



**T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ DERSLİKLERİNDE
İÇ HAVA KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ali Serkan AVCI

YÜKSEK LİSANS

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Temmuz-2014
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Serkan AVCI tarafından hazırlanan “Batman Üniversitesi Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin Araştırılması” adlı tez çalışması 26 /06 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

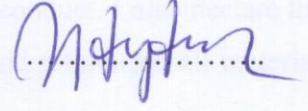
DECLARATION PAGE

Jüri Üyeleri

İmza

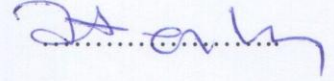
Başkan

Doç. Dr. Hüseyin AYDIN



Danışman

Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN



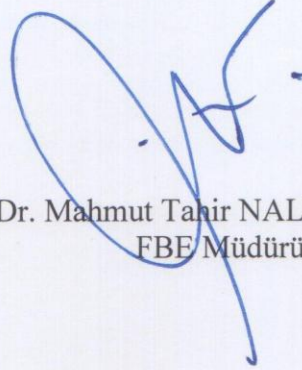
Üye

Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Mahmut Tahir NALBANTÇILAR
FBE Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Ali Serkan AVCI

Tarih: 11.07.2014

YÜKSEK LİSANS

BATMAN ÜNİVERSİTESİ DERSLİKLERİNDE İÇ HAVA KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Ali Serkan AVCI

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN

2014, 109 Sayfa

Jüri

Danışman: Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN

Doç. Dr. Hüseyin AYDIN

Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA

Bu çalışma; Batman Üniversitesi (Batman, Türkiye), Batı Raman ve Merkez Yerleşkesi dersliklerinde iç ortam hava kalitesini belirlemek için 2013-2014 eğitim öğretim yılında yapılmıştır. İç hava kalitesi ölçüm parametreleri olarak bağıl nem, sıcaklık, karbondioksit ve partikül maddeler ($PM_{0.5}$, $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{5.0}$, PM_{10}) ele alınmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar değişik ülke standartları ile karşılaştırılmış ve bahar-kış dönemi ayrımı yapılarak değerlendirilmiştir. İç ortam havası için; kış döneminde ortalama sıcaklık değerinin standart limitlerinin altında kaldığı görülmüştür. Bahar ve kış dönemlerini kapsayacak şekilde bağıl nem değerinin konfor şartlarını sağladığı ancak karbondioksit ve partikül madde değerlerinin yüksek miktarlarda olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla, her bir parametre için iç ortam hava kalitesini düzeltmeye yönelik bazı çözüm önerileri sunulmuştur. Ayrıca SPSS 17 istatistik programı ile korelasyon testleri yapılmış ve tüm parametreler arasındaki ilişki istatistiksel açıdan incelenmiştir. Sonuç olarak dış ortam bağıl nem değerleri ile iç ortam bağıl nem değerlerinin ve farklı çaplardaki iç ortam partikül madde düzeylerinin arasında anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bağıl nem, Batman Üniversitesi, iç hava kalitesi, karbondioksit, sıcaklık, partikül madde

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF INDOOR AIR QUALITY IN BATMAN UNIVERSITY CLASSROOMS

Ali Serkan AVCI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

2014, 109 Pages

Jury

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin AYDIN

Asst. Prof. Dr. Hakan KARAKAYA

This study has been carried out in order to identify the indoor air quality of the classrooms existing in Batı Raman and Center campuses in Batman University (Batman, Turkey) in education year of 2013-2014. Relative humidity, temperature, carbon dioxide and particulate matters ($PM_{0.5}$, $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{5.0}$, PM_{10}) have been taken into account as the parameters of indoor air quality measurements. The results obtained in the present work have been interpreted by comparing with the standards of different countries and by the separation of spring-winter periods. It was seen for the indoor air that the value of the average temperature was under the standard limits in winter period. Covering the spring and winter periods, while it was observed that the value of the relative humidity has provided the comfort requirements, the values of carbon dioxide and particulate matters were detected in high quantities. Therefore, some solution suggestions have been represented for the treatment of the indoor air quality for each parameter. Furthermore, correlation test have been carried out using SPSS-17 statistical program and the relationship between all parameters have been statistically investigated. Consequently, the meaningful relations between the relative humidity values of the outdoor and indoor environments, and also among the quantities of the indoor particulate matters having different diameters have been revealed.

Keywords: Batman University, carbon dioxide, indoor air quality, particle matter, relative humidity, temperature.

ÖNSÖZ

Günümüzde insanların zamanlarının büyük bir kısmını kapalı alanlarda geçiriyor olması, iç ortam hava kalitesinin önemini artırmaktadır. Türkiye’de bu konu ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artıyor olmasına rağmen Batman ilinde daha önce böyle bir çalışma yürütülmemiştir. Bu nedenle mevcut durumun analizi ve ölçüm sonuçlarının iç ortam hava kalitesine etkisinin araştırılması amacıyla bu çalışma önem teşkil etmektedir.

Tez konumun belirlenmesi başta olmak üzere tüm tez çalışması boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana rehberlik eden danışmanım Sayın Doç. Dr. Zeki ARGUNHAN’a teşekkürü bir borç bilirim. Tez süresince bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Aydın DURMUŞ’a, her türlü yönlendirici yardımları ve desteğiyle çalışmanın verimli bir şekilde ilerlemesine büyük katkısı olan Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA’ya çok teşekkür ederim.

İç hava kalitesinin ölçümleri sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. M. Ali KALLIOĞLU’na ve Arş. Gör. Gürbüz TAŞKIRAN’a, analizlerin değerlendirme sürecinde tüm deneyim ve birikimiyle katkı sağlayan Yrd. Doç. Dr. Murat BAYAZİT ve Arş. Gör. Gökhan KARHAN’a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında kullandığım ölçüm cihazlarının temini konusunda tüm destek ve katkılarından dolayı Batman Üniversitesi’ne ve Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne teşekkür ederim.

Ayrıca tüm hayatım boyunca benden yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ali Serkan AVCI
BATMAN-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iiiv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Hava Kirlenitçileri	3
1.1.1. Hava kirlenitçi maddeler	5
1.1.2. Partikül maddeler (PM)	7
1.1.3. Gazlar	10
1.1.3.1. Karbon monoksit (CO)	11
1.1.3.2. Kükürtoksitler (SO _x)	11
1.1.3.3. Azotoksitler (NO _x)	12
1.1.3.4. Ozon (O ₃)	13
1.1.3.5. Hidrokarbonlar (HC)	14
1.1.3.6. Formaldehit	14
1.1.4. Ağır metaller	15
1.1.4.1. Kurşun (Pb)	15
1.1.5. Dış ortam hava kirlenitçiler	15
1.1.5.1. Diğer dış ortam hava kirlenitçileri	17
1.1.6. İç ortam hava kirlenitçiler	18
1.1.6.1. Uçucu organik bileşikler	19
1.1.6.2. Biyoaeroller	21
1.1.6.3. Asbestler	24
1.1.6.4. Radon	25
1.1.7. İç Hava kalitesi parametreleri	26
1.1.7.1. Karbondioksit (CO ₂)	26
1.1.7.2. İç sıcaklık ve bağıl nem	27
1.1.8. İç Ortam hava kalitesi standartları	29
1.1.9. İç Ortam kirlenitçilerin insan sağılığı üzerine etkileri	32
1.1.9.1. Hasta bina sendromu	34
1.1.10. İç hava kalitesi kontrolü	35
1.1.11. Kapalı mahallerde konfor şartlarının sağılanması	36
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	41
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	52
3.1. Ölçüm Cihazlarının Özellikleri	52
3.1.1. Karbondioksit (CO ₂) ölçüm cihazı	52
3.1.2. Partikül, nem ve sıcaklık ölçüm cihazı	53
3.2. Ölçüm Alınan Deney Yerleri	55

3.3 Yöntem.....	58
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	59
4.1. Merkez Yerleşke Ölçümlerinin Analizi.....	76
4.2. Batı Raman Yerleşkesi Ölçümlerinin Analizi	87
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	109

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

T	: Sıcaklık (°C)
BN	: Bağıl Nem (%)
CO ₂	: Karbondioksit (ppm)
PM _{0.5}	: 0.5 µm çapındaki partikül madde (µg/m ³)
PM _{1.0}	: 1 µm çapındaki partikül madde (µg/m ³)
PM _{2.5}	: 2.5 µm çapındaki partikül madde (µg/m ³)
PM _{5.0}	: 5 µm çapındaki partikül madde (µg/m ³)
PM ₁₀	: 10 µm çapındaki partikül madde (µg/m ³)
r	: Korelasyon katsayısı
p	: Hesaplanan önem seviyesi
α	: Seçilen önem seviyesi
µm/m ³	: 1 m ³ havanın içindeki µm çapındaki kirletici miktarı
ppm	: Bir milyon toplam hacimdeki gaz hacmi
UOB	: Uçucu Organik Bileşik
CO	: Karbon monoksit
SO _x	: Kükürtoksitler
O ₃	: Ozon
HC	: Hidrokarbonlar
Pb	: Kurşun
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
HCHO	: Formaldehitler

Kısaltmalar

EPA	: Amerikan Çevre Koruma Ajansı
ASHRAE	: Amerikan Isıtma Soğutma ve Klima Mühendisler Birliği
HBS	: Hasta Bina Sendromu
NAAQS	: Ulusal Çevre Havası Kalitesi Standartlarını
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
OSHA	: Mesleki Endüstriyel ve Sağlık İdaresi
MDPH	: Massachusetts Kamu Sağlığı Bölümü
NIOSH	: Ulusal İş Güvenliği ve Sağlık Enstitüsü
ACGIH	: Amerika Devlet Endüstriyel Hijyen Uzmanları Konferansı
MAK	: Almanya Maksimum İşyeri Konsantrasyonu
CEN	: Avrupa Standartlar Komitesi
IAQ	: İç Hava Kalitesi
İOHK	: İç Ortam Hava Kalitesi
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
PM	: Partikül Madde
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değerler
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değerler

1. GİRİŞ

İç Hava Kirliliği; endüstriyel olmayan binaların içerisinde ki ortam havasında insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen kirleticilerin (partikül madde, uçucu organik bileşikler, inorganik bileşikler, biyolojik, fiziksel ve kimyasal etkenler vs.) görülmesi olarak tanımlanmaktadır. İç ortamda mevcut kirleticilerin sağlığa olan etkilerinden korunmak ve bu etkileri önlemek amacıyla gelişen bilimsel alan da "İç Hava Kalitesi" olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2010a).

Günümüzde, insanların zamanlarının büyük bir kısmını kapalı alanlarda geçiriyor olması, iç ortam hava kalitesinin önemini daha da artırmaktadır. Kapalı alanlarda havalandırma yeteri kadar sağlanmadığı zaman, havada bazı kirletici parametreler birikmektedir. Environmental Protection Agency'e (EPA) göre insanlar iç ortamda dış ortama oranla 2-5 kat daha fazla zararlı bileşiklere maruz kalmaktadır. Sağlığı olumsuz açıdan etkileyen bu kirleticilerin oranı, havalandırma durumuna ve ortamda yapılan işlerin türüne göre değişiklik göstermektedir (Anonymous, 2013a).

İç ortamda birçok kirletici bulunmaktadır. Bu kirleticilerin oranları dış ortamdan kaynaklanmakla beraber, iç ortamın sıcaklığına, nemine, iç ortamda kullanılan eşyalara, yaşayan kişilerin hobilerine, bakımları için kullandıkları ürünlere, iç ortamdaki yapı malzemelerine ve faaliyetlere göre değişiklik göstermektedir. Buna ek olarak iç ortamda bulunan eşyaların eskimesi, bakımının gerektiği zamanlarda yapılamaması ortama kirletici yayabilmektedir. Ayrıca yapıyı çevreleyen dış hava da yapı içine havalandırma ve sızma yoluyla girip kirletici yaymaktadır. İç ortamda bulunan bu kirleticiler, iç hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Kurutaş, 2009).

Ülkemiz de 2011 yılı itibariyle demografisinde görülen en önemli değişim kentleşme oranıdır. Türkiye nüfusunun % 76.8'i şehirlerde yaşamaktadır. Şehirlerde yaşayan insanlar zamanlarının yaklaşık % 90'ını iç ortamlarda geçirmektedir. Evlerinde geçirdikleri 8-10 saatin ardından taşıtlar ile işyerlerine ulaşmakta olan insanlar, ayrıca 8-10 saatlerini de bu işyerlerinde geçirmektedirler (Anonim, 2013a). Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ), farklı dönemlerde yayımladığı raporlara göre de, günümüz insanının zamanının % 90'ını iç ortamlarda, bunun % 70'ini genellikle iş yerinde, geri kalan % 20'sini de konutlarında geçirdiğini bildirmektedir (Anonymous, 2000).

Enerji kısıtlamalarının uygulandığı 70'li yılların başındaki petrol krizi ile birlikte kapalı ortamlarla ilgili problemler tanımlanmaya başlamıştır. Bu dönemde binalarda izolasyon ve enerji tasarrufu çok yoğun bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. Aynı

dönemde doğal ürünlerin yerini sentetik lifler, sunta ve plastikler almaya başlamıştır. Bu maddeler petrolün son ürünleridir ve çoğu iç ortam havasında dağılıp birikmektedirler. Son yıllarda ise teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak bilgisayarların yoğun kullanımı bir başka sorunu açığa çıkarmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki ilerleme ve yaygın kullanım, binaların ısı ve elektromanyetik radyasyon yükünü artırmıştır. Ayrıca bu ısı, kapalı ortam bağıl neminin de azalmasına neden olmuştur (Anonim, 2014a).

Evlerde ve işyerlerindeki iç hava kalitesi ile ilgili sorunlar son yıllarda özellikle Türkiye ve yurtdışındaki bilim adamlarının dikkatini çekmektedir. Konu ile ilgili bilimsel çalışmaların Türkiye’de son beş yıl içerisinde artış gösterdiği gözlenmektedir (Montgomery ve Kalman, 1988). Birçok insan hava kirliliğinin sağlığa zararını bilmesine rağmen iç hava kalitesi problemlerinin insan sağlığına ciddi etkileri olduğunu bilmez. EPA verilerine göre, iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi dış havadan çok daha fazla olabilmektedir (Anonim, 2014b).

Binalarda kapalı ortam hava kalitesinin, insan sağlığı ve verimliliğini önemli bir oranda etkilemesinden dolayı bina yönetimleri bu tür sorunları çözümlenmek amacıyla çalışmalar yapmaktadırlar. Son zamanlarda gelişmiş ülkelerde kapalı ortamlara ait yönetmelikler çıkarılmakta ve bina yönetimleri bu yönetmeliklere uymaya zorlanmaktadır. Bu maksatla binalar, özellikle iş merkezleri yapılırken havalandırma sistemlerine ek olarak ortamın hava kalitesini ölçmek amacıyla gaz sensörleri dizisi de projelendirilmekte ve uygulamaya konulmaktadır. Türkiye de ise dış çevreye ve bunun yanı sıra fabrikalara ait yönetmelikler bulunsa da iç ortamlara ait yönetmelikler henüz bulunmamaktadır (Anonim, 1986).

İç ortam hava kalitesi son zamanlarda eğitim ve öğretim kurumları için üzerinde önemle durulması gereken bir parametre haline gelmiştir. Bu kurumlar öğrenci ve personelin sağlık, huzur ve performansını negatif yönde etkileyen ve birçok kaynaktan ortaya çıkan kirleticilere sahiptir. Bu kirleticiler ortamdaki havayı etkileyerek öğrencilerin hafıza ve konsantrasyonları ile ilgili sorunların ortaya çıkmasına ve öğrenmeyi engelleyici sonuçların doğmasına sebebiyet vermektedir.

İlköğretimden üniversiteyi bitirinceye kadar her öğrenci, okul binaları içinde ortalama 20000 saat kapalı ortam havasına maruz kalmaktadır. Bu oran yaklaşık olarak yaşam süresinin minimum %23’ünü kapsamaktadır (Zimmerman, 1999). Dersliklerin kalabalık olması, ders aralarının kısa tutulması, ders aralarında dersliklerin havalandırılmaması, temiz hava teminindeki yetersizlik, mekanik havalandırmanın bulunmayışı ve ya havalandırma sisteminin plansız bir şekilde yerleştirilmesinin sebep

olduğu dış ortamdan kirletici unsurların girmesi, pencerelerin sızdırmaz oluğu, yüksek radon seviyeleri vb. nedenlerle derslik ve okul ortamları aşırı kirlenmektedir. Buna ek olarak kalabalık dersliklerde pencerenin soğuktan açılmadığı kış aylarında iç hava kalitesi sorunları çok fazla yaşanmaktadır. Öğrencilerin bu aylarda hastalıklardan dolayı devamsızlıkları artmakta ve astım, bronşit gibi kalıcı rahatsızlıklara yakalanma riskleri yükselmektedir. İç ortam kalitesi problemleri aynı zamanda yenileme çalışmaları sırasında yapı malzemelerinden asbest veya kurşun yayılmasından da kaynaklanabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, okullardaki iç hava kalitesinin takibi, kontrolü ve ölçümü büyük önem taşımaktadır (Bulgurcu ve ark., 2005).

Bu çalışma ile Batman Üniversitesi dersliklerinde iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi ve olumsuz etkilerinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Ölçümler iç ve dış ortam için eş zamanlı alınmış ve iç hava kalitesi parametreleri olarak sıcaklık (T), bağıl nem (BN), karbondioksit (CO₂) ve değişik çaplardaki partikül maddeler (PM) ele alınmıştır. Dış ortam havası için de aynı parametreler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar analiz edilerek değişik ülke standartlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu çalışma tanımlayıcı olup, temel kavramların bilinmesine, iç hava kalitesinin iyileştirilmesine ve çözüm önerilerinin belirlenmesine yöneliktir. Ülkemizde bu konu ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artıyor olmasına rağmen Batman ilinde daha önce benzer bir çalışmanın yürütülmemiş olması, mevcut durumun analizi ve ölçüm sonuçlarının iç ortam hava kalitesine etkisinin araştırılması amacıyla böyle bir çalışmanın önem teşkil ettiği düşünölmektedir.

1.1. Hava Kirleticileri

Atmosfer, gaz ile buhardan oluşan ve dünyanın etrafını saran tabakadır. Yer çekimi sayesinde tutulan atmosfer, büyük oranda gezegenin iç katmanlarından kaynaklanan gazların yanardağ faaliyetleri ile yüzeye çıkması sonucu oluşmakla beraber, gezegenin tarihi boyunca Dünya dışı kaynaklardan da beslenmiş ve etkilenmiştir. Atmosferde üç çeşit gaz grubu bulunmaktadır. Bunlar; havada devamlı bulunan ve miktarlara değişmeyen gazlar (Azot, Oksijen, Asal gazlar), havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (Karbondioksit, Su buharı, Ozon), ve havada her zaman bulunmayan gazlardır (Kirleticiler) (Anonim, 2012a).

Atmosferde ki gazların yatay ve dikey hava hareketleri nedeni ile hacimsel oranları yerden 25 km. yüksekliğe kadar neredeyse sabit kalır. Yukarı tabakalarda ise

dikey hava hareketlerinin olmaması nedeni ile; gazlar Dalton Kanununa göre, ağırlıklarına uygun katmanlar halinde sıralanmışlardır. Havada sürekli bir şekilde bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar, hayatın devamlılığını sağlayan unsurlardır. Havada sürekli bir şekilde bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar ise iklimler üzerinde önemli etkiler meydana getirirler. Atmosferde 25 km. yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları ile kuru havanın doğal bileşimleri Çizelge 1.1’de verilmiştir (Anonim, 2012a).

Çizelge 1.1. Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazlar ve miktarları ile kuru havanın doğal bileşimleri (Anonim, 2012a)

Gazlar	Sembol	Hacimsel olarak (%)	Mol ağırlığı	ppm
Azot (Nitrojen)	N ₂	78,08	28,02	780800
Oksijen	O ₂	20,94	32,00	209546
Argon	Ar	0,93	39,88	9340
Karbondioksit	CO ₂	0,03 (değişebilir)	44,00	330
Neon	Ne	0,0018	20,18	18
Helyum	He	0,0005	4,00	5,2
Su buharı	H ₂ O	0,004 (değişebilir)	18,02	20
Metan	CH ₄	0,00015	16	15
Kripton	Kr	0,0001	83,8	1,140
Hidrojen	H	0,00005	1	0,5
Azotmonoksit	NO	0,000025	30,01	0,025
Karbonmonoksit	CO	0,00001	30	0,01
Ksenon	Xe	0,000009	131,29	0,009
Ozon	O ₃	0,000002	48	0,002
Amonyak	NH ₃	0,000001	10	0,001
Azotdioksit	NO ₂	0,0000001	21	0,0001

Su ve toprak gibi hava da kirlenebilen bir ortamdır ve bileşiminde birçok gaz bulunmaktadır. Kuru ve temiz havanın deniz seviyesindeki gaz bileşenleri ortalama %78 azot, %21 oksijen, %1 argon ve %0,03 karbondioksittir. Bunlara ek olarak çok az oranlarda neon, helyum, kripton, metan, ozon, ksenon, hidrojen vb. gazları ile değişken miktarlarda su buharı ve mikroskobik veya daha küçük katı maddeleri kapsayan, sürekli atmosferik kirletici maddeler bulunur (Doğan, 2002).

Azot, %78,09 ile hacim olarak atmosferde en yüksek değere sahiptir. Atmosferde ikinci en büyük oranda bulunan gaz ise oksijendir. Oksijen hacimce atmosferin %20,94’ünü ve ağırlıkça da %23,21’ini temsil eder. Geriye kalan gazlar atmosferde %1’den daha az bulunur. Bunlar içerisinde argon atmosferde bulunan üçüncü gazdır. Helyum, neon, kripton ve ksenon gazları argon gibi ataletli gazlardan olup ksenon asal

gazlar içerisinde en kolay bileşik veren gazdır. Çizelge 1.2’de temiz ve kuru havanın doğal bileşimleri verilmiştir (Kaynar, 1996).

Çizelge 1.2. Temiz ve kuru havanın doğal bileşimi (Doğan, 2002)

Gaz	Sembolü	Kütle (%)	Hacim (%)
Azot	N ₂	75,51	78,10
Oksijen	O ₂	23,01	29,93
Argon	Ar	1,286	0,9325
Karbondioksit	CO ₂	0,04	0,03
Hidrojen	H ₂	0,001	0,01
Neon	Ne	0,0012	0,0018
Helyum	He	0,00007	0,0005
Kripton	Kr	0,0003	0,0001
Ksenon	Xe	0,00004	0,000009

1.1.1. Hava kirletici maddeler

Hava kirleticileri çevreye doğal ya da antropojenik aktiviteler sonucu salınarak çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etki yaratırlar. Hava kirletici maddelerin kaynakları doğal ve antropojen kaynaklar; hareketli ve sabit kaynaklar gibi pek çok kategoride sınıflandırılabilir. Özellikle bu kirleticiler atmosfere salındıktan sonra, atmosferik taşınım mekanizmalarıyla salındıkları kaynaktan çok daha uzak mesafelere taşınabilmektedirler (Varınca ve ark., 2008). Genel bir sınıflandırma ile havayı kirleten maddeler; partiküller (tozlar), kükürlü maddeler, organik maddeler, azotlu maddeler, karbon monoksit, halojenler ve radyoaktif maddelerdir (Kaynar, 1996).

Bu kirleticilerin buldukları katı, sıvı veya gaz faza ve oluşum yöntemlerine göre sınıflandırılması ise şu şekilde yapılabilir.

Katı: Tozlar, metal buharı dumanları ve katı maddelerden oluşan dumanlar

(Duman içinde genellikle sıvı tanecikler bulunur),

Sıvı: Az yoğunluklu sisler, sis ve sıvı maddelerden oluşan dumanlar,

Gaz: Buhar ve gazlar.

Havada birçok değişik çapta tanecik bulunur. Bunlardan, asılı halde bulunan 2µm çapından daha küçük tanecikler insan ciğerlerine kolayca tutunabilmektedirler. 8 ile 10µm çapından daha büyük tanecikler üst solunum yolları tarafından ayrılır ve tutulurlar. Ara boyutlar akciğerin hava kanalları üzerine çökerek, buradan hızlıca temizlenip yutulur veya öksürükle dışarı atılır. Büyük çaplı tanecikler, bazı ayrık otu tohumlarının parçaları gibi hafif elyaf maddeleri, havada daha uzun süre kalabilirler. 10µm çapından büyük taneciklerin çoğu uygun aydınlatma ve kontrast olması halinde

çıplak gözle görülebilirler. Bunlara örnek olarak ortalama tanecik çapı 0,5µm değerinden küçük olan sigara dumanı ve bulutlar verilebilir (Dönmez, 2003).

Çevre havasındaki kirletici miktarlarının artması hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Hava kalitesi sınır değerleri genellikle; uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. Uzun vadeli sınır değerler hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun süre solunmasıyla meydana gelen kronik etkiler için verilen üst sınır değerleri gösterir. Kısa vadeli sınır değerler ise, hava kirleticilerin kısa sürede yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla meydana gelen kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir. Çizelge 1.3'te Türkiye'deki bazı kirleticilerin hava kalitesi sınır değerleri verilmektedir (Kaynar, 1996).

Çizelge 1.3. Türkiye de bazı kirleticiler için hava kalitesi sınır değerleri

Kirleticiler	Birim	UVS	KVS
Kükürdioksit (SO ₂)	(µg/m ³)	150	400(900)
Kükürtrioksit (SO ₃)	(µg/m ³)	250	400(900)
Karbonmonoksit (CO)	(mg/m ³)	10000	30000
Azotdioksit (NO ₂)	(µg/m ³)	100	300
Azotmonoksit (NO)	(µg/m ³)	200	600
Klor (Cl ₂)	(µg/m ³)	100	300
Klorlu Hidrojen (HCL) ve gaz halde inorganik Klorürler (CL)	(µg/m ³)	100	300
Ozon (O ₃) fotokimyasal oksitleyiciler	(µg/m ³)	-	240
Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m ³)	-	140(280)
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	(µg/m ³)	-	40(100)
Havada asılı partikül maddeler (PM) 10 Mikron ve daha küçük partiküller			
a) Genel	(µg/m ³)	150	300
b) Endüstriyel	(µg/m ³)	200	400
PM içinde kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	(µg/m ³)	0,04	-
Çöken tozlar	(µg/m ² gün)	-	-
Çöken tozlarda kurşun ve bileşikleri	(µg/m ² gün)	500	-
Çöken tozlarda kadmiyum ve bileşikleri	(µg/m ² gün)	44013	-

Parantez içindeki değerler saatlik ortalamadır.

Hava kirliliği; sıcaklık, basınç (yüksek ve alçak), rüzgar, yağış, nem ve rüzgar radyasyonu gibi faktörlerden etkilenmektedir. Hava kirliliği temelde; orman yangınları, volkanik patlamalar, gibi doğal kaynaklardan ve insan aktivitelerine bağlı olarak oluşabilen yapay kaynaklardan ortaya çıkmaktadır. Bunlar kükürt dioksit (SO₂), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), hidrojen sülfür (H₂S), karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrojen florür (HF), partiküller vb. gibi doğrudan doğruya kaynaktan çıkan bileşiklerden meydana gelenlerle, kükürt trioksit (SO₃), sülfürik asit

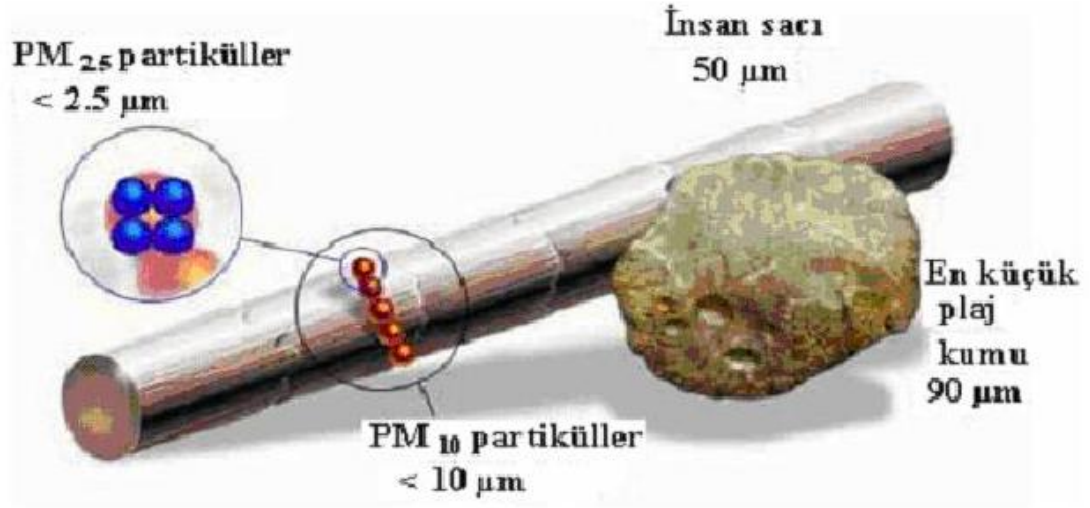
(H₂SO₄), asitler, aldehitler, ketonlar, endüstriyel duman vb. gibi atmosferde sonradan oluşan kirleticilerdir (Anonim, 2012b).

1.1.2. Partikül maddeler (PM)

Atmosferde standart şartlarında katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmiş su dışındaki maddeler partiküller madde olarak tanımlanır. Bunlar 0,1 ile 100 µm arasında değişen boylarda bulunurlar. Büyüklük sırasına göre; 0,2 µm'den küçük partiküller ultra mikroskopik 0,2 ile 10 µm arasındaki partiküller mikroskopik ve 10 µm'nin üzerindeki partiküller ise makroskopik partiküller adını alır. 10 µm'den büyük partiküller çoğunlukla Stokes Yasası uyarınca yer çekimi etkisiyle çöklerler. 10 µm altındaki parçacıklar ise uzun süre havada asılı halde kalabilmektedir. Bunlardan 0,2 mikrometrenin altında kalanlar Brownian hareketi yaparlar (Csandy, 1980; Çimen, 2001).

Partiküller; sis, dumanlı sis, tozlar, dumanlar, virüs, mantar sporları, bakteri ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince görünebilir veya görünemez, teneffüs edilebilir ve solunabilinir olarak sınıflandırılırlar (Anonymous, 2003a). Tozların çapı 0,1 µm ile 25 µm arasında, duman parçacıkları tipik olarak 0,25 µm dolaylarındadır, duman ise genellikle 0,1 µm'den daha küçüktür. Bioaerosollar ise genellikle 1 µm'den daha küçüktür. Partikül madde miktarı genellikle birim hacimdeki kütle veya parçacık adedi olarak verilir. Partikül madde miktarı endüstriyel ortamlarda µg/m³ veya mg/m³ olarak, ofis binalarında ve endüstriyel temiz odalarda ise adet/m³ olarak ifade edilir (Anonymous, 2003b).

Partikül maddeler genel olarak partikül boyutlarına göre 10-2,5 µm arasında ise "kaba partiküller" (PM_{10-2,5}) ve 2,5 µm'den küçük ise "ince partiküller" (PM_{2,5}) olarak sınıflandırılmaktadır. PM'in en önemli fiziksel özellikleri büyüklükleridir. Partikül aerodinamik çapıyla ifade edilir ve 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 1.1'de gösterilmiştir. 0,5 µm'den küçük olan partiküllerin havadaki hareketleri difüzyon ile gerçekleşir bu nedenle bu partiküller Stokes çapı (Dp) ile ifade edilirler. Çapı 0,5 µm'den büyük olan partiküller maddelerin havadaki hareketlerinde ise etkili mekanizma çökme olduğundan çapları fiziksel çap (Da) ile ifade edilir ve partikülün yoğunluğuna bağlıdır (Şahin, 2005).



Şekil 1.1. PM boyutunun insan saçı ve plaj kumu ile kıyaslanması (Öztürk, 2008)

Partikül maddelerin atmosferdeki 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 "*birincil*", oksijen (O₂) ve su buharı (H₂O) içeren atmosferdeki gazların kimyasal ve fotokimyasal reaksiyonlar sonucu atmosfere verilmesi de "*ikincil*" kaynak olarak tanımlanmaktadır. Genellikle kaba partikülün orijini birincil partiküldür ve tarım ile inşaat faaliyetleri sonucu oluşan partikülleri, yollardan kaynaklı tozları, biyolojik partikülleri ve deniz aerosollerini içermektedir. İnce PM'lerin orijinleri ise temelde ikincil partiküllerdir ve atmosferik oksijen, azot oksitler kükürt oksitler, uçucu ve diğer organik bileşikler, 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). Sanayileşme ve nüfusta ki hızlı artışa paralel olarak fosil yakıt kullanımının çoğalması dünyanın birçok bölgesinde atmosferdeki partikül madde derişiminin yükselmesine neden olmaktadır. Şehir atmosferindeki partikül madde derişiminin genellikle büyük bir kısmı bu tür kaynaklar meydana gelmektedir (Sun ve ark., 2004).

İnsanlarda gözlenen olumsuz sağlık etkileri ve partikül maddelerin özellikleri arasındaki bağlantı, daha önceki bilimsel çalışmalarda dikkate alınmamıştır. Ancak son zamanlarda yürütülen çalışmalarda çeşitli yakma prosesleri, hareketli ve sabit kaynaklardan açığa çıkan PM ile kalp ve solunum sistemi rahatsızlıklarından meydana gelen hastalık ve ölüm oranları arasında doğrusal ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır. Çizelge 1.4'te partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişki verilmiştir (Onat ve Şahin, 2008).

Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından son derece önemlidir. 2.5 μm 'den küçük çaplı partikül maddeler solunum yolu ile akciğere kadar ulaşırlar. Ayrıca bazıları kana dahi karışabilir. Kadmiyum, kurşun, cıva gibi ağır metaller ve kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler, sağlık yönünden oldukça tehlikelidir. Partikül maddeler birçok farklı bileşenden meydana gelir ve akciğerdeki nemle birleşerek aside dönüşür. 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 içermektedirler. Bu maddelerin uzun süre solunması durumunda kanser yaptığı bilinmektedir (Öztürk, 2008).

Çizelge 1.4. Partikül boyutu ve solunum sistemi arasındaki ilişki (Onat ve Şahin, 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 ulaşarak kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmaktadır bu da nefes darlığına sebebiyet vermektedir. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiğinden kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşmaktadır. Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akuttan daha çok kroniktir. Partikül madde kirliliğine uzun süre maruz kalındığında akciğerde partikül madde birikmesi sonucu kalıcı sağlık sorunları görülmektedir (Öztürk, 2008).

PM₁₀ derişimine maruz kalma süresi hem akciğer hem de kalp fonksiyonunu olumsuz yönde etkiler. Havada partikül madde derişiminin arttığı bölgelerde sağlık kurumlarına müracaatlarda artışlar görülmektedir. Astım, kalp ve akciğer hastaları PM kirliliğinden daha fazla etkilenirler ve bu durum bazı hastaların ölümüne dahi neden olabilmektedir. PM₁₀ kirliliğine kısa süreli de olsa maruz kalındığında akciğer hastalıkları kötüleşir, kalp hastası olan kişilerde kalp atışları hızlanır (Öztürk, 2008).

Havadaki partikül madde konsantrasyonun kontrol altına almak için ülkeler çeşitli standartlar geliştirmiştir. Bu standartlar belirlenirken insan sağlığı ve çevreye verdiği zarar üzerinde durulmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri (AB) başta olmak üzere çeşitli ülkelerde havadaki PM konsantrasyonu ile ilgili uygulanan sınır değerler aşağıda Çizelge 1.5'te gösterilmiştir (Öztürk, 2007).

Çizelge 1.5. Dünyanın çeşitli yerlerinde kullanılan PM₁₀ standartları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ülke	PM ₁₀ Yıllık	PM ₁₀ Günlük
Türkiye	150	300
Türkiye(2016)	40	50
A.B.D	50	150
Japonya	-	100
İngiltere	40	50
A.B	40	50
Avustralya	-	50
Kanada	70	120
WHO	20	50

Partikül madde sınır değerlerine bakıldığı zaman Çizelge 1.5'te standart değerleri en yüksek olan ülkenin Türkiye olduğu görülmektedir. Türkiye için belirlenen günlük partikül madde sınır değeri, A.B.D.'nin belirlediği sınır değerinin 2 kat, Japonya'nın 3 kat, Avustralya ve AB değerinin 6 kat, Kanada'nın 2,5 kat ve Dünya Sağlık Teşkilatı'nın 6 kat üzerinde olduğu görülmektedir (Kılıç, 2008).

1.1.3. Gazlar

Hava kalitesine etki eden gaz kirleticilerinin en önemlileri karbonmonoksit (CO), kükürtoksitler (SO_x), azotoksitler (NO_x), ozon (O₃), hidrokarbonlar (HC) ve formaldehitlerdir.

1.1.3.1. Karbon monoksit (CO)

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olan karbon monoksit, karbonlu yakıtların eksik yanması ile meydana gelir. CO'nun dış ortamdaki temel kaynağı ulaşımdır. Karbon monoksit üretiminin dünyadaki ortalama %70'inden fazlası, ülkemizde ise % 44'ü ulaştırma bölümünden kaynaklanmaktadır (Anonymous, 2007).

Karbon monoksitin atmosferdeki yoğunluğunun senede $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ derecesinde artması, normal bir kirletici olmasa da bu gazın olası etkilerinin dikkate alınmasını gerektirmiştir. Kaynaklandığı nokta çevresinde iyi dağılmayan karbon monoksit, varlığı kolay fark edilmeyen bir gazdır. Sanayi kuruluşlarında sağlıklı bir işçinin çalışma ortamının da bulunabilecek maksimum karbon monoksit konsantrasyonu $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük konsantrasyona 4 saat maruz kalan bir kimse ölebilir (Kaynar, 1996).

Karbon monoksit gazı, solunum yoluyla vücuda girerek akciğerler yoluyla kana karışır ve kandaki hemoglobinle bağlanarak karboksihemoglobini oluşturur. Bu durum da kandaki oksijen miktarının azalmasına sebebiyet verir. Kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperlerinde, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir (Anonim, 2006).

İç ortamda karbon monoksit gazının oluşumunun önüne geçebilmek için, sobalar ve gazla çalışan cihazlar kontrollü bir şekilde kullanılmalı, iç ortama duman sızıntısı varsa engellenmelidir. Havalandırma bacaları ve tesisatları düzenli bir şekilde temizlenerek açık olup olmadığı kontrol edilmelidir. Ayrıca araçların motoru garaj içerisinde beklerken çalıştırılmamalıdır (Özden, 2005).

1.1.3.2. Kükürtoksitler (SO_x)

Kükürt atmosferde normalde bulunmayan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Kükürt dioksit termik santrallerin ve endüstriyel bölgelerin yer aldığı alanlarda ve kükürt içeren yakıtların kullanılması sonucunda havaya yayılmaktadır. Havadaki kükürt konsantrasyonu, hava akımının bulunup bulunmayışına, nem oranına ve yakılan yakıtın cinsine miktarına bağlı olarak değişmektedir (Kosa, 2001).

Havadaki kükürtdioksitler (SO₂), kükürt oksitler içerisinde en önemli payı oluşturur. Bu gaz ağızda karakteristik bir tat bırakmakta ve boğucu bir hisse yol açmakta olup yanmayan, renksiz bir maddedir. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenme ile kükürttrioksit (SO₃) ve sülfata dönüşür. SO₃ sülfürik asidin anhidriti olup yağmur

veya sis damlacıklarıyla birleşerek havada sülfürik asidin oluşmasını yol açarlar (Kaynar, 1996).

Kükürt maddeler daha çok malzemeye ve bitkilere verdikleri zararla tanınırlar. Örneğin metal yüzeylerin korozyonla aşınmasına yol açar. Yağlı boyaların kuruma süresini hızlandırır ve boyanın ömrünü azaltırlar. Buna ek olarak kireç, mermer ve sıva gibi yapı malzemelerine de kısa sürede zarar verirler. Kükürtlü gazların insan sağlığı üzerine etkileri birçok araştırmaya konu olmuştur. SO₂'nin solunum yolu rahatsızlığına yol açtığı, özellikle akciğer yetmezliği ve solunum sistemi hastaları için öldürücü olabileceği düşünülmektedir. Bu gazların en önemli etkisi de asit yağmurlarına yol açmasıdır (Kaynar, 1996).

1.1.3.3. Azotoksitler (NO_x)

Azot oksit renksiz ve kokusuz bir gazdır ve motorlu araçların neden olduğu egzoz gazları ile sabit yakma tesislerinde oluşmaktadır. Azot oksitler yakıt içindeki azot içeren maddelerin yanı sıra, yüksek sıcaklıkta yakma tesislerinde kullanılan azotun oksijenle birleşmesinden de meydana gelmektedir. Ayrıca bu gaz atmosferde kararlı ve kararsız olarak bulunur ve yanma olaylarından sonra havaya salınan en önemli kirleticilerdendir (Heywood, 1998). Azot oksitler atmosferdeki oksijen ile kısa bir süre içerisinde reaksiyona girerek azot dioksiti (NO₂) meydana getiriler. Dış ortam kaynakları genellikle egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir

Atmosferde yer alan azot bileşikleri içerisinde en önemli iki tanesi NO ve NO₂'dir. NO gazı tahriş edici özelliği olmamakla birlikte, açık ortam derişimlerinde (< 0,5 ppm) sağlık üzerindeki etkileri oldukça azdır. NO atmosferde düşük derişimlerde bulunur. NO_x'ler içerisinde insan ve çevre sağlığı açısından asıl önem taşıyan NO₂ gazının hava kalitesi ve insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler Çizelge 1.6'da gösterilmiştir (Özden, 2005).

Çizelge 1.6. NO₂'nin hava kalitesi ve insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler

NO ₂ (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	Süre	Etkileri
0,5	1	Yıllık Ortalama	Hava Kalitesi Standardı
0,12	24	-	Koku algılama sınırı
1,0	2	15 dakika	Bronşitte solunum yolları direncinin azalması
2,5	5	2 saat	Sağlıklı kişilerde solunum yolu direncinin azalması
5	1	15 dakika	Akciğerlerde gaz alışverişinin engellenmesi
1	2	-	Koku algılanmasının engellenmesi
5	1	-	Geri dönüşümlü bronşiyolitis
15	3	-	2-3 hafta içerisinde bronşiyolitis fibrosa obliterans sonunda ölüm

Azot oksitler amonyak ve diğer bileşenlerle reaksiyona girerek nitrik asit ve bazı partiküleri oluşturmaktadır. Oluşan partiküler insanların solunum sistemlerini olumsuz yönde etkiler ve akciğer dokusuna zarar vererek erken ölümlere neden olur. Küçük çapta partiküler, akciğerlerin hassas bölgelerine yerleşerek bronşit v.b. solunum hastalıklarının ortaya çıkmasına ve kalp hastalıklarının ilerlemesine neden olmaktadır. Azot oksitler atmosferik reaksiyonlar sonucu nitrik asit oluşturmakta ve oluşan nitrik asit yağmur, kar veya kuru partiküler şeklinde yer yüzeyine ulaşmaktadır. Meydana gelen asit yağışlarının insanlar üzerinde direkt veya indirekt etkileri bulunmaktadır. Deri, göz ve solunum sistemi üzerindeki direkt etkilerine ek olarak asit yağmurlarına maruz kalmış su, bitki veya balıkların kullanılması sonucu insan bünyesinde asidik depolanmaya neden olan indirekt etkileri de söz konusudur (Özden, 2005).

1.1.3.4. Ozon (O₃)

Üç adet oksijen atomundan oluşan ozon, renksiz ve kokusuz, atmosferin üst seviyelerinde ve yeryüzüne yakın kısımlarda bulunan bir gazdır. Ozon gazının, güneşin zararlı ultraviyole ışınlarını süzme ve absorblama özelliği vardır (Akman ve ark., 2000).

Asit yağmurlarını meydana getiren ve atmosferde sera gazı olarak hareket eden ozon, biyolojik materyaller ile reaksiyona girer, bitki örtüsüne zarar verebilir ve göz, burun ve boğaz tahrişine neden olabilir, solunum yollarında akut etkiler oluşturabilir ve solunum güçlüğüne neden olabilir (Yeşilyurt ve Akcan, 2007).

1.1.3.5. Hidrokarbonlar (HC)

Endüstriyel solventlerden ve kömür, petrol, doğal gaz ve benzinin yanmasından meydana gelen hidrokarbonlar, zehirli değil ancak zararlı etkileri olan bir maddedir. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemektedir. Bu antropojenik emisyonların dünya genelinde 100 milyon ton olduğu düşünülmekte ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Buna ek olarak hidrokarbon emisyonu dünya genelinde sadece bataklıklarda yılda yaklaşık 2 milyar ton olarak açığa çıkar. Ayrıca, doymamış hidrokarbonlar ve aromatiklerin smog olayının meydana gelmesinde büyük önemi vardır (İncecik, 1994).

1.1.3.6. Formaldehit

Formaldehit, renksiz, keskin kokulu, uçucu kimyasal bir maddedir. Bu madde kimya sektöründe ve yapı malzemelerinde çok kullanılan, karbon, oksijen ve hidrojen atomundan meydana gelir. Formaldehit, cilalardan, döşeme kaplamalarından, yonga levha ve boyalardan, solvent içerikli vernik kontrplak yapımında kullanılan tutkaldan, köpük şeklindeki yalıtım malzemelerinden, gaz yakıt kullanan aletlerden ve sigara dumanından ortama yayılabilmektedir (Anonymous, 1997). Ayrıca suntadan yapılmış sıralar, sandalyeler ve dolaplar, MDF ürünler fazla miktarda uçucu organik bileşiklerde (UOB) formaldehit yayabilmektedir. Bu tip malzemelerden yapılmış mobilyalar havalandırmanın yetersiz olduğu kapalı ortamdaki kirletici düzeylerini önemli ölçüde artırmakta ve bunun yanı sıra bina malzemeleri ve mobilyaların neden olduğu kapalı ortam hava kirliliğinin göstergesi olarak bilinmektedir (Aksakal, 2009).

Formaldehit, kanser riskini artırmakla beraber solunum sisteminin tahrişine, uyuşukluğa, göz iltihaplarına ve alerjik durumlara neden olmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda ve uzun süreli maruz kalmalarda zehirlenmeler görülmektedir (Güler ve ark., 2005; Anonymous, 1997).

1.1.4. Ağır metaller

1.1.4.1. Kurşun (Pb)

Kurşun, mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metal türüdür. Atmosferde kurşun parçacıkları, yakıtların içinde bulunan kurşunların yanması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yapılarda kullanılan kurşun bazlı boyalar, eskimiş su boruları, lehim yapma, cam boyama gibi aktiviteler, araçlarda kullanılan benzin, içme suları, yiyecekler, toprak ve tozlarda ortamdaki kurşun konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır (Anonymous, 1995).

İnsanlarda kurşuna maruz kalınması sonucu birçok çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıktığı gözlenmiştir. Kurşun, havadaki tozlar, içme suyu ve yiyecekler vasıtasıyla insan vücuduna girebilmektedir. Ayrıca 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 kurşunun ise zihin ve beden gelişimini zayıflattığı belirtilmektedir (Yurtseven, 2008).

1.1.5. Dış ortam hava kirleticiler

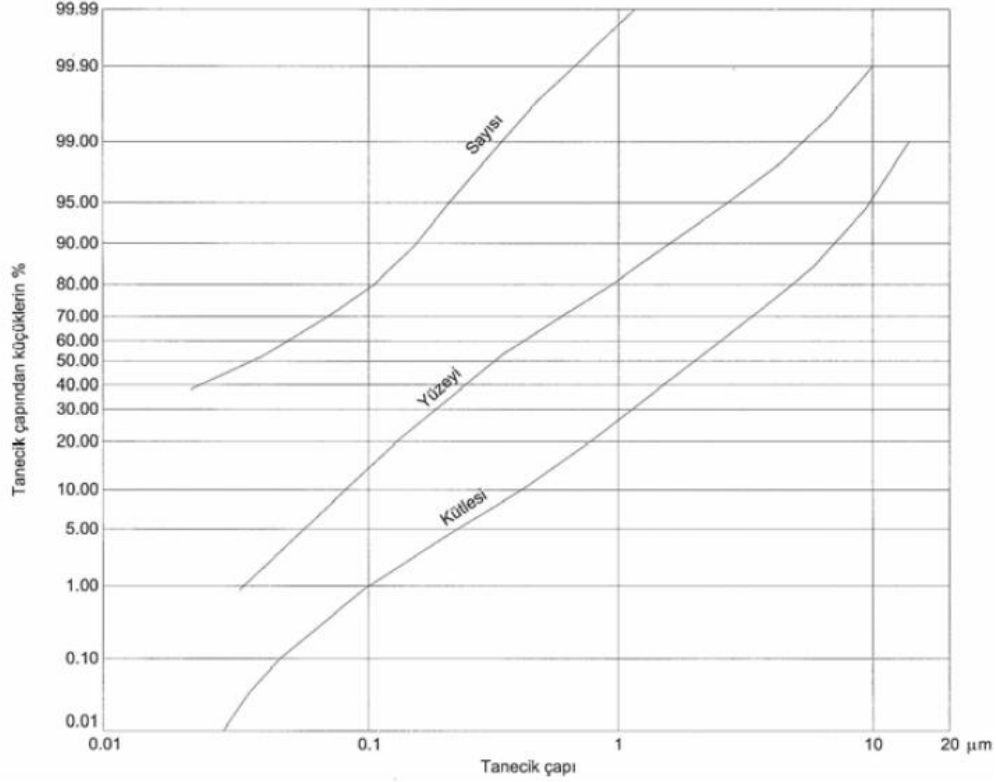
Dışarıdaki atmosferik havada normal olarak, değişik büyüklük ve miktarlarda bitki tozları, virüs ve bakteriler, çeşitli ölü veya canlı mikroorganizmalar, erozyon sonucu ortaya çıkan tozlar, sulardan buharlaşma sonucu çıkan maddeler bulunmaktadır (Anonim, 1997a).

Bunları ana hatlarıyla şu şekilde gruplandırabiliriz:

- Tanecik veya gaz,
- Mikroskopik altı, mikroskopik veya makroskopik,
- Görülebilir veya görülemez,
- Organik veya inorganik,
- Zehirli veya zehirsiz,
- Kararlı veya kararsız.

Şekil 1.2'de atmosferik havasında tanecik sayısı, kütle ve yüzeyinin çapa göre yüzdeleri verilmiştir. Atmosfer kirliliğine tipik bir örnek olarak en üst eğri

gösterilmiştir. Bir boyuttan daha küçük olan taneciklerin toplam projeksiyon alanlarının yüzdesi, ortadaki eğride, taneciklerin toplam kütlelerinin yüzdeleri ise en alttaki eğride gösterilmiştir (Bahnelth, 1998).



Şekil 1.2. Atmosferik havasında tanecik sayısı, kütle ve yüzeyinin çapa göre yüzdesi (Köksal, 2001)

Bu eğrilerin değerleri oldukça dikkat çekicidir. Örneğin 0,1 µm veya daha küçük çaptaki tanecikler incelendiği zaman atmosferde bulunan taneciklerin sayıca %80 kadarını kapsamakla beraber kütsel olarak sadece %1 değerindedirler. Buna ek olarak 1 µm çapından daha büyük tanecikler sayıca yalnız %0,1'ken toplam kütleinin %70'ini meydana getirmektedirler. Dış ortam havasını kirleten tanecik kütselinin %80'i, çapları 5 µm değerinden daha küçük taneciklerden oluşmaktadır. Havada bulunan taneciklerin çapı, şehir içinde genel olarak 1 µm değerinden daha küçüktür (Bahnelth, 1998).

Genellikle bulaşıcı olmayan enfeksiyonlar çevrede bulunan mantar, sporlar veya tarımsal bakteriler yoluyla, insanlara geçerler. Bu grubun en önemli hastalıklarına sporlar neden olur ve hava durumuna, iklim ve mevsimlere bağlı olarak değişir. Fakat önemsiz birkaç vaka haricinde dış ortam havasının solunmasından dolayı solunum yolu enfeksiyonlarına yakalanma durumu tespit edilememiştir. Asıl tehlike kaynağını teşkil edenler kapalı ortamlarda ve klima tesisatı elemanları üzerinde üreyen ve yayılan

mikroorganizmalardır. Dış ortam havasından klima sistemlerine alınacak taze hava dış kirleticiler açısından belirli bir standartta olmalıdır. ASHRAE tarafından belirlenen ve Amerika için geçerli taze dış hava kriteri olarak kabul edilen atmosferik çevre havasının kalite standardı Çizelge 1.7’de verilmiştir (Demircioğlu ve Toksoy, 1997).

Uzun dönem için 3 ay ve 1 yıllık, kısa dönem olarak 1 - 24 saatlik, ortalama değerler ile maksimum konsantrasyon sınır değerlerinin aşılması durumunda meydana gelebilecek kronik solunum yolu ve kalp hastalıklarının olasılığı Çizelge 1.7’de gösterilmiştir (Köksal, 2001).

Çizelge 1.7. ABD’de temiz hava kalitesi ve kirleticilerin fizyolojik tesirleri (Köksal, 2001)

Kirletici madde	Uzun Dönem		Kısa Dönem		Fizyolojik Tesirleri
	Değişiklik	Ortalama	Değişiklik	Ortalama	
Birim	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Zaman	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	Zaman	-
Sülfürdioksit	80 (0.03)	1 yıl	365 (0.14)	24 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Karbonmonoksit	10,000 (9)	8 saat	40,000 (35)	1 saat	Kalp hastalığı
Azotdioksit	-	-	100 (0.555)	1 yıl	Kronik üst solunum hastalığı
Ozon	-	-	235 (0.12)	1 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Hidrokarbonlar	-	-	160 (0.24)	3 saat	-
Toplam tanecik (aritmetik ortalama)	50	1 yıl	150	24 saat	Kronik üst solunum hastalığı
Kurşun	39569	3 ay	-	-	Kurşun zehirlenmesi çocuklarda merkezi sinir sistemi bozukluğu

Dış havanın nüfuz ettiği kısımlarda, sınır değerleri aşan hava kirleticilerinin bulunduğu yerler tespit edilmeli ve buna uygun projeler tasarlanmalıdır. Örneğin trafiğin yoğun olduğu sokak taraflarına dış hava alışı menfezlerinin yerleştirilmemesi daha uygundur (Dönmez, 2003).

1.1.5.1. Diğer dış ortam hava kirleticileri

Dış ortam hava kirleticileri olarak yeterince izleme yöntemleri, kentsel dağılımları ve etkileri belirlenmemiş olan hava toksikleri ve asitli hava parametreleri, son zamanlarda önemli bir konu haline gelmiştir. Hava toksikleri, motorlu taşıtlar, kok üretimi, kömür yakılması sonucu oluşan poliaromatik hidrokarbonlar (PAH’s) ve petrol

yanmasından birincil olarak oluşan benzen (C_6H_6) gibi uçucu organik bileşiklerdir. Asitli havanın temel bileşenleri, nitrik asit (HNO_3) ve sülfürik asittir (H_2SO_4). Bu asitler, NO_2 ve SO_2 'den meydana gelmektedir. Bu alanlarda çok daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Yeşilyurt ve Akcan, 2007).

1.1.6. İç ortam hava kirleticiler

Bir kirletici kaynağı olarak insan, kendi yaşadığı çevreyi ve soluduğu havayı, çıkardığı atıklarla ve yaptığı aktivitelerle kirletebilmektedir. Ayrıca kapalı bir ortamda uzun bir süre toplu halde bulunmaları durumunda konfor şartları ortamdaki hava kirleneceğinden yetersiz olur. İnsanlar buldukları ortamdaki havayı kimyasal kirlenme, biyolojik kirlenme ve fiziksel kirlenme olmak üzere üç şekilde kirletirler. Kimyasal kirlenme, solunum, terleme ve aktiviteler sonucunda meydana gelir. Bir insan solunum yoluyla oksijen alırken, karbondioksit çıkarır. Çalışma ve hareket halinde ise çıkartılan karbondioksit miktarı artmaktadır. Böylece kapalı ortamlarda oksijen oranı azalırken, karbondioksit oranı artmaktadır. Hava ortamı içerisinde, kimyasal kirletici etkenlerin yoğun olmasından dolayı mikroplar için iyi bir kültür oluşturur. Bu nedenle insan vücudunun yol açtığı hava kirliliğinde önemli bir faktör de insanların soluk havası, öksürük, aksırık ve tükürme gibi dışarı attıkları mikropları hava yoluyla bulaştırmalarıdır. Havayı kirleten önemli bir faktörde fiziksel etkenlerdir. İnsan vücudunun yaydığı ısı nedeniyle, kapalı bir ortamda ısı yükselmiş, kimyasal yapısı bozulmuş, mikrop sayısı artmış bir hava ortamı meydana gelir. Fiziki şartların bozulmasıyla meydana gelen kronik belirtiler, solukluk, kansızlık, takatsizlik, bas ağrısı, iştahsızlık, mide bulantısı, nefes alma isteksizliği, konsantrasyon bozukluğu, iş veriminin azalması ve vücut mukavemetinin düşmesi şeklinde görülür (Kurtuluş, 1986).

Buna ek olarak, yenileme, bakım ve onarım sırasında iç mekan donanımlarından ve yapı malzemelerinden yayılan emisyonlar, mikrobiyolojik varlıklar, tozlar, böcek ilaçlarından çıkan pestisitler, kullanılan boyadan, ziftten, tutkaldan ve temizlik malzemelerinden çıkan koku ve uçucu organik bileşenler iç ortamdaki havanın kirlenmesine neden olmaktadır (Akman ve ark., 2000; Assimakopoulos ve Helmis, 2004).

Çizelge 1.8'de iç hava kirleticilerinin potansiyel kaynakları verilmiştir. Havadaki katı yabancı maddeleri; biyoaerosoller, asbest, yapay mineral fiberleri ve

slika; gaz maddeleri ise radon ve toprak gazları ile uçucu organik bileşenler oluşturur (Gelin ve Manrilla, 1998).

Çizelge 1.8. İç hava kirleticilerin potansiyel kaynakları (Anonymous, 1999)

Kirleticiler	Potansiyel Kaynakları	
Uçucu Organik Bileşikler	Parfümler, saç spreyleri, mobilya cilaları, temizlik solventleri, hobi ve sanat malzemeleri, pestisitler, halı ve iplik boyları, tutkal, yapıştırıcı ve sızdırmazlık malzemeleri	Boylar, vernikler, yapıştırıcı bantlar, ahşap koruyucular, kuru temizlenmiş elbiseler, güve ilaçları, hava tazeleyici kokular, depolanmış yakıtlar ve otomotiv ürünleri, kirlenmiş sular Plastikler
Formaldehit	Parçacık tutucular, kontra plaklar , dolaplar, mobilyalar	Formaldehit köpük yalıtım katkıları, halı ve kumaşlar
Pestisitler	Böcek ve karınca öldürücüler Fare ilaçları	Mantar ilaçları, mikrop öldürücüler Ot ilaçları
Kurşun	Kurşun esashı boylar	Dış tozlar ve toprak
Karbondioksit Karbon monoksit Azot dioksit	Uygunsuz çalıştırılan gaz veya yağ kazanları-sıcak su ısıtıcıları, ocaklar, odun sobaları	Havalandırmasız gaz sobaları kerosen ısıtıcılar Tütün ürünleri, gazlı pişirme sobaları Araç egzozları
Kükürt dioksit		Kükürt içeren yakıtların yanması
Solunabilir Parçacıklar	Ocaklar, odun sobaları, havalandırmasız gaz ısıtıcıları	Tütün ürünleri Havalandırmasız kerosen ısıtıcıları
Çevresel Tütün Dumanı		Tütün ürünleri
Biyolojik Kirleticiler	Bitkiler, hayvanlar, kuşlar, insanlar, yastıklar, yataklar, ev tozları, Islak veya nemli malzemeler	Durgun sular
Asbest	Boru ve kazan yalıtımı Tavan ve döşeme levhaları	Dekoratif spreylere Kaplama ve lambriiler
Radon	Toprak ve kaya, bazı bina malzemeleri	Yer altı suları

1.1.6.1. Uçucu organik bileşikler

Uçucu organik bileşen (UOB), içerisinde bir karbon ve bir hidrojen atomu içeren bileşenler olarak adlandırılmaktadır. Yapı malzemelerinin büyük bir oranı organik kimyasallar içermektedir. Tuğla, ahşap, kerpiç gibi malzemelere uygulanan koruyucular, spreylere ve deodorantlar, kömür katranı içeren yalıtım malzemeleri, PVC reçinesinden yapılmış malzemeler uçucu organik bileşenlerin ortama yayılmasına neden olmaktadır (Wolkoff, 1999; Anonymous, 1994).

Hayatımızın her alanında kullandığımız eşyalar, evimizde kullanılan yapı malzemeleri, kapalı ortamlardaki UOB oranını artırır. Bu kirleticilere uzun süreli maruz

kalındığında, insan sağlığına büyük oranda zararlar verebilir. 2–3 ppm veya daha az düzeydeki UOB ile temas giren kişilerde göz, burun ve boğazda tahriş gibi alerjik reaksiyonlar ortaya çıkabilmektedir. 4–5 ppm de daha kötü reaksiyonlar ortaya çıkabilmekle beraber hafıza kaybı, hışırtı ve cilt kızarıklıkları oluşmaktadır. 10–20 ppm düzeyinde ise, solunum güçlükleri ile gözlerde, burun ve boğazda yanma gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır. Bazı insanlar uçucu organik bileşiklere daha duyarlıdır. Örneğin astım hastalarında astım krizlerinin başlamasına neden olabilmektedir. Uçucu organik bileşikler (UOB) kanserojen etkiye sahiptir ve üzerinde dikkatlice durulması gereken bir konudur. (Wolkoof ve Nielsen, 2001).

UOB kaynakları hem dış hem de iç ortamda çok farklı şekillerde bulunmaktadır: dış ortam için ana kaynak trafikken, iç ortam için başlıca kaynaklar; ısınma, pişirme, boya, oda koku spreyleri, halılar, temizlik maddeleridir (Schlink ve ark., 1998; Rehwagen ve ark., 2003).

İç ortamda yaygın olarak bulunan UOB'ler:

- Alifatikler; örn. Metan, etan, propan, butan, v.d.
- Olefinler; örn. Propan, isobuten, isopenten, v.d.
- Aromatikler; örn. Toluen, ksilen, benzen, etil benzen, 4-fenilsiklohekzen v.d.
- Halojenli hidrokarbonlar; örn. Trikloroetilen, perkloroetilen, 1,1,1-trikloroetan, v.d.
- Terpenler; örn. α -pinen, β -pinen, limonene, v.d.
- Diğerleri; örn. Aseton, metanol, isopropanol, metil etil keton, metil isobutil keton, v.d.'dir (Hansen, 1999).

Çeşitli UOB'ler ve birbirlerine olan oranları iç ve dış ortamda UOB kaynaklarını tanımlamakta kullanılmaktadır. Örneğin terpen grubuna ait bileşiklerin ana kaynağı ahşap mobilya ve panellerde kullanılan boyalardır. Buna karşılık, aromatik hidrokarbonların ana kaynağı otomobil emisyonlarıdır (Rehwagen ve ark., 2003; Hansen, 1999). Çizelge 1.9'da, iç ortamda yaygın olarak gözlenen UOB'ler ve kaynaklarını özetlemektedir.

Çizelge 1.9. İç ortamda yaygın olarak gözlenen UOB'ler ve kaynakları (Hansen, 1999)

	Kaynakları
Alifatikler ve olefinler	Yapıştırıcı, boya ve kaplamalar, preslenmiş ahşap mobilyalar, temizlik maddeleri, pestisitler, parfüm içeren sıvılar, sıvı yakıtlar, fotokopi makineleri
Aromatikler	Yapıştırıcı, boya ve kaplamalar, temizlik maddeleri, pestisitler, petrol yakıtı, sentetik tekstil, mum
Halojenli hidrokarbonlar	Temizlik maddeleri, yapıştırıcılar
Terpenler	Ahşap mobilyalar, biyojenik kaynaklar (bitki, ağaç v.s.)

Kapalı ortamlarda UOB düzeylerinin düşürülmesinde aşağıdaki hususlardan yararlanılabilir.

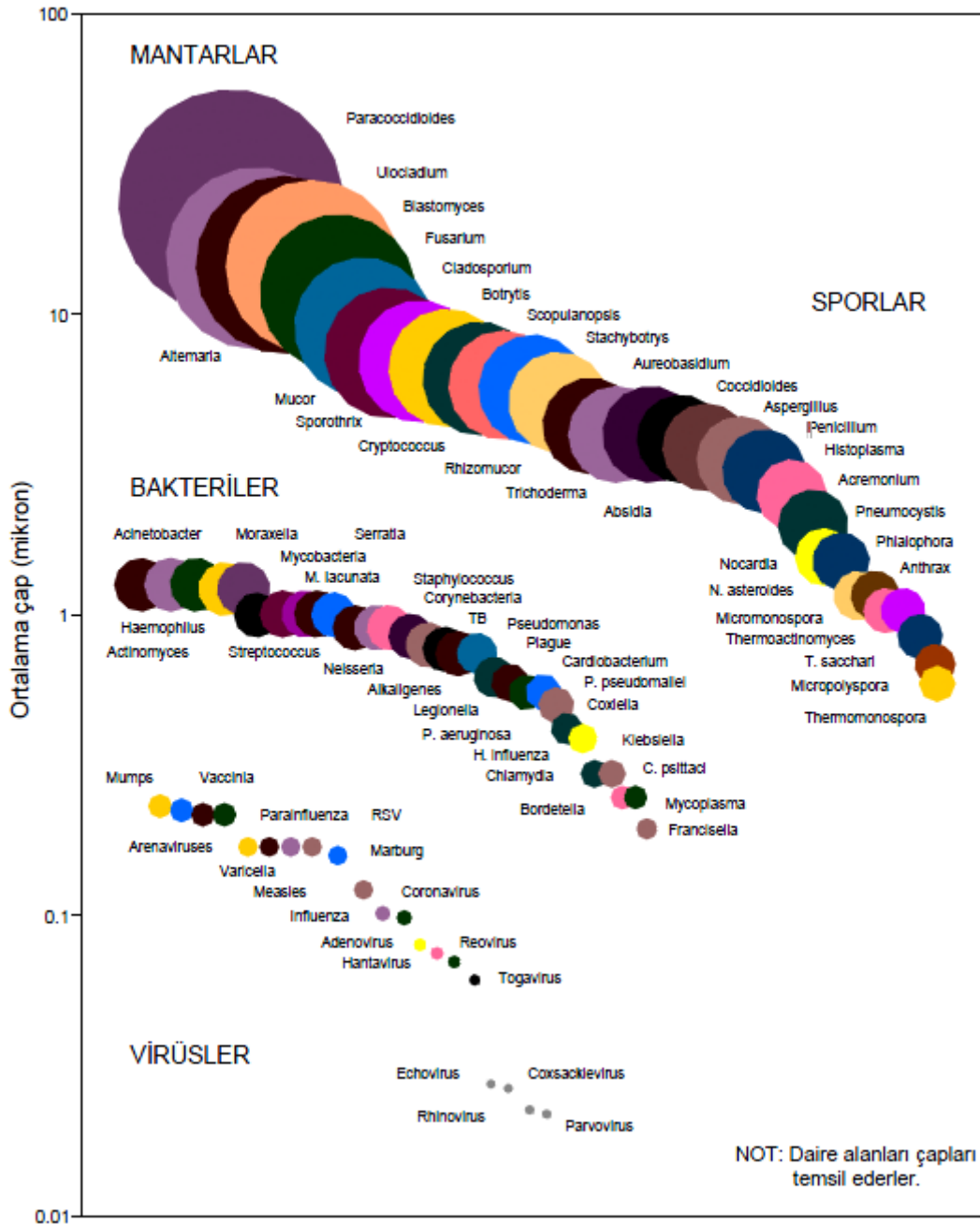
- Kapalı ortamlarda düşük yayılım düzeyinde ürünlerin tercih edilmesi,
- Malzemelerin, üretici önerilerine uygun biçimde kullanılması,
- Organik maddelerin iyi havalandırılan yerlerde saklanması,
- Yazıcıların, fotokopi makinelerinin ve diğer noktasal kirletici kaynakların yakınlarına yerel egzoz havalandırma cihazlarının yerleştirilmesi,
- Havalandırma miktarının artırılması, örneğin havalandırmayı iki katına çıkarmak UOB yoğunluğunu yarı yarıya indirebilmektedir (Dönmez, 2003).

1.1.6.2. Biyoaerosoller

Bakteri, mantar, mantar sporları, virüsler ile polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli olmak üzere, havada bulunan tüm organik tozlar biyoaerosoller olarak adlandırılır (Nevalainen ve ark., 1992; Stetzenbach ve ark., 2004). Biyoaerosollerin çoğu, toprak, su, hayvan ve insanlardan kaynaklanan doğal bileşenler olmaları nedeni ile neredeyse her yerde çeşitli oranlarda bulunurlar. Mevsim, rüzgar, sıcaklık, bağıl nem ve coğrafi konum gibi faktörler biyoaerosol düzeyi ve türlerini etkilemektedir (Jones ve Harrison, 2004). Ayrıca, güneş radyasyon şiddeti, diğer gaz ve partikül kirletici düzeylerinin de biyoaerosol düzeyinin değişimine etkisi olduğu da bildirilmektedir (Mouli ve ark., 2005).

Biyoaerosoller havada çeşitli türlerine göre değişik çaplarda bulunurlar (Şekil 1.3). Örneğin virüsler 0,003 ile 0,06 mikron çaplarında olmakla birlikte genelde

koloniler halinde veya havada asılı diğer taneciklere yapışmış olarak bulunurlar. Bakteriler ise genellikle 0,4 ile 5 mikron çapındadır ve çoğunlukla büyük taneciklerle beraber bulunurlar. Mantar sporlarının çapları 10-30 mikron, bitki tozlarının, polenlerin çapları 10-100 mikron ve bunların en çok tanınan çeşitleri ise 20-40 mikron düzeylerindedir (Dönmez, 2003).



Şekil 1.3. Çeşitli virüs, bakteri ve mantarların boyutlarının karşılaştırılması (Köksal, 2001)

İnsanlardan yayılan, insan derisinde yaşayabilen bakteriler ve solunum borusunda parazit üreten virüsler genellikle kapalı ortam havasında bulunur. Ayrıca çok fazla nem ve besleyicinin bulunduğu iç ortam oyukları; bazı mikrobik maddelerin mikrobiyolojik açıdan anormal hale getirecek kadar fazla üremesini hızlandırır. Bu sebeple; belirli türden bazı nemlendiriciler, su püskürtme sistemleri ile ıslak gözenekli yüzeyler; mantarlar, bakteri protozoa ve nematodesler için bir toplama ve barınma mahalli olabilmektedir. Havadaki yüksek nem ve su taşmaları mikroorganizmaların iç ortamda aşırı üremelerine neden olabilmektedir. Buna ek olarak iç ortamdaki bakteri ve mantar yoğunluğunu, hava hazırlama cihazlarının çalıştırılmasıyla ortaya çıkan türbülanslarda arttırmaktadır (Dönmez, 2003).

İnsan sağlığı üzerinde, doğal olarak bulunan bakterilerin ve mantarların çoğu olumsuz etkilere neden olmazken; bazı bakteri ve mantar türlerinin insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli etkileri vardır. Sağlık riski ise bazı türlerin seviyelerinin normalin üstünde olduğunda söz konusu olmaktadır (Goyer ve ark., 2001).

Kapalı ortamda mikroorganizmaların varlığı, yapıdan kaynaklanan bazı bulaşıcı veya alerjik hastalıklara yol açabilmektedir. Bazı mikroorganizmalar belirli şartlar altında, kötü kokan ve tahriş edici uçucu kimyasal bileşikler üreterek, hasta bina sendromu adı verilen rahatsızlığı oluştururlar. Bu durum Lejyoner hastalığı ve Pontiac ateşi gibi iki tür hastalık ile ilgilidir. %15 ölüm oranıyla solunum sistemi yanında birçok sistemde görülen lejyoner hastalığı etkili bir tedavi, doğru antibiyotik kullanımını gerektirmektedir. Son zamanlarda tespit edilmiş bakterilerden olan Legionella Pneumophila, yapılarıdaki enfeksiyonel hastalıklarla birebir ilişkilidir. Legionella genellikle su soğutma kuleleri; buharlaşmalı yoğunlaştırucular ve konutlardaki su için kullanılan tesisatlarda, üremesi için gereken şartları sağlar. Mikrobik bu organizmaların yüksek miktarda üreyerek çoğalması daha çok koruyucu bakım işlemleriyle ilişkilidir. Daha hafif bir hastalık olup Pontiac ateşi ise, solunum yolu dışında oluşmakta ve tedavisi için ise hastanede yatma gerekmeyp sadece antibiyotik tedavisi ile hastalık yok edilebilmektedir. Virüslerin yanı sıra çeşitli organizmalar da iç ortam havasında bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Mikroorganizmalar, bağışıklık sistemini etkilemek suretiyle yapıyla ilgili hastalıklara yol açabilmektedir. Bu nedenle, mikroorganizmaları ya da bunların benzeri olan sporları, enzimlerini soluyanlarda alerjik solunum yolu hastalıklarına yakalanmaktadır. Bu hastalıklar yapılarda nemlendiricili su püskürtme sistemleri gibi ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme cihazlarından veya uzun süreli suya maruz kalmış bazı mekanik ekipmanlardan

kaynaklanan mikrobiyolojik kirliliğe bağlanılmaktadır. Son yıllarda gerçekleştirilen birçok araştırma, mikroorganizmaların iç ortamın hava kalitesi ile ilgili konulardaki önemini giderek artırdığını göstermektedir (Demircioğlu ve Toksoy, 1997).

1.1.6.3. Asbestler

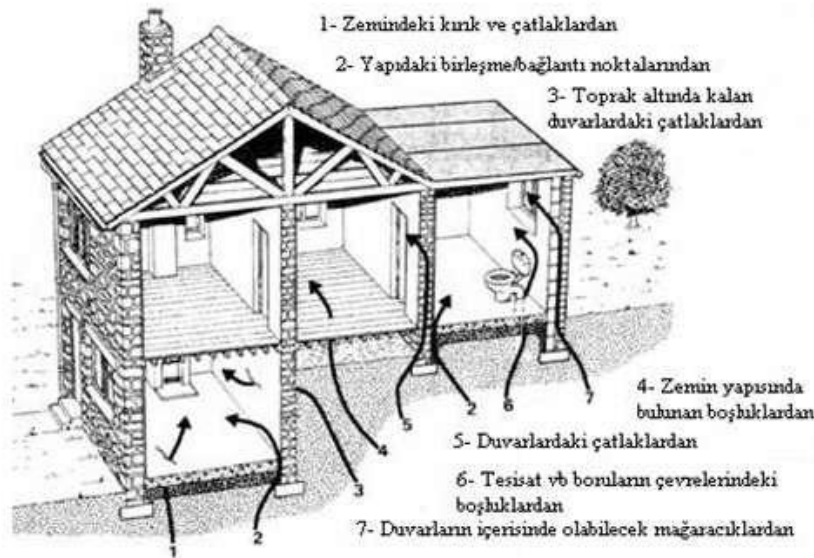
Isıya dayanıklı lifler halinde ayrışma özelliği gösteren hidrosilikat mineral grubunu asbestler içermektedir. İnşaat endüstrisinde, ısı yalıtımında, sürtünmeye direnci azaltmak için kullanılmaktadır. Asbest'in oluşturduğu sağlık etkileri kısa sürede ortaya çıkmamakla birlikte; gastrointestinal sistem 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).

Asbestin sağlık üzerindeki etkileri artık çok iyi bilinmektedir. Alınan miktarın dozuna bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; Asbestosis hastalığı, akciğerin dokusunda bir kronik hastalığa neden olmakta, akciğerin yara olmasına ve son aşamada, akciğer zarından yeterli miktarda oksijenin geçmemesi nedeniyle solunum zorlanmasına yol açmaktadır. Bu hastalık sadece belirtilen halsizlik yaratmakla kalmayıp, aynı zamanda akciğer kanserine yakalanma riskini arttırmaktadır. Akciğer kanserine yakalananların %13'ünden daha azı 5 yıl yaşayabilmektedir. %85 oranında sigarayla bağlantılı bu hastalıkta, bundan sonra birçok risk faktörü belirlenmiştir. Uygun koruma önlemleri alındığında hastalıkta artış olmamaktadır (Anonymous, 2014a).

Asbeste maruz kalmak; nadiren görülen bir akciğer tümörüne ve mesothelioma olarak bilinen peritoneum'a da sebep olmaktadır. Asbeste maruz kalan kişilerde nöbet biçiminde seyreden bir hastalık olup, görüldüğünde miktar ve süre karakteristikleri hemen hemen bellidir ve aynı gruptaki diğer insanlarda risk altındadırlar. Bu hastalık ilerleyen türden olup, bir yıl içerisinde hasta ölmektedir. Ayrıca gırtlak kanseri, mide ve bağırsak kanserleri gibi diğer hastalıkların da asbest ile ilişkisi bulunmuştur (Anonymous, 2014a).

1.1.6.4. Radon

Renksiz, kokusuz, gözle görülemeyen doğal radyoaktif asal bir gaz olan radon yerkürede, taş ve toprak içinde bulunan uranyum ve radyum gibi doğal radyoizotopların radyoaktif bozunması sonucu oluşur. Şekil 1.4'te radon gazının bir binaya giriş yolları gösterilmiştir (Taek, 2011).



Şekil 1.4. Bir binaya radon gazının girebilme yerleri (Taek, 2011)

Uranyumun birkaç kademeli bozunmasıyla oluşan radyum'un radyoaktif bozunmasından ortaya çıkan radon doğal yollardan oluşan, kimyasal açıdan inert, kokusuz, tatsız radyoaktif bir gazdır. Radon, uranyum ve radyum'un kaya ve toprakta bulunan elementler olması nedeniyle, doğal çevrede bulunmaktadır. Başka maddelerle kimyasal bağ oluşturmayan radon, kaya ve toprak gibi çok ince gözeneklere sahip ortamlardan geçerek iç mahallere girer. Buna ek olarak, iç ortamda radon bulunmasının nedeni yer altı suları ile radon içeren inşaat malzemeleridir. Radon gazı iç ortamlara, pis su tesisat borusu, lağım pompası gibi elemanların çevresindeki açıklıklardan, duvar döşeme bağlantılarındaki çatlaklardan girer. İç ortamlara giren radon gazının miktarı ve iç ortamdaki yoğunluğu; çevredeki kaya ve topraktaki radon derişikliği, çevre toprağında bulunan radon miktarı, toprağın gözeneklilik ve geçirgenliği, fan çalışması

ya da ısıtma, havalandırma, toprak ve bina arasındaki basınç farkı veya binanın değişik mahalleri arasında baca etkisi gibi faktörlere bağlıdır (Çelebi, 2007).

Radon'un radyoaktif bozunmasıyla, polonyum, bizmut ve kurşun gibi bir dizi radyoaktif izotoplar ortaya çıkmaktadır. Radonun aksine bu ürünler inert olmayan aktif maddeler olduğundan, top parçacıklara ve diğer yüzeylerle solunum yollarından akciğere yapışabilmektedirler (Anonymous, 2014a).

Radonun etkilerinden korunmak için; toprak ile temas eden yüzeyler sızıntıya imkân vermeyecek şekilde izole edilmelidir. Yapılarda kullanılacak yapı malzemelerinin radyoaktivite analizleri yapılarak, radyoaktivite düzeyleri sınır değerinin üzerinde olan malzemeler bina yapımında kullanılmamalıdır. Yerden ve duvarlardan bina içine sızan radon gazı bina dışına çıkamazsa bina içindeki yoğunluğu artacaktır. Bu nedenle kapalı ortamların havalandırılması son derece önemlidir (Alptekin, 2007).

1.1.7. İç hava kalitesi parametreleri

İç hava kalitesinin belirlemek için genellikle, sıcaklık, bağıl nem, hava hızı, karbondioksit (CO₂), partikül madde (PM), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂), radon, formaldehitler (HCHO) ve bakteri sayımı gibi parametrelerin ölçümleri yapılmaktadır (Özkaynak, 2001). Bu çalışmada, ölçüm parametreleri olarak partikül maddeler (PM_{0.5}, PM_{1.0}, PM_{2.5}, PM_{5.0}, PM₁₀), karbondioksit (CO₂), sıcaklık (T) ve bağıl nem (BN) konsantrasyonları ele alınmıştır.

1.1.7.1. Karbondioksit (CO₂)

Kokusuz ve renksiz bir gaz olan karbondioksit, bazı karbon içeren malzemelerin yanması ve oksijenin kullanılması sonucunda meydana gelmektedir. Havadaki karbondioksit oranı; endüstrinin gelişmesi, teknolojinin ilerlemesi, nüfusun hızlı artışı, fosil yakacakların büyük oranlarda endüstride ve evlerimizde yakılması sonucunda hızla artmakta ve doğanın dengesini bozmaktadır. Bitkiler ve okyanuslar havadaki karbondioksitin bir kısmını kullanılır. Ancak bu gazın geri kalanı atmosferde birikmektedir (Anonymous, 1996).

Karbondioksit derişimi iç ortam hava kalitesinin belirlenmesinde, önemli bir gösterge olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İç ortam hava kalitesinin ve

havalandırmanın anlaşılmasında karbondioksit konsantrasyonunun ölçümü, zaruri bir parametredir. Karbondioksit oranı incelemelerinde, iç ortam hava kalitesinin iyi bir şekilde analiz edilebilmesi için; artan karbondioksit konsantrasyonlarının, sağlık üzerindeki etkilerinin, iç ortamdaki karbondioksitin ortamdakilerin algısına etkisinin, karbondioksit konsantrasyonları ile diğer kirleticiler arasındaki ilişkinin ve karbondioksitin dış ortam havalandırma düzeyi arasındaki ilişkilerinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir. ASHRAE Standart 62-2001'e göre, iç ortamdaki karbondioksit konsantrasyonu 1000 ppm olmalıdır. Eğer CO₂ miktarı bu seviyeden düşük ise iç ortamdaki hava, kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. Ancak, kabul edilebilir bir iç ortam havası için, iç ortam karbondioksit seviyesinin dış ortam havasından maksimum 700 ppm daha fazla olması da gerekmektedir (Anonymous, 2014b).

İç hava kalitesini etkileyen önemli bir hava kirleticisi olarak CO₂, atmosfer havasında hacimsel olarak % 0,03 oranında bulunmaktadır. Bu gaz dış ortam havasında, çevre özelliklerine göre 330 ile 500 ppm arasındadır. Bu nedenle iç ortamda CO₂'in olmaması mümkün değildir. Karbondioksit değeri 35000 ppm'i geçtiği zaman, merkezi nefes sinir alıcıları tetiklenir ve bu durum nefes almayı güçleştirir. Daha yüksek konsantrasyonlarda oksijen yetersizliğinden dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamamaya başlar. İnsanlar solunum gereği iç ortama CO₂ verirler. Normal bir iş ile uğraşan bir insan saate 20 litre (0,02 m³) CO₂ üretir. Bu sebeple insan sayısı arttıkça, CO₂ derişimi artacağından, iç ortamda havalandırma sisteminin bulunması şarttır (Anonymous, 2003b).

1.1.7.2. İç sıcaklık ve bağıl nem

Isıl konfor şartlarından en önemli parametrelerin bir olan iç ortam sıcaklığı, kış ve yaz aylarına göre insanların kendilerini rahat hissedebilecekleri bir seviyede olmalıdır. Kış aylarında iç ortam tasarım sıcaklığı ortamın kullanım amacı ve tipine göre belirlenirken, yaz aylarında bu durum daha çok dış hava sıcaklığına göre belirlenir. Isıtma sistemleri projelerinde mahal tipine göre bu sıcaklık değeri değişmektedir. Örneğin konutlarda merkezi ısıtma tesisat projelerinde, oturma odası için iç hava sıcaklığı 22 °C iken banyolar için bu sıcaklık değeri 26 °C alınmaktadır (Karakoç, 2006). Isıl konforu belirleyen diğer faktör ise iç ortamdaki nem miktarıdır. Bina içi havadaki nem, ortamda bulunanlar üzerinde doğrudan veya dolaylı bir etkiye sahip olabilir. Ortamdaki nemin, hissedilen sıcaklığa etkisi vardır. Yüksek hava nemi kötü

kokulara ve alerjenlere sebep olan küf ve mantar oluşumunu hızlandırır. Ayrıca malzemelerden ortama artan nem ile formaldehit gibi kimyasal madde emisyonları yayılabilir. Düşük nem, bazı ortamda bulunanların, mukoza, deride rahatsızlık ve kuruluk hissine sebep olabilir (Anonim, 1997b).

İç ortamın nemi, genelde bağıl nem (BN) ile ifade edilir. İç ortamın sıcaklık ve bağıl nem değerleri birlikte ele alınması gerekir. Bu nedenle yaz ve kış durumu için sıcaklık ve bağıl nem değerlerine göre konfor bölgeleri belirlenir (Anonymous, 2003c).

Havanın içerisinde, ısı konfor için, belli oranda nem bulunmalıdır. Havanın nem bakımından doyması için gerekli olan su buharı miktarı ortamın sıcaklığına göre değişmektedir. Yüksek sıcaklıklarda havayı su buharı bakımından doyurmak için daha fazla miktarda neme ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle kış aylarında, iç ortam sıcaklığını belirli değerlerde tutabilmek için sürekli çalıştırılan ısıtıcı sistemler iç ortam havasındaki nem miktarını önemli bir oranda düşürmektedir (Kaya, 2004).

İnsanlar zamanlarının büyük bir kısmını çalışma ortamlarında geçirirler. Bu ortam, çalışanların büyük çoğunluğunun, sıcaklık, radyant, ısı, nem ve hava akımı gibi iklim koşulları açısından, gerek bedensel gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken, belirli bir rahatlık içinde olmalarını sağlayacak nitelikte olmalıdır. Çalışma ortamını etkileyen faktörlerden en önemlileri, ortam sıcaklığı, ortamdaki nem düzeyi, hava akımı, radyant ısı, kişinin giyinme ve metabolizma düzeyleridir. Sıcaklık arttıkça; insanların enerji tüketimleri ve yapabildikleri iş azalmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda insanlarda terleme nedeniyle elektrolit yetersizliği gibi sorunlar da çıkabilmektedir (Uslu, 2001).

ASHRAE Standart 62'e göre iç ortam standardı, hava değişim oranlarına dayanmakta olup sıcaklık kışın 22–26 °C, yazın ise 19-23 °C, nem limitleri ise %30-%60 nispi nem olarak belirlenmiştir (Anonymous, 2014b). ASHRAE'nin 55-1992 Standardı insanlar için sıcaklık ve nispi nem seviyelerini belirlemiştir. Konfor şartları nemi %30-%60 nispi nem seviyesinde, sıcaklık yazın 22,70-26,10 °C ve kışın 20-23,60 °C arasındadır. MDPH iç ortam hava sıcaklığı için 21,11-26,67 °C değerini, iç ortam nispi nemi için % 40-60 değerini önermektedir (Anonymous, 2013b). Concordia Üniversitesi'nin oluşturduğu iç ortam hava kalitesi standartlarına göre sıcaklık kışın 20-23 °C, yazın ise 22,80-26 °C, nem ise % 20-% 60 arasındadır (Anonymous, 2013c). TS 12281 (Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler) /Nisan 1997'de konut içi sıcaklık 18 °C-24 °C arasında olup çok küçük çocuklar ve yaşlılar için bu değer 20 °C olarak verilmiştir (Anonim, 1997b).

1.1.8. İç ortam hava kalitesi standartları

İç hava standartları kapalı ortamlarda bulunan kirleticilerin kontrol altına almak ve insanları bu kirleticilerin zararlı etkilerinden korumak için oluşturulmuştur. Hava kalitesi standartları konusunda Türkiye’de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu’na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) uygulamaya konmuştur. Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amacı ile Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde 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 tarih ve 26898 sayı ile “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” (HKDYY) olarak yayınlanan yönetmeliklerdir (Kurutaş, 2009). Bu çalışmada ele alınan CO₂, partikül madde, sıcaklık ve bağıl nem parametrelerinin değişik ülkelere ait standartları Çizelge 1.10’da verilmiştir (Bulut, 2007).

Çizelge 1.10. İç ortam kalitesi ile ilgili değişik ülkelere ait standartların karşılaştırılması verilmiştir

Ülkeler	CO ₂	Partikül Madde	Bağıl nem	Sıcaklık
ABD ASHRAE ^a	1000 ppm	PM ₁₀ < 75 µg/m ³ (yıllık ortalama)	%30-60	20-25.5 °C
ABD/EPA /NAAQS ^b	-	50 gr/m ³ (1 yıl)	-	-
ABD NIOSH ^c	5000 ppm 30000 ppm (15dak)	-	-	-
ABD OSHA ^d	10000 ppm 30000 ppm (15 dak.)	5 mg/m ³ (8 saat) solunabilir toz	-	-
ABD ACGIH ^e	5000 ppm 9000 ppm (15 dak.)	3 mg/m ³ (8 saat)	-	-
Almanya MAK ^f	5000 ppm 9000 ppm (15 dak.)	-	%30-70	20-26 °C
Kanada	3500 ppm	PM _{2.5} <40 µg/m ³ (8 saat) 100 µg/m ³ (1 saat)	%30-80 (yaz) %30-55 (kış)	-
Çin	-	PM ₁₀ < 150 µg/m ³	-	-
WHO	-	PM ₁₀ <20µg/m ³ (yıllık ort.) PM ₁₀ < 50 µg/m ³ (24 saat)	-	-
İngiltere	-	PM ₁₀ < 50 µg/m ³	-	-
Norveç	-	PM _{2.5} < 20 µg/m ³	-	-
Avrupa Birliği	-	PM _{2.5} < 35 µg/m ³	-	-
Hong Kong	800 ppm (1. düzey) 1000ppm (2. düzey)	PM ₁₀ < 20 µg/m ³ (1. düzey) PM ₁₀ < 180 µg/m ³ (2. düzey) (8 saat ortalama)	%40-70	20-25.5 °C

^aASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ^bEPA/NAAQS : Environmental Protection Agency/ National ambient air quality standards, ^cNIOSH :National Institute of Occupational Safety And Health, ^dOSHA : Occupational Safety and Health Administration, ^eACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ^fMAK : German Maximale Arbeitsplatz Konzentrationen

Temiz oda hacimleri iç hava konusu içerisinde büyük bir yere sahiptir. Bu konu ilgili birçok standart bulunmaktadır, fakat en çok kabul görenleri iki grupta incelenmektedir. Amerikan standardı olan U.S.209 E, ile Alman standardı olan DIN 1946/4'dür. Bunun yanı sıra VDI 2167, 2080, 2083 ve diğer yönergelerde mevcuttur. Son yıllarda standartlar birleştirilerek Avrupa standardı olan ISO 14644 sayılı standart ortaya çıkartılmıştır. Temiz oda standartlarının kendi ülkelerine göre değerleri Çizelge 1.11 ve Çizelge 1.12'de verilmiştir. Çizelge 1.11'de U.S.209 E (Amerikan standardı) incelendiğinde, parçacık sayısına göre odaların klasları verilmektedir. 1, 10, 100, 1000 klas sistemi kullanılmaktadır. İngiliz sisteminde ise M'li sistem kullanılmaktadır. Son

olarak Çizelge 1.12’de ISO sınıflandırılması gösterilmiştir. Çizelge 1.11 ve Çizelge 1.12’de belirli bir hacim içerisinde hangi tanecik büyüklüğünden ne kadar olması gerektiği hakkında bilgiler verilmektedir (Heperkan, 2006).

Çizelge 1.11. İç hava kalitesine etki eden (Amerikan standartı) U.S.209 E’ye göre temiz oda klas sınıfları

Klass		Anılan çapa eşit veya büyük maksimum tanecik adedi / m ³ veya ft ³									
		0,1 µm		0,2 µm		0,3 µm		0,5 µm		5 µm	
SI	İngiliz	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³	m ³	ft ³
M 1		350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10.0	0.283	-	-
M 1,5	1	1.240	35.0	265	7.50	106	3.000	35.3	1.00	-	-
M 2		3.500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	-	-
M 2,5	10	12.400	350	2.650	75.0	1.060	30.0	353	10.0	-	-
M 3		35.000	991	7.570	214	3.090	87.5	1.000	28.3	-	-
M 3,5	100	-	-	26.500	750	10.600	300	3.530	100	-	-
M 4		-	-	75.700	2.140	30.900	875	10.000	283	-	-
M 4,5	1000	-	-	-	-	-	-	35.300	1.000	247	7.000
M 5		-	-	-	-	-	-	100.000	2.830	618	17.5
M 5,5	10000	-	-	-	-	-	-	353.000	10.000	2.470	70.0
M 6		-	-	-	-	-	-	1.000.000	28.300	6.180	175
M 6,5	100000	-	-	-	-	-	-	3.530.000	100.000	24.700	700
M 7		-	-	-	-	-	-	10.000.000	283.000	61.800	1.750

Çizelge 1.12. ISO 14644 e göre temiz oda sınıfları

ISO/TC209 14644-1 Airborne Particulate Cleanliness Classes						
Concentration Limits (particles/m ³)						
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO Class 1	10	2			-	-
ISO Class 2	100	24	10	4	-	-
ISO Class 3	1000	237	102	35	8	
ISO Class 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO Class 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO Class 6	-	237000	102000	35200	8320	293
ISO Class 7	-	-	-	352000	83200	2930
ISO Class 8	-	-	-	3520000	832000	29300
ISO Class 9	-	-	-	35200000	8320000	293000

1.1.9. İ ortam kirleticilerin insan sağlığı üzerine etkileri

İç ortam hava kalitesini, çeşitli tipte birçok kirletici bozabilmektedir. Durgun havanın bu kirleticileri biriktirdiği ve ortam atmosferini yoğunlaştırdığı bir gerçektir. Temiz hava sirkülasyonu bu nedenle çok önemlidir (zyaral ve Keskin, 2005).

Son yıllarda, yaşamlarının büyük bir kısmını iç ortamda geçiren kişilerde sağlık problemleri artış göstermeye başlamıştır. Bu problemler, enerjinin korunması amacıyla ısı yalıtımının gerçekleştirildiği ve buna bağlı olarak iç ortam hava sirkülasyonunun en düşük seviyelerde olduğu, yeterli miktarda havalandırmanın yapılmadığı, duvardan duvara halı, duvar kaplamasında kullanılan kumaşlar gibi tekstil ürünü materyallerin aşırı kullanıldığı, dış ortama açılan pencerelerin bulunmadığı ve klima cihazlarının kullanıldığı i ortamlarda çeşitli reaksiyonlar şeklinde kendisini göstermektedir (Tuncer ve Soyer, 2005). Çizelge 1.13'te kirleticilerin insan sağlığına etkileri kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 1.13. Kirleticilerin insan sağlığına etkileri (Bulgurcu ve ark., 2005)

Kirletici	T	B	U	Z	P/A	K	Açıklamalar
Uçucu Organik Bileşikler	X	X	X	X		X	Bu kirleticilerin çoğu sinirsel/davranışsal zehirleyici, karaciğer zehirleyici ve kalbi etkileyicidir.
Formaldehit	X					X	Alerjik tepkiler meydana getirebilir.
Pestisitler	X			X		X	Bu kirleticilerin bir çoğu beyni ve karaciğeri zehirleyici, üretken zehirleyici ve hassas hale getiricidir.
Kurşun	X			X		X	Beyni zehirleyici ve geriye dönülmez davranışsal etkiler.
Karbon monoksit		X					Hastalarda boğulma (anjin) etkisini güçlendirir, frekansını artırır; sağlıklı yetişkin erkeklerde iş gücünü azaltır, baş ağrıları, göz küçülmesi, sağlıklı yetişkinlerde değişken belirtiler gösterebilir; hastalarda kalp akciğer uyumsuzluğunu şiddetlendirir.
Karbon dioksit		X					Solunum uyarıcı etki yapar; artırılmış solunum ve insanlarda yorucu görevleri yapma kabiliyetini azaltır; kandaki pH ve pCO ₂ oranları değişir; böbreklerde kireçlenme ve akciğer alveollerinde yapısal değişiklikler.
Azot dioksit	X						Astımlılarda ciğer fonksiyonlarında azalma; çocuklarda ve yetişkinlerde akciğer fonksiyonlarını etkiler; hayvanlarda ve çocuklarda diğer zehirleyicilerle birlikte etkileşimli hale gelir; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar bağışıklık Kabiliyetini azalttığını göstermiştir.
Kükürt dioksit	X						Normal erkeklerde ve astımlılarda ciğer fonksiyonlarını azaltır; hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda ciğer fonksiyonlarını azalttığı görülmüştür.
Biyolojik Kirleticiler	X					X	Enfeksiyon hastalıkları; alerjik reaksiyonlar; zehirleyici etkiler.
Çevresel tütün dumanı	X					X	Mukoza zarlarını tahriş eder, kalp dolaşım sisteminde stres oluşturur, çocuklarda şiddetli ve ölümcül solunum etkileri
Polisilik aromatik hidrokarbonlar	X					X	Bazıları tahriş edicidir ve kalp dolaşım sistemini etkileyebilir
Asbest	X					X	Uzun süre teneffüs edenlerde asbest hastalığı olan mezotelizma oluşturur.
Radon						X	
Açıklama: T:Tahriş edici B: Boğucu U:Uyuşturucu Z: Zehirli P/A: Patolojik-alerjik, K:Kanserojen							

1.1.9.1. Hasta bina sendromu

Hasta Bina Sendromu (HBS) üst solunum yollarını etkileyen, akut olarak başlayan ve aynı binada yaşayan kişilerin yaklaşık %20'sini etkileyen, gözlerde kızarıklık, yanma, kaşıntı, burun tıkanıklığı veya akıntısı, boğaz ağrısı, baş ağrısı ve bazı cilt belirtileri ile seyreden bir semptomdur (Anonim, 1997b). Hasta sorunlu çevreden uzaklaştırıldığında semptomlar genellikle düzelir, ancak gerekli süre değişkendir. Bazen başlangıçtaki çevrede iyileştirme yapılmasına rağmen semptomlar devam edebilir ve bazı durumlarda hastada çoğu kimyasala karşı duyarlılık gelişebilir ve böyle vakalarda teşhis için diğer çevrelerdeki semptomların göz önüne alınması gerekir. En önemli etyolojik faktörler iç ortam havası kontaminantları ve yetersiz havalandırmadır (Tuncer ve Soyer, 2005).

HBS tanımlanamayan alerjik reaksiyonlar ile karakterize, klinik bir tablodur. Genellikle ofis, apartman, bakım evi, okullar gibi toplu olarak yaşanan veya içerisinde çalışılan ya da günün bir saatinde bulunulan binalarda daha yaygın olarak görülmektedir (Keskin ve ark., 2005). EPA, HBS'yi mücadele edilmesi gereken 10 sağlık problemi sıralamasında dördüncü sıraya yerleştirmiştir (Anonim, 1997b).

Hasta bina sendromuna bağlı olarak görülen semptomları azaltabilmek için hem kirletici emisyonlarının azaltılması hem de uygun iklimlendirme şartlarının sağlanması gereklidir. Bu amaçla aşağıda verilen öneriler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Kapalı ortamlarda tütün mamullerinin kullanımı yasaklanmalıdır.
- Kuru temizleyiciler ve dijital baskı atölyeleri gibi kapalı ortam kirleticilerinin yoğun olduğu işyerleri iyi havalandırılmalıdır.
- Temizlik malzemeleri, oda spreyleri, kozmetik ürünler (deodorant, parfüm vs.), boya, vernik ve çözücüler mümkün olduğunca az kullanılmalı ve saklanırken kapakları sıkıca kapatılmalıdır.
- Kapalı ortamdaki halı, mobilya ve ofis malzemelerinden kaynaklanan emisyonların azaltılması için düşük emisyonlu ürünler satın alınıp kullanılmalıdır.
- Yemek ısıtma ve pişirme işlemleri esnasında yanma sonucu ortama salınan gazların kontrolü için aspiratör veya havalandırma fanları kullanılmalıdır.
- Biyoaerosolların kontrolü için ise ev ve ofis gibi kapalı ortamlar iyi temizlenmeli ve tozlardan arındırılmalıdır.

- Mutfak ve banyo gibi nemli ortamlar sık havalandırılmalı, su sızıntıları önlenmeli ve aşırı nem oluşumu engellenmelidir.
- Kapalı ortam kirleticilerinin neden olduğu riskleri önlemede emisyonların kontrolü tek başına yeterli olmayıp iklimlendirme koşullarının da uygun şekilde ayarlanması gerekir (Zeydan ve ark., 2009).

1.1.10. İç hava kalitesi kontrolü

İç ortam hava kirliliğini kontrol etmek için temelde üç ana yönteme başvurulması gerekmektedir. Bunlar:

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

Kirliliği kaynağında azaltmak ve yok etmek kontrol yöntemlerinde en etkili olan başlıca unsurdur. Kirlilik yaratan malzemeyi değiştirmek bu manada önemli derecede etkilidir. Örneğin endüstride kullanılan kimyasalları daha az kirlilik yaratan kimyasallarla değiştirmek ortamdaki kirliliği bir nevi olsun azaltabilmektedir (Kurutaş, 2009).

Buna ek olarak dış ortamdan iç ortama karışan hava miktarının artırılması da iç ortamdaki hava kirleticilerinin derişiklerinin azaltılmasını sağlayacaktır. Örneğin; çoğu ısıtma ve soğutma sistemi zaruri olarak hava ısıtıcısı kullanmakta ve mekanik olarak taze havayı binaya vermemektedir. Ayrıca pencere ve kapıları açmak, pencere veya çatı fanları işletmek, hava şartları izin veriyorsa, dış ortam havalandırma oranını yükselterek pencere tipi klimaları çalıştırmak, kontrol alternatifleri olarak düşünülebilir (Düzovalı, 2007). Hava temizleyicileri pek çok tipte ve büyüklükte bulunmaktadır. Bir hava temizleyicisinin verimliliği kapalı ortamdaki partikülleri ne kadar iyi topladığına ve temizleyici elemandan ne kadar hava çektiğine bağlıdır (Anonim, 2014c).

İç ortamda, ısıtma sistemleri, sigara içilmesi vb. yanma kaynaklı, kimyasallar (temizleyici maddeler, böcek öldürücüler) ve bina yapım malzemelerinden kaynaklanan kirliliği araştırmak, muhtemel sağlık etkilerinin tahmininde bir gerekliliktir. Binalarda enerjinin korunması amacıyla alınan bir takım önlemler aynı zamanda iç ortamda zararlı etkilere sahip olan kirletici unsurların miktarını da arttırmaktadır. Bu nedenle alınacak tedbirlerin dengeli bir şekilde olması gerekmektedir (Silberstein, 1979).

İç ortam hava kirletici konsantrasyonlarının azaltılması ve iyi hava kalitesi elde edilmesi amacıyla başvurulabilecek 7 temel kontrol metodu bulunmaktadır.

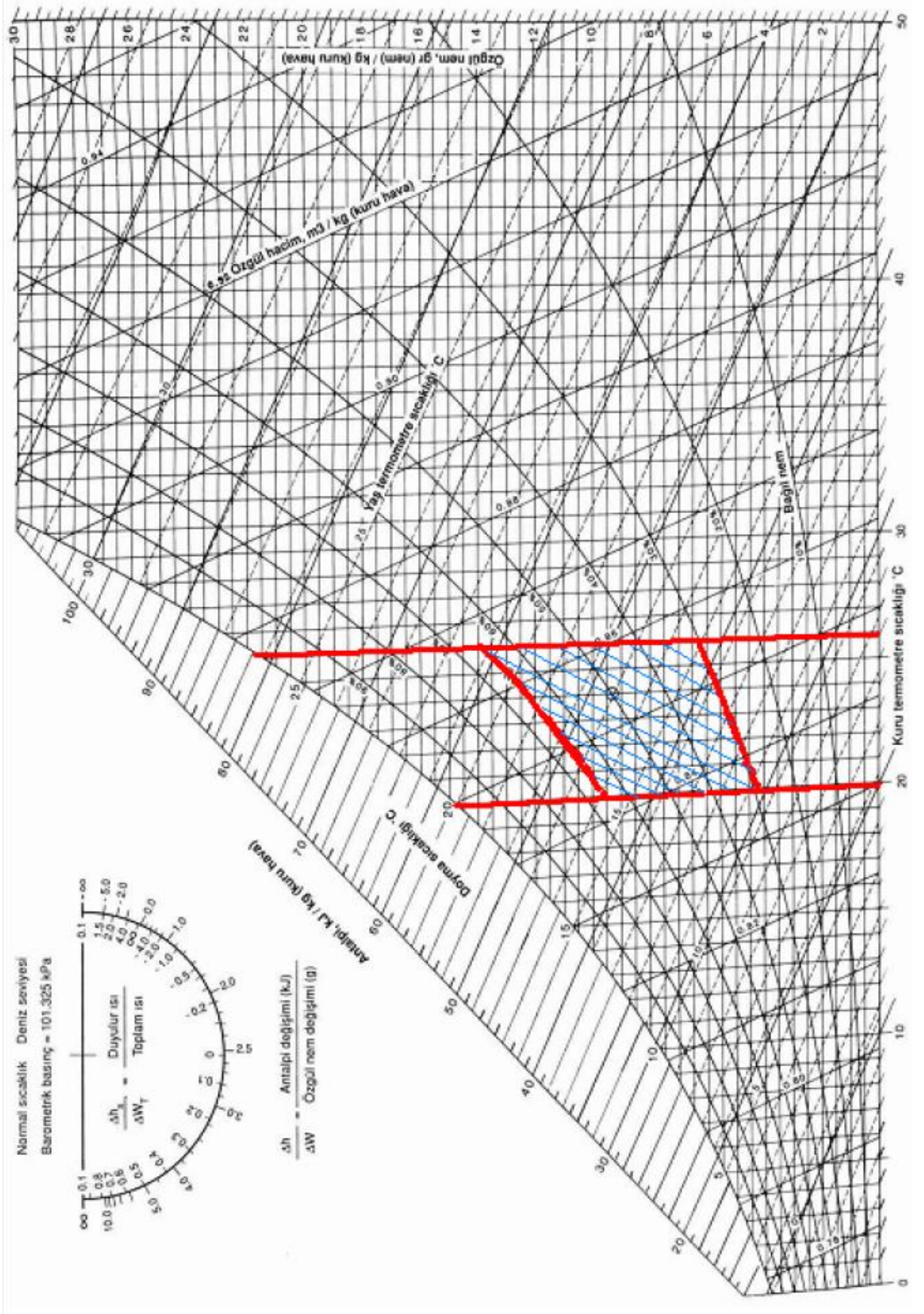
- Sorunu kaynağında çözmeye çalışmak,
- Sorunlu alanlar için bölgesel havalandırmalardan yararlanmak,
- Kirlenmiş havanın seyreltilmesi ve değiştirilmesi amacıyla dış ortam havasını kullanmak,
- Maruziyet derecesini zaman ve kullanılan ürünlerin miktarı ve yerleşimini ayarlayarak kontrol etmek,
- Havayı filtre etmek,
- Kişileri iç ortam hava kirliliği konusunda eğitmek,
- Yerleşim, planlama, yapım ve operasyon için bir iç ortam hava kalitesi koordinatörü atamak/görevlendirmek

Birçok durumda, iyi iç ortam hava kalitesi (İOHK) elde etmek için bu önlemlerin kombinasyonu kullanılmalıdır (Anonymous, 2014c).

1.1.11. Kapalı mahallerde konfor şartlarının sağlanması

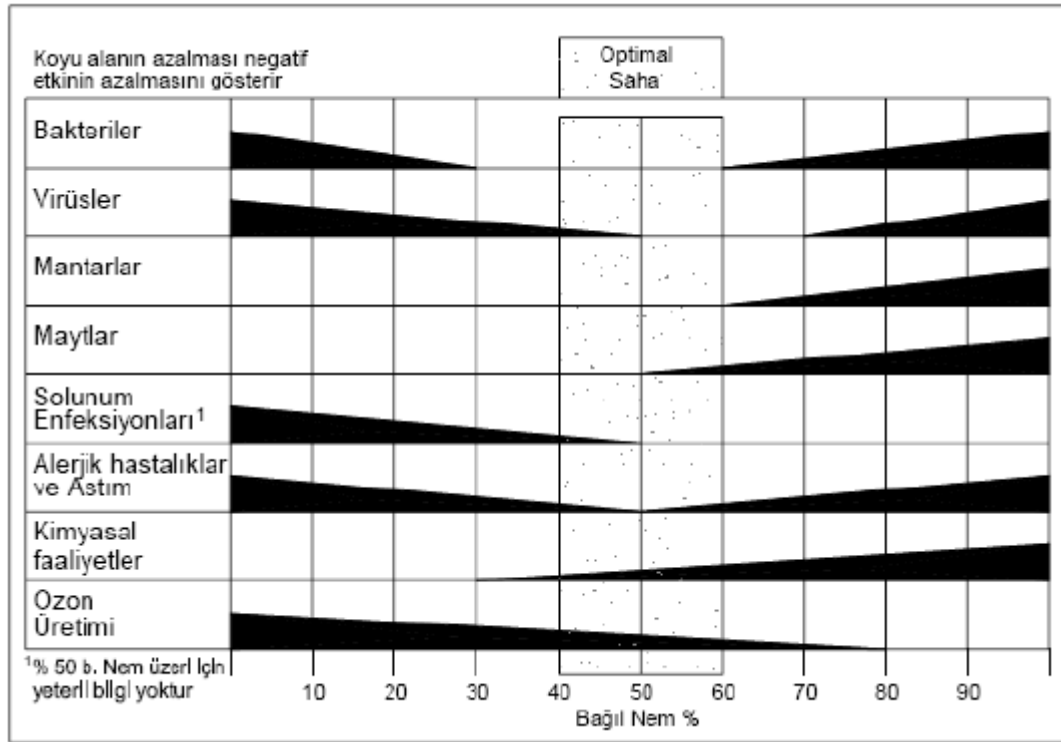
Zararlı derişiklik seviyelerinin üstünde bilinen hiçbir kirletici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların büyük çoğunluğu tarafından havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir rahatsızlık hissetmediği hava, kabul edilebilir iç ortam hava kalitesi olarak ifade edilebilir (Anonim, 2001). Ayrıca bina içi ortam hava kalitesi, Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından kabul edilen CR 1752 (1998) standardı esas alınarak hazırlanan TS CR 1752/Nisan 2002 “Havalandırma-Binalar İçin-Bina İçi Ortamlar İçin Tasarım Kuralları” standardında; öncelikle solunan havanın sağlık risklerinin ihmal edilebilir olması, ikincil olarak, havanın sinir bozucu ve kirli olmasından ziyade rahatlatıcı ve taze olduğunun hissedilmesi olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2002).

İçinde insan bulunan odaların sağlık ve hijyen bakımından hangi sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde olması gerektiği standartlarda verilmiştir. Şekil 1.5’te psikrometrik diyagram üzerinde konfor bölgeleri verilmiştir.



Şekil 1.5. Psikrometrik diyagram üzerinde konfor bölgesi (Köksal, 2001)

Kapalı ortamda bulunan insanlar hava sıcaklığını, nemini, hava hızını ve odayı çevreleyen yüzeylerin sıcaklığını en uygun şekilde hissediyorlarsa, termik konfor sağlanmış demektir. Alman DIN 1946 tarafından yayımlanan termik konfor şartlarına göre sıcaklıklar 20-26 °C arasında, bağıl nem de %30 - %65 arasında olabilmektedir. Mutlak nem üst sınır değeri ise 11,5 gr/kg hava olarak belirlenmiştir. Ayrıca kapalı mahallerde, insanların aktivite durumları, giysileri, mahalde bulunma süreleri, mahal sıcaklıklarının dış hava sıcaklığına göre değişim sahası, yapı-dekorasyon malzemelerinin özellikleri ve sayıları, havanın kalitesini ve termik konforunu belirleyen en önemli etkenlerdir. Şekil 1.6'da sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal bağıl nem sahası verilmiştir (Köksal, 2001).

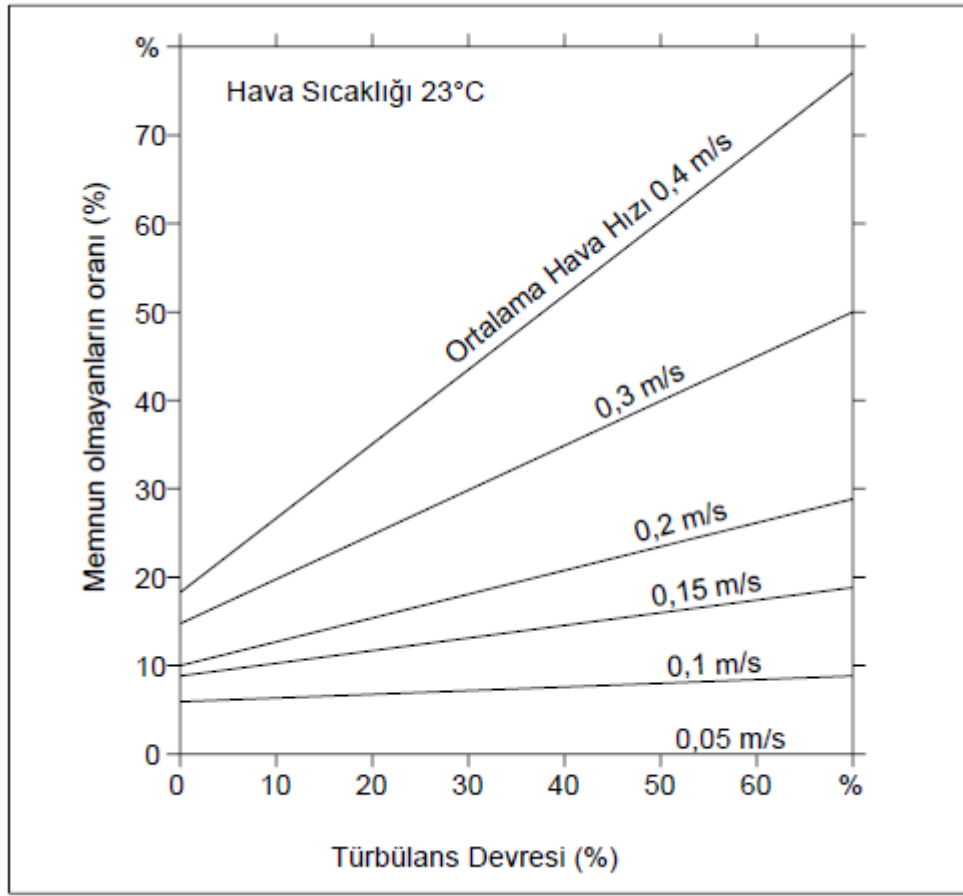


Şekil 1.6. Sağlık yönünden mahallerde sağlanması uygun olan optimal bağıl nem sahası (Köksal, 2001)

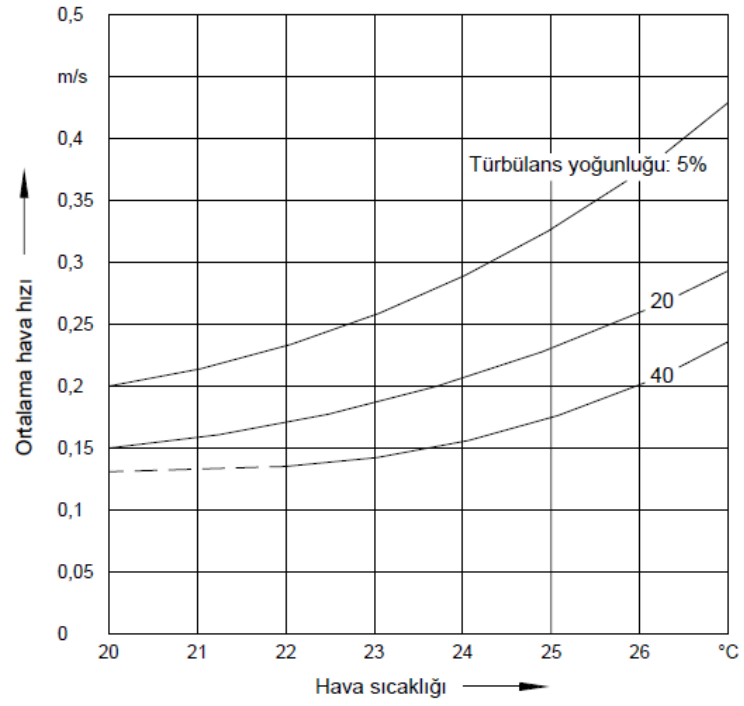
İnsan vücut sıcaklığının kontrolü bağıl nemi %65'ten fazla olan ortamlarda zorlaşmakla beraber bu yüksek nem oranında bakterilerin, mantarların ve alerji yapan ev tozlarının (maytların) üremesi kolaylaşır. Oda nem oranlarının uzun vadede yüksek değerlerde olmasının önüne geçilmelidir (Köksal, 2001).

İç hava kalitesine etki eden önemli bir parametre de insanların bulunduğu yerlerdeki hava hızıdır. Hava hızının 0,15 - 0,20 m/s seviyelerini aştığı yerlerde türbülans derecesine bağlı olarak şikayetler artmaktadır. Değişik hava hızları ve

türbülans derecelerinde memnun olmayan insanların sayısı Şekil 1.7'de verilmiştir. Tasarım esnasında dikkat edilecek en önemli hususlardan biri havayı düşük hava hızlarında ve homojen olarak odaya sevk etmektedir. Düşük üfleme ve oda sıcaklıklarında yüksek hava hareketleri, özellikle oturan insanlar üzerinde olumsuz bir etki yaratır. Şekil 1.8'de mahal içerisindeki hava hızlarının konfor sahasında kalınabilmesi için hava sıcaklık ve türbülans yoğunluğu ile olan bağlantısını göstermektedir (Köksal, 2001).



Şekil 1.7. Değişik hava hızları ve türbülans derecelerinde memnun olmayan insanların sayısı (Köksal, 2001)



Şekil 1.8. Mahal içerisindeki hava hızlarının konfor sahasında kalabilmesi için sıcaklık ve türbülans yoğunluğuna olan bağlantısı (Köksal, 2001)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Betuz (2012), Ankara'da ODTÜ Mimarlık Fakültesi binasında bulunan bir sınıf ve bir tasarım stüdyosunda mevcut iç hava koşullarını değerlendirebilmek için her bir mekanın iki noktasında, 13 Eylül 2011 – 24 Şubat 2012 tarihleri arasında sürekli olarak sıcaklık, bağıl nem ve karbondioksit ölçümleri ve 26 Kasım 2011 – 5 Ocak 2012 tarihleri arasında on günlük periyotlarla hava hızı ölçümleri yapmıştır. Kaydedilen verilerin değerlendirmesi sonucunda, incelenen mekanlarda kış döneminde yeterli temiz hava sağlanamamasına bağlı olarak sıcaklık, bağıl nem problemleri ve CO₂ birikimi olduğu görülmüştür. Mekanlardaki bu olumsuz koşulları ortadan kaldırmak için gereken temiz hava ihtiyacı mevcutta var olan fakat kullanılmayan üfleli konvektörler ile birleştirilmiş açıklıkların tekrar kullanılabilir hale getirilmesi ile karşılanacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile kalabalık eğitim mekanlarında yeterli temiz hava sağlanamamasından kaynaklanan olumsuz iç hava kalitesi koşullarını göz önüne sermek ve iyileştirmek için öneriler sunulmaktadır.

Toprak ve ark. (2013), üniversite laboratuvarlarında maruz kalınabilecek iç hava kirleticilerinin derişimlerinin ve çalışanların mesleksel risklerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde üç laboratuvarında iç hava kalitesi belirleme ve 19 laboratuvarında çalışan araştırma görevlileri, uzmanlar ve teknisyenlerin deneysel çalışmaları sırasında karşılaştıkları mesleksel risk etmenlerini belirlemişlerdir. Mesleksel risk değerlendirmesi, hazırlanan durum ve tehlike saptama formlarının yüz yüze görüşme yöntemi ve gözlem sonucu doldurulması ile gerçekleştirilmiştir. İç hava kalitesi parametreleri olarak; 8 saatlik ortalama PM_{2,5} derişimleri belirlenmiş, bir sürekli izleme cihazı ile PM₁₀, toplam uçucu organik bileşikler, CO₂ ve CO derişimleri izlenmiş ayrıca sıcaklık ve bağıl nem değerleri kaydedilmiştir. Ölçülen değerler uluslararası iç hava kalitesi standartları veya rehber değerleri ve uluslararası iş sağlığı standartları ile karşılaştırılıp değerlendirilmiştir.

Düzovalı (2007), iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla trafik ve sanayinin yoğun olduğu bazı okul ve kahvehanelerde CO₂, CO, PM, ısı ve nem gibi parametreleri ölçmüştür. Okul ve kahvehane seçiminde, tabakalı örnekleme yöntemini esas almıştır. Bu çalışmada ölçümler kış ve bahar dönemi olarak iki ayrı kategoride incelenmiştir. Okullar ve kahvehanelerde ölçülen ortalama CO₂ konsantrasyonlarının önerilen standart değerleri aştığı tespit edilmiştir. CO konsantrasyon değerinin ise bazı iç ortamlarda bir çok defa sızır, bazılarında ise 9 ppm'e kadar yükseldiği belirlenmiştir.

Huang ve ark. (2006), iç ve dış ortamdaki PM_{2.5} ve elementel bileşenlerinin ölçümlerini yapmışlardır. Bu parametrelerle Çin'de 18 adet ölçüm yapılarak yol kenarı ve endüstriyel fabrikaların bulunduğu atmosfer içi değerlerin, kent atmosferinden daha yüksek olduğu, özellikle kış aylarında, yaz aylarına göre daha çok yoğunlaşma sağladığını gözlemlemişlerdir. Buna ek olarak iç mekanlar ve dış ortam PM_{2.5} ve elementel bileşenlerinin ölçümlerinin korelasyon katsayıları analiz edilmiş ve bunlar arasında ilişkili bir durum olduğu tespit edilmiştir.

Lee ve Chang (2000), Hong Kong'da iç hava kalitesi açısından en önemli iki parametre olarak solunabilir partikül madde ve CO₂ seviyelerinin olduğunu tespit etmişlerdir. İç ve dış ortam için 5 sınıfta sıcaklık, nem, CO₂, SO₂, NO, NO₂, solunabilir partikül maddeler, HCHO ve toplam bakteri sayımı ölçümleri, iç ve dış ortam hava kalitesini belirlemek için araştırılmıştır.

Kukidia ve Palmer (1998), 1996'da İngiltere'nin şehir merkezinde biri doğal, diğeri ise hava şartlandırılmalı havalandırılan iki bitişik binanın kış döneminde iç ve dış hava kirlilik düzeylerini incelemişlerdir. Bu binaların dış kirlenme seviyelerinin düşürebilmek için çeşitli durumlar araştırılmış ve iç ortamdaki kirlenme seviyeleri mevcut standart değerlerle karşılaştırılmıştır.

Quagraine ve ark. (2008), tarafından 1995, 2000 ve 2003 yıllarında CO, CO₂, NO_x, PM, HC parametreleri ölçülmüştür. Doğu Afrika'da yapılan bu ölçümlerle geleneksel barakalar ve kentsel yerleşim binalarının kirlilik kaynakları araştırılmıştır. İç hava kirliliği konusunda bilgi ve yetisi olmayan bu bölgede, en büyük kirletici kaynağın ev içindeki yoğun nüfustan olduğu gözlenmiştir.

Torres (2009), Porto Riko'daki ilkokullarda ince parçacıklı materyallerin, iç ve dış hava kirlilik seviyelerine etkisini araştırmıştır. İç ve dış hava kalitesini değerlendirmek için, üç dakikalık ölçüm aralıklarıyla ortalama sekiz saatlik okul süresi boyunca ince parçacıklı madde, bağıl nem, sıcaklık ve rüzgar yönü ölçümleri yapmıştır. Ayrıca bu çalışma ile mevsimlerin ince parçacıklı madde yoğunluğunu etkileyip etkilemediği de incelenmiş ve elde edilen verilere göre tavsiye edilen maksimum değerlerin aşılmadığı belirtilmiştir.

Chaloulakou ve Mavroidis (2002), 1999 yılının Mayıs ve Haziran ayları arasında Atina'daki okullarda iç ve dış hava CO konsantrasyonlarını mukayese etmişlerdir. Kızılötesi analiz cihazı ile yapılan ölçümlerde 24 saatlik 13 ardışık günde ortalama değerler alınmıştır. Sonuç olarak iç ortamdaki karbon monoksit derişikliğinin dış ortama göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Daisey ve ark. (2003), 1996 tarihinde ABD’de ve diğer ülkelerdeki okullarda iç ortam çevresel problemlerini kapsayan bir araştırma yapmışlardır. Okullarda en yaygın olarak rastlanan sağlık semptomları arasında astım ve hasta bina sendromunun olduğunu belirlenmiş ve havalandırma düzeyinin yeni yapılan ve halen mevcut olan okullarda ASHRAE standartlarını karşılayamadığını belirtmişlerdir. Yetersiz havalandırmanın çocuklar ve öğretmenler arasında semptomları önemli derecede artırdığı ve bütün okulların yeterli havalandırma düzeyine sahip olmasının sağlanması için gerekli programların uygulamaya konulması gerektiğini ortaya çıkarmışlardır.

Osawa ve ark. (2008), Japonya’da 6 yıl boyunca 10000’den fazla yeni binada uçucu organik bileşen (formaldehit, toluen, ksilen, etil benzen, syteren ve asit aldehit) ölçümü yapmışlardır. 2000 yılından 2005 yılına kadar evlerde kimyasal kirliliğinin durumunu izlemişlerdir. Sonuç olarak uçucu organik bileşen konsantrasyon düzeyinin, sosyal yaşam şartlarına herhangi bir etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir.

Dasgupta ve ark. (2006), PM_{10} değerini günün 24 saati boyunca Bangladeş’teki yoksul ailelerin yaşadığı evlerde gözlemleyerek iç hava kalitesini incelemişler ve grafikler oluşturmuşlardır. Ayrıca Dhaka ve Narayanganj şehirlerinde bulunan 236 evden ölçümler alınmış ve elde edilen veriler üzerinde regresyon analizi yapılmıştır. Ekonometrik değerlere göre doğal gaz ve kerosen kullanılan evler, biyomas kullanan evlere göre daha temiz çıkmıştır. Ancak PM_{10} konsantrasyon seviyesinin belirlenmesinde eve bağlı özel faktörlerin, yakıt seçiminden daha önemli olduğu tespit edilmiştir.

McLeod (2008), bir okul binasında Ağustos 2002’den, Aralık 2007’ye kadar üç aylık periyotlarla iç hava kalitesi ölçümleri yapmıştır. CO_2 , sıcaklık, bağıl nem ve toplam hava kaynaklı mantar spor konsantrasyonlarını belirleyerek istatistiki açıdan değerlendirmiştir. Bu parametrelerin iç hava kalitesini önemli bir oranda etkilediği gözlenmiştir. Elde edilen verilerin ayrıca mevsimsel değişikliklerde, yoğunlukları karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak bağıl nem, karbondioksit ve hava kaynaklı toplam mantar spor yoğunluğu, sıcaklık dışında önemli değişiklikler göstermezken, hava kaynaklı toplam mantar spor yoğunlukları arasında mevsimsel olarak önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

Milner ve ark. (2006), karbon monoksit konsantrasyonunun uzaysal dağılımının izlenmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada Londra’nın şehir merkezinde trafiğin yoğun olduğu cadde üzerindeki bir bina içinde yoldan uzaklaştıkça dış ortam karbonmonoksit konsantrasyonlarının düşüş göstermesinden dolayı iç ortamda yatay ve dikey alandaki

karbon monoksit konsantrasyonlarının bina içinde azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca meteorolojik şartların konsantrasyon değerlerini etkilediğini ve İç/Dış ortam konsantrasyon değerlerinin artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Tecer ve ark. (2013), Balıkesir İl Merkezinde bulunan 29 adet konutta 2008-2009 yıllarında iç ortam PM ölçümleri yapmışlardır. Şehir merkezindeki hava kalitesi izleme istasyonundan dış ortam PM konsantrasyonları alınmış ve PM değerlerinin mevsimlik değişimleri ve İç/Dış ortam oranları tespit edilmiştir. Bu oranların değişimi istatistiksel analizlerle incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Buna göre; iç ortamlarda günlük PM ortalama konsantrasyonları yazın 23,59 kışın ise 202,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. İç/Dış ortam oranları ise özellikle kış mevsiminde 1'e yakın bulunmuştur.

Sanders (2008), Teksas'ın iki bölgesinde, 30 ilkokulda iç hava kalitesini değerlendirmiştir. Bu bölgelerden ilki; sıcak nemli iklim bölgesinde ve Teksas Meksika sınırında diğeri ise karışık nemli iklim bölgesinde, Teksas'ın merkezinde yer almaktadır. Okullarda zayıf iç hava kalitesi, öğrenme kalitesi, personel ve öğrencilerin sağlık riski, ekonomik maliyetle ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada ilki çatılardaki su sızıntısı ve yetersiz havalandırma ile ilgidir ve 3 aşamada değerlendirilmiştir. Birinci aşamada 1336 öğretmen ve diğer okul personellerinin katılımı ile yapılan bir anket yapılmıştır. İkinci aşamada 120 sınıfta iç hava kalitesi parametreleri olan; karbon monoksit, karbon dioksit, sıcaklık ve bağıl nem ölçümleri yapılmıştır. Üçüncü aşama da ise daha çok 12 sınıftan bakteri konsantrasyonu ve mantar yoğunluğu izlenmiştir. Merkezde ölçülen karbondioksit konsantrasyonunun standartlarda ki maksimum değer üzerinde olduğu görülmüş ancak sınıfların %15'inden daha azının tavsiye edilen maksimum konsantrasyonu karşıladığı da tespit edilmiştir. Sınır okul bölgelerinde ise karbondioksit konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın ileride iç hava kalitesi konusunda okul tasarımlarının gelişmesine katkı sağlayacağı da belirtilmiştir.

Smedje ve ark. (2006), İsviçre'de okulların iç ve dış ortamlarında hava kalitesini belirlemek amacıyla PM_{10} , PM_1 , NO_2 ve O_3 ölçümleri yapmışlardır. Bir hafta boyunca yapılan ölçümlerin sonucunda sınıflarda havalandırma sisteminin yetersizliğinden dolayı dış ortama göre daha yüksek PM konsantrasyonu gözlenmiştir.

Bayer ve ark. (2000), okullardaki iç hava kalitesini olumsuz yönde etkileyen nedenleri araştırmışlardır. İç hava kalitesini olumsuz etkileyen sebeplerin ortadan kaldırılması için bir rapor oluşturulmuştur. Bu raporda, sınıflara sürekli olarak yeterli miktarda dış havanın temin edilmesi, önerilen ortam bağıl neminin kontrolünün

sağlanması ve ısıtma, soğutma ve havalandırma sisteminden içeri girecek polen ve nemin engellenmesi için dış havanın randımanlı bir şekilde filtrasyonunun yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Destailats ve ark. (2007), ofislerde kullanılan bilgisayarlar, yazıcılar, fotokopi makineleri ve diğer elektrikli aletlerin iç ortam havasına yaydığı kirlilik parametrelerini irdelenmişlerdir. Amerika'da yapılan bu çalışmada uçucu organik bileşenler, yarı uçucu organik maddeler, O₃, PM ve PAH seviyeleri incelenmiştir. Elde edilen ölçüm verilerine göre partikül maddenin fotokopi makinesi ve yazıcı çalışırken meydana geldiği, uçucu organik bileşenlerin ise bilgisayara oranla daha çok yazıcılar ve fotokopi makinelerinden kaynaklandığı gözlenmiştir.

Köksal (2001), iç mekanlardaki kirleticilerin ve klima sistemlerinin, insan sağlığına etkilerini ve alınması gereken önlemleri incelemiştir. İyi tasarlanmış klima tesisatlarının iç ortam hava kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceğini belirtmiştir. İç hava kalitesinin belirli bir oranda tesisattan kaynaklanacağı gibi binanın mimari tasarımından, kullanılan yapı ve dekorasyon malzemelerinden, ortamdaki teçhizattan çıkan kirleticilerden ve en önemlisi insanlardan kaynaklandığını da vurgulamıştır. Bu nedenle bir klima tesisatının tasarımdan bakımına kadar mutlaka ciddi olarak ele alınması gerektiğini belirtmiştir.

Bulut (2008), Şanlıurfa'da merkezi kalorifer sistemi ile ısıtılması yapılan ve doğal havalandırma ofislerde iç hava kalitesini araştırmıştır. İç ve dış ortam parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, CO₂ miktarı ve partikül madde miktarları eş zamanlı olarak kış ayı boyunca ölçülmüştür. İç hava kalitesinin durumu, dış ortam havası ve iç kirleticilere göre belirlenmeye çalışılmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Ölçülen iç hava kalitesi parametreleri, çeşitli standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. İç hava kalitesinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Hreha (2007), Amerika'da bir ilköğretim okulunda CO₂ konsantrasyonunun öğrencilerin test başarıları üzerine etkisini tespit etmek için bir araştırma yapmıştır. Ön test/ Son test deney tasarımı yöntemini kullanarak dört sınıfta ölçümler yapmıştır. İç hava kalitesi ölçümleri karbondioksit, karbon monoksit, bağıl nem ve sıcaklık değerlerini almak için ayarlanmış, her bir veri ön testin başında ve sonunda kayıt altına alınmıştır. CO₂ konsantrasyonunun sınav testi süresince arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak öğrencilerin puanlarındaki farklılıklarının eğitim açısından önemini tahmin edebilmek için etki büyüklüğü (ES) hesaplaması yapılmıştır. Test öncesinden test sonrasına dört

sınıftaki tüm öğrenciler için büyük farklılıklar olmasına rağmen, daha küçük test alanında, daha yüksek oranda karbondioksit maruz kalındığı, ancak daha geniş alanda test olan öğrencilerin ise genel eğitim öğrencilerine kıyasla iyi bir performans gösteremedikleri de tespit edilmiştir.

Fischer ve Bayer (2002), okullarda bağıl nem kontrolünü incelemiştir. İnsan sayısının yoğun olmasından dolayı okullarda fazla miktarda dış havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Okullardaki bağıl nem seviyesi ASHRAE 62-1999 belirlediği standarda göre %40 ile %60 arasında olmalıdır. Bu çalışmaya göre sınır değerler aşıldığı zaman yapı elemanlarında küf ve mantarların meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca ılıman ve sıcak iklime sahip bölgedeki okullarda kullanılan soğutma cihazlarının yetersiz oranda dış hava kullanımını nem kontrol kabiliyetini azaltmaktadır.

Kurutaş (2009), bir metal sanayisinde üretim bölümü iç ortam havasında muhtemel olabilecek kirleticilerin (PM_{2.5}, CO, CO₂, VOC, sıcaklık ve nem) konsantrasyonları belirlemiş ve yasal çerçevede iş sağlığı ve güvenliği ve halk sağlığı açısından uygunluğunu inceleyip alınabilecek iyileştirme önlemlerini araştırmıştır. 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. İmalat makinelerine yapılan yalıtım ile konsantrasyonlarda bir düşüş gözlenmiştir. Tesisin imalat bölümünde üretim sürecindeki PM_{2.5} konsantrasyonunda yüksek salınımlar gözlenmiş ve dış ortamdaki konsantrasyonun yaklaşık 2 ile 8 katı seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. İmalat makineleri etrafında yapılan yalıtım sistemi sonucunda PM_{2.5} konsantrasyonları ortalama 8 kat azaldığı belirlenmiştir. İşçi sağlığı açısından PM_{2.5} konsantrasyonları OSHA standartlarının altında kalırken, EPA ve WHO'nun halk sağlığının korunması amacıyla tanımladığı ortam kalitesi standartlarının oldukça üstünde değerler almıştır. CO, CO₂ ve VOC konsantrasyonlarının ortalama değişim aralıkları açısından limit değerlerin altında kaldığı gözlenmiştir.

Mui ve ark. (2006), büyük hacimli bir ofisin 17 farklı noktasından bir yıl boyunca CO₂ ölçümü yapmışlardır. İç hava kalitesinin daha iyi değerlendirilebilmesi için ölçüm alınan noktaların artırılması gerektiğini ve her bir noktada farklı derişik oranların mevcut olduğunu belirlemişlerdir. Bu nedenle tek bir noktadan alınan ölçümün iç ortam şartlarını net yansıtmadığını, ölçme hassasiyeti açısından farklı noktalardan da ölçümlerin alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Guo ve ark. (2003), tarafından Hong Kong'daki kapalı ortamlarda (evler, ofisler, okullar, alışveriş merkezleri ve restoranlar vs.) CO, PM₁₀ ve uçucu organik bileşen seviyeleri incelenmiştir. Evler, alışveriş merkezleri ve restoranların iç ortamdaki ortalama PM₁₀ seviyeleri dış ortama oranla daha yüksek bulunmuştur. İçerisinde klima bulunan sınıflarda, alışveriş merkezlerinde ve restoranlarda ortalama CO₂ seviyesi ve toplam bakteri içeriği, yoğun bir şekilde kullanılan ofis ve evlerde ölçülen miktardan oldukça yüksek bulunmuştur. Uçucu organik bileşen düzeyinin ise dış ve iç ortamlarda başlıca araç egzoz emisyonlarından kaynaklandığı tespit edilmiş ve iç ortamda iç dekorasyon çalışması ve endüstriyel solventlerin kullanımının bu düzeyi artırdığı gözlemlenmiştir.

Marsik (2007), Fairbanks ve Alaska'daki sekiz farklı binada dış ve iç kirleten seviyelerini ölçmüştür. Kirletici olarak karbon monoksit ve ince partikül maddelerin üzerinde durmuştur. Dış hava kalitesinin, iç hava üzerine etkisini ve insan sağlığı açısından önemini ele alarak geliştirilmiş bir dinamik bilgisayar modeli sunmuştur. Bu modelin iç ortam kirletici seviyelerini, havalandırma oranını ve diğer etkenleri tahmin edebildiğini belirtmiştir. Buna ek olarak, dış hava kalitesinin iç hava kalitesi üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, bir binada ölçülmüş gerçek zamanlı iç ve dış hava kirletici düzeylerine göre verilen bir analiz yöntemi de sunulmuştur. Bu yöntemle, bina içindeki kaynakların sağladığı bileşenler ile dışarıdan nüfuz eden kirletenlerin neden olduğu bileşenler incelenmiştir. Ölçüm sonuçları geliştirilen metot verileri analiz etmek için kullanılmıştır. Bu sonuçlar ile konutlardaki partikül miktarının ortalama % 67 kadarının dışarıdan gelen partiküllerden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, dış hava kirlilik oranını düşürmenin, vakitlerinin büyük bir kısmını iç mekânlarda geçiren insanların sağlığı üzerinde olumlu etkiler sağlayacağını göstermiştir. Son olarak bu modeller ile bir ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi için bir hava kalite kontrol algoritması geliştirilmiş ve bu algoritmanın, iç mekânlardaki partikül miktarını % 65 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Gomzi (1999), 6 aylık periyot boyunca Zagreb'te, iç ortamdaki NO₂, NH₃, PM ve sigara dumanı ölçümleri yapmış, elde edilen değerlerin 8-10 yaş arasındaki çocuklarda solunum yolu hastalıkları üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak solunum yolu hastalıklarının düşük hava kirliliğine maruz kalan çocuklarda % 22, yüksek hava kirliliğine maruz kalan çocuklarda ise % 25 seviyesinde olduğunu belirlemiştir.

Chan ve Chung (2003), altı ay boyunca bir taşıtta iç ve dış hava kalitesini araştırmışlardır. Bu taşıttaki sürüş şartlarını, iç ve dış havadaki NO ve CO konsantrasyonlarını ölçerek belirlemişlerdir. Buna ek olarak farklı sürüş ve trafik yoğunluğu durumlarına göre, iç ve dış hava arasındaki ilişkiler incelenmiş ve yolcuların dış hava kirleticilerinden hangi oranda etkilendiği tespit edilmiştir.

Kuş (2007), Şanlıurfa ilindeki Yüksek Öğretim Kurumu dersliklerinde iç hava kalitesi ölçümleri yapmıştır. Bu çalışmada; elde edilen veriler farklı bölgelerdeki iki yerleşkede iç ve dış ortamlar için eş zamanlı olarak alınmıştır. İç hava kalitesi parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve değişik çaplarda partikül maddeler alınmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve diğer ülkelerde tavsiye edilen standartlarla karşılaştırılmıştır. İç ortam sıcaklığı ve bağıl neminin kış döneminde merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılması sağlanan dersliklerde önemli bir sorun teşkil etmemesiyle beraber, yaz döneminde herhangi bir iklimlendirme sistemi kullanılmadığından iç ortam sıcaklıklarının çok yüksek ve bağıl nemin düşük olduğu tespit edilmiştir. İç ortamdaki karbondioksit miktarının kışın öğrenci sayılarına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. İç ve dış parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Partiküller madde kaynağının daha çok iç ortam kaynaklı olduğu görülmüştür. Son olarak, ölçüm sonuçlarına göre dersliklerde iç hava kalitesinin artırılmasına yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Yücel (2008), Ankara ilinde bulunan bir kamu kuruluşu binasında çalışanlarda “Hasta Bina Sendromu” görülme sıklığı ve etki eden bazı faktörlerin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla, ana hizmet binasında görevlilerin çalışmaya katılmaları sağlanmıştır. Formaldehit konsantrasyonun, çalışmaya katılan 297 kişiden %93,6’sının çalışma odalarında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından izin verilen sınır değeri aştığı gözlenmiştir. Ayrıca havalandırma yapılan odalar ile yapılmayan odalar arasında formaldehit konsantrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir. Ancak oda sıcaklık düzeyleri ile formaldehit seviyeleri arasında zayıf düzeyde pozitif yönlü bir ilişki saptanmıştır. İç ortam hava kirletici olan CO konsantrasyonu da bu çalışmada incelemiştir. Çalışmaya katılanların %31,9’unda “Hasta Bina Sendromu” bulunduğu tespit edilmiştir. Formaldehit konsantrasyonu ile HBS görülme sıklığı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiş olup, karbon monoksit olan odalarda ise HBS görülme sıklığı yüksek bulunmuştur.

Mestl ve ark. (2007); Lie ve ark., (2007), tarafından Çin’de yapılan iki farklı çalışmada; Çin’de ortaya çıkan ölümlerin % 47’sinin katı yakıt kullanımının neden

olduğu sonucuna varılmış, evlerde katı yakıt kullanımı sonucu meydana gelen hava kirleticilerinin dağılımı ve zemin döşemeleri kaynaklı hava dağılımı incelenmiştir. Buna ek olarak evlerdeki enerjinin verimli kullanımı için bir kontrol planı önerilmiştir.

Kaya (2003), iç hava kalitesinin sağlıklı ve verimli çalışma ortamı için önemli olduğunu belirtmiş ve iç hava kalitesini artırmaya yönelik önerilerde bulunmuştur. Özellikle kirlilik kaynaklarının iyi tespit edilmesi gerektiği vurgulamış ve çözüm olarak etkili ve doğru havalandırmanın yapılması gerektiğini belirtmiştir. Buna ek olarak binalarda gazlı ısıtıcıların doğru ayarlanması, ıslak hacimlerin kurutulması, nemlendirici kullanımı, kazan dairelerinin iyi havalandırılması, bacaların sızdırmaması, kaliteli yakıt kullanımına itina gösterilmesinin iç hava kalitesi için önemli olduğunu vurgulamıştır. Temiz ve konforlu havanın insanların verimliliğini önemli derece arttırdığını ve etkin bir havalandırma sisteminin yapılarda toplam yatırımın %1'ine, işletme maliyetlerinin ise % 1,5'ine karşılık geldiğini belirtmiştir.

Çoşgun (2012), Antalya ilinde farklı ortamlarda iç hava kalitesi ölçümleri yapmıştır. Bu çalışmada iç hava kalitesi parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit, radon, formaldehit, toluen ve değişik çaplarda bulunan toz partiküller maddeler ele alınmıştır. Deneysel çalışma iki yıl sürmüş ve toplamda 12 ay deneysel ölçüm verileri alınmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş ve analiz sonuçları değişik ülkelerde tavsiye edilen standartlar ile karşılaştırılmıştır. Ölçümler kış dönemlerinde yapılmış ve iç ortam karbondioksit miktarının kişi sayılarına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. İç ve dış hava parametreleri arasındaki ilişkiler bu çalışmada araştırılmıştır. Bu çalışmada ele alınan iç hava kalitesi parametrelerinden radon, toluen ve formaldehit miktarlarının standart değerlerin çok altında olduğu tespit edilmiştir.

Shendell ve Prill (2004), Amerika'daki okullarda iç ve dış ortam karbondioksit derişikliğini incelemişlerdir. Mevcut CO₂ konsantrasyonun, öğrenci devamsızlığı ile arasındaki ilişki araştırılmış ve iç ortam CO₂ konsantrasyonundaki 1000 ppm'lik artışın, yıllık ortalama bazda öğrenci devamsızlığında %10-20 azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksel (2005), bir kamu kurumunda çalışanlardan istenen verimin elde edilebilmesi için karşılanması gereken yapısal konfor şartlarının araştırılması amacıyla bir anket çalışması yapmıştır. Yapısal konforun insanların çalışma verimini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğunu bu nedenle yeni yapıların tasarımında ısı, su, nem ve ses ile ilgili her türlü fiziksel çevre koşulunun sağlanmasının gerekliliğini vurgulamıştır. Kişisel ve çevresel faktörlerin konforu önemli oranda etkilediğini ve çevresel faktörlerin

kişiyeye bağımlı olmadığı için bunların karşılanması ve belirlenmesi gerektiğini belirtmiştir. Anket sonuçlarını yapısal konfor açısından mevcut şartların iyileştirilmesi ya da yeni bina tasarımının geliştirilmesi üzerine değerlendirmiştir.

Alptekin (2007), Kütahya İlinde Dumlupınar Üniversitesi Sarı Konak, Rektörlük ve Merkezi Kafeterya binalarında yapılan deneylerle iç ortam havasında bulunan ince toz partiküllerin konsantrasyonlarını ölçmüştür. Bu çalışmada; iç hava kalitesi, iç hava kalitesini bozan kirleticiler ve iç hava kalitesinin sağlık ve verimlilik üzerine etkileri üzerinde durulmuştur. Ölçüm sonuçlarının analizi sonucunda iç ortam hava kalitesini; yapı malzemelerinin, kullanıcı sayısının ve yapının kullanım şeklinin etkilediği görülmüştür.

Brianis ve ark. (2005), sınıf içerisinde 12 saat boyunca üç ayrı noktada PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve PM_1 kütlesindeki konsantrasyonları ölçmüşlerdir. Ölçümleri öğrencilerin bulunduğu ve bulunmadığı zamanlarda, gece ve okul saatlerinde yapmışlardır. Elde edilen veriler arasında korelasyon katsayısını incelemişlerdir. İç ortamdaki kaba partiküllerin varlığının en önemli sebebinin insanların olduğunu belirtmişlerdir. Okul zamanı, gündüz PM_{10} İç/Dış ortam oranı iç ortam kaba partikül oranıyla pozitif olarak etkilenmekte olduğunu, ayrıca iç ortam PM_{10} oranının önemli bölümünün derslik içinden kaynaklandığını göstermişlerdir. İç ortamda ölçülen tüm partikül madde oranları, dış ortamdaki PM_{10} oranıyla büyük oranlarda ilişkili ve rüzgar hızı ile de negatif ilişkili olduğu ve bu dış ortamdaki partikül seviyesinin, iç ortamdaki partiküllerin konsantrasyonlarını önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir.

Tatlı ve ark. (2011), İstanbul ilinde bulunan iki ayrı alışveriş merkezlerinin her bir katında bakteri yoğunluğunu tespit etmek için hafta içi ve hafta sonlarında biyoaerosol örneklemeleri yaparak patojen bakteri konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Ayrıca kalıcı etkisinin azaltılmasında alınması gereken önlemleri belirtmişlerdir. Bu çalışma ile Polimeraz Zincirleme Tepkimesi yöntemi kullanılarak toplanan biyoaerosol numuneleri değerlendirilmiş patojen bakteri tür ve miktarları belirlenmiştir. Elde edilen bulgular ulusal ve uluslar arası standartlarla karşılaştırılmış ve insan sağlığı üzerine etkileri incelenmiştir.

Poubard ve ark. (2005), Fransa'nın La Rochelle şehrinde ve çevresindeki 8 okulda dış ve iç ortam kirleticileri için ölçümler gerçekleştirmişlerdir. İki haftalık periyod süresince NO , NO_2 ve partiküllerin konsantrasyonları iç ortamda ve dışarıda sürekli olarak ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca iç ortam bağıl nemi, sıcaklık, CO_2 konsantrasyonları, cam açılmaları ve binanın uygunluğunu da ölçülmüştür. Son olarak

“Temel Bileşen Analizi” istatistiksel metodunu kullanarak iç ortam konsantrasyonları ve dış ortam arasındaki ilişkiyi etkileyen parametreler belirlenmiştir.

Korukçu (2010), gerçek iklim koşulları altında, farklı klima ve ısıtıcı modları için deneyler gerçekleştirmiştir. Bu araştırmada, kabin katı yüzey ve insan deri sıcaklıkları termografik yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler kızıl ötesi kamera kullanılarak yapılmış, ısıtma ve soğutma süreçleri için, kabin katı yüzey ve insan deri sıcaklıklarının anlık sıcaklık dağılımları belirlenmiştir. Termografik yöntem kullanımının yanı sıra, ısıtıcının, kabin içerisindeki CO₂ düzeyi, iç ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerine olan etkileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Değişik hava hız düzeyleri ve menfez seçiminin kabin iç ortam koşullarına olan etkileri incelenmiştir.

Godvin ve Batterman (2006), iç hava kalitesi parametreleri olarak 64 adet ilk ve orta okulda; havalandırma seviyeleri, uçucu organik bileşiklerin seviyeleri, bioaerosoller, okullar arasındaki hava kalitesi farkları ve emisyon kaynaklarını araştırmışlardır. Bioaerosoller, uçucu organik bileşikler, CO₂, bağıl nem ve sıcaklık seviyeleri bütün sınıflarda haftalık olarak izlenmiştir. Birçok sınıfta havalandırma seviyeleri oldukça düşük, CO₂ seviyeleri ise 1000 ila 3000 ppm arasında çıkmıştır. Uçucu organik bileşiklerin düşük seviyede, bioaerosoller ise orta seviyede tespit edilmiştir.

Berberoğlu ve Motör (2010), Edirne’de bulunan bir dokuma-konfeksiyon işletmesinde, iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik olarak öneriler geliştirmeyi amaçlamışlardır. İşletmenin üretim sahasında, iç ortam parametreleri olarak sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit, karbon monoksit, hidrojen sülfür ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Araştırmanın yapıldığı dokuma-konfeksiyon işletmesinin iplikhane, kumaş hazırlama, yıkama, boya-terbiye bölümlerinde sıcaklık yüksek bulunmuştur. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslar Arası Çalışma Örgütünü tarafından belirlenen standartlara göre dokuma bölümünde nem oranı, torna, yıkama ve kumaş hazırlama bölümlerinde CO₂ düzeyi yüksek bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Batman Üniversitesi'nde iç hava kalitesini belirlemek için; Merkez Yerleşke Rektörlük binası ve Batı Raman Yerleşkesi, Fen-Edebiyat ile Mühendislik-Mimarlık Fakültesi dersliklerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm takvimi olarak eğitim ve öğretimin devam ettiği Eylül-Mayıs aylarını kapsayan bir dönem seçilmiştir. Ölçümler bahar ve kış ayırımı yapılarak incelenmiştir. Bahar dönemi olarak 2013 yılının Eylül, Ekim ve Kasım ayları ile birlikte 2014 yılın Mart, Nisan ve Mayıs ayları ele alınmıştır. Kış dönemi ise 2013 yılın Aralık ile 2014 yılının Şubat ayını kapsamaktadır. Ölçümler, Merkez yerleşkede 2013 Eylül ile 2014 Mayıs ayları arasında yapılırken, 2014 Ocak ayından faaliyete giren Batı Raman yerleşkesinde ise 2014 yılının Şubat-Mayıs ayları arasında yapılmıştır.

3.1. Ölçüm Cihazlarının Özellikleri

3.1.1. Karbondioksit (CO₂) ölçüm cihazı

Bu çalışmada, karbondioksit ölçümleri Extech CO250 Taşınabilir İç Hava Kalitesi CO₂ Metre ekipmanı kullanılarak takip edilmiştir. Bu cihaz ile aynı zamanda sıcaklık ve nem ölçümleri de yapabilmektedir. Cihazın genel özellikleri arasında; CO₂ konsantrasyonu ölçümü, 8 saatlik istatistiksel ortalama ve kısa zamanlı (15 dk'lık) maruziyet hesabı, sıcaklık, nem ve CO₂ ölçümlerini dahili yazılım, veri aktarım kablosu ve dahili RS232 bağlantı ile bilgisayar üzerinden verileri aktarabilme, opsiyonel %33 ve %75 RH'lık kalibrasyon bulunmaktadır. Ölçüm prensibi; bakım gerektirmeyen NDIR (non-dispersive infrared)'dir. Şekil 3.1'de Extech CO250 markalı cihazın görünümü verilmiştir.



Şekil 3.1. Extech CO250 CO₂ Ölçüm Cihazı

Çizelge 3.1’de Extech CO250 CO₂ ölçüm cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Extech CO250 CO₂ ölçüm cihazının teknik özellikleri

Özellik	Ölçüm Aralığı	Ekran Çözünürlüğü
Karbondioksit (CO ₂)	0 - 5.000 ppm	1 ppm
Sıcaklık	-10 °C ila 60 °C	0.1 °C
Nem	0.0 - 99.0 %	0.1 %
Çiğ Noktası	Hesaplanan	
Ebatlar	200x70x57 mm	
Ağırlık	190 gr	

3.1.2. Partikül, nem ve sıcaklık ölçüm cihazı

Partikül konsantrasyonu, sıcaklık ve nem ölçümü Lighthouse Handheld 3016 IAQ partikül ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Bu cihaz 6 kanala kadar çıkarılabilen, kümülatif ve diferansiyel partikül ölçümleri yapabilmenin yanı sıra sıcaklık ve nem problemlerine sahiptir. 10 micron solunabilen partiküller, 2,5 micron ince partiküller ve 1 ve 5 micron partiküllerde EPA ulusal hava kalitesi standartlarının tümü için veri oluşturabilir. Handheld 3016 IAQ cihazı ihtiyaca göre konfigüre edilebileceği gibi kanal boyut çeşitliliği de mevcuttur ve 3000 örnek depolayabilmektedir. Mevcut yazılımı sayesinde depolanan örnekler kablo yardımı ile bilgisayara veya yazıcılara gönderilebilmektedir. 4 milyon partikül/ ft³ konsantrasyon sınırı, CFM (2.83 LPM)

akış oranı ve standart gelen kütle konsantrasyon modu ile birlikte, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluğunda sonuç verebilmektedir. Bu cihaz ile partikül ebadına bağlı olarak; $\text{PM}_{0.3}$, $\text{PM}_{0.5}$, $\text{PM}_{1.0}$, $\text{PM}_{2.5}$, $\text{PM}_{5.0}$, PM_{10} 6 kanalda, 0–50 °C aralığında sıcaklık ve 15-90 %RH aralığında nem ölçümleri eş zamanlı olarak yapılabilir. Şekil 3.2’de Handheld 3016 IAQ partikül ölçüm cihazının görünümü verilmiştir.



Şekil 3.2. Handheld 3016 IAQ partikül ölçüm cihazı

Çizelge 3.2’de Handheld 3016 IAQ partikül ölçüm cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Handheld 3016 IAQ partikül ölçüm cihazının teknik özellikleri

Handheld 3016 IAQ Teknik Özellikleri	
Boyut Aralığı	0.3 - 10.0 µm
Kanallı Partikül Ebadı	0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10.0 µm
Akış Hızı	0.1 CFM (2.83 LPM)
Sayım Verimi	50% @ 0.3 µm; 100% parçacıklar için > 0.45 µm (per JIS)
Lazer Kaynağı	Extreme yaşam lazer diyotu ile > 20 yıl MTTF
Konsantrasyon Limitleri	4,000,000 Parçacıklar / ft3 5% tesadüfi hata
Kalibrasyon	ISO 21501-4 kalibrasyon kullanılarak NIST izlenebilir PSL küre, DMA ve Yoğunlaşma Parçacık Sayacı
Sayılan Mod	Otomatik Manuel, Bip, Konsantrasyon, Toplu / Fark, Kütle Konsantrasyonu
Veri Depolama	3.000 Örnek Kayıtlama, Döner Tampon (parçacık ve çevresel verileri, artı konum ve zamanını içerir)
İletişim Modu	RS-232 üzerinde RJ-45 bilgisayara ve yazıcıya aktarım
Destekleyici Yazılım	LMS XChange; LMS Express; LMS Express RT; LMS Pharma; LMS Standard; CRQWin
Çevresel Sensörler	Sıcaklık/Bağıl Nem Probu: 32-122°F(0-50°C) +1°F (0.5°C), 15-90% + 2% RH
Alarmlar	Dahili, Ayarlanabilir Alarm, Sayım Alarmları, Düşük Pil, Sensör Arızası
Numune Girişi	Izokinetik örnekleme probu
Numune Çıkışı	Yerinden HEPA Standartlarına filtrelenmiş (> 99,997% 0.3 mikron)
Vakum Kaynağı	İç Pompa, Otomatik Akış Kontrolü
Güç	100-240 V, 50-60 Hz
Boyut	22.23 x 12.7 x 6.35 cm
Ağırlık	1 kg

3.2. Ölçüm Alınan Deney Yerleri

Batman Üniversitesi'nde bulunan Merkez ve Batı Raman yerleşkelerinde iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Merkez Yerleşke, yerleşim alanı içerisinde bulunmaktadır ve Diyarbakır-Siirt karayolu üzerindedir. Bu nedenle trafikten kaynaklanan egzoz gazlarına ve kışın ısınma amaçlı hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Buna ek olarak ölçüm alınan dönemlerde kısmi yol çalışmaları da yapılmıştır. Bu yerleşke içerisinde bulunan Rektörlük Binası, betonarme konstrüksiyonlu 3 katlı bir yapı olup, 2006 yılında hizmete açılmıştır.

Merkez Yerleşkede ölçüm yapılan dersliklerden Derslik-I (Derslik 105) ve Derslik-II'nin (Derslik 103) ısıtma sistemleri ile beraber mevcut malzeme ve ekipmanlar benzerdir. Dersliklerde ısıtma sistemi, merkezi kalorifer sistemidir ve

döküm petek kullanılmaktadır. Bahar aylarında herhangi bir soğutma sistemi kullanılmamaktadır. Dersliklerin zemini prekast döşemedir, kapılar ahşap doğramadır. Dersliklerde 180 x 150 cm ebatlarında 2 adet çift camlı pencere bulunmaktadır. Bu pencereler vasistas modeli ve alüminyum çerçevedir. Sıra ve masalar sıkıştırılmış sunta üzeri MDF kaplamadır. Derslikler 60 m² ve 40 kişiliktir. Dersliklerde 1 adet beyaz ve akıllı tahta bulunmaktadır. Havalandırma pencere kanatlarının veya kapının açılması ile sağlanmaktadır. Rektörlük binasında bulunan Derslik-I ve Derslik-II'ye ait resimler Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Rektörlük binasında ölçüm yapılan Derslik-I'in görünümü



Şekil 3.4. Rektörlük binasında ölçüm yapılan Derslik-II'nin görünümü

Batı Raman Yerleşkesi 2014 yılının Ocak ayında faaliyete geçmiştir ve şehir merkezine yaklaşık 14 km uzaklıktadır. Bu yerleşkede sadece üniversite binaları bulunmaktadır. Yerleşke içerisine ise yalnızca ulaşım araçları gelmektedir. Bu nedenle trafik akışı seyrekidir. Batı Raman Yerleşkesinde bulunan Fen-Edebiyat ve Mühendislik-Mimarlık Fakültelerinin dersliklerinde iç ortam ölçümleri yapılmıştır.

Fen-Edebiyat Fakültesinde bulunan Derslik-III (Derslik 7), Şekil 3.5'te ve Mühendislik-Mimarlık Fakültesinde bulunan Derslik-IV (G3) Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu dersliklerde herhangi bir havalandırma ve soğutma sistemi bulunmamaktadır. Havalandırma doğal yöntemlerle yapılmaktadır. Isınma sezonunda merkezi kalorifer sistemi ile panel radyatörler kullanılmaktadır. Derslikler 70 m² ve 50 kişiliktir. Sıra ve masalar sıkıştırılmış sunta üzeri MDF kaplama, yazı tahtaları ise teflondur. Derslik-III'te zemin linolyum kaplıdır. Pencere, 350 x 130 cm ebatlarında 2 adet ve 170 x 150 cm ebatlarında 1 adet çift camlı vasistas modeli, alüminyum çerçevedir. Derslik-IV'te ise zemin traverten taşı ile döşenmiştir. Pencere, 350 x 130 cm ebatlarında 2 adet çift camlı vasistas modeli, alüminyum çerçevedir.



Şekil 3.5. Fen-Edebiyat Fakültesi binasında ölçüm yapılan Derslik-III'ün görünümü



Şekil 3.6. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi binasında ölçüm yapılan Derslik-IV'ün görünümü

3.3 Yöntem

Batman Üniversitesi dersliklerinde iç hava kalitesini belirlemek için partikül maddeler, karbondioksit, sıcaklık ve bağıl nem parametreleri seçilmiştir. Bu parametreler eş zamanlı olarak dış ortam havası içinde ölçülmüştür. Ölçümler farklı yerleşkelerde yapılmış ve belirli periyotlar boyunca 4 farklı derslikte gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ölçümler Eylül-Mayıs aylarını kapsayacak şekilde haftada 2 kez yapılmıştır. Ölçüm cihazları, güvenilir bir ölçüm alabilmek için yerden 1,5 metre yükseklikte tutulmuştur ve her bir ölçüm için süre 10 dakika olarak belirlenmiştir. Ölçümler ders başladıktan sonra alınmıştır. Ölçülen iç hava kalitesi parametreleri diğer ülke standartlarıyla karşılaştırmış ve değerlendirilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS 17 istatistik programı kullanılmıştır. Bu program ile medyan, ortalama, standart sapma, en yüksek ve en düşük değerler hesaplanmıştır. Buna ek olarak iç ve dış ortam hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişki, korelasyon katsayıları hesaplanarak değerlendirilmiştir. Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal bağlantıyı gösteren bir katsayıdır ve -1 ile +1 arasında bir değer alır. Burada pozitif değerler direkt yönlü doğrusal ilişkiyi, negatif değerler direkt yönlü zıt ilişkiyi, sıfır değeri ise bu değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığını gösterir. Bu ilişkinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı seçilen önem seviyesi (genellikle $\alpha=0,05$ seçilir) ile hesaplanan önem seviyesi (p değeri) karşılaştırılarak belirlenir. Eğer p değeri, $\alpha=0,05$ değerinden küçükse ilişki istatistiksel olarak önemlidir (Bulut, 2008).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada İç/Dış ortamlar için iç hava kalitesi parametrelerinden; partikül maddeler ($PM_{0.5}$, $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{5.0}$, PM_{10}), karbondioksit (CO_2), sıcaklık (T) ve bağıl nem (BN) değerlerinin değişimi her bir derslik ve yerleşke için ayrı ayrı analiz edilmiş ve bu parametreler arasındaki ilişki SPSS 17 paket programı yardımı ile incelenmiştir. Ölçümler, eğitim ve öğretimin devam ettiği 2013 Eylül-2014 Mayıs ayları arasında haftada 2 kez yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değişik ülke standartları ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.1'de elde edilen tüm ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerleri verilmiştir. Tanımlayıcı istatistiksel parametreler; ölçüm sayısı, ortalama, medyan, standart sapma, minimum ve maksimum olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tüm ölçümlere ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
Ortalama	18,85	19,68	43,64	1415,72	15,96	30,80	48,37	69,64	107,09	14,85	51,97	465,60	76,30
Medyan	19,00	19,40	43,50	1337,50	15,50	29,50	47,50	66,50	92,50	13,80	49,35	452,50	64,50
Standart Sapma	6,802	3,321	14,738	642,817	8,320	12,541	19,753	29,360	58,383	6,471	24,486	70,121	46,700
Minimum	3,00	12,10	19,50	504,00	2,00	5,00	8,00	11,00	13,00	-1,20	20,50	342,00	11,00
Maksimum	34,00	28,60	73,30	2873,00	34,00	71,00	113,00	147,00	278,00	29,50	96,20	661,00	289,00

Çizelge 4.1’de görüleceği gibi tüm ölçüm parametreleri için; kişi sayısının ortalama değeri 18,85, minimum değeri 3 ve maksimum değeri 34 olarak tespit edilmiştir. İç ortam sıcaklık ortalama değeri 19,68 °C, minimum değeri 12,10 °C ve maksimum değeri 28,60 °C olarak hesaplanmıştır. İç ortam bağıl nem ortalama değeri 43,64 %, minimum değeri 19,50 % ve maksimum değeri 73,30 % olarak tespit edilmiştir. İç ortam karbondioksit (CO₂) ortalama değeri 1415,72 ppm, minimum değeri 504 ppm ve maksimum değeri 2873,00 ppm olarak bulunmuştur.

İç ortam partikül değerleri incelendiğinde; partikül madde PM_{0,5} ortalama değeri 15,96 µg/m³, minimum değeri 2,00 µg/m³, maksimum değeri 34,00 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Partikül madde PM₁ ortalama değeri 30,80 µg/m³, minimum değeri 5,00 µg/m³, maksimum değeri 71,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Partikül madde PM_{2,5} ortalama değeri 48,37 µg/m³, minimum değeri 8,00 µg/m³, maksimum değeri 113,00 µg/m³ olarak bulunmuştur. Partikül madde PM_{5,0} ortalama değeri 69,64 µg/m³, minimum değeri 11,00 µg/m³, maksimum değeri 147,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Partikül madde PM₁₀ ortalama değeri 107,09 µg/m³, minimum değeri 13,0 µg/m³, maksimum değeri 278,00 µg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Dış ortam partikül madde PM₁₀ ortalama değeri 76,30 µg/m³, minimum değeri 13,0 µg/m³, maksimum değeri 289,00 µg/m³, olarak tespit edilmiştir. Ayrıca İç/Dış ortalama PM₁₀ değerinin 1,40 olduğu görülmüştür.

Buna ek olarak dış ortam sıcaklık ortalama değeri 14,85 °C, minimum değeri -1,20 °C ve maksimum değeri 29,50 °C olarak hesaplanmıştır. Dış ortam bağıl nem ortalama değeri 51,97 %, minimum değeri 20,50 % ve maksimum değeri 96,20 % olarak bulunmuştur. Dış ortam karbondioksit (CO₂) ortalama değeri 465,60 ppm, minimum değeri 342,00 ppm ve maksimum değeri 661,00 ppm olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 ile Çizelge 4.3’te bahar ve kış dönemlerinin tüm ölçüm parametrelerine ait tanımlayıcı istatistiksel değerler verilmiştir. Bahar dönemi olarak 2013 yılının Eylül, Ekim ve Kasım ayları ile birlikte 2014 yılın Mart, Nisan ve Mayıs ayları ele alınmıştır. Kış dönemi ise 2013 yılın Aralık ile 2014 yılının Şubat ayını kapsamaktadır. Bu mevsimler için ölçülen parametreler arasındaki değişim oranları incelenmiştir.

Çizelge 4.2. Bahar Dönemi ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam								Dış Ortam			
	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
Ortalama	20,48	41,20	1390,25	15,21	30,23	47,03	67,21	100,25	16,34	47,60	458,80	74,16
Minimum	13,90	19,50	504,00	2,00	5,00	8,00	11,00	13,00	7,20	20,50	342,00	11,00
Maksimum	28,60	73,30	2873,00	34,00	71,00	113,00	147,00	278,00	29,50	96,20	633,00	289,00

Çizelge 4.3. Kış Dönemi ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam								Dış Ortam			
	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0.5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM _{5.0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Ortalama	15,95	55,05	1534,58	19,45	33,50	54,62	81,00	139,04	7,89	72,33	497,33	86,25
Minimum	12,10	31,30	699,00	4,00	10,00	16,00	21,00	23,00	-1,20	29,00	371,00	29,00
Maksimum	19,30	71,80	2253,00	34,00	52,00	80,00	128,00	256,00	16,80	93,50	661,00	168,00

Bahar ve kış dönemi için iç ortam sıcaklık ortalama değerleri sırasıyla 20,48 °C, 15,95 °C, iç ortam bağıl nem ortalama değerleri 41,20%, 55,05%, iç ortam karbondioksit ortalama değerleri 1390,25 ppm, 1534,58 ppm, iç ortam PM_{2,5} ortalama değerleri 47,03 µg/m³, 54,62 µg/m³ ve son olarak iç ortam PM₁₀ ortalama değerleri 100,25 µg/m³, 139,04 µg/m³ olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4'te bu çalışmada ele alınan tüm ölçüm parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren önem seviyeleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. Bu tabloda verilen ilk değer "Pearson" korelasyon katsayısını, ikinci değer "Sig. (2-tailed)" çift kuyruklu test sonucu ve "N" ölçüm sayısını belirtmektedir. Bu tabloda önem seviyesi $\alpha=0,05$ olarak seçilmiştir. Eğer $\alpha=0,05$ değerinden küçükse ilişki istatistiksel olarak önemlidir.

Çizelge 4.4. Tüm ölçüm parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

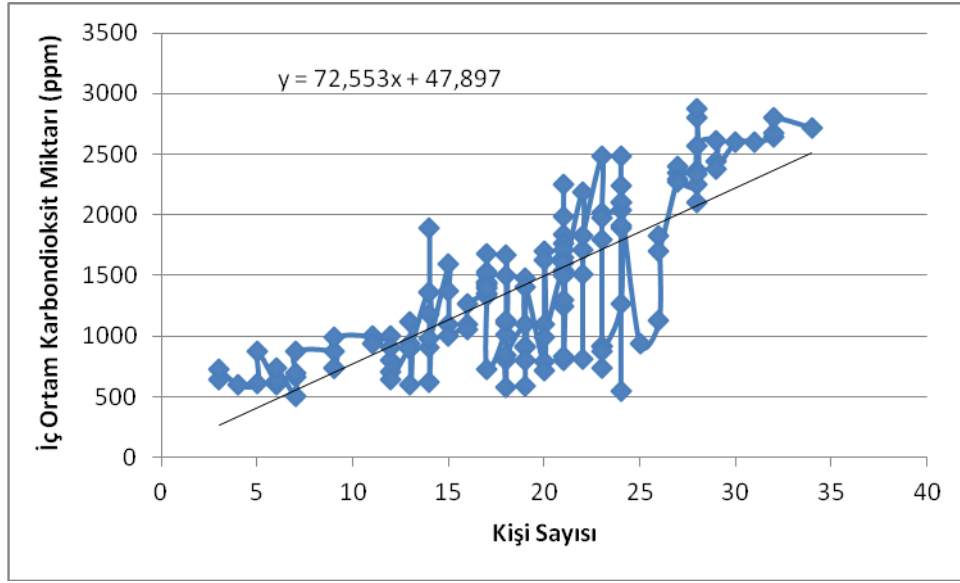
Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
Sıcaklık (İç)	Pearson Correlation	-,145											
	Sig. (2-tailed) N	,092 136											
Bağıl Nem (İç)	Pearson Correlation	,098	-,540*										
	Sig. (2-tailed) N	,258 136	,000 136										
CO ₂ (İç)	Pearson Correlation	,768*	-,409*	,290*									
	Sig. (2-tailed) N	,000 136	,000 136	,001 136									
PM _{0,5} (İç)	Pearson Correlation	,233*	-,226*	,199*	,326*								
	Sig. (2-tailed) N	,006 136	,008 136	,020 136	,000 136								
PM ₁ (İç)	Pearson Correlation	,182*	-,178*	,112	,261*	,800*							
	Sig. (2-tailed) N	,034 136	,038 136	,193 136	,002 136	,000 136							
PM _{2,5} (İç)	Pearson Correlation	,224*	-,198*	,145	,305*	,871*	,961*						
	Sig. (2-tailed) N	,009 136	,021 136	,093 136	,000 136	,000 136	,000 136						

Çizelge 4.4.'ün devamı

Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
PM _{5,0} (İç)	Pearson Correlation	,236*	-,274*	,160	,306*	,825*	,873*	,920*					
	Sig. (2-tailed)	,006	,001	,063	,000	,000	,000	,000					
	N	136	136	136	136	136	136	136					
PM ₁₀ (İç)	Pearson Correlation	,263*	-,324*	,173*	,372*	,740*	,797*	,839*	,931*				
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	,045	,000	,000	,000	,000	,000				
	N	136	136	136	136	136	136	136	136				
Sıcaklık (Dış)	Pearson Correlation	-,056	,796*	-,680*	-,401*	-,249*	-,197*	-,219*	-,261*	-,332*			
	Sig. (2-tailed)	,515	,000	,000	,000	,003	,022	,011	,002	,000			
	N	136	136	136	136	136	136	136	136	136			
Bağıl Nem (Dış)	Pearson Correlation	,072	-,559*	,940*	,287*	,197*	,105	,127	,129	,138	-,698*		
	Sig. (2-tailed)	,404	,000	,000	,001	,021	,224	,141	,135	,109	,000		
	N	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136		
CO ₂ (Dış)	Pearson Correlation	-,122	,039	-,135	-,110	-,203*	-,229*	-,202*	-,221*	-,202*	,200*	-,063	
	Sig. (2-tailed)	,157	,655	,117	,204	,018	,007	,019	,010	,018	,020	,466	
	N	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	
PM ₁₀ (Dış)	Pearson Correlation	,044	,118	-,236*	,061	,387*	,447*	,471*	,539*	,580*	,220*	-,285*	,141
	Sig. (2-tailed)	,607	,170	,006	,481	,000	,000	,000	,000	,000	,010	,001	,101
	N	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136

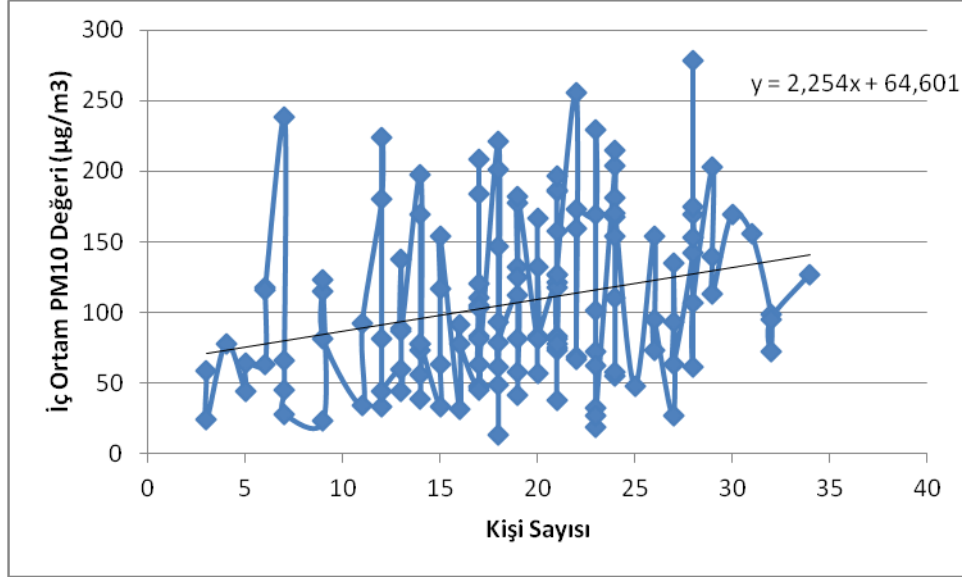
*Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre anlamlı olan korelasyonlar

Çizelge 4.4'te iç ortam CO₂ miktarı ile kişi sayısı arasında korelasyon katsayısı $r=0,768$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında pozitif yönlü yüksek düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. İnsanlar solunum gereği ortama CO₂ verir. Bu nedenle özellikle kış aylarında kişi sayısı arttıkça CO₂ konsantrasyonunda önemli bir oranda artış görülmektedir. Şekil 4.1'de iç ortam CO₂ miktarı ile kişi sayısı arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



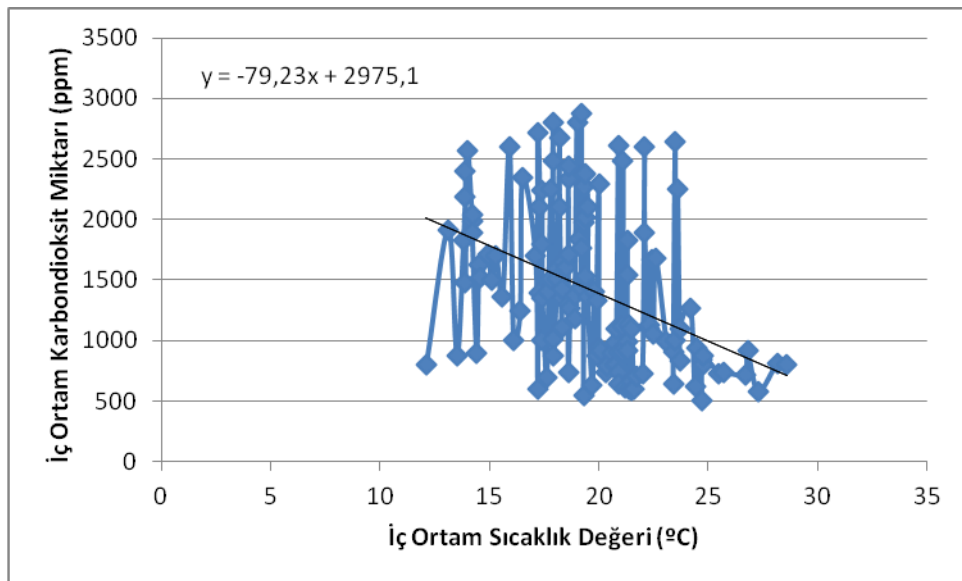
Şekil 4.1. İç ortam CO₂ miktarı ile kişi sayısı arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam PM₁₀ değeri ile kişi sayısı arasında korelasyon katsayısı $r=0,263$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında pozitif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İnsanların hareket ve aktiviteleri sonucu iç ortamda partikül madde oranı artış göstermektedir. Şekil 4.2'de iç ortam PM₁₀ değeri ile kişi sayısı arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



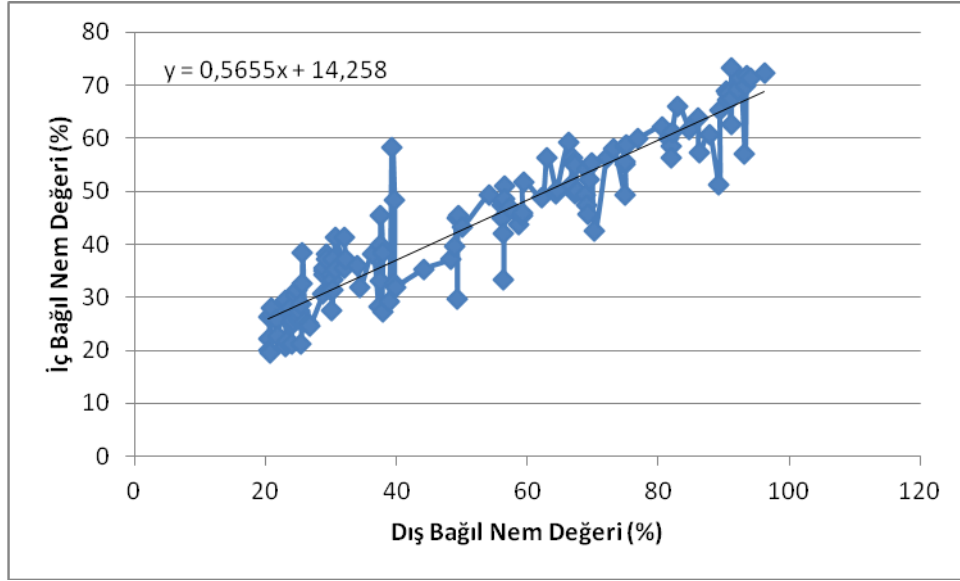
Şekil 4.2. İç ortam PM₁₀ değeri ile kişi sayısı arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam CO₂ miktarı ile iç ortam sıcaklık değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,409$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Özellikle bahar aylarında sıcaklık değerlerindeki artış dersliklerde kapı ve pencerelerin açılması ile doğal havalandırma yapılmasına ve iç ortama giren taze hava ile CO₂ konsantrasyonun azalmasına neden olmaktadır. Şekil 4.3'te iç ortam CO₂ miktarı ile iç ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



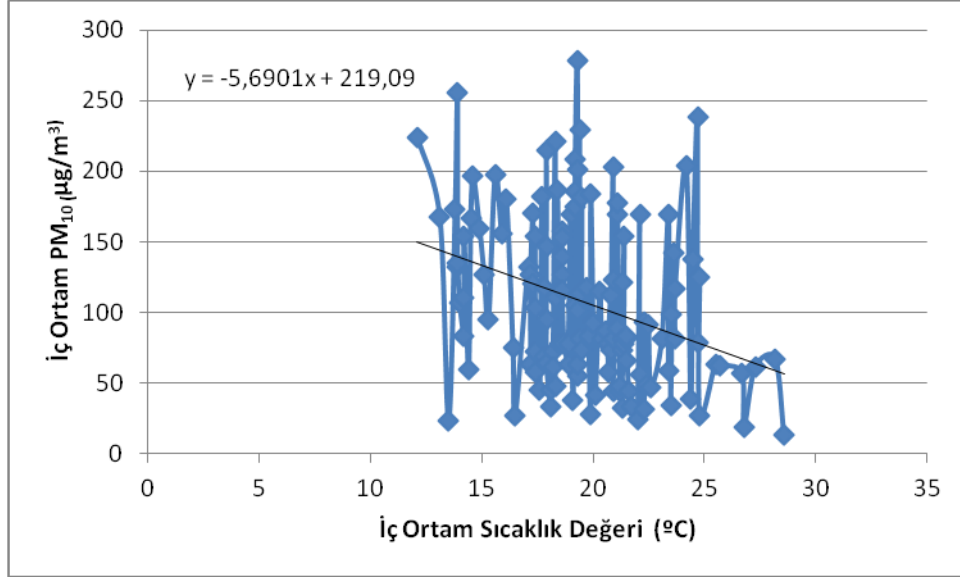
Şekil 4.3. İç ortam CO₂ miktarı ile iç ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç bağıl nem değeri ile dış bağıl nem değeri arasında korelasyon katsayısı $r = 0,940$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Dış ortam havasının iç ortam havasına sızması ve iç ortam ısıtma sisteminin yetersiz oluşu bu parametreler arasında çok yüksek düzeyde bir ilişkiye sebebiyet vermektedir. Şekil 4.4'te iç bağıl nem değeri ile dış bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



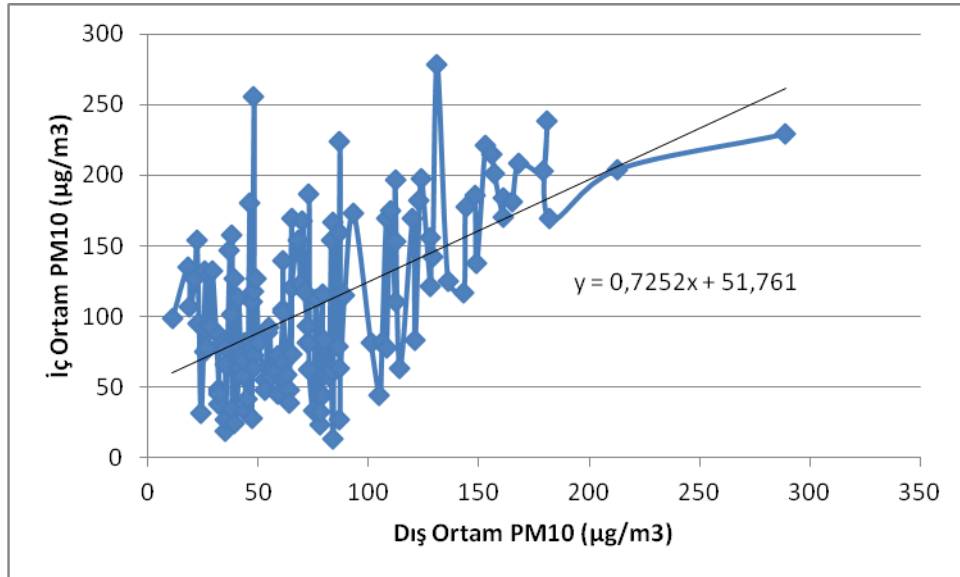
Şekil 4.4. İç bağıl nem değeri ile dış bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM_{10} değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,324$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.5'te iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM_{10} değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



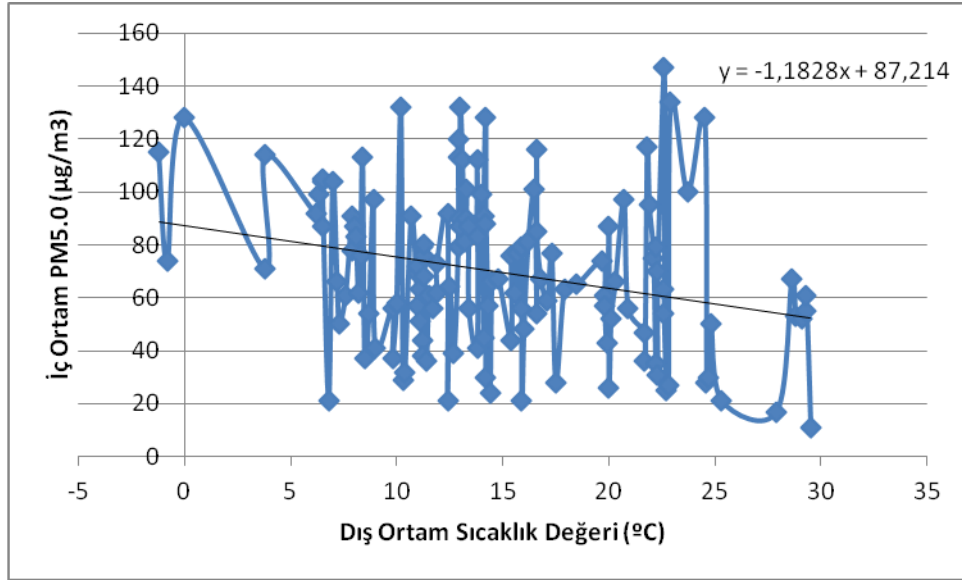
Şekil 4.5. İç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM₁₀ değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te dış ortam PM₁₀ değeri ile iç ortam PM₁₀ değeri arasında korelasyon katsayısı $r = 0,580$ olduğu görülmektedir. Böylece bu parametreler arasında pozitif yönlü ve orta düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu duruma partikül maddelerin dış ortam havasından iç ortam havasına kolay bir şekilde sızması neden olmaktadır. Şekil 4.6'da dış ortam PM₁₀ değeri ile iç ortam PM₁₀ değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



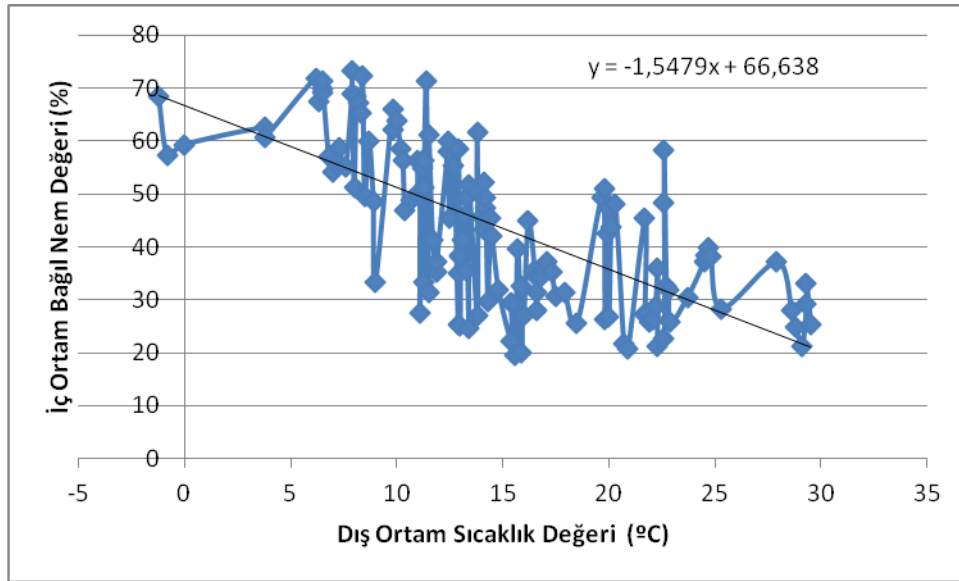
Şekil 4.6. Dış ortam PM₁₀ değeri ile iç ortam PM₁₀ değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam $PM_{5.0}$ değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,261$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Dış ortam sıcaklığının arttığı dönemlerde, dersliklerde kapı ve pencerelerin açılması ile taze ve temiz hava sirkülasyonu gerçekleşmektedir. Bu durum daha çok iç ortam kaynaklı oluşan partikül maddelerin seyrelmesine neden olmaktadır. Şekil 4.7'de iç ortam $PM_{5.0}$ değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



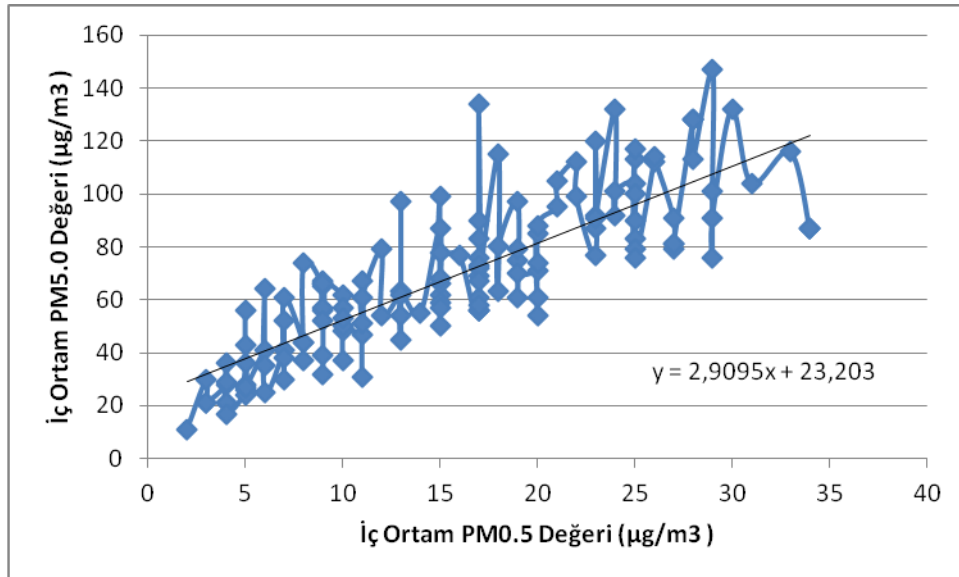
Şekil 4.7. İç ortam $PM_{5.0}$ değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam bağıl nem değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,680$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü orta düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.8'de iç ortam bağıl nem değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



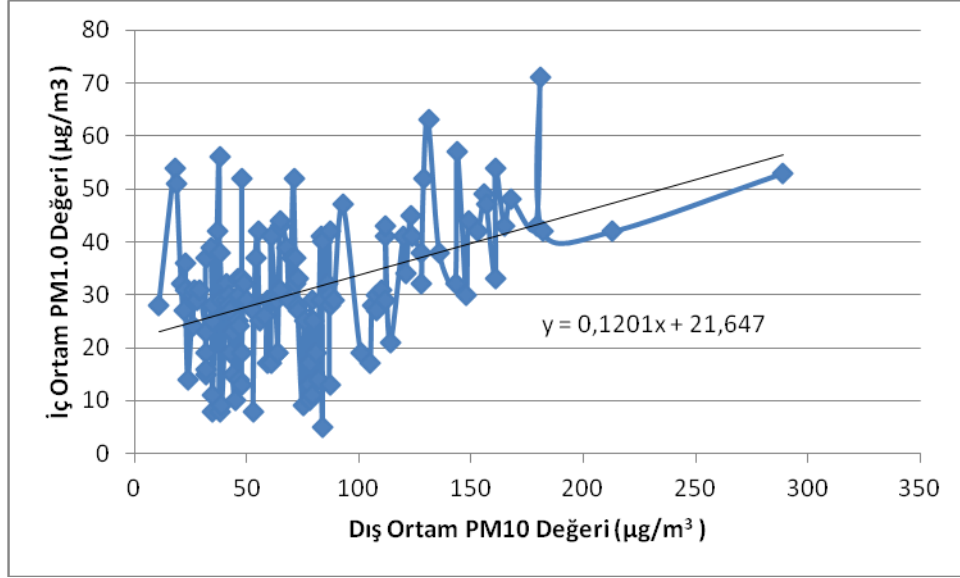
Şekil 4.8. İç ortam bağıl nem değeri ile dış ortam sıcaklık değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam $PM_{0,5}$ değeri ile iç ortam $PM_{5,0}$ değeri arasında korelasyon katsayısı $r = 0,825$ olduğu görülmektedir. Böylece bu parametreler arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu durum partikül maddelerin yüksek düzeyde birbirlerini etkilediğini göstermektedir. Şekil 4.9'da iç ortam $PM_{0,5}$ değeri ile iç ortam $PM_{5,0}$ değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



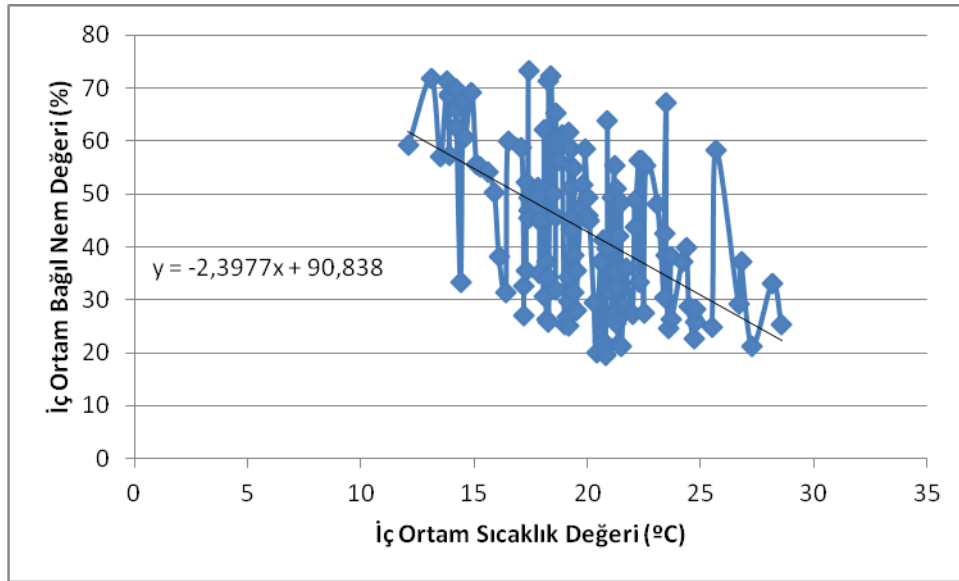
Şekil 4.9. İç ortam $PM_{0,5}$ değeri ile iç ortam $PM_{5,0}$ değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam $PM_{1,0}$ değeri ile dış ortam PM_{10} değeri arasında korelasyon katsayısı $r= 0,447$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında pozitif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.10'da ortam $PM_{1,0}$ değeri ile dış ortam PM_{10} değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



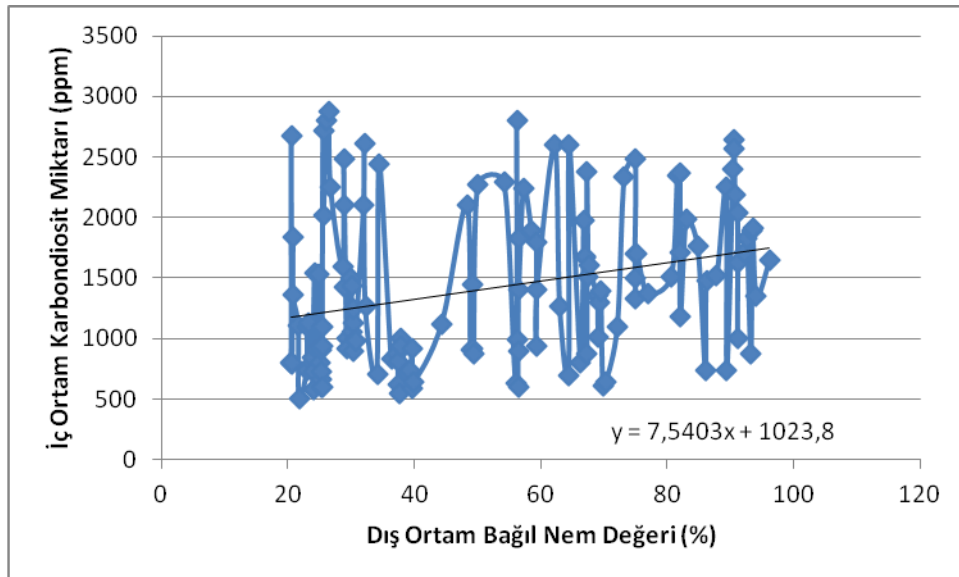
Şekil 4.10. İç ortam $PM_{1,0}$ değeri ile dış ortam PM_{10} değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam bağıl nem değeri arasında korelasyon katsayısı $r= -0,540$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü orta düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık değeri arttıkça havanın taşıyabileceği maksimum nem miktarı artar, bu durum bağıl nem değerinin azalmasına neden olmaktadır. Şekil 4.11'de iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



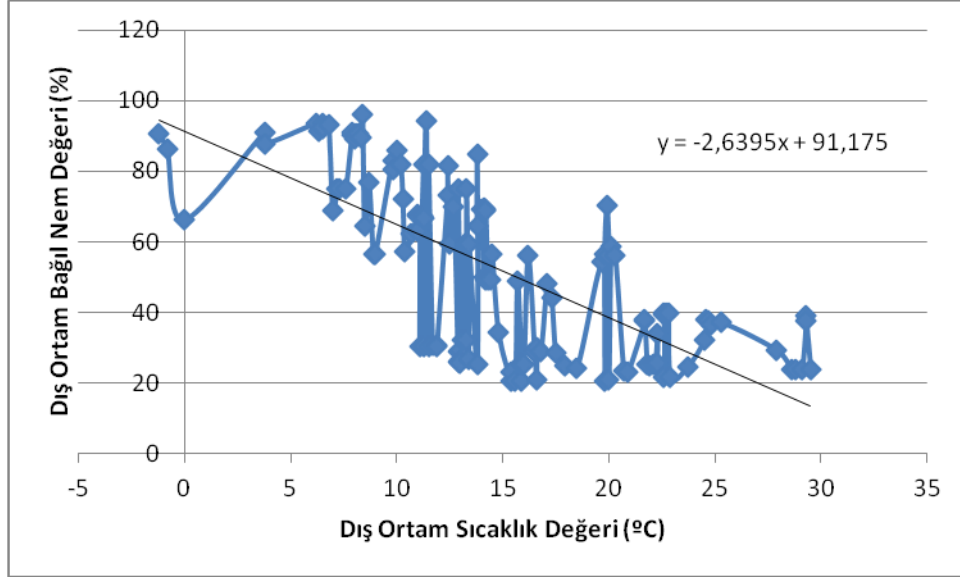
Şekil 4.11. İç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te iç ortam karbondioksit değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasında korelasyon katsayısı $r = 0,287$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında pozitif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.12'de iç ortam karbondioksit (CO_2) değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



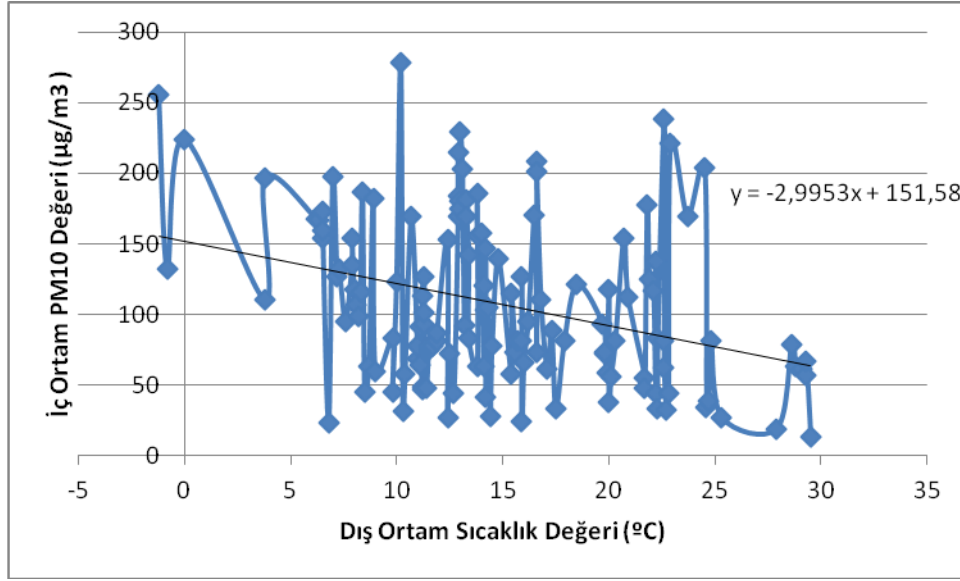
Şekil 4.12. İç ortam CO_2 değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te dış ortam sıcaklık değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,698$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü orta düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.13'te dış ortam sıcaklık değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



Şekil 4.13. Dış ortam sıcaklık değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasındaki ilişki grafiği

Çizelge 4.4'te dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM_{10} değeri arasında korelasyon katsayısı $r = -0,332$ olduğu görülmektedir. Bu durumda parametreler arasında negatif yönlü zayıf düzeyde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.14'te dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM_{10} değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.



Şekil 4.14. Dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM₁₀ değeri arasındaki ilişki grafiği verilmiştir.

4.1. Merkez Yerleşke Ölçümlerinin Analizi

Merkez yerleşkede bulunan Derslik-I ve Derslik-II'nin ölçüm değerleri birlikte ele alınmıştır. Ölçümler Eylül-Mayıs ayları arasında yapılmıştır.

Çizelge 4.5'te iç ve dış ortamda elde edilen değerlerin istatistiksel analizi verilmiştir. Burada; iç ortam sıcaklık değerinin ortalaması 19,45 °C olarak bulunmuştur. Bu değer TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardında verilen 18-24 °C limitleri içerisinde. Ancak ASHRAE, MAK ve Hong Kong'un belirlediği minimum 20 °C değerinin altındadır. Bu durum ısıtma sisteminin yeterli olmaması ve/veya binanın yalıtımsız oluşundan kaynaklanmaktadır. İç ortam bağıl nem değerinin ortalaması ise 42,56% olarak tespit edilmiştir. Bu değer MAK, Kanada ve Hong Kong'un konfor şartlarını sağlamaktadır. Ayrıca ASHRAE belirlediği %30-60 standartları içerisinde. İç ortam CO₂'nin ortalama değeri ise 1494,74 ppm olarak gözlenmiştir ve bu değer ASHRAE tarafından belirlenen 1000 ppm'in üzerindedir. Bu duruma ölçüm alındığı sırada kapı ve pencerelerin kapalı olması ve/veya havalandırma sisteminin olmaması neden olmuştur. İç ortam PM_{2,5} ortalama değeri 47,07 µg/m³'tür. Bu değer Norveç'in belirlediği PM_{2,5} <20 µg/m³ ve Avrupa Birliğinin belirlediği PM_{2,5} <35 µg/m³ standardının üzerindedir. İç ortam PM₁₀ değerinin ise ortalama değeri 111,03 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. Bu değer ASHRAE belirlediği PM₁₀<75 µg/m³ standardının çok üzerindedir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO), TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardının belirlediği sınır değerleri

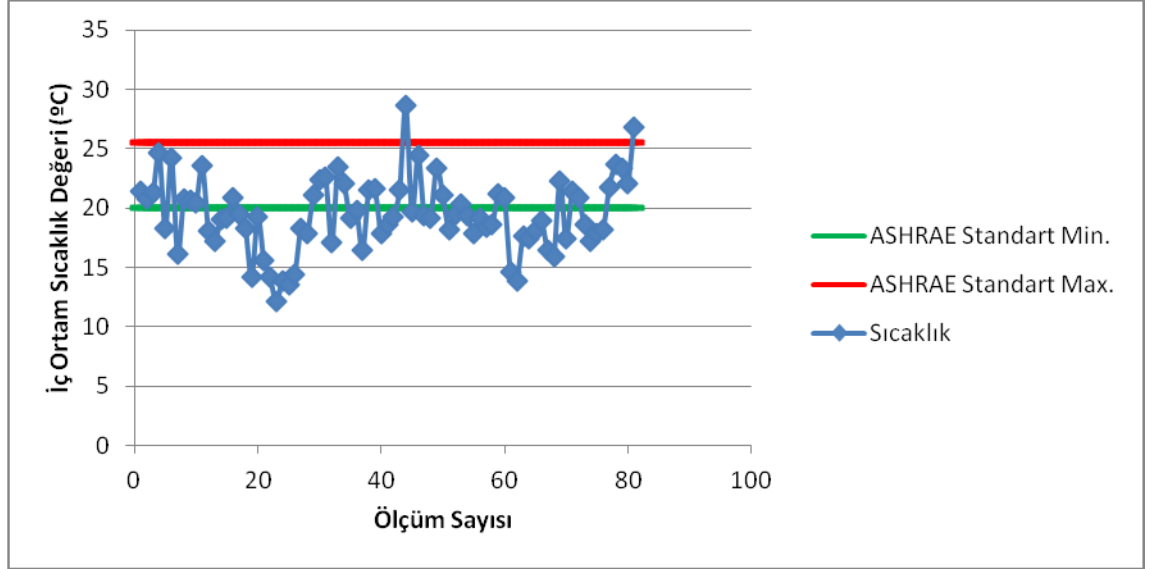
aşmaktadır. Ancak Çin'in belirlediği $PM_{10} < 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile Hong Kong'un 2. düzey $PM_{10} < 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altından kalmaktadır. Buna ek olarak İç/Dış PM_{10} değeri 1,37 olarak hesaplanmıştır. Bu durum iç ortamın dış ortama göre daha kirli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5. Merkez yerleşke ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0.5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM _{5.0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
Ortalama	19,02	19,45	42,56	1494,75	15,95	30,14	47,07	69,86	111,03	14,40	50,76	469,16	80,83
Medyan	19,00	19,30	41,30	1403,00	15,00	29,00	45,00	63,00	95,00	13,80	48,90	454,00	69,00
Standart Sapma	7,343	3,064	14,324	706,038	8,680	12,889	20,446	32,289	64,303	6,114	24,846	70,726	49,389
Minimum	3,00	12,10	19,50	504,00	2,00	5,00	8,00	11,00	13,00	-1,20	20,50	371,00	11,00
Maksimum	34,00	28,60	72,30	2873,00	34,00	71,00	113,00	147,00	278,00	29,50	96,20	661,00	289,00

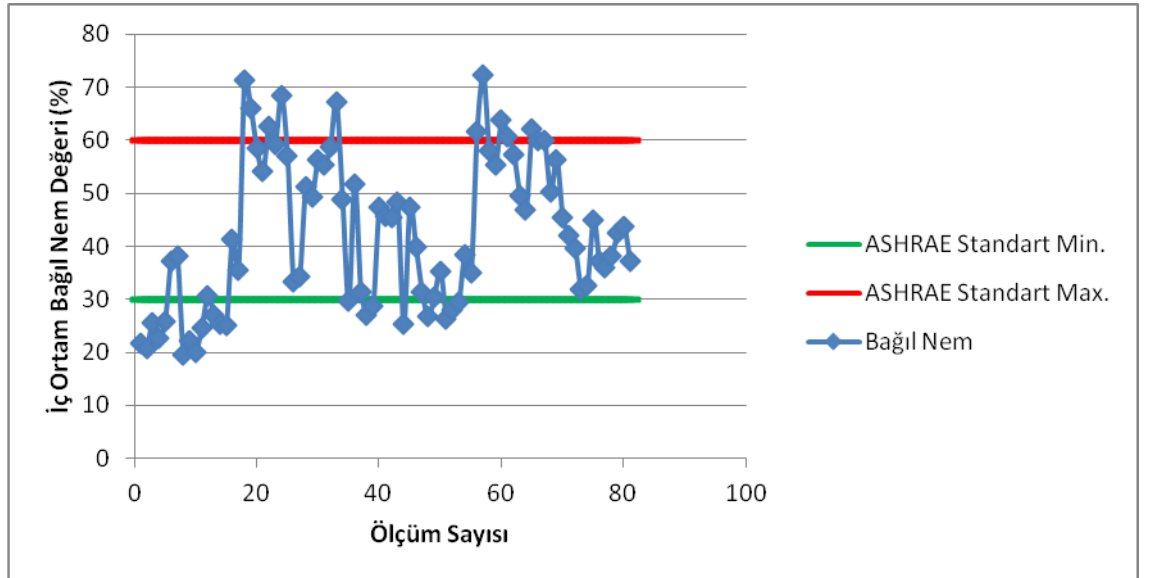
Şekil 4.15-Şekil 4.18 arasında sırasıyla iç ortam sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve PM değişimleri verilmiştir.

Şekil 4.15'te iç ortam sıcaklık değeri ortalama 19,45 °C, minimum 12,10 °C ve maksimum 28,60 °C olarak tespit edilmiştir.



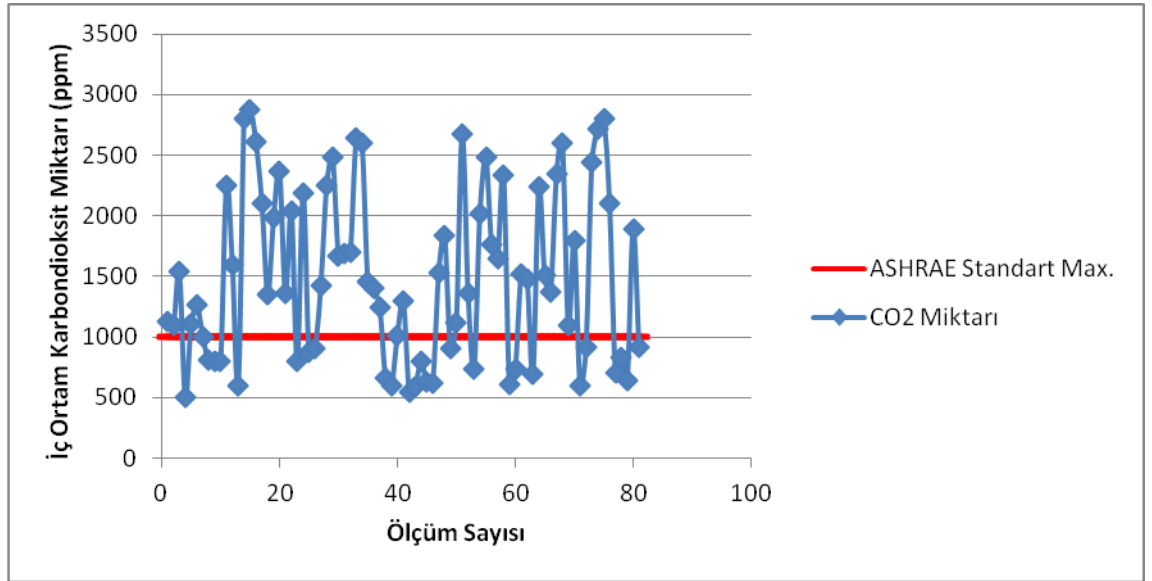
Şekil 4.15. Merkez yerleşke ölçümlerine göre iç ortam sıcaklık değişimi

Şekil 4.16'da iç ortam bağıl nem değeri ortalama 42,56 %, minimum 19,50 % ve maksimum 72,30 % olarak tespit edilmiştir.



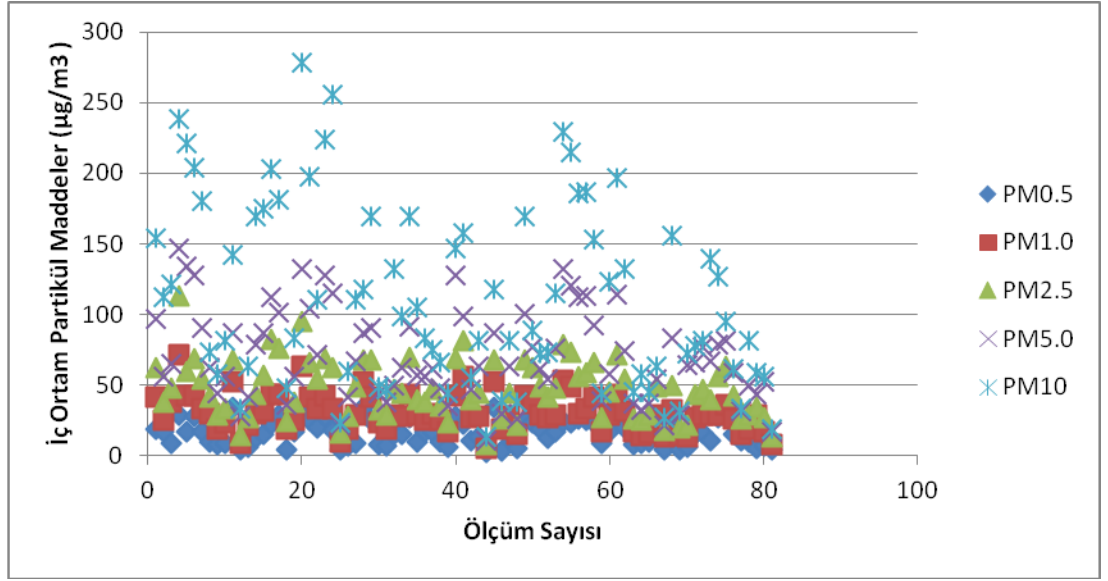
Şekil 4.16. Merkez yerleşke ölçümlerine göre iç ortam bağıl nem değişimi

Şekil 4.17’de iç ortam karbondioksit (CO₂) değeri ortalama 1494,75 ppm, minimum 504,00 ppm ve maksimum 2873,00 ppm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.17. Merkez yerleşke ölçümlerine göre iç ortam karbondioksit değişimi

Şekil 4.18’de iç ortam PM_{0,5} değeri ortalama 15,95 µg/m³, minimum 2,00 µg/m³ ve maksimum 34,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. İç ortam PM₁ değeri ortalama 30,14 µg/m³, minimum 5,00 µg/m³ ve maksimum 71,00 µg/m³ olarak bulunmuştur. İç ortam PM_{2,5} değeri ortalama 47,07 µg/m³, minimum 8,00 µg/m³ ve maksimum 113,00 µg/m³ olarak belirlenmiştir. İç ortam PM_{5,0} değeri ortalama 69,86 µg/m³, minimum 11,00 µg/m³ ve maksimum 147,00 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. İç ortam PM₁₀ değeri ise ortalama 111,03 µg/m³, minimum 13,00 µg/m³ ve maksimum 278,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Merkez yerleşke ölçümlerine göre iç ortam PM değişimi

Çizelge 4.6’da Merkez yerleşkede ölçüm alınan iç hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri tespit edilmiştir. Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre; yüksek derecede, dış ortam bağıl nem ile iç ortam bağıl nem arasında, iç ortam partikül maddeler ($PM_{0.5}$, $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, $PM_{5.0}$, PM_{10}) arasında ve kişi sayısı ile iç ortam CO_2 değeri arasında, pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca orta derecede, dış ortam sıcaklık değerleri ile iç ortam bağıl nem değeri arasında negatif yönlü, dış ortam PM_{10} ile iç ortam PM_{10} değerleri arasında pozitif yönlü ve bir ilişki olduğu belirlenmiştir. İç ortam CO_2 değeri ile iç ortam sıcaklık değeri arasında ise zayıf derecede negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Merkez yerleşkeye ait ölçüm parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
Sıcaklık (İç)	Pearson Correlation	-,093											
	Sig. (2-tailed) N	,411 81											
Bağıl Nem (İç)	Pearson Correlation	,018	-,361*										
	Sig. (2-tailed) N	,870 81	,001 81										
CO ₂ (İç)	Pearson Correlation	,813*	-,252*	,178									
	Sig. (2-tailed) N	,000 81	,023 81	,112 81									
PM _{0,5} (İç)	Pearson Correlation	,286*	-,173	,148	,330*								
	Sig. (2-tailed) N	,010 81	,122 81	,189 81	,003 81								
PM ₁ (İç)	Pearson Correlation	,185	-,062	-,017	,223*	,850*							
	Sig. (2-tailed) N	,098 81	,584 81	,882 81	,045 81	,000 81							
PM _{2,5} (İç)	Pearson Correlation	,243*	-,112	,041	,286*	,887*	,967*						
	Sig. (2-tailed) N	,029 81	,321 81	,714 81	,010 81	,000 81	,000 81						

Çizelge 4.6'nın devamı

Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
PM _{5,0} (İç)	Pearson Correlation	,234*	-,179	,047	,257*	,826*	,875*	,921*					
	Sig. (2-tailed)	,035	,109	,677	,021	,000	,000	,000					
	N	81	81	81	81	81	81	81					
PM ₁₀ (İç)	Pearson Correlation	,286*	-,216	,080	,340*	,750*	,823*	,872*	,941*				
	Sig. (2-tailed)	,010	,052	,478	,002	,000	,000	,000	,000				
	N	81	81	81	81	81	81	81	81				
Sıcaklık (Dış)	Pearson Correlation	-,065	,722*	-,632*	-,324*	-,228*	-,132	-,186	-,191	-,271*			
	Sig. (2-tailed)	,563	,000	,000	,003	,041	,238	,097	,087	,014			
	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81			
Bağıl Nem (Dış)	Pearson Correlation	-,021	-,395*	,935*	,179	,145	,006	,034	,025	,049	-,681*		
	Sig. (2-tailed)	,854	,000	,000	,110	,197	,961	,760	,827	,665	,000		
	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81		
CO ₂ (Dış)	Pearson Correlation	-,231*	-,043	-,052	-,185	-,288*	-,273*	-,245*	-,277*	-,290*	,125	-,013	
	Sig. (2-tailed)	,038	,703	,642	,098	,009	,014	,028	,012	,009	,267	,908	
	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	
PM ₁₀ (Dış)	Pearson Correlation	,067	,114	-,184	,098	,365*	,485*	,491*	,561*	,582*	,185	-,257*	,037
	Sig. (2-tailed)	,550	,311	,101	,385	,001	,000	,000	,000	,000	,099	,021	,746
	N	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81

*Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre anlamlı olan korelasyonlar

Çizelge 4.7’de Merkez yerleşkede bulunan Derslik-I için iç ve dış ortamda elde edilen değerlerin istatistiksel analizi verilmiştir. Burada; iç ortam sıcaklık değerinin ortalaması 19,45 °C olarak tespit edilmiştir. Bu değer, ASHRAE, MAK ve Hong Kong’un belirlediği minimum sınır değerinin altındadır. Fakat TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardında göre konfor bölgesi içerisinde. İç ortam bağıl nem değerinin ortalaması ise 40,92% olarak gözlenmiştir. Bu değer ASHRAE, MAK, Kanada ve Hong Kong’un belirlediği standartlara uygundur. İç ortam CO₂’nin ortalama değeri ise 1436,54 ppm olarak bulunmuştur ve bu değer ASHRAE tarafından belirlenen 1000 ppm’in üzerindedir. İç ortam PM_{2,5} ortalama değeri 49,82 µg/m³’tür. Bu değer Norveç ve Avrupa Birliğinin belirlediği standardın üzerindedir. İç ortam PM₁₀ değerinin ise ortalama değeri 120,97 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bu değer Çin ve Hong Kong’un 2.düzye olarak belirlediği limit değerinin altındadır. Ancak ASHRAE belirlediği 75 µg/m³ standart değerinin çok üzerindedir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO), TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardın belirlediği standartları aşmaktadır.

Çizelge 4.8’de Merkez yerleşkede bulunan Derslik-II için iç ve dış ortamda elde edilen değerlerin istatistiksel analizi verilmiştir. Derslik-II’de elde edilen sonuçların ortalama değerleri Derslik-I ile benzerdir. Burada; iç ortam sıcaklık değerinin ortalaması 19,46 °C’dir ve bu değer TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardında belirlenen standarda uygundur. İç ortam bağıl nem değerinin ortalaması ise 44,73%’dir ve ASHRAE tarafından belirlen %30-60 limit değerler içerindedir. İç ortam CO₂’nin ortalama değeri ise 1571,25 ppm olarak bulunmuştur. Bu değer ASHRAE tarafından belirlenen 1000 ppm’i aşmaktadır. İç ortam PM_{2,5} ortalama değeri 43,45 µg/m³’tür. Bu değer Norveç ile Avrupa Birliğinin belirlediği maksimum sınır değeri geçmektedir. İç ortam PM₁₀ değerinin ise ortalama değeri 97,97 µg/m³ olarak bulunmuştur. Bu değer ASHRAE tarafından belirlenen üst değeri aşmaktadır. Ancak TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardında verilen 100 µg/m³ değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Derslik-I ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
Ortalama	19,08	19,45	40,92	1436,54	16,32	32,54	49,82	73,23	120,97	14,23	48,67	467,63	82,73
Medyan	19,00	19,40	39,00	1328,50	16,00	30,00	47,00	64,00	111,00	13,40	37,55	454,50	75,50
Standart Sapma	6,497	3,359	15,403	705,851	9,331	13,886	22,082	33,920	67,494	6,405	25,577	72,002	46,661
Minimum	6,00	12,10	19,50	504,00	2,00	5,00	8,00	11,00	13,00	-1,20	20,50	371,00	11,00
Maksimum	32,00	28,60	71,30	2873,00	34,00	71,00	113,00	147,00	278,00	29,50	94,10	659,00	213,00

Çizelge 4.8. Derslik-II ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Ortalama	18,94	19,46	44,73	1571,25	15,45	27,00	43,45	65,42	97,97	14,64	53,51	471,17	78,34
Medyan	21,00	19,10	42,50	1520,00	15,00	29,00	44,00	63,00	81,00	14,50	56,40	453,00	61,00
Standart Sapma	8,425	2,675	12,658	709,149	7,849	10,849	17,733	29,910	58,229	5,793	23,939	70,006	53,353
Minimum	3,00	13,90	26,30	598,00	4,00	8,00	13,00	17,00	19,00	-,80	20,60	381,00	23,00
Maksimum	34,00	26,80	72,30	2800,00	27,00	53,00	79,00	132,00	229,00	27,90	96,20	661,00	289,00

4.2. Batı Raman Yerleşkesi Ölçümlerinin Analizi

Batı Raman yerleşkesinde bulunan Derslik-III ve Derslik-IV birlikte değerlendirilmiştir. Bu yerleşkede ölçümler, 2014 yılının Şubat-Mayıs ayları arasında alınmıştır.

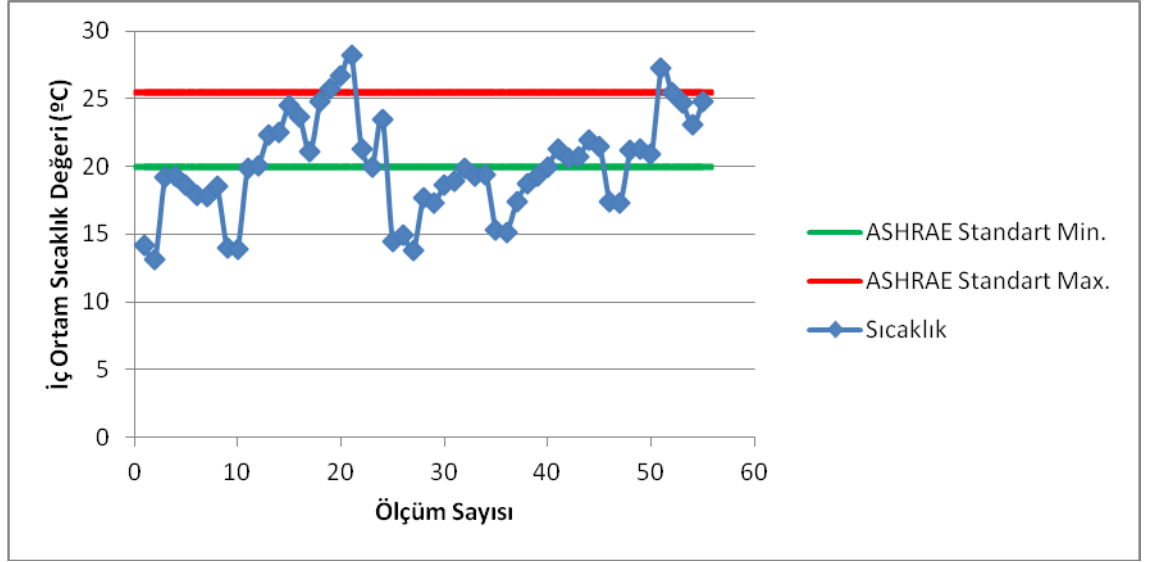
Çizelge 4.9'da iç ve dış ortam ölçüm verilerinin istatistiksel analizi verilmiştir. Bu analiz değerleri incelendiğinde; iç ortam sıcaklık ortalama değeri 20,00 °C olarak belirlenmiştir. Bu değer TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardında verilen 18-24 °C değeri sınır şartlarının arasındadır. Ancak ASHRAE, MAK ve Hong Kong'un belirlediği minimum değerle eşittir. Dersliklerde merkezi iklimlendirme sisteminin bulunmaması sıcaklık değerinin konfor bölgesinin dışında kalmasına sebebiyet vermektedir. İç ortam bağıl nem ortalama değeri ise 45,23% olarak bulunmuştur. Bu değer kabul edilebilir iç hava kalitesindedir. İç ortam karbondioksit değeri 578-2573 ppm arasında değişmektedir ve ortalama değeri 1299,34 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değer ASHRAE tarafından belirlenen 1000 ppm'in üzerinde olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler standardına göre 800 ppm ve yine OSHA tarafından belirlenen 2.düzye 800 ppm değerini aştığı belirlenmiştir. Bu durum havalandırma sistemi bulunmayan dersliklerin ders esnasında veya ders aralarında yeteri oranda havalandırılmadığını göstermektedir. İç ortam PM₁₀ ortalama değeri ise 101,29 µg/m³ olduğu tespit edilmiştir. Bu değer ASHRAE tarafından belirlenen PM₁₀<75 µg/m³ standardının üzerindedir. Ayrıca İngiltere'nin belirlediği PM₁₀<50 µg/m³, WHO'nun belirlediği PM₁₀<20 µg/m³ ve Hong Kong'un belirlediği 1.düzye PM₁₀<20 µg/m³ değerlerini aşmaktadır. Buna ek olarak iç ortam PM_{2,5} ortalama değeri ise 50,29 µg/m³'tür. Bu değer Norveç'in belirlediği PM_{2,5} <20 µg/m³ ve Avrupa Birliğinin belirlediği PM_{2,5} <35 µg/m³ standardını aşmaktadır. Bu değerlerin yüksek olması öğrencilerden ve hareketlilikten kaynaklanmaktadır. Ayrıca İç/Dış PM₁₀ değeri 1,45 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.9. Batı Raman yerleşkesi ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0.5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM _{5.0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Ortalama	18,60	20,00	45,23	1299,34	15,98	31,78	50,29	69,32	101,29	15,50	53,74	460,36	69,61
Medyan	19,00	19,90	45,90	1101,00	17,00	32,00	51,00	70,00	92,00	14,10	50,10	452,00	61,00
Standart Sapma	5,974	3,673	15,320	520,929	7,839	12,062	18,705	24,705	48,354	6,971	24,061	69,533	41,976
Minimum	3,00	13,10	21,10	578,00	3,00	8,00	14,00	21,00	24,00	6,20	23,90	342,00	18,00
Maksimum	29,00	28,20	73,30	2573,00	33,00	57,00	84,00	117,00	208,00	29,30	93,50	633,00	168,00

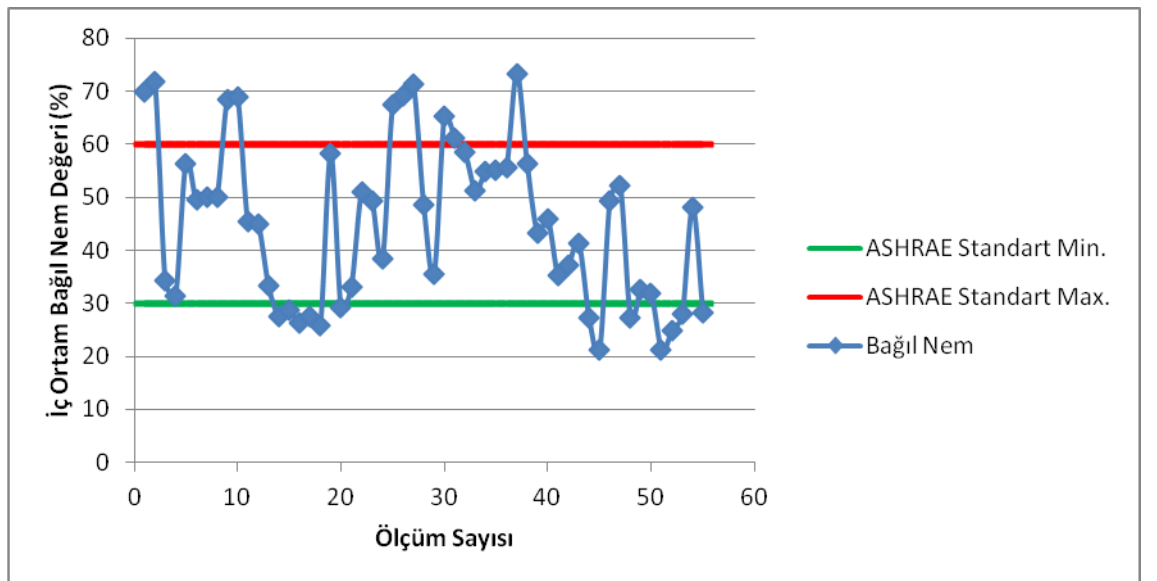
Şekil 4.19-Şekil 4.22 arasında sırasıyla iç ortam sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit ve PM değişimleri verilmiştir.

Şekil 4,19'da iç ortam sıcaklık değeri ortalama 20,00 °C, minimum 13,10 °C ve maksimum 28,20 °C olarak tespit edilmiştir.



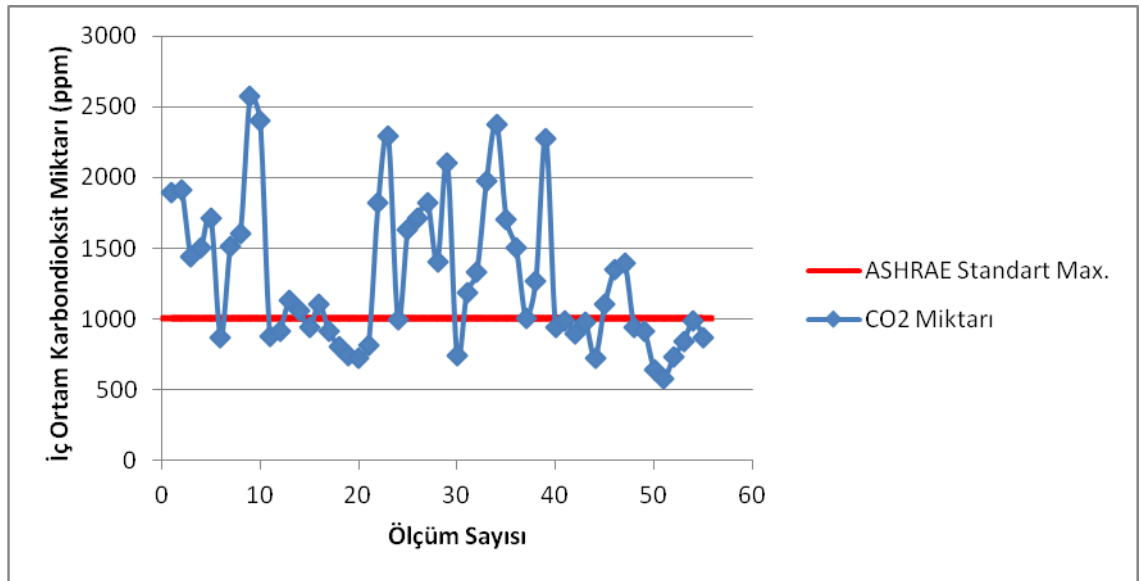
Şekil 4.19 Batı Raman yerleşkesi ölçümlerine göre iç ortam sıcaklık değişimi

Şekil 4.20'de iç ortam bağıl nem değeri ortalama 42,23 %, minimum 21,10 % ve maksimum 73,30 % olarak tespit edilmiştir.



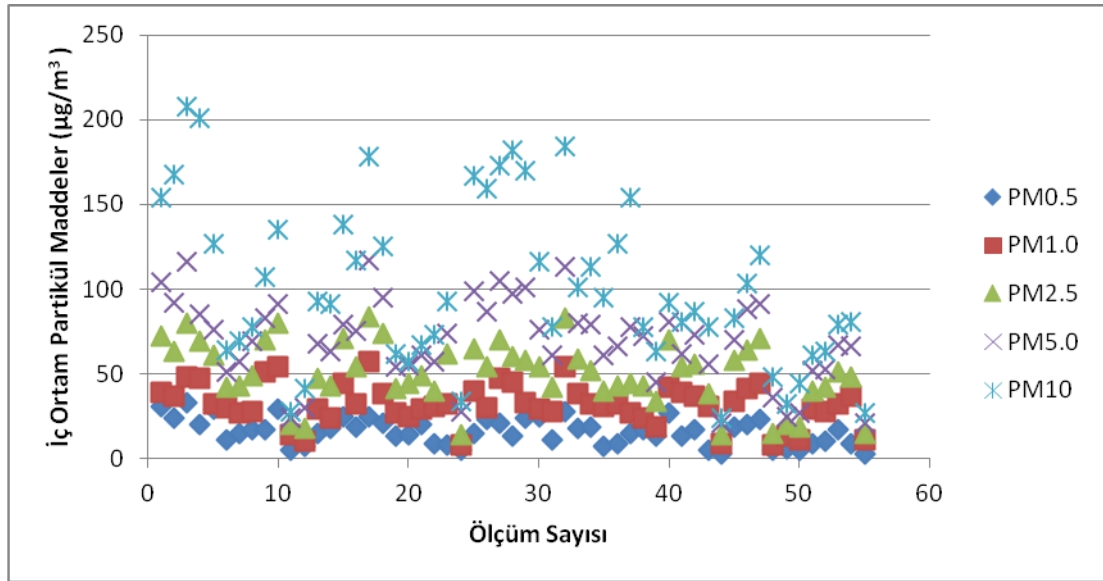
Şekil 4.20. Batı Raman yerleşkesi ölçümlerine göre iç ortam bağıl nem değişimi

Şekil 4.21’de iç ortam karbondioksit (CO₂) değeri ortalama 1494,75 ppm, minimum 504,00 ppm ve maksimum 2873,00 ppm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Batı Raman yerleşkesi ölçümlerine göre iç ortam karbondioksit değişimi

Şekil 4.22’de iç ortam PM_{0,5} değeri ortalama 15,98 µg/m³, minimum 3,00 µg/m³ ve maksimum 33,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir. İç ortam PM₁ değeri ortalama 31,78 µg/m³, minimum 8,00 µg/m³ ve maksimum 57,00 µg/m³ olarak bulunmuştur. İç ortam PM_{2,5} değeri ortalama 50,29 µg/m³, minimum 14,00 µg/m³ ve maksimum 84,00 µg/m³ olarak belirlenmiştir. İç ortam PM_{5,0} değeri ortalama 69,32 µg/m³, minimum 21,00 µg/m³ ve maksimum 117,00 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. İç ortam PM₁₀ değeri ise ortalama 101,29 µg/m³, minimum 24,00 µg/m³ ve maksimum 208,00 µg/m³ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.22. Batı Raman yerleşkesi ölçümlerine göre iç ortam PM değişimi

Çizelge 4.10'da Batı Raman yerleşkesinde ölçüm alınan iç hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri tespit edilmiştir. Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre; yüksek derecede, dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam sıcaklık değeri arasında ve iç ortam partikül maddeler ($PM_{0,5}$, $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$, $PM_{5,0}$, PM_{10}) arasında pozitif yönlü, dış ortam sıcaklık değeri ile dış ortam bağıl nem değeri arasında ise negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. Buna ek olarak orta derecede, iç ortam CO_2 değeri ile dış ortam bağıl nem ve kişi sayısı arasında pozitif yönlü, iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam PM_{10} arasında negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca zayıf derecede, dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam partikül maddeler ($PM_{0,5}$, $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$, $PM_{5,0}$, PM_{10}) arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Batı Raman yerleşkesine ait ölçüm parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem dereceleri

Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
Sıcaklık (İç)	Pearson Correlation	-,226											
	Sig. (2-tailed) N	,096 55											
Bağıl Nem (İç)	Pearson Correlation	,244	-,774*										
	Sig. (2-tailed) N	,073 55	,000 55										
CO ₂ (İç)	Pearson Correlation	,674*	-,686*	,568*									
	Sig. (2-tailed) N	,000 55	,000 55	,000 55									
PM _{0,5} (İç)	Pearson Correlation	,129	-,306*	,281*	,333*								
	Sig. (2-tailed) N	,349 55	,023 55	,038 55	,013 55								
PM ₁ (İç)	Pearson Correlation	,184	-,350*	,291*	,388*	,717*							
	Sig. (2-tailed) N	,179 55	,009 55	,031 55	,003 55	,000 55							
PM _{2,5} (İç)	Pearson Correlation	,197	-,337*	,287*	,406*	,851*	,952*						
	Sig. (2-tailed) N	,149 55	,012 55	,034 55	,002 55	,000 55	,000 55						

Çizelge 4.10'un devamı

Parametre		Kişi Sayısı	Sıcaklık (İç)	Bağıl Nem (İç)	CO ₂ (İç)	PM _{0,5} (İç)	PM ₁ (İç)	PM _{2,5} (İç)	PM _{5,0} (İç)	PM ₁₀ (İç)	Sıcaklık (Dış)	Bağıl Nem (Dış)	CO ₂ (Dış)
PM _{5,0} (İç)	Pearson Correlation	,240	-,443*	,373*	,443*	,830*	,888*	,942*					
	Sig. (2-tailed)	,077	,001	,005	,001	,000	,000	,000					
	N	55	55	55	55	55	55	55					
PM ₁₀ (İç)	Pearson Correlation	,202	-,510*	,375*	,432*	,738*	,785*	,818*	,915*				
	Sig. (2-tailed)	,138	,000	,005	,001	,000	,000	,000	,000				
	N	55	55	55	55	55	55	55	55				
Sıcaklık (Dış)	Pearson Correlation	-,038	,875*	-,766*	-,544*	-,287*	-,304*	-,289*	-,392*	-,443*			
	Sig. (2-tailed)	,784	,000	,000	,000	,034	,024	,032	,003	,001			
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55			
Bağıl Nem (Dış)	Pearson Correlation	,253	-,794*	,949*	,559*	,286*	,258	,270*	,342*	,340*	-,745*		
	Sig. (2-tailed)	,062	,000	,000	,000	,034	,057	,046	,011	,011	,000		
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
CO ₂ (Dış)	Pearson Correlation	,073	,154	-,240	,009	-,063	-,151	-,120	-,116	-,048	,315*	-,132	
	Sig. (2-tailed)	,596	,262	,077	,950	,649	,271	,381	,399	,726	,019	,336	
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
PM ₁₀ (Dış)	Pearson Correlation	-,015	,156	-,303*	-,083	,440*	,412*	,477*	,502*	,567*	,311*	-,324*	,310*
	Sig. (2-tailed)	,914	,256	,025	,549	,001	,002	,000	,000	,000	,021	,016	,021
	N	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

*Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre anlamlı olan korelasyonlar

Çizelge 4.11’de Batı Raman yerleşkesinin Fen-Edebiyat Fakültesi’nde bulunan Derslik-III için iç ve dış ortam ölçüm verilerinin istatistiksel analizi verilmiştir. Bu analiz değerleri incelendiğinde; iç ortam sıcaklık ortalama değeri 20,45 °C olarak bulunmuştur. Bu değer ASHRAE, MAK, Hong Kong ve TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardı tarafından belirlenen sınır değerler içerisindedir. İç ortam bağıl nem ortalama değeri ise 44,26% olarak gözlenmiştir. Bu değer konfor bölgesi içerindedir. İç ortam karbondioksit ortalama değeri 1356,04 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu değer ASHRAE, OSHA ve TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler standardının belirlediği limit değerinin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. İç ortam PM_{2,5} ortalama değeri ise 50,29 µg/m³’tür. Bu değer Norveç’in belirlediği PM_{2,5} <20 µg/m³ ve Avrupa Birliği’nin belirlediği PM_{2,5} <35 µg/m³ standardını aşmaktadır. İç ortam PM₁₀ ortalama değeri ise 104,50 µg/m³ olduğu ve ASHRAE tarafından belirlenen PM₁₀<75 µg/m³’lük değeri aştığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.12’de Batı Raman yerleşkesinin Mühendislik-Mimarlık Fakültesi’nde bulunan Derslik-IV için iç ve dış ortam ölçüm verilerinin istatistiksel analizi verilmiştir. Bu analiz değerleri incelendiğinde; iç ortam sıcaklık ortalama değeri 19,66 °C olarak bulunmuştur. Bu değer ASHRAE, MAK, Hong Kong tarafından verilen sınır değerinin altındadır. İç ortam bağıl nem ortalama değeri ise 47,75% olarak gözlenmiştir. İç ortam karbondioksit ortalama değeri 1255,45 ppm olarak gözlenmiştir. İç ortam PM_{2,5} ortalama değeri 47,61 µg/m³ ve iç ortam PM₁₀ ortalama değeri ise 98,80 µg/m³ olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Derslik-III ölçümlerine ait istatistiksel değerler

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Ortalama	19,25	20,45	44,56	1356,04	17,91	33,04	53,75	71,00	104,50	16,27	51,54	454,12	73,29
Medyan	19,50	20,05	45,10	1117,00	17,50	31,50	51,50	71,50	93,00	15,50	44,25	445,00	58,50
Standart Sapma	5,972	4,131	15,243	561,341	8,176	12,794	19,715	24,981	51,252	6,930	24,277	62,854	47,801
Minimum	5,00	13,10	25,80	720,00	5,00	8,00	14,00	24,00	28,00	6,20	25,10	366,00	18,00
Maksimum	28,00	28,20	71,80	2573,00	33,00	57,00	84,00	117,00	208,00	29,30	93,50	603,00	168,00

Çizelge 4.12. Derslik-IV ölçümlerine ait istatistiksel değer

Parametre	İç Ortam									Dış Ortam			
	Kişi Sayısı	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM _{0,5} (µg/m ³)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)	PM _{5,0} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	CO ₂ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Ölçüm Sayısı(N)	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Ortalama	18,09	19,66	45,75	1255,45	14,48	30,80	47,61	68,03	98,80	14,90	55,45	465,19	66,77
Medyan	18,00	19,40	48,20	1101,00	15,00	32,00	51,00	70,00	87,00	12,90	56,50	465,00	61,00
Standart Sapma	6,024	3,306	15,612	492,259	7,352	11,582	17,743	24,824	46,692	7,057	24,152	74,957	37,425
Minimum	3,00	13,80	21,10	578,00	3,00	8,00	14,00	21,00	24,00	6,30	23,90	342,00	21,00
Maksimum	29,00	27,30	73,30	2378,00	28,00	54,00	83,00	113,00	184,00	29,10	92,60	633,00	161,00

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Batman Üniversitesi dersliklerinde 2013 Eylül-2014 Mayıs ayları arasında iç hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Merkez yerleşkede bulunan Derslik-I ve Derslik-II ile Batı Raman yerleşkesinde bulunan Derslik-III ve Derslik-IV'te yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel analizi ve diğer ülke standartları ile karşılaştırılması aşağıda irdelenmiştir.

İç ortam sıcaklıkları ortalama değerinin 19,68 °C olduğu ve 12,10 °C - 28,60 °C arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklık değerinin TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardına uyduğu ancak ASHRAE, MAK ve Hong Kong'un belirlediği standartların altında kaldığı belirlenmiştir. Bahar dönemi ortalama sıcaklık değerinin iç hava sıcaklığı konfor şartlarını sağladığı görülürken kış dönemi ortalama sıcaklık değerinin (15,95°C) belirlenen standartların altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu durum kış aylarında merkezi ısıtma sisteminin yetersiz olduğunu göstermektedir. İç ortam konfor şartlarının sağlanabilmesi için dersliklerde verimli bir merkezi ısıtma sisteminin kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

İç ortam bağıl nem ortalama değerinin 43,64 % olduğu ve 19,50 % - 73,30 % arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bahar ve kış dönemlerinin kapsayacak şekilde ortalama bağıl nem değerinin ASHRAE belirlediği %30-60 standartlar içerisinde olduğu görülmektedir. Ayrıca MAK, Kanada ve Hong Kong'un belirlediği konfor şartlarını sağlamaktadır. Kış dönemi iç ortam bağıl neminin bahar dönemine göre nispeten daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu durum kış aylarında dış ortam havasında ki yüksek nem oranının iç ortam bağıl nemini önemli derecede etkilediğinin ve ısıtma sisteminin yetersiz oluşunun göstergesidir. İç ortam nem oranını konfor şartlarında tutabilmek için etkili bir iklimlendirme sisteminin kurulması gerekmektedir.

İç ortam karbondioksit (CO₂) ortalama değerinin 1415,72 ppm olduğu ve 504 – 2873 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bahar ve kış dönemlerinin kapsayacak şekilde ortalama karbondioksit değerinin ASHRAE tarafından belirlenen 1000 ppm sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Hong Kong ve TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler standartlarını aştığı belirlenmiştir. Bu durum dersliklerde herhangi bir havalandırma sisteminin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Buna karşılık Kanada'nın belirlemiş olduğu 3500 ppm değerinin hiçbir ölçümde aşılmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak kış dönemi karbondioksit değeri bahar dönemine oranla daha yüksek çıkmıştır. Bu duruma kış aylarında

dersliklerde pencere ve kapıların sürekli kapalı olması neden olmaktadır. Bahar aylarında karbondioksit değerindeki düşüş yetersizde olsa dersliklerin havalandırıldığını göstermektedir. Karbondioksit değerinin mevcut standart değerleri aşmaması için dersliklere havalandırma sistemi kurulmalı ve iç ortama yeterli oranda taze ve temiz hava verilmelidir.

İç ortam $PM_{2,5}$ ortalama değerinin $48,37 \mu g/m^3$ olduğu ve $8 - 113 \mu g/m^3$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ortalama $PM_{2,5}$ değerinin Norveç'in belirlediği $PM_{2,5} < 20 \mu g/m^3$ ve Avrupa Birliğinin belirlediği $PM_{2,5} < 35 \mu g/m^3$ sınır değerlerini aştığı tespit edilmiştir. İç ortam PM_{10} ortalama değerinin ise $107,09 \mu g/m^3$ ve $13 - 278 \mu g/m^3$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama PM_{10} değerinin ASHRAE tarafından belirlenen $PM_{10} < 75 \mu g/m^3$ sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca İngiltere'nin belirlediği $PM_{10} < 50 \mu g/m^3$, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun belirlediği $PM_{10} < 20 \mu g/m^3$, Hong Kong'un belirlediği 1.düzyer $PM_{10} < 20 \mu g/m^3$ ve TS 12281 Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler Standardın belirlediği $100 \mu g/m^3$ değerlerini aştığı belirlenmiştir. Fakat bu değer Çin'in belirlediği $PM_{10} < 150 \mu g/m^3$ değeri ile Hong Kong'un 2.düzyer $PM_{10} < 180 \mu g/m^3$ sınır değerlerinin altında kalmıştır. Buna ek olarak İç/Dış PM_{10} değeri 1,40 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1'den büyük olması iç ortam partikül madde miktarının dış ortam partikül madde miktarına göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kapı ve pencerelerin genellikle kapalı olduğu kış aylarında ölçülen iç ortam ortalama PM_{10} değerinin, bahar aylarına oranla daha yüksek çıkması bu durumu destekler niteliktedir. Ayrıca şehir merkezinde bulunan Merkez yerleşkede iç ortam PM_{10} ortalama değeri, Batı Raman yerleşkesine oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum trafik ve ısınmadan kaynaklanan emisyon kirleticilerinin sonucudur. İç ortam partikül madde miktarını kontrol altına almak için dersliklerde hava temizleyici cihazlar kullanılmalıdır.

Son olarak bu çalışmada SPSS 17 istatistik programı kullanılarak iç hava kalitesi parametreleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayıları ve önem seviyeleri tespit edilmiştir. Önem seviyesi $\alpha=0,05$ göre; kişi sayısı ile iç ortam CO_2 değeri arasında, dış ortam bağıl nem ile iç ortam bağıl nem arasında ve iç ortam partikül maddeler ($PM_{0,5}$, $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$, $PM_{5,0}$, PM_{10}) arasında yüksek derecede pozitif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. Ayrıca orta derecede, dış ortam PM_{10} ile iç ortam $PM_{5,0}$, PM_{10} değerleri arasında pozitif yönlü ve iç-dış ortam, sıcaklık değerleri ile bağıl nem değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak zayıf derecede, dış ortam PM_{10} ile iç ortam $PM_{0,5}$, $PM_{1,0}$, $PM_{2,5}$ değerleri arasında, dış ortam

bağıl nem ile iç ortam CO₂ değeri arasında pozitif yönlü, iç ortam sıcaklık değeri ile iç ortam CO₂, PM₁₀ değerleri arasında ve dış ortam sıcaklık değeri ile iç ortam CO₂, PM_{5.0}, PM₁₀ değerleri arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Kişi sayısı ile iç ortam PM_{0.5}, PM_{1.0}, PM_{2.5}, PM_{5.0} arasında ise çok zayıf derecede negatif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

İç ortam hava kirleticileri eğitim ve öğretim kurumlarında öğrenci ve personelin sağlık, huzur ve performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle bu kirleticilerin tespit edilmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Aşağıda bu kirleticileri önlemek amacıyla bazı temel öneriler sunulmuştur.

İç ortam sıcaklık ve nem değerini konfor bölgesi sınırlarında tutabilmek için merkezi ısıtma ve iklimlendirme sisteminin kurulması gerekmektedir.

İç ortam partikül maddelerin konsantrasyon değerlerini azaltmak için dersliklerde hava temizleyicilerinin kullanılması ve dersliklerin düzenli bir şekilde temizlenmesi gerekmektedir.

İç ortam kirleticilerinin seyreltilmesi ve iç ortama yeterli oranda temiz hava verilebilmesi için dersliklere merkezi havalandırma sisteminin kurulması ve bu sisteme yardımcı olacak bir CO₂ sensörünün konulması gerekmektedir. Herhangi bir havalandırma sistemi bulunmayan dersliklerde ise doğal havalandırmanın iyi yapılması ve vasistas tipi pencere kullanılması önerilmektedir.

İç hava kalitesi ölçümlerinin doğru tespiti için sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit, partikül maddelere ek olarak hava hızı, uçucu organik bileşikler, azot oksitler, karbon monoksit, ozon, kükürt dioksit, radon ve formaldehitler gibi parametrelerinde incelenmesi gerekmektedir.

Eğitim ve öğretim kurumlarının mümkün mertebede şehir merkezinin dışına inşa edilmesi gerekmektedir. Bu durum yerleşim alanı içerisinde kaynaklanan, kışın ısınma amaçlı hava kirliliğine ve trafikten kaynaklanan egzoz gazlarına maruziyeti azaltmış olacaktır. Yeni inşa edilecek olan binaların ise her açıdan iyi ışık alabilmesi sağlanmalıdır.

Ülkemizde iç hava kalitesi ile ilgili herhangi bir yasal düzenleme bulunmamaktadır. İç ortam hava kirliliğinin insanlar üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığı zaman iç hava kalitesi standartlarının belirlenmesi ve kişilere iç hava kalitesi konusunda eğitimler verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Evren, H., Kurt, L., Düzenli, S., 2000, Çevre Kirliliği Çevre Biyolojisi, *Palme Yayın Dağıtım Yayınevi*, Ankara, 80 – 85, 96 99, 255 – 256.
- Aksakal, B. N., 2009, Ankara İlinde İki Okulda Solunan Havada Mantar Varlığı CO, CO₂, Formaldehit ve Toluen Düzeyleri ile Öğrencilerde İlgili Olabilecek Yakınmaların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, , *Hacettepe Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çevre Hekimliği Programı*, Ankara.
- Alptekin, O., 2007, Binalarda İç Hava Kalitesi Ve Toz Partiküllerinin İç Mekan Hava Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı*, Ankara.
- Andy, T., Chan, M., Chung, W., 2003, Indoor-Outdoor Air Quality Relationship in Vehicle: Effect Of Driving Environment And Ventilation Modes”, *Atmospheric Environment* vol.37.
- Anonim,1986, 287 sayılı Çevre Kanunu, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği”, *Resmi Gazete, s.1-5.*, 2 Kasım.
- Anonim, 1997a, ASRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Havada Bulunan Kirletici Maddeler, TTMD yayını.
- Anonim, 1997b, TS 12281, Çevre Sağlığı-Kapalı Ortam Havası ile İlgili Tedbirler.
- Anonim, 2001, ISISAN, Klima Tesisatı Kitabı, Isısan Firması Yayınları.
- Anonim, 2002, TS CR 1752/Nisan, Havalandırma-Binalar İçin-Bina İçi Ortamlar İçin Tasarım Kuralları.
- Anonim, 2006, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava Kirliliğine Genel Bakış, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi, Ankara, 16-40.
- Anonim, 2010a, Türkiye'nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 811, Ankara.
- Anonim, 2012a, <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11.12.2012]
- Anonim, 2012b, Hava Kirliliğine Genel Bakış <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf> [Ziyaret Tarihi: 23.12.2012] Ankara.
- Anonim, 2013a, Turkey Statistical Institute Records, [Online] Available from URL: <http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.doc> [Ziyaret tarihi: 18.10.2013]
- Anonim, 2014a, Enerji ve Sağlık, <http://www.emo.org.tr/resimler/ekler> [Ziyaret Tarihi:17.01.2014]

- Anonim, 2014b, Hava Kirliliği, <http://www.turkiyeklinikleri.com/journal/akciger-arsivi/1309-0119/issue-list/tr-index.html> [Ziyaret Tarihi:11.03.2014]
- Anonim, 2014c, Kapalı Bir Ortamdaki Hava Sağlığımızı Nasıl Etkiliyor? www.bcm.org.tr. [Ziyaret Tarihi:15.02.2014].
- Anonymous, 1994, U.S. Environmental Protection Agency, “Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals, *EPA*, USA, 8-10.
- Anonymous, 1995, U.S. Environmental Protection Agency, The Inside Story: A guide to Indoor Air Quality, *EPA*, USA, 1-7.
- Anonymous, 1996, U.S. Environmental Protection Agency, Protect Your Family and Yourself from Carbon Monoxide Poisoning, *EPA*, USA, 1-5.
- Anonymous, 1997, U.S. Environmental Protection Agency, An Office Building Occupant’s Guide to Indoor Air Quality, *EPA*, USA, 1-5.
- Anonymous, 1999, <http://www.epa.gov/iaq/schools/tfs/iaqback.html>“Article-IAQ Bacgrounder. [Ziyaret Tarihi:12.04.2013].
- Anonymous, 2000, World Health Organisation (WHO), Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, *Regional Publications, European Series No. 91*, Copenhagen.
- Anonymous, 2003a, ASHRAE HandbookCD, *2001 Fundamentals, Chapter 12: Air Contaminants*, Atlanta, USA
- Anonymous, 2003b, ASHRAE HandbookCD, *2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health*, Atlanta, USA.
- Anonymous, 2003c, ASHRAE HandbookCD, *2001 Fundamentals, Chapter 8: Thermal Comfort*, Atlanta, USA.
- Anonymous, 2007, 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.
- Anonymous, 2013a, Environmental Protection Agency, Environmental Hazards in the Home [Online] <http://www.hsh.com/pamphlets/hazards.html> [Ziyaret tarihi: 16.11.2013].
- Anonymous, 2013b, Indoor Air Quality Assessment, http://www.mass.gov/EeoHhs2/docs/dph/environmental/iaq/north_attleborough_mes_2013.doc [Ziyaret Tarihi:01.09.2013].
- Anonymous, 2013c, Indoor Air Quality Standards for Offices and Classrooms, www.ehs.concordia.ca/about/answers/faq.aiquality1.shtml [Ziyaret Tarihi:05.10.2013].

- Anonymous, 2014a, www.epa.gov/iaq [Ziyaret Tarihi:24.04.2014].
- Anonymous, 2014b, ASHRAE Standard <http://xp20.ashrae.org/STANDARDS/standa.htm>, [Ziyaret Tarihi:21.03.2014].
- Anonymous, 2014c, School Indoor Air Quality Best Management Practices Manual, www.doh.wa.gov/ehp/ts/iaq.htm. [Ziyaret Tarihi:12.03.2014].
- Assimakopoulos, V. D., and Helmis C. G., 2004, On The Study of a Sick Building: The Case of Athens Air Traffic Control Tower, *Energy and Buildings*, 36: 15-22.
- Bahnfelth, N., 1998, Heating Piping Air Conditioning, *Mc Graw Hill*.
- Bayer, C. W., Crow A., Fischer, J., 2000, Causes of Indoor Air Quality Problems in Schools, Energy Division Oak Ridge National Laboratory And U.S. *Department of Energy*.
- Berberoğlu, U., ve Motör, D., 2011, Edirne de Bir Dokuma Konfeksiyon İşletmesinde İç Ortam Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
- Betuz, N. E., 2012, Assessment of Indoor Air Quality in Crowded Educational Spaces, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*, Ankara.
- Branis, M., Rezacova,P., Domasova, M., 2005, The Effects Of Outdoor Air And Indoor Human Activity On Masss Concentrations Of PM₁₀, PM_{2.5} And PM₁ İn A Classroom, *Enviromental Resecarch*,143-149.
- Bulgurcu, H., İlten, N., Coşgun, A., 2005, Okullarda İç Hava Kalitesi Problemleri ve Çözümler, *VII. Ulusal Tesisat Kongresi ve Sergisi*, 601-615.
- Bulut, H., 2007, Konutlarda İç Hava Kalitesi ile İlgili Ölçüm Sonuçlarının Analizi, TESKON, *VIII.Ulusal Tesisat Teknolojisi Kongresi*, İzmir, Y.No:E/2007/436, s.415, 25-28.
- Bulut, H., 2008, Isıtma Sezonunda Ofislerde İç Hava Kalitesinin Araştırılması, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 105, 28-37.
- Chaloulakou, A., and Mavroidis, I., 2002, Comparison Of Indoor And Outdoor Concentrations Of CO At A Public School. Evaluation of an indoor air quality model, *Atmospheric Environment.*, vol.36, 1769-1781.
- Csanady, C.T., 1980, Turbulent Diffisuon in the Enviroment D. Reiedel Publishing.
- Çelebi, N., 2007, Konutlarda Radon Konsantrasyon Değerlerinin Yapı Biyolojisi Açısından İncelenmesi, *VIII.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, TESKON, İzmir, Y.No:E/2007/436, s.397-492, 25-28 Ekim.
- Çimen, E., 2001, Hava Kalitesi, Celal Bayar Üniversitesi.

- Çoşgun, A., 2012, Antalya İlinde Farklı Ortamlarda iç Hava Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi, Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Daisey, J.M., Angell, WJ., Apte, M.G., 2003, Indoor Air Quality, Ventilation And Health Symptoms İn Schools, An Analysis Of Existing İnformation. *Indoorair*, 13, 53-64.
- Dasgupta, S., Hug, M., Khaliquzzam, M., Pandey, K., Wheler, D., 2006, Indoor Air Quality for Poor Families: New Edivedence from Bangladesh”, *Indoor Air* 16.
- Demircioğlu, N., ve Toksoy, M., 1997, ASHRAE HANDBOOK-Fundemetals, Çevre Sağlığı, Bölüm 37.
- Destailats, H., Maddalena, R. L., Singer, 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.
- Doğan, H., 2002, Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği, *Seçkin Yayınevi*, Ankara.
- Dönmez, O., 2003, İç Hava Kalitesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Düzovalı, G., 2007, Kapalı Ortam Hava Kirliliği ve Çözümleri: Kahvehane ve Okul Durumu, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun.
- Fischer, J. C., and Bayer, C. W., 2005, Humudity Control in School Facilities *Indoor Air*.
- Gelin, R., and Manrilla, J., 1998, Indoor Air Quality and the Specification of Walcowering, *Mc Graw Hill*.
- Godwin, C., and Baternan, S., 2006, Indoor Air Quality in Michigan Schools”, *Indoor Air* 16.
- Gomzi, M., 1999, Indoor Air And Respiratory Health in Preadolescent Children, *Atmospheric Environment*, 33, 4081-4086.
- Goyer, N., Lavoie, J., Lazure, L., Marchand, G., Allard, R., Bhérer, L., 2001, Bioaerosols in the Workplace: Evaluation, Control and Prevention Guide. Studies and Research Projects, Technical Guide T-24, *Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec* 94.
- Guler, C., Aycan, S., Ozdemir, M., Vaizoğlu, S., Evcı, D., 2005, Ankara’da 46 Kahvehanede Formaldehit Düzeylerinin Belirlenmesi, *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 4: 129-135.

- Guo, H., Lee, S.C., and Chan, L.Y., 2003, Indoor Air Quality İn Ice Skating Rinks İn Hong Kong, *Environmental Research*, vol. 94, issue 3, pp. 327-335.
- Hansen, DL., 1999, *Indoor Air Quality Issues (1st Edition)*, New York: Taylor and Francis.
- Heperkan, H., 2006, Ameliyathane Klima Tasarımı, Uygulaması ve Testleri Çalıştayı, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik yayın no.15*, s.137-147, İstanbul.
- Heywood, J.B., 1988, *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc Graw-Hill Book Comp., New York.
- Hreha, D. M., 2007, The İnfluence Of Indoor Air Quality (IAQ) On Student Test Performance, Ph.D. Thesis, *Seton Hall University*, 124 pages.
- Huang, H., Lee S.C., Cao, J.J., Zou C.W., Chen, X.G., Fan, S.J., 2006, Characteristics Of Indoor/Outdoor PM2.5 And Elemental Components İn Generic Urban, Roadside And, Industrial Plants Areas Of Guangzhou City, China, *Journal of Environmental Science*, 19, 35-43.
- İncecik, S., 1994, Hava Kirliliği, *Teknik Üniversite Matbaası*, s. 26-41, İstanbul.
- Karakoç, H., 2006, Kalorifer Tesisatı Hesabı, *Demir döküm teknik yayınları*, No:9, s. 24-27.
- Kaya, M., 2003, Sağlıklı Ve Verimli Çalışma Ortamı İçin İç Hava Kalitesi, *Termodinamik dergisi*, Sayı:125.
- Kaya, M., 2004, İnsan Isıl Konforu ve İç Ortam Hava Kalitesi, <http://netyorum.com/sayı152>.
- Kaynar, A., 1996, Hava Kirliliği ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Keskin, Y., Özyaral, O., Başkaya, R., Lüleci N.E., Avcı S., Acar M.S., Aslan H., Hayran O., 2005, Bir Lise Binası Kapalı Alan Atmosferine Ait Mikrobiyolojik İçeriğin Hasta Bina Sendromu Açısından Öğretmen ve Öğrenciler Üzerindeki Etkileri, *Astım Alerji İmmünoloji* 3, 3, 116-130.
- Kılıç, E., 2008, Bayburt İli Hava Kalitesin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Korukçu, Ö. M., 2010, Otomobil Kabininde Termal Parametrelerin Ve İç Hava Kalitesinin Değişiminin Deneysel Ölçümlerle İncelenmesi, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bursa.
- Kosa, K.H., 2001, *Indoor Air Quality Sampling Methodologies*, Lewis Publishers, Washington, 41 – 59, 113.

- Köksal, Y., 2001, Kapalı Mahallerde Hava Kalitesinin İyileştirilmesi, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 625-645.
- Kukadia, V., and Plamer, J., 1998, The Effect Of External Atmospheric Pollution On Indoor Air Quality, A pilot study. *Energy and Buildings*, 27, 223-230.
- Kurtuluş, F., 1986, İnsan Vücudu Kirliliği, Hava, Su, Toprak Kirliliği ve Atık, İlaç ve Kimyasalların İnsan Vücuduna Etkileri Sempozyumu, İstanbul, 62-71.
- Kurutaş, B., 2009, Bir Metal Endüstrisindeki Çalışma Ortamlarının İç Hava Kalitesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kuş, M., 2007, Şanlıurfa İlindeki Yüksek Öğretim Kurumları Dersliklerinde İç Hava Kalitesinin İncelenmesi ve Modellenmesi, Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir.
- Lee, S.C., and Chang, M., 2000, Indoor And Outdoor Air Quality Investigation At Schools In Hong Kong, *Chemosphere*, vol.41, 109–113.
- Marsik, T., 2007, Developing Computer Models To Study The Effect Of Outdoor Air Quality On *Indoor Air* For The Purpose Of Enhancing Indoor Air Quality, Ph.D. Thesis, *University of Alaska Fairbanks*, 130 pages.
- McLeod, J. D., 2008, Evaluation Of Indoor Air Quality Parameters And Airborne Fungal Spore Concentrations By Season And Type Of HVAC System In A School Building, Msc. Thesis, *The University of Toledo*, 88 pages.
- Mestl, H.E.S., Aunan, K., Seip, 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.
- Milner, J.T., and Simon, H.M., 2006, Spatial Variation of CO Concentrations Within An Office Building And Outdoor Influences, *Atmospheric Environment*, 05.040, 1-11.
- Montgomery, D. D. and Kalman, D. A., 1988, Indoor / outdoor air quality: reference pollutant concentrations in complaint-free residences, *Applied Industrial Hygiene*, 4,17-20.
- Mouli, PC., Mohan, SV., Reddy, SJ., 2005, Assessment of microbial (bacteria) concentrations of ambient air at semi-arid urban region: influence of meteorological factors. *Applied Ecology and Environmental Research* 3, 2, 139-149.
- Mui, K.W., and Wong L.T., 2006, Chan Building Calibration For IAQ, *Management Building and Environment* vol.41, 877-886.
- Onat, B., ve Şahin, 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.

- Osawa, H., and 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.
- Özden, Ö., 2005, Hava Kalitesinin Monitorlanmasında Pasif Örnekleycilerin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Eskişehir.
- Özkaynak, T., 2001, Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, *Tetisan Ltd. Şti. Teknik yayınları*, 3.baskı.
- Öztürk, M., 2007, Partikül Madde Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. Ankara
- Öztürk, M., 2008, Hava kirliliğinin halk sağlığı üzerine etkisi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*.
- Özyaral, O., ve Keskin, Y., 2005, Kapalı Alan Atmosferinin Sağlık Üzerine Etkileri: Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu, *Astım Alerji İmmünoloji Dergisi*, 3 (2) :86-96.
- Poupard, O., Lordache, V., Allard, F., 2005, Statistical Analysis Of Parameters Influencing The Relationship Between Outdoor And Indoor Air Quality In School, *Atmospheric Enviroment* vol.39, 2071-2080.
- Quagraine, V., and Boschi, N., 2008, Behavioral Changes Can Help Prevent Indoor Air-Related İllnesses İn Ghana, *Building and Environment*, 43, 355–361.
- Rehwagen, M., Schlink, U., Herbarth, O., 2003, Seasonal cycle of VOCs in apartments. *Indoor Air* 13(3):283-91.
- Sanders, M. D., 2008, Assessment Of Indoor Air Quality İn Texas Elementary Schools, Ph.D. Thesis, *Teksaş Üniversitesi*, Austin, 178 pages.
- Schlink, U., Rehwagen, M., Fritz, GJ., Herbarth, O., 1998, Indicator components of the outdoor pollution in Leipzig. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft* 58(10):407-10.
- Shendell, D.G., and Prill, P., 2004, Associations Between Classroom CO₂ Concentrations And Student Attendance in Wasington And Idaho, *Indoor Air*, 14, 333-341.
- Silberstein, S., 1979, Energy Conservation And Indoor Air Pollution, *Energy vand Buildings*, 2,185-189.
- Smedje, G., Mi, Y., Elfman, L., Norbäck, D., 2006, Ambient Pollution And Indoor Air Quality At School [ISEE/ISEA 2006 Conference Abstracts Supplement: Poster Abstracts: Abstracts]

- Steekeva, B., 2009, Trafiğin Yoğun Olduğu Çevrelerde Maruz Kalınan İnce Partikül Maddenin (PM_{2.5}) Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Sun, Y., Zhuang, G., Wang, Y., Han, L., Guo, J., Dan, M., Zhang, W., Wang, Z., Hao, Z. 2004, "The Air-borne Particulate Pollution in Beijing-Concentrations, Composition, Distribution and Sources", *Atmospheric Environment* 38, sf. 5991-6004.
- Şahin, Ü., 2005, İstanbul İli PM ve THC Dağılımının Yapay Sınır Ağ Teknikleri ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Taek., 2011, Radon Nedir, Nasıl Oluşur Nasıl Tespit Edilir, [online], <http://www.taek.gov.tr/component/content/article/125-saglik-fizigi/469-radon-nedir-nasil-olusur-nasil-tespit-edilir.html>. [Ziyaret Tarihi:11.05.2013].
- Tatlı, E., Karaca, F., Aydın, Z., ve Akbaş, F., 2011, "Alışveriş Merkezleri İçin İç Ortam Biyoaerosol Araştırması", *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
- Tecer, L. H., İlten, N., Selici, A. T., 2013, Balıkesir İl Merkezinde Konutlarda İç/Dış Ortam Partikül Madde (Pm) Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
- Toprak, M., Gürsoy G., Demiral Y., Çımrın, A., Sofuoğlu, S. C., 2013, Üniversite Laboratuvarlarında İç Hava Kalitesi ve Çalışanların Mesleksel Risk Etmenleri, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir.
- Torres, L. R., 2009, Determinacion De Material Particulado Fino En Escuelas Publicas Elementales Del Distrito De Caguas II, M.Sc. Thesis, Universidad del Turabo, Puerto Rico, 160 pages.
- Tuncer, A. ve Soyer, Ö. U., 2005, Hasta Bina Sendromu, *Astım ve Alerji İmmünoloji Dergisi*, 3, 2, 97-102.
- Uslu, B., A., 2001, Ergonomi, *Atılım Üniversitesi Yayın no:5*, s.198,199,200.
- Varınca K. B., Güneş, G., Ertürk, F., 2008, Hava Kirleticilerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu UHAKS 2008, Konya Büyükşehir Belediyesi, 30-31 Mayıs, Konya.
- Wolkoff, P., 1999, How to measure and evaluate volatile organic compound emissions from building products. A perspective, *The Science of the Total Environment*, 227: 197-213.
- Wolkoff, P., and Nielsen, G.D., 2001, Organic Compounds in Indoor Air-Their Relevance for Perceived Indoor Air Quality, *Atmospheric Environment*.
- Yeşilyurt, C., ve Akcan, N., 2007 Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, [Online] *T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü*, http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf [Ziyaret Tarihi:13.02.2014].

- Yurtseven, E., 2008, İki Farklı Bölgedeki İlköğretim Okullarında İç Ortam Havasının İnsan Sağlığına Etkileri Yönünden İncelenmesi, Doktora Tezi, *İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- Yücel, A., 2008, Bir Kamu Kuruluşu Çalışanlarında Hasta Bina Sendromu Görülme Sıklığı Ve Bazı Risk Faktörleri İle İlişkisi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı*, Ankara.
- Yüksel,N., 2005, Günümüz Kamu Kurumlarında Yapısal Konfor Koşullarının Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma,*Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 2.
- Zeydan, Z. E., Zeydan, Ö., Yıldırım, Y., 2009, Hasta Bina Sendromu, *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 06-09 Mayıs, İzmir.
- Zimmerman, R. S., 1999, Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools, August.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali Serkan AVCI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Kulp / 09.10.1989
Telefon : 5379163163
e-mail : asavci1@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ziya Gökalp Lisesi, Diyarbakır	2006
Üniversite	: Dicle Üniversitesi, Diyarbakır	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-2012	Artem Doğalgaz Mühendislik	Makine Mühendisi
2012-	Batman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Termodinamik, Enerji

YABANCI DİLLER

İngilizce