kapalı ortamda bulunmanın, insanı dış ortamdaki kirli havadan koruduğuna dair bir görüş bulunmaktaydı. Ancak yapılan çalışmalar, insanların uzun vadede iç ortam havasından etkilendiğini ve kirleticilerin önemli sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermiştir. Özellikle 1980’li yıllarda yapılan çalışmalarla kapalı ortam

havasının yapı ve temizlik malzemeleri, boya maddeleri ve ısınma sonucu ortaya çıkan atıklar nedeni ile insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri fark edilmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması kapalı ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990'lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, bilgisayarların yaygınlaşması sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir (Soysal ve diğ., 2007).

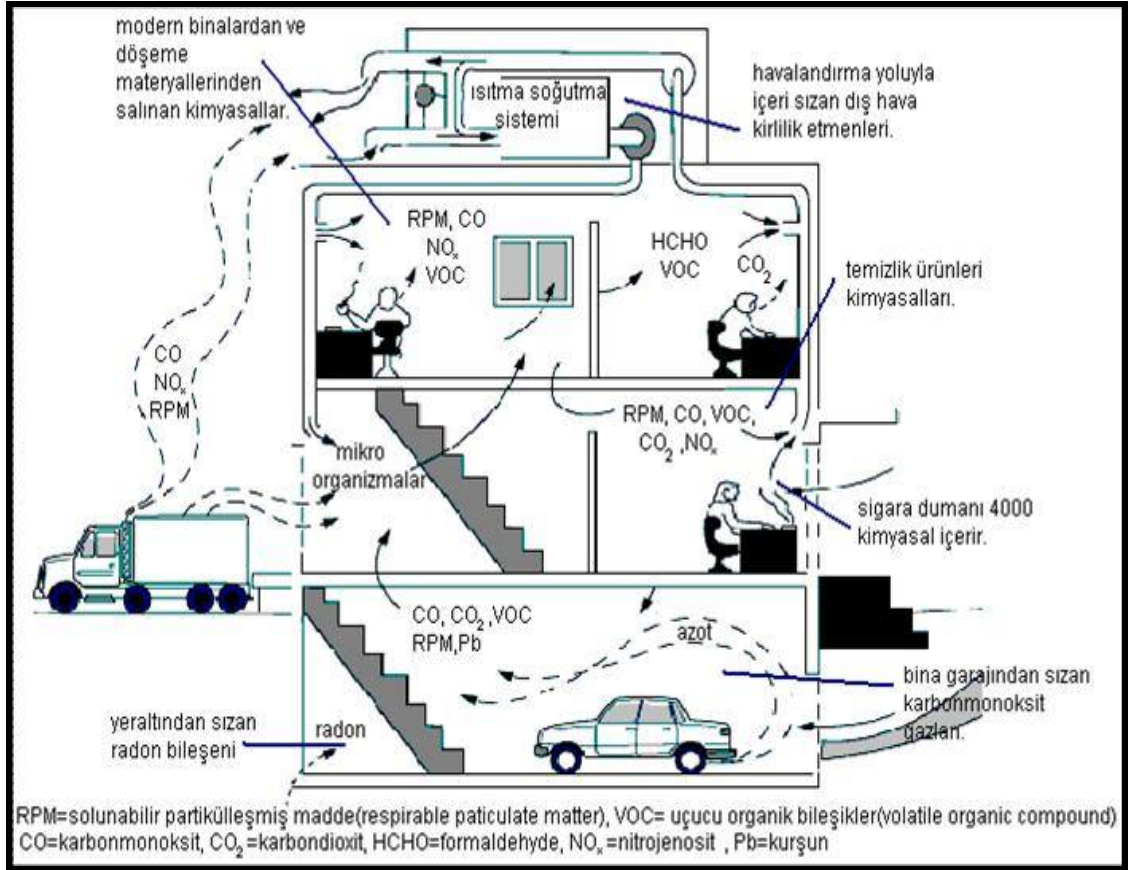
Kapalı ortamlarda ısı, ışık, gürültü gibi faktörlerin yanı sıra, ortam havasının da burada yaşayan kişilerin sağlıkları, rahatlıkları ve verimlilikleri üzerine etkileri vardır. Ancak bu etkilerin yeterince önemslenmemesinin nedeni, kapalı ortam hava kirliliği etkilerinin genellikle uzun sürede ortaya çıkması, yaşamı ve sağlığı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmemesidir (Yurtseven, 2008).

Dış ortamda bulunan kirleticiler (toz, CO₂, O₃, su buharı, VOC vb.) iç ortam ile etkileşimde bulundukları taktirde iç ortam havasını etkilemektedir. Bununla birlikte iç ortamdaki faaliyetler, elektromanyetik dalgalar, iç ortamda sigara içilmesi, yemek yapılması ve bina yapı malzemelerinden kaynaklanan kimyasal maddeler de iç ortam havasını etkilemektedir. Şekil 2.2'de iç ortam hava kalitesinin etkileyen parametreler ve kaynakları gösterilmiştir. Endüstriyel tesiste de iş makinelerinden, motorlu araçlardan (forklift vb.) kaynaklanan kimyasal maddeler de iç ortam havasını etkilemektedir.

Yapılan araştırmalar insanların yaşamlarının %80'ini konutlar, okullar, ulaşım araçları, işyerleri, resmi binalar gibi iç ortamda geçirdiğini göstermektedir. Bu da günlük ortalama 20 saate tekabül etmektedir. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2007 verilerine göre ülkemiz nüfusun %19.5'lik kesimini sanayi çalışanları oluşturmaktadır (www.tuik.gov.tr). Bu kesimin günün ortalama 8 saatini iş ortamında geçirdiği düşünüldüğünde endüstriyel iç ortam kalitesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Endüstriyel tesislerde çalışanlar, üretimde kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak iç ortam havasından oldukça etkilenmekte ve zamanla sağlık problemleri ortaya çıkabilmektedir. Karbon oksitleri (CO_x), azot oksitleri (NO_x), Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH), radon (Rd), formaldehit, su buharı, sigara dumanı, VOC'ler,

partikül maddeler, kullanılan malzemelerden kaynaklanan toksik emisyonlar çalışanlar üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır.



Şekil 2.2: İç Ortam Hava Kirlenmesinin Oluşum Şekli (Yurtseven, 2008)

2.2.2 İç Ortam Kirleticileri ve Kaynakları

İç ortam hava kirleticileri önemli sağlık problemlerine neden olabilecek parametrelerden oluşur. Dolayısıyla pek çok ticari bina ve konutlarda iç ortam hava kalitesine neden olacak birden fazla kaynak bulunmaktadır. Partikülleri ve gazları havaya yayan kaynaklar bina içlerinde hava kirliliğine sebep olan en önemli nedenlerdendir. Yüksek sıcaklık ve rutubet de bazı kirleticilerin konsantrasyonunun artmasına neden olabilmektedir. İç ortamdaki kirleticilerin varlığına neden olan temel etkenler genel olarak;

- İç ortam kaynakları (örneğin, bina materyalleri, yanma kaynakları)
- Dış ortam kaynakları
- Doğal ve mekanik havalandırma

- Bina ve bölmeleri arasındaki dispersiyon
- İç ortamın fiziksel koşulları (rutubet ve sıcaklık gibi)
- Binada yaşayan canlılar

şeklinde belirtilebilir.

Bir sanayi kuruluşunda ise bu kaynaklara ek olarak;

- Sanayide üretim amaçlı kullanılan kimyasallar,
- Kullanılan hammaddenin özelliği,
- İmalat sahasındaki insan sayısı,
- İmalat sahasında kullanılan üretim makineleri ve ekipmanlar,
- Kullanılan iş makineleri (forklift vs),
- Sigara içilmesi

sıralanabilir. Endüstri ve diğer kapalı mekanlarda oluşan kirleticilerin kaynakları Tablo 2.1’te verilmiştir.

Tablo 2.1 İç Ortam Kirleticileri ve Kaynakları

KİRLETİCİ PARAMETRE	KAYNAKLARI
Sigara Dumanı ve Kimyasal Duman	Sigara, pipo, puro vs. içilmesi, sanayide kaynak materyallerinin ergitilmesi, çok yüksek ısıda meydana gelen işlemler ve metallerin buharlaşması.
Asbest	Eskimiş, zarar görmüş veya bozulmuş izolasyon maddeleri, yangına dayanıklı materyaller ve zemin kaplamaları.
Partikül Madde (PM ₁₀ , PM _{2.5})	Havalandırma sistemleri (dışarıdan giren hava), yemek pişirme, süpürme, sanayide katı maddelerin yontularak, ezilerek ve/veya zımparalanarak parçalanması
CO (Karbonmonoksit)	Çıkışı olmayan kerosen ve gaz yüzey ısıtıcıları, sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, mevcut ise garajdaki otomobillerin egzoz dumanları, sigara dumanı, havalandırma sistemi iyi olmayan ocaklar, jeneratörler, dış ortamdan kapalı ortama sızmalar,

	tam yanma meydana gelmeyen gazla çalışan üretim prosesleri
CO ₂ (Karbon dioksit)	Sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, mevcut garajlardaki otomobillerin egzoz dumanları, sigara dumanı ve ortamda bulunan kişiler
Formaldehit	Preslenmiş ahşap ürünler ve mobilyalar, üre-formaldehit izolasyon malzemesi ve sigara dumanı, yanma ürünleri
Kurşun	Kurşun bazlı boya, kirlenmiş toprak, ofislerde yazıcılar ve fotokopi makineleri, kurşunlu maddelerle kaynak, toz ve içme suyu
NO ₂ (Azotoksit)	Kerosen ısıtıcılar, çıkışı olmayan gaz sobalar, ısıtıcılar ve sigara dumanı
SO ₂ (Kükürtdioksit)	Fuel-oil içeren yakıtların yanması, metal ergitme işlemleri,
Biyolojik Maddeler	Islak veya nemli duvarlar, tavanlar, zemin döşemeleri, halılar ve mobilyalar, bakımı yapılmamış nem tutucular, klimalar ve evcil hayvanlar
VOC'ler (Toplam Organik Bileşikler)	Boya, cila, halı kaplama, yapay ahşap levhalar, bazı yalıtım malzemeleri, çeşitli dekorasyon malzemeleri gibi çok sayıda yapı malzemesi ve ev ürünleri endüstrisinde, mobilyalarda, ayrıca bazı temizleyici kozmetik ürünleri
O ₃ (Ozon)	Fotokopi makineleri, sprey olarak kullanılan malzemeler
Pestisitler	Ortamdaki böcekleri öldürmek için kullanılan böcek ilaçları

2.2.3 İç Ortam Kirleticileri ve Sağlık Etkileri

İç ortam hava kirleticilerini temelde gazlar ve partikül madde olarak sınıflandırabilir. Bu kirleticiler için temel tanımlar ve muhtemel sağlık etkileri aşağıda özetlenmiştir.

2.2.3.1 Gazlar

Kapalı mekanlarda bulunabilecek gaz halindeki kirleticiler: CO, CO₂, VOC, O₃, NO₂, SO₂, ve formaldehit'tir.

Sigara Dumanı: Sigara dumanının meydana getirdiği sağlık etkileri arasında; göz, burun ve boğaz tahrişleri, baş ağrısı, akciğer kanseri, kalp hastalıkları, özellikle de çocuklar için solunum güçlüğü ve kulak enfeksiyonları görülürken, astım oluşumunun da tetikleyicisi olduğu belirtilmektedir.

Formaldehit: Özellikle prefabrik evlerde yaşayan insanlar yüksek oranda formaldehite maruz kalmaktadırlar. Sağlık etkilerine baktığımızda; göz, burun ve boğaz tahrişlerine, öksürük, bitkinlik, isilik, alerjik hastalıklara neden olurken, kanser oluşumuna da yol açtığı gözlenmektedir. Diğer bir etkisi de merkezi sinir sistemi üzerinedir. Kısa süreli bellek kayıpları ve anksiyeteye (kaygı, korku, gerilim, sıkıntı hali) neden olabilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri 0,1 ppm – 1,1 ppm düzeylerinde ortaya çıkan formaldehit olası mesleki kanser nedenleri arasında sayılmaktadır (Soysal ve diğ., 2007).

SO₂ (Kükürtdioksit): Kükürt içerikli fosil yakıtların (kömür ve ağır yağlar) yakılması, madenlerin erimesi, volkanlar ve okyanuslar SO₂ kaynağıdır. Bu gaz yanmayan renksiz ve kokusuz bir gazdır.

SO₂ havalandırma yoluyla dış ortamdaki konsantrasyonun sızmasıyla kapalı ortama girmektedir. (SO₂)'in sağlık etkilerine karşı en hassas grup, çocuklar ile dışarıda aktif olan astımlı yetişkinlerdir. Birinci etkisi, hırıltılı solunum, göğüs sıkışması ve kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olan, solunum yollarının daralmasıdır. SO₂ konsantrasyonu ve soluma hızı artarken rahatsızlık bulguları da artar. Maruziyet kesildiğinde, akciğer fonksiyonu bir saat içinde normal haline dönmektedir. Çok

yüksek konsantrasyonlardaki SO_2 ; hırıltılı solunum, göğüs sıkışması, astımlı olmayan kişilerde kesik nefes alma gibi belirtilere sebep olabilmektedir. SO_2 ve ince partiküllere uzun süreli maruziyet, solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve mevcut kalp hastalıklarının daha da ilerlemesine sebep olabilmektedir. Bu etkilere karşı en hassas grup, çocuklar, yaşlılar ve kronik akciğer hastalığı veya kalp hastalığı olan kişilerdir (Yurtseven, 2008).

NO₂ (Azotdioksit): Azot oksitler genellikle havaya NO olarak salınırlar ve atmosferdeki oksijen ve radikaller ile hızlı bir şekilde reaksiyona girerek NO₂'yi oluştururlar. NO nitrik oksit renksiz, kokusuz bir gazdır. Genel olarak dış ortam kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir.

Azotdioksit'in sağlık etkileri arasında; göz, burun ve boğaz tahrişlerine ek olarak akciğer fonksiyonlarını yavaşlattığı ve gençlerde solunum yolu enfeksiyonlarını arttırdığına dair kanıtlar bulunmaktadır.

O₃ (Ozon): Ozon, gözleri, burnu ve boğazı tahriş ederek solunum sistemine zarar vermektedir. Ayrıca çok az miktarda ozonun bile çoğu zaman insan ölümlerine neden olduğu yapılan araştırmalarda görülmektedir.

VOC'ler (Uçucu Organik Bileşikler): Dış ortamda VOC'ler, yanma proseslerinde yakıt yakılması ve taşıma araçlarında yanma sonucu oluşurlar. VOC'ler benzen gibi organik yapıda kimyasal türleri içerirler (Varınca ve diğ. 2008). Düşük ısıda çok çabuk buharlaşabilirler. Toluen, Formaldehit, Metilen klorit, metil kloroform, etilen, m-ksilen, o-ksilen, p-ksilen, benzen, asetik asit, klorobenzen en çok bilinen türleridir.

Kapalı ortamlarda VOC'ler, hayatımızın her alanında kullandığımız eşyalar, evimizde kullanılan yapı malzemeler vs. dolayısı ile sürekli maruz kaldığımız bir kirletici türü olup, insan sağlığına büyük oranda zararlar vermektedir. 2–3 ppm veya daha az düzeydeki VOC ile temasa giren kişilerde göz, burun ve boğazda tahriş gibi alerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir. 4–5 ppm de daha kötü reaksiyonlar ortaya çıkabilmekle beraber hafıza kaybı, hapşırma ve cilt kızarıklıkları oluşmaktadır. 10–20 ppm düzeyinde ise, solunum güçlükleri ile gözlerde, burun ve boğazda yanma meydana

gelebilmektedir. Uçucu organik bileşiklere (VOC) bazı insanlar, özellikle astım hastaları daha duyarlı olmakta ve bu tip hastalarda gözlenen astım krizlerinin başlamasına neden olabilmektedir. Uçucu organik bileşikler (VOC) kanserojen etkiye sahip olduklarından üzerinde dikkatlice durulması gerekmektedir (Yu ve diğ., 2008).

CO (Karbonmonoksit) : Karbonmonoksit renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Dış ortamdaki CO'nun esas kaynağı ulaşımıdır. Dünyadaki karbon monoksit üretiminin yaklaşık olarak %70'inden fazlası, ülkemizde ise % 44'ü ulaştırma sektöründen gelmektedir (IPCC, 2007).

Karbon monoksit düşük konsantrasyonlarda olsa bile oluşturduğu sağlık etkilerini görmek mümkün olabilmektedir. Karbon monoksit vücuda solunum yolu ile girer, vücutta parçalanmaz, solunum yolu ile dışarı atılır. Sağlıklı insanlarda bile düşük konsantrasyonlarda maruziyet sonucu yorgunluk ve kalp hastalarında göğüs ağrılarına neden olabilmektedir. Yüksek konsantrasyonlarda ise görme duyusunun ve iletişimin azalmasına yol açmakla beraber; baş ağrıları, baş dönmesi, dengesizlik ve mide bulantısı gibi şikâyetlerin de olduğu tespit edilmiştir. Daha yüksek konsantrasyonlarda ölümcül sonuçlar doğurduğu yapılan araştırmalarda görülmüştür.

Karbon monoksit zehirlenmesi; Kanda hemoglobinle (kanda oksijen taşıyan eritrositlerin (kırmızı kan hücrelerinin) içeriğinde bulunan bir madde) oksijene göre çok daha fazla (300 kat) birleşerek karboksihemoglobini oluşturur ve oksijen taşınmasını engeller (Soysal ve diğ., 2007). Ortaya çıkan karboksihemoglobin (CO-Hb) hipoksemiye neden olur. Bu oluşum da; havadaki CO konsantrasyonuna, maruziyet süresine ve hemoglobin sayısına göre değişir. Hemoglobinin %20'si CO-Hb'ye dönüştükten sonra baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı kısıma, kan basıncı yükselmesi, bazen pektanjinöz yakınmalar, kulak çınlaması, dalgınlık, genel bitkinlik, bazen kas krampları, ciltte kiraz kırmızısı renk, bilinç kaybı (% 50 CO-Hb oluşumunda), ölüm (% 60-70 CO-Hb oluşumunda) meydana gelir.

Karbondioksit (CO₂): CO₂ dış ortam havasında çok az oranda bulunmaktadır. Fakat miktarı ve değişikliği nedeniyle hayati önemi büyük olan bir gazdır. CO₂'nin dış ortamdaki esas kaynakları insanlar, fabrika, ev gibi konutların bacaları, volkanik

patlamalar ve maden sularıdır. CO₂ miktarını %80 gibi bir oranla fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gaz) kullanılması artırmaktadır (Varınca ve diğ., 2008). Geri kalan kısmı da canlıların solunumları ve mikroorganizmaların organik maddeleri ayrıştırması sonucun oluşmaktadır. Son zamanlarda atmosferde CO₂ miktarının artmasında, ortamdaki CO₂'nin kullanılmasında büyük etkisi olan ormanların yok edilmesinin de önemli katkısı vardır (Varınca ve diğ., 2008). Karbon dioksitin iç ortamdaki ana kaynakları sızdıran bacalar ve fırınlar, gaz su ısıtıcıları, odun sobaları, yanan yüzeyler, gaz sobaları, garajlardaki otomobillerin egzoz dumanları ve sigara dumanı olarak belirtilirken kapalı ortamlardaki kişi sayısı arttıkça ve yeterli havalandırma sağlanmadığı takdirde mevcut CO₂ düzeyi çok daha yüksek seviyelere ulaşabilmektedir.

Dış ortamda bulunan karbon dioksit miktarı 300–400 ppm arasındadır. İş yerlerinde izin verilen uluslar arası en yüksek düzeydeki karbon dioksit miktarı 5000 ppm'dir. Ancak günümüzde genellikle kapalı ortamlarda 1000 ppm düzeyine gelindiğinde o ortamda yaşayanlarda yakınmaların ve şikâyetlerin başladığı bildirilmektedir. EPA ve WHO karbon dioksitin aşılmasında gereken üst değerini 1000 ppm olarak belirtmektedir (Yurtseven, 2008). Karbon dioksitin oluşturduğu sağlık etkileri baş ağrısı, iştahsızlık, göz, burun ve boğaz iritasyonu, üst solunum yolu iritasyonu şeklinde belirtilmektedir.

2.2.3.2 Ağır Metaller

Kurşun: Kapalı ortamlarda en çok bulunan ağır metal kurşundur. Fotokopi makineleri, yazıcılar, kurşunlu maddelerle kaynak iç ortama kurşun yaymaktadır.

Kurşun içme suyu, yiyecek ve havadaki tozlar yardımıyla insan vücuduna girebilmektedir. İnsanlarda kurşuna maruziyet sonrası ortaya çeşitli sağlık etkileri çıktığı gözlenmiştir. Kurşun insan vücudundaki tüm sistemleri etkilemektedir. Kanda 80 µg/dL kurşun bulunması komaya, hatta ölümlere neden olabilmektedir. Düşük seviyedeki kurşun ise böbrek, kan hücreleri ve merkezi sinir sistemine etki etmektedir. 10 µg/dL düzeyindeki kurşun ise zihin ve beden gelişimini zayıflattığı belirtilmektedir (Yurtseven, 2008).

2.2.3.3. Toz Kirleticiler

Kapalı ortamlarda bulunan toz kirleticileri asbest ve partikül maddedir.

Asbest: Asbest, ısıya dayanıklı lifler halinde ayrışma özelliği gösteren hidrosilikat mineral grubunu içermektedir. İnşaat endüstrisinde, ısı yalıtımında, sürtünmeye direnci azaltmak için kullanılmaktadır. Asbest'in oluşturduğu sağlık etkileri kısa sürede ortaya çıkmamakla birlikte; gastrointestinal sistem ve akciğerlerde kansere yol açtığı tespit edilmiştir. Yine akciğerlerde asbestos olarak adlandırılan “fibröz” hastalığı da asbestin neden olduğu en önemli meslek hastalığı olarak bilinmektedir. Sigara içenlerin asbest varlığında akciğer kanserine yakalanma oranının daha yüksek olduğu da belirtilmektedir (Yurtseven, 2008).

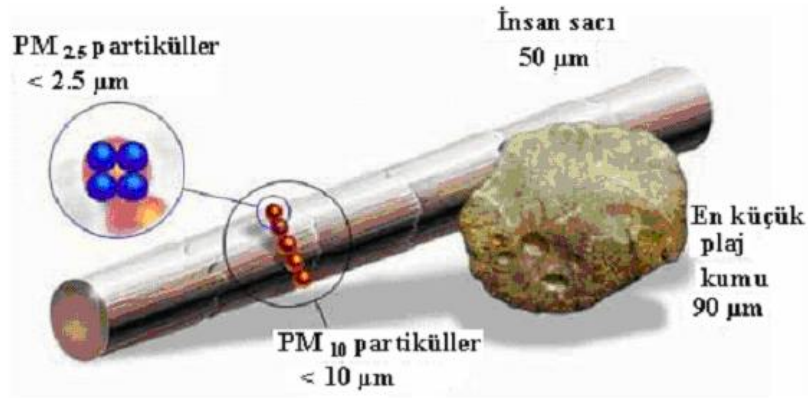
Partikül Madde: PM, kompleks, partikül boyut dağılımı ve kimyasal özellikleri zamana ve mekana göre değişkenlik gösteren ve özellikleri atmosfer kimyasına, hava koşullarına ve verildiği kaynağa göre değişebilen bir hava kirleticidir. Partiküler katı veya sıvı bir maddenin tek bir molekülünden (yaklaşık 0.002µm çapında) büyük, 500 µm den küçük fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı maddelerden meydana gelmiş ve ortam havasında bulunan tanecikler olarak tanımlanırlar (Şahin, 2005).

Partiküller Tablo 2.2’de görüldüğü gibi, şekillerine göre küresel ve küresel olmayan partiküller olmak üzere 2’ye ayrılırlar.

Tablo 2.2 Şekillerine Göre Partiküller (www.epa.gov)

Küre şekli (solid sphere)	
Boş küresel kabuğu (hollow sphere)	
Düzensiz şekildeki partikül (solid irregular)	
Kabuk (flake)	
İplik (fiber)	
Yoğunlaşmış flok (condensation floc)	
Küme (aggregate)	

PM'ler genel olarak 10-2.5 μm arasındaki partikül boyutlarına sahip "*kaba partiküller*" ($\text{PM}_{10-2.5}$) ve 2.5 μm 'den küçük "*ince partiküller*" ($\text{PM}_{2.5}$) olarak sınıflandırılmaktadır. Partiküller maddeler (PM)'in en önemli fiziksel özellikleri büyüklükleridir ve partikülün aerodinamik (fiziksel) çapıyla ifade edilip, boyutları mikrometre (μm) ile tanımlanır. 50 μm den büyük olan partiküller çıplak gözle görülebilirlerken 0,005 μm den küçük olanları ancak elektron mikroskobu ile gözlenebilirler. PM boyutunun insan saçı ve plaj kumu ile kıyaslanması Şekil 2.3'de gösterilmiştir. 0,5 μm den küçük olan partiküllerin havadaki hareketleri difüzyon ile gerçekleşir ve bu nedenle bu partiküller Stokes çapı (D_p) ile ifade edilirler. Çapı 0,5 μm 'den büyük olan partiküler maddelerin havadaki hareketlerinde ise çökme, etkili mekanizma olduğundan çapları fiziksel çap (D_a) ile ifade edilir ve partikülün yoğunluğuna bağlıdır (Şahin, 2005).

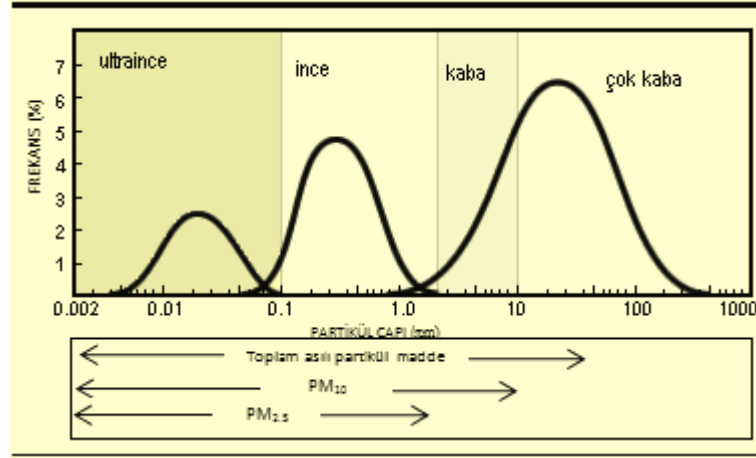


Şekil 2.3: PM Boyutunun İnsan Saçı ve Plaj Kumu İle Kıyaslanması (Öztürk, 2008)

EPA tarafından partiküller boyutuna göre 5'e ayrılırlar:

- Toplam asılı partiküller madde (TSP): Aerodinamik çapı 25-45 μm ($1\mu=0.001\text{ mm}$) arasında olan havada asılı olan partiküllerdir.
- PM_{10} : Aerodinamik çapı 10 μm 'den daha küçük olan partiküllerdir.
- $\text{PM}_{2.5}$: Aerodinamik çapı 2.5 μm 'den daha küçük olan partiküllerdir.
- 1 μm 'den küçük partiküller: Aerodinamik çapı 1 μm 'den küçük olan partiküllerdir.
- Yoğunlaşma ile oluşan partiküller: Buhardan oluşan partikül maddelerdir. Bunlar genellikle doğal olmayan olaylar sonucu yani partikül madde oluşturmak için meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşur. Bacada yoğunlaşan

ve/veya çevre havasında soğuma veya yoğuşma sonucu oluşur. Atmosferdeki partiküller maddenin boyut dağılımı genel olarak Şekil 2.4’de verilmiştir.

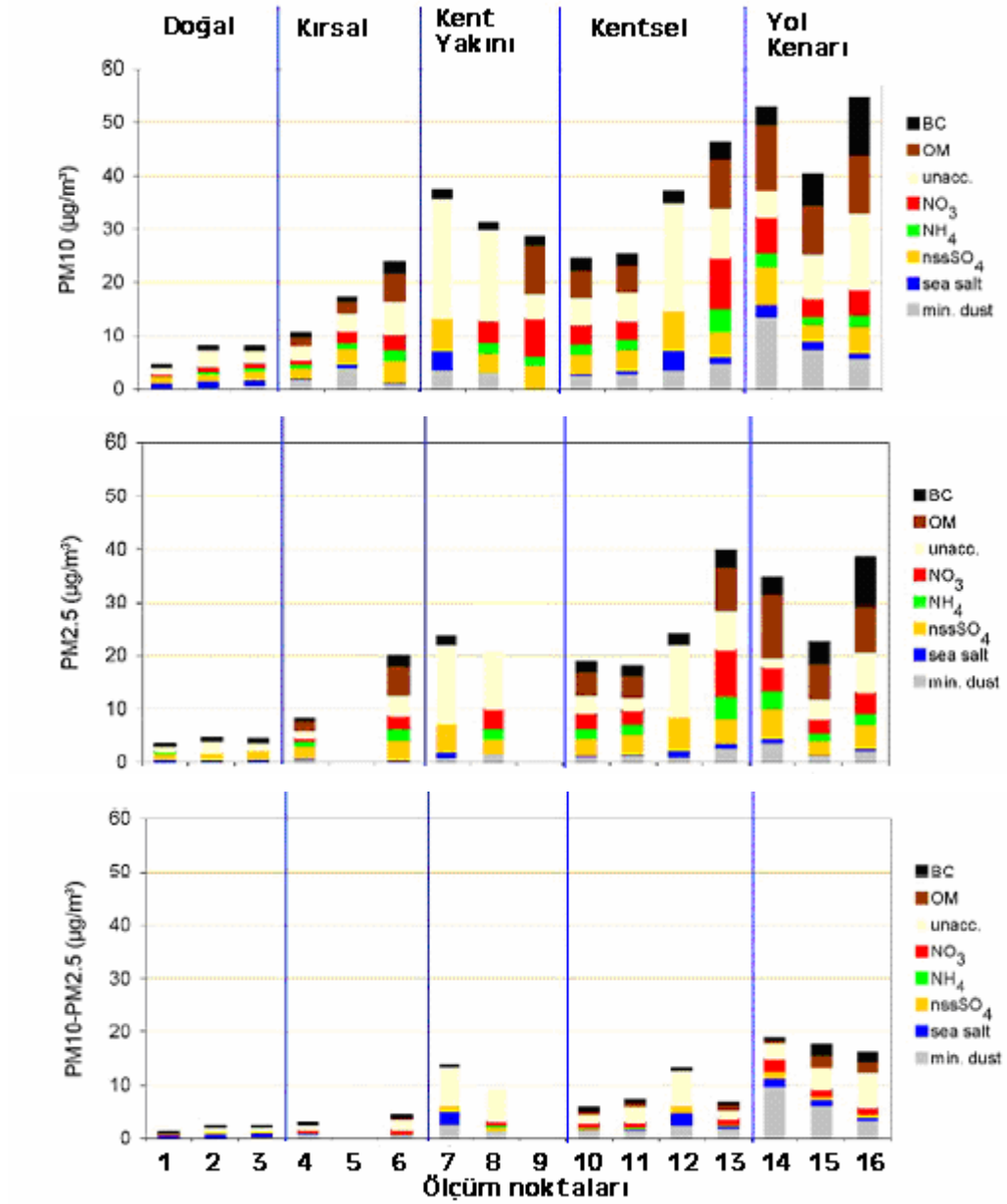


Şekil 2.4: Partikül Maddenin Atmosferde Dağılımı (EPA, 2008)

Hava kirletici olan gazlarla kıyaslandığında PM’lerin kimyasal karakterlerinin belirlenmesi oldukça kompleks bir konudur. Çünkü PM’ler birçok farklı boyutta ve her boyut çok bileşenli farklı bir kimyasal içeriğe sahiptir. Avrupa’nın farklı 16 noktasında 1998 ve 2001 yılları arasında, benzer numune toplama ve analitik analiz metotları kullanılarak, doğal ve kirliliğin olduğu bölgelerde yapılan ölçümler neticesinde PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve $PM_{10-2.5}$ içeriğindeki temel bileşenlerin yıllık ortalama konsantrasyonları belirlenmiş ve bölgelere göre PM boyut ve kimyasal yapı değişimi Şekil 2.5’de grafiksel olarak gösterilmiştir (Şahin, 2005).

Atmosferdeki PM’lerin kaynağı birincil ve ikincil olmak üzere 2’ye ayrılır. Kaynağından (toprak, deniz ve okyanus yüzeyleri, volkanlar, orman yangınlar vs) ve insan faaliyetleri sonucu atmosfere direk verilmesi kaynaklara "*birincil*", oksijen (O_2) ve su buharı (H_2O) içeren atmosferdeki gazların kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonlar sonucu atmosfere verilmesi de "*ikincil*" kaynak olarak tanımlanmaktadır. Pek çok kaba partikülün orijini birincil partiküldür ve biyolojik partikülleri, tarım ve inşaat faaliyetleri sonucu oluşan partikülleri, deniz aerosollerini ve yollardan kaynaklı tozları içermektedir. İnce PM’lerin orijinleri ise temelde ikincil partiküllerdir ve azotoksitler, kükürtoksitler, uçucu ve diğer organik bileşikler, atmosferik oksijen, su buharı, ozon, hidroksil ve nitrat radikaller ve sülfatlardan oluşmaktadır. İnce partiküllerin diğer temel orijinleri ise güç santrallerinde yakıt yanması ve hidrokarbon içerikli yakıtların

araçlarda yanması gibi yüksek sıcaklıktaki prosesler oluşturmaktadır ve bunlar birincil emisyonlardır (Steekeva, 2009, 2005)



Şekil 2.5: Avrupa'nın Farklı 16 Noktasındaki Atmosferik Partiküller Maddelerin (PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{10-2.5}) Temel Kimyasal Bileşenlerinin Yıllık Ortalama Konsantrasyonları (Şahin, 2005)

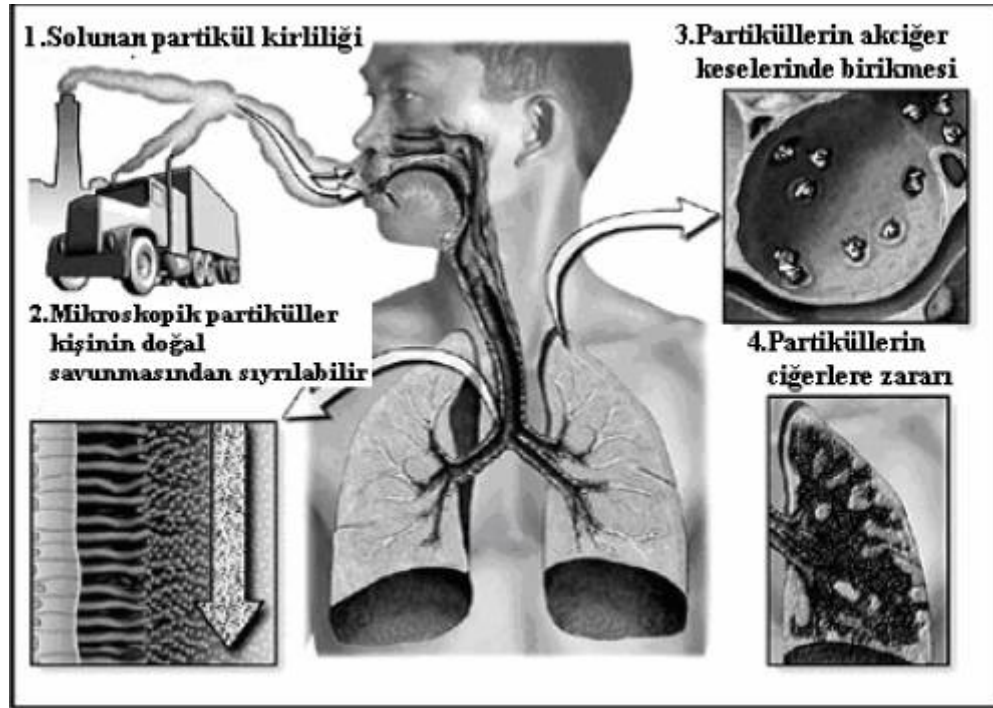
İç ortamda ise partikül maddelerin büyük bir kısmını dış ortamdan havalandırma sistemleri, pencere kapı açma vs. işlemleri vasıtasıyla içeri girenler oluşturmaktadır. Diğer kaynakları arasında iç ortamda sigara içme, süpürme ve yemek pişirme gibi işlemler yer almaktadır.

PM_{2.5} fraksiyonu atmosferde uzun bir zaman kalabilir ve çok uzun mesafelere taşınabilir. Buna karşın PM_{10-2.5} fraksiyonu atmosferde sadece dakikalar veya saatler boyunca kalabilir ve kaynaklandığı bölgede etkisini gösterir. Dolayısı ile ultra ince ve ince partiküller sağlık etkisi bakımından kaba partiküllerden daha etkilidir

Partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi o kadar artmaktadır. 10 µm den küçük boyutlu partikül maddelerin sağlık üzerine olumsuz etkisi çok daha büyüktür.

Daha önce yapılan bilimsel çalışmalarda, insanlarda gözlenen sağlık etkileri ve PM'in özellikleri arasındaki bağlantı dikkate alınmamıştır. Ancak son zamanda yapılan çalışmalarda çeşitli yakma prosesleri, hareketli ve sabit kaynaklardan verilen PM ile kalp ve solunum sistemi rahatsızlıklarından meydana gelen hastalık ve ölüm oranları arasında doğrusal ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır (Şahin ve Onat, 2008). Partikül madde insan vücuduna 3 yolla girmektedir: Solunum yoluyla, deri yoluyla ve besin yoluyla. Vücuda vereceği etkiler de kimyasal karakterizasyon ve partikül çapına göre değişiklik göstermektedir. Olumsuz sağlık etkileri, hem kısa periyotlarda (bir gün gibi) hem de daha uzun periyotlarda (bir yıl veya daha uzun) PM maruziyeti halinde oluşur. Partiküler maddenin akciğerler üzerinde oluşturacağı hasar Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Bunun yanında tablo 2.3'te de görüldüğü gibi partikül maddelerin insan vücuduna verdiği etkiler çaplarına göre değişiklik göstermektedir.

2.5 µm den küçük çaplı partikül maddeler solunum yolu ile akciğere kadar ulaşırlar. Bazıları kana dahi karışabilir. Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Cıva, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ve kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler, sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir. Duman bileşenlerinde bulunan çinko amonyum sülfat, akciğerde sülfürik aside dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel egzoz partikülleri benzo (a) pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiklerinden bunların uzun süre solunması durumunda kanser yaptığı bilinmektedir (Öztürk, 2008).



Şekil 2.6: Partikül Maddelerin Akciğer Üzerinde Verdiği Hasar (Öztürk, 2008)

Tablo 2.3: Partikül Boyutu ve Solunum Sistemi Arasındaki İlişki (Şahin ve Onat, 2008)

11 μm ve yukarısı	Solunum sistemine girmez
7-11 μm arası ve yukarısı	Burun içinde tutulur
4.7-7 μm	Boğazda (yutak) tutulur
3.3-4.7 μm	Nefes borusu ve ön broşlarda tutulur
2.1-3.3 μm	Orta kısımdaki broşlarda tutulur.
1.1-2.1 μm	En uç broşlarda tutulur
0.65-1.1 μm	Solunum borusunda tutulur
0.43-0.65 μm	Akciğer alveollerinde tutulur.

*U.S. EPA Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartı (NAAQS), aerodinamik çapı 10 μm 'den az olan partikülleri solunabilir partikül olarak tanımlar.

PM_{2.5}; akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta, bu da nefes darlığına neden olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akuttan daha çok kroniktir. Uzun süre partikül madde kirliliğine maruz kalındığında akciğerde partikül madde birikmesi sonucu kalıcı sağlık problemleri görülmektedir (Öztürk, 2008).

PM₁₀ konsantrasyonuna maruz kalma süresi hem akciğer hem de kalp fonksiyonunu olumsuz etkiler. Astım, kalp ve akciğer hastaları partikül madde kirliliğinden daha fazla olumsuz etkilenmektedir. Havada partikül madde konsantrasyonunun arttığı bölgelerde sağlık kurumlarına müracaatlarda artışlar görülmektedir. Partikül madde kirliliği bazı kalp ve akciğer hastalarının ölümüne neden olmaktadır. Kısa süreli olarak PM₁₀ kirliliğine maruz kalındığında akciğer hastalıkları kötüleşir. Kalp hastası olan kişilerde kalp atışları hızlanır. Partikül madde kirliliğinin yüksek olduğu şehirlerde özellikle yaşlıların hastaneye müracaatlarında ve kalp ve akciğer hastası yaşlıların ölümlerinde artışlar görülmektedir (Öztürk, 2008).

Son yıllarda işyerlerinde yetersiz havalandırma sonucu partikül maddeye maruz kalan çalışanlarda buna bağlı hastalıklar geliştiği gözlenmiştir. Elazığ'da Turgut ve diğ. tarafından 2003 yılında oto sanayisinde 142 boyacı üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Bu kişilerin üzerinde solunum fonksiyon testi (SFT) ve fizik muayene ölçüm yapıldıktan sonra, şikayeti olan ve SFT'sinde bozukluk olan kişilere pik ekspiratuar akım hızı (PEFR) takibi ve reversibilite testi yapılmış ve bu işçilere 1 hafta izin verildiğinde bu semptomlarda %20 azaldığı gözlenmiştir.

Ülkemizde partikül maddeye maruziyet yönünden riskli olan endüstriler Tarım-Orman-Avcılık, Madencilik, Petrol-Kimya-Lastik, Gıda, Dokuma, Deri, Ağaç, Kağıt, Basın-Yayın, Metal, Gemi, Enerji gibi endüstrilerdir. Türkiye nüfusunun çalışan kesiminin %19.5'luk kısmının da sanayi çalışanı olduğu düşünüldüğünde partikül maddeden kaynaklanan risklerin özellikle işyerlerinde azaltılması yönünde çalışmaların yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

2.2.3.4 İç Ortam Fiziksel Koşulları

Sıcaklık: Çalışılan ortamda ısı; verim, dikkat ve öğrenme açısından önemli bir yere sahiptir. Fazla ısı çalışanda uyuşukluk ve verimin düşmesine, düşük ısı da dikkatin dağılmasıyla birlikte verim düşüklüğü ve iş kazalarına neden olmaktadır.

Nem: Havadaki su buharı olarak tanımlanan nemin yüksekliği ve düşüklüğü de iç ortamda önemli etkilere sahiptir. İnsan sağlığı ve üretkenliği açısından nem miktarı

%40–60 arasında olması gerektiği vurgulanmaktadır (Yurseven, 2008). Havanın çok kuru olduğunda dudak çatlakları, göz kaşıntıları, burun kuruluğu, boğaz ağrıları ve sinüs kaynaklı baş ağrısı sağlık etkileri olarak sıralanabilmektedir

2.2.4 Hasta Bina Sendromu

Hasta bina sendromu (HBS) iyi tanımlanmış bina ilişkili hastalıklardan biridir. Bina ilişkili hastalıklar iç ortamdaki karşılaşmalar sonucu oluşur ve spesifik olarak tanı alabilirler. HBS için kabul edilmiş uluslararası bir tanım veya oluşumu için uygun bir teori yoktur. Semptomlar genel popülasyonda yaygın olarak görülebilen semptomlardır ve iki gruba ayrılırlar: Hasta Bina Sendromu ve Yapıyla Bağlantılı Rahatsızlıklar (BRI). Bu semptomlar;

Hasta Bina Sendromu:

- Baş ağrısı
- Göz, burun ve boğazda tahriş, kızarıklık
- Çok sıklıkta enfeksiyon ve kuru öksürük
- Hırıltılı nefes alma, ses kısıklığı
- Ciltte kaşıntı veya kuruma
- Baş dönmesi ve mide bulantısı
- Konsantrasyonda güçlük
- Yorgunluk
- Kokulara karşı hassasiyet

Belirtilerin nedeni tam olarak bilinmemektedir. Şikayetlerin çoğu yapıdan ayrıldıktan sonra azalmakta veya yok olmaktadır (Esin, 2004).

Yapıyla Bağlantılı Rahatsızlıklar

- Öksürük
- Nefes darlığı
- Ateş
- Üşüme
- Kas ağrıları

Belirtiler klinik olarak tanımlanabilmekte ve nedenleri kesin olarak teşhis edilebilmektedir. Şikayetler yapıdan ayrıldıktan sonra da devam etmektedir (Esin, 2004).

2005 yılında Tuncer ve arkadaşı tarafından Hacettepe Üniversitesi'nde Hasta Bina Sendromunu açıklayan bir çalışma yapılmıştır. Özelliğinin bazı binalarda bazı nonspesifik semptomların oluşu ve bunların spesifik bir nedenle açıklanamaması olarak açıklanan, Hasta Bina Sendromu'nun içerisinde fizyolojik anormallikler bulunmamasına ve kalıcı sekeller çok nadir olmasına rağmen genel popülasyonda da çok yaygın olarak görülebilen mukus membran irritasyonu, nörotoksik etkiler, solunum ve deri problemleri gibi rahatsız edici semptomlar bulunduğu belirtilmiştir. Nedenleri arasında iç ortam havası bileşikler ve yetersiz havalandırmanın sayılabileceğinin belirtildiği çalışmada, binadaki iç hava kalitesinin değerlendirilmesinin HBS'nin tanısında çok önemli bir yeri olduğu söylenmiştir.

2.2.5 İç Ortam Hava Kalite Standartları

İç hava standartlarının amaçları kapalı ortamlarda bulunan kirleticilerin kontrol altına almak ve insanları bu kirleticilerin zararlı etkilerinden korumaktır. Türkiye'de iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalar 2001 yılında kurulan İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi tarafından yapılmaktadır. Bugüne kadar Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan yasa ve yönetmeliklerle kontrol altına alınmak istenirken henüz iç hava kalitesi standartları konusunda ülkemizde belirlenmiş değerler yoktur.

Hava kalitesi standartları konusunda da Türkiye'de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu'na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) uygulamaya konmuştur. Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amacı ile bu yönetmeliği 3 farklı yönetmelik olarak düzenlemiş ve yürürlüğe koymuştur. Bunlar, 7 Ekim 2004 tarih, 25606 sayı ile "*Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*" (EKHKKY) ve 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayı ile "*Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*" (IKHKKY) ve 6 Haziran 2008

tarikh ve 26898 sayı ile “*Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*” (HKDYY) olarak yayınlanan yönetmeliklerdir.

HKDY’nde hava kalitesi sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri göstermektedir ve “1 yıl süre boyunca yapılan ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan ve aşılmaması gereken değer” olarak tanımlanmaktadır. KVS ise, kısa sürede hava kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir ve “maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları, sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95’ini aşmaması gereken değerler” olarak tanımlanır.

PM_{2.5} hava kirleticisi için yönetmelikte henüz bir standart mevcut olmayıp PM₁₀ için standart değer mevcuttur. Uluslar arası ve Türkiye’de hava kalitesi konusunda yayınlanmış olan standartlar Tablo 2.4’te verilmiştir.

Tablo 2.4: Ortam Kirleticileri ve Standart Değerleri.

Parametreler	US-EPA	WHO	HKDY
CO	9 (ppm)	9 (ppm)	Geçiş dönemi: 30 mg/m ³ 2014 yılı sonrası: 10 mg/m ³
CO ₂	1000 (ppm)	1000 (ppm)	-
Ozon	0,05 (ppm)	0,12 (ppm)	2022 yılı sonrası: 120 µg/m ³
SO ₂	70 (ppm)	70 (ppm)	Geçiş dönemi: 400 µg/m ³ 2014 yılı sonrası: 200 µg/m ³ -
VOC	3 (ppm)	1-3 (ppm)	-
Sıcaklık *	22,5-25,5 (°C)	22,5-25,5 (°C)	-
Nem*	≤70	≤70	-
PM ₁₀	150 µg/m ³	150 µg/m ³	Geçiş dönemi: 300 µg/m ³ 2014 yılı sonrası: 90 µg/m ³
PM _{2.5}	35 µg/m ³	-	-

* İç Ortam Kalitesi için sınır değerlerdir.

EPA ve Bölgesel Otoriteler bölgesel hava kalitesi bilgilerini değerlendirmek için Halk sağlığı düşünülerek oluşturulan Hava Kalitesi İndeksi-HKİ (Air Quality Indeks-AQI) ifadesini kullanırlar. Bu amaçla EPA tarafından hava kirletici parametreler için tanımlanan HKİ değerleri Tablo 2.5’da verilmiştir. Kirletici konsantrasyonunun, HKİ ifadesine dönüştürülmesi için aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$Indeks = \frac{C_i}{S_i} 500 \quad [1]$$

Bu denklemde kirletici konsantrasyonu, ilgili standardın bir oranı olarak tanımlanmaktadır. Denklemdeki C_i ve S_i ifadeleri sırasıyla ölçülen kirletici konsantrasyonunu ve standarttaki değerini göstermektedir.

Tablo 2.5: EPA Hava Kalitesi İndeks (HKİ) Kategorileri ve Sağlığa Etkileri.

<i>İndeks</i>	<i>Sağlık Seviyesi</i>	<i>Genel</i>	<i>PM</i>	<i>CO</i>
0-50	İyi	Yok	Yok	Yok
51-100	Orta	Yok	Nadiren hassas kişiler, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdırlar.	Yok
101-150	Hassas gruplar için sağlıklı	Astımlı kişiler, dış ortamdaki efor sarfını sınırlandırmalıdır.	Kalp ve solunum hastalığı olan kişiler, yaşlı ve çocuklar, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdırlar.	Agina gibi kalp hastalığı olan kişiler dış ortamda yoğun efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınılmalıdır.
151-200	Sağlıksız	Çocuklar, astımlılar, kalp ve akciğer hastalığı olan kişiler, dış ortamdaki efor sarfını sınırlandırmalıdır.	Kalp ve solunum hastalığı olan kişiler, yaşlı ve çocuklar, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdırlar. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdırlar.	Agina gibi kalp hastalığı olan kişiler dış ortamda orta efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınılmalıdır.
201-300	Çok Sağlıksız	Çocuklar, astımlılar, kalp ve akciğer hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmemeli; bunun dışında herkes dış ortamdaki efor sarfını sınırlandırmalıdır.	Kalp ve solunum hastalığı olan kişiler, yaşlı ve çocuklar, dış ortamdaki tüm fiziksel aktivitelerden kaçınılmalı. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdırlar.	Agina gibi kalp hastalığı olan kişiler dış ortamda efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınılmalıdır.
301-500	Tehlikeli	Çocuklar, astımlılar, kalp ve akciğer hastalığı olan kişiler, iç ortamda kalmalı; bunun dışında hiç kimse dış ortamda efor sarfetmemelidir.	Kalp ve solunum hastalığı olan kişiler, yaşlı ve çocuklar, evlerinde kalmalıdırlar ve aktivitelerini düşük seviyede tutmalıdırlar. Bunun dışında herkes, tüm fiziksel aktivitelerden kaçınılmalıdır.	Agina gibi kalp hastalığı olan kişiler dış ortamda efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınılmalıdır. Bunun dışında herkes yoğun efor sarfından kaçınılmalıdır.

2.2.6 İç Hava Kalitesi İyileştirmesi

İç ortam havasının kirleticilerin azaltılması için yapılan çalışmalar insan sağlığını korumaya yönelik çalışmalardır. Bu kirlilik azaltma yöntemleri iç havada bulunan kirleticilere yönelik olmalıdır. Aksi taktirde alınan önlemlerin bir faydası olmayacaktır. İç ortam hava kirliliğini kontrol etmek için temelde üç ana yöneme başvurulması gerekmektedir. Bunlar:

- a) Kaynakta kontrol,
 - b) Havalandırma sistemlerinin geliştirilmesi,
 - c) Hava temizleyicilerin kullanımının yaygınlaştırılması
- şeklinde belirtilmektedir.

Kontrol yöntemlerinden en etkili olan yöntem, kirliliği kaynağında azaltmak ve hatta yok etmektir. Kirlilik yaratan malzemeyi değiştirmek bu anlamda önemli derecede etkilidir. Örneğin endüstride kullanılan kimyasalları değiştirip daha az kirlilik yaratan kimyasallar kullanmak ortamdaki kirliliği azaltabilmektedir. Diğer bir yöntem de havalandırma sistemleridir. Çok çeşitli olan havalandırma sistemlerinde de önemli olan etken, dış ortamdaki havanın temiz olmasıdır. Temizliğinden emin olunmayan bir hava girişi mevcut ise bu havayı havalandırma sisteminde tutmak gerekecektir ve bu yöntemle çalışan bir havalandırma sistemi kurulması gerekecektir. Ayrıca kapının ve pencerenin de kontrollü bir şekilde açılması da havalandırma yöntemleri arasında yer almaktadır. Diğer bir yöntemde içerideki havayı hava temizleyiciler kullanarak temizlemektir. Kullanılacak bu temizleyiciler, seçilirken bünyelerinde çok fazla miktarda kirletici tutanlar seçilmelidir. Ayrıca kullanılan bu temizleyicilerin bakımları ve onarımları düzgün bir şekilde yapılmalıdır. Aksi taktirde ortama kirlilik yayan araçlar olabilirler.

Yua ve diğ. (2008) tarafından Çin'deki klima sistemlerini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, partikül madde, birincil gaz kirleticiler (CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₃, radon ve VOCler) ve ikincil gaz kirleticilerin (ozonla ve bazı hidrokarbonlarla reaksiyona girerek oluşan bileşikler) temizliği için kullanılabilecek sistemler araştırılmıştır. Bunlar;

- 1- Dış ortam hava sistemleri,

- 2- Bağımsız sıcaklık ve nem kontrol sistemleri,
- 3- Yüksek soğutma ve hava değişim sistemleri,
- 4- Kişisel havalandırma,
- 5- Zemin altı hava dağıtımı,
- 6- Kirlilik kaynağı kontrolü,
- 7-İç ortam hava temizleme yöntemlerinden filtrasyon, adsorbsiyon, fotokatalitik oksidasyon, negatif hava iyonlarının filtrasyonu, soğuk plazma yöntemleridir.

2.3 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Çalışma hayatı; çalışanın bedensel, ruhsal ve sosyal iyilik düzeyini belirleyen en önemli etkidir. İş sağlığı ve güvenliği sürekli gelişen ve değişen dinamik yapısı ile gelişmekte olan ülkelerde olduğu kadar gelişmiş sanayi ülkelerinde de toplumun gündemindedir. Ülkemizde de Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde son dönemlerde çok büyük önem arz eden İş Sağlığı ve Güvenliği, başta inşaat sektörü olmak üzere diğer birçok ağır ve tehlikeli sanayi kollarında (metal, madencilik, kimyasal madde üretimi gibi), yayınlanmış olan kanun ve yönetmelikler çerçevesinde uygulanmaktadır. Metal sektöründe de üretim sahasında çalışan açısından risk çok fazladır. Makinelerin yaratacağı risklerin yanı sıra ortam havasında bulunan tozlar, kimyasal maddeler, kirlетici gazlar ve sıcaklık gibi faktörler de çalışan açısından büyük risk teşkil etmektedir.

Çalışma ortamının, çalışanın sağlığını olumsuz yönde etkilememesi istenir. Özellikle imalat ortamında üretim gereği birçok kirlетici parametre bulunabilmektedir. Bu parametrelerin yeterince tanınmaması, temizlenmemesi ve yeterli koruma önlemi alınmaması çalışanların sağlığını büyük oranda etkilemektedir. Bu nedenle ülkemizde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı olmak üzere yetkili makamlarca Bölüm 2.2'de tanımlanan kirlilik parametrelerinin standart değerlerin altında olması istenir.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün yaptığı tanıma göre iş sağlığı, bütün mesleklerde çalışanların bedensel, ruhsal ve sosyal yönden iyilik hallerinin en üst düzeyde tutulması, sürdürülmesi ve geliştirilmesi çalışmalarıdır. İş sağlığı, işçilerin, eş ve çocuklarının iyilik hallerinin en üst düzeye çıkarılması, yaşam

koşullarının iyileştirilmesi, yalnız çalışma çevresinde değil yaşam çevresinde de sağlık zararlarından korunmaları, yeteneklerine uygun işlerde çalışmaları ve her türlü stres etkilerinden olabildiğince korunarak, sağlıklı insanlarla, sağlıklı ve kaliteli bir üretim temin etmeleri demektir (Yardım ve diğ., 2007).

2.3.1 İş Sağlığı ve Güvenliği'nin Türkiye'deki Tarihsel Gelişimi

Türkiye Cumhuriyeti tarihinde çalışma haklarının korunması ile ilgili ilk önlem Cumhuriyet'in kuruluşundan önce 1921 tarihine rastlar. Bu yıllarda, Bağımsızlık Savaşımızda kullanılan tek enerji kaynağı kömür olduğundan, kömür üretiminin kesintisiz sürdürülebilmesi büyük önem kazanmıştır. Bu sürekliliğin sağlanması amacıyla büyük bir işçi kitlesinin ağır çalışma koşulları içinde bulunduğu Zonguldak ve Ereğli Kömür İşletmelerinde konunun üzerinde önemle durulmuş ve arka arkaya iki yasa çıkarılmıştır. 114 ve 151 sayılı yasalar kömür işçilerinin çalışma koşullarının düzeltilmesine yönelik hükümler getirmiştir (www.isggm.gov.tr).

Birinci Türkiye Büyük Millet Meclisi döneminde 4 Mart 1923 tarihinde İzmir'de toplanan I. İktisat Kongresi'nde işçi delegeler 30 maddelik bir öneri listesi sunmuştur. Bu öneriler daha sonraları gerçekleşen bir kısım yasaların çekirdeklerini oluşturmuştur (www.isggm.gov.tr).

Sanayileşmede sağlanan gelişmelerin yarattığı sorunların giderilmesi amacıyla Cumhuriyet döneminde işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili pek çok yasa, tüzük, yönetmelik çıkarılmıştır. Cumhuriyetin ilanından sonra ilk yasal düzenleme 2 Ocak 1924 tarih ve 394 sayılı Hafta Tatili Yasası olmuştur. Bu yasa Cumhuriyet döneminde işçi sağlığı ve iş güvenliği konusundaki ilk olumlu düzenlemelerden birisidir. 1926 yılında yürürlüğe giren Borçlar Yasası'nın 332'nci maddesi işverenin iş kazaları ve meslek hastalıklarından doğan hukuki sorumluluğunu getirmiştir. Hizmet akdi ve işin düzenlenmesi ile ilgili yeni hükümler getiren bu yasa sosyal güvenlikle ilgili herhangi bir zorunluluk getirmemekle birlikte iş kazası ve hastalık hallerinde işçi yararına bazı hükümler içermektedir (www.isggm.gov.tr).

Ülkemizde iş yasasının bulunmaması nedeniyle işçi sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili hükümler taşıyan Umumi Hıfzıssıhha Yasası ve Belediyeler Yasası 1930 yılında yürürlüğe konulmuştur. 1580 sayılı Belediyeler Yasası'na göre işyerlerinin işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden bazı açılardan denetlenmesi görevi belediyelere verilmiştir. 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Yasası'nın 7'nci kısmı işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden bugün bile çok önemli olan hükümler getirmiştir. İşyerlerine sağlık hizmetinin götürülmesi görüşü bu yasa ile başlamıştır. Yasanın 173-178 maddeleri ile endüstriyel kuruluşlarda, çocuk ve kadınların çalıştırılma koşulları, işçiler için gece hizmetleri, gebe kadınların doğumdan önce ve sonraki çalıştırılma koşulları, işyerlerindeki işçi yasağı konuları hükme bağlanmıştır (www.isggm.gov.tr).

Daha sonra 1936 yılında yürürlüğe giren ve çalışma yaşamının birçok sorunlarını kapsayan 3008 sayılı İş Yasası ile ülkemizde ilk kez işçi sağlığı ve iş güvenliği konusunda ayrıntılı ve sistemli bir düzenlemeye gidilmiştir. Bu yasa hükümlerine göre 1 yıl içinde kurulması planlanan Çalışma Bakanlığı'nın kurulması ancak, 1945 yılında gerçekleşebilmiştir. 28 Ocak 1946 tarihli 4841 sayılı Çalışma Bakanlığı kuruluş yasasının birinci maddesi ile Bakanlığın görevleri arasında sosyal güvenlikle yer almıştır. Mevzuatımıza sosyal güvenlik ilk kez bu yasa ile girmiştir. İşçi sağlığı ve iş güvenliğine yönelik çalışmaların tek elden yürütülmesi amacıyla Çalışma Bakanlığının kurulması sonrasında bu görev İşçi Sağlığı Genel Müdürlüğü'ne verilmiştir. Bu olayı takiben 81 sayılı Uluslararası Çalışma Sözleşmesinin 9.uncu maddesinin onaylanmasına dair 5690 sayılı yasa 13 Aralık 1950 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu yasa gereği olarak işyerlerinin işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden denetimini yapmak, çalışma yaşamını düzene koymak, yol gösterici uyarılarda bulunmak üzere hekim, kimyager ve mühendis gibi teknik elemanların görevlendirilmesi ile ilgili 174 sayılı Yasa çıkarılmıştır. Adı geçen yasanın onayından sonra ilk kez 12 Ocak 1963 tarihinde İstanbul ve sonrasında Ankara, Zonguldak, İzmir illerinde İş Güvenliği Müfettişleri Grup Başkanlıkları kurulmuştur. Daha sonra Bursa, Adana, Erzurum gibi illerde de kurulan ve sayıları artırılan Grup Başkanlıkları ile işyerlerinin işçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden denetimi çalışmaları yoğunlaştırılmıştır. Günün gereksinimlerine yanıt veremez duruma gelen 3008 sayılı İş Yasanın yerine 1967 yılında 931 sayılı İş Yasası çıkarılmıştır. 931 sayılı İş Yasanın Anayasa Mahkemesi tarafından usul yönünden bozulması üzerine hemen hiçbir değişiklik yapılmadan 1971 yılında 1475 sayılı İş Yasası yürürlüğe

konulmuştur. İşçi sağlığı ve iş güvenliği yönünden 1475 sayılı İş Yasası ve ona uygun olarak çıkarılan tüzük ve yönetmeliklerle çağdaş ve geniş anlamda ayrıntılı düzenlemeler getirilmiştir. En son olarak 2003 yılında güncellenip yayınlanmış olan 4857 sayılı İş Kanunu yürürlükte (www.isggm.gov.tr).

2.3.2 İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Uluslararası Yayınlanmış Kanun ve Yönetmelikler

Amerika’da iş sağlığı ve güvenliği konusunda çalışmalar yapan kurum olan OSHA (Occupational Safety and Healty Administration) 1970 yılında kurulmuş olup, işverenlerin çalışanlarının sağlık ve güvenliklerini sağlamasını amaçlamaktadır. OSHA çıkarttığı ve uyguladığı standartlarla çalışanlarını eğitir, iş ve sosyal güvenliklerini sağlar, şirketleri tespit edip işyeri sağlık ve güvenliklerini geliştirmeleri için yöreklendirir (www.osha.gov.tr).

İngiltere’de ise sağlığı ve güvenliği konusunda çalışmalar yürüten HSE (Healty and Safety Executive) ise 1974’te HSWA (Healty and Safety Work etc Act) kanunu çıkartmış olup 2006 yılında güncellemiştir. Çalışanlarının sağlıklarını ve güvenliklerini bu kanunla kontrol altında tutmaktadırlar (www.hse.gov).

Malezya, iş sağlığı ve güvenliğini, 1994 yılında yayınlanan Occupational Healty and Safety Act kanunu ile korumakta iken (www.lawyerment.com.my), Endonezya ise 1970 yılında iş sağlığı ve güvenliği konulu bir kanun yayınlamıştır. Ülkede çalışanların sağlığını ve güvenliğini koruma amacıyla yayınlanan kanunun ismi Indonesian Occupational Healthy and Safety Act No.1 of 1970’tir (www.adywirawan.com).

Singapur’da da iş güvenliği konusunda 2006 yılında bir kanun yayınlanmak zorunda kalınmış ve Workplace Safety and Health Act (WSHA) kanunu yayınlanmıştır. Bu kanun iş güvenliği konusunda anahtar ve yol gösterici konumdadır (www.mom.gov.sg).

Sosyal adaletin ve uluslararası insan ve çalışma haklarının iyileştirilmesini amaçlayan Uluslar arası Çalışma Örgütü (ILO) 1919’da kurulup, 1946 yılında ise henüz yeni oluşturulmuş olan Birleşmiş Milletler Teşkilatı’nın ilk uzmanlık kuruluşu olarak tarihe

geçmiştir. ILO hükümet, işveren ve işçinin bulunduğu 3 yapıdan oluşan ve birleşmiş milletlere bağlı olan tek ihtisas kuruluşudur. ILO sekreteryası, merkez büroları, araştırma merkezi ve basımevi, Cenevre'deki Uluslararası Çalışma Ofisi'nde faaliyet göstermektedir. 40'ı aşkın ülkede ILO'nun bölge, alan ve ülke ofisleri bulunmaktadır ve yerinden yönetim ilkesine göre çalışmaktadır. Türkiye de ILO'ya üye olup, politika ve programlarını ve Uluslararası Çalışma Standartlarını tanıtmak, uygulanmasını sağlamak, Teknik işbirliği program ve projelerini geliştirmek, uygulamak ve izlemek amacıyla Ankara'da bir ofis kurulmuştur. ILO ile, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayınlanan kanunları destekleyen birçok sözleşme imzalayan ülkemiz, çalışma şartlarını uluslar arası standartlara getirmeyi amaçlamaktadır. (http://www.ilo.org/public/turkish/region/eurpro/ankara/about/ilo_turkey.htm).

1945 yılında, 55 üyesi olan Birleşmiş milletler toplanarak global bir sağlık örgütü kurmaya karar vermiş ve 1948 yılında Dünya Sağlık Örgütü'nü kurmuşlardır. WHO'nun görevi Birleşmiş Milletler'e üye olan ülkelerin sağlık otoritelerini yönetmek ve koordine etmektir. Bu çerçevede üye ülkelere, sağlık konularında önderliği sağlamak, sağlık sistemlerini düzenlemek, normlarını ve standartlarını oluşturmak, sağlık politikaları konusunda rehberlik etmek ve teknik bilgiler sağlamaktır (www.who.int).

Üyesi olduğumuz WHO 1959 yılında Ankara Çankaya'da bir ofis kurmuş olup bölge ofisleri ile Türkiye arasında ilişkileri koordine etmektedir. İlk önce temsilcilik konumunda olan ofis, 1999 yılında Kopenhag'da yapılan toplantıda irtibat bürosu konumuna getirilip kendi ülke vatandaşlarımız tarafından yönetilmektedir (http://undp.un.org.tr/who/who_irtibat.htm). WHO iç ortam hava kalitesi konusunda bir çok çalışma yapmıştır fakat iç ortam hava kalitesi konusunda limit değerler belirlememiştir. Bununla birlikte iç ortam hava sınır değerlerinin dış ortam sınır değerlerin altında olması gerektiğini öngörmüştür. İş sağlığı ve güvenliği konusunda belirlenmiş ve öngörülen limit değerler Tablo 2.6 da gösterilmektedir.

Tablo 2.6: İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Uygulanan Uluslar arası Standartlar

Kirletici Parametreler	OSHA	HSE (WEL)** (8 saat)	HSE (WEL) (15 dk.)	OEL*
CO (ppm)	50	30	200	50
CO ₂ (ppm)	5000	5000	15000	5000
Toplam Toz (mg/m ³)	15	-	-	-
VOC (ppm)	50	50-150	100-187	50
PM _{2.5} (mg/m ³)	5	-	-	-

* OEL: Occupational Exposure Limits 2008 (Japan Society for Occupational Health)

**WEL: Workplace Exposure Limits

2.4 İÇ HAVA KALİTESİ LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

İç ortam olarak tanımlanan ve çalışma ve yaşam mekânları olan kapalı ortamlardaki hava kalitesinin tespitine ve iyileştirilmesine yönelik yurtdışında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların genel olarak evlerde, okullarda, hastanelerde ve ofislerde yapıldığı görülmektedir.

Evlerde yapılan çalışmalarda temel olarak halk sağlığı uzmanları tarafından Akciğer hastalıklarının etkenleri olarak tanımlanan PM_{2.5}, NO₂, CO₂, CO, SO₂ ve VOC bileşenlerine bakılmıştır. Kanada’da endüstriyel olmayan bir bölgede iç hava kalitesi izlenmiştir. Çalışmada gazların (CO₂, CO, NO₂, SO₂, VOCs), mikrobiyal içeriğin ve partikül maddenin kişisel maruziyeti ölçülmüş, bu parametrelerin solunum yolu tahrişine, toksik etkiye ve alerjenleri taşıyıcı özelliğe sahip olduğu gözlenmiştir (Bernstein ve diğ., 2008) İskoçya’da yapılan bir çalışmada 148 akciğer hastasının evinde 8 ila 14 saat arasında değişen periyotlarda PM_{2.5} ve NO₂ parametreleri izlenmiştir. Çalışmanın sonucunda PM_{2.5} seviyesi 18 ug/m³, NO₂ seviyesi 7.8 ppb olarak belirlenmiştir. Sigara içenlerin evlerinde PM_{2.5} seviyelerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu gözlenmiş ve yüksek seviyelerdeki PM_{2.5} değerinin akciğer hastalığının nedenleri arasında yer aldığı sonucuna varılmıştır (Osman ve diğ., 2008). Çin’de iç ve dış ortamdaki PM_{2.5} ve elementel bileşenlerinin (18 adet) ölçümleri yapılmıştır. PM_{2.5} ve element bileşenlerinin, yol kenarı atmosferinde ve endüstriyel fabrikaların bulunduğu

atmosferde, genel şehir atmosferinden daha fazla ve kışın yaza göre daha fazla konsantrasyon bulunmuştur. $PM_{2.5}$ ve elementel bileşenlerin iç mekanlar ve dış ortam ölçümelerini ilişkili olduğu belirlenmiştir (Huang ve diğ., 2006). Quagraine ve diğ. (2008) tarafından Doğu Afrika’da bulunan geleneksel barakalar ve kentsel yerleşim binalarının kirlilik kaynakları araştırılmıştır. İç hava kirliliği konusunda bilgisi ve farkındalığı olmayan bu bölgede, 1995, 2000 ve 2003 yıllarında CO, CO₂, NO_x, PM, HC parametreleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre kirletici oluşumunda en büyük etkenin ev içindeki çok kalabalık yaşam olduğu gözlenmiştir.

VOC’un evlerdeki bileşenlerinin ve konsantrasyonlarının belirlenmesi yönelik çalışmalar oldukça fazladır. İspanya’da insan ve çevre sağlığını etkileyen kimyasal maddelerin, 34 milyondan fazla riskinden korumak için, iç ortamda bulunan bileşiklerin (VOC, karbonlu bileşikler, PAH’lar ve PCB’ler) analizi yapılmıştır (Barro ve diğ., 2008). Osawa ve arkadaşları tarafından Japonya’da evlerde 2000 yılından 2005 yılına kadar kimyasal kirliliğinin durumu izlenmiştir. 6 yıl boyunca 10000 den fazla yeni binada VOC (formaldehit, toluen, ksilen, etil benzen, syteren ve asit aldehit) ölçümü yapılmıştır. Çalışmanın sonunda sosyal yaşam şartlarının VOC konsantrasyon seviyesinde bir etkisi olmadığı gözlenmiştir (Osawa ve diğ., 2008). Kanada’da yapılan diğer bir çalışmada ise evlerde iç ortamlarda VOC ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler kış ve yaz mevsimlerinde 1 hafta boyunca 24 saatlik periyotlardan oluşan ve toplam 8 hafta sürmüştür. Çalışmada ev ortamında toplam 18 adet VOC tespit edilmiştir. Bunlardan 11 tanesinin toksik kimyasallar olduğu diğer 7 tanesinin de ev sakinlerinin günlük olarak kullandığı ürünlerde bulunan maddeler olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta bu VOC’ların birlikte etki gösterdiğinde tek başına olduklarından daha yüksek etki gösterdiği sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda bu etkiler yaz aylarında kış aylarına oranla daha yüksek bulunmuş ve 2006 yılında doğan çocuklar gözlenmiş ve astım hastalıklarının yüksek oranda olduğu belirlenmiştir (Stocco ve diğ., 2008). İspanya’nın Barselona kentinde yapılan çalışmada 7 ulusal bina ve 54 şahsi evde iç hava ve dış havada 5 aromatik hidrokarbon (benzen, toluen ve 3 çeşit ksilen) parametreleri ölçülmüştür. Garaj bağlantısı olan evlerde BTX konsantrasyonunun yüksek olduğu belirtilmiştir (Gallego ve diğ., 2008).

Jia ve diğ. (2008) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde şehir merkezinde ve yerleşim yerlerinde 159 endüstriyel bölgede iç ortam ve dış ortamda endüstriyel kaynaklı VOC ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonucunda 98 adet VOC tespit edilmiştir. Dış ortamda 46, iç ortamda 53 çeşit VOC bileşiği bulunmuştur. İç ortamda, benzen, toluen, p,m-ksilen ve karbon tetraklorür en yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiş ve en yüksek seviyeler endüstriyel bölgelerde tespit edilmiştir. İç ortam / dış ortam oranı birçok bileşikte 1-10'a kadar değişmiş, bazı bileşiklerde ise 100'ün üzerinde gözlenmiştir. İç ortamda bulunan VOC'ların 8 kaynağı olduğu belirlenmiştir: eklenmiş mevcut bir garaj, yapılan tadilatlar, eski yapılar, iç ortamda sigara içilmesi, az sayıda cam ve kapı açılması, yüksek CO₂ konsantrasyonu ve düşük havalandırma oranı. Yapı malzemeleri, zemin döşemeleri, ısıtma tipi, oturan sayısı, hava temizleyici kullanımı, resim ve el sanatlarını içeren hobilerin VOC seviyesini etkilemediği gözlenmiştir. Çin'de yapılan başka bir çalışmada ise büyük fabrika çevrelerinde yeni yapılan otellerin misafir odalarında iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada VOC ve TVOC içeren büyük hava kirleticileri ile fiziksel parametreler olan sıcaklık, nem ve havalandırma oranı incelenmiştir. Yeni otellerin eski otellerden daha fazla iç hava kirliliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Çalışmanın sonunda iç hava kalitesini iyileştirmek için 2 uygulama önerisinde bulunulmuştur. 1. Adsorbsiyon (aktif karbon, zeolit, aktif alüminyum, jel silis), 2. TiO₂ fotokatalizasyonu (CO₂, su ve mineral organik bileşiklerle VOC'u okside ederek daha az zararlı maddeler açığa çıkarmak) (Chan ve diğ., 2009).

Çin'de yapılan iki farklı çalışmada; evlerde katı yakıt kullanımı sonucu hava kirleticilerinin dağılımı ve zemin döşemeleri kaynaklı hava dağılımı irdelenmiştir. Katı yakıt kullanımının Çin'de meydana gelen ölümlerin % 47'sini oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanında evlerdeki enerjinin verimli kullanımı için bir kontrol planı önerilmiştir (Mestl ve diğ., 2007; Lie ve diğ., 2007). Santa Fe şehrinde evlerde yapılan bir çalışmada da mantar kümelerinin analizi yapılmıştır. 3 farklı grup ölçümü yapılan evlerde 4 farklı mantar kümesi bulunmuştur. Bulunan bu mantar kümelerinin birinci gurubunun mevsime ve analiz yapılan evin bulunduğu mevkiye, ikinci gurubunun ise kış mevsimi boyunca gazların konveksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği gözlenmiştir (Arı'ngoli ve diğ., 2008).

İç ortam hava kalitesi bakımından evlerden sonra en önemli mekan okullar ve hastanelerdir. Çocuklar ve hastalar kirleticilerden daha çabuk etkilenmekte ve kalıcı sağlık etkilerinin oluşma ihtimali daha yüksektir. Thomas ve diğ. (2002), EPA tarafından önerilen okullar için geliştirilmiş düşük maliyetli minimum kullanım gerektiren eğitici davranışların incelenmesi konulu çalışmanın bir pilot bir uygulamasını yapmışlardır. Bu çalışmada iç ortam hava kalitesi incelenmiş, ortamda formaldehit, VOC, küf, ozon, PM₁₀, nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Okullarda alerji ve astım hastalıkları ile Küf'ün yüksek bir bağlantısı belirlenmiştir. Sonuçta, uygulanan bu eğitici davranışların iç hava kalitesi açısından katı kurallar içerdiği gözlenmiştir. Başka bir çalışmada, İsviçre'de okulların dış ortamında ve sınıflarda 1 hafta boyunca PM₁₀, PM₁, NO₂ ve ozon ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin sonucunda sınıflarda düşük havalandırma nedeni ile dış ortama göre yüksek PM konsantrasyonu belirlenmiştir (Smedje ve diğ., 2006). Moschandreas ve diğ. (1999) tarafından Amerika'da yapılan bir çalışmada hastanelerdeki Çevresel Sigara Dumanı (ETS) bileşenlerinin seviyesi tespit edilmiştir. ASHRAE standardına uygun şartlarda havalandırma sağlanarak ETS ile ilgili 6 bileşen (Solunumu engelleyen partikül madde-RSP, Flüoresan partikül madde-FPM, Ultraviyole partikül madde-UVPM, Solanesol, nikotin ve 3-Etenilpiridin-3-EP) ölçülmüştür. Çalışma sonucunda, ASHRAE 62-1989 Havalandırma Standardının gereklerine uygun olarak yapılan havalandırma oranlarında, ETS bileşenleri zararlı düzeylerinin altında konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir.

Kapalı mekânlardaki hava kalitesi belirleme çalışmalarında yaşam alanları dışında çalışma ortamlarının hava kalite değerleri de önemlidir. İşçi sağlığı ve güvenliği kapsamında işverenin çalışanlarının sağlık risklerini ortadan kaldırması gerekir. Bu kapsamda yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde genellikle ofislerde yapılan çalışmalara rastlanmaktadır. Amerika'da yapılan bir çalışmada ofislerde bulunan bilgisayarlar, yazıcılar, fotokopi makineleri ve diğer elektrikli aletlerin iç ortam havasına yaydığı kirlilik parametreleri araştırılmıştır. Bu parametreler, VOC'lar, ozon, PM, yarı uçucu organik maddeler (SVOC) ve PAH'lardır. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında yazıcılardan ve fotokopi makinelerinden yayılan VOC'ler bilgisayara oranla oldukça yüksek çıkmıştır. Partikül maddenin fotokopi makinesi ve yazıcı çalışırken ortaya çıktığı belirlenmiştir (Destailas ve diğ., 2007). Meksika'da yapılan bir başka çalışmada dış ortamda ve iç ortamda çalışanların PM ve elementel

bileşimlerine incelenmiştir. Çalışma dışarıda çalışan (taksi, otobüs şoförleri, sokak satıcıları, araç denetçileri) 30 kişi ve içeride ofislerde çalışan 23 kişi üzerinde 19 saat boyunca maruz kalma seviyeleri belirlenmiştir. Sokak satıcıları, otobüs şoförleri ve taksi şoförlerinin toplam maruz kalma seviyeleri iç ortam çalışanlarından daha yüksek bulundu. İç ortamda Si, S, K, Ca, V, Ti, Cr, Mn, Fe, Si, Cu, Mo ve Zn konsantrasyonlarına maruz kalma seviyeleri her zaman dış ortam çalışanlarından daha yüksek bulunmuştur (Ahumada ve diğ., 2007). Gazete baskı merkezlerinde yapılan bir çalışmada gazete standlarında toluenin iç hava seviyesi, dış hava seviyesinden daha yüksek (100 kata kadar) bulunmuştur (Caselli, 2008). Radyo istasyonlarında yapılan bir başka çalışmada ise iç ortam PM_{2.5} konsantrasyonunun dış ortam havasından, hava girişinin şekline ve havalandırma sistemlerinin dizaynından etkilendiği gözlenmiş ve iç ortam kalitesi dış ortam hava şartları ile paralellik göstermiştir (Morawska ve diğ., 2009).

Hong Kong'daki evler, ofisler, okullar, alışveriş merkezleri ve restoranlar gibi birçok kapalı mekânın hava kalitesinin aynı anda belirlendiği bir başka çalışmada CO, PM₁₀ ve VOC seviyeleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Klimalı sınıflarda, alışveriş merkezlerinde ve restoranlarda ortalama CO₂ seviyesi ve toplam bakteri içeriği, kullanımda olan ofisler ve evlerde ölçülen miktardan oldukça yüksek bulunmuştur. Ortalama PM₁₀ seviyesi evlerde, alışveriş merkezlerinde ve restoranlarda iç ortamda dış ortama oranla daha yüksek bulunmuştur. VOC'lerin dış ve iç ortamlarda başlıca araç egzoz emisyonlarından kaynaklandığı tespit edilmiş ve iç ortamda iç dekorasyon çalışması ve endüstriyel solventlerin kullanımının iç ortam VOC seviyesinin yükselişinde önemli olduğu gözlemlenmiştir (Guo ve diğ., 2003).

Wolkoff (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, iç hava kalitesinde nem oranının önemi ve nasıl düşürüleceği konusunda daha önce yapılan literatür çalışmaları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda iç ortam hava kalitesindeki nemin, VOC'ler, ozon ve PM konsantrasyonlarına etkisinin tam olarak belirli olmadığı gözlenmiştir. Epidemiyolojik, klinik ve insan maruziyeti çalışmaları göstermiştir ki düşük nem oranı, göz tahrişleri ve korneanın ön kısmı filmin yırtılması olaylarının yükselmesinde rol oynamaktadır. Bunun sonucunda önerilmiştir ki, malzeme emisyon testi sırasında anlık seçilen iç hava kalitesinin kuru ve soğuk olması gerekir, fakat mesai saatleri boyunca

göz tahriş semptomları ve solunum yolu tahrişleri dikkate alınmalıdır. Çalışmaların sonucunda görülmüştür ki göz ve solunum yolu sağlığı için nem oranının %40 olması en iyi sonucu vermektedir.

İşçi sağlığı ve güvenliği konusu düşünülerek endüstriyel iç ortam hava kalitesinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunamamıştır. Endüstri iç ortam kirliliği tespitine yönelik yapılmış çalışmalar şunlardır: Hsu ve diğ., (2008) yaptıkları çalışmada fosfat üretim tesislerinde çalışanlar üzerindeki etkisini değerlendirmek için 8 boyutta PM örnekleri toplamışlar ve PM boyut dağılımı ve PM asidik içerik analizi yapmışlardır. Asit buharlarının kaba PM içeriğinde yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür. Çalışma sonunda solunan PM'in üst solunum yolundan çökebileceği ve epidemiyolojik çalışma sonuçlarına göre de kansere neden olacağı görüşü belirtilmiştir. Sivulka ve diğ., (2007) Nikel endüstrisinde işçilerin soludukları PM içeriğindeki Ni konsantrasyonu konusunda bir literatür çalışması yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda endüstrilerin solunabilir nikel konsantrasyonlarını sürekli takip edilmesi ve spesifik özelliklerini belirlemesi gerektiği, bunun yanında yönetimlerin standart nikel ve inorganik çeşidinin limit değerlerini oluşturması gerektiği sonucunu belirtmişlerdir. Kuo ve diğ., (2007) yaptıkları çalışmada alüminyum ergitme tesisi içinde 3 farklı noktada PM_{2.5} ölçümleri yapmışlar ve metal içeriklerine bakmışlardır. Tesis içinde ve çevresinde yapılan ölçüm sonuçları tüm parametreler için üretim olduğunda 40,3 ile 18,5, üretim olmadığında 7,8-5,7 arasında tespit edilmiştir. Ergitme prosesi boyunca tesiste yüksek miktarlarda Cr, Cd, Cu, As, Pb, Se, Al ve Zn gözlenmiştir. Swan ve diğ., (2002), fabrikalarda çalışan işçilerin soluduğu endotoksin konsantrasyonu belirlemesine yönelik yapılmış çalışmaları derlemişlerdir. Tekstil endüstrisi çalışanlarının 1-400 EU/m³ hava değerine maruz kaldıkları belirtilmiş ve endotoksin konsantrasyonları tesislerde sürekli takip edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Iavicoli ve diğ., (2005) terephalic acid dimethyle ester üretim tesisinde solunan kimyasal kirleticiler üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalar 6 çalışan üzerinde yapılmıştır. Üç kimyasal dışındaki maddelerin limit değerler altında kaldığı belirtilmiştir.

Ülkemizde iç hava kalitesinin tespitine yönelik çok fazla bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Literatür incelendiğinde daha çok tanımsal ve derleme tarzı çalışmalara rastlanmıştır. Kapalı ortam hava kirliliği tanımlanmakta ve nedenleri ortaya

koyulmakta, kirleticilerin sağlık etkilerinden ve korunma önlemlerinden bahsedilmektedir (Soysal ve diğ., 2007; Alyüz ve diğ., 2006; Vural ve diğ., 2005, Esin, 2004;)

Okullarda detaylı yapılmış iki adet çalışmaya rastlanmıştır. İlk çalışmada, Antalya’da 2 adet İlköğretim okulu ve 1 adet lisede CO, sıcaklık ve bağıl nem parametrelerinin ölçümü yapılmıştır. Ölçümler Kasım, Aralık ve Ocak aylarında yapılmıştır. Çalışma sırasında, sınıftaki öğrencilerin tamamının dışarıya çıkartılması, sınıfın iyice havalandırılması, sınıfın ısıtılması için kullanılan ısıtıcıların daha kısa zamanlı ve daha uygun kullanılması, Vasistas pencerelerinin ders süresince açık tutulması ile İHK’ nin iyileştiği gözlenmiştir (Coşkun ve diğ., 2005). Yapılan diğer bir çalışma ise İstanbul’da bulunan okullarda iç ortam gaz kirleticilerinin konsantrasyon tespitine ve kaynak belirlenmesine yöneliktir. Yurtseven (2008) tarafından Fatih ve Silivri ilçelerinde rastgele seçilen resmi ilköğretim okullarında iç ortamda sıcaklık, nem, CO, CO₂, VOC, SO₂, ve O₃ ölçümleri yapıp, EPA ve WHO standartlarıyla kıyaslanmıştır. Silivri ilçesindeki 3 okulda VOC düzeyinin EPA ve WHO tarafından belirtilen değerlerin çok üstünde olduğu, CO₂ düzeyinin ise ölçüm yapılan tüm okulların %95 inde belirtilen değerlerin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Diğer ölçülen parametreler ise standartların altında belirlenmiştir.

Literatür incelemesi sonucu evlerde yapılmış olan bir çalışma bulunmuştur. Bu çalışmada, Şanlıurfa’da merkezi kalorifer sistemi ile ısıtılması sağlanan ve doğal havalandırmalı bir konutta iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak, sıcaklık, bağıl nem, CO₂ ve PM (PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ ve toplam asılı PM- TSP) miktarları ölçülmüştür. Dış ortam havası için de aynı parametreler eş zamanlı olarak ölçülerek iç ve dış ortam havası arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda CO₂ miktarının genellikle 1000 ppm’den yüksek olduğu görülmüştür. PM konsantrasyonlarının standartlarda verilen sınır değerlerden genellikle daha büyük çıktığı belirlenmiştir. İç ortam ve dış ortam PM oranlarının çoğunlukla 1’den büyük çıktığı görülmüştür. İnsan ve iç ortamdaki halı, mobilya gibi iç ortam kirleticilerinin iç hava kalitesinin bozulmasında daha çok rol aldığı tespit

edilmiştir. Kapı ve pencerelerden sızan dış hava miktarının havalandırma için yeterli miktarda olmadığı görülmüştür (Bulut, 2007).

İşçi sağlığı ve güvenliği konusu kapsamında değerlendirilebilecek iki çalışma bulunmuştur. Atımtay ve diğ. (2000) tarafından yapılan çalışmada trafik polislerinin maruz kaldığı CO seviyeleri ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Ankara ilinde yapılmış olan bu çalışmada sabah ve öğleden sonra CO seviyeleri ölçülürken, bu çalışan gurubunun kronik zehirlenme riskleri araştırılmıştır. Öğle saatlerinde sigara içen polislerin içmeyenlere oranla daha fazla CO'ya maruz kaldığı görülmüştür. CO'ya maruziyet ile kronik zehirlenme riskleri doğru orantı göstermiştir. Diğer bir çalışma ise İstanbul Metrosunda tren içi ve peronlarda solunan havanın PM konsantrasyonu ve metal içeriğinin belirlenmesi için yapılmıştır. Metro çalışanlarının ve yolcuların maruz kaldığı PM₁₀ ve PM_{2.5} seviyeleri Aksaray-Havalimanı hattında ortalama 50-100 µg/m³ ve Taksim-4.Levent hattında 100-200 50-100 µg/m³ değerleri arasında değişim göstermiştir. Sonuçlar genel olarak WHO ve EPA PM standart değerlerinin altında bulunmuştur (Onat ve Şahin, 2008).

Ülkemizde endüstriyel iç ortamın yani işçi çalışma ortamının hava kalitesinin belirlenmesine yönelik bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu bakımda çalışmamızda ulaşacağımız sonuçlar literatür için faydalı bir kaynak olacak ve işçi sağlığı konusunda öncü bir çalışma olacaktır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 TESİSİN TANITIMI ve ÖLÇÜM NOKTALARI

Tesis, İstanbul ilinde faaliyet gösteren, otomotiv sektörüne yedek parça üreten bir metal işleme fabrikasıdır. Hammadde, işlenmemiş halde fabrikaya gelmekte, soğuk şekillendirme, ısıtıl işlem ve kaplama işlemlerinden geçerek müşteriye sevk edilmektedir. Tesiste 2 mm çapından 30 mm çapına, 5 mm uzunluktan 200 mm uzunluğa kadar ortalama 1000 çeşit ürün üretilmektedir. Tesis üretim şeması Şekil 3.1’ de verilmiştir.

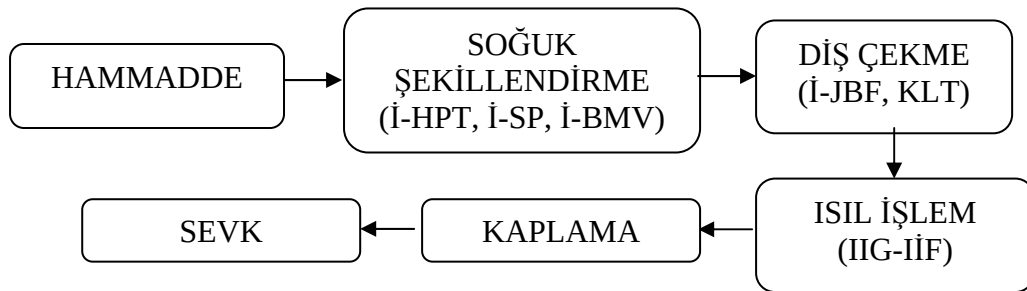
Soğuk şekillendirme ünitesinde, hammadde, müşteri isteği doğrultusunda istenilen çap ve boyda üretilmek için uygun makineye verilmektedir. Makineler 2 mm-8 mm (küçük çap) ve 8 mm-30 mm (büyük çap) çaplarında ürün üretmektedirler ve üretilen ürün büyüklüklerine göre sınıflandırılmaktadır. Fabrikada esas üretim, soğuk şekillendirme bölgesinde yapılmaktadır ve iç hava kalitesi açısından en fazla kirlilik problemi olan bölüm bu bölgedir. Bu nedenle araştırma sadece soğuk şekillendirme bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Soğuk şekillendirme ünitesine gelen hammadde, şekillendirme işleminin verileceği İ-HPT, İ-SP, İ-BMV ölçüm bölgelerinde bulunan makinelere gelmektedir. İ-HPT ve İ-SP bölgelerinde bulunan makineler küçük çapta ürün üretmektedir. Bu makinelerin karşısında ölçüm sonuçlarını etkileyen 3 adet büyük çapta ürün üreten makine (1, 2, 3 numaralı makineler) bulunmaktadır. İ-BMV ölçüm bölgesinde bulunan makine (15 numaralı makine) büyük çapta ürün üretmektedir. Bu bölgede toplam 18 adet makine bulunmaktadır. Bu bölgede toplam 40 kişi çalışmaktadır ve diğer bölüm çalışanlarının da gün içerisinde bulunması ile ortalama 50 kişiye çıkmaktadır.

Soğuk şekillendirme makinelerinde üretilen ürünler İ-JBF ve KLT ölçüm bölgelerinde bulunan diş çekme makinelerine gelmektedir. Bu bölgedeki makineler, soğuk şekillendirme makinelerinde şekli verilen cıvatalara diş çekmektedir. Bu bölgede aynı işlemi yapan toplam 8 adet makine bulunmaktadır. Toplam 24 kişinin çalıştığı bu bölgede, diğer bölüm çalışanlarının da gün içerisinde bulunması nedeniyle çalışan sayısı 35’u bulmaktadır.

Diş çekme işlemi biten cıvata, istenilen sertliğin verilmesi için İİG ve İİF ölçüm bölgelerinin bulunduğu ısıl işlem fırınlarına gelmektedir. Bu bölgede 1 adet yüksek kapasitede (29 numaralı), bir adet düşük kapasitede (28 numaralı) bulunmaktadır. Bu fırınlarda proses gereği yüksek ısı (700-800°C) oluşturulmaktadır. Ayrıca fırın içerisinde doğalgaz ve aktif karbon kullanılarak ürün sertliğinin verilmesi amacıyla kapalı bir ortam oluşturulmaktadır. Fırına verilen ürün, en son olarak bor yağından geçirilip kaplama bölümüne sevk edilmektedir. Bu bölümde toplam 7 kişi çalışmaktadır. Fabrika giriş bölgesi olduğu için çalışan sayısı ortalama 15 olmaktadır.

Tesis 24 saat 3 vardiya faaliyet göstermektedir. Her bir vardiya 8 saatlik bir çalışma dilimidir. Çalışanların yoğunluğu ölçüm yapılan bölgelerde çok fazla değişmemekle birlikte ortalama bir vardiya için 30-35 kişi arasındadır. Bu sayı 24 saat boyunca ortalama 100 kişiyi bulmaktadır.

Kaplama işlemi tesiste yaptırılmakla birlikte çoğu zaman başka kaplama firmalarında yaptırılmaktadır. Kaplama bölümünde bulunan kaplama fırınları ve üretim makineleri otomatik çalışmaktadır ve ayrıca bu bölgelerde çalışma ortamı ve kullanılan makineler nedeniyle ölçüm yapma imkânı bulunamamıştır. Aynı zamanda yüzey kaplama ünitesinde toplam (3 vardiya için) 5 ila 7 arasında değişen çalışan, hammadde hazırlama bölümünde ise yine toplam (3 vardiya için) 7 çalışan bulunmaktadır.



Şekil 3.1: Tesis Üretim Şeması

Ölçümler tesis içinde, tesis dış ortamında ve 2 ofiste yapılmıştır. Tesis içinde, ortam havasının homojen dağılımı, işçilerin çalışma sahaları ve kirlilik parametrelerin meydana gelme olayı düşünülerek 7 farklı noktada ölçümler yapılmıştır. PM ölçümleri, tesis içinde her bir noktada 3 veya 6 gün 24 saat boyunca yapılmıştır. Kasım-Aralık ve

Ocak-Şubat dönemlerinde, tesis çalışma saati 16 saate düştüğünden bazı ölçüm noktalarında, ölçümler gece 00.00'da bitirilmiştir.

Gaz ölçümleri (CO, CO₂ ve VOC) ise her bir noktada en az 1 en çok 3 gün gündüz vardiyası boyunca yapılmıştır.

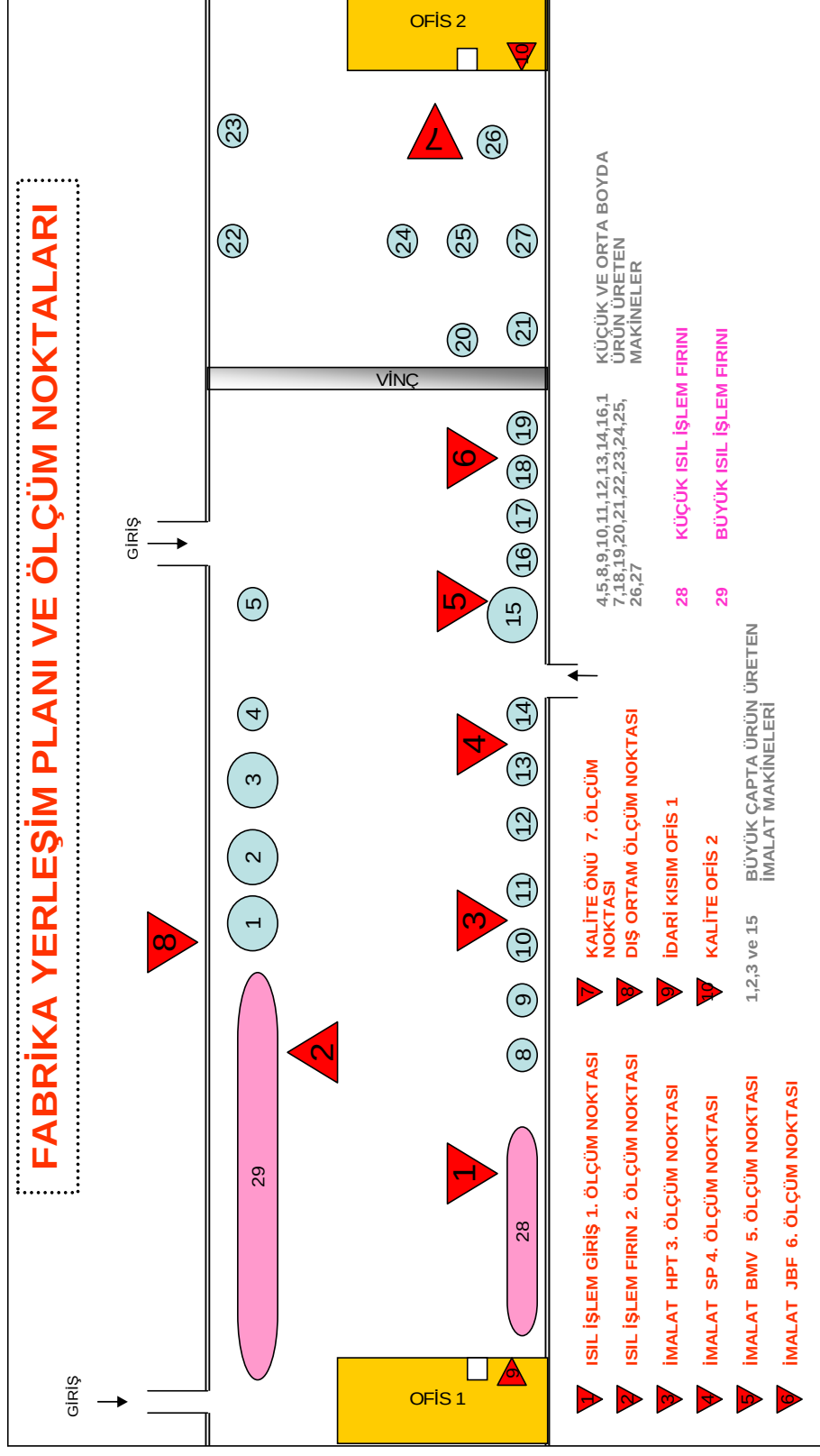
Tesis dışında ve ofislerde ölçümler, 3 gün 8 saat boyunca yapılmıştır. Tesis içinde ve dış ortamda sıcaklık, nem, CO₂, CO, PM_{2.5} ve VOC ölçümleri; ofislerde ise PM_{2.5} parametresi ölçülmüştür. Ölçüm noktaları Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Tesis içinde Temmuz-Ağustos 2008 döneminde sadece PM_{2.5} ölçümleri, Ekim-Kasım 2008 ve Ocak-Şubat 2009 döneminde ise sıcaklık, nem, CO₂, CO, PM_{2.5} ve VOC ölçümleri birlikte yapılmıştır. Dış ortam ve Ofis ölçümleri Ekim-Kasım 2008 ve Ocak-Şubat 2009 dönemlerinde yapılmıştır.

Ölçüm noktaları ve ölçüm tarihleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Ölçüm Noktaları ve Tarihleri

ÖLÇÜM NOKTASI	ÖLÇÜM NOKTASI NUMARASI	ÖLÇÜM NOKTASI SİMGESİ	İmalat Bölümünde PM _{2.5} Ölçümlerinin Yapıldığı Tarihler	İmalat Bölümünde GAZ Ölçümlerinin Yapıldığı Tarihler	Ofislerde PM _{2.5} Ölçümlerinin Yapıldığı Tarihler
ISIL İŞLEM GİRİŞ	1	İİG	16.07.2008	20.10.2008	OFİS 1
			28.07.2008		17.12.2008
			20.10.2008		
			04.11.2008		OFİS 2
					18.12.2008
ISIL İŞLEM FIRIN	2	İİF	17.07.2008	21.10.2008	
			29.07.2008	20.01.2009	
			21.10.2008		
			05.11.2008		
			20.01.2009		
İMALAT HPT	3	İ-HPT	18.07.2008	22.10.2008	
			30.10.2008	22.01.2009	
			22.10.2008		
			13.11.2008		
			22.01.2009		
			23.01.2009		
İMALAT SP	4	İ-SP	21.07.2008	27.10.2008	
			31.07.2008	26.01.2009	
			27.10.2008		
			10.11.2008		
			26.01.2009		
İMALAT BMV	5	İ-BMV	22.07.2008	23.10.2008	
			04.08.2008	27.01.2009	
			23.10.2008		
			11.11.2008		
			27.01.2009		
İMALAT JBF	6	İ-JBF	24.07.2008	24.10.2008	
			05.08.2008	28.01.2009	
			24.10.2008	29.01.2009	
			12.11.2008		
			28.01.2009		
			29.01.2009		
KALİTE	7	KLT	25.07.2008	30.10.2008	
			08.08.2008	02.02.2009	
			30.10.2008		
			03.11.2008		
			21.01.2009		



Şekil 3.2: Fabrika Soğuk Şekillendirme Bölümü Yerleşim Planı ve Ölçüm Noktaları

3.2 ÖLÇÜM CİHAZLARININ ÖZELLİKLERİ

Çalışmada tesis içindeki $PM_{2.5}$ ve gaz ölçüm miktarını standartlara uygun koşullarda belirlemek ve cihazların güvenliğini sağlayabilmek için sabit bir platform yapılmıştır. Cihazlar, 1,5 m yükseklikte 80x80cm ebatlarında yapılan bu platforma yerleştirilmiştir. Cihazlar sürekli elektrikle çalıştırılmış olup, güvenliği için gece kapağı kapatılıp kilitlenmıştır. Platformun fabrikada ölçüm noktasındaki örnek resmi Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3: Ölçüm Platformun Görünümü

Çalışmada tesis içindeki ve tesis dışındaki ölçümlerde sıcaklık, nem, CO_2 , CO ve VOC parametreleri IAQRAE (Indoor air quality monitor) cihazı ile, $PM_{2.5}$ ölçümleri de MİE Dataram cihazı ile yapılmıştır. Ofislerde sadece $PM_{2.5}$ ölçümleri yapılmıştır ve ölçümler için pDR 1200 portatif toz ölçüm cihazı kullanılmıştır.

MİE Dataram PM ölçüm cihazı ve IAQRAE gaz ölçüm cihazı ile ölçüme başlamadan önce ayar yapmak gerekmektedir. Aynı zamanda bu cihazlar ölçümler yapılırken sesli çalışmaktadır. Fakat pDR 1200 portatif toz ölçüm cihazı portatif ve sessiz çalışan bir cihazdır. Ofislerde çalışmalar masa başında ve sessiz ortamda çalışıldığı için sessiz ve ortamda rahatsızlık vermemesi açısından bu ortamdaki ölçümler portatif cihaz ile yapılmıştır.

3.2.1 MIE Partikül Madde Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri

Nefhelometri (Işık kırınımı) prensibi ile çalışan MIE DataRAM partiküller madde ölçüm cihazının genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

*Konsantrasyon Ölçüm Aralıkları:

0.1-999.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1.0-39.99 mg/m^3

40.0-399.9 mg/m^3

*Yayılm Katsayı Aralığı: $1.5 \times 10^{-7} - 6 \times 10^{-1} \text{m}^{-1}$ $\lambda = 880 \text{ nm}$ 'de

*Monitorde konsantrasyon izleme zaman aralığı (seçime bağlı): 1 veya 10 saniye

*1 saatin üzerindeki ölçümlerde sabit sıcaklıkta kesinlik/tekrarlanabilirlik

0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 10 saniyelik ortalama için

0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 saniyelik ortalama için

*Okuma ve tahmindeki doğruluk: ± 5 (Gravimetrik kalibrasyon, toz aralığı: 2-3 μg koşulunda)

*Sıcaklık katsayısı: $< 0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{C}$

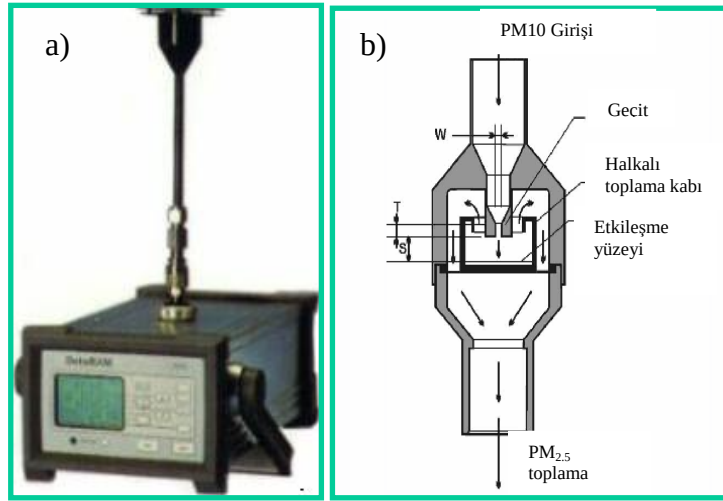
*Debi: 1.7-2.3 litre/dakika

*Debi Stabilesi (uzun dönemli ölçümlerde) : $\pm \%5$

*Hafıza kapasitesi: 20000 data noktası (ayrıca her data noktası için minimum, ortalama ve maksimum konsantrasyonlar)

MIE DataRAM PM ölçüm cihazı ile yapılan 24 saatlik ölçümler, EPA METHOD 17:2000 metoduna göre referans ölçüm yöntemi olarak kabul edilen Gravimetrik toz ölçüm cihazı ölçüm sonucu ile karşılaştırmış ve doğrulama katsayısı belirlenmiştir. Belirlenen katsayı ile gerekli düzeltme yapılmıştır. MIE DataRAM PM ölçüm cihazının şekli Şekil 3.4'te verilmiştir.

Cihaz 10 sn'de bir ölçüm yapıp ve 10 dk'lık ortalama değerler halinde sonuç üretmiştir.



Şekil 3.4: MIE DataRAM Partiküler Madde Ölçüm Cihazı. a) Cihazın genel görüntüsü, b) PM_{2.5} başlığı

3.2.2 IAQRAE Cihazının Teknik Özellikleri

IAQRAE cihazı 3600 gram ağırlığında olup, taşınabilmesi mümkündür. IAQRAE aletinde PID (fotoionize) detektör kullanılmaktadır. Bu sayede çalışılacak gazların ppm seviyesinde tespit edilmesi mümkün olmaktadır.

IAQRAE Cihazının ölçüm aralıkları:

- CO₂: 0-20000 ppm
- CO: 0-500 ppm

Cihaz CO₂ için 5000 ppm, CO için 10 ppm ve VOC için de 5 ppm den sonra sinyal vererek uyarıda bulunmaktadır. Aynı zamanda cihaz 0–50 °C sıcaklığı ve %0–95 nem aralığını da ölçebilmektedir. Söz konusu alarm, sesli ve ışıklı olup, yukarıda belirtilen değerlerin aşılması halinde, aletin üzerinde bulunan kırmızı lamba, yanıp sönmeye başlamakta ve 95 dB değerinde ses uyarısı vermektedir. Cihaz şarj olduktan sonra 48 saat ölçüm yapabilmekte ve ölçülen değerlerden 99 adedi hafızasında saklayabilmektedir. Cihazın menü kısmından örneklem alma periyodu seçimi yapılabilmektedir. Bu periyotlar 0–5 sn, 0–30 sn, 0–60 sn şeklinde değişmektedir. Buradan istenilen periyot seçilerek örneklem alınması mümkün olmaktadır. Çalışmada 0–60 sn periyodu kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ölçülen ve kaydedilen değerler daha sonra bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. Cihaz bu değerlerin min, max ve

ortalama değerlerini göstermekte, bu sayede uluslar arası standartlar ile karşılaştırılması mümkün olmaktadır. şekil 3.5'te cihaz gösterilmektedir.

IAQRAE cihazı iç ortam CO, CO₂ ,VOC lmleri için İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı'ndan temin edilmiştir.

Çalışmada yapılan lmler 60 sn ortalama olarak kaydedilmiştir.



şekil 3.5: IAQRAE (Indoor air quality monitor) Cihazı

3.2.3 pDR 1200 Portatif Toz lm Cihazının Teknik zellikleri

Çalışmanın ikinci aşamasında kullanılacak olan pDR 1200 portatif toz ölçüm cihazı genel görünüşü şekil 3.6'da özellikleri ise aşağıda verilmiştir.

pDR 1200 zellikleri:

- *Cihaz ortam havasında bulunan toz miktarı ve kişisel maruz kalan toz miktarını lmlerinde kullanılmaktadır.
- *Cihazın lm aralığı: 0.001 mg/m³ -400 mg/m³
- *Cihaz taşınabilir ve 2 satırlı bir LCD ekrana sahiptir.

- *Cihaz light scattering metodu ile ölçüm yapmaktadır.
- *Cihada 13000 veri değerini saklayacak geniş bir hafıza mevcuttur.
- *Cihazın hafızasındaki veriler yazılım programı ile bilgisayara aktarılabilir.
- *Cihaza bir alarm değeri girilebilmektedir.
- *Cihaz her veri noktası için:
- *Konsantrasyon ölçüm aralığı $0.001 - 400 \text{ mg/m}^3$
- *Saçılma katsayı aralığı:(yaklaşık) $1,5 \times 10^{-6} - 6 \times 10^{-1} \text{ m}^{-1}$: 800 nm dalga boyunda
- *Kararlılık/tekrarlanabilirlik
 - +/- $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 10 saniyelik ortalamalar için
 - +/- $1.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ 1 saniyelik ortalamalar için
- *Doğruluk: Okunan değerin +/- %5'i
- *Ölçülen partikül boyut aralığı: $0.1 \text{ } \mu\text{m} - 10 \text{ } \mu\text{m}$
- *Cihazın çalışma ortam sıcaklığı : $- 10^{\circ}\text{C} + 50^{\circ}\text{C}$



Şekil 3.6: pDR 1200 Portatif Toz Ölçüm Cihazı

4. BULGULAR

Çalışmada seçilen metal endüstrisinde üretim yapılan iç ortamda (makinelerin bulunduğu alan) toplamda 7 nokta belirlenmiş ve bu noktalarda tesis çalışma durumu dikkate alınarak en az 8 en fazla 24 saatlik PM_{2.5}, CO, CO₂, VOC, sıcaklık ve nem parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Tesis üretim alanı dışında karşılaştırma amacı ile fabrika dışındaki bir noktada da aynı ölçümler tekrarlanmıştır. Ayrıca tesis üretim alanı içersinde bulunan iki adet kapalı ofiste PM_{2.5} ölçümü de yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

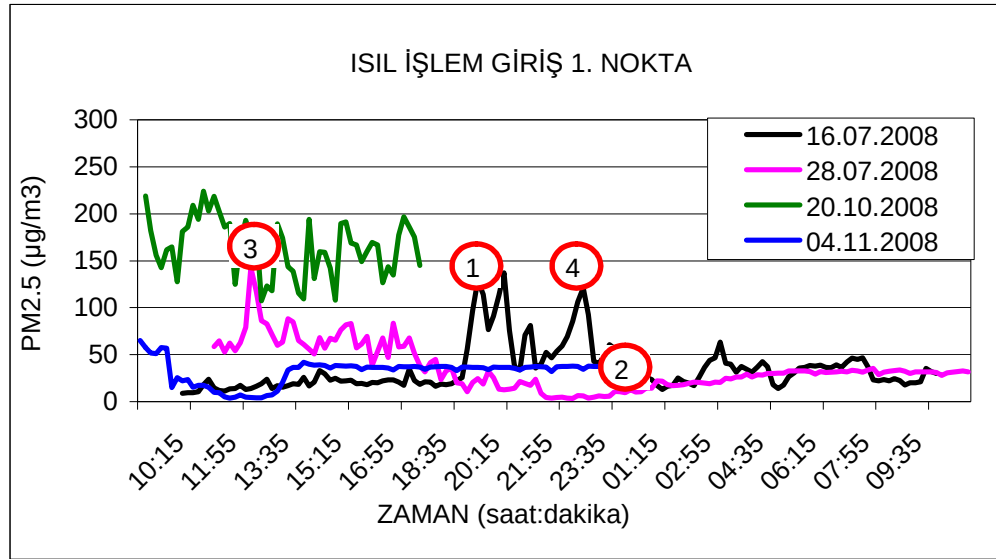
Tesiste yakıt olarak (hem ısınma amaçlı hem üretimde kullanım amaçlı) doğalgaz kullanılmaktadır. Doğalgaz, üretimde sadece 1. ve 2. noktanın bulunduğu ısıtma işlem fırınında, proses gereği yüksek ısı üretmek (700-800 °C) amacıyla kullanılmaktadır. İmalat makinelerinde ısı ihtiyacı olmadığı için doğalgaz kullanılmamaktadır. Binanın zemini ve tavanı epoksi boya ile kaplı olup ortamdaki PM_{2.5} ve gaz konsantrasyonunu etkilememektedir.

4.1 PM ÖLÇÜM SONUÇLARI

4.1.1 Tesis İçi İmalat Bölümü PM_{2.5} Sonuçları

Üretim bölümündeki 7 noktada yapılan PM_{2.5} ölçümleri, her bir nokta için ayrı ayrı Şekil 4.1 – 4.7’de verilmiştir. Tüm grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, üretim ortamında oluşan PM_{2.5} konsantrasyonunun kullanılan hammaddenin çapına, üretim hızına, hammadde üzerinde çekilen diğ oranına göre değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Oluşan bu farklılıklar ve konsantrasyon değişimlerinin nedenleri her bir grafik altında detaylı olarak açıklanmıştır.

Isıl İşlem Giriş olarak tanımlanan 1. Noktada yapılan PM_{2.5} ölçüm sonuçları Şekil 4.1’de verilmiştir. Temmuz 2008’de yapılan iki günlük ölçüm sonuçlarında konsantrasyon değişiminin yüksek olduğu görülmektedir. Bu günlerdeki oluşan pik değerlerin nedeni fabrikadaki üretim sürecinden kaynaklanmaktadır. Grafik üzerinde sayılarla gösterilen bu değişimler şu şekilde açıklanabilir;



Şekil 4.1: Isıl İşlem Giriş 1. Nokta PM2.5 Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

1. 16 Temmuz 2008 tarihinde sabah saatlerinde fırının esas duman ve toz çıkartan ünitesi çalışmamıştır. Saat 18.30'da hem fırının toz ve duman çıkartan ünitesinin çalışması nedeniyle hem de 50 m ilerideki tüm fabrikanın iç havasını etkileyen 1 numaralı imalat makinesinin büyük çapta ürün üretmesi nedeniyle değerler yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda o saatte fırında yıkanmamış ve tortusu çok olan parça taşınmıştır.

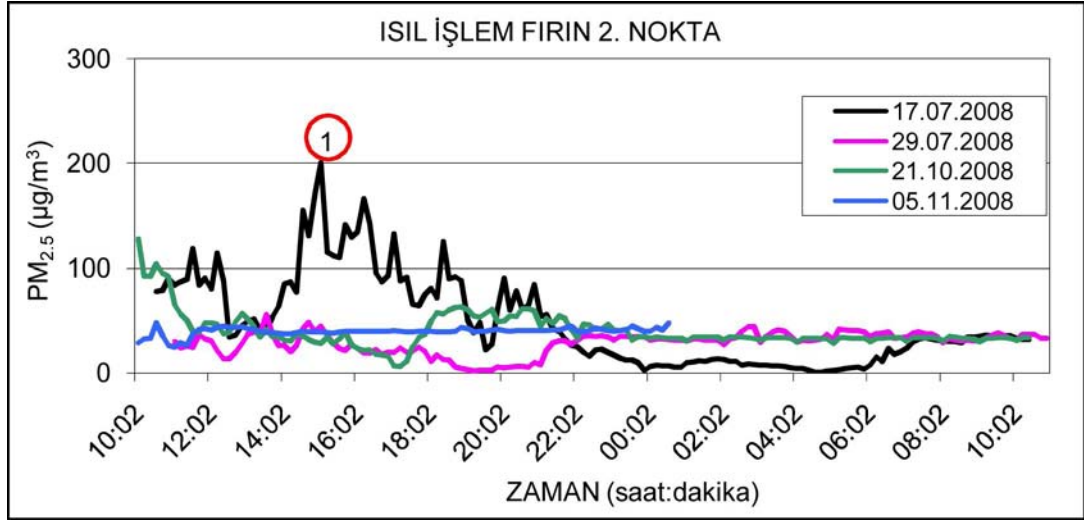
2. 16 Temmuz 2008 tarihinde saat 24.00'dan sonra fırında büyük ürün taşınmıştır. Fırında büyük ürünler küçük ürünlere göre taşıma esnasında daha az tortu oluşturur. Bir de bu saatte 2 numaralı makinenin imalatı bitmiştir.

3. 28 Temmuz 2008 tarihinde fırın sabah vardiyasında küçük çapta ürün taşıırken öğle saatlerinde büyük çapta ürün taşımaya başlamıştır. Aynı zamanda yine 2 numaralı makine büyük çapta ürün üretmektedir.

4. Yine 16 Temmuz 2008 tarihinde bu saatte fırına küçük çapta ürün gelmiştir. Yine 2 numaralı imalat makinesi 2 noktasına kadar büyük çapta ürün üretmiştir.

3. ölçüm günü olan 20 Ekim 2008 tarihinde teknik nedenler dolayısı ile 17.30 saatinde ölçüm bitirilmiştir. Bu tarihteki büyük değerlerin nedeni iki ısıl işlem fırının birlikte çalışıp, fırında küçük çapta ürün çalışılmasıdır. Ayrıca 2 numaralı makinenin bütün gün büyük çapta ürün üretmesidir. En son ölçüm günü olan 4 Kasım 2008 tarihindeki

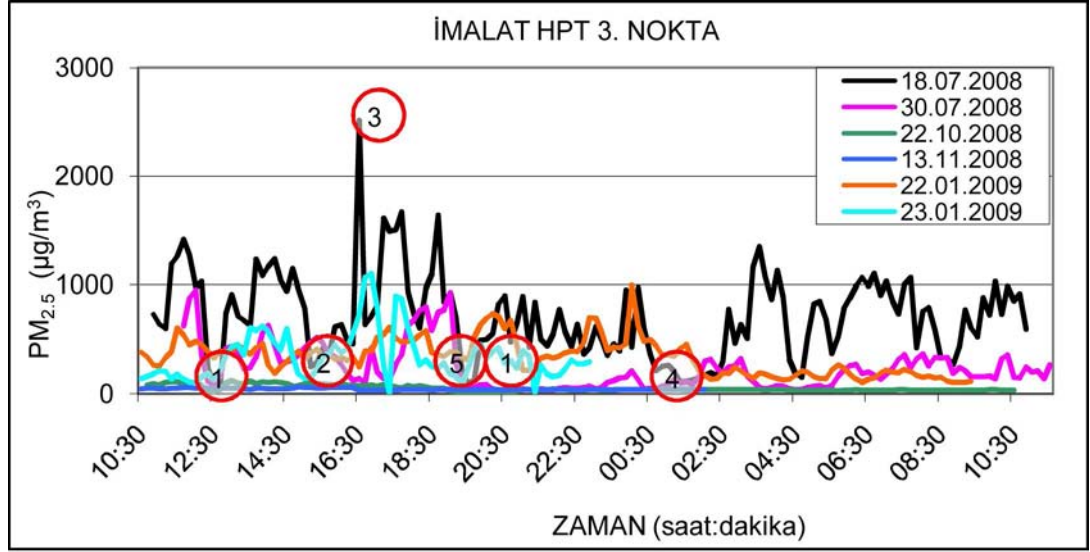
değerlerin küçük çıktığı gözlenmektedir. Çünkü Eylül 2008 tarihinde makineler üzerine izolasyon sistemi yapılmaya başlanmıştır, 1 Kasım 2008 tarihinde tüm makineler tamamlanmıştır.



Şekil 4.2: Isıl İşlem Fırın 2. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

Isıl İşlem Fırın olarak tanımlanan 2. Nuktada yapılan PM_{2.5} ölçüm sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir. 17 Temmuz 2008’de yapılan ölçümlere bakıldığında saat 14.00’da yükselen bir konsantrasyon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) görülmektedir. Bunun nedeni de fırına kısa bir süre az miktarda yıkanmamış ürün verilmesidir. 29 Temmuz 2008 tarihinde fırında hep büyük çapta ürün taşınmıştır. Bu tarihlerde 2 numaralı makine çalışmamıştır. Bu nedenle PM_{2.5} konsantrasyonları $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişim göstermiştir.

Son ölçüm tarihleri olan 21 Ekim 2008 ve 5 Kasım 2008 ölçümlerinde makineler çalışmasına karşın değerlerin düşük çıkması yine fabrikalar üzerinde yapılmış olan izolasyon sisteminden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.3: İmalat HPT 3. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

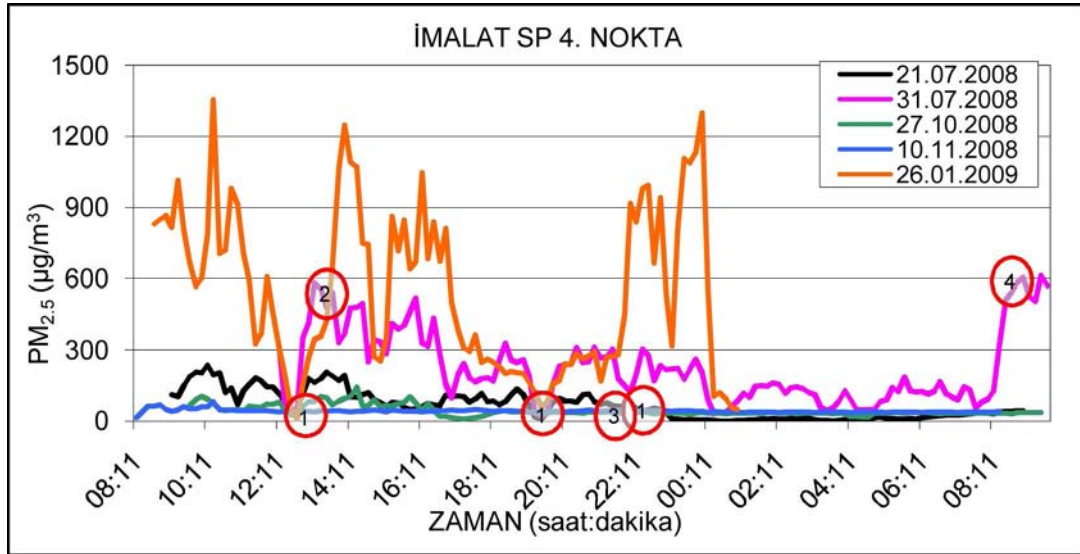
İmalat HPT olarak tanımlanan 3. Noktada yapılan PM_{2.5} ölçüm sonuçları Şekil 4.3’de verilmiştir. Temmuz 2008’de yapılan 2 günlük ölçümlerde konsantrasyonun oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu günlerdeki oluşan pik değerlerin nedeni fabrikadaki üretim sürecinden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.3 üzerinde sayılarla gösterilen bu değişimler şu şekilde açıklanabilir:

1. İmalatın yemeğe çıktığı saattir ve dolayısı ile bütün makineler kapanmıştır.
2. 18 Temmuz 2008 tarihinde gözlenen bu düşüş anında 1 numaralı makine tel değiştirmiştir. 2 numaralı makine parça değişimi yaptığı ve 1 saat sürdüğü görülmektedir. 9 numaralı makine kalıp ayarı yapması nedeniyle çalışmamaktadır. 11 numaralı makinede üretim yapılmamaktadır. 12 numaralı makinede üretim yapılmamaktadır.
3. 18 Temmuz 2008’de 16.00 saatlerinde gözlenen bu düşüş anında, fabrikanın en büyük makinesi olan 1 ve 2 numaralı makine imalata başlamaktadır. Yine 9,10 numaralı makineler de imalata başlamıştır. Makinelerin ilk açılma anlarında pik değerler (2400 µg/m³) oluşmuştur.
4. 11 numaralı makinenin tel değişimi nedeniyle durduğu zamandır. Aynı zamanda vardiya değişimi yapılmıştır.
5. 30 Temmuz 2008 tarihinde yapılan ölçümde, bu noktadan sonra değerlerin çok düştüğü gözlenmektedir. Bunun nedeni de ölçüm noktasının çevresindeki makinelerden sadece 10 numaralı makinenin çalışmasıdır. 1 numaralı makine 15.00’da imalatı bitirmiş, 2 numaralı makine de ayar yapmaktadır.

Diğer küçük iniş ve çıkışlarda makinelerin tel değişim zamanlarında 15 dk. gibi kısa süreli durdurulmasından kaynaklanmaktadır. Tel değişim zamanlarındaki değerlerin artışında forkliftin tel getirdiği andaki çıkardığı partikül madde de etkilidir.

Temmuz 2008 tarihinde yapılan 2 ölçüm arasındaki değer farklılıklarının nedeni de Temmuz ayının son haftasında senelik izinler nedeniyle makinelerin düzenli çalışmamasıdır. 30 Temmuz 2008 tarihinde 2 numaralı makinede üretim olmamıştır. Fakat 18 Temmuz 2008 tarihinde diğer makinelerle birlikte 2 numaralı makinede büyük çapta bir ürün üretilmiştir.

22 Ekim 2008 tarihinde ve 13 Kasım 2008 tarihinde görülen düşüşlerin nedeni makineler üzerinde yapılan izolasyon sistemidir.



Şekil 4.4: İmalat SP 4. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

İmalat SP olarak tanımlanan 4. Noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir. Bu noktada yapılan 5 günlük ölçüm sonuçlarının görüldüğü grafikte en büyük değişiklikler ilk iki ölçümün yapıldığı günlerde (21 Temmuz ve 31 Temmuz 2008 tarihleri) görülmüştür. Bu günlerdeki oluşan pik değerlerin nedeni fabrikadaki üretim sürecinden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.4'te sayılarla gösterilen bu değişimler şu şekilde açıklanabilir:

1. Fabrika için yemek vaktidir ve makineler durmaktadır.

2. 31 Temmuz 2008 tarihinde gözlenen bu pik değerinin olduğu saatte, ölçüm cihazının bulunduğu bölgenin etkilendiği alandaki makinelerin hepsi çalışır durumdadır.

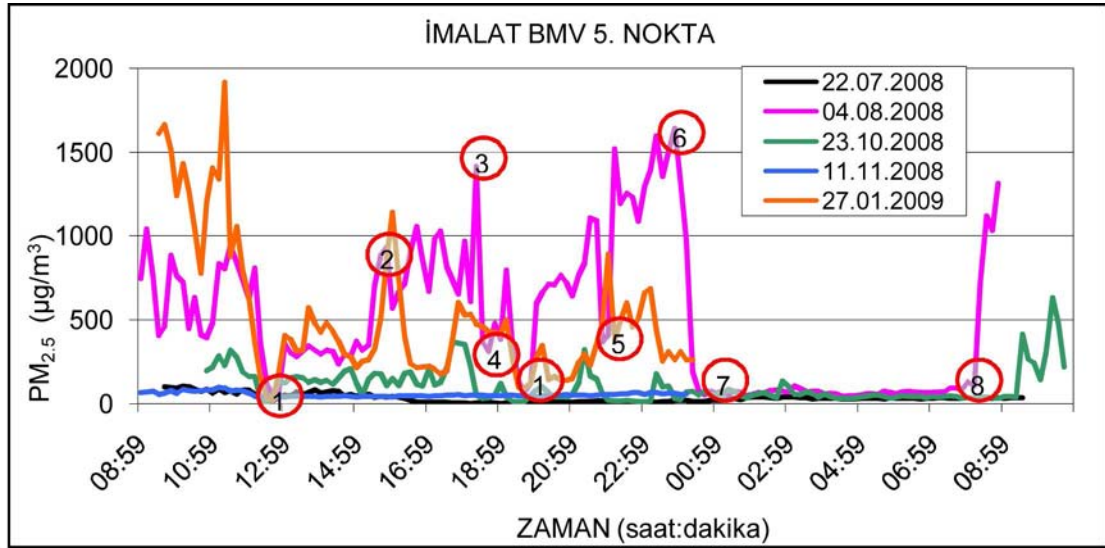
3. 21 Temmuz 2008 tarihinde, ölçüm cihazının bulunduğu bölgenin etkilendiği alandaki tüm makineler o saatten sonra imalatı bitirmiştir.

4. 31 Temmuz 2008 tarihinde gözlenen bu yükselişin nedeni, bu saatte sabah vardiyasının (8:00'da başlayan vardiya) mesaiye başlamasıdır. Ölçüm noktasının etkilendiği alandaki tüm makineler çalışmaya başlamıştır.

Ölçümlerdeki diğer küçük iniş ve çıkışlar, makinelerin tel değişim zamanlarında 15 dk. gibi kısa süreli duruşlarının nedenidir. Tel değişim zamanlarındaki değerlerin artışında forkliftin tel getirdiği andaki çıkardığı partikül madde de etkilidir.

31 Temmuz 2008 tarihlerinde 2 numaralı makine yine büyük çapta ürün üretmektedir. Değerlerdeki dengesizlik ve aşırılığın nedeni bu makinenin büyük çapta ürün üretmesinden kaynaklanmaktadır.

27 Ekim 2008 ve 10 Kasım 2008 tarihlerinde değerlerin düşmesinin nedeni makineler üzerinde yapılan izolasyon sistemidir.



Şekil 4.5: İmalat BMV 5. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

İmalat BMV olarak tanımlanan 5. Noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.5'te verilmiştir.

22 Temmuz 2008 tarihinde yapılan ölçümün değerlerinin düşük olmasının nedeni o tarihlerde tatil nedeniyle makinelerin sadece bir kısmının çalışması ve hatta çalışan makinelerin de düşük kapasitede çalışmasıdır. Bu bölgede bulunan 5 makineden sadece ikisi çalışmaktadır ve bu 2 makine de küçük çapta ürün üretmektedir. Aynı zamanda ölçüm cihazının bulunduğu noktadaki makinede ürün ayarı yapılmaktadır. Bu noktada yapılan ölçüm sonuçlarının görüldüğü grafikte en büyük $PM_{2.5}$ değişiminin ($1600 \mu g/m^3$) 4 Ağustos 2008 ve 27 Ocak 2009 tarihinde yapılan ölçüm sonuçlarında olduğu gözlenmiştir.

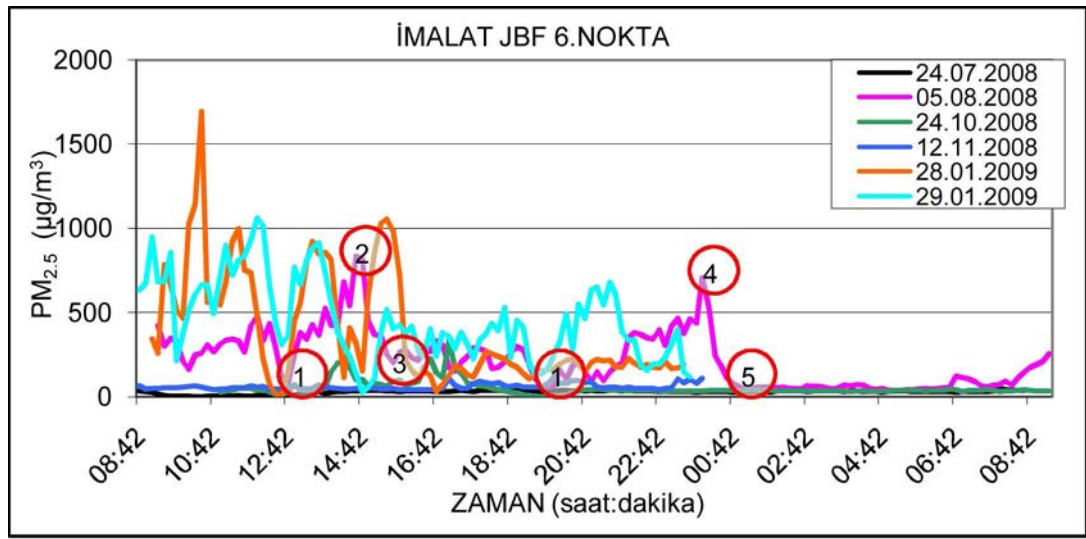
1. Tüm ölçümler için fabrika yemek saatidir. İmalat yemeğe çıkmıştır ve dolayısı ile tüm makineler kapanmıştır.
2. Gözlenen bu pik anında, ölçüm cihazının bulunduğu noktadaki makine 1 saatlik aradan sonra 15.00 itibariyle çalışmaya başlamıştır. Aynı zamanda o anda yanındaki 16 numaralı makine de çalışmaktadır.
3. Ölçüm cihazının bulunduğu noktadaki makine (15 numaralı makine) 1.5 saatlik duruştan sonra çalışmaya başlamıştır.
4. Bu saatte ölçüm cihazının bulunduğu makine (15 numaralı makine) 15dk. durmakta ve makineye tel konmaktadır. Bu nedenle düşüşten sonra değerin yükseldiği gözlenmiştir.
5. Akşam saatlerinde gözlenen düşüşün nedeni, 16 numaralı makine 15 dk. süreli durmaktadır.
6. En yüksek pik değerinin gözleendiği 4 Ağustos 2008 tarihinde, ölçüm noktasının bulunduğu noktadaki makine ile birlikte 16 ve 3 numaralı makine imalat halindedir.
7. Ani bir düşüşün gözleendiği bu saatte imalat gece vardiyasına girmektedir ve ölçüm noktasının çevresindeki makineler kapalı durumdadır.
8. Sabah vardiyasının başladığı bu saatte makineler çalışmaya başlamaktadır.

Diğer küçük iniş ve çıkışlar, makinelerin tel değişim zamanlarında 15 dk. gibi kısa süreli duruşlarının nedenidir. Tel değişim zamanlarındaki değerlerin artışında forkliftin tel getirdiği andaki çıkardığı partikül madde de etkilidir.

Bu ölçüm noktasındaki değerlerin değişkenliğinin nedeni de tam yanında tel giriş bölümünün olmasıdır. Tel giriş bölümünde forklift çalışmaktadır. Bütün imalata tel

girişi ve imalattan ürün çıkışı bu noktadan sağlanmaktadır. Her tel girdiğinde ve ürün çıktığında forkliftin çalışmasından dolayı değerler değişim göstermiştir.

23 Ekim 2008 ve 11 Kasım 2008 tarihlerindeki düşük değerlerin nedeni makinelerin üzerinde yapılan izolasyon sistemidir. Değerlerin küçük iniş ve çıkışlarının nedeni bu noktada sürekli çalışan forklift bulunmasıdır. 23 Kasım 2008 tarihinde gözlenen yükselişlerin nedeni de ölçüm noktasında bulunan makinenin izolasyon sisteminde ufak bir problem olması nedeniyle makinenin bir süre bu şekilde çalışmasıdır.



Şekil 4.6: İmalat JBF 6. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

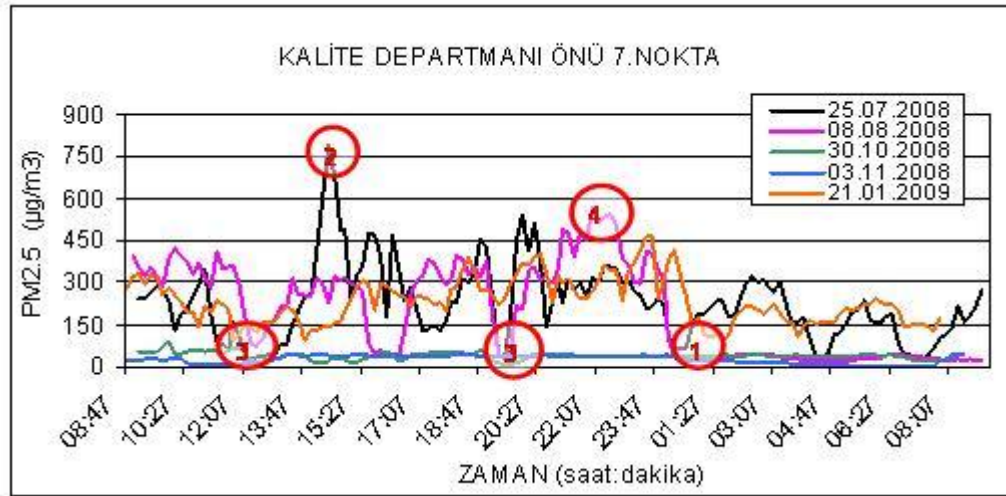
İmalat JBF olarak tanımlanan 6. Noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir.

24 Temmuz 2008 tarihinde ölçüm cihazının bulunduğu noktadaki makine (17 numaralı makine) ayar yapmaktadır. Bununla birlikte hemen yanındaki 18 numaralı makine ile 16 numaralı makine de çalışmamıştır. Bu nedenle değerler çok düşük çıkmıştır. Ayrıca bu ölçüm noktası çıkış kapısının hemen karşısındadır. Kapı yaz aylarında sürekli açık bulunmaktadır. Dolayısı ile dışarıdaki rüzgâr hızı ve hava durumu ölçüm değerlerini etkilemektedir. 24 Temmuz 2008 tarihinde hava rüzgârlı ve bulutlu olduğu için ölçümlerde düşük değerler gözlenmiştir.

5 Ağustos 2008 tarihinde ise PM_{2.5} ölçümlerinde yüksek salınımlar olmuştur. Bu salınımların nedeni şekil üzerindeki salınımlar ile şu şekilde açıklanabilir;

1. İmalatın yemekte olması nedeniyle makineler çalışmamıştır, dolayısı ile değerlerde ani düşüş gözlenmiştir. O saatten sonra bu bölgede 5, 16, 17 ve 18 numaralı makineler düzenli olarak çalışmaya başlamıştır.
2. Bu pik anında 5, 16, 17 ve 18 numaralı makinelerin hepsi çalışır durumdadır.
3. Ölçüm cihazının bulunduğu noktadaki makinenin üretimi sona erdiği için değerlerde belirgin bir düşüş gözlenmiştir.
4. Ani bir yükseliş gözlenmektedir. Bunun nedeni de 4 noktasındaki saatten 5 noktasındaki saate kadar 5,18,19 numaralı makinelerin aynı anda çalışıyor olmasıdır. Sonraki ani düşüşün nedeni de imalatın gece vardiyasına geçip imalata ara vermesidir.
5. Yükselişin nedeni sabah 8:00'de makinelerin gündüz vardiyasında çalışmaya başlamasıdır.

24 Ekim 2008 ve 12 Kasım 2008 tarihlerindeki düşük değerlerin nedeni makineler üzerinde yapılan izolasyon sistemidir.



Şekil 4.7: Kalite Departmanı Önü 7. Nokta PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

Kalite Departmanı Önü olarak tanımlanan 7. Noktada yapılan ölçüm sonuçları Şekil 4.7'de verilmiştir.

Bu noktada yapılan ölçüm sonuçlarının görüldüğü grafikte en büyük değişiklikler ilk iki ölçümün yapıldığı günlerde görülmüştür. Bu günlerdeki oluşan pik değerlerin nedeni şu şekilde açıklanabilir;

1. 8 Ağustos 2008 tarihinde 24.00 saatindeki değerlerde gözlenen duraklamanın nedeni, makinelerin gece vardiyasında çalışmayı bırakmasıdır.
2. 25 Temmuz 2008 tarihindeki bu yükselişin nedeni imalatta bulunan 1 numaralı makine ile yine aynı çapta ürün üreten 15 numaralı makinenin o saatte büyük çapta ürün üretmeye başlamasıdır. O saatte üretim için ilk vuruş olduğu için ani bir yükseliş meydana gelmiştir.
3. Akşam vardiyası yemek vakti olup, (19.00) imalat yemeğe çıkmaktadır ve dolayısı ile makineler durmaktadır. Yemek dönüşü makineler tekrar çalışmaya başladığı için değerlerde yükseliş başladığı gözlenmektedir.
4. 8 Ağustos 2008 tarihinde gözlenen bu pik anında konsantrasyonun en üst değere ($600 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ulaştığı gözlenmektedir. Bunun nedeni de yine 1 numaralı makinenin üretime başlamış olmasıdır. Sonraki düşüşün nedeni de 23.00'da iki makinenin üretimi bitirmiş olmasıdır. Sonrasında da 1 noktasında gece vardiyası çalışmayı durdurmuştur.

30 Ekim 2008 ve 3 Kasım 2008 tarihlerinde değerlerde düşüşler gözlenmektedir. Bunun nedeni makinelerde yapılan izolasyon sistemidir.

Metal endüstrisi soğuk şekillendirme bölümünde farklı karakterdeki 7 farklı noktada yapılan hava kalitesi ölçümlerinde her bir noktadaki $\text{PM}_{2.5}$ ortalama konsantrasyon değerleri hesaplanmış ve Tablo 4.1'de özetlenmiştir. Toplam 26 adet imalat makinesi ve 2 adet ısıtım fırınının bulunduğu bu bölümde her bir noktada farklı günlerde ölçümler alınmıştır. $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonları ölçüm noktaları ve ölçüm zamanına göre yüksek değişim sergilemiştir. Ölçümün yapıldığı günler arasında önemli farklılıklar olması fabrika imalatındaki farklılıklarından ileri gelmektedir. Bunun yanında birçok ölçüm noktasında Temmuz-Ağustos 2008 ölçümlerinin Ekim ve Kasım 2008 ölçümlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Eylül 2008'de başlayan ve Kasım 2008'de sona eren bir yalıtım çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda imalat makinelerinin tamamının etrafı çelik sac levha ile kapatılıp, makinelerden ortama yayılan tozun havalandırma ile dışarı atılması sağlanmıştır. Bu yapılanma nedeni ile PM emisyonlarında Ekim ve Kasım aylarında ciddi azalmalar gözlenmiştir. İmalat makinelerinin yoğun olarak bulunduğu KLT, JBF, BMV ve SP simgeli ölçüm noktalarında yalıtımsızken ve tüm makineler çalışırken $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$ değerlerinin üzerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ancak yalıtım sonrası tüm makineler çalışır

pozisyonda yapılan ölçümlerin genel olarak 20-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişim göstermiştir. Özellikle İ-HPT noktasında izolasyon sisteminden önce ölçülen değerin izolasyon sistemi yapıldıktan sonra 8 kat düştüğü gözlenmiştir.

İzolasyon sisteminin yapılmadığı kısım olan ve IİG olarak tanımlanan Isıl İşlem Fırını bölümünde $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonlarına bakıldığında, üretim makinelerinde yapılan izolasyonların etkisi burada da görülmektedir. İzolasyon öncesinde IİG simgeli ölçüm bölgesinde $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonu ortalama 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişirken, Kasım ayında izolasyon sonrasında 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür.

Ocak-Şubat dönemlerinde yapılan ölçümlerde $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonlarında yükselmeler gözlenmektedir. Nedeni de makinelerde yapılan izolasyon sisteminin çalışanlar tarafından devre dışı bırakılmasıdır. İzolasyon sistemi kapsamında yapılan makinelerin kapanması çalışmada zaman kaybı olacağı düşüncesiyle çalışanlar tarafından, makine kapakları çıkartılmıştır ve imalat ortamın havalandırılması sağlıklı bir şekilde olmadığı gözlenmiştir.

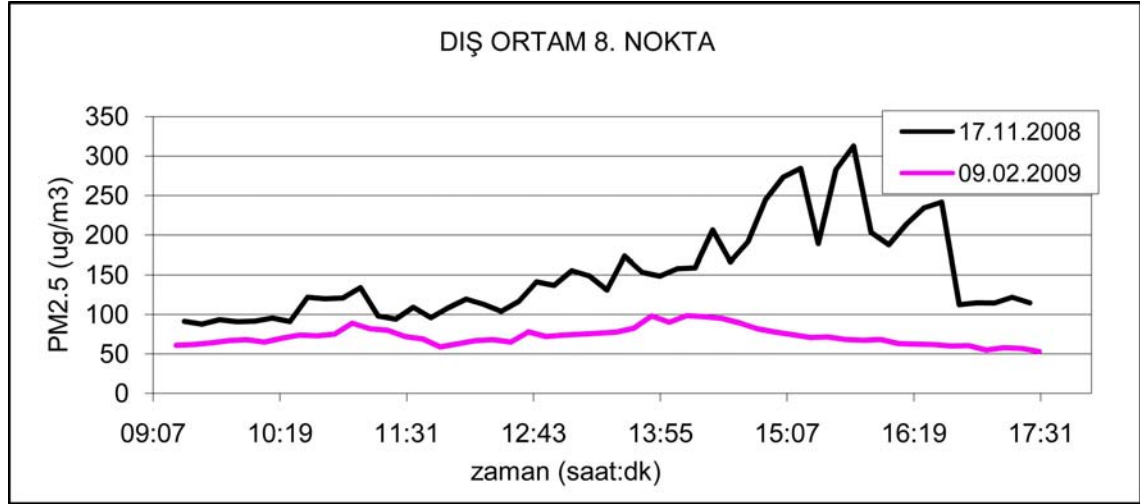
Tablo 4.1: Fabrika üretim alanında tüm ölçüm noktalarındaki İzolasyon öncesi ve izolasyon sonrası ortalama PM_{2,5} konsantrasyonları

	İzolasyon yok						İzolasyon var		
Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	4. ölçüm	ORT	1. ölçüm	2. ölçüm	ORT	
İİG	34,9 (9,5-137,2)	35,4 (3,5-142,7)	165,2 (107,1-223,9)	-	78,5	32,0 (3,7-65,1)	-	32,0	
İİF	46,6 (1,1-200,8)	29,0 (2,5-56,3)	-	-	38,9	40,6 (6,7-127,6)	40,1 (25-48,3)	40,4	
İ-HPT	707,8 (70,0-2517,7)	232,5 (33,6-957,3)	341,2 (186,3-998,3)	343,8 (3,6-1103,9)	406,3	50,8 (7,6-122,3)	43,0 (32,8-63,1)	46,8	
İ-SP	67,4 (7,5-238,1)	226,7 (23,8-613,0)	535,5 (8,4-1356,0)	-	276,5	44,7 (10,3-144,1)	43,3 (13,9-83,3)	44,0	
İ-BMV	34,3* (2,3-104,4)	498,6 (45,6-1642,8)	518,9 (19,3-1917,9)	-	508,7	107,8 (9,0-632,7)	55,6 (40,8-96,8)	81,7	
İ-JBF	29,0* (1,5-48,4)	220,1 (53,5-833,3)	386,5 (5,2-1693,2)	458,6 (27,9-1064,2)	355,1	49,7 (1,8-332,9)	60,6 (42,6-125,4)	55,15	
KLT	225,9 (24,1-794,1)	199,0 (18,3-568,2)	232,8 (95,1-465,2)		219,2	37,5 (5,8-87,0)	24,5 (1,4-47,6)	31,0	

* : yaz tatili günü yapılan ölçüm olduğundan ORT hesabına katılmamıştır

4.1.2 Dış Ortam PM_{2.5} Ölçüm Sonuçları

Dış ortamda Ekim-Kasım ve Ocak-Şubat dönemlerinde yapılan ölçümlerde, PM_{2.5} konsantrasyon değişimi Şekil 4.8’de verilmiştir.



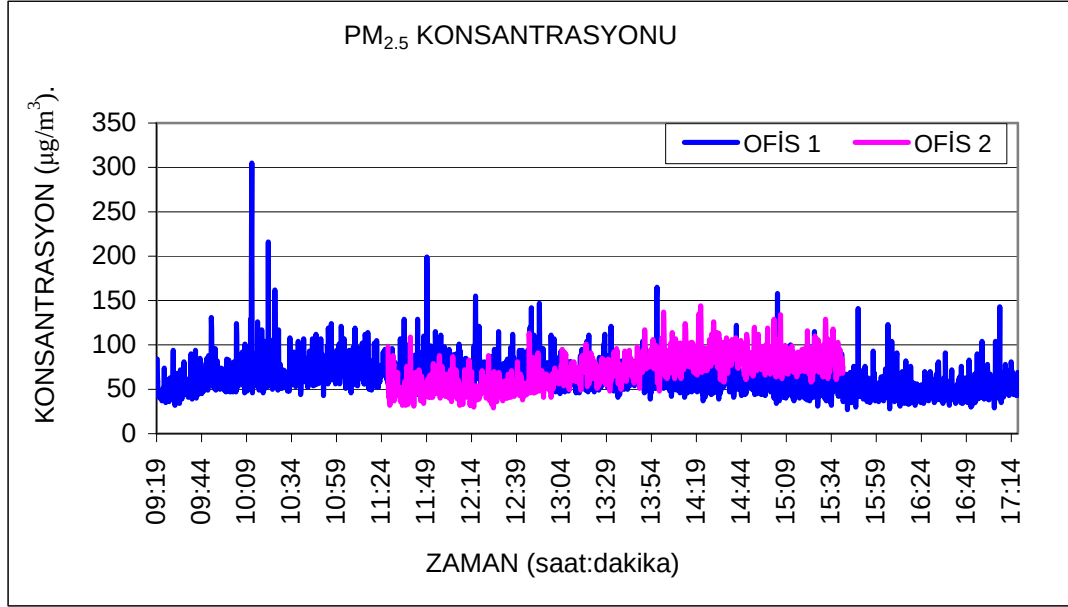
Şekil 4.8 : Dış Ortam PM_{2.5} Konsantrasyonunun Zamanla Değişimi

2 gün boyunca yapılan ölçümler sonucunda dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonu ortalama değerleri Tablo 4.2’de gösterilmektedir ve iki günlük ölçümün ortalama değeri 111,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Grafikte görülen ve akşam saatlerinde oluşan (16.00) ani yükselişin nedeni, o bölgede bulunan fan seperatörü arızasının giderilmesi sırasında seperatörde temizlik yapılması ve dolayısı ile seperatör üzerinde toplanan tozların çevreye yayılmasıdır. Arıza giderilip temizlik yapıldıktan sonra grafikte görüldüğü gibi değerler normale dönmüş ve akşam saat 17.00 sonrası 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ’de değerlerine düşmüştür. Bunun yanında genel olarak ilk ölçümde dış ortam PM_{2.5} konsantrasyonunun 100 ile 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında salınım gösterdiği gözlenmektedir. İkinci günde yapılan ölçümde ise ortalama 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlerinde olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.2: Dış Ortam PM_{2.5} Ölçümlerinin Ortalama Konsantrasyonları

Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	ORT
DIŞ ORTAM	151,2 (87,9-312,6)	72,2 (53-98,6)	-	111,7

4.1.3 Ofis Ortamı PM_{2.5} Ölçüm Sonuçları



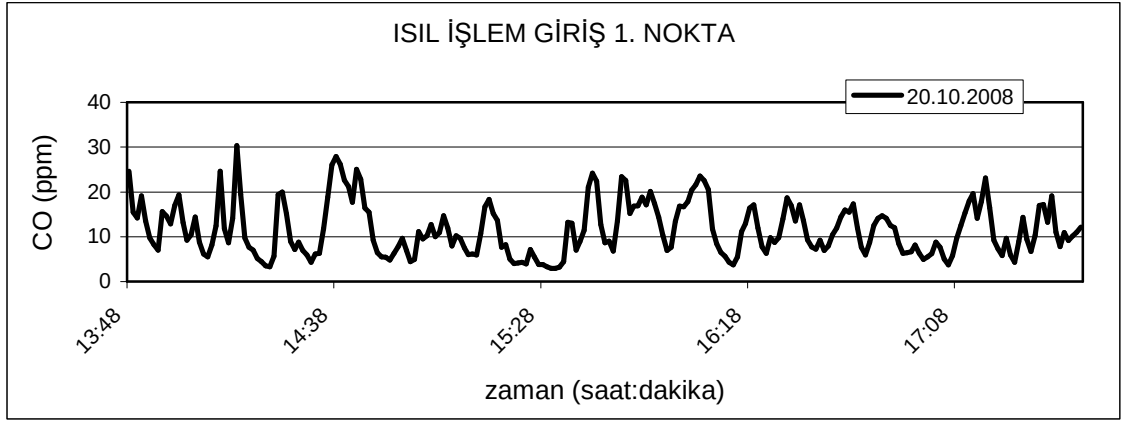
Şekil 4.9: Ofislerde İç Ortam PM_{2.5} Ölçüm Sonuçları

Fabrikada kapısı imalata açılan 2 adet ofis bulunmaktadır. Ofislerin PM_{2.5} konsantrasyonunu da değerlendirdiğimiz bu çalışmamızda, Ofis1 olarak tanımladığımız idari bölümün ölçümü 17 Aralık 2008 tarihinde, Ofis 2 olarak tanımladığımız kalite bölümünün ölçümü 18 Aralık 2008 tarihinde yapılmıştır. İki ofisin de PM_{2.5} konsantrasyonunun zamanla değişimi Şekil 4.13'te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında Ofis 2'nin ortalama PM_{2.5} konsantrasyonu (70 µg/m³) Ofis 1'e oranla (62 µg/m³) daha yüksek çıkmıştır. Nedeni de, Ofis 2'de, imalatatta üretilen ürünlerin analizlerinin ve kontrollerinin yapıldığı ölçüm aletleri bulunmaktadır. Numunelerde bulunan toz, tortu, Ofis 2'ye gelen insanların fazla oluşu PM_{2.5} konsantrasyonunu etkilemektedir.

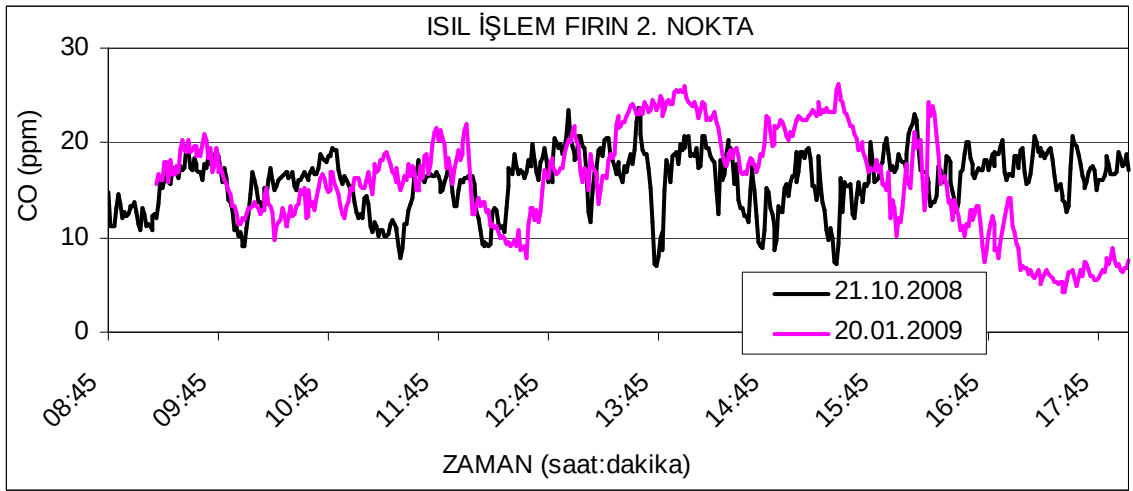
4.2 CO, CO₂ ve VOC ÖLÇÜM SONUÇLARI

4.2.1 Tesis İçi CO Ölçüm Sonuçları

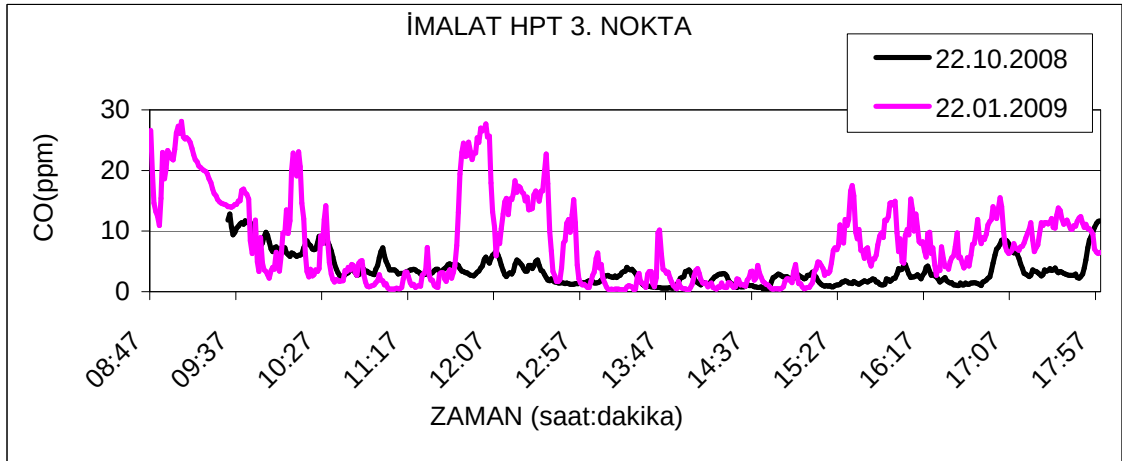
Her bir ölçüm noktasında 1 ile 3 gün boyunca yapılan CO ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri Şekil 4.10 – 4.16 arasında verilmiştir.



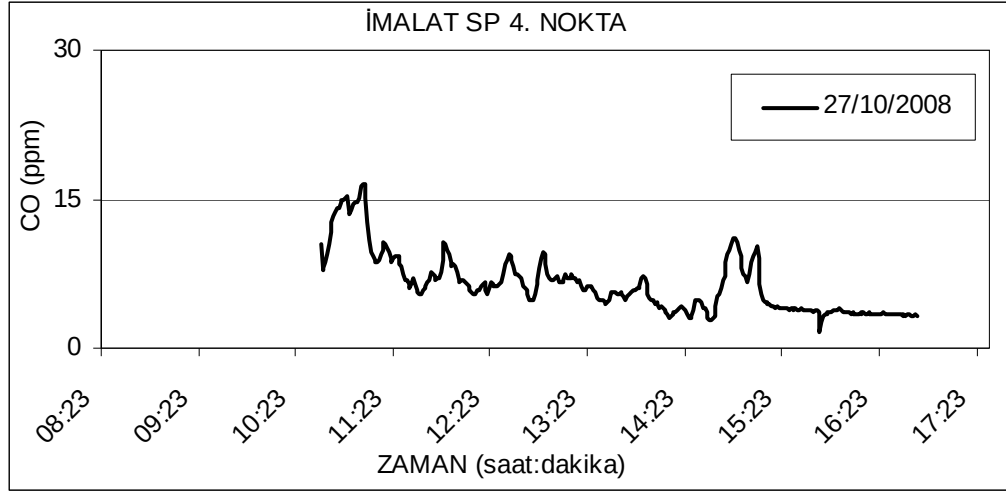
Şekil 4.10: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



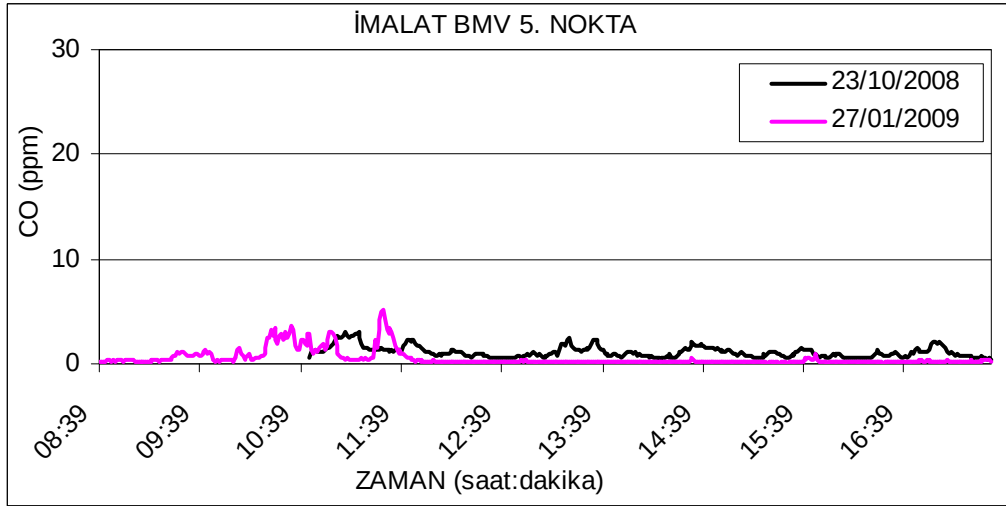
Şekil 4.11: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



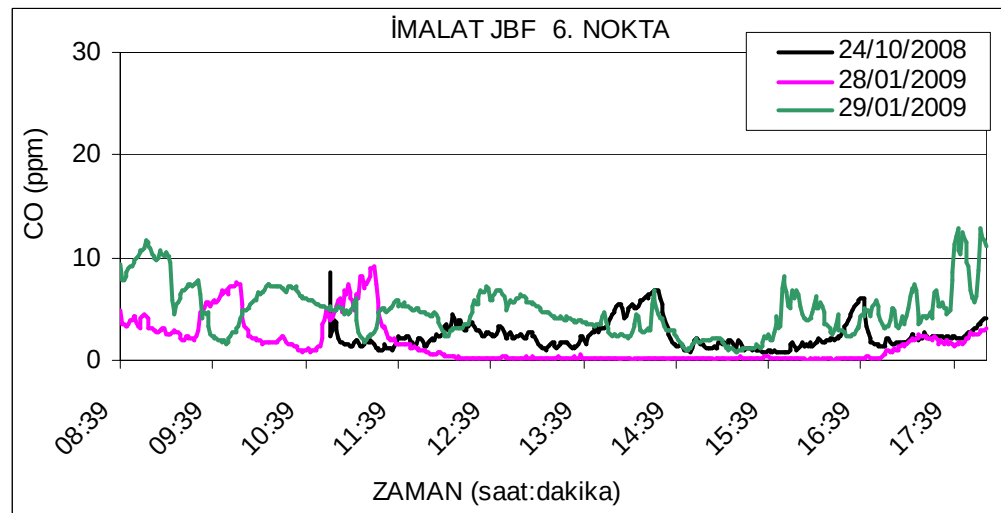
Şekil4.12: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



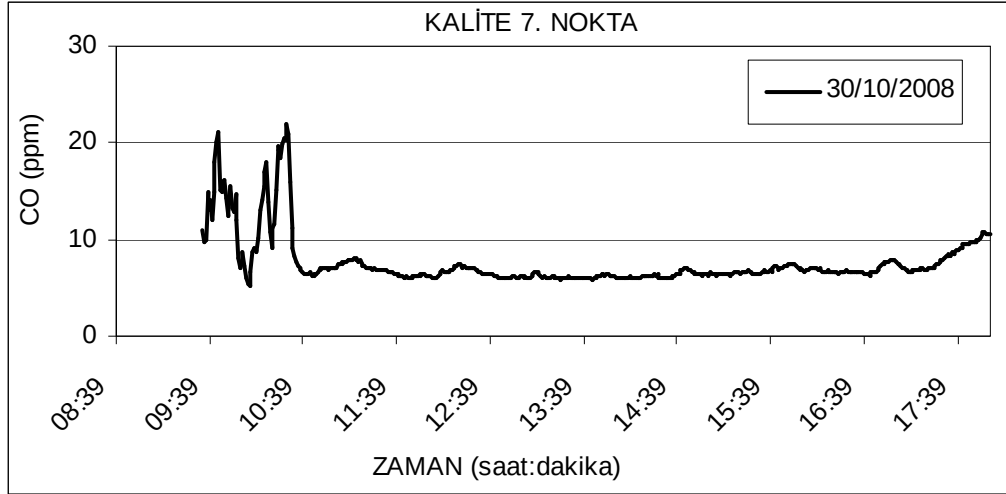
Şekil 4.13: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.14: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.15 İmalat JBF (İ-JBF) bölümü, 6. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.16: Kalite (KLT) bölümü, 7. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.

Tüm grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, üretim ortamında oluşan CO konsantrasyonu, ısıtım fırınının bulunduğu noktalarda ve yakınında bulunduğu İ-HPT noktasında yüksek olduğu gözlenmiştir. Isıtım fırınında doğalgaz kullanılarak 700-800°C’lerde aktif karbon kullanılarak yakma işlemi gerçekleştirilmektedir. Proses gereği, ürünlerin sertliğinin gerçekleştirilmesi için yanma olayı tam olarak gerçekleştirilmemekte olup içeride CO’lu bir ortam yaratılmaktadır. Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, fırının bulunduğu yerdeki ölçüm noktaları olan İİG ve İİF simgeli ölçüm noktalarının CO konsantrasyonunun diğer noktalara oranla yüksek olduğu gözlenmektedir. İİG ölçüm noktasında ortalama CO konsantrasyonu 13,2 ppm’i gösterirken İİF ölçüm noktasında ise 16 ppm’i göstermektedir. CO’lu ortam yaratılan ısıtım fırınında, ürün geçişleri sırasında imalat ortamına sızan CO konsantrasyonu, bu iki noktadaki CO değerlerinin yüksek çıkmasına neden olup diğer ölçüm noktalarının 2-6 kat üzerinde çıkmıştır. Isıtım fırınına en yakın ölçüm noktası olan İ-HPT simgeli ölçüm noktasında (Şekil 4.12) ise ortalama CO konsantrasyonu 5,7 ppm olarak görülmektedir. 22 Ocak 2008 tarihinde yapılan ölçümde İ-HPT ölçüm noktasında görülen yükseliş, ısıtım fırınından kaynaklı olduğunu göstermektedir. 22 Ocak 2008 tarihinde CO konsantrasyonundaki yükseliş, ısıtım fırınının o gün düzensiz çalışmasından kaynaklanmaktadır. 2 gündür çalışmayan fırının 22 Ocak 2008 tarihinde üretime başlaması için, hızlı bir şekilde ısısının yükseltilmesi ve aktif karbon verilmesi CO konsantrasyonunda değişiklikler ve yükselmeler oluşturmuştur. Diğer ölçüm noktalarında (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15) CO konsantrasyonunda büyük değişiklikler gözlenmemekle birlikte KLT simgeli ölçüm noktasında (Şekil 4.16) sabah

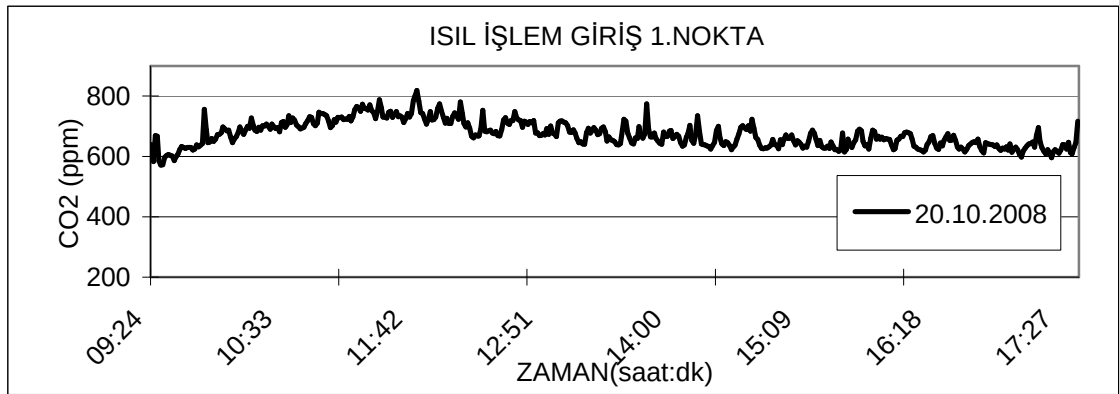
saatlerinde forkliftin yoğun kullanımından dolayı küçük pikler olduğu gözlenmiştir. Tüm ölçüm noktalarının ortalama CO değerleri Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3: İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama CO konsantrasyonları

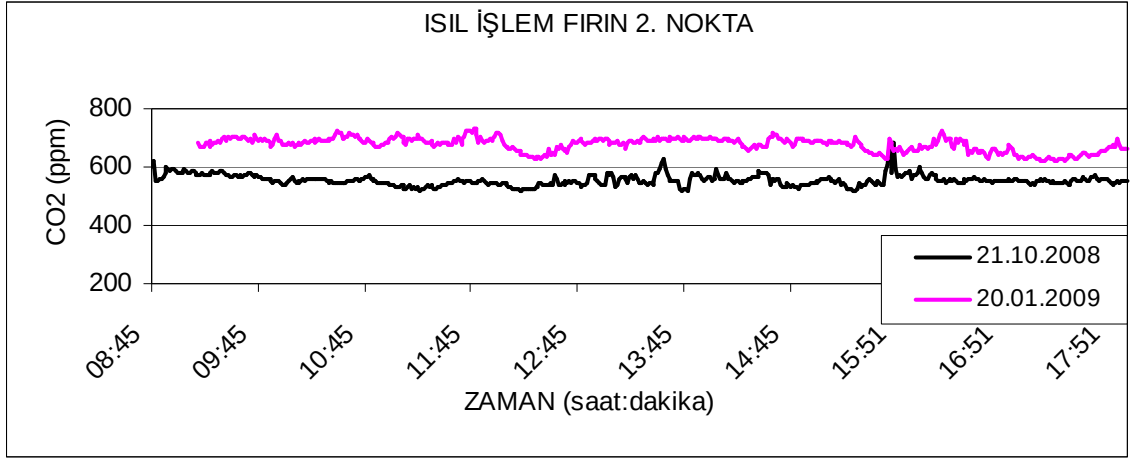
Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	ORT
İİG	13,3 (34,9-2,9)	-	-	13,3
İİF	15,9 (23,6-7,1)	16,0 (26,3-4,2)	-	16,0
İ-HPT	3,49 (12,8-0,5)	8,0 (28,1-0,3)	-	5,7
İ-SP	6,4 (16,6-1,7)	-	-	6,4
İ-BMV	1,1 (3,0-0,4)	0,49 (5,2-0)	-	0,8
İ-JBF	2,4 (8,6-0,7)	1,56 (9,1-0)	4,8 (12,9-0,8)	2,9
KLT	7,4 (21,9-5,1)	-	-	7,4

4.2.2 Tesis İçi CO₂ Ölçüm Sonuçları

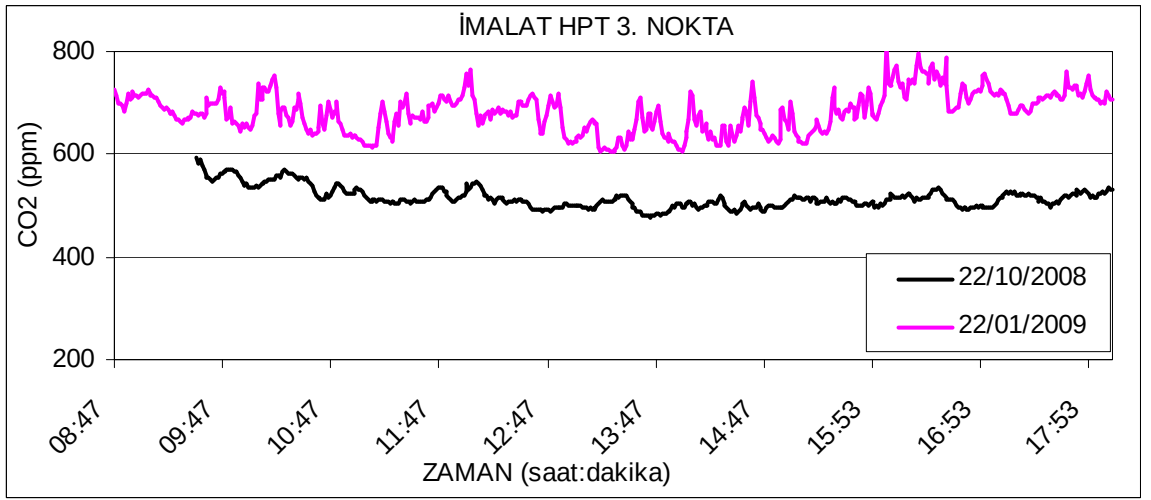
Her bir ölçüm noktasında 1 ile 3 gün boyunca yapılan CO₂ ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri Şekil 4.17 – 4.23 arasında verilmiştir.



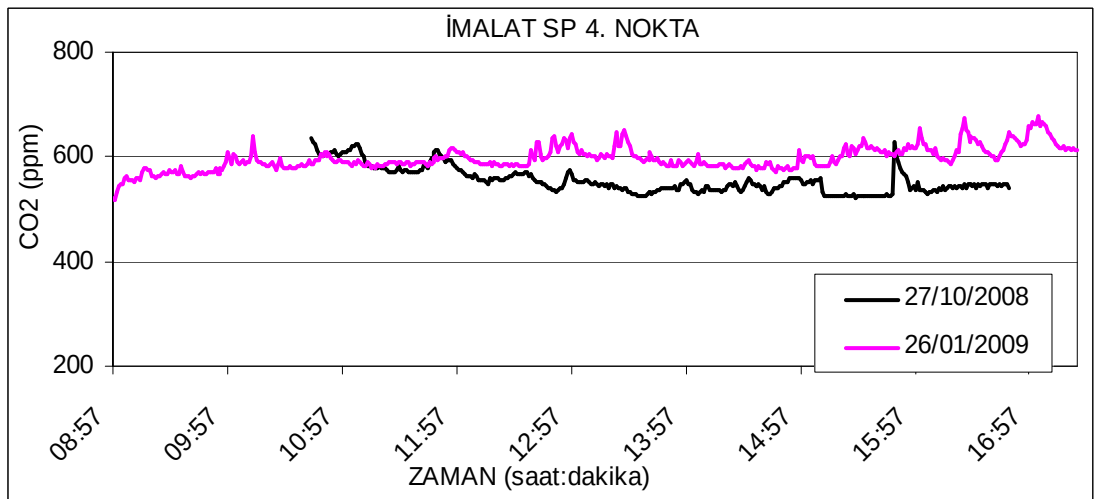
Şekil 4.17: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi.



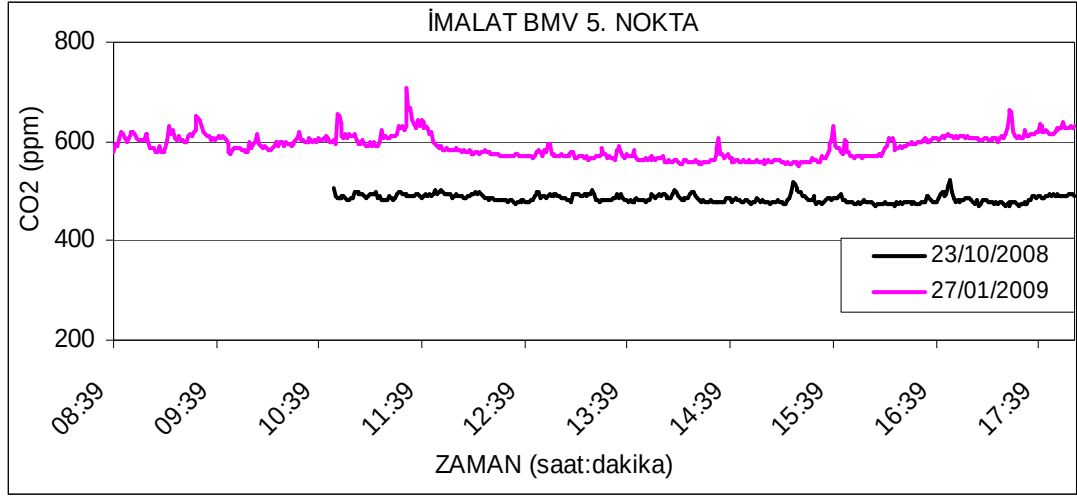
Şekil 4.18: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi.



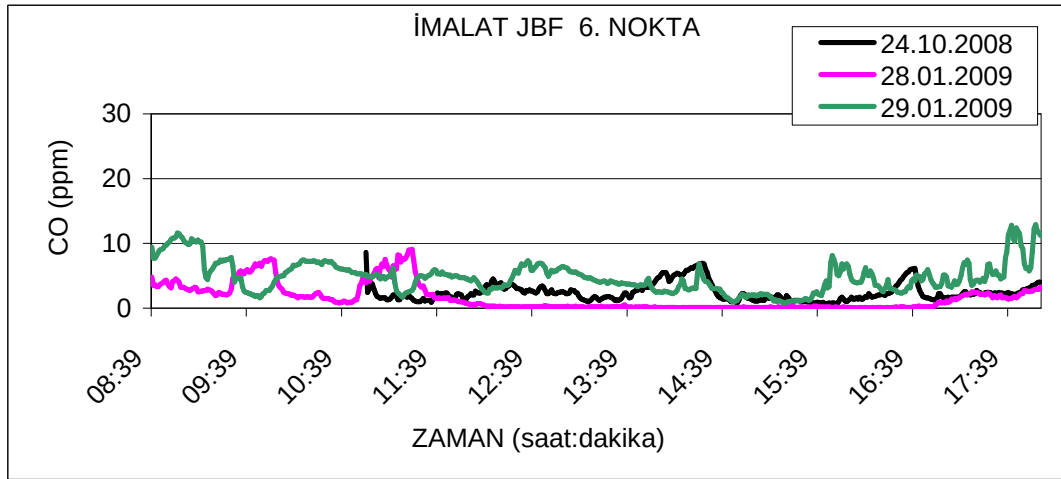
Şekil 4.19: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi



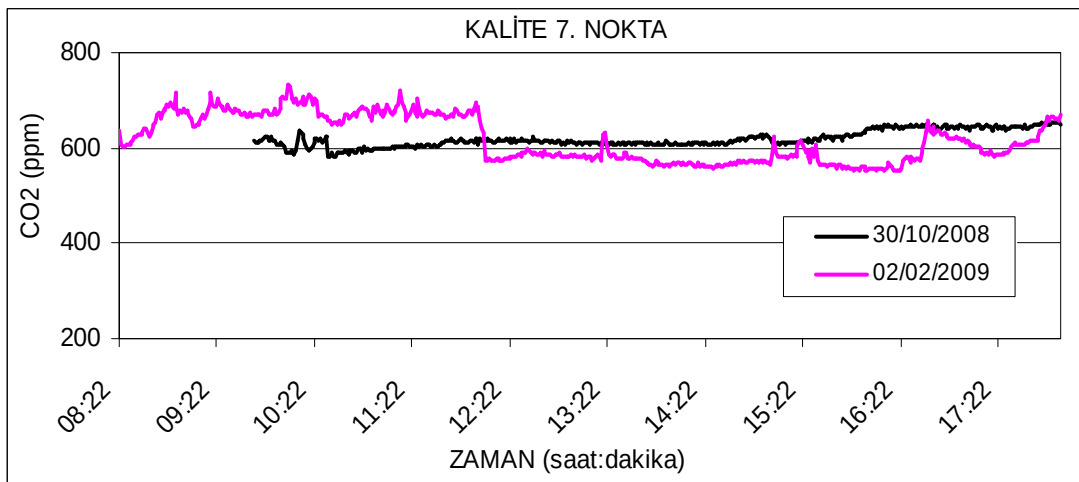
Şekil 4.20: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi



Şekil 4.21: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi



Şekil 4.22: İmalat JBF bölümü, 6. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi



Şekil 4.23: İmalat Kalite bölümü, 7. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi.

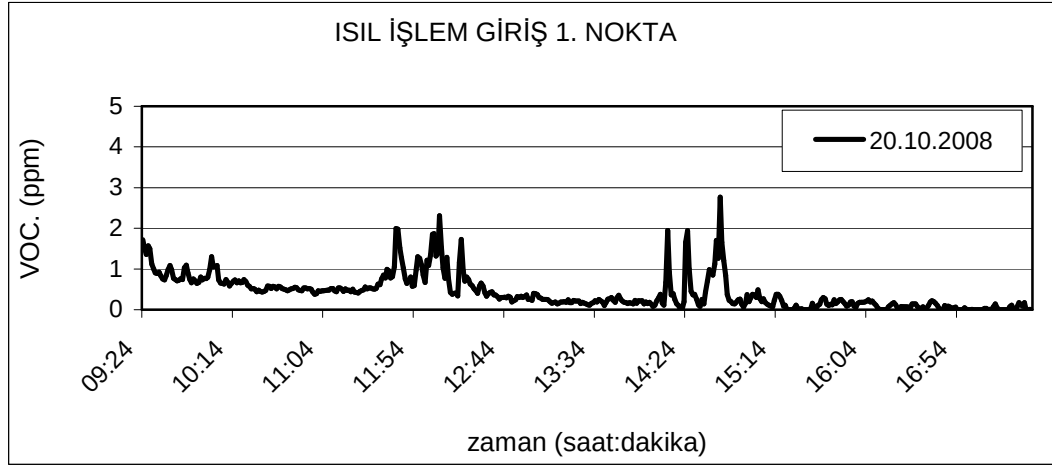
Tüm grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, üretim ortamında oluşan CO₂ konsantrasyonu, CO konsantrasyonuna paralel bir değişim göstererek, ısıtım işlem fırınının bulunduğu noktalarda ve yakınında yüksek çıkmıştır. Grafiklere bakıldığında ısıtım işlem fırınının bulunduğu yerdeki ölçüm noktaları olan İİG ve İİF simgeli ölçüm noktalarının CO₂ konsantrasyonunun diğer noktalara oranla ortalama 1,3 kat daha yüksek olduğu gözlenmektedir. İİG ölçüm noktasında (Şekil 4.17) ortalama CO₂ konsantrasyonu 675,8 ppm'i gösterirken İİF ölçüm noktasında ise (Şekil 4.18) 615,7 ppm'i göstermektedir. Fırın içerisinde meydana gelen yakma olayı sonucu meydana gelen CO₂'nin ısıtım işlem fırını içerisindeki, ürün geçişleri sırasında imalat ortamına sızan CO₂ konsantrasyonunun, bu iki noktadaki CO₂ değerlerinin yüksek çıkmasına neden olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu noktada çalışanların sürekli bulunması ve imalata geçiş noktalarından birisi olmasının da CO₂ konsantrasyonunun yükselmesinde etkisi olduğu düşünülmektedir. İ-HPT simgeli ölçüm noktası ısıtım işlem fırınına en yakın ölçüm noktasıdır ve ortalama CO₂ konsantrasyonlarına bakıldığında diğer noktalara oranla daha yüksek CO₂ değeri gözlenmektedir. 22 Ocak 2008 tarihinde Şekil 4.19'da gözlemlendiği gibi, ısıtım işlem fırınının ısısının hızlı yükseltilmesi için birden ateşlenmesi bu bölgedeki CO₂ konsantrasyonunun artmasına neden olmuştur ve ortalama 682 ppm ölçülmüştür. Diğer noktalarda ise CO₂ konsantrasyonu çok değişmemekle birlikte ortalama 570 ppm'lerde gözlenmektedir. İ-JBF (Şekil 4.22) ve KLT (Şekil 4.23) ölçüm noktasında Ocak ve Şubat 2008 tarihlerindeki ölçümlerde konsantrasyonunun yükselmesinin nedeninin de, CO₂ kaynağı olan forkliftin yoğun olarak çalışması olduğu düşünülmektedir. İ-SP ve İ-BMV ölçüm noktalarında CO₂ konsantrasyonu değişkenlik göstermemekle birlikte ortalama konsantrasyon sırasıyla 576,2 ppm ve 537,0 ppm ölçülmüştür (Şekil 4.20, Şekil 4.21). Tüm ölçüm noktalarının ortalama CO değerleri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.4:İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama CO₂ konsantrasyonları

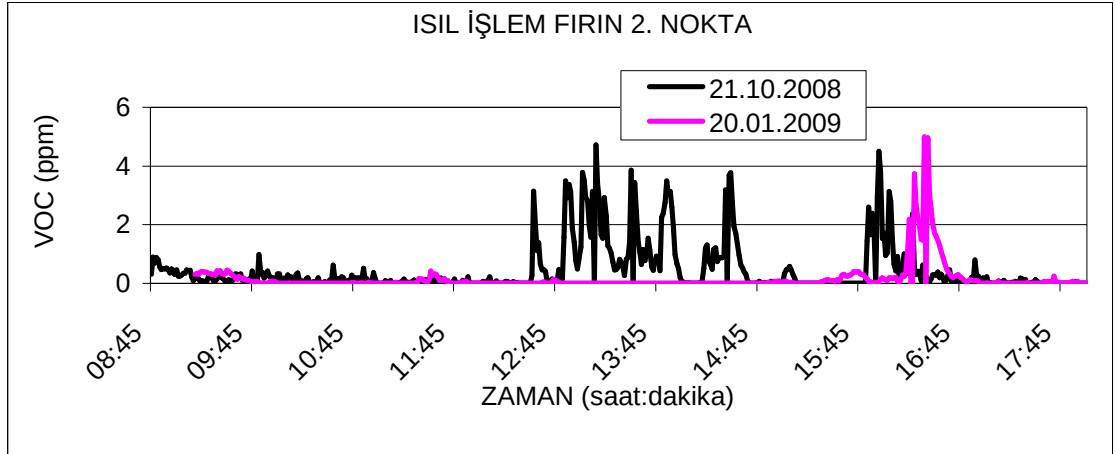
Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	ORT
İİG	675,8 (863,0-596,0)	-	-	675,8
İİF	555,4 (686,0-517,0)	676 (729,0-618,0)	-	615,7
İ-HPT	515,1 (594,0-478,0)	682,1 (811,0-605,0)	-	598,6
İ-SP	555,6 (694,0-522,0)	596,8 (678,0-516,0)	-	576,2
İ-BMV	484,6 (523,0-470,0)	589,5 (707,0-551,0)	-	537,0
İ-JBF	508,8 (585,0-482,0)	607,5 (703-553)	679,5 (822,0-604,0)	598,6
KLT	618,9 (655,0-581,0)	618,2 (731,0-553,0)	-	618,5

4.2.3 Tesis İçi VOC Ölçüm Sonuçları

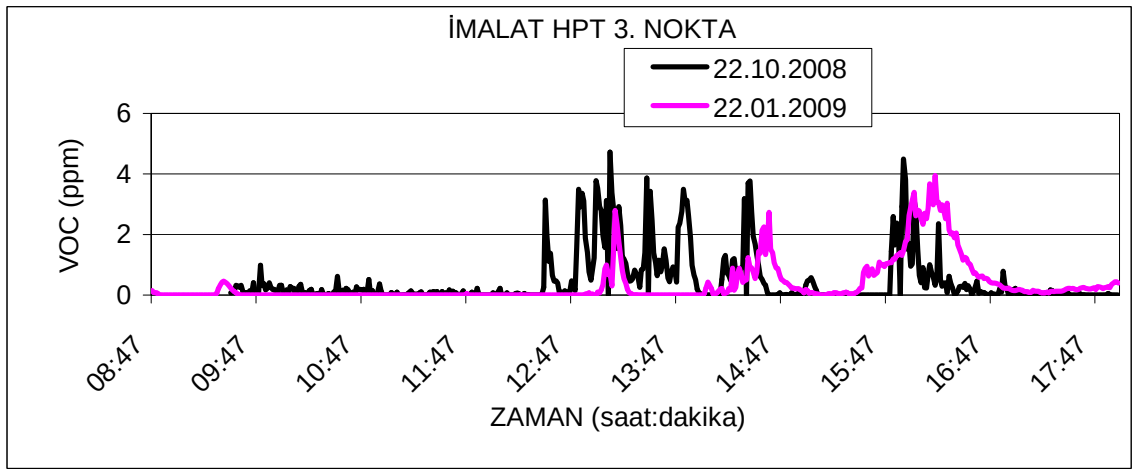
Her bir ölçüm noktasında 1 ile 3 gün boyunca yapılan VOC ölçüm sonuçlarının sayısal değerleri Şekil 4.24 – 4.30 arasında verilmiştir.



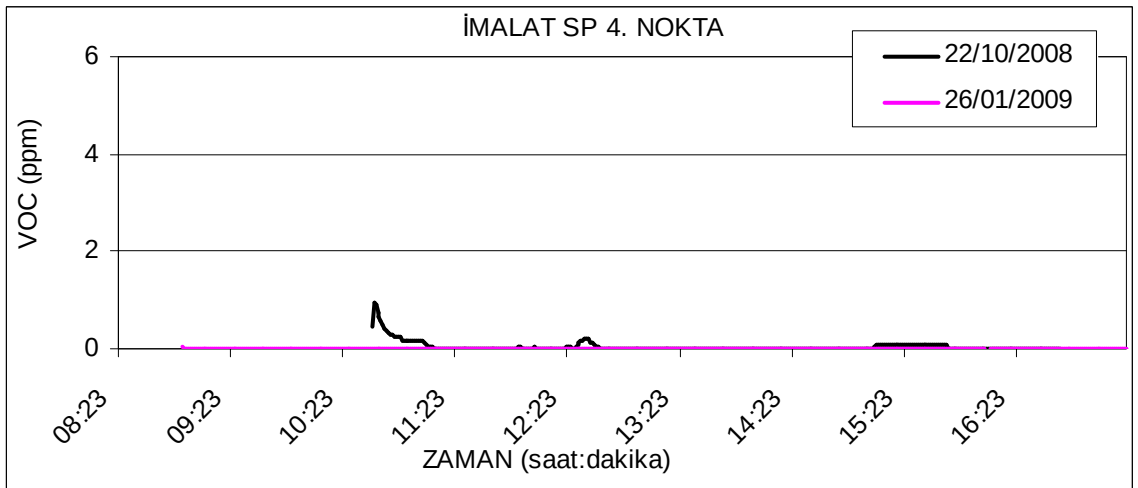
Şekil4.24: Isıl işlem Giriş (İİG), 1. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi



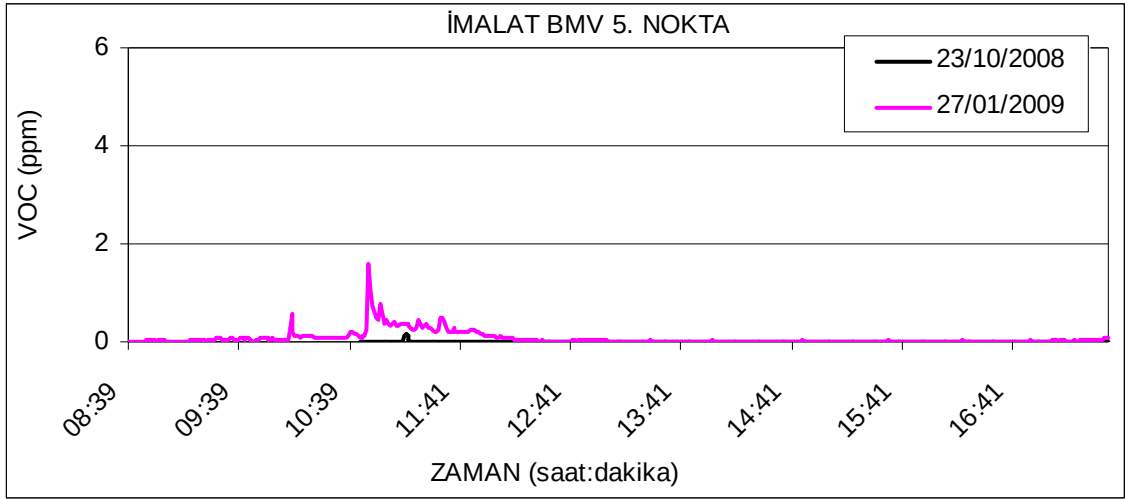
Şekil 4.25: Isıl işlem Fırını (İİF), 2. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.



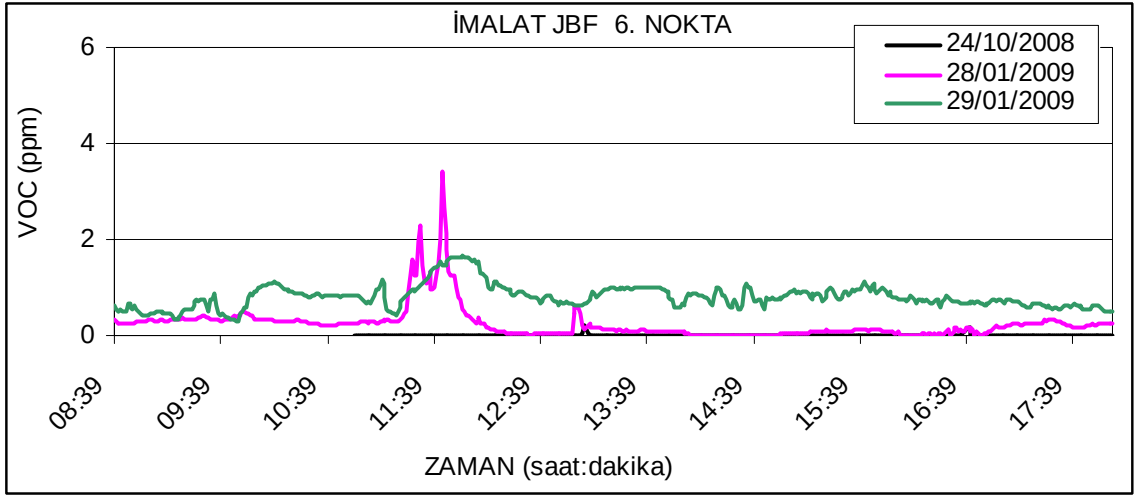
Şekil 4.26: İmalat HPT (İ-HPT) bölümü, 3. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi



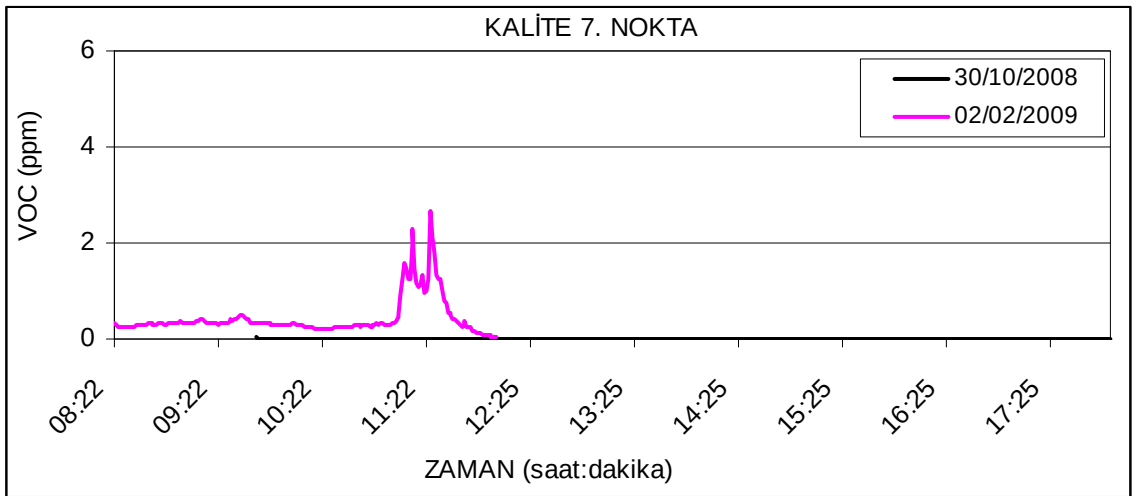
Şekil4.27: İmalat SP (İ-SP) bölümü, 4. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.28: İmalat BMV (İ-BMV) bölümü, 5. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi



Şekil 4.29: İmalat JBF (İ-JBF) bölümü, 6. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi



Şekil 4.30: Kalite (KLT) bölümü, 7. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi.

Tüm grafikler genel olarak değerlendirildiğinde, üretim ortamında oluşan VOC konsantrasyonu, ısıtım fırınının bulunduğu noktalarda ve yakınında bulunduğu İ-HPT noktasında yüksek olduğu gözlenmiştir. Ölçümlere bakıldığında ısıtım fırınının bulunduğu bölgede bulunan İİG (Şekil 4.24) ve İİF (Şekil 4.25) simgeli ölçüm noktalarında ortalama VOC konsantrasyonunun yüksek olmamasına rağmen (0,42-0,28 ppm), ortamda zaman zaman pikler oluştuğu gözlenmiştir. Bunun nedeni, metanol ve doğalgaz kullanılan ısıtım fırınında, imalat ortamına, fırın içerisindeki ürün alışverişi sırasında metanolün yayılmasıdır. Metanol gazının yayılması, ortalama VOC konsantrasyonunun 0,4 ppm olarak ölçüldüğü İ-HPT simgeli ölçüm noktasındaki VOC konsantrasyonlarını da etkilemektedir (Şekil 4.26). Ocak 2009 da İmalatta, yeni boyanmış konteynerler kullanılması ve geçici süre depolanması VOC konsantrasyonunu etkilemiştir. Özellikle İ-JBF simgeli ölçüm noktasında VOC konsantrasyonunun 2. ölçüm tarihinde yüksek çıkmasının nedeninin yeni boyanmış konteynerlerin kullanılması ve geçici süre ile yakınında bulunan küçük bekletme bölgesinde depolanması olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.29). Yine KLT ölçüm noktasında 2 Şubat 2008 tarihinde oluşan küçük yükselmelerin nedeninin de yeni boyanmış konteynerler olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.30). İ-SP ve İ-BMV ölçüm noktalarında VOC konsantrasyonu değişkenlik göstermemekle birlikte ortalama konsantrasyonları 0 ppm ölçülmüştür (Şekil 4.27, Şekil 4.28). Tüm ölçüm noktalarının ortalama CO değerleri Tablo 4.4'te gösterilmektedirTüm ölçüm noktalarının ortalama VOC değerleri Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.5:İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama VOC konsantrasyonları

Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	ORT
İİG	0,42 (2,76-0)	-	-	0,42
İİF	0,44 (4,72-0)	0,13 (4,90-0)	-	0,28
İ-HPT	0,46 (4,72-0)	0,35 (3,95-0)	-	0,40
İ-SP	0,04 (0,96-0)	0,00 (0,03-0)	-	0,02
İ-BMV	0,001 (0,18-0)	0,07 (1,58-0)	-	0,03
İ-JBF	0,00 (0,19-0)	0,24 (3,40-0)	0,80 (1,36-0,3)	0,52
KLT	0,0001 (0,06-0)	0,42 (2,66-0,05)	-	0,21

4.3 TESİS İÇİ SICAKLIK VE NEM ÖLÇÜM SONUÇLARI

Tüm imalat iç ortamındaki ölçüm noktalarındaki sıcaklık ve nem ölçümlerinin ortalama değerleri Tablo 4.6’da gösterilmektedir.

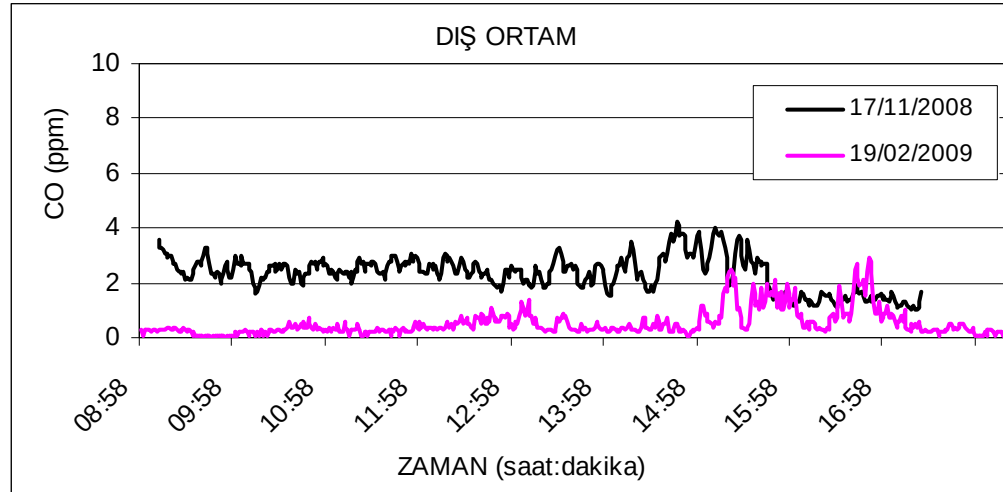
Tablo 4.6:İmalat bölümünde tüm ölçüm noktalarındaki ortalama Sıcaklık (°C) ve Nem (%) değerleri

Ölçüm noktası	Parametre	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	ORT
İİG	Sıcaklık	32 $\pm 1,73$	-	-	32
	Nem	39 $\pm 4,67$	-	-	39
İİF	Sıcaklık	25 $\pm 1,83$	21 $\pm 0,94$	-	23
	Nem	46 $\pm 1,31$	44 $\pm 2,15$	-	45
İ-HPT	Sıcaklık	25 $\pm 0,38$	23 $\pm 0,79$	-	24
	Nem	47 $\pm 1,19$	39 $\pm 3,83$	-	43
İ-SP	Sıcaklık	22 $\pm 0,38$	20 $\pm 0,97$	-	21
	Nem	54 $\pm 0,99$	50 $\pm 1,45$	-	52
İ-BMV	Sıcaklık	24 $\pm 0,24$	20 $\pm 0,92$	-	22
	Nem	45 $\pm 2,18$	49 $\pm 2,2$	-	47
İ-JBF	Sıcaklık	22 $\pm 0,63$	21 $\pm 0,66$	20 $\pm 0,46$	21
	Nem	46 $\pm 2,79$	44 $\pm 2,53$	48 $\pm 1,32$	46
KLT	Sıcaklık	24 $\pm 0,97$	14 $\pm 2,1$	-	19
	Nem	50 $\pm 1,15$	48 $\pm 7,2$	-	49

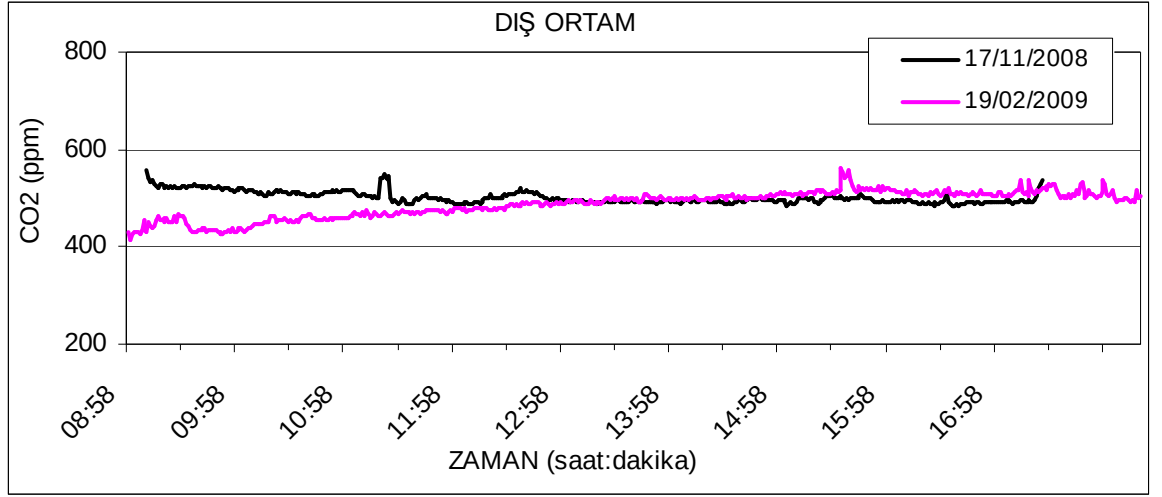
İmalat ortamının sıcaklık ve nem ölçümlerine bakıldığında mevsimsel değişikliklerin yanı sıra yüksek ısı oluşturularak çalışan ısıtma fırınının da büyük derecede etkisinin olduğu gözlenmektedir. Bunun yanında tüm imalat ortamında sıcaklık ve nem değerleri çok fazla değişiklik göstermemektedir. Isıtma fırınının bulunduğu IİG ve IİF ölçüm noktalarındaki sıcaklık ortalamalarının sırasıyla 32 °C ve 23 °C olduğu gözlenmektedir ve imalat iç ortamında en yüksek sıcaklığın bu noktalarda olduğu gözlenmektedir. Bu bölgeye en yakın nokta olan İ-HPT ölçüm noktasının da sıcaklık ve nem ortalamaları diğer noktalara oranla küçük yükselmeler göstermektedir. Yine bu yükselmenin nedeninin de ısıtma fırınına yakın olması olduğu düşünülmektedir. Fabrikanın bir giriş kapısının yanında bulunan İ-BMV ve diğer giriş kapısının karşısında bulunan İ-JBF ve KLT ölçüm noktalarının da sıcaklık ve nem değerleri dış ortam sıcaklığından etkilenmektedir ve sırasıyla ortalamaları 22 °C, 21 °C, 19 °C olarak gözlenmektedir. Tüm fabrika içerisindeki nem oranlarının da sıcaklıkla ters orantılı olarak değiştiği gözlenmektedir.

4.4 DIŞ ORTAM GAZ ÖLÇÜMLERİ

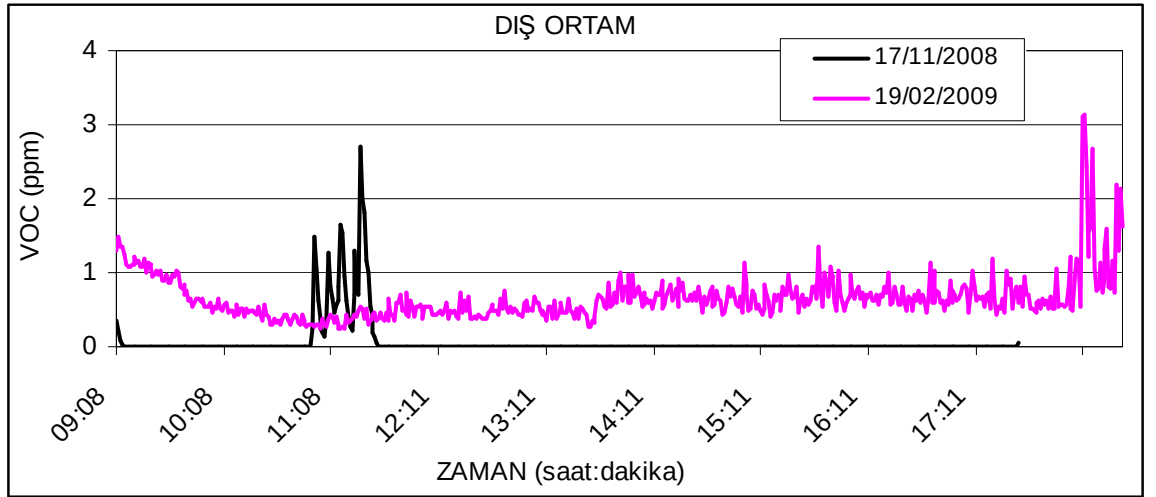
2 gün boyunca ölçülen Dış ortam gaz ölçümlerinin grafikleri Şekil 4.31-4.33'te verilmiştir.



Şekil 4.31: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında CO konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.32: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında CO₂ konsantrasyon değişimi.



Şekil 4.33: Fabrika Dış Ortamı 8. ölçüm noktasında VOC konsantrasyon değişimi

Dış ortam ölçümlerine bakıldığında CO ve CO₂ konsantrasyonlarının çok fazla değişkenlik göstermediği gözlenmiştir. 2 gün boyunca ölçülen CO ve CO₂ konsantrasyonları sırasıyla ortalama 1,4 ppm ve 494,2 ppm olarak ölçülmüştür. Dış ortam VOC konsantrasyonları da çok değişkenlik göstermemekle birlikte zaman zaman pikler oluşturduğu gözlenmektedir. Piklerin nedeninin dış ortamda bulunan metanol tankına yapılan tahliye olduğu düşünülmektedir. İki gün boyunca yapılan ölçümlerde ortalama VOC konsantrasyonu 0,35 ppm ölçülmüştür. Dış ortam sıcaklık ve nem ortalama değerlerinin de mevsime bağlı olarak değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Fabrika dış ortamında 2 gün boyunca yapılan ölçümlerin ortalama değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7:Fabrika dışında ortalama CO,CO₂, VOC, Sıcaklık ve Nem değerleri

Ölçüm noktası	1. ölçüm	2. ölçüm	ORT
CO ppm	2,3 (4,2-1)	0,5 (2,9-0)	1,4
CO ₂ ppm	501,1 (556,0-482,0)	487,3 (562,0-414,0)	494,2
VOC ppm	0,0 (2,7-0)	0,6 (3,1-0,2)	0,3
Sıcaklık (°C)	16,6 ±0,6	12,5 ±1,6	14,5
Nem	63,9 ±1,5	60,5 ±5,3	62,1

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda İstanbul ilinde faaliyet gösteren otomotiv sektörüne yedek parça üreten bir tesisin imalat ve ofis iç ortamı ile dış ortamında $PM_{2.5}$, CO, CO_2 , VOC, Sıcaklık ve Nem ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçların kısa bir özeti ve değerlendirmesi aşağıda verilmiştir.

Toplam 26 adet makine ve 2 adet ısıtım fırınının bulunduğu imalat bölümünde her bir noktada 4 farklı günde $PM_{2.5}$ ölçümler alınmıştır. $PM_{2.5}$ konsantrasyonları ölçüm noktaları ve ölçüm zamanına göre yüksek değişim sergilemiştir. Tüm ölçüm sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, üretim bölümü hava ortamında oluşan $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun kullanılan hammaddenin çapına, üretim hızına, hammadde üzerinde çekilen diğ oranına göre değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Bunun yanında birçok ölçüm noktasında Temmuz 2008 ölçümlerinin Ekim ve Kasım 2008 ölçümlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Eylül 2008’de başlayan ve Kasım 2008’de sona eren bir yalıtım çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda imalat makinelerinin tamamının etrafı çelik sac levha ile kapatılıp, makinelerden ortama yayılan tozun havalandırma ile dışarı atılması sağlanmıştır. Bu yapılanma nedeni ile PM emisyonlarında Ekim ve Kasım aylarında ciddi azalmalar gözlenmiştir. İmalat makinelerinin yoğun olarak bulunduğu KLT, JBF, BMV ve SP simgeli ölçüm noktalarında yalıtımsızken ve tüm makineler çalışırken $300 \mu g/m^3$ $PM_{2.5}$ değerlerinin üzerlerinde ölçümler yapılmıştır. Ancak yalıtım sonrası tüm makineler çalışır pozisyonda yapılan ölçümlerin genel olarak $10-100 \mu g/m^3$ aralığında değişim gösterdiği gözlenmiştir. Özellikle imalatın orta kısmında bulunan HPT simgeli ölçüm bölgesinde Temmuz ayında $PM_{2.5}$ konsantrasyonu $2500 \mu g/m^3$ değerlerine ulaşabiliyorken, izolasyon sisteminden sonra en yüksek $122 \mu g/m^3$ ölçülmüştür.

İzolasyon sisteminin yapılmadığı kısım olan ve IİG ve IİF olarak tanımlanan Isıl İşlem Fırını bölümünde $PM_{2.5}$ konsantrasyonlarına bakıldığında, üretim makinelerinde yapılan izolasyonların etkisi görülmektedir. Temmuz ayında yapılan ölçümlerde IİG simgeli ölçüm bölgesinde $PM_{2.5}$ konsantrasyonu ortalama $35 \mu g/m^3$ iken, Kasım ayında $32 \mu g/m^3$ ölçülmüştür.

Şekil 4.34'te tesis içinde, izolasyon sistemi olmadığında gözlenen $PM_{2.5}$ ölçüm sonuçlarının tesis planı üzerinde renk skalası olarak gösterilmiştir.

Ofislerde yapılan ölçümlere bakıldığında Ofis 2'nin ortalama $PM_{2.5}$ konsantrasyonu ($70 \mu g/m^3$) Ofis 1'e oranla ($62 \mu g/m^3$) daha yüksek çıkmıştır. Nedeni de, Ofis 2'de, imalatta üretilen ürünlerin analizlerinin ve kontrollerinin yapıldığı ölçüm aletleri bulunmaktadır. Numunelerde bulunan toz, tortu, Ofis 2'ye gelen insanların fazla oluşu $PM_{2.5}$ konsantrasyonunu etkilemektedir.

İki gün boyunca yapılan ölçüm sonucunda dış ortam $PM_{2.5}$ konsantrasyonu ortalama $111 \mu g/m^3$ ölçülmüştür. İmalat bölümü iç ortamında yapılan ölçümler değerlendirildiğinde mesai saatlerinde ve Temmuz Ağustos döneminde makinelerde yalıtım işleminin yapılmadığı zamanda $PM_{2.5}$ değerlerinin 4., 6. ve 7. ölçüm noktalarında maksimum $600-800 \mu g/m^3$, 5. ölçüm noktasında $1600 \mu g/m^3$, ve 3. ölçüm noktasında $2400 \mu g/m^3$ değerlerine ulaştığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar imalat bölümünde makinelerin çıkardığı toza karşı herhangi bir önlem alınmadığı taktirde dış ortam konsantrasyonunun en az 2 en fazla 8 katına ulaşabileceğini göstermektedir.

CO ve CO_2 ölçüm sonuçlarına bakıldığında, en büyük konsantrasyonlar IİG ve IİG simgeli ölçüm bölgelerinde görülmüştür. CO konsantrasyonu IİG bölgesinde 3 ppm ile 35 ppm değerleri arasında değişmektedir. IİF bölgesinde ise 5 ppm ile 25 ppm arasında değişkenlik göstermektedir. CO_2 değeri 1. Ölçüm noktasında (IİG) 600-850 ppm arasında değişkenlik gösterirken 2. Ölçüm noktasında 520-730 ppm arasında değişim göstermektedir. Bu noktalarda CO konsantrasyonunun yüksek çıkmasının ve büyük değişkenlikler göstermesinin nedeni proses gereği ortamdaki doğalgazın tam yakılmaması sonucunda CO oluşumudur. CO_2 'nin de yüksek çıkmasının nedeni yine ısıtım işlem fırınında yanma işlemi gerçekleşmesidir. HPT, SP, BMV ve JBF ölçüm bölgelerinde ise CO değeri ortalama 2 ppm ile 7 ppm arasında değişirken, ortalama CO_2 değeri 518 ppm ile 524 ppm arasında değişmektedir. KLT ölçüm bölgesinde CO değeri akşam saatlerinde en yüksek pik değerine çıkmıştır (22 ppm). Bunun nedeninin de ölçüm cihazının arka kısmında bulunan kalite testi bölgesindeki yakma işleminin yapıldığı malzeme testi işlemi sonucu ortama CO yayılması olduğu düşünülmektedir.

VOC değerlerinde de çok değişkenlik görülmekle birlikte diğer noktalara oranla sırasıyla 2. Ölçüm noktası, 1. Ölçüm noktası ve 3. Ölçüm noktasında yüksek çıktığı gözlenmiştir. Bunun nedeni, metanol ve doğalgaz kullanılan ısıtım fırınında, imalat ortamına, fırın içerisindeki ürün alışverişi sırasında metanol'ün yayılmasıdır.

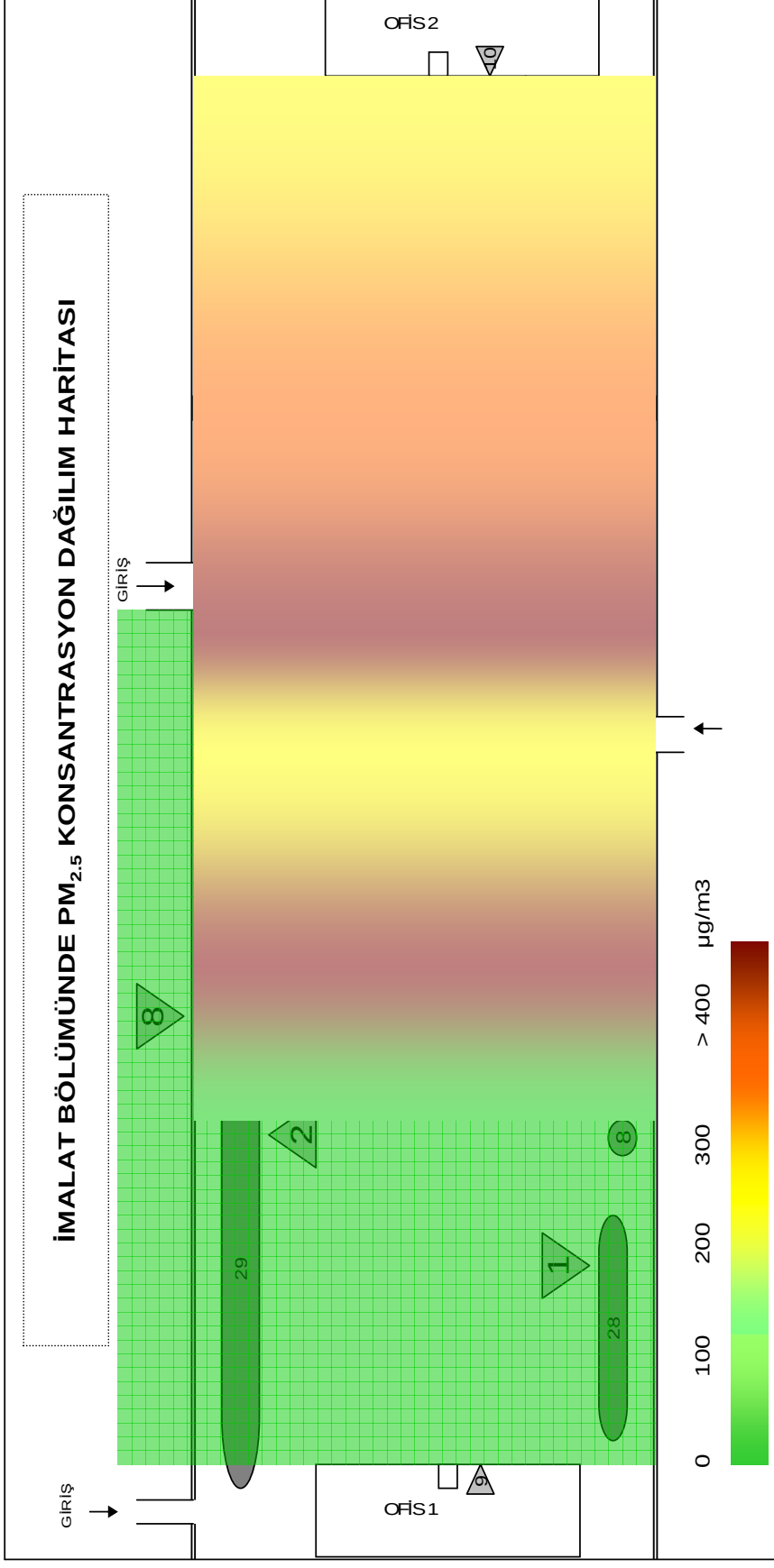
Şekil 4.35-4.37 'de tesis içinde gözlenen CO, CO₂ ve VOC ölçüm sonuçlarının tesis planı üzerinde renk skalası olarak gösterilmiştir.

Dış ortamda yapılan gaz ölçümleri imalatla ölçülen CO ve CO₂ konsantrasyonlarından daha düşük tespit edilmiştir. 5. ve 6. Ölçüm noktalarındaki değerler dış ortam ile paralellik gösterirken ısıtım fırınlarının bulunduğu 1. ve 2. ölçüm noktalarında CO konsantrasyonu dış ortamın yaklaşık 7 katı, 3. ve 4. ölçüm noktalarında ise 3 katı kadardır. CO₂ konsantrasyonunda ise çok değişkenlik görülmemekle birlikte ısıtım fırınları yakınındaki ölçüm noktalarında dış ortamdan yaklaşık 1,2-1,5 kat yüksek CO₂ konsantrasyonu belirlenmiştir.

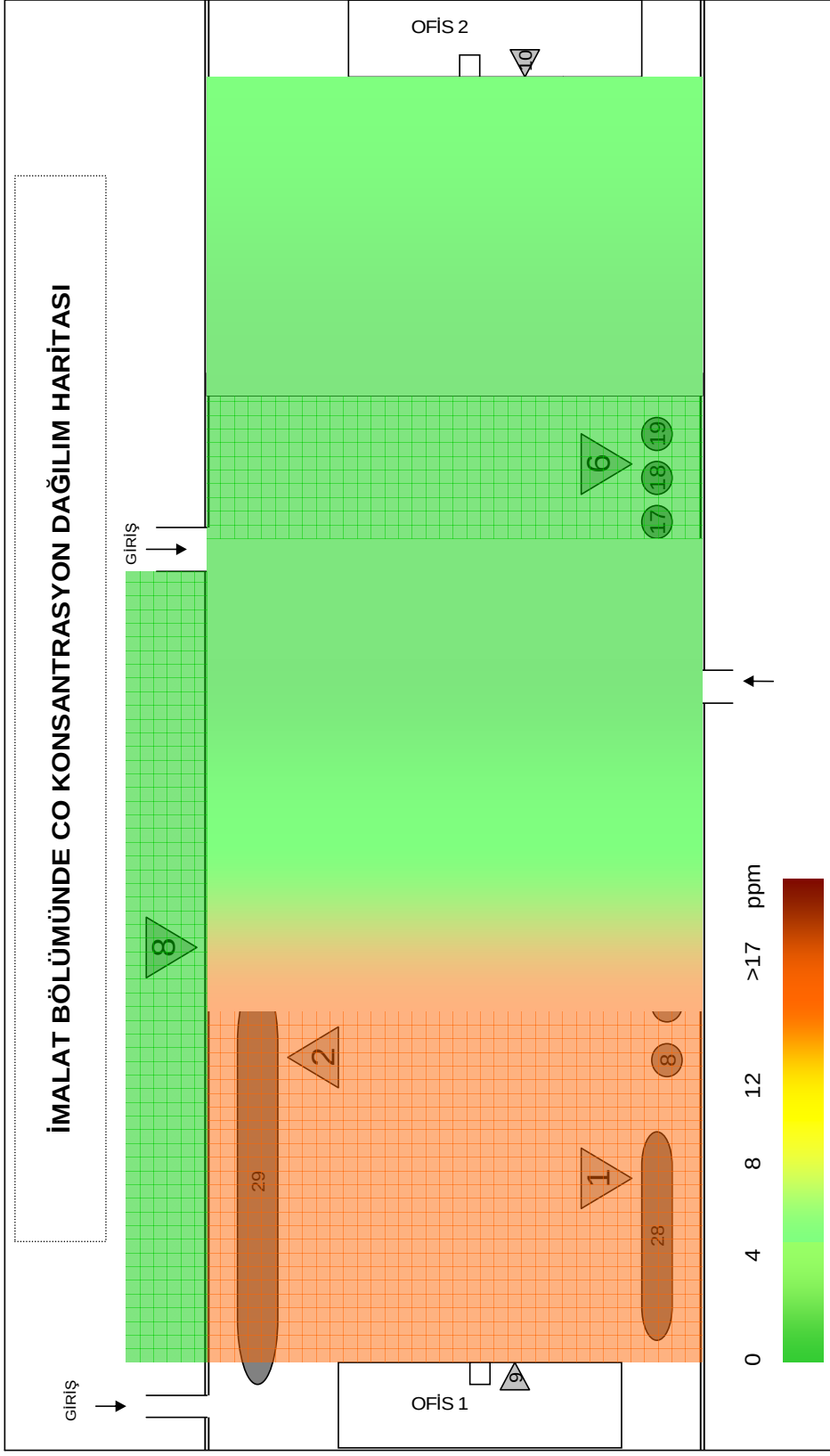
Ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde CO, CO₂ ve VOC değerleri uluslararası iş sağlığı yönetmeliklerindeki standart limit değerlerin altında kalmıştır ve işçi sağlığı açısından risk teşkil etmemektedir. İmalat ölçülen PM_{2.5} konsantrasyonu irdelendiğinde makinelerin yalıtım öncesi değerlerin yüksek olduğu ve OSHA limit değeri olan 5000 µg/m³'ün neredeyse yarısı kadar değerler kaydedilebildiği gözlenmektedir. Yalıtım sonrası ise PM_{2.5} konsantrasyonu anlamlı şekilde düşürülebilmiş ve işçi sağlığı açısından risk oluşturmayan bir imalat çalışma alanı yaratılabilmektedir. WHO ve EPA halk sağlığı açısından iç ortam limit değerlerinin, dış ortam limit değerlerinin altında olması gerektiğini belirtmektedir. İşçi sağlığı açısından PM_{2.5} konsantrasyonu, OSHA standartlarının altında kalırken, EPA ve WHO'nun tanımladığı ortam standartlarının üzerinde çıkmıştır. EPA halk sağlığını korumak amacıyla Hava Kalitesi İndeksi'ni oluşturmuştur. Her bir noktada elde edilen PM ve CO ölçüm sonuçlarının günlük ortalama değerleri HKİ parametresine dönüştürüldüğünde fabrika içerisindeki PM kirliliğinin halk sağlığı açısından tüm noktalarda CO kirliliğinin ise Isıtım Fırınlarının bulunduğu noktalarda tehlikeli boyutlarda olduğu gözlenmiştir. EPA HKİ'ni tanımlarken tehlikeli boyut için herkesin fiziksel aktivitelerinin kısıtlı yapılması gerektiğini önermektedir. Fabrika içerisinde makinelerde yapılan izolasyon sistemi

PM_{2.5} konsantrasyonlarını azaltmada önemli bir etki gösterirken, CO, CO₂ ve VOC konsantrasyonlarında bir değişiklik göstermemiştir. Ancak bu izolasyon sisteminin kullanımı konusunun önemi işçilere anlatılmalı ve sürekli devrede olması sağlanmalıdır. Bunun yanında sistemin geliştirilip, tüm imalat iç ortam kalitesini daha da iyileştirecek bir havalandırma sistemi kurulmalıdır.

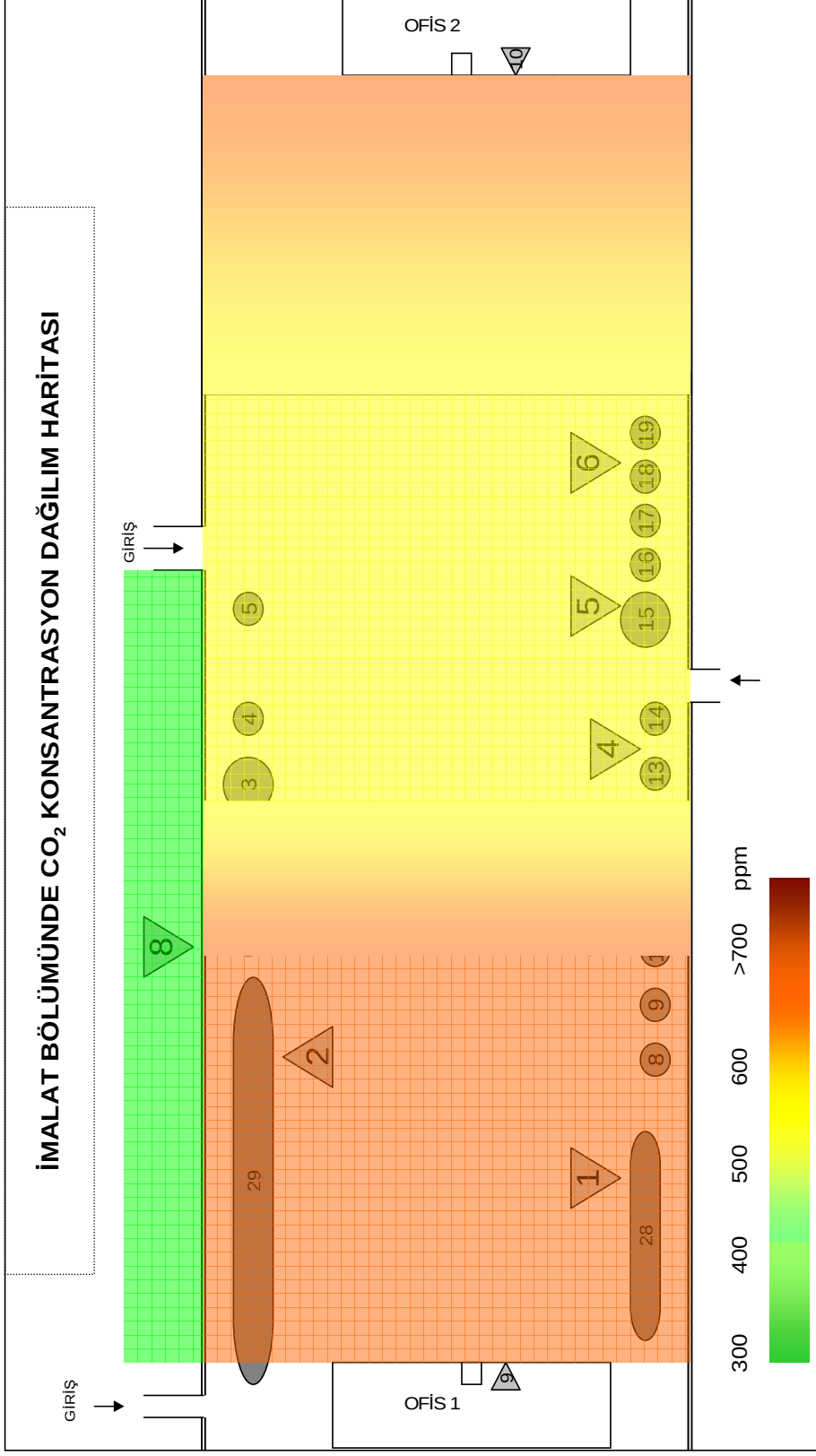
Endüstrilerin üretimlerini sürdürürken çalışanlarını uzun sürelerde oluşan meslek hastalıklarından korumak için önlemler alması bir zorunluluk olmalıdır. Çalışma ortamlarındaki uzun süreli kişisel maruziyet düşünüldüğünde iş sağlığı yönetmeliklerindeki limit değerlerin kişisel sağlığın korunması ve meslek hastalıklarının önlemesi için yeterli olmadığı düşünülmektedir.



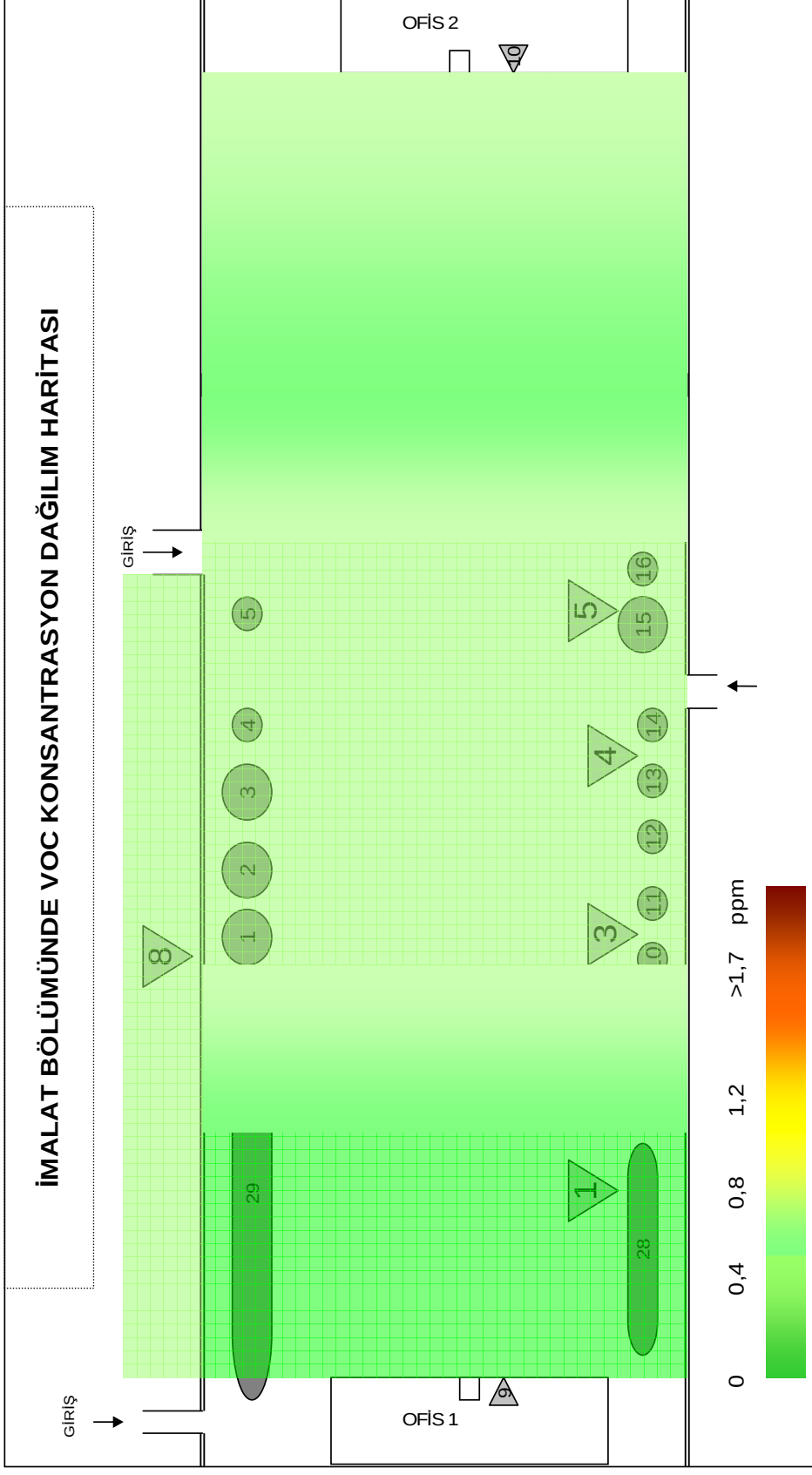
Şekil 4.34: İmalat Bölümünde İzolasyon Sistemi Olmadığında PM_{2.5} Konsantrasyon Dağılım Haritası



Şekil 4.35: İmalat Bölümünde CO Konsantrasyon Dağılım Haritası



Şekil 4.36: İmalat Bölümünde CO₂ Konsantrasyon Dağılım Haritası



Şekil 4.37: İmalat Bölümünde VOC Konsantrasyon Dağılım Haritası

KAYNAKLAR

1. AHUMADA H. T., WHITEHEAD, L., BLANCO S., 2007, Personal exposure to PM_{2.5} and element composition—A comparison between outdoor and indoor worker from two Mexican cities, *Atmospheric Environment* 41, 7401–7413.
2. ASHRAE 1999. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, Standard 62–1999, American Society for Heating.
3. ALYÜZ, B., VELİ S., 2006, İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri, *Trakya Univ J Sci*, 7(2): 109–116.
4. ARI'NGOLİ, E., LUZ, M. D. L., BASI'LİCO, Z., ALTHAUS, R. L., BASI'LİCO, J. C., 2008, Multivariate analysis of fungal associations in the indoor air of Argentinean Houses, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62, 281–286, 2008
5. ATIMTAY, A., EMRİ, S., BAGCI, T., DEMİR, A.U., 2000, Urban CO exposure and its health effects on traffic policeman in Ankara, *Environmental Research*, 9, 222-230.
6. BARRO, R., REGUEİRO, J., LIOMPART, M., JARES, C. G., 2008. Analysis of industrial contaminants in indoor air: Part 1. Volatile organic compounds, carbonyl compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls, *Journal of Chromatography A*, 1216 540–566.
7. BERNSTEİN, J.A., ALEXİS, N., BACCHUS, H., FRİTZ, I.L.P. HORNER, E., Lİ, N., MASON, S., NEL, A., OULLETTE, J., REİJULA, K., REPONEN, T., SELTZER, J., SMİTH, A., and TARLO, S.M. 2008, The health effects of nonindustrial indoor air pollution, *J Allergy Clin Immunol*, 121. Sayı, 585-591.
8. BULUT, H., 2007, Konutlarda iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçlarının analizi, *VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi*, 425-427.
9. CHAN, W., LEE, S.C., CHEN, Y., MAK, B., WONG, K., CHAN, C.S., ZHENG, C., GUO, X., 2009, Indoor air quality in new hotels' guest rooms of the major world factory region, *International Journal of Hospitality Management* 28, 26–32,
10. CASELLİ, M., GENNARO, G., SARACİNO, M. R., TUTİNO, M., 2008, Indoor contaminants from newspapers: VOCs emissions in newspaper stands, www.elsevier.com/locate/envres,

11. COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) Klavuzu (2002), www.hse.gov.uk/coshh/ - 36k, (Ziyaret Tarihi: 12.12.2008)
12. COŞKUN, A., MUTLU, İ.B., YÜCETÜRK, G., 2005, Okullarda iç hava kalitesinin incelenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 90, s. 19-27.
13. DESTAİLLATS, H., MADDALENA, R. L., SİNGER, B. C., HODGSON, A. T., MCKONE, T. E., 2007, Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs, *Atmospheric Environment* 42, 1371–1388.
14. EPA (Environmental Protective Agency); www.epa.gov (Ziyaret tarihi, 19.12.2008)
15. ESİN, T., 2004, İnsan sağlığını etkileyen iç hava kalitesinin oluşumunda yapı malzemesinin rolü, *Yapı*, Sayı 275, 99-103.
16. GALLEGÓ, E., ROCA, F. X., GUARDINO, X., ROSELL, M. G., 2008, Indoor and outdoor btx levels in Barcelona city Metropolitan area and Catalan rural areas, *Journal of Environmental Sciences*, 20, 1063–1069.
17. GUO, H., LEE, S.C., and CHAN, L.Y., 2003, Indoor Air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, vol. 94, issue 3, pp. 327-335.
18. HSE (Healty Safety Executive), www.hse.gov (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
19. HİLMİOĞLU, B., GÜLER, N., ÖZKURT, N., 2007, Dış ortam hava kirliliğini engelleyen, azaltan yöntemler: hava kalitesi yönetimi, http://www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/onlemler.pdf.
20. HUANG, H., LEE S.C., CAO, J.J., ZOU C.W., CHEN X.G., FAN, S.J., 2006, Characteristics of indoor/outdoor PM_{2.5} and elemental components in generic urban, roadside and, industrial plants areas of Guangzhou City, China, *Journal of Environmental Science*, 19, 35-43.
21. HSU, Y., CHANG-YuWu, LUNDGREN, A., BİRKY, B. K., 2008, Size distribution, chemical composition and acidity of mist aerosols in fertilizer manufacturing facilities in Florida, *Aerosol Science*, 39, 127 – 140.
22. http://undp.un.org.tr/who/who_irtibat.htm (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
23. IAVİCOLİ, I., LAURİNİ, C., CARELLİ, G., 2005, Occupational exposure to low levels of organic and inorganic substances in a chemical plant for the production of terephthalic acid dimethyl ester, *Microchemical Journal*, 79, 399–404.

24. ILO Türkiye,
http://www.ilo.org/public/turkish/region/eurpro/ankara/about/ilo_turkey.htm
(Ziyaret tarihi; 06.01.2009).
25. İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi (İSGÜM), www.isggm.gov.tr (Ziyaret tarihi: 05.01.2009)
26. IPCC Türkiye Raporu National Inventory Report (NIS) - TURKEY Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2005. Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change. Ankara 2007
27. JIA, C., BATTERMAN, S., GODWIN, C., 2008, VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods, Part 1: Indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers; Part II: Factors affecting indoor and outdoor concentrations, *Atmospheric Environment*, 42, 2083–2100, 2008; *Atmospheric Environment*, 42, 2101–2116.
28. Journal Of Occupational Health, 2007-2008, Recommendation Of Occupational Exposure Limits.
29. KUO, S-C, HSIEH, L-Y, TSAI, C-H, TSAI, Y. I., 2007, Characterization of PM_{2.5} fugitive metal in the workplaces and the surrounding environment of a secondary aluminum smelter, *Atmospheric Environment*, 41, 6884–6900.
30. Malezya Online Law; www.lawyerment.com.my (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
31. MESTL, H.E.S., AUNAN, K., SEİP, H.M., 2007, Health benefits from reducing indoor air pollution from household solid fuel use in China — Three Abatement Scenarios, *Environment International*, 33, 831–840.
32. Ministry of Manpower, www.mom.gov.sg (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
33. MORAWSKA, L., JAMRISKA, M., GUO, H., JAYARATNE, E.R., CAO, M., SUMMERVILLE, S., 2009, Variation in indoor particle number and PM_{2.5} concentrations in a radio station surrounded by busy roads before and after an upgrade of the HVAC system, *Building and Environment* 44, 76–84.
34. MOSCHANDREAS, D.J. and VUILLEUMIER, K.L., 1999, ETS Levels in hospitality environments satisfying ashrae standarts 62-1989 “Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality”, *Atmospheric Environment*, 33, 4327–4340.
35. ONAT B., ve ŞAHİN Ü., 2008, *İstanbul metrosunda çalışanların ve yolcuların maruz kaldığı partikül madde'nin konsantrasyon, boyut dağılımı ve kimyasal*

özelliklerinin belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Araştırma Raporu.

36. OSAWA, H., HAYASHI, M., 2008, Status of the indoor air chemical pollution in Japanese houses based on the nationwide field survey from 2000 to 2005, *Building and Environment*, 1-7.
37. OSHA (Occupational Safety and Healthy Administration ;www.osha.gov.tr (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
38. OSMAN, L. M., DOUGLAS, J. G., GARDEN, C., REGLITZ, K., LYON, J., GORDON S. and AYRES, J. G., 2008, Indoor air quality in homes of patients with chronic obstructive pulmonary disease, *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol 176, 465-472.
39. ÖZTÜRK, M., 2008, Hava kirliliğinin halk sağlığı üzerine etkisi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, 2008
40. QUAGRAINE, V., BOSCHI, N., 2008, Behavioral changes can help prevent indoor air-related illnesses in Ghana, *Building and Environment*, 43, 355–361.
41. SIVULKA, D. J., CONARD, B. R., HALL, G. W., VINCENT, J. H., 2007, Species-specific inhalable exposures in the nickel industry: A new approach for deriving inhalation occupational exposure limits, *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 48, 19–34.
42. SMEDJE, G; MI, Y; ELFMAN, L; NORBÄCK, D: Ambient pollution and indoor air quality at school [ISEE/ISEA 2006 Conference Abstracts Supplement: Poster Abstracts: Abstracts]
43. SOYSAL, A. ve DEMİRAL, Yücel, 2007, Kapalı ortam hava kirliliği, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 221-226.
44. STEEKEVA, B., 2009, *trafiğin yoğun olduğu çevrelerde maruz kalınan ince partikül maddenin (PM_{2.5}) belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
45. STOCCO, C., MACNEILL, M., WANG, D., XU, X., GUAY, M., BROOK, J., WHEELER, A. J., 2008, Predicting personal exposure of Windsor, Ontario residents to volatile organic compounds using indoor measurements and survey data, *Atmospheric Environment*, 42, 5905– 5912.
46. SWAN, J.R.M., BECKETT, P., FISHWICK, D., OAKLEY, K., RAZA, N., NIYEN, R.McL., FLETCHER, A.M., FRANCIS, H., PICKERING, C.A.C.,

- RAWBONE, R., CROOK, B., CURRAN, A.D., 2002, A review of the use of CD14: A biomarker for workplace airborne endotoxin exposure?, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 50, 127 – 134.
47. ŞAHİN, Ü., 2005, *İstanbul ili PM ve THC dağılımının yapay sinir ağ teknikleri ile modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
48. Teknoloji Ve Tasarım Dergisi, 2008-2009
49. TUNCER, A., SOYER, Ö. U., *Hasta Bina Sendromu*, 2005, Astım Allerji İmmünoloji, ;3(2):97-102
50. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), www.tuik.gov.tr (Ziyaret tarihi: 28.11.2008)
51. VARINCA, K.B., GÜNEŞ, G., ERTÜRK, F., 2008, *Hava kirleticilerinin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine etkileri*, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu UHAKS, Konya Büyükşehir Belediyesi, 30-31 Mayıs 2008. Konya.
52. VURAL, S.M., BALANLI, A., 2005, Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliliği ve risk değerlendirme ön araştırma, *YTÜ Mimarlık Fakültesi e-dergi*, Cilt 1, Sayı 1, 28-39.
53. WOLKOFF, P., KJÆRGAARD S.K., 2007, The dichotomy of relative humidity on indoor air quality, *Environment International*, 33, 850–857.
54. World Healty Organisation (WHO); www.who.int (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
55. www.adywirawan.com (Ziyaret tarihi; 06.01.2009)
56. YARDIM, N., ÇİPİL, Z., VARDAR, C., MOLLAHALİLOĞLU, S., 2007, Türkiye iş kazaları ve meslek hastalıkları: 2000-2005 yılları ölüm hızları, *Dicle Tıp Dergisi*, Cilt: 34, Sayı:4, (264-271).
57. YURTSEVEN, E., 2008, *İki farklı bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden incelenmesi*, Doktora Tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

BİRGÜL KURUTAŞ

1981 yılında Amasya’da doğdum. 1988-1992 yılları arasında Ümraniye’de Necatibey İlköğretim okulunda ilkokul eğitimimi tamamladıktan sonra 1992-1995 yıllarında şimdi adı Namık Kemal Lisesi olan okulda ortaokul öğrenimimi tamamladım. 1995 yılında girdiğim yabancı dil ağırlıklı Ümraniye Lisesi’nde lise öğrenimimi tamamladıktan sonra 2000 yılında İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nü kazandım. 2004 yılında İstanbul Atmosferinde Partikül Maddedeki Ağır Metal İçeriğinin İncelenmesi konulu tezle Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirdim ve 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans kazandım. 2004-2006 yıllarında çeşitli ofis işlerinde çalıştıktan sonra 2006 yılının Eylül ayında otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada Çevre ve İş Güvenliği Mühendisliği görevini yürütmekteyim.

EK1: İMALAT BÖLÜMÜ MAKİNELERİNDEKİ HAVALANDIRMA SİSTEMİ

