

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

MERAM İLÇESİNDEKİ OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

DR. ENES KASAPOĞLU

UZMANLIK TEZİ

KONYA, 2023

T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
HALK SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

MERAM İLÇESİNDEKİ OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

DR. ENES KASAPOĞLU

UZMANLIK TEZİ

Danışman: DOÇ. DR. MEHMET UYAR

KONYA, 2023

ÖNSÖZ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı'nda almış olduğum uzmanlık eğitimi boyunca büyük emekleri olan, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, sayın hocalarım başta anabilim dalı başkanı Prof. Dr. Tahir Kemal ŞAHİN'e, tezimin her aşamasında destek olan tez öğrencisi olduğum Doç. Dr. Mehmet UYAR'a, Doç. Dr. Lütfi Saltuk Demir'e, Doç.Dr. Yasemin DURDURAN'a ve Doç. Dr. Hasan KÜÇÜKKENDİRCİ'ye;

Bu çalışmanın yürütülmesi için verdikleri izin ve destek için Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğüne, ölçüm yapılan okulların idarecilerine ve çalışanlarına;

Bilgi ve deneyimleriyle bana her zaman yardımcı olan çalışma arkadaşım Uzm. Dr. Mehtap YÜCEL'e;

Eğitim süreci boyunca tanıma fırsatı bulduğum tüm çalışma arkadaşlarıma;

Hayatım boyunca bana her türlü desteği veren, her şartta yanımda olan, hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, üzerimde büyük emekleri olan sevgili annem Adalet KASAPOĞLU'na, babam Orhan KASAPOĞLU'na ve abim Ahmet KASAPOĞLU'na;

Gerek kişisel hayatımda gerekse eğitim sürecimde bana maddi ve manevi her türlü desteği veren, bana her konuda yol gösteren, ilham veren, hayatımda olmasından sonsuz mutluluk duyduğum sevgili eşim ve meslektaşım Dr. S. Bilge KASAPOĞLU'na;

Hayatıma renk katan, moral ve motivasyon kaynağım olan sevgili oğlum Selim Erdem KASAPOĞLU'na;

Saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

KASIM/2023

Enes KASAPOĞLU

ÖZET

MERAM İLÇESİNDEKİ OKULLARDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE İLİŞKİLİ FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

DR. ENES KASAPOĞLU

UZMANLIK TEZİ

KONYA, 2023

Amaç: Bu çalışmada Meram bölgesinde yer alan okullarda dersten önce ve ders bitiminde; belirlenen dersliklerde, kantinlerde ve yemekhanelerde iç ortam hava kalitesi düzeyini ve iç ortam hava kalitesiyle ilişkili faktörleri belirlemek amaçlanmıştır.

Yöntem: Konya ili Meram ilçesinde 2 Mayıs 2023-16 Haziran 2023 tarihleri arasında yürütülen kesitsel tipte olan bu araştırmada basit rastgele yöntemle belirlenen 34 okulda ölçümler yapılmıştır. Okullarda iç ortam hava kalitesi için sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, NO, H₂S, SO₂, CO, CO₂ gazları ve partikül madde (>0,3 µm, >0,5 µm, >1 µm, >2,5 µm, >5 µm, >10 µm) ölçümleri yapılmıştır.

Bulgular: Sabah dersliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin %94,10'u, bağıl nem ve CO₂ ölçümlerinin ise tamamı uygun aralıktaydı. Akşam ise sıcaklık ölçümlerinin %47,10'u, bağıl nem ölçümlerinin %76,50'si ve CO₂ ölçümlerinin %47,10'u uygun aralıktaydı. Dersliklerde akşam yapılan sıcaklık, CO₂, PM>2,5 µm, PM>5 µm ve PM>10 µm ölçümleri sabah yapılan ölçümlerden yüksekti. Kantinlerde akşam yapılan sıcaklık, CO₂, PM>2,5 µm ve PM>5 µm ölçümleri sabah yapılan ölçümlerden yüksekti. Kantinlerde akşam bağıl nem değeri sabah ölçülen değerden düşüktü. Yemekhanelerde akşam sıcaklığı sabah sıcaklığından yüksek, akşam bağıl nem değeri sabah bağıl nem değerinden düşüktü. Sınıf mevcudu 30'un üzerinde olan sınıflarda 1000 ppm CO₂ sınırı daha fazla aşılmaktaydı.

Sonuç: Özellikle dersliklerde uygun değerlerin dışına çıkan parametreler gözlenmiştir. Okullarda gün sonunda hava kalitesi düşüş göstermektedir. Okullarda hava kalitesinin izlenmesi ve iyileştirilmesi için düzenlemeler yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kalitesi, iç ortam hava kirliliği, okul

ABSTRACT

EVALUATION OF INDOOR AIR QUALITY IN SCHOOLS IN MERAM DISTRICT AND DETERMINATION OF RELATED FACTORS

DR. ENES KASAPOĞLU
SPECIALIZATION THESIS

KONYA, 2023

Objective: In this study, it was aimed to determine the level of indoor air quality and factors associated with indoor air quality in classrooms, canteens and cafeterias before and after classes in schools located in Meram region.

Method: In this cross-sectional study conducted in Meram district of Konya province between May 2, 2023 and June 16, 2023, measurements were made in 34 schools determined by simple random method. Temperature, relative humidity, air flow rate, NO, H₂S, SO₂, CO, CO₂ gases and particulate matter (>0.3 µm, >0.5 µm, >1.0 µm, >2.5 µm, >5.0 µm, >10.0 µm) were measured for indoor air quality in schools.

Results: Of the measurements made in the morning; 94,10% of the temperature measurements and all of the relative humidity and CO₂ measurements were in the optimum range. In the evening, 47.10% of temperature measurements, 76.50% of relative humidity measurements and 47.10% of CO₂ measurements were in the optimum range. Evening measurements of temperature, CO₂, PM>2.5 µm, PM>5 µm and PM>10 µm were higher than morning measurements. In the canteens, evening measurements of temperature, CO₂, PM>2.5 µm and PM>5 µm were higher than the morning measurements. The evening relative humidity value in the canteens was lower than the morning value. In the dining halls, the evening temperature was higher than the morning temperature and the evening relative humidity was lower than the morning relative humidity. The 1000 ppm CO₂ limit was more likely to be exceeded in classrooms with class sizes above 30.

Conclusion: Especially in classrooms, parameters exceeding the appropriate values were observed. Air quality in schools declines at the end of the day. Arrangements need to be made to monitor and improve air quality in schools.

Keywords: Indoor air quality, indoor air pollution, school

İçindekiler

ÖNSÖZ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TABLolar.....	ix
ŞEKİLLER	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç	2
1.3. Araştırmanın Hipotezleri.....	2
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Çevre ve Sağlık.....	3
2.2. Okul Sağlığı ve Okul Çevresi.....	4
2.3. Hava Kirliliği.....	4
2.4. Hava Kirleticiler	5
2.5. Hava Kirliliğinin Sağlık Etkileri	7
2.5.1. Hava Kirliliğinin Solunum Sistemi Üzerine Etkileri.....	7
2.5.2. Hava Kirliliğinin Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri	8
2.5.3. Hava Kirliliğinin Üriner Sistem Üzerine Etkileri.....	8
2.5.4. Hava Kirliliğinin Sinir Sistemi Üzerine Etkileri	8
2.5.5. Hava Kirliliğinin Sindirim Sistemi Üzerine Etkileri	8
2.5.6. Hava Kirliliğinin İntrauterin Etkileri	9
2.5.7. Hava Kirliliği ve Kanser	9
2.5.8. Hava Kirliliğinin Diğer Sağlık Etkileri	9
2.6. Hava Kirliliği Çeşitleri.....	10
2.6.1. Dış Ortam Hava Kirliliği.....	10

2.6.2. İç Ortam Hava Kirliliği	11
2.6.3. Okullarda İç Ortam Hava Kirliliği.....	13
2.7. İç Ortam Hava Kalitesi ve İç Ortam Hava Kalite Parametreleri	14
2.7.1. Sıcaklık.....	15
2.7.2. Bağıl nem	16
2.7.3. Hava Akım Hızı.....	17
2.7.4. Uçucu Organik Bileşikler.....	18
2.7.5. Karbondioksit (CO ₂)	19
2.7.6. Karbonmonoksit (CO).....	20
2.7.7. Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	20
2.7.8. Kükürtdioksit (SO ₂)	21
2.7.9. Azot Oksitler (NO _x)	21
2.7.10. Partikül Madde (PM)	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1. Araştırmanın Türü	25
3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman	25
3.3. Araştırma İzinleri.....	25
3.4. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi.....	25
3.5. Veri Toplama Tekniği ve Araçları.....	25
3.5.1. Sıcaklık ve Nem Ölçümü	26
3.5.2. İç Ortam Hava Akım Hızı	26
3.5.3. Partikül Madde Ölçümü	27
3.5.4. CO, CO ₂ , H ₂ S, SO ₂ ve NO Gaz Düzeylerinin Ölçümü	28
3.6. Verilerin Toplanması	28
3.7. İstatistiksel Analiz	29
4. BULGULAR	30
5. TARTIŞMA.....	59

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
Kaynakça	76
Ek 1: Etik Kurul İzni	Error! Bookmark not defined.
Ek 2: Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü İzni	Error! Bookmark not defined.
Ek 3: Ölçüm Yapılan Okulların Listesi	87
Ek 4: Veri Toplama Formu	88

TABLÖLAR

Tablo 2.1 Atmosferin bileşimi (MGM 2023)	5
Tablo 2.2 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması (Borja Aburto ve ark. 2000)	6
Tablo 2.3 Bazı Hava Kirleticilerin IARC Değerlendirmesi (IARC 2013).....	10
Tablo 2.4 Farklı Ortamlarda Tavsiye Edilen Sıcaklık ve Bağıl Nem Miktarları (Doğan 2013)	17
Tablo 4.1 Ölçüm yapılan okulların özellikleri.....	30
Tablo 4.2 Ölçüm yapılan okulların sayısal özellikleri	31
Tablo 4.3 Sabah dersliklerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=34)	32
Tablo 4.4 Akşam dersliklerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=34).....	32
Tablo 4.5 Sabah kantinlerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=17)	34
Tablo 4.6 Akşam kantinlerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=17)	34
Tablo 4.7 Sabah yemekhanelerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=10)	35
Tablo 4.8 Akşam yemekhanelerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=10).....	36
Tablo 4.9 Dersliklerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=34)	37
Tablo 4.10 Kantinlerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=17)	37
Tablo 4.11 Yemekhanelerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=10)	38
Tablo 4.12 Dersliklerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması	39
Tablo 4.13 Kantinlerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması	40
Tablo 4.14 Yemekhanelerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması	41
Tablo 4.15 Okullarda sabah ve akşam yapılan ölçümlerin derslik, kantin ve yemekhaneler arasında karşılaştırılması	42
Tablo 4.16 Havalandırma sıklığına göre sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması	44
Tablo 4.17 Okulun türüne göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması	45
Tablo 4.18 Sınıftaki öğrenci sayısına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması	47
Tablo 4.19 Okuldaki temizlik sıklığına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması	48
Tablo 4.20 Okuldaki temizlik sıklığına göre kantinlerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması	50

Tablo 4.21 Okuldaki temizlik sıklığına göre yemekhanelerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması.....	51
Tablo 4.22 Sınıftaki öğrenci sayısı ile akşam hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması	52
Tablo 4.23 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile derslikte ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler	52
Tablo 4.24 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile kantinlerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler	54
Tablo 4.25 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile yemekhanede ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler	56
Tablo 4.26 Akşam dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler	58
Tablo 4.27 Akşam dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri ile partikül madde arasındaki ilişkiler	58

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Cihazı.....	26
Şekil 3.2 Anemometre.....	27
Şekil 3.3 Partikül Madde Ölçüm Cihazı.....	27
Şekil 3.4 Çoklu Gaz Ölçüm Cihazı.....	28

SİMGELER VE KISALTMALAR

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: mikrogram/metreküp

μm : mikrometre

$^{\circ}\text{C}$: Santigrad derece

ASHRAE: Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği

CO: karbonmonoksit

CO₂: karbondioksit

DSÖ: Dünya Sağlık Örgütü

g: gram

H₂S: hidrojen sülfür

HNO₂: nitroz asit

IARC: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı

kg: kilogram

KOAH: Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

mm/sn: milimetre/saniye

N₂O: azot oksit

NO: nitrik oksit

NO₂: nitrojen dioksit

NO_x: azot oksitleri

p/m^3 : metreküpteki partikül sayısı

PM: Partikül madde

PM>0,3 μm : Çapı 0,3 μm 'den büyük partiküller

PM>0,5 μm : Çapı 0,5 μm 'den büyük partiküller

PM>1 μm : Çapı 1 μm 'den büyük partiküller

PM_{>10} μ m: apı 10 μ m'den büyük partiküller

PM_{>2,5} μ m: apı 2,5 μ m'den büyük partiküller

PM_{>5} μ m: apı 5 μ m'den büyük partiküller

PM₁₀: apı 10 mikrometrenin altında olan parçacıklar

PM_{2,5}: apı 2,5 mikrometrenin altında olan parçacıklar

ppm: milyonda bir

SO₂: kükürt dioksit

1. GİRİŞ VE AMAÇ

1.1. Giriş

Okullar toplumun çocuk ve genç kesiminin hemen hemen tamamını barındıran kurumlardır. Okullarda ortaya çıkacak sağlık sorunları çok sayıda kişiyi olumsuz etkileyebilmektedir. Öğrenciler gün içinde okullarda uzun süre bulundukları için okullardaki çevresel koşullar öğrencilerin sağlığı üzerinde önemli etkilere sahiptir.

Günümüzde sanayileşme, nüfus artışı ve fosil yakıtların kullanımı gibi etkenler sebebiyle hava kirliliği sorunu giderek artmaktadır. İnsanların %90'ının kirli havaya maruz kaldığı tahmin edilmektedir. Yılda 2,8 milyon ölüm iç ortam, 4,2 milyon ölüm dış ortam hava kirliliğine atfedilmektedir. İlerleyen yıllarda bu sayıların daha da artacağı öngörülmektedir.

Dış ortamda bulunan pek çok hava kirletici iç ortamlarda da bulunabilmektedir. Binaların dış ortamdan izole olması sebebiyle yeterli havalandırma imkânları bulunmadığında kirleticiler iç ortamlarda birikmekte ve dış ortamdaki konsantrasyonlarının üzerine çıkabilmektedir. İnsanlar zamanlarının çoğunu kapalı ortamlarda geçirdiğinden iç ortam hava kirliliğine maruziyet önem kazanmaktadır.

Çocuklar zamanlarının büyük çoğunluğunu okullardaki kapalı ortamlarda geçirmektedir. Çocuklar büyüme ve gelişmeleri devam ettiği, vücut ağırlığına oranla daha fazla hava soludukları için hava kirliliğine özellikle duyarlıdır. Ayrıca iç ortamdaki hava kalitesi öğrencilerin konforunu ve okul başarısını etkileyebilmektedir. Okullarda; kantin ve yemekhanelerde yemek pişirilmesi, yetersiz havalandırma, yetersiz temizlik, çok sayıda öğrencinin bir arada uzun süre bulunması ve okul içindeki fiziksel aktivite hava kalitesiyle ilgili sorunlara yol açabilmektedir. Bunların yanında okullarda kullanılan temizlik malzemeleri, zemin kaplamaları, mobilyalar, yazıcılar, fotokopi makineleri ve el işleri için kullanılan bazı malzemeler de okullarda kirlilik kaynağı olabilmektedir. Ayrıca ana yollara veya sanayi kuruluşlarına yakın ya da şehir merkezlerinde bulunan okullarda dış ortam havasından kaynaklanan kirleticiler de gözlenebilmektedir.

Sıcaklık değerleri uygun olmadığında çeşitli hastalıklara ve şikâyetlere yol açabilmekte ve bilişsel performansı da olumsuz etkilemektedir. Bağıl nemin düşüklüğü mukozlarda kuruluk şikâyetleri ve sık solunum yolu enfeksiyonlarına yol açarken, yüksek bağıl nem de akar ve mantarların üremesine ve alerjik şikâyetlere sebep olmaktadır. Hava

akım hızı hem iç ortamdakilerin konforunu hem de diğer hava kalite parametrelerini etkilemektedir. Karbondioksit düzeyi havalandırmanın yetersizliği ve hava kalitesinin değerlendirilmesi için önemli bir göstergedir. Ortamda yüksek miktarda bulunması öğrencilerin performansını olumsuz etkilemektedir. Karbonmonoksit, hidrojen sülfür, kükürtdioksit, azot oksitler de iç ortamda bulunabilen diğer kirletici gazlardır. Havada asılı duran katı ve sıvı parçacıklardan oluşan ve değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip partikül maddeler de diğer önemli hava kirleticilerdir. Partikül maddeler kardiyovasküler hastalıklar ve solunum sistemi hastalıklarıyla ilişkilendirilmektedir.

1.2. Amaç

Konya ili Meram ilçesinde bulunan okullarda yürütülen bu çalışmada şunlar amaçlanmıştır:

- Okullarda; sabah ve akşam sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, CO₂, CO, H₂S, SO₂, NO ve PM düzeylerini belirlemek
- Okullarda söz konusu parametrelerin sabah ve akşam arasında nasıl değişim gösterdiğini belirlemek
- Ölçümü yapılan parametrelerin okulların bazı özellikleriyle nasıl değişim gösterdiğini belirlemek

1.3. Araştırmanın Hipotezleri

1. Okullarda hava kalite parametreleri standartlara uygundur.
2. Okullarda hava kalitesi gün içinde değişim gösterir.
3. Okullardaki hava kalitesi okulun fiziksel koşulları tarafından etkilenir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çevre ve Sağlık

Çevre, insan dışındaki her şeydir. Çevre; içindeki varlıklar, bu varlıklar arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerin sürdürülebilme gücüdür. Daha basit olarak genetik yapı dışındaki her şey çevreyi oluşturur (Güler 2012). Sağlık; çevre ile insanın genetik yapısı arasındaki etkileşimin sonucudur (Güler ve Çobanoğlu 1994). Çevre sağlığı; insan ve diğer canlıların sağlığını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen etkenlerin belirlenmesi ve kontrol altına alınmasıdır (Güler 2012).

Hastalıklar açısından değerlendirildiğinde çevre; hastalıkların oluşumuna zemin hazırlayabilir, doğrudan hastalıkların oluşmasına sebep olabilir, hastalıkların yayılmasını kolaylaştırabilir ve hastalıkların prognozunu etkileyebilir (Topuzoğlu 1979). Sağlık üzerinde etkili olan çevresel etkenler; fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak üç gruba ayrılır. Fiziksel etkenlere; radyasyon, sıcaklık, titreşim ve doğal afetler, kimyasal etkenlere; ağır metaller, zirai kimyasallar, biyolojik etkenlere; virüsler, bakteriler, parazitler, alerjenler, çeşitli bitki ve hayvan toksinleri örnek verilebilir. Bunun yanında kişilerin yaşadıkları sosyal çevreye ait meslek, güvenli suya erişim, sağlık sistemi, eğitim sistemi gibi özellikler ve kişilerin sergiledikleri el yıkama, madde kullanımı, iş güvenliği, egzersiz gibi davranışlar da kişilerin maruz kaldıkları çevresel sağlık riskleri üzerinde etkilidir (Chen 2015).

Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre, Dünya'daki toplam ölümlerin %23'ü ve küresel hastalık yükünün %22'si önlenabilir çevresel etmenlere atfedilebilir. Çevresel etmenlerle en çok ilişkilendirilen hastalıklar; bulaşıcı hastalıklar arasında alt solunum yolu enfeksiyonları, ishal ve sıtma, bulaşıcı olmayan hastalıklar arasında ise astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) ve kardiyovasküler hastalıklar olmuştur (WHO 2016).

Çevreyi daha sağlıklı hale getirerek dünya çapında yılda yaklaşık 13 milyon ölümün önlenebileceği öngörülmektedir. Çevresel risklerin azaltılması ile gelişmekte olan ülkelerde sadece çocuklarda yılda 4 milyon kadar hayat kurtarılabileceği tahmin edilmektedir. Bazı ülkelerde, çevresel iyileştirmeler yoluyla hastalık yükünün üçte birinden fazlası önlenabilir. Dünya çapında 23 ülkede, ölümlerin yüzde 10'undan fazlası iki çevresel risk faktöründen kaynaklanmaktadır. Bu risk faktörleri temiz ve güvenli olmayan su ile yemek pişirmek ya da ısınmak için kullanılan katı yakıt nedeniyle oluşan iç ortam

hava kirliliğidir. Tüm dünyada bu çevresel tehlikeler sonucu ishal ve alt solunum yolu enfeksiyonlarına bağlı ölümlerin %74'ünü 5 yaş altı çocuklar oluşturmaktadır. Doğru çevre yönetimi, doğrudan çevresel faktörlerin neden olduğu tüm hastalıkların dörtte birini önlemenin anahtarıdır (Chen 2015).

2.2. Okul Sağlığı ve Okul Çevresi

Okul; çocuk, genç ve yetişkinlerin eğitim ve öğretim gördükleri bina ve tesislerdir. Okul, toplumun büyüme ve gelişme döneminde bulunan hemen hemen tüm kesimlerini barındıran bir birimdir. Burada ortaya çıkan herhangi bir sağlık sorunu hızla ve kısa sürede pek çok kişiyi etkileyebileceği gibi bu dönemde kazanılan çeşitli sağlık davranışları da insanların ileriki yaşamlarını olumlu ya da olumsuz yönde yaşam boyu etkileyebilecektir. Okul sağlığı; öğrencilerin ve okul personelinin sağlığının değerlendirilmesi, geliştirilmesi, sağlıklı okul yaşamının sağlanması ve sürdürülmesi, öğrenciye ve dolayısıyla topluma sağlık eğitiminin verilmesi için yapılan çalışmaların tümü olarak tanımlanmaktadır (Gün 2011).

Öğrencilerin çok uzun bir süre bu ortamda bulunmaları nedeniyle okul çevresi ve çocuk sağlığı arasında yakın bir ilişki vardır. Okul çevre sağlığı uygulamaları; okulun yeri ve yerleşimini, okul binasının yapı özelliklerini, durumunu ve kullanılan malzemeleri, alt yapı tesislerini, tesisat güvenliğini, iç ortam havasının kalitesini, su güvenliğini, tuvaletleri, oyun alanlarını, ısıtma ve aydınlatma düzeyini, servis hijyeni ve okulda biyolojik, jeofizikokimyasal kirliliğin önlenmesi uygulamalarını kapsar. Bunlar öğrencilerin sağlığını ve başarısını etkilemektedir (Güler ve Vaizoğlu 2012).

2.3. Hava Kirliliği

İnsan sağlığını veya çevresel dengeleri bozacak şekilde havanın bileşiminin değişmesine ya da havada bulunmaması gereken maddelerin havaya karışmasına hava kirliliği denir. Normal havanın bileşiminde %78,1 oranında azot, %20,9 oranında oksijen, %1 oranında karbondioksit ve diğer gazlar bulunmaktadır (Tablo 2.1). Duman, toz partikülleri, azot ve kükürt oksitleri normalde havada bulunmaz ya da eser miktarda bulunur (Güler ve Akın 2015).

Tablo 2.1 Atmosferin bileşimi (MGM 2023)

Gaz	Hacimsel Oran (%)
Azot	78,08
Oksijen	20,95
Argon	0,93
Neon	0,0018
Helyum	0,0005
Karbon dioksit	0,037
Metan	0,00017
Nitröz oksit	0,00003
Su buharı	Değişken (0,004-4)

Günümüzde sanayileşme, taşıt sayısının artması ve fosil yakıt kullanımının artması sebebiyle hava kirliliği artmaktadır. Dünyada her on kişiden dokuzu kirli hava solumaktadır. Özellikle düşük gelirli ülkelerde hava kirliliği insan yaşamını tehlikeye atmaktadır (Demir ve Aktuğ Demir 2023). Yapılan tahminlere göre; 2015 yılında, 2,8 milyon ölüm iç ortam hava kirliliğine, 4,2 milyon ölüm ise dış ortam hava kirliliğine atfedilmiştir (Forouzanfar ve ark. 2016). Aynı yıl, 7 milyon ölüm tütün kullanımına, 1,2 milyon ölüm AIDS'e, 1,1 milyon ölüm tüberküloza, 0,7 milyon ölüm ise sıtmaya atfedilmiştir (Wang ve ark. 2016). Gerekli önlemler alınmadığı takdirde 2060 yılında dış ortam hava kirliliğinin dünya çapında yıllık 6 ila 9 milyon ölüme yol açacağı öngörülmektedir (OECD 2016).

Tarihsel süreçte hava kirliliği ile ilgili 12. yüzyılda kayıtlar bulunmuş olmakla birlikte 20. yüzyılda hava kirliliği sağlık etkileri kayıt altına alınmaya başlamıştır. Dünya'da 1930 yılında Belçika'da 6 gün süren sis olayında 60 ölüm, 1931'de İngiltere Manchester'da meydana gelen sis olayında 592 ölüm kayıtlara geçmiştir. Londra'da 1950'lerde kayıtlara geçen olaylar ise binlerce kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır (Tekbaş 2010).

2.4. Hava Kirleticiler

Hava kirleticileri, belirli bir kaynaktan atmosfere bırakılan birincil kirleticiler ve atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan ikincil kirleticilerden oluşmaktadır. Bunların havada belirli ölçülerin üzerine çıkması hava kirliliğine neden olur

(Güler ve Vaizoğlu 2015). Birincil kirleticiler; fabrikalar, enerji santralleri, taşıtlar, evlerdeki yakıt kaynakları ile doğrudan atmosfere salınanlardır. Başlıca birincil hava kirleticileri arasında partikül madde (PM), siyahkarbon (BC), kükürt oksitler (SO_x), azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) gibi azot oksitler (NO_x), amonyak (NH₃), karbon monoksit (CO), metan (CH₄), benzen (C₆H₆) dahil metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC) ve benzo[a]piren (BaP) dahil olmak üzere polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ile bazı metaller yer almaktadır. İkincil hava kirleticileri atmosferde oluşan PM, ozon (O₃), NO₂ ve çeşitli oksitlenmiş uçucu organik bileşiklerdir (VOC). İkincil PM için temel öncü gazlar kükürt dioksit (SO₂), NO_x, NH₃ ve uçucu organik bileşiklerdir. Bu bileşikler havada yeni partiküller oluşturmakta veya ikincil inorganik PM oluşturmak için önceden var olan partiküller üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yer seviyesinde (troposferik) O₃; başta NO_x, metan olmayan uçucu organik bileşikler, CO ve CH₄ olmak üzere öncü gazların emisyonlarını takiben güneş ışığından gelen ultraviyole ışınların varlığında kimyasal reaksiyonlardan oluşmaktadır (Demir ve Aktuğ Demir 2023). Hava kirleticiler yapılarına ve kaynaklarına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. (Tablo 2.2)

Tablo 2.2 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması (Borja Aburto ve ark. 2000)

Kirletici türü		Kirleticiler
1- Kimyasal	a) İnorganik	Sülfatlar (SO ₄₋₂), Nitratlar (NO ₃₋), Amonyum (NH ₄₊), Sülfür oksit (SO _x), Elemental karbon, Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni, Cu, Co, Hg tuzları, As, Se
	b)Organik	Benzen, 1-3 Bütadien, Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, Dioksin, CO ve CO
2-Kaynak	a) Primer	Direk atmosfere atılan kirleticiler
	b) Sekonder	Havaya atılan gazların atmosferde reaksiyonlar ile dönüşmesiyle oluşan kirleticiler
3- Fiziksel yapı	a) Toz	Katıların mekânîk parçalanması ile oluşan maddeler
	b) Aerosol	Havada kolayca hareket edebilen büyüklüğü 1nm ile 2µm arasında olan havadaki katı süspansiyonlar
	c) Duman	Tam olmayan yanma sonucu genellikle küçük boyutlu(15µm) organik madde
	d) Siyah duman	Yansıtıcı olmayan partikül madde
	e) Buhar	Buharlaştırılmış materyalin yoğunlaşmasından oluşan gaz

2.5. Hava Kirliliğinin Sağlık Etkileri

Gelişmiş ülkelerde kirleticiler seviyeleri azalmış olsa da yapılan çalışmalarda önceden güvenli kabul edilen düzeylerde de olumsuz sağlık etkileri olduğu gösterilmiştir. Hava kirliliğine ilişkin küresel değerlendirmeler; tek başına, düşük ve orta gelirli ülkelerde görülen en büyük atfedilebilir hastalık yüküyle birlikte, yüz milyonlarca sağlıklı yaşam yılı kaybedildiğini göstermektedir. Hava kirliliğine ne kadar çok maruz kalınırsa sağlık etkisi de o kadar büyük olmaktadır. Hava kirliliğine duyarlılığı belirleyen faktörler; yaş, önceden var olan solunum sistemi hastalıkları, kalp damar hastalıkları, diyabet, otoimmün hastalıklar ve obezite gibi kronik sağlık sorunları, fiziksel inaktivite, sigara içme, beslenme durumu ve genetik gibi bireysel özellikler ile aynı hedef organ üzerinde olumsuz etkileri olan sigara dumanı veya asbest gibi diğer ajanlara maruz kalmayı içermektedir. Duyarlılığı etkileyen bu faktörler ile insanlar hava kirliliğinin sağlık etkilerine karşı daha savunmasız hale gelmektedir. Bu nedenle, nüfusun birçok kesimi hava kirliliğinden dolayı artan risk altında kabul edilmiştir (Demir ve Aktuğ Demir 2023).

2.5.1. Hava Kirliliğinin Solunum Sistemi Üzerine Etkileri

İnsanlarda akciğerlerin gelişimi 20'li yaşlara kadar devam etmektedir. Ancak özellikle yaşamın ilk 6 yılı alveollerin % 80'inin geliştiği dönem olması sebebiyle önemlidir. Bu dönemlerde çevresel toksik maddelere maruziyet hem akciğerlerde immün sistem gelişimini hem de akciğerlerin fiziksel gelişimini olumsuz etkilemektedir (Martino ve Prescott, 2011). Çocuklar solunum yollarının daha küçük olması ve detoksifikasyon metabolizmalarının yeterince gelişmiş olmamaları sebebiyle hava kirliliğinin olumsuz etkilerine yetişkinlerden daha duyarlıdır (Prinkerton ve Joad 2006).

Hava kirliliğine maruziyet bireylerde hem astım geliştirme riskini artırmakta hem de mevcut astımın seyrini olumsuz etkilemektedir. Hava kirleticiler arasında özellikle partikül madde, ozon ve azot oksitleri astımla ilişkili bulunmuştur. Hava kirliliğiyle ilişkilendirilen bir diğer hastalık KOAH'dır. Yapılan çalışmalarda hava kirleticilerine çevresel veya mesleki maruziyet sigara içmeyen bireylerde KOAH gelişimi için önemli risk faktörü olarak bulunmuştur. Özellikle iç ortamda biyokütle yakılmasıyla oluşan duman maruziyeti KOAH sıklığını artırmaktadır (Kurt ve ark. 2016). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından dış ortam hava kirliliği Sınıf 1 karsinojen olarak tanımlanmaktadır (IARC 2016).

2.5.2. Hava Kirliliğinin Kardiyovasküler Sistem Üzerine Etkileri

Havada bulunan kirleticilerden olan karbonmonoksit hemoglobine bağlanarak hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesini azaltmakta ve doku oksijenlenmesini bozmaktadır (Badman ve Jaffe 1996). Yapılan çalışmalarda hava kirliliğine uzun vadeli maruziyet kardiyovasküler hastalıklara bağlı ölüm riskini artırmaktadır. Bu artıştan havada bulunan partikül maddeler sorumlu tutulmaktadır (Hoek ve ark. 2013). Tespit edilen bu mortalite artışında partikül maddelerin bileşimi de önemli bulunmuş olup özellikle trafik, fosil yakıt ve odun yakılmasından kaynaklanan karbon içeren partiküllerin kardiyovasküler mortalite üzerine etkisinin daha fazla olduğu bulunmuştur (Laden ve ark. 2000). İnme, hipertansiyon ve kalp yetmezliği de hava kirliliği maruziyetiyle riski artan kardiyovasküler hastalıklardandır (Bourdrel ve ark. 2017).

2.5.3. Hava Kirliliğinin Üriner Sistem Üzerine Etkileri

Ağır metal maruziyeti, düşük molekül ağırlıklı protein atılımını artırarak tübüler disfonksiyon ve glomerüler filtrasyon hızında azalmaya yol açmaktadır. Ayrıca taş oluşumu, nefrokalsinoz ve böbrek kanseri riskini artırmaktadır (Kampa 2008).

2.5.4. Hava Kirliliğinin Sinir Sistemi Üzerine Etkileri

Hava kirliliğinin sinir sistemi üzerine etkileri hakkında solunum sistemi ve kardiyovasküler sistem üzerine etkilerine kıyasla daha az bilgi mevcuttur. Çalışmalarda hava kirliliğiyle en çok ilişkilendirilen sinir sistemi hastalığı iskemik inmedir. Havada bulunan kirleticilerin sinir sisteminde yol açtığı kronik inflamasyon Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi nörodejeneratif hastalıkların gelişme riskini artırmaktadır. Sinir sisteminin gelişim sürecinde hava kirliliğine maruz kalmanın normal gelişim sürecini bozarak kişilerde otizm ve şizofreni gibi hastalıkların görülme sıklığını artırdığına dair bulgular vardır (Genç ve ark 2012). Sinir sistemi esas olarak cıva, arsenik gibi ağır metallerden etkilenir (Kampa 2008).

2.5.5. Hava Kirliliğinin Sindirim Sistemi Üzerine Etkileri

Hava kirleticiler tüketilen besinler üzerinde birikerek gıdalarda kirliliğe yol açmaktadır. Akciğerlere ulaşan 6 µm'den büyük partiküller mukosiliyer hareket yardımıyla solunum sisteminden atılmakta ve sindirim sistemine geçmektedir. Hem besinler yoluyla hem de akciğerlerden atılan maddelerle sindirim sistemi de önemli miktarda hava kirleticiye maruz

kalmaktadır. Az sayıda çalışmada bazı intestinal hastalıklarla hava kirliliği arasında ilişki bulunmuştur. Hava kirliliğinin arttığı dönemlerde apandisit nedeniyle hastaneye başvurularda artış saptanmıştır. Hava kirliliğine maruziyetin erken yaşta başlayan inflamatuvar bağırsak hastalığı için risk faktörü olduğu ve inflamatuvar bağırsak hastalığı olan bireylerde hastaneye yatış sıklığını artırdığı bildirilmiştir (Beamish ve ark. 2011). Bunun yanında karaciğerde hücre hasarına yol açtığı ve sindirim sistemi kanserlerinin görülme riskini arttırdığı gösterilmiştir (Kampa 2008).

2.5.6. Hava Kirliliğinin İntrauterin Etkileri

Gebelikte hava kirliliğine maruziyetin fetal gelişim üzerine de olumsuz etkileri vardır. Kurşun başta olmak üzere ağır metal maruziyeti spontan abortus, fetal gelişme geriliği ve buna bağlı erken doğum ve düşük doğum ağırlığı riskini arttırmaktadır. Ayrıca kurşun konjenital malformasyonlara da yol açabilmektedir (Bellinger 2005). Yapılan pek çok çalışmada hava kirlleticilere artan maruziyetin bebek ölümleri ve özellikle solunum sistemi hastalıklarına bağlı ölümler üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Bu artış partikül madde ve kükürt gazlarına atfedilmektedir (Šrám ve ark. 2005). Gebelikte annenin hava kirliliğine maruz kalması doğum sonrasında solunumsal morbiditeyi de artırmaktadır. Bu bireylerde yaşamın erken döneminde artmış wheezing ve astım, tekrarlayan akciğer enfeksiyonları görülmektedir (Korten ve ark. 2017).

2.5.7. Hava Kirliliği ve Kanser

Hava kirliliğinin en iyi bilinen olumsuz sağlık etkisi kanserlerdir. Motorlu taşıtlardan, sanayi kuruluşlarından, evlerde kullanılan yakıtlardan kanserojen etkisi olan çeşitli kimyasallar salınmaktadır (Tablo 2.3). Tüm kanserlerin %70-80 kadarının çevresel kirleticilere bağlı olduğu bilinmektedir. Akciğer kanserine bağlı ölümlerin %14'ü çevresel hava kirliliğine atfedilmektedir (Demir ve Aktuğ Demir 2023).

2.5.8. Hava Kirliliğinin Diğer Sağlık Etkileri

Hava kirleticilerin cilt tarafından emilmesi, cilt yaşlanması, sedef, akne, ürtiker, egzema ve atopik dermatit gelişimini etkileyebilmektedir. Hava kirliliği hem bireylerde diyabet gelişimi açısından riski artırmakta hem de diyabete bağlı morbidite artmaktadır. Hava kirleticilerine maruziyet uyku kalitesini bozmaktadır. Hava kirliliğinin kişilerde mevcut astım, KOAH gibi hastalıkların seyrini kötüleştirilmesi de uyku kalitesini etkilemektedir (Demir ve Aktuğ Demir 2023).

Tablo 2.3 Bazı Hava Kirleticilerin IARC Değerlendirmesi (IARC 2013)

Hava Kirleticisi	İnsanda Karsinojenite Değerlendirmesi*
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Sınıf 2A/2B/3
Nitro-polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Sınıf 3
Benzen	Sınıf 1
Asbest	Sınıf 1
Radon	Sınıf 1
Dizel yakıt dumanı	Sınıf 2A
Benzin yakıt dumanı	Sınıf 2B
Kükürt dioksit	Sınıf 3
Siyah duman	Sınıf 2B
Formaldehit	Sınıf 1

*: Sınıf 1, insanda kanserojen; Sınıf 2A, insanda büyük ihtimalle kanserojen; Sınıf 2B, insanda muhtemel kanserojen; Sınıf 3, insanda kanserojenitesi sınıflanamamış

2.6. Hava Kirliliği Çeşitleri

Hava kirliliği dış ortam ve iç ortam hava kirliliği olarak ikiye ayrılmaktadır (Güler ve Vaizoğlu, 2012).

2.6.1. Dış Ortam Hava Kirliliği

Çeşitli kimyasal süreçlerle açığa çıkan gaz ya da parçacık halindeki maddelerin, özellikle yakıt artıklarının atmosferde canlıların yaşamına zarar verecek miktarda birikmesidir. Dış ortam hava kirliliği insan sağlığını olumsuz etkilediği gibi bazı malzemelerin de özelliklerini bozmaktadır. Sanayi kuruluşları, ulaşım araçları ve binalar dış ortam hava kirliliği için kaynak oluşturabilirler. Bu kaynakların yanı sıra yerleşim yerinin coğrafi yapısı da hava hareketlerini etkileyerek kirliliği artırıcı etki gösterebilir. Dış ortam hava kirliliği Londra ve Los Angeles tipi olarak ikiye ayrılır.

Londra tipi hava kirlenmesi; kömür ve petrol yanma ürünlerinin sisle karışması sonucu oluşan kirliliği tanımlamak için kullanılır. Bu kirliliği tanımlamak için İngilizce duman (smoke) ve sis (fog) kelimelerinden “smog” terimi türetilmiştir. Bu tip kirlenmede havada kükürt dioksit birikimi ve sülfürik asit yoğunlaşması görülür. Bu maddelerin yüksek derişimleri öldürücüdür.

Los Angeles tipi hava kirlenmesi; dumandan çok gaz kirleticilere bağlıdır. Bu tip kirliliğin kaynağı motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirlenmeyle sisin birleşmesidir. Güneş

ışığının etkisiyle oluşan fotokimyasal reaksiyonlar hidrokarbonlar ve azot oksitler oluşturur (Güler ve Vaizoğlu 2012).

2.6.2. İç Ortam Hava Kirliliği

Konutlar, okullar, iş yerleri, kamu binaları gibi yapıların içinde bulunan hava iç ortam havası olarak adlandırılmaktadır. Özellikle kentlerde yaşayan bireyler zamanlarının büyük çoğunluğunu iç ortamlarda geçirmektedir. Dış ortam hava kirliliğine yol açan etmenlerin birçoğu iç ortamda da bulunmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Dış ortam kirlenmesinde olduğu gibi, iç ortam kirlenmesinde de kirlетici konsantrasyonları doğrudan havalandırmaya (hava akışı ve karıştırma hacmi) bağlıdır. Genel olarak, gelişmiş ülkelerdeki konutların çoğu ılıman enlemlerde bulunur ve bu nedenle nispeten düşük hava değişim oranlarına sahiptir (saatte bir hava değişimi ya da daha az). Bu durumda, oldukça küçük emisyon oranları bile, iç mekân hava kalitesinin dış hava seviyelerinden etkilendiği düşünülürse, dış mekân konsantrasyonlarını aşan iç mekân konsantrasyonlarıyla sonuçlanabilir. İnsanların iç mekânlarda geçirdiği zamanın büyüklüğü de hesaba katıldığında iç ortam hava kirliliği toplam hava kirliliği maruziyetinde önemli yer tutmaktadır (Cheng ve ark. 1990).

Dünya genelinde iç ortam hava kirliliğine yol açan dört ana kaynak vardır. Bunlar;

- I. Yanma; ocak ve fırınlarda yakılan yakıttan, sigara gibi kaynaklardan gelen karbon monoksit, azot ve kükürt oksitleri ile partikül maddeler
- II. Yapı malzemeleri; mobilyalar ve kimyasal ürünlerden gelen pestisitler, uçucu organik bileşikler ve formaldehid
- III. Binanın yapıldığı zeminden gelen radon
- IV. Biyolojik süreçlerden meydana gelen küf ve akarlar (Samet ve ark. 1987)

Az gelişmiş ülkeler başta olmak üzere Dünya’da birçok konutta ısınma amacıyla uygun olmayan koşullarda katı yakıtlar yakılmakta ve bundan ortaya çıkan duman önemli düzeyde kirliliğe yol açmaktadır. Ortaya çıkan bu kirlenme iç ortamlarda daha çok zaman geçiren kadınlar ve çocuklar için önemli bir sağlık riski ortaya çıkarmaktadır. Dünya’da 3 milyar insan katı yakıtlara ve 2,5 milyar insan biyokütleyle bağımlı durumdadır. Katı yakıt kullanan nüfusun %80’i Sahra Altı Afrika ve Güney Asya’da bulunmaktadır (Bruce ve ark 2006). Dünyada kronik akciğer hastalıklarından yıllık ölümlerin üçte birinden fazlası ve akciğer kanseri sebebiyle gerçekleşen ölümlerin yaklaşık % 3’ü, biyokütle ve kömür

sobalarından kaynaklanan kapalı ortam hava kirliliğinden kaynaklanmaktadır. Bunun da çoğu gelişmekte olan ülkelerdeki fakir kadınlardan oluşmaktadır (WHO 2011)

Ev ortamında en önemli kirlilik kaynaklarından birisi de sigaradır. Sigara içiminden ortama iki türlü duman yayılmaktadır. Bunlardan biri sigarayı içen kişinin akciğerlerine giden ana akım adı verilen dumandır. Diğeri ise sigaranın yanan ucundan çevreye yayılan dumandır. Yanan uçtan kaynaklanan dumanda ana akıma göre birçok maddenin konsantrasyonu daha yüksektir ve sayıca daha fazla kirletici içermektedir. Bebek ve çocuklarda sigara dumanı maruziyeti tekrarlayan alt solunum yolu enfeksiyonlarına yol açmakta, yetişkinlerde de kronik akciğer hastalıkları, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser riskini arttırmaktadır (Güler ve ark. 2012).

Evcil hayvanlar, havalandırma sistemleri, evde yetiştirilen bitkiler, su boruları çeşitli mikroorganizmaların üremesi için uygun ortam oluşturmaktadır. Bu mikroorganizmalar ortamda bulunanlarda bulaşıcı hastalıklara ve alerjik reaksiyonlara yol açabilmektedir. Ortamda bulunan kişi sayısı arttıkça bulaşıcı hastalıkların ortamda yayılımı da kolaylaşmaktadır (Soysal ve Demiral 2007).

İyonlaştırıcı radyasyonun insan sağlığına yönelik riskleri iyi bilinmektedir. Radon gazı en önemli doğal iyonlaştırıcı radyasyon kaynağıdır. Radon gazı, kayalardan ve topraktan yayılır, yer altı madenleri veya evler gibi kapalı alanlarda yoğunlaşma eğilimindedir. Genel popülasyon tarafından alınan iyonlaştırıcı radyasyon dozuna önemli bir katkıda bulunur. Radona atfedilebilen akciğer kanserlerinin oranına ilişkin mevcut tahminler %3 ila %14 arasında değişmektedir. Analizler, akciğer kanseri riskinin artan radon maruziyeti ile orantılı olarak arttığını göstermektedir. Radon, sigaradan sonra akciğer kanserinin en sık ikinci nedenidir (WHO 2009).

Asbest inşaat sektöründe ısı yalıtımı ve sürtünmeye direnci artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Tavan, duvar ve borularda oluşan aşınma nedeniyle iç ortam havasında asbest lifleri bulunabilmektedir. Asbest maruziyeti akciğerde asbestosis hastalığına, sindirim sistemi ve akciğer kanserlerine yol açabilmektedir (Güler ve ark 2012).

İç ortam havasındaki kurşun miktarı; çevre havasında egzoz gazıyla kirlenme, kurşunlu boyalarla boyanma ve kurşunlu maddelerle kaynak yapılması sonucu artabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 2008).

Oda sıcaklığında kolayca buharlaşabilen karbon esaslı bileşikler uçucu organik bileşikler olarak adlandırılır. Genellikle çözücü olarak kullanılırlar. Bu bileşiklere maruziyetin akut etkileri; gözler, burun ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik ve nefes darlığı olarak sıralanabilir. Uçucu organik bileşiklerden benzen ve formaldehid kanserojendir. Endokrin sistem üzerinde olumsuz etkileri de bilinmektedir. Bu sebeple gelişim döneminde bu maddelere maruziyet sağlık sorunlarına sebebiyet verebilmektedir. Pestisitler uçucu organik bileşik kaynaklarındandır. Bunlar dış ortamdan iç ortam havasına geçebileceği gibi ev içinde kullanımdan da kaynaklanabilmektedir. Pestisitlerin iç ortamda ulaştıkları derişim çoğu zaman dış ortamdakinden yüksektir. Pestisitler akut zehirlenmelere ve kronik sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Kuru temizlemede kullanılan perkloretilen de kuru temizleme yapılan kıyafetler yoluyla iç ortama yayılabilmektedir. Akut etkilenimde mukoza tahrişi baş ağrısı gibi etkileri olabilirken kronik dönemde kanserojendir. Ayrıca fetusun gelişimini de olumsuz etkilemekte ve doğumsal anomalilere yol açabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 2008).

2.6.3. Okullarda İç Ortam Hava Kirliliği

Kapalı ortamlar; ev, ofis gibi işyerleri, hastane, okul, kreş, spor salonu gibi kamu binaları, kütüphane, restoran ve barlar, tiyatro ve sinemalar ile araçları içermektedir. Okullardaki kapalı ortamlar özellikle önemlidir. Son araştırmalara göre 3-14 yaş arası çocuklar hem kışın hem de yazın günün %90'ını kapalı mekânlarda geçirmektedir. Çocuklar vücut ağırlıklarına göre daha yüksek hacimde hava soludukları, doku ve organları aktif olarak büyüdüğü için çevresel kirleticilere yetişkinlerden daha fazla duyarlıdır. Birçok çalışmada, iç mekân hava kirliliğinin öğrenciler ve öğretmenler için rahatlık, üretkenlik ve akademik performans açısından olumsuz etkileri bildirilmiştir (Gennaro ve ark. 2014).

Okullarda sigara ve yemek pişirme gibi kirlilik kaynakları bulunmasa da çocukların dar alanda uzun zaman geçirmeleri kirliliği artırmaktadır. Okullarda havalandırmanın yetersiz olması, temizliğin seyrek ve yetersiz olması, kapalı alanın genişliğine göre öğrenci sayısının çokluğu ve öğrencilerin fiziksel aktivitesinden dolayı yüzeylerdeki tozun tekrar havaya karışması okulun iç ortam havasındaki PM miktarını artırmaktadır (Gennaro ve ark. 2014).

Uçucu organik bileşikler de okullarda sıklıkla bulunan kirleticilerdendir. Benzen, tolüen, xylen ve stiren; boyalar ve el işi malzemelerinden, polivinil klorid zemin kaplamalarından kaynaklanmaktadır (Kotzias 2005). Binalarda yapı malzemesi olarak

kullanılan polimerik malzemeler ve ahşap da okul ortamlarında önemli uçucu organik madde kaynağıdır (Gennaro ve ark. 2014).

İnorganik gazlardan; karbonmonoksit (CO), azot dioksit (NO₂) ve kükürt dioksit (SO₂) okul havasında bulunabilir. Bu gazların kaynağı genel olarak dış ortam havasıdır. Ana yollara yakın konumda, yoğun yerleşim bölgelerinde bulunan okullarda ve okulların yemekhanelerinde saptanabilir (Gennaro ve ark. 2014).

Lazerli yazıcılar ve fotokopi makineleri iç ortamda ozon salınımına yol açarak kirlilik kaynağı olabilirler (Destailats ve ark 2008).

Okul servisleri de okul çevresinin bir bileşeni olarak düşünülmelidir. Öğrenciler servislerde uzun süreler geçirdiğinden araç içindeki kirlilikten etkilenim de önemli düzeyde olmaktadır. Trafikten kaynaklanan hava kirleticiler aracın kalorifer sistemi aracılığıyla araç içinde yoğunlaşmaktadır. Araç içinde sigara içilmesi, parfüm ve deodorantlar da araç içinde hava kirliliğine kaynak oluşturabilmektedir (Güler ve Vaizoglu 2012).

2.7. İç Ortam Hava Kalitesi ve İç Ortam Hava Kalite Parametreleri

İç ortam hava kalitesinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi birçok nedenden dolayı zordur. Bu nedenlerden bazıları şöyledir:

- İç ortam hava kalitesinin ne olduğu konusunda tutarlı ölçümler, standartlar ve fikir birliği yoktur.
- İç mekânlarda bulunan ve son derece düşük seviyelerde bile insan sağlığını ve konforunu etkileyebilecek kirletici maddeler çok çeşitli ve karmaşıktır.
- İç mekândaki kirletici seviyeleri, bu kirleticilere maruziyetler ve bunların etkileri arasındaki bağlantılar konusundaki bilgiler yetersizdir.
- Aynı kirletici maruziyeti farklı kişileri farklı şekillerde etkileyebilmektedir.
- Ölçülen kirletici maddelerin gerçekten önemli olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir (Steinemann 2017).

Bu nedenle "kabul edilebilir iç ortam hava kalitesi" terimi bulunmuştur. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği (ASHRAE) 2004 Standardı'nda kabul edilebilir iç ortam hava kalitesi; içinde bilinen kirleticilerin yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlarda bulunmadığı ve ortamdaki bireylerin %80 ve daha

fazlasının havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava olarak tanımlanmıştır (ASHRAE, 2007). Sağlığın korunması, çevrede olumsuz etkilerin görülmemesi için atmosferdeki hava kirleticilerinin, bir arada bulunduklarında değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilen seviyeleri hava kalitesi parametreleri olarak adlandırılır (Tekbaş, 2010). Bu parametreler; sıcaklık, bağıl nem, hava akım hızı, uçucu organik bileşikler, karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), partikül madde (PM) gibi etkenlerdir (Sağlam 2019).

İç ortam hava kalitesini; dış ortamın havası, binanın yapımı için kullanılan malzemeler, bina içindeki eşyalar, binanın kullanıcıları ve binanın havalandırma sistemleri etkilemektedir. Bunlardan en önemlisi iklimlendirme ve havalandırma sistemleridir (Babaroğlu 2015).

2.7.1. Sıcaklık

İnsanlar sıcakkanlı canlılardır. Vücudun yüzeyinde ölçülen sıcaklıklar değişiklik gösterse de derin dokuların sıcaklığı görece sabittir. Vücut sıcaklığı beş etmen tarafından etkilenir:

- I. Metabolizma: Vücutta gerçekleşen kimyasal tepkimelerin oluşturduğu ısı
- II. Terleme: Deri ve solunum yollarından buharlaşma ile kaybedilen ısı
- III. Kondüksiyon: Vücudun temas ettiği maddelerden aldığı ya da ilettiği ısı
- IV. Konveksiyon: Vücut yüzeyinden akan gaz ya da sıvılar yoluyla taşınan ısı
- V. Termal radyasyon: Vücudun kızılötesi ışınlamalar ve diğer elektromanyetik ışınlamalar yoluyla kazandığı veya kaybettiği ısı

İnsan vücut sıcaklığının düzenlenmesinde merkezi sinir sistemi belirleyicidir. Deri sıcaklığı 31-32 °C olmasına karşın vücut sıcaklığı 37,5 °C’de sabit olarak tutulmaktadır. Verimli çalışabilmek için beyin ve ellerin uyumlu çalışması gerekir. Bu uyum için vücut sıcaklığının 37 °C’nin altına düşmemesi zorunludur. El sıcaklığı 15 °C’nin altına düştüğünde kas ve eklem işlevlerinin kısıtlanması, uyuşmaya bağlı dokunma hissinin azalması nedeniyle verimlilik düşer ve kaza riski artar. Normal yetişkinlerde dinlenme durumunda ortam sıcaklığı 18 °C ‘nin altında rahatsız edici olarak algılanır ve ideal olarak ortam sıcaklığının 20-21 °C olması istenir. Yaşlılarda ve yenidoğan bebeklerde vücut ısı düzenleme mekânizmalarında yetersizlik olduğu için ortam sıcaklığı genellikle 29-32 °C olması istenir (Güler 2012). ASHRAE standartlarına göre ideal şartlar için sıcaklığın 20-25,5 °C olması gerekmektedir. (ASHRAE 2007).

Yüksek sıcaklığa maruziyet gözde kuruluk ve alerjik hastalıklara bağlı şikâyetleri artırmaktadır. Yüksek sıcaklık üst solunum yoluyla ilgili rahatsızlıkları artırırken, uzun süre düşük sıcaklıklara maruz kalmak astım ve KOAH hastalığı olan bireylerde solunumsal şikâyetlerde artışa yol açmaktadır (Wolkoff ve ark. 2021). İç ortamdaki sıcaklığı en az 18 °C olacak şekilde artırmak bu kişilerin solunum fonksiyonlarını olumlu etkilemektedir (WHO 2018).

Çok yüksek ve düşük sıcaklıklar kişilerin bilişsel ve iş performanslarını, üretkenliklerini ve öğrenme becerilerini olumsuz etkilemektedir. Sıcaklık 25 °C'nin üzerine çıktığında dikkat azalmaktadır. Bilişsel ve çalışma performansı, ılıman veya soğuk iklime sahip bölgeler için 22-24 °C'de en uygun seviyededir. Bu aralığın altındaki ve üstündeki sıcaklıklar hem iş performansını hem de öğrenme verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Ancak insanlar farklı iklim bölgelerinde farklı sıcaklıklara uyum sağlar; bu nedenle, optimal sıcaklık aralığı bölgeye bağlıdır (Wolkoff ve ark. 2021).

2.7.2. Bağlı nem

Nemlilik belirli hacimdeki havada bulunan özgül buhar nemini tanımlar. Havada bulunan gerçek su buharı değerine mutlak nem denir ve g/kg olarak ölçülür. Yoğuşma noktası ya da çiy noktası havanın belirli bir sıcaklık değerinde tutabileceği en yüksek nem miktarını tanımlar. Bağlı nem ise herhangi bir durumdaki havadaki mutlak nem değerinin en yüksek miktara göre oranını verir ve yüzde ile ifade edilir. Bağlı nem insanın terlemesi ve terin buharlaşması üzerindeki etkisi nedeniyle termal konfor açısından önem taşımaktadır (Güler 2012).

İç mekânlardaki bağlı nem oranı, konfor şartlarının sağlanabilmesi için %40 ile %60 aralığında olmalıdır. Özellikle kış aylarında hem dış ortamdaki hava daha az su buharı içerdiğinden hem de iç ortamlarda ısıtma yapıldığından bağlı nem bu değerlerin altına düşer. Hava içerisindeki nem oranı düşünce (%20 civarında veya daha düşük) insanlarda bazı şikâyetler meydana gelmektedir (Çilingiroğlu 2010). En sık kullanılan kapalı ortamlarda mevsim koşullarına göre tavsiye edilen sıcaklık ve nem düzeyleri Tablo 2.4'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4 Farklı Ortamlarda Tavsiye Edilen Sıcaklık ve Bağıl Nem Miktarları (Doğan 2013)

İç Ortam	Yaz		Kış	
	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
Ev, okul, otel, büro, hastane	25 - 26	45 - 50	23 - 24	30 – 35
Dükkân, banka, süper market	26 - 27	45 – 50	22 - 23	30 - 35
Konferans salonu, lokanta	26 - 27	50 – 60	22 - 23	35 – 40
Fabrika, makine ve montaj atölyesi	26 - 27	50 - 69	20 - 22	30 - 35

Düşük nemli ortamlar kornea önündeki koruyucu gözyaşı katmanını bozarak, kuru göz semptomlarına yol açabilir. Bunun yanında gözdeki koruyucu katman ortadan kalktığında gözde diğer iritanların ve kirleticilerin etkisi de artar. Solunum yollarındaki mukozanın kuruması mukosiliyer hareketi bozduğundan solunum yollarının hem iritanlara hem de patojenlere karşı savunması zayıflar (Wolkoff ve ark. 2021). Bağıl nemin %40'ın üzerine çıkartılması kişilerde üst solunum yolu enfeksiyonu sıklığını azaltmaktadır. Okullarda yapılan çalışmalarda iç ortam bağıl neminin düşük olmasının öğrencilerde devamsızlığı artırdığı gösterilmiştir (Arundel ve ark. 1986). Havadaki nemin artması; havada bulunan partikül maddelerin yüzeylere tutunmasını artırarak ve yüzeylerde tutunan partiküllerin tekrar havaya karışmasını azaltarak hava kalitesini olumlu etkilemektedir (Wolkoff ve ark. 2021).

Nemin belirlenen sınırların üzerinde olması da olumsuz sağlık etkilerine yol açabilmektedir. Bağıl nem %75 ve üzerinde olduğunda akarların ve mantarların üremesi için uygun koşullar oluşmaktadır. Bunların çoğalması da alerjik bireylerde şikâyetlerin artmasına yol açmaktadır. Havada bulunan su buharı diğer kirleticilerle de etkileşebilir. İç ortamda nemin artması eşyalardaki formaldehitin havaya karışmasını hızlandırır. Azot ve kükürt oksitleri de havadaki su buharıyla tepkimeye girerek iritan etkisi daha fazla olan sülfürik asit ve nitrik asit oluştururlar (Arundel ve ark. 1986).

2.7.3. Hava Akım Hızı

Konfor şartlarında ortam hava sıcaklığı ideal değerlerdeyken hava akış hızı 0,15 m/s civarında olmaktadır. Hava akış hızı 0,51 m/s değerinin üzerine çıktığında iç ortamın esintili olduğu; 0,1m/s'nin altına düştüğünde ise, iç ortamın havasız olduğu

belirlenmektedir. İç ortamdaki hava akışı, kış aylarında 0,16 m/s ve yaz aylarında 0,25 m/s değerlerinden yüksek olmamalıdır (Sağlam 2019).

Kapalı ortamda niteliği değişen havanın taze hava ile değiştirilmesi iç ortam sağlığı açısından bir zorunluluktur. Ortamda değişmesi gereken hava miktarı, kişi sayısına, binanın fiziksel özelliklerine, mevsime ve hava sıcaklığına göre farklılıklar gösterir. Binada kullanılan ısıtma yöntemi, kullanılan yakıtın türü, binanın baca ve havalandırma özellikleri ortam havasının kirlenmesinde etkilidir. Saatte kişi başına düşen hava gereksinimi ortalama 100 metreküp civarındadır (Güler 2001).

Havalandırma, kirli hava maruziyetini azaltarak hem akut hem de kronik sağlık sorunlarını azaltmaktadır ve yüksek havalandırma oranları iş performansı ile termal konforu arttırmaktadır. Kalabalık ve kapalı alanlarda yetersiz havalandırma, solunum yolu enfeksiyonlarının bulaşma riskinin artmasıyla ilişkilidir, ancak etkili partikül filtrasyonu ve hava dezenfeksiyonu olmadan havalandırmanın ve havanın devridaiminin artması virüs damlacıklarının yayılmasını da kolaylaştırabilir. Bununla birlikte, doğal havalandırma veya mekân havalandırma, hava kirleticilerin, alerjenlerin ve dış mekân veya iç mekân kaynaklı patojenlerin kaynağı haline gelebilir ve bu nedenle potansiyel olarak iç ortam hava kirliliğinde artışa neden olabilir (Wolkoff ve ark. 2021).

2.7.4. Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik madde maruziyeti iç ortamlarda, açık havaya göre daha yüksek olmaktadır. Uçucu organik bileşikler, birçok kaynaktan sürekli emisyonları ve yayılma özellikleri nedeniyle önemli iç mekân kirleticileri arasında kabul edilir (Becaloni ve ark. 2011). Uçucu organik bileşikler iritan, nörotoksik ve kanserojen olabilmektedir. Uçucu organik bileşik maruziyetinde kısa ve uzun vadeli sağlık etkileri ortaya çıkmaktadır. Ortamdaki düzeyleri düşük ve zararlı olmasa dahi hoş olmayan bir kokuya sebep olabilmektedir (Esin 2004). Okullarda kullanılan boyalar, el işi malzemeleri, zemin kaplamaları ve ahşap okul ortamlarında önemli uçucu organik madde kaynağıdır (Kotzias 2005, Gennaro ve ark. 2014).

2.7.5. Karbondioksit (CO₂)

Karbondioksit (CO₂) renksiz, tatsız, kokusuz ve yanıcı olmayan, havadan daha ağır bir gazdır ve alt boşluklarda birikerek oksijen eksikliğine neden olabilir (IPCS 2006). Doğal olarak dünya atmosferinde solunumun veya fosil yakıt yakmanın bir ürünü olarak bulunur (van Groeningen ve ark. 2011). Tipik dış ortam CO₂ konsantrasyonları yaklaşık 380 ppm'dir, ancak kentsel alanlarda artan antropojenik kaynaklar nedeniyle bunların 500 ppm'e kadar çıktığı rapor edilmiştir (Persily 1998).

Endüstriyel olmayan iç ortamlardaki CO₂'nin ana kaynağı insan metabolizmasıdır, ancak dış ortam CO₂ konsantrasyonundaki bir artış aynı zamanda iç mekândaki CO₂ konsantrasyonundaki artışa katkıda bulunacaktır. İç mekân CO₂ konsantrasyonu, iç hava kalitesinin kabul edilebilirliğinin, hava akışı değişiminin uygunluğunun ve binalardaki iç mekânlarda yeterli taze hava olup olmadığının bir göstergesidir. Tipik olarak ortalama iç ortam CO₂ konsantrasyonu 800 ila 1000 ppm aralığındadır. Birçok ülkenin ulusal iç ortam hava kalitesi standartları CO₂ için sınır değer olarak 1000 ppm'i belirlemiştir (Azuma ve ark. 2018). Kapalı ortamlarda CO₂ konsantrasyonu 1000 ppm civarında iken odadaki kişilerin %20'sinin iç ortam havasından memnun olmaması beklenirken, 2000 ppm konsantrasyonda bu oran %36'ya çıkmaktadır. Bu yüzden karbondioksitin 1000 ppm değerini aşmaması istenmektedir. Karbondioksit miktarının 1000 ppm seviyesinden düşük olduğu iç ortam havaları "kabul edilebilir iç ortam hava kalitesi" olarak tanımlanmaktadır (ASHRAE 2003).

Çocukların basit görevlerdeki bilişsel performansı 1500-3000 ppm CO₂ konsantrasyonlarında olumsuz etkilenmektedir. Bulgular, sınıfların, çocukların öğrenme performansı için çok önemli olan düşük iç ortam CO₂ seviyelerini korumak için daha yüksek havalandırma oranları gerektiğini göstermektedir (Fan ve ark. 2023). Artan havalandırma oranları veya azalan CO₂ konsantrasyonları ile öğrencilerin performans ölçümlerinde önemli gelişmeler olduğu bildirilmektedir. Öğrenci başına en düşük 7 L/s havalandırma hızı sağlanması ve sınıflarda CO₂ konsantrasyonunun 1000 ppm'den düşük tutulması önerilir (Fisk 2017). Çok uzun olmayan süre %1-3 yoğunlukta CO₂'ye maruziyet tehlikesizdir.

- %3-6 CO₂ yoğunluğunda baş ağrıları başlar.
- %6-10 CO₂ yoğunluğunda, baş dönmesi, görme bozuklukları ve bilinç kaybı gelişir.

- %10'dan fazla CO₂ yoğunluğunda narkotik etki görülür. Boğucu etkinin nedeni CO₂ fazlalığından çok, oksijen azlığıdır (Motör 2011).

Ortamda CO₂ yoğunluğunu azaltmak için ortamda yanmanın azaltılması ve önlenmesi, yeterli havalandırma yapılması, havalandırmanın sağlanamadığı durumlarda monoetanolamin gibi CO₂ emici maddelerin kullanılması gerekmektedir (Güler 2008).

2.7.6. Karbonmonoksit (CO)

Havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır (WHO 1987). En tehlikeli iç ortam kirleticilerinden birisidir. Kanda hemoglobinle birleşerek karboksihemoglobin oluşturur. CO hemoglobinle kuvvetle bağlanır ve ayrılması güçtür. Kanda oksijen ve CO₂ taşınmasını bozar. Renksiz ve kokusuz olduğundan çoğu kez fark edilmez ve zehirlenmelere yol açabilir. Kanda korboksihemoglobin oranı %20-40 arasında olduğunda şiddetli baş ağrısına yol açarken %40'ın üzerine çıktığında uyku hali ve komaya yol açabilir. Yetersiz yanma sonucu oluşur. Gaz, odun ve kömür sobalarından, yetersiz çeken bacalardan ve baca geri tepmelerinden sızan dumanda yüksek oranda bulunur. Kapalı ortamda 10 ppm'i geçmemelidir. İç ortamdaki CO düzeyini azaltmak için, yanma etkinliği artırılmalı, sigara içilmemeli, dış ortamdan egzoz gazlarının girişi önlenmeli ve havalandırma sağlanmalıdır (Güler 2008).

2.7.7. Hidrojen Sülfür (H₂S)

Hidrojen sülfür (H₂S) renksiz, yanıcı, suda çözünebilen, karakteristik kokusu çürük yumurta olan bir gazdır (Wang 2002). H₂S kokusu sebebiyle insanlar tarafından 0,0005 – 0,3 ppm aralığındaki çok düşük konsantrasyonlarda fark edilebilir. Ek olarak, H₂S'nin insanlar için oldukça toksik bir madde olduğu bilinmektedir: düşük konsantrasyonlarda (2 – 20 ppm) mide bulantısı, baş ağrısı, baş dönmesi ve gözlerde yaşarma oluşturur; daha yüksek konsantrasyonlarda (20–200 ppm) öksürüğe, solunum ve mide-bağırsak sisteminde tahrişe ve koku alma duyusunda kayıplara neden olur; çok yüksek konsantrasyonlara (>500 ppm) maruz kalma, ani bilinç kaybına ve/veya ani ölüme neden olabilir. Bunun yanında korozyif, yanıcı ve patlayıcı bir gazdır.

H₂S'nin önemli çevresel kaynakları, bataklıklar, hidrokarbon birikintileri, volkanlar, deniz altında bulunan hidrotermal bacalar, kükürt kaynakları ve durgun su kütleleri dâhil olmak üzere oksijen eksikliği ile birlikte organik maddenin parçalanmasının meydana geldiği yerleri içerir. Kuyu suyunda da doğal olarak bulunabilir. Antropojenik kaynaklar

arasında ise kanalizasyon sistemleri, hayvan barınakları ve mezbahalar, petrol ve gaz işleme tesisleri, jeotermal enerji santralleri, kok fırınları, gıda işleme tesisleri, tabakhaneler ve kâğıt hamuru/kâğıt fabrikaları bulunmaktadır (Rubright 2017).

İş yerlerinde H₂S gazının zararlarından korunma önlemleri şöyle sıralanabilir;

- Yavaş ilerleyen ve sulu olan tünel kazılarında H₂S gaz zehirlenmelerine karşı işçiler çok dikkatli olmalıdırlar.
- Kaya tuzu içeren yer altı katmanlarının çatlamış bölümlerinde H₂S gazı yoğun olarak toplanabildiği için gaz sızıntıları açısından dikkat edilmelidir.
- H₂S gazı ile çalışılan yerlerde, genel havalandırmanın yanı sıra uygun aspirasyon sistemleri kullanılmalıdır.
- İş yeri havasındaki H₂S gazının miktarı, hacim olarak %0,2'yi geçmemelidir (Arioğlu 2009).

2.7.8. Kükürtdioksit (SO₂)

Kükürt içeren yakıtların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Özellikle kömür, petrol ve doğal gazın yanması sonucu ortaya çıkar. Kükürtdioksitin zararlı etkilerinden korunabilmek için kükürtü düşük yakıt kullanılması alınabilecek en kritik önlemdir. Dış ortam ve iç ortam havasındaki miktarın azaltılabilmesinde de en önemli uygulamayı bu oluşturmaktadır. Kükürtdioksiti absorbe eden materyallerin kullanılması da bu konuda faydalıdır (Güler 2008).

Çevresel Kirlilik Kraliyet Komisyonu (Royal Commission on Environmental Pollution) SO₂ yoğunluğunun sınır değerlerini şu şekilde belirtmiştir: Dumanlı ortamda 80 µg/m³, dumansız ortamlarda ise 120 µg/m³ olarak belirlemiştir. ABD'de SO₂'nin yoğunluk sınır değeri 80 µg/m³, günlük müsaade edilen en büyük değer ise 350 µg/m³ olarak belirlenmektedir. Bu sınırlar dış ortam havası için belirlenmiş olsa da İngiltere'de kapalı ortam havasında da bu sınır değerler kullanılmaktadır (Vural 2004). DSÖ standartlarına göre 24 saatlik maruziyet için üst sınır 125 µg/m³(0,04 ppm), yıllık ortalama maruziyet içinse 50 µg/m³ sınır değer olarak belirlenmiştir (WHO 2000).

2.7.9. Azot Oksitler (NO_x)

Yanma olayı sırasında havanın oksijeni ile nitrojenin sıcaklık etkisiyle reaksiyona girmesi sonucu oluşan gazlardır (Güler ve ark. 2012). Havada bulunabilecek yedi nitrojen oksit

vardır. Azot oksit (N_2O), önemli antropojenik kaynakları olan bir sera gazıdır. Nitrik oksit (NO) ve azot dioksit (NO_2), yanma kaynaklarıyla ilişkili iki ana azot oksittir. Bu iki gazın ortam konsantrasyonları, yerel kaynaklara ve yutaklara göre büyük farklılıklar gösterir ancak yoğun kentsel alanlarda toplam konsantrasyonu ($NO+NO_2$) $500 \mu g/m^3$ 'ü geçebilir. Nitroz asit (HNO_2), azot dioksitin suyla reaksiyonu ile üretilen, dış ve iç ortamlarda yaygın olarak bulunan bir kirleticidir. Nitrik oksit, azot dioksit oluşturmak için havada oksitlenir ancak iç ortamlarda bu oksitlenme daha yavaştır. Karayolu trafiği, azot dioksitin başlıca açık hava kaynağıdır. En önemli iç ortam kaynakları arasında tütün dumanı ve sobalar, fırınlar, alan ve su ısıtıcıları, şömineler gibi gaz, odun, yağ, kerosen, kömür yakan cihazlar ile özellikle bacasız veya bakımsız cihazlar yer alır. Doğal ve antropojenik kaynaklardan gelen dış mekân azot dioksit de iç mekân seviyelerini etkiler (WHO 2010).

NO_2 yüksek konsantrasyonlarda akciğer hasarına neden olur. Kısa süreler için orta seviyelere (50 ppm) maruz kalmak öksürük, hemoptizi, nefes darlığı ve göğüs ağrısına neden olabilmektedir. Yüksek NO_2 konsantrasyonlarına (>100 ppm) maruz kalmak ölümcül olabilen pulmoner ödem oluşturabilmektedir. İç mekânlarda karşılaşılan NO_2 seviyelerinin solunum üzerindeki etkilerini karakterize etmek zor olmuştur. Gözlerin, burnun ve boğazın tahrişi, genellikle düşük düzeylerde NO_2 'ye maruz kalmanın temel sağlık etkileri olabilmektedir (Alberts 1994).

2.7.10. Partikül Madde (PM)

PM, havada asılı duran katı ve sıvı parçacıkların karışımından oluşan yaygın bir hava kirleticisidir. PM, yere göre değişen fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip bir karışımdır. PM'nin yaygın kimyasal bileşenleri arasında sülfatlar, nitratlar, amonyum, sodyum iyonları, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve klorür gibi diğer inorganik iyonlar, organik ve elemental karbon, partikül bağlı su, metaller (kadmiyum, bakır, nikel, vanadyum ve çinko) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) bulunur. Ek olarak, PM'de alerjenler ve mikrobiyal bileşikler gibi biyolojik bileşenler bulunur (WHO 2013).

Parçacıklar ya doğrudan havaya yayılabilir (birincil PM) ya da atmosferde kükürt dioksit, azot oksitler, amonyak ve metan olmayan uçucu organik bileşikler (ikincil parçacıklar) gibi gaz halindeki öncülerden oluşabilir. Birincil PM ve öncü gazlar hem insan yapımı hem de doğal kaynaklara sahip olabilir. Antropojenik kaynaklar; motorlu taşıtlar, konutlarda ve sanayide kullanılan katı yakıtlar, madencilik faaliyetleri, yollarda kullanılan kaplamaların zamanla aşınması, araçların lastik ve frenlerinin aşınması olarak sıralanabilir.

İkincil partiküller, gaz halindeki kirleticilerin kimyasal reaksiyonları yoluyla havada oluşur. Bunlar, azot oksitlerin (esas olarak trafikten ve bazı endüstriyel işlemlerden yayılan) ve kükürt içeren yakıtların yanmasından kaynaklanan kükürt dioksitin atmosferik dönüşüm ürünleridir. İkincil partiküller çoğunlukla ince PM'de bulunur. Toprak ve tozun zeminden havaya yeniden süspansiyonu, özellikle kurak bölgelerde veya uzun mesafeli toz taşınımı sırasında (örneğin Sahra'dan güney Avrupa'ya uzun mesafeli toz taşınması) PM'ye katkıda bulunan bir kaynaktır. Sağlıkla ilgili PM'yi tanımlayan yaygın olarak kullanılan göstergeler, çapı 10 μm 'den (PM_{10}) küçük olan parçacıkların ve çapı 2,5 μm 'den küçük olan parçacıkların ($\text{PM}_{2,5}$) kütle konsantrasyonunu ifade eder. Genellikle ince PM olarak adlandırılan $\text{PM}_{2,5}$, aynı zamanda çapı 0,1 μm 'den küçük olan ultra ince parçacıkları da içerir (WHO 2013).

Partikülün boyutu sağlık etkileri açısından belirleyici olmaktadır. Genel olarak bir parçacık ne kadar küçükse, o kadar derine nüfuz ederek solunum yolunda artan bir oranda birikebilmektedir. Burun solunumunda silialar ve mukus, çapı 10 μm 'yi aşan partiküllerin çoğunu ekili bir şekilde tutar. Kaba partiküller hızla çökelediğinden trakeaya veya bronşlara yerleşme eğilimi gösterir. Kaba partiküller solunduğunda hapşırma ve öksürme gibi süreçlerle vücuttan atılmaktadır. İnsan sağlığı üzerindeki etkileri en fazla olan parçacıkların çapı 10 μm 'den küçük olanlar olduğu kabul edilmektedir. Bu parçacıklar alveollere kadar nüfuz edebilirler. Yaklaşık 5 ila 10 μm arasındaki parçacıklar büyük olasılıkla trakeobronşiyal ağaçta birikirken, 1 ila 5 μm arasındaki parçacıklar gaz değişiminin gerçekleştiği solunum bronşiyollerinde ve alveollerde birirmektedir. Parçacıklar buradan kan dolaşımına karışabilmektedir. Genel olarak 1 μm 'den küçük parçacıklar, gaz moleküllerine benzer şekilde davranır ve bu nedenle alveollere kadar nüfuz eder, hücre dokusuna ve dolaşıma geçebilir (Kim ve ark. 2015).

PM maruziyeti; kardiyovasküler hastalık mortalitesi, miyokard infarktüsü, inme ve kalp yetmezliği ile ilişkilendirilmektedir. PM; tüm kardiyovasküler ölümlerin %19'undan, tüm iskemik kalp hastalığı ölümlerinin %23'ünden ve tüm inmeye bağlı ölümlerin %21'inden sorumlu tutulmaktadır. Bunun yanında astım, KOAH ve solunum sistemi enfeksiyonlarına bağlı acil servis başvurularında artışa yol açmaktadır. Yapılan araştırmalarda $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunda her 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ artış için solunum yolu hastalığına bağlı ölümlerde %1,5'in üzerinde artış olduğu gösterilmiştir. Ayrıca solunum ve

kardiyovasküler hastalıklarla birlikte ölüm riski $\text{PM}_{2,5}$ konsantrasyonunda her $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ artış için %2 oranında artmaktadır (Demir ve Aktuğ Demir 2023).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Türü

Bu çalışma Konya ili Meram ilçesinde bulunan okullarda iç ortam hava kalitesi parametrelerinin ve bu parametrelerle ilişkili faktörlerin incelendiği kesitsel tipte bir araştırmadır.

3.2. Araştırmanın Yapıldığı Yer ve Zaman

Araştırma Konya ili merkez Meram ilçesinde yer alan devlet okulları ve özel okullarda yürütülmüştür. Ölçümler 2 Mayıs 2023-16 Haziran 2023 tarihleri arasında yapılmıştır.

3.3. Araştırma İzinleri

Araştırmanın yapılabilmesi için Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi İlaç ve Tıbbi Cihaz Dışı Etik Kurulu'ndan 17.03.2023 tarih ve 2023/4256 sayı numarası ile izin alınmıştır. Etik kurul izninin alınmasından sonra okullarda ölçümlerin yapılabilmesi için Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğünden 26.04.2023 tarihinde izin alınmıştır.

3.4. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini Konya ili Meram ilçesinde yer alan her kademedeki 176 devlet okulu ve 57 özel okul olmak üzere toplam 233 okul oluşturmaktadır. Araştırmanın örnekleme G Power programıyla %5 hata payı, %80 güç ve orta etki büyüklüğü (0,50) ile bağımlı gruplar t testi baz alınarak 2 bağımlı grup için 34 olarak hesaplanmıştır. Ölçüm yapılacak okullar basit rastgele yöntemle belirlenmiştir (Ek 1).

3.5. Veri Toplama Tekniği ve Araçları

Araştırma için araştırmacılar tarafından yapılan literatür taramasının ardından bir veri toplama formu oluşturulmuştur. Veri toplama formu iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ölçüm yapılan okulun fiziksel koşullarıyla ilgili bilgiler, ikinci bölümde ise yapılan ölçümlerin kaydedileceği bir bölüm yer almaktadır (Ek 2).

Ölçüm yapılacak okulların idarecileriyle görüşülerek yapılacak ölçümlerle ilgili bilgi verilmiştir ve okulun fiziki şartları hakkında bilgi alınmıştır. Ölçümler; seçilen okullarda belirlenen sınıflarda, kantinlerde ve yemekhanelerde yapılmıştır. Ölçümler, dersler başlamadan önce ve ders bitiminde günde iki ölçüm olacak şekilde yapılmıştır.

3.5.1. Sıcaklık ve Nem Ölçümü

İç ortamın anlık sıcaklık ve nem ölçümü için Extech RH300 marka portatif sıcaklık ve nem ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.1). Sıcaklık ve nem ölçümü alanın orta noktasında yerden en az 1 metre yükseklikte yapılmıştır. Uygun sıcaklık değeri 20-25,5 °C, bağıl nem seviyesi ise %30-60 olarak alınmıştır (ASHRAE 2007).



Şekil 3.1 Sıcaklık ve Nem Ölçüm Cihazı

3.5.2. İç Ortam Hava Akım Hızı

İç ortam hava akım hızı TSI 9515 marka portatif anemometre ile ölçülmüştür (Şekil 3.2). İç ortam hava akımı alanın orta noktasında yerden en az 1 metre yükseklikte ve anlık olarak yapılmıştır. İdeal hava akım hızı 100-500 mm/sn olarak kabul edilmiştir (Şaşmaz 2004).



Şekil 3.2 Anemometre

3.5.3. Partikül Madde Ölçümü

İç ortamda partiküler madde ölçümü Cem DT-9880 markalı portatif partiküler madde ölçüm cihazıyla yapılmıştır (Şekil 3.3). Ölçümler alanın orta noktasında yerden en az 1 metre yükseklikte yapılmıştır. Ölçümler ile partikül maddelerin boyutlarına göre ($>0,3 \mu\text{m}$, $>0,5 \mu\text{m}$, $>1 \mu\text{m}$, $>2,5 \mu\text{m}$, $>5,0 \mu\text{m}$, $>10,0 \mu\text{m}$) yoğunlukları belirlenmiştir. Okullarda partikül sayıları ile ilgili sınır değerler literatürde mevcut olmadığından partikül sayıları için uygun aralık belirlenmemiştir.



Şekil 3.3 Partikül Madde Ölçüm Cihazı

3.5.4. CO, CO₂, H₂S, SO₂ ve NO Gaz Düzeylerinin Ölçümü

Gaz ölçümleri Honeywell Multirae Lite marka pompalı çoklu gaz (CO,CO₂, H₂S, SO₂ ve NO) ölçüm cihazı ile anlık olarak yapılmıştır. Belirlenen alanın orta noktasında, yerden en az 1 metre yükseklikte olacak şekilde gaz ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir. CO₂ için sınır değer 1000 ppm, CO için sınır değer 9 ppm, NO için 0,1 ppm SO₂ için 0,075 ppm, H₂S için 5 ppm alınmıştır (ASHRAE 2017, EPA 2001).



Şekil 3.4 Çoklu Gaz Ölçüm Cihazı

3.6. Verilerin Toplanması

Ölçümler 2 Mayıs 2023-16 Haziran 2023 tarihleri arasında yapılmıştır. Ölçüm yapılacak okullar ölçümden önceki gün aranarak yapılacak ölçümler ve çalışma hakkında bilgilendirilmiştir. Ölçüm yapılacak sınıf, aktif olarak kullanılan sınıflar arasından, giriş ve çıkışlara, tuvaletlere, kantin ve yemekhanelere çok yakın olmayacak ve okulun genelini temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Ölçüm yapılacak sınıfta sabah ders başlangıcından ve öğrencilerin gelmesinden önce ölçümler alınmıştır. Kapalı alanı bulunan ve aktif olarak kullanılan kantini ve yemekhanesi bulunan okullarda bu bölümlerde de sabah ders başlangıcından ve öğrencilerin gelmesinden önce ölçümler yapılmıştır. Okulda ölçüm yapılan bölümlerde ders bitiminde öğrencilerin çıkışının ardından dan sabah yapılan

ölçümler tekrarlanmıştır. Veri toplama formunda yer alan okulla ilgili bilgiler okulun idarecileriyle görüşülerek alınmıştır.

3.7. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonucu elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 27.0 paket programı ile analiz edilmiştir. Tanımlayıcı analizlerde frekans verileri sayı (n) ve yüzde (%) olarak, sayısal veriler içinse aritmetik ortalama±standart sapma (ss) veya ortanca (1.çeyreklik-3.çeyreklik) verilmiştir.

Kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare (χ^2) testi, Fisher'ın kesin ki-kare testi veya Fisher-Freeman-Halton testi kullanılmıştır. Sayısal verilerin normal dağılıma uygunluğu görsel (Histogram, Q-Q plot) ve analitik (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) yöntemle değerlendirilmiştir. Normal dağılmayan sayısal verilerin iki grupta karşılaştırılmasında; gruplar bağımlı ise Wilcoxon testi, gruplar bağımsız ise Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Normal dağılmayan iki sayısal veri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi için Spearman testi kullanılmıştır. Korelasyon düzeyleri; $r=0,00-0,19$ aralığında ise önemsiz korelasyon, $r=0,20-0,39$ aralığında ise düşük düzeyde korelasyon, $r=0,40-0,69$ aralığında ise orta düzeyde korelasyon, $r=0,70-0,89$ aralığında ise yüksek düzeyde korelasyon, $r=0,90-1,00$ aralığında ise çok iyi düzeyde korelasyon olarak kabul edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi $\alpha=0,05$ olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Ölçüm yapılan okulların 26'sı (%76,50) devlet okulu, 8'i (%23,50) özel okuldu. Okulların 6'sı (%17,60) anaokulu, 15'i (%44,10) ilkokul, 7'si (%20,60) ortaokul, 6'sı (%17,60) lise kademesindeydi. Okulların 17'sinde (%50,00) kantin, 10'unda (%29,40) yemekhane bulunmaktaydı. Çalışmaya dâhil edilen okulların tamamında ısıtma için doğalgazlı kalorifer sistemi kullanılmaktaydı. Okulların 2'sinde (%5,9) havalandırma sistemi mevcutken, 32'sinde (%94,10) pencereyle havalandırma/doğal havalandırma kullanılmaktaydı. Ölçüm yapılan dersliklerin 22'sinde (%64,70) her dersin bitiminde veya daha sık, 12'sinde (%35,30) sabah ve akşam havalandırma yapılmaktaydı. Okulların 5'inde (%14,70) ikili öğretim, 29'unda (%85,30) tekli öğretim uygulanmaktaydı. Okulların 12'sinde (%35,30) günde 1 seferden daha fazla, 20'sinde (%58,80) günde 1 sefer, 2'sinde (%5,90) günde 1 seferden daha az sıklıkta temizlik yapılmaktaydı (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Ölçüm yapılan okulların özellikleri

	Özellik	Sayı (n)	Yüzde (%)
Okul Türü	Devlet	26	76,50
	Özel	8	23,50
Okulların Kademesi	Anaokulu	6	17,60
	İlkokul	15	44,10
	Ortaokul	7	20,60
	Lise	6	17,60
Okulda Kantin Bulunma Durumu	Var	17	50,00
	Yok	17	50,00
Okulda Yemekhane Bulunma Durumu	Var	10	29,40
	Yok	24	70,60
Isıtma Şekli	Havalandırma/Klima	0	0,00
	Doğalgazlı kalorifer	34	100,00
	Kömürlü kalorifer	0	0,00
	Soba	0	0,00
Havalandırma Şekli	Havalandırma sistemi	2	5,90
	Pencere/Doğal havalandırma	32	94,10
Dersliklerin Havalandırma Sıklığı	Her dersin bitiminde veya daha sık	22	64,70
	Sabah ve akşam	12	35,30
	Günde 1 sefer veya daha az	0	0,00

Tablo 4.1 (Devamı) Ölçüm yapılan okulların özellikleri

	Özellik	Sayı (n)	Yüzde (%)
Öğretim Şekli	İkili öğretim	5	14,70
	Tekli öğretim	29	85,30
Temizlik Sıklığı	Günde 1 seferden daha sık	12	35,30
	Günde 1 sefer	20	58,80
	Günde 1 seferden daha az	2	5,90

Ölçüm yapılan okulların; bina yaşı ortancası 16,00 (8,75-32,00) yıl, bina alanı ortancası 600,00 (442,50-1043,00) m², okulda bulunan toplam sınıf sayısı ortancası 16,00 (9,75-22,25) sınıf, okuldaki toplam öğrenci sayısı ortancası 380,00 (185,75-751,00) öğrenci, sınıftaki öğrenci sayısı ortancası 25,00 (18,75-31,75) öğrenci, sınıf alanı ortancası 38,00 (30,00-45,00) m² olarak bulundu (Tablo 4.2).

Tablo 4.2 Ölçüm yapılan okulların sayısal özellikleri

Özellik	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Bina Yaşı (yıl)	16,00	8,75-32,00
Binanın Alanı (m ²)	600,00	442,50-1043,00
Okuldaki toplam sınıf sayısı	16,00	9,75-22,25
Okuldaki toplam öğrenci sayısı	380,00	185,75-751,00
Sınıftaki öğrenci sayısı	25,00	18,75-31,75
Sınıfın alanı (m ²)	38,00	30,00-45,00

Sabah dersliklerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların ortancası 22,10 (21,67-23,02) °C, bağıl nem, ortancası % 39,90 (36,57-43,70), hava akım hızı ortancası 0,00 (0,00-10,00) mm/sn, CO₂ ortancası 300,00 (200,00-400,00) ppm, PM₁₀>0,3 µm sayıları ortancası 961x10³ (672x10³-1.733x10³) p/m³, PM₁₀>0,5 µm sayıları ortancası 293x10³ (153x10³-645x10³) p/m³, PM₁₀>1 µm sayıları, ortancası 55x10³ (28 x10³-98 x10³) p/m³, PM₁₀>2,5 µm sayıları ortancası 8.155,00 (4.488,75-21x10³) p/m³, PM₁₀>5 µm sayıları, ortancası 1.085,00 (271,25-3.158,75) p/m³, PM₁₀>10µm sayıları, ortancası 420,00 (96,25-1.435,00) p/m³ olarak bulundu. Sabah ölçüm yapılan sınıfların hiçbirinde CO, H₂S, SO₂, NO saptanmadı (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Sabah dersliklerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=34)

Ölçüm	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	22,10	21,67-23,02
Bağıl Nem (%)	39,90	36,57-43,70
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00	0,00-10,00
CO (ppm)	0,00	0,00-0,00
CO ₂ (ppm)	300,00	200,00-400,00
H ₂ S (ppm)	0,00	0,00-0,00
SO ₂ (ppm)	0,00	0,00-0,00
NO (ppm)	0,00	0,00-0,00
PM >0,3µm (p/m ³)	961 x10 ³	672 x10 ³ -1.733 x10 ³
PM>0,5µm (p/m ³)	293 x10 ³	153 x10 ³ -645 x10 ³
PM>1µm (p/m ³)	55 x10 ³	28 x10 ³ -98 x10 ³
PM>2,5µm (p/m ³)	8.155,00	4.488,75-21 x10 ³
PM>5µm (p/m ³)	1.085,00	271,25-3.158,75
PM>10µm (p/m ³)	420,00	96,25-1.435,00

Akşam dersliklerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların ortancası 25,65 (24,07-26,90) °C, bağıl nem ortancası %37,20 (30,67-45,82), hava akım hızı ortancası 0,00 (0,00-10,00) mm/sn, CO₂ düzeyi ortancası 1000,00 (700,00-1225,00) ppm, PM>0,3 µm sayıları ortancası 1.296x10³ (916x10³-2.386x10³) p/m³, PM>0,5 µm sayıları ortancası 471x10³ (315x10³-714x10³) p/m³, PM>1 µm sayıları ortancası 109x10³ (69x10³-190x10³) p/m³, PM>2,5 µm sayıları ortancası 23x10³ (10x10³-41x10³) p/m³, PM>5 µm sayıları ortancası 2.800,00 (700,00-9.222,50) p/m³, PM>10 µm sayıları ortancası 1.190,00 (201,25-4.340,00) p/m³ olarak bulundu. Akşam ölçüm yapılan sınıfların hiçbirinde CO, H₂S, SO₂, NO saptanmadı (Tablo 4.4).

Tablo 4.4 Akşam dersliklerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=34)

Ölçüm	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	25,65	24,07-26,90
Bağıl Nem (%)	37,20	30,67-45,82
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00	0,00-10,00
CO (ppm)	0,00	0,00-0,00
CO ₂ (ppm)	1000,00	700,00-1225,00

Tablo 4.4 (Devamı) Akşam dersliklerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=34)

Ölçüm	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
H ₂ S (ppm)	0,00	0,00-0,00
SO ₂ (ppm)	0,00	0,00-0,00
NO (ppm)	0,00	0,00-0,00
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.296x10 ³	916x10 ³ -2.386x10 ³
PM>0,5 µm (p/m ³)	471x10 ³	315x10 ³ -714x10 ³
PM>1 µm(p/m ³)	109x10 ³	69x10 ³ -190x10 ³
PM>2,5 µm (p/m ³)	23x10 ³	10x10 ³ -41x10 ³
PM>5 µm (p/m ³)	2.800,00	700,00-9.222,50
PM>10 µm (p/m ³)	1.190,00	201,25-4.340,00

Sabah kantinlerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların, ortancası 22,10 (20,75-23,65) °C, bağıl nem, ortancası %40,00 (36,75-45,30), hava akım hızı, ortancası 0,00 (0,00-10,00) mm/sn, CO₂ düzeyi, ortancası 300,00 (250,00-400,00) ppm, PM>0,3 µm sayıları ortancası 1.311x10³ (739x10³-2.405x10³) p/m³, PM>0,5 µm sayıları ortancası 368x10³ (176x10³-615x10³) p/m³, PM>1 µm sayıları ortancası 70x10³ (29x10³-107x10³) p/m³, PM>2,5 µm sayıları ortancası 10x10³ (5.565,00-28x10³) p/m³, PM>5 µm sayıları ortancası 1.365,00 (472,50-5.127,50) p/m³, PM>10 µm sayıları ortancası 595,00 (105,00-1.995,00) p/m³ olarak bulundu. Sabah ölçüm yapılan kantinlerin hiçbirinde CO, H₂S, SO₂, NO saptanmadı (Tablo 4.5).

Akşam kantinlerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların ortancası 25,70 (24,60-27,55) °C, bağıl nem ortancası %30,50 (26,75-35,40), hava akım hızı ortancası 10,00 (0,00-10,00) mm/sn, CO₂ düzeyi ortancası 500,00 (300,00-550,00), PM>0,3 µm sayıları ortancası 1.455x10³ (994x10³-2.527x10³) p/m³, PM>0,5 µm sayıları ortancası 427x10³(333x10³-595x10³) p/m³, PM>1 µm sayıları ortancası 89x10³ (54x10³-140x10³) p/m³, PM>2,5 µm sayıları ortancası 16x10³ (8.452,50-30x10³) p/m³, PM>5 µm sayıları ortancası 1.470,00 (805,00-6.772,50) p/m³, PM>10 µm sayıları ortancası 665,00 (227,50-3.062,50) p/m³olarak bulundu. Akşam ölçüm yapılan kantinlerin hiçbirinde CO, H₂S, SO₂, NO saptanmadı (Tablo 4.6).

Tablo 4.5 Sabah kantinlerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=17)

Ölçüm	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	22,10	20,75-23,65
Bağıl Nem (%)	40,00	36,75-45,30
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00	0,00-10,00
CO (ppm)	0,00	0,00-0,00
CO ₂ (ppm)	300,00	250,00-400,00
H ₂ S (ppm)	0,00	0,00-0,00
SO ₂ (ppm)	0,00	0,00-0,00
NO (ppm)	0,00	0,00-0,00
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.311x10 ³	739x10 ³ -2.405x10 ³
PM>0,5 µm (p/m ³)	368x10 ³	176x10 ³ -615x10 ³
PM>1 µm (p/m ³)	70x10 ³	29x10 ³ -107x10 ³
PM>2,5 µm (p/m ³)	10x10 ³	5.565,00-28x10 ³
PM>5 µm (p/m ³)	1.365,00	472,50-5.127,50
PM>10 µm (p/m ³)	595,00	105,00-1.995,00

Tablo 4.6 Akşam kantinlerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=17)

Ölçüm	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	25,70	24,60-27,55
Bağıl Nem (%)	30,50	26,75-35,40
Hava Akım Hızı (mm/sn)	10,00	0,00-10,00
CO (ppm)	0,00	0,00-0,00
CO ₂ (ppm)	500,00	300,00-550,00
H ₂ S (ppm)	0,00	0,00-0,00
SO ₂ (ppm)	0,00	0,00-0,00
NO (ppm)	0,00	0,00-0,00
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.455x10 ³	994x10 ³ -2.527x10 ³
PM>0,5 µm (p/m ³)	427x10 ³	333x10 ³ -595x10 ³
PM>1 µm (p/m ³)	89x10 ³	54x10 ³ -140x10 ³)
PM>2,5 µm (p/m ³)	16x10 ³	8.452,50-30x10 ³
PM>5 µm (p/m ³)	1.470,00	805,00-6.772,50
PM>10 µm (p/m ³)	665,00	227,50-3.062,50

Sabah yemekhanelerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların ortancası 22,60 (21,37-23,20) °C, bağıl nem ortancası %42,15 (35,82-45,77), hava akım hızı ortancası 0,00 (0,00-12,50) mm/sn, CO₂ düzeyi ortancası 300,00 (200,00-400,00) ppm, PM>0,3 µm sayıları ortancası 1.282x10³ (606x10³-5.138x10³) p/m³, PM>0,5 µm sayıları ortancası 359x10³ (183x10³-1.560x10³) p/m³, PM>1 µm sayıları ortancası 60x10³ (42x10³-270x10³) p/m³, PM>2,5 µm sayıları ortancası 10x10³ (7.542,50-45x10³) p/m³, PM>5 µm sayıları ortancası 1.452,50 (507,50-3.325,00) p/m³, PM>10 µm sayıları ortancası 577,50 (236,25-1.426,25) p/m³ olarak bulundu. Bir yemekhanede 0,5 ppm NO saptandı. Sabah ölçüm yapılan yemekhanelerin hiçbirinde CO, H₂S, SO₂ saptanmadı (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Sabah yemekhanelerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=10)

	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	22,60	(21,37-23,20)
Bağıl Nem (%)	42,15	(35,82-45,77)
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00	(0,00-12,50)
CO (ppm)	0,00	(0,00-0,00)
CO₂ (ppm)	300,00	(200,00-400,00)
H₂S (ppm)	0,00	(0,00-0,00)
SO₂ (ppm)	0,00	(0,00-0,00)
NO (ppm)	0,00	(0,00-0,00)
PM>0,3 µm(p/m³)	1.282x10 ³	606x10 ³ -5.138x10 ³
PM>0,5 µm (p/m³)	359x10 ³	183x10 ³ -1.560 x10 ³
PM>1 µm (p/m³)	60x10 ³	42x10 ³ -270x10 ³
PM>2,5 µm (p/m³)	10x10 ³	7.542,50-45x10 ³
PM>5 µm (p/m³)	1.452,50	507,50-3.325,00
PM>10 µm (p/m³)	577,50	236,25-1.426,25

Akşam yemekhanelerde yapılan ölçümlerde; sıcaklıkların ortancası 25,10 (24,40-27,35) °C, bağıl nem ortancası %35,95 (28,10-39,42), hava akım hızı ortancası 5,00 (0,00-22,50) mm/sn, CO₂ düzeyi ortancası 300,00 (275,00-425,00) ppm, PM>0,3 µm sayıları ortancası 1.360x10³ (770x10³-3.426x10³) p/m³, PM>0,5 µm sayıları ortancası 372x10³ (290x10³-871x10³) p/m³, PM>1 µm sayıları ortancası 96x10³ (64x10³-142x10³) p/m³, PM>2,5 µm sayıları ortancası 20x10³ (11x10³-31x10³) p/m³, PM>5 µm sayıları ortancası 2.345,00 (997,50-3.115,00) p/m³, PM>10 µm sayıları ortancası 805,00 (332,50-1.312,50)

p/m³ olarak bulundu. Akşam ölçüm yapılan yemekhanelerin hiçbirinde CO, H₂S, SO₂, NO saptanmadı (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Akşam yemekhanelerde yapılan hava kalite ölçümleri (n=10)

	Ortanca	1. Ve 3. Çeyreklik
Sıcaklık (°C)	25,10	24,40-27,35
Bağıl Nem (%)	35,95	28,10-39,42
Hava Akım Hızı (mm/sn)	5,00	0,00-22,50
CO (ppm)	0,00	0,00-0,00
CO ₂ (ppm)	300,00	275,00-425,00
H ₂ S (ppm)	0,00	0,00-0,00
SO ₂ (ppm)	0,00	0,00-0,00
NO (ppm)	0,00	0,00-0,00
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.360x10 ³	770x10 ³ -3.426x10 ³
PM>0,5 µm (p/m ³)	372x10 ³	290x10 ³ -871x10 ³
PM>1 µm (p/m ³)	96x10 ³	64x10 ³ -142x10 ³
PM>2,5 µm (p/m ³)	20x10 ³	11x10 ³ -31x10 ³
PM>5 µm (p/m ³)	2.345,00	997,50-3.115,00
PM>10 µm (p/m ³)	805,00	332,50-1.312,50

Sabah dersliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin 2'si (%5,90) 20 °C'nin altında, 32'si (%94,10) 20,00-25,50 °C aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 16'sı (%47,10) 20,00-25,50 °C aralığında, 18'i (%52,90) 25,50 °C'nin üzerinde bulundu. Sabah dersliklerde yapılan nem ölçümlerinin tamamı %30-%60 aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 7'si (%20,60) %30'un altında, 26'sı (%76,50) %30-%60 aralığında, 1'i (%2,90) %60'ın üzerinde bulundu. Sabah dersliklerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı 1000 ppm'in altında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 16'sı (%47,10) 1000 ppm'in altında, 18'i (%52,90) 1000 ppm ve üzerinde bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun değerinin altında bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde CO, H₂S, SO₂, NO belirlenen eşik değerlerinin altındaydı (Tablo 4.9).

Tablo 4.9 Dersliklerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=34)

Ölçüm değeri		Sabah n (%)	Akşam n (%)
Sıcaklık (°C)	< 20,00	2 (5,90)	0 (0,00)
	20,00-25,50	32 (94,10)	16 (47,10)
	> 25,50	0 (0,00)	18 (52,90)
Nem (%)	< 30,00	0 (0,00)	7 (20,60)
	30,00-60,00	34 (100)	26 (76,50)
	> 60,00	0 (0,00)	1 (2,90)
CO ₂ (ppm)	< 1000	34 (100,00)	16 (47,10)
	≥ 1000	0,00 (0,00)	18 (52,90)

Sabah kantinlerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin 2'si (%11,80) 20 °C'nin altında, 14'ü (%82,40) 20,00-25,50 °C aralığında, 1'i (%5,90) 25,50 °C'nin üzerinde bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 8'i (%47,10) 20,00-25,50 °C aralığında, 9'u (%52,90) 25,50 °C'nin üzerinde bulundu. Sabah kantinlerde yapılan nem ölçümlerinin tamamı %30-%60 aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 8'i (%47,10) %30'un altında, 9'u (%52,90) %30-%60 aralığında bulundu. Sabah kantinlerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı 1000 ppm'in altında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 16'sı (%94,10) 1000 ppm'in altında, 1'i (%5,90) 1000 ppm ve üzerinde bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun değerinin altında bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde CO, H₂S, SO₂, NO belirlenen eşik değerlerin altındaydı (Tablo 4.10).

Tablo 4.10 Kantinlerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=17)

Ölçüm değeri		Sabah n (%)	Akşam n (%)
Sıcaklık (°C)	< 20,00	2 (11,80)	0 (0,00)
	20,00-25,50	14 (82,40)	8 (47,10)
	> 25,50	1 (5,90)	9 (52,90)
Nem (%)	< 30,00	0 (0,00)	8 (47,10)
	30,00-60,00	17 (100,00)	9 (52,90)
	> 60,00	0 (0,00)	0 (0,00)
CO ₂ (ppm)	< 1000	17 (100,00)	16 (94,10)
	≥ 1000	0,00 (0,00)	1 (5,90)

Sabah yemekhanelerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin tamamı 20,00-25,50 °C aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 6'sı (%60,00) 20,00-25,50 °C aralığında, 4'ü (%40,00) 25,50 °C'nin üzerinde bulundu. Sabah yemekhanelerde yapılan nem ölçümlerinin tamamı %30-%60 aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin 4'ü (%40,00) %30'un altında, 6'sı (%60,00) %30-%60 aralığında bulundu. Sabah yemekhanelerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı 1000 ppm'in altında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin de tamamı 1000 ppm'in altında bulundu. Sabah ölçüm yapılan bir yemekhanede NO düzeyi 0,5 ppm ile belirlenen eşik değerin üzerinde bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun değerin altında bulundu. Yapılan tüm ölçümlerde CO, H₂S, SO₂ belirlenen eşik değerlerin altındaydı (Tablo 4.11).

Tablo 4.11 Yemekhanelerde yapılan ölçümlerin uygun değerlere uygunluğu (n=10)

Ölçüm değeri		Sabah n (%)	Akşam n (%)
Sıcaklık (°C)	< 20,00	0 (0,00)	0 (0,00)
	20,00-25,50	10 (100,00)	6 (60,00)
	> 25,50	0 (0,00)	4 (40,00)
Nem (%)	< 30,00	0 (0,00)	4 (40,00)
	30,00-60,00	10 (100,00)	6 (60,00)
	> 60,00	0 (0,00)	0 (0,00)
CO ₂ (ppm)	< 1000	10 (100,00)	10 (100,00)
	≥ 1000	0,00 (0,00)	0 (0,00)

Dersliklerde sabah yapılan ölçümlerle akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması tablo 4.12'de sunuldu. Dersliklerde sabah sıcaklıkları ortancası 22,10 (21,67-23,02) °C, akşam sıcaklıkları ortancasından 25,65 (21,67-23,02) °C istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,001$). Dersliklerde sabah CO₂ ölçümleri ortancası 300,00 (200,00-400,00) ppm, akşam CO₂ ölçümleri ortancası 1000,00 (700,00-1225,00) ppm olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,001$). Dersliklerde sabah PM_{2,5} µm değerleri ortancasıyla 8.155,00 (4.488,75-21x10³) akşam PM_{2,5} µm değerleri ortancası 23x10³ (10x10³-41x10³) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p=0,010$). Dersliklerde sabah PM₅ µm değerleri ortancası 1.085,00 (271,25-3.158,75), akşam PM₅ µm değerleri ortancası 2.800,00 (700,00-9.222,50) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,019$). Dersliklerde sabah PM₁₀

μm değerleri ortancası 420,00 (96,25-1.435,00), akşam $\text{PM}>5 \mu\text{m}$ değerleri ortancası 1.190,00 (201,25-4.340,00) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,004$). Dersliklerde sabah yapılan ölçümlerde saptanan bağıl nem, hava akım hızı, $\text{PM}>0,3 \mu\text{m}$, $\text{PM}>0,5 \mu\text{m}$, $\text{PM}>1 \mu\text{m}$ değerleri ile akşam yapılan ölçümlerde saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.12 Dersliklerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	P
	Ortanca	Ortanca	
	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	22,10 (21,67-23,02)	25,65 (24,07-26,90)	<0,001
Bağıl Nem (%)	39,90(36,57-43,70)	37,20(30,67-45,82)	0,211
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-10,00)	0,00 (0,00-10,00)	0,115
CO_2 (ppm)	300,00 (200,00-400,00)	1000,00 (700,00-1225,00)	<0,001
$\text{PM}>0,3 \mu\text{m}$ (p/m^3)	961×10^3 (672×10^3 - 1.733×10^3)	1.296×10^3 (916×10^3 - 2.386×10^3)	0,248
$\text{PM}>0,5 \mu\text{m}$ (p/m^3)	293×10^3 (153×10^3 - 645×10^3)	471×10^3 (315×10^3 - 714×10^3)	0,122
$\text{PM}>1 \mu\text{m}$ (p/m^3)	55×10^3 (28×10^3 - 98×10^3)	109×10^3 (69×10^3 - 190×10^3)	0,057
$\text{PM}>2,5 \mu\text{m}$ (p/m^3)	8.155,00 (4.488,75- 21×10^3)	23×10^3 (10×10^3 - 41×10^3)	0,010
$\text{PM}>5 \mu\text{m}$ (p/m^3)	1.085,00 (271,25-3.158,75)	2.800,00 (700,00-9.222,50)	0,019
$\text{PM}>10 \mu\text{m}$ (p/m^3)	420,00 (96,25-1.435,00)	1.190,00 (201,25-4.340,00)	0,004

Kantinlerde sabah yapılan ölçümlerle akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması tablo 4.13’de sunuldu. Kantinlerde sabah sıcaklıkları ortancası 22,10 (20,75-23,65) $^{\circ}\text{C}$, akşam sıcaklıkları ortancası 25,70 (24,60-27,55) $^{\circ}\text{C}$ olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,001$). Kantinlerde sabah bağıl nem değerleri ortancası %40,00 (36,75-45,30), akşam bağıl nem değerleri ortancası %30,50 (26,75-35,40) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,003$). Kantinlerde sabah CO_2 ölçümleri ortancası 300,00 (250,00-400,00) ppm, akşam CO_2 ölçümleri ortancası 500,00 (300,00-550,00) ppm olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,002$). Kantinlerde sabah $\text{PM}>2,5 \mu\text{m}$ değerleri ortancası 10×10^3 (5.565,00- 28×10^3), akşam $\text{PM}>2,5 \mu\text{m}$ değerleri ortancası 16×10^3 (8.452,50- 30×10^3) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,028$). Kantinlerde sabah $\text{PM}>5 \mu\text{m}$ değerleri ortancası 1.365,00 (472,50-5.127,50), akşam $\text{PM}>5 \mu\text{m}$ değerleri ortancası 1.470,00 (805,00-6.772,50) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,049$).

Kantinlerde sabah yapılan ölçümlerde saptanan hava akım hızı, PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>10 µm değerleri ile akşam yapılan ölçümlerde saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.13 Kantinlerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	P
	Ortanca	Ortanca	
	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık (°C)	22,10 (20,75-23,65)	25,70 (24,60-27,55)	<0,001
Bağıl Nem (%)	40,00 (36,75-45,30)	30,50 (26,75-35,40)	0,003
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-10,00)	10,00 (0,00-10,00)	0,642
CO ₂ (ppm)	300,00 (250,00-400,00)	500,00 (300,00-550,00)	0,002
PM>0,3 µm(p/m ³)	1.311x10 ³ (739x10 ³ -2.405x10 ³)	1.455x10 ³ (994x10 ³ -2.527x10 ³)	0,210
PM>0,5 µm (p/m ³)	368x10 ³ (176x10 ³ -615x10 ³)	427x10 ³ (333x10 ³ -595x10 ³)	0,149
PM>1 µm (p/m ³)	70x10 ³ (29x10 ³ -107x10 ³)	89x10 ³ (54x10 ³ -140x10 ³)	0,076
PM>2,5 µm (p/m ³)	10x10 ³ (5.565,00-28x10 ³)	16x10 ³ (8.452,50-30 x10 ³)	0,028
PM>5 µm (p/m ³)	1.365,00 (472,50-5.127,50)	1.470,00 (805,00-6.772,50)	0,049
PM>10 µm (p/m ³)	595,00 (105,00-1.995,00)	665,00 (227,50-3.062,50)	0,115

Yemekhanelerde sabah yapılan ölçümlerle akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması tablo 4.14’de sunuldu. Yemekhanelerde sabah sıcaklıkları ortancası 22,60 (21,37-23,20) °C, akşam sıcaklıkları ortancası 25,10 (24,40-27,35) °C olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,005). Yemekhanelerde sabah bağıl nem değerleri ortancası %42,15 (35,82-45,77), akşam bağıl nem değerleri ortancası %35,95 (28,10-39,42) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı (p=0,037). Yemekhanelerde sabah yapılan ölçümlerde saptanan hava akım hızı, CO₂, PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri ile akşam yapılan ölçümlerde saptanan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.14 Yemekhanelerde sabah ve akşam yapılan ölçümlerin karşılaştırılması

Ölçüm	Sabah	Akşam	P
	Ortanca	Ortanca	
	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	(1. Çeyreklik-3.çeyreklik)	
Sıcaklık (°C)	22,60 (21,37-23,20)	25,10 (24,40-27,35)	0,005
Bağıl Nem (%)	42,15 (35,82-45,77)	35,95 (28,10-39,42)	0,037
Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,00 (0,00-12,50)	5,00 (0,00-22,50)	0,141
CO ₂ (ppm)	300,00 (200,00-400,00)	300,00 (275,00-425,00)	0,751
PM>0,3µm(p/m ³)	1.282x10 ³ (606x10 ³ -5.138x10 ³)	1.360x10 ³ (770x10 ³ - 3.426x10 ³)	0,646
PM>0,5µm (p/m ³)	359x10 ³ (183x10 ³ -1.560x10 ³)	372x10 ³ (290x10 ³ -871x10 ³)	0,878
PM>1µm (p/m ³)	60x10 ³ (42x10 ³ -270x10 ³)	96x10 ³ (64x10 ³ -142x10 ³)	0,878
PM>2,5µm (p/m ³)	10x10 ³ (7.542,50-45x10 ³)	20x10 ³ (11x10 ³ -31x10 ³)	0,959
PM>5µm (p/m ³)	1.452,50 (507,50-3.325,00)	2.345,00 (997,50-3.115,00)	0,859
PM>10µm (p/m ³)	577,50 (236,25-1.426,25)	805,00 (332,50-1.312,50)	0,721

Okullarda sabah ve akşam ölçümü yapılan hava kalite parametrelerinin serlik, kantin ve yemekhaneler arasında karşılaştırılması Tablo 4.15’de sunuldu. Sabah ölçülen bağıl nem düzeyleri karşılaştırıldığında anlamlı farklılık bulundu ($p=0,040$). Yapılan post-hoc analizlerde farklılığın yemekhanelerde daha düşük olmasından kaynaklandığı bulundu. Akşam ölçülen bağıl nem düzeyleri karşılaştırıldığında anlamlı farklılık bulundu ($p=0,042$). Yapılan post-hoc analizlerde farklılığın dersliklerdeki bağıl nem düzeyinin kantinlerden daha yüksek olmasından kaynaklandığı bulundu. Akşam ölçülen CO₂ düzeyleri karşılaştırıldığında arada istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($<0,001$). Yapılan post-hoc analizlerde farklılığın dersliklerdeki CO₂ düzeylerinin kantin ve yemekhanelerden yüksek olmasından kaynaklandığı bulundu. Yapılan diğer karşılaştırmalarda derslik, kantin ve yemekhaneler arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.15 Okullarda sabah ve akşam yapılan ölçümlerin derslik, kantin ve yemekhaneler arasında karşılaştırılması

Özellik			Ölçümün Yapıldığı Yer	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Sıcaklığı (°C)			Derslik	34	22,10(21,67-23,02)	0,906
			Kantin	17	22,10(20,75-23,65)	
			Yemekhane	10	22,60(21,37-23,20)	
Akşam Sıcaklığı (°C)			Derslik	34	25,65(24,07-26,90)	0,923
			Kantin	17	25,70(24,60-27,55)	
			Yemekhane	10	25,10(24,40-27,35)	
Sabah Nem (%)			Derslik	34	39,90(36,57-43,70)	0,040
			Kantin	17	40,00(36,75-45,30)	
			Yemekhane	10	35,95(28,10-39,42)	
Akşam Nem (%)			Derslik	34	37,20(30,67-45,82)	0,042
			Kantin	17	30,50(26,75-35,40)	
			Yemekhane	10	35,95(28,10-39,42)	
Sabah Hava Akım Hızı (mm/sn)			Derslik	34	0,00(0,00-10,00)	0,974
			Kantin	17	0,00(0,00-10,00)	
			Yemekhane	10	0,00(0,00-12,50)	
Akşam Hava Akım Hızı (mm/sn)			Derslik	34	0,00(0,00-10,00)	0,417
			Kantin	17	10,00(0,00-10,00)	
			Yemekhane	10	5,00(0,00-22,50)	
Sabah CO ₂ (ppm)			Derslik	34	300,00(200,00-400,00)	0,985
			Kantin	17	300,00(250,00-400,00)	
			Yemekhane	10	300,00(200,00-400,00)	
Akşam CO ₂ (ppm)			Derslik	34	1000,00(700,00-1225,00)	<0,001
			Kantin	17	500,00(300,00-550,00)	
			Yemekhane	10	300,00(275,00-425,00)	
Sabah (p/m ³)	PM>0,3	µm	Derslik	34	961x10 ³ (672x10 ³ -1.733x10 ³)	0,792
			Kantin	17	1.311x10 ³ (739x10 ³ -2.405x10 ³)	
			Yemekhane	10	1.282x10 ³ (606x10 ³ -5.138x10 ³)	
Akşam (p/m ³)	PM>0,3	µm	Derslik	34	1.296x10 ³ (916x10 ³ -2.386x10 ³)	0,949
			Kantin	17	1.455x10 ³ (994x10 ³ -2.527x10 ³)	
			Yemekhane	10	1.360x10 ³ (770x10 ³ -3.426x10 ³)	

Tablo 4.15 (Devamı) Okullarda sabah ve akşam yapılan ölçümlerin derslik, kantin ve yemekhaneler arasında karşılaştırılması

Özellik			Ölçümün Yapıldığı Yer	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah (p/m ³)	PM>0,5	µm	Derslik	34	293x10 ³ (153x10 ³ -645x10 ³)	0,625
			Kantin	17	368x10 ³ (176x10 ³ -615x10 ³)	
			Yemekhane	10	359x10 ³ (183x10 ³ -1.560x10 ³)	
Akşam (p/m ³)	PM>0,5	µm	Derslik	34	471x10 ³ (315x10 ³ -714x10 ³)	0,909
			Kantin	17	427x10 ³ (333x10 ³ -595x10 ³)	
			Yemekhane	10	372x10 ³ (290x10 ³ -871x10 ³)	
Sabah PM>1 µm (p/m ³)			Derslik	34	55x10 ³ (28x10 ³ -98x10 ³)	0,715
			Kantin	17	70x10 ³ (29x10 ³ -107x10 ³)	
			Yemekhane	10	60x10 ³ (42x10 ³ -270x10 ³)	
Akşam (p/m ³)	PM>1	µm	Derslik	34	109x10 ³ (69x10 ³ -190x10 ³)	0,766
			Kantin	17	89x10 ³ (54x10 ³ -140x10 ³)	
			Yemekhane	10	96x10 ³ (64x10 ³ -142x10 ³)	
Sabah (p/m ³)	PM>2,5	µm	Derslik	34	8.155,00 (4.488,75-21x10 ³)	0,535
			Kantin	17	10x10 ³ (5.565,00-28x10 ³)	
			Yemekhane	10	10x10 ³ (7.542,50-45x10 ³)	
Akşam (p/m ³)	PM>2,5	µm	Derslik	34	23x10 ³ (10x10 ³ -41x10 ³)	0,788
			Kantin	17	16x10 ³ (8.452,50-30 x10 ³)	
			Yemekhane	10	20x10 ³ (11x10 ³ -31x10 ³)	
Sabah PM>5 µm (p/m ³)			Derslik	34	1.085,00 (271,25-3.158,75)	0,800
			Kantin	17	1.365,00 (472,50-5.127,50)	
			Yemekhane	10	1.452,50 (507,50-3.325,00)	
Akşam (p/m ³)	PM>5	µm	Derslik	34	2.800,00 (700,00-9.222,50)	0,909
			Kantin	17	1.470,00 (805,00-6.772,50)	
			Yemekhane	10	2.345,00 (997,50-3.115,00)	
Sabah (p/m ³)	PM>10	µm	Derslik	34	420,00 (96,25-1.435,00)	0,776
			Kantin	17	595,00 (105,00-1.995,00)	
			Yemekhane	10	577,50 (236,25-1.426,25)	
Akşam (p/m ³)	PM>10	µm	Derslik	34	1.190,00 (201,25-4.340,00)	0,753
			Kantin	17	665,00 (227,50-3.062,50)	
			Yemekhane	10	805,00 (332,50-1.312,50)	

Dersliklerin havalandırma sıklığına göre sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması tablo 4.16’da sunuldu. Her ders bitiminde havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem ortancası %38,25 (34,70-40,30), sabah ve akşam havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem ortancası %43,15 (40,52-47,47) olarak bulundu. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,010$). Dersliklerin havalandırma sıklığına göre ölçümü yapılan diğer parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.16 Havalandırma sıklığına göre sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik	Okul Türü	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Derslik Sıcaklığı (°C)	Her dersin bitiminde	22	22,45(21,80-23,37)	0,068
	Sabah ve Akşam	12	21,95(21,22-22,25)	
Akşam Derslik Sıcaklığı (°C)	Her dersin bitiminde	22	25,85(24,25-27,05)	0,327
	Sabah ve Akşam	12	25,15(23,70-26,72)	
Sabah Derslik Nem (%)	Her dersin bitiminde	22	38,25(34,70-40,30)	0,010
	Sabah ve Akşam	12	43,15(40,52-47,47)	
Akşam Derslik Nem (%)	Her dersin bitiminde	22	36,75(28,80-40,97)	0,217
	Sabah ve Akşam	12	39,55(33,87-48,72)	
Sabah Derslik Hava Akım Hızı (mm/sn)	Her dersin bitiminde	22	0,00(0,00-10,00)	0,557
	Sabah ve Akşam	12	0,00(0,00-7,50)	
Akşam Derslik Hava Akım Hızı (mm/sn)	Her dersin bitiminde	22	0,00(0,00-12,50)	0,309
	Sabah ve Akşam	12	0,00(0,00-7,50)	
Sabah Derslik CO ₂ (ppm)	Her dersin bitiminde	22	300,00(200,00-400,00)	0,423
	Sabah ve Akşam	12	300,00(300,00-400,00)	
Akşam Derslik CO ₂ (ppm)	Her dersin bitiminde	22	900,00(600,00-1200,00)	0,087
	Sabah ve Akşam	12	1050,00(925,00-1600,00)	
Sabah Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Her dersin bitiminde	22	1.058x10 ³ (820x10 ³ -1.870x10 ³)	0,097
	Sabah ve Akşam	12	696x10 ³ (572x10 ³ -1.930x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Her dersin bitiminde	22	1.077x10 ³ (824x10 ³ -2.611x10 ³)	0,149
	Sabah ve Akşam	12	1.807x10 ³ (1.191x10 ³ -2.265x10 ³)	
Sabah Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	Her dersin bitiminde	22	344x10 ³ (223x10 ³ -645x10 ³)	0,105
	Sabah ve Akşam	12	165x10 ³ (139x10 ³ ,25-656x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	Her dersin bitiminde	22	426x10 ³ (298x10 ³ -649x10 ³)	0,195
	Sabah ve Akşam	12	585x10 ³ (412x10 ³ -829x10 ³)	

Tablo 4.16 (Devamı) Havalandırma sıklığına göre sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Sabah Derslik	PM>1	Her dersin bitiminde	22	74x10 ³ (32x10 ³ -98x10 ³)	0,105
		Sabah ve Akşam	12	31x10 ³ (19x10 ³ -103x10 ³)	
Akşam Derslik	PM>1	Her dersin bitiminde	22	92x10 ³ (68x10 ³ -126x10 ³)	0,160
		Sabah ve Akşam	12	129x10 ³ (77x10 ³ -224x10 ³)	
Sabah Derslik	PM>2,5	Her dersin bitiminde	22	12x10 ³ (5.442,50-21x10 ³)	0,280
		Sabah ve Akşam	12	6.055,00(2.450,00-19.932,50)	
Akşam Derslik	PM>2,5	Her dersin bitiminde	22	18.672,50(10.272,50-35.770,00)	0,105
		Sabah ve Akşam	12	33.985,00(11.725,00-63.691,25)	
Sabah Derslik	PM>5	Her dersin bitiminde	22	1.452,50(358,75-3.027,50)	0,601
		Sabah ve Akşam	12	612,50(192,50-4.156,25)	
Akşam Derslik	PM>5	Her dersin bitiminde	22	2.362,50(586,25-7.682,50)	0,149
		Sabah ve Akşam	12	4.760,00(1.137,50-12.477,50)	
Sabah Derslik	PM>10	Her dersin bitiminde	22	420,00(157,50-1.435,00)	0,718
		Sabah ve Akşam	12	385,00(17,50-1.557,50)	
Akşam Derslik	PM>10	Her dersin bitiminde	22	752,50(157,50-3.718,75)	0,188
		Sabah ve Akşam	12	1.872,50(402,50-5.705,00)	

Okul türüne göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması Tablo 4,17’de sunuldu. Okul türüne göre sabah ve akşam ölçümü yapılan; sıcaklık, bağıl nem, CO₂, PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.17 Okulun türüne göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik	Okulun Türü	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Derslik Sıcaklığı (°C)	Devlet	26	22,10(21,52-23,15)	0,669
	Özel	8	22,10(21,72-22,75)	
Akşam Derslik Sıcaklığı (°C)	Devlet	26	25,65(24,07-26,90)	0,583
	Özel	8	25,05(23,70-26,80)	
Sabah Derslik Nem (%)	Devlet	26	40,05(36,05-43,70)	0,903
	Özel	8	38,25(36,85-44,87)	

Tablo 4.17 (Devamı) Okulun türüne göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik	Okulun Türü	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Akşam Derslik Nem (%)	Devlet	26	37,20(30,97-46,55)	0,655
	Özel	8	36,45(29,30-43,92)	
Sabah Derslik CO ₂ (ppm)	Devlet	26	300,00 (200,00-400,00)	1,000
	Özel	8	300,00 (225,00-400,00)	
Akşam Derslik CO ₂ (ppm)	Devlet	26	1000,00 (700,00-1350,00)	0,126
	Özel	8	700,00 (450,00-1125,00)	
Sabah Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Devlet	26	996x10 ³ (672x10 ³ -1.687x10 ³)	0,968
	Özel	8	928x10 ³ (630x10 ³ -3.442x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Devlet	26	1.209x10 ³ (916x10 ³ -2.361x10 ³)	0,808
	Özel	8	1.581x10 ³ (879x10 ³ -1.581x10 ³)	
Sabah Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	Devlet	26	252x10 ³ (153x10 ³ -645x10 ³)	0,903
	Özel	8	337x10 ³ (160x10 ³ -890x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	Devlet	26	471x10 ³ (471x10 ³ -714x10 ³)	0,776
	Özel	8	494x10 ³ (319x10 ³ -752x10 ³)	
Sabah Derslik PM>1 µm (p/m ³)	Devlet	26	44x10 ³ (28x10 ³ -98x10 ³)	0,776
	Özel	8	72x10 ³ (25x10 ³ -142x10 ³)	
Akşam Derslik PM>1 µm (p/m ³)	Devlet	26	109x10 ³ (67x10 ³ -190x10 ³)	0,808
	Özel	8	109x10 ³ (77x10 ³ -191x10 ³)	
Sabah Derslik PM>2,5 µm (p/m ³)	Devlet	26	7.105,00(4.488,75-21x10 ³)	0,715
	Özel	8	17x10 ³ (3.850,00-21x10 ³)	
Akşam Derslik PM>2,5 µm (p/m ³)	Devlet	26	23x10 ³ (9.073,75-41x10 ³)	0,776
	Özel	8	26x10 ³ (11x10 ³ -42x10 ³)	
Sabah Derslik PM>5 µm (p/m ³)	Devlet	26	787,50(245,00-3.010,00)	0,503
	Özel	8	2.450,00(411,25-4.051,25)	
Akşam Derslik PM>5 µm (p/m ³)	Devlet	26	2.800,00(350,00-8.216,25)	0,570
	Özel	8	3.395,00(778,75-10x10 ³)	
Sabah Derslik PM>10 µm (p/m ³)	Devlet	26	332,50(70,00-1.400,00)	0,452
	Özel	8	945,00(131,25-1.916,25)	
Akşam Derslik PM>10 µm (p/m ³)	Devlet	26	1.190,00(157,50-3.876,25)	0,570
	Özel	8	1.890,00(245,00-5.390,00)	

Sınıftaki öğrenci sayısına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen partikül madde sayılarının karşılaştırılması Tablo 4.18’de sunuldu. Sınıftaki öğrenci sayısına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçümü yapılan hava kalite parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.18 Sınıftaki öğrenci sayısına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik	Sınıftaki Öğrenci Sayısı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Derslik Sıcaklığı (°C)	≤30	24	22,00(21,40-22,75)	0,159
	>30	10	22,45(21,97-23,60)	
Akşam Derslik Sıcaklığı (°C)	≤30	24	25,50(24,30-26,87)	0,696
	>30	10	26,40(23,72-28,17)	
Sabah Derslik Nem (%)	≤30	24	40,05(36,52-43,60)	0,897
	>30	10	39,45(36,75-45,10)	
Akşam Derslik Nem (%)	≤30	24	37,85(29,75-44,05)	0,515
	>30	10	37,20(33,67-52,20)	
Sabah Derslik CO ₂ (ppm)	≤30	24	300,00(225,00-400,00)	0,669
	>30	10	300,00(200,00-425,00)	
Akşam Derslik CO ₂ (ppm)	≤30	24	900,00(600,00-1175,00)	0,066
	>30	10	1150,00(975,00-1350,00)	
Sabah Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	≤30	24	901x10 ³ (620x10 ³ -2.024x10 ³)	0,515
	>30	10	1.152x10 ³ (677x10 ³ -2.264x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	≤30	24	1.296x10 ³ (918x10 ³ -2.330x10 ³)	0,838
	>30	10	1.363x10 ³ (894x10 ³ -3.148x10 ³)	
Sabah Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	≤30	24	293x10 ³ (150x10 ³ -596x10 ³)	0,564
	>30	10	306x10 ³ (192x10 ³ -796x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	≤30	24	463x10 ³ (313x10 ³ -716x10 ³)	0,867
	>30	10	501x10 ³ (309x10 ³ -821x10 ³)	
Sabah Derslik PM>1 µm (p/m ³)	≤30	24	55x10 ³ (28x10 ³ -93x10 ³)	0,724
	>30	10	60x10 ³ (26x10 ³ -129x10 ³)	
Akşam Derslik PM>1 µm (p/m ³)	≤30	24	107x10 ³ (67x10 ³ -182x10 ³)	0,809
	>30	10	114x10 ³ (65x10 ³ -190x10 ³)	

Tablo 4.18 Sınıftaki öğrenci sayısına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik	Sınıftaki Öğrenci Sayısı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Derslik PM>2,5 µm (p/m ³)	≤30	24	7.105,00(4.436-20x10 ³)	0,780
	>30	10	11x10 ³ (4.095,00-23x10 ³)	
Akşam Derslik PM>2,5 µm (p/m ³)	≤30	24	22x10 ³ (10x10 ³ -42x10 ³)	0,985
	>30	10	27x10 ³ (8.015,00-45x10 ³)	
Sabah Derslik PM>5 µm (p/m ³)	≤30	24	787,50(253,75-3.316,25)	0,867
	>30	10	1.452,50(271,25-3.403,75)	
Akşam Derslik PM>5 µm (p/m ³)	≤30	24	2.800,00(778,75-3.316,25)	0,752
	>30	10	3.325,00(218,75-8.627,50)	
Sabah Derslik PM>10 µm (p/m ³)	≤30	24	402,50(78,75-1.505,00)	0,838
	>30	10	420,00(148,75-1.758,75)	
Akşam Derslik PM>10 µm (p/m ³)	≤30	24	1.190,00(245,00-4.480,00)	0,669
	>30	10	1.102,00(87,50-4.173,75)	

Okuldaki temizlik sıklığına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen partikül madde sayılarının karşılaştırılması Tablo 4.19’da sunuldu. Temizlik sıklığına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçümü yapılan PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.19 Okuldaki temizlik sıklığına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması

Özellik	Temizlik Sıklığı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Günde 1’den fazla	12	961x10 ³ (603x10 ³ -1.300x10 ³)	0,613
	Günde 1 ve daha az	20	963x10 ³ (677x10 ³ -3.052x10 ³)	
Akşam Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	Günde 1’den fazla	12	1.209x10 ³ (916x10 ³ -2.171x10 ³)	0,815
	Günde 1 ve daha az	20	1.676x10 ³ (919x10 ³ -2.611x10 ³)	
Sabah Derslik PM>0,5µm (p/m ³)	Günde 1’den fazla	12	275x10 ³ (146x10 ³ -393x10 ³)	0,640
	Günde 1 ve daha az	20	294x10 ³ (153x10 ³ -855x10 ³)	

Tablo 4.19 (Devamı) Okuldaki temizlik sıklığına göre dersliklerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması

Özellik	Temizlik Sıklığı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Akşam Derslik PM>0,5µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	418x10 ³ (316x10 ³ -752x10 ³)	0,938
	Günde 1 ve daha az	20	509x10 ³ (305x10 ³ -714x10 ³)	
Sabah Derslik PM>1µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	49x10 ³ (21x10 ³ -95x10 ³)	0,640
	Günde 1 ve daha az	20	55x10 ³ (29x10 ³ -130x10 ³)	
Akşam Derslik PM>1µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	112x10 ³ (74x10 ³ -179x10 ³)	0,350
	Günde 1 ve daha az	20	101x10 ³ (67x10 ³ -191x10 ³)	
Sabah Derslik PM>2,5µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	6.930,00 (3.823,75-20x10 ³)	0,969
	Günde 1 ve daha az	20	9.817,50 (4.488,75-21x10 ³)	
Akşam Derslik PM>2,5µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	29x10 ³ (14x10 ³ -51x10 ³)	0,213
	Günde 1 ve daha az	20	20x10 ³ (9.073,75-39x10 ³)	
Sabah Derslik PM>5µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	787,50 (411,25-4.086,25)	0,726
	Günde 1 ve daha az	20	1.697,50 (245,00-3.158,75)	
Akşam Derslik PM>5µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	5.897,50 (918,75-12x10 ³)	0,150
	Günde 1 ve daha az	20	2.467,50 (350,00-5.941,25)	
Sabah Derslik PM>10µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	332,50 (175,00-2.327,50)	0,668
	Günde 1 ve daha az	20	542,50 (70,00-1.400,00)	
Akşam Derslik PM>10µm (p/m³)	Günde 1'den fazla	12	2.905,00 (358,75-5.985,00)	0,102
	Günde 1 ve daha az	20	787,50 (157,50-3.010,00)	

Okuldaki temizlik sıklığına göre kantinlerde sabah ve akşam ölçülen partikül madde sayıları Tablo 4.20'de sunuldu. Temizlik sıklığına göre kantinlerde sabah ve akşam ölçümü yapılan PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.20 Okuldaki temizlik sıklığına göre kantinlerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması

Özellik	Temizlik Sıklığı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	1.311x10 ³ (968x10 ³ -2.567x10 ³)	0,770
PM>0,3 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	1.118x10 ³ (661x10 ³ -2.324x10 ³)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	1.013x10 ³ (937x10 ³ -2.740x10 ³)	0,626
PM>0,3 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	1.496x10 ³ (1.100x10 ³ -2.356x10 ³)	
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	397x10 ³ (303x10 ³ -670x10 ³)	0,770
PM>0,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	283x10 ³ (165x10 ³ -616x10 ³)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	407x10 ³ (356x10 ³ -658x10 ³)	0,696
PM>0,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	442x10 ³ (292x10 ³ -677x10 ³)	
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	79x10 ³ (45x10 ³ -101x10 ³)	0,283
PM>1 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	44x10 ³ (25x10 ³ -124x10 ³)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	94x10 ³ (77x10 ³ -126x10 ³)	0,380
PM>1 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	77x10 ³ (42x10 ³ -157x10 ³)	
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	16x10 ³ (6790,00-21x10 ³)	0,380
PM>2,5 µm(p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	8400,00 (2843,75-36x10 ³)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	26x10 ³ (14x10 ³ -42x10 ³)	0,130
PM>2,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	12x10 ³ (6755,00-27x10 ³)	
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	2520,00 (560,00-4445,00)	0,770
PM>5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	1102.50 (113,75-6230,00)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	4865,00 (840,00-11x10 ³)	0,205
PM>5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	1190,00 (691,25-3333.75)	
Sabah Kantin	Günde 1'den fazla	7	875,00 (245,00-1960,00)	0,525
PM>10 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	385,00 (35,00-2135,00)	
Akşam Kantin	Günde 1'den fazla	7	2100,00 (385,00-5075,00)	0,107
PM>10 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	10	315,00 (175,00-1146,25)	

Okuldaki temizlik sıklığına göre yemekhanelerde sabah ve akşam ölçülen partikül madde sayıları Tablo 4.21'de sunuldu. Temizlik sıklığına göre yemekhanelerde sabah ve akşam ölçümü yapılan PM>0,3 µm, PM>0,5 µm, PM>1 µm, PM>2,5 µm, PM>5 µm, PM>10 µm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.21 Okuldaki temizlik sıklığına göre yemekhanelerde sabah ve akşam ölçülen partikül sayılarının karşılaştırılması

Özellik	Temizlik Sıklığı	N	Ortanca (1. ve 3. Çeyreklik)	P
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	1.853x10 ³ (690x10 ³ -5.164x10 ³)	0,831
PM>0,3 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	798x10 ³ (606x10 ³ -6.334x10 ³)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	1.646x10 ³ (1.061x10 ³ -6.209x10 ³)	0,286
PM>0,3 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	1.012x10 ³ (710x10 ³ -3.426x10 ³)	
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	464x10 ³ (186x10 ³ -1.692x10 ³)	0,831
PM>0,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	248x10 ³ (183x10 ³ -248x10 ³)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	483x10 ³ (367x10 ³ -1.872x10 ³)	0,201
PM>0,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	311x10 ³ (261x10 ³ -871x10 ³)	
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	63x10 ³ (30x10 ³ -360x10 ³)	1,000
PM>1 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	54x10 ³ (42x10 ³ -297x10 ³)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	125x10 ³ (64x10 ³ -290x10 ³)	0,286
PM>1 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	76x10 ³ (64x10 ³ -123x10 ³)	
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	7.735,00 (4.445,00-69x10 ³)	0,286
PM>2,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	12x10 ³ (8.828,75-45x10 ³)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	32x10 ³ (12x10 ³ -42x10 ³)	0,201
PM>2,5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	16x10 ³ (11x10 ³ -21x10 ³)	
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	455,00 (218,75-10x10 ³)	0,201
PM>5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	1.645,00 (1.338,75-3.325,00)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	2.957,50 (1.120,00-7.210,00)	0,454
PM>5 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	1.802,50 (997,50-2.931,25)	
Sabah Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	227,50 (105,00-3.185,00)	0,201
PM>10 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	752,50 (455,00-1.426,25)	
Akşam Yemekhane	Günde 1'den fazla	4	1330,00 (402,50-3.517,50)	0,257
PM>10 µm (p/m³)	Günde 1 ve daha az	6	630,00 (332,50-1.006,25)	

Sınıftaki toplam öğrenci sayısına göre hava kalite parametrelerinin uygun değerlere göre durumlarının karşılaştırılması Tablo 4.22'de sunuldu. Akşam derslik CO₂ düzeyiyle sınıftaki öğrenci sayısı karşılaştırıldığında arada istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p=0,046). Aradaki fark sınıftaki öğrenci sayısının 31 ve üzeri olan grupta 1000 ppm ve üzeri CO₂ ölçümünün daha fazla olmasından kaynaklanmaktaydı. Sınıftaki öğrenci

sayısıyla, akşam derslik sıcaklığı ve akşam derslik bağıl nem düzeyi arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.22 Sınıftaki öğrenci sayısıyla akşam hava kalite parametrelerinin karşılaştırılması

Özellik		Sınıftaki Öğrenci Sayısı		χ^2	P
		≤ 30	> 30		
Akşam Derslik Sıcaklık(°C)	20,00-25,50	12 (%50,00)	4 (%40,00)	0,283	0,440
	>25,50	12 (%50,00)	6 (%60,00)		
Akşam Derslik Nem(%)	<30,00	6 (%25,00)	1 (%10,00)	3,195	0,202
	30,00-60,00	18 (%75,00)	8 (%80,00)		
	>60,00	0 (%0,00)	1 (%10,00)		
Akşam Derslik CO ₂	<1000	14 (%58,30)	2 (%20,00)	4,163	0,046
	≥ 1000	10 (%41,70)	8 (%80,00)		

Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 4.23’de sunuldu. Sabah derslikte ölçülen bağıl nem düzeyi ile bina yaşı arasında orta düzeyde ($r=0,467$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,005$). Bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile ölçülen diğer hava kalite parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.23 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile derslikte ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

	Bina Yaşı		Sınıfın Alanı		Sınıftaki Öğrenci Sayısı	
	r	p	r	p	r	p
Sabah Derslik Sıcaklığı (°C)	-0,136	0,443	-0,031	0,863	0,157	0,374
Akşam Derslik Sıcaklığı (°C)	-0,002	0,992	-0,205	0,246	-0,114	0,519
Sabah Derslik Nem (%)	0,467	0,005	0,258	0,141	0,002	0,990
Akşam Derslik Nem (%)	0,146	0,411	0,328	0,058	0,216	0,219
Sabah Derslik Hava Akım Hızı (mm/sn)	-0,183	0,301	-0,225	0,201	-0,183	0,301
Akşam Derslik Hava Akım Hızı (mm/sn)	-0,070	0,696	-0,022	0,900	-0,067	0,705
Sabah Derslik CO ₂ (ppm)	0,253	0,148	0,206	0,241	-0,001	0,995
Akşam Derslik CO ₂ (ppm)	0,281	0,107	0,311	0,074	0,307	0,077

Tablo 4.23 (Devamı) Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile derslikte ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

	Bina Yaşı		Sınıfın Alanı		Sınıftaki Öğrenci Sayısı	
	r	p	r	p	r	p
Sabah Derslik PM>0,3 μm (p/m^3)	-0,017	0,924	-0,072	0,686	0,043	0,810
Akşam Derslik PM>0,3 μm (p/m^3)	-0,108	0,544	-0,052	0,769	0,015	0,932
Sabah Derslik PM>0,5 μm (p/m^3)	0,009	0,959	0,017	0,924	0,065	0,714
Akşam Derslik PM>0,5 μm (p/m^3)	-0,095	0,594	0,031	0,860	0,020	0,910
Sabah Derslik PM>1 μm (p/m^3)	-0,051	0,777	0,041	0,818	0,049	0,785
Akşam Derslik PM>1 μm (p/m^3)	0,038	0,833	0,155	0,381	0,048	0,786
Sabah Derslik PM>2,5 μm (p/m^3)	-0,044	0,806	0,143	0,420	0,074	0,678
Akşam Derslik PM>2,5 μm (p/m^3)	0,195	0,268	0,254	0,147	0,011	0,952
Sabah Derslik PM>5 μm (p/m^3)	0,003	0,988	0,093	0,602	0,054	0,764
Akşam Derslik PM>5 μm (p/m^3)	0,148	0,404	0,193	0,274	-0,013	0,943
Sabah Derslik PM>10 μm (p/m^3)	-0,070	0,695	0,164	0,354	0,109	0,538
Akşam Derslik PM>10 μm (p/m^3)	0,120	0,498	0,166	0,348	-0,042	0,815

Bina yaşı, binanın alanı, okuldaki toplam sınıf sayısı ve okuldaki toplam öğrenci sayısı ile kantinlerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 4.24’de sunuldu. Sabah kantinde ölçülen sıcaklık ile okuldaki toplam sınıf sayısı arasında orta derecede ($r=0,623$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,008$). Sabah kantinde ölçülen sıcaklık ile okuldaki toplam öğrenci sayısı arasında orta düzeyde ($r=0,520$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,032$). Sabah kantinde ölçülen bağıl nem düzeyi ile okuldaki toplam sınıf sayısı arasında negatif yönde orta düzeyde ($r=-0,634$) istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,006$). Sabah kantinde ölçülen bağıl nem düzeyi ile okuldaki toplam öğrenci sayısı arasında yüksek düzeyde ($r=-0,715$) negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,001$). Bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile ölçülen diğer hava kalite parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.24 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile kantinlerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

		Bina Yaşı		Binanın Alanı		Okuldaki Toplam Sınıf Sayısı		Okuldaki Toplam Öğrenci Sayısı	
		r	p	r	p	r	p	r	p
Sabah	Kantin	-0,288	0,262	0,176	0,500	0,623	0,008	0,520	0,032
Sıcaklık (°C)									
Akşam	Kantin	-0,251	0,330	-0,213	0,411	0,460	0,063	0,365	0,150
Sıcaklık (°C)									
Sabah	Kantin Nem	0,399	0,113	0,089	0,736	-0,634	0,006	-0,715	0,001
(%)									
Akşam	Kantin Nem	0,102	0,696	0,149	0,569	-0,250	0,333	-0,096	0,715
(%)									
Sabah	Kantin Hava	0,159	0,543	0,026	0,921	0,051	0,845	0,034	0,898
Akım Hızı (mm/sn)									
Akşam	Kantin	0,364	0,151	-0,144	0,582	0,237	0,359	0,311	0,224
Hava Akım Hızı									
(mm/sn)									
Sabah	Kantin CO ₂	0,319	0,212	0,275	0,286	-0,054	0,838	-0,159	0,543
(ppm)									
Akşam	Kantin CO ₂	0,254	0,325	-0,103	0,694	-0,283	0,272	-0,139	0,595
(ppm)									
Sabah	Kantin	0,166	0,525	-0,204	0,432	0,290	0,259	0,276	0,284
PM>0,3 µm (p/m ³)									
Akşam	Kantin	0,093	0,722	0,104	0,690	0,012	0,963	-0,034	0,896
PM>0,3 µm (p/m ³)									
Sabah	Kantin	0,298	0,245	-0,243	0,347	0,245	0,344	0,232	0,371
PM>0,5 µm (p/m ³)									
Akşam	Kantin	0,260	0,314	-0,111	0,673	-0,140	0,592	-0,169	0,516
PM>0,5 µm (p/m ³)									
Sabah	Kantin	0,185	0,477	-0,306	0,232	0,150	0,566	0,164	0,529
PM>1 µm (p/m ³)									
Akşam	Kantin	0,403	0,108	-0,161	0,537	-0,224	0,388	-0,206	0,428
PM>1 µm (p/m ³)									

Tablo 4.24 (Devamı) Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile kantinlerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

		Bina Yaşı		Binanın Alanı		Okuldaki Toplam Sınıf Sayısı		Okuldaki Toplam Öğrenci Sayısı	
		r	p	r	p	r	p	r	p
Sabah	Kantin								
PM>2,5 μm (p/m^3)		0,173	0,507	-0,166	0,524	0,183	0,482	0,191	0,462
Akşam	Kantin								
PM>2,5 μm (p/m^3)		0,253	0,328	-0,192	0,461	-0,063	0,809	-0,020	0,940
Sabah	Kantin								
PM>5 μm (p/m^3)		0,271	0,293	-0,162	0,534	0,014	0,959	0,000	1,000
Akşam	Kantin								
PM>5 μm (p/m^3)		0,276	0,284	-0,108	0,679	-0,055	0,833	-0,081	0,757
Sabah	Kantin								
PM>10 μm (p/m^3)		0,217	0,403	-0,193	0,457	0,004	0,989	-0,018	0,944
Akşam	Kantin								
PM>10 μm (p/m^3)		0,153	0,557	-0,082	0,753	-0,020	0,940	-0,063	0,810

Bina yaşı, binanın alanı, okuldaki toplam sınıf sayısı ve okuldaki toplam öğrenci sayısı ile yemekhanelerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 4.25’de sunuldu. Sabah yemekhanede ölçülen bağıl nem düzeyi ile bina yaşı arasında orta düzeyde ($r=0,665$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,036$). Sabah yemekhanede ölçülen CO_2 düzeyi ile bina yaşı arasında orta düzeyde ($r=0,681$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,030$). Bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile ölçülen diğer hava kalite parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı.

Tablo 4.25 Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile yemekhanede ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

	Bina Yaşı		Binanın Alanı		Okuldaki Toplam Sınıf Sayısı		Okuldaki Toplam Öğrenci Sayısı	
	r	p	R	p	r	p	r	p
Sabah Yemekhane Sıcaklık (°C)	0,034	0,926	0,223	0,537	0,095	0,795	0,182	0,614
Akşam Yemekhane Sıcaklık (°C)	0,037	0,920	-0,213	0,555	-0,140	0,700	-0,139	0,701
Sabah Yemekhane Nem (%)	0,665	0,036	-0,389	0,266	-0,267	0,455	-0,212	0,556
Akşam Yemekhane Nem (%)	-0,018	0,960	0,036	0,920	-0,225	0,532	-0,152	0,676
Sabah Yemekhane Hava Akım Hızı (mm/sn)	0,360	0,307	0,112	0,758	0,277	0,439	0,172	0,636
Akşam Yemekhane Hava Akım Hızı (mm/sn)	-0,268	0,455	-0,072	0,844	0,270	0,450	0,188	0,603
Sabah Yemekhane CO ₂ (ppm)	0,681	0,030	-0,035	0,923	-0,128	0,726	-0,006	0,986
Akşam Yemekhane CO ₂ (ppm)	0,279	0,436	-0,136	0,709	-0,290	0,416	-0,233	0,517
Sabah Yemekhane PM>0,3 µm (p/m ³)	-0,201	0,577	0,584	0,077	0,535	0,111	0,539	0,108
Akşam Yemekhane PM>0,3 µm (p/m ³)	-0,445	0,197	0,517	0,126	0,462	0,179	0,382	0,276
Sabah Yemekhane PM>0,5 µm (p/m ³)	-0,268	0,454	0,565	0,089	0,571	0,084	0,576	0,082
Akşam Yemekhane PM>0,5 µm (p/m ³)	-0,268	0,454	0,450	0,192	0,462	0,179	0,406	0,244
Sabah Yemekhane PM>1 µm (p/m ³)	-0,305	0,392	0,511	0,132	0,511	0,132	0,527	0,117
Akşam Yemekhane PM>1 µm (p/m ³)	-0,201	0,577	0,122	0,738	0,347	0,327	0,321	0,365

Tablo 4.25 (Devamı) Bina yaşı, sınıf alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı ile yemekhanede ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

	Bina Yaşı		Binanın Alanı		Okuldaki Toplam Sınıf Sayısı		Okuldaki Toplam Öğrenci Sayısı	
	r	p	r	p	r	p	r	P
Sabah Yemekhane PM>2,5 μm (p/m^3)	-0,091	0,802	0,201	0,578	0,243	0,498	0,333	0,347
Akşam Yemekhane PM>2,5 μm (p/m^3)	-0,012	0,973	-0,243	0,498	0,280	0,434	0,285	0,425
Sabah Yemekhane PM>5 μm (p/m^3)	0,018	0,960	0,164	0,650	0,170	0,638	0,285	0,425
Akşam Yemekhane PM>5 μm (p/m^3)	0,101	0,781	-0,482	0,159	0,073	0,941	0,109	0,763
Sabah Yemekhane PM>10 μm (p/m^3)	0,152	0,674	0,146	0,668	0,158	0,663	0,273	0,446
Akşam Yemekhane PM>10 μm (p/m^3)	0,254	0,479	-0,579	0,079	-0,067	0,854	-0,012	0,973

Akşam dersliklerde ölçümü yapılan hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler Tablo 4.25’de sunuldu. Akşam derslikte ölçülen bağıl nem düzeyi ile sıcaklık arasında yüksek düzeyde ($r=-0,716$) negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p<0,001$). Akşam derslikte ölçülen CO_2 düzeyi ile bağıl nem arasında orta düzeyde ($r=0,554$) negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,001$). Akşam dersliklerde ölçümü yapılan diğer parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı ($p>0,05$).

Akşam dersliklerde ölçümü yapılan hava kalite parametreleriyle partikül madde düzeyleri arasındaki ilişkiler Tablo 4.26’da sunuldu. Akşam derslikte ölçülen $\text{PM}>0,3 \mu\text{m}$ düzeyi ile hava akım hızı arasında orta düzeyde ($r=-0,430$) negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,011$). Akşam derslikte ölçülen $\text{PM}>0,5 \mu\text{m}$ düzeyi ile bağıl nem arasında düşük düzeyde ($r=0,349$) negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p=0,029$). Akşam derslikte ölçülen $\text{PM}>0,5 \mu\text{m}$ düzeyi ile bağıl nem arasında çok iyi düzeyde ($r=0,923$) pozitif yönde istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu ($p<0,001$).

Akşam dersliklerde ölçümü yapılan parametrelerle diğer partikül madde ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.26 Akşam dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri arasındaki ilişkiler

	Akşam Derslik Sıcaklık	Akşam Derslik Nem	Akşam Derslik Hava Akım Hızı	Akşam Derslik CO ₂
Akşam Derslik Sıcaklık (°C)	r=1,000			
Akşam Derslik Nem (%)	r=-0,716 p<0,001	r=1,000		
Akşam Derslik Hava Akım Hızı (mm/sn)	r=0,223 p=0,205	r=-0,142 p=0,424	r=1,000	
Akşam Derslik CO ₂ (ppm)	r=-0,147 p=0,408	r=0,554 p=0,001	r=-0,166 p=0,348	r=1,000

Tablo 4.27 Akşam dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri ile partikül madde arasındaki ilişkiler

	Akşam Derslik Nem	Akşam Derslik Hava Akım Hızı	Akşam Derslik CO ₂
Akşam Derslik PM>0,3 µm (p/m ³)	r=0,316 p=0,069	r=-0,430 p=0,011	r=0,059 p=0,741
Akşam Derslik PM>0,5 µm (p/m ³)	r=0,349 p=0,043	r=-0,374 p=0,029	r=0,083 p=0,639
Akşam Derslik PM>1 µm (p/m ³)	r=0,301 p=0,084	r=-0,266 p=0,128	r=0,089 p=0,615
Akşam Derslik PM>2,5 µm (p/m ³)	r=0,187 p=0,291	r=-0,124 p=0,485	r=0,025 p=0,890
Akşam Derslik PM>5 µm (p/m ³)	r=0,162 p=0,361	r=0,011 p=0,949	r=-0,055 p=0,757
Akşam Derslik PM>10 µm (p/m ³)	r=0,155 p=0,380	r=0,069 p=0,697	r=0,055 p=0,758

5. TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada Konya ili merkez Meram ilçesinde yer alan okullarda; dersliklerde, kantinlerde ve yemekhanelerde derslerin başlamasından önce ve derslerin bitiminde iç ortam hava kalitesi düzeyi ve iç ortam hava kalitesiyle ilişkili faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sabah dersliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin hemen hemen tamamı araştırmada belirlenen uygun sıcaklık aralığı olan 20,00-25,50 °C aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin yarısı belirlenen aralığın üzerinde ve akşam sıcaklıkları sabah sıcaklıklarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Abusamhadana ve Türkmenoğlu Bayraktar tarafından 2018 yılında bir okulda gerçekleştirilen araştırmada sıcaklık gün içinde 25,30 ve 27,90 °C aralığında bulunmuştur. Tuncer ve ark. (2012) tarafından ortaöğretim kurumlarında yapılan bir çalışmada yapılan ölçümlerin tamamı uygun aralıkta bulunmuştur. Godwin ve Batterman'ın 2007 yılında ABD'de yaptıkları bir araştırmada dersliklerde ortalama sıcaklık 23 °C olarak bulunmuş ve yıl içinde yapılan ölçümlerde en yüksek değerler yaz mevsiminde ölçülmüştür. Theodosiou ve Ordoumpozanis tarafından Yunanistan'da anaokulları ve ilkokullarda yapılan bir çalışmada okullarda ortalama iç ortam sıcaklıklarının 18-22 °C arasında seyrettiği görülmüştür. Derslik sıcaklıklarını çok sayıda faktör etkileyebilir. Dış ortam sıcaklıkları dersliklerde ölçülen sıcaklık üzerinde etkili olabilir. Dış ortam sıcaklığının hem gün içindeki hem de mevsimsel değişkenliği sınıflardaki iç ortam sıcaklığı üzerinde belirleyici olabilir. Bu çalışmada ölçümlerin Mayıs ayında yapılmış olması yüksek sıcaklıkların saptanmasında rol oynamış olabilir. Araştırmaya dâhil edilen okulların hemen hemen hepsinde havalandırma pencereler yoluyla yapılmakta olup bu yolla yapılan havalandırmanın dış ortam sıcaklığının iç ortam sıcaklığı üzerinde etkisini arttırması olasıdır. Sınıfların güneşe açık olma durumları ve yönelimleri de sıcaklık üzerinde etkili olabilir. Daha fazla güneş alan sınıflar ve güneye yönelimli olan sınıflar diğerlerine göre daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilirler. Öğrencilerin kapalı ortamda uzun süreler beraber bulunmaları da sıcaklığın gün içinde yükselmesinin bir diğer önemli nedenidir. Özellikle yeterli havalandırma sağlanmadığında sınıfta bulunanların vücut sıcaklıklarının etkisiyle sınıf içindeki sıcaklık değerleri daha fazla artacaktır.

Sabah kantinlerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin hemen hemen tamamı araştırmada belirlenen uygun sıcaklık aralığı olan 20,00-25,50 °C aralığında bulunmuşken akşam

yapılan ölçümlerin yarısı belirlenen aralığın üzerinde bulunmuştur. Kantinlerde akşam sıcaklıkları sabah sıcaklıklarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Dede ve Dede (2021) tarafından Sakarya’da üniversite kantinlerinde yapılan bir araştırmada sabah saatlerinde sıcaklıklar 19-25 °C aralığında ölçülmüşken öğlen saatlerinde sıcaklıklar 20-34 °C aralığında ölçülmüştür. Akşam yapılan ölçümlerde ise sıcaklıklarda bir miktar azalma olmuş ve 20-30 °C aralığında değerler saptanmıştır. Tunceli’de Işık ve Çibuk (2015) tarafından üniversite kantininde yapılan araştırmada da sabah saatlerinde yapılan ölçümlerde sıcaklıklar 15-26 °C aralığında bulunmuş ve gün içinde öğleden sonraları en yüksek değerlere ulaşmıştır. Ölçümlerin ocak ayında yapılmış olması bizim çalışmamızda saptanandan daha düşük değerleri açıklamaktadır. Dersliklerdeki sıcaklıkları etkileyen faktörler kantinlerdeki sıcaklıkları da etkilemektedir. Dersliklerden farklı olarak kantinlerde bulunan tost makineleri, çay kazanları gibi ısı üreten cihazlar da kantin sıcaklıklarını yükseltebilir. Ancak dersliklere kıyasla öğrenciler kantinleri daha kısa sürelerde kullanmaktadırlar. Bu sebeple öğrenciler tarafından kullanılma durumu kantin sıcaklığı üzerinde derslik sıcaklığı üzerinde olduğundan daha az etkili olabilir.

Sabah yemekhanelerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin tamamı araştırmada belirlenen uygun sıcaklık aralığı olan 20,00-25,50 °C aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin %40’ı belirlenen aralığın üzerinde bulunmuştur. Yemekhanelerde akşam sıcaklıkları sabah sıcaklıklarına göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Alves ve ark. (2020) tarafından bir üniversitenin yemekhanesinde yapılan çalışmada sabah sıcaklıklar 20 °C altında ölçülmüşken gün sonunda 20-22 °C aralığına yükselmiştir. Derslik ve kantinlerde gözlenen sıcaklık değişimleri yemekhanelerde de izlenmiştir.

Okul iç ortamlarında sıcaklıklar hem günlük hem de mevsimlik olarak değişiklik göstermektedir. Bu değişkenlik içinde sıcaklıkların uygun değerlerin dışına çıkabildiği hem yapılan bu çalışmada hem de literatürde görülmektedir. Uygun aralığın dışındaki sıcaklıklar kişilerde bilişsel fonksiyonları olumsuz etkileyebilmektedir (Wolkoff ve ark. 2021). Bu yüzden özellikle sınıflardaki sıcaklıkların uygun aralıkta tutulması önemlidir.

Sabah dersliklerde yapılan bağıl nem ölçümlerinin tamamı araştırmada belirlenen uygun bağıl nem aralığı olan %30,00-%60,00 aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerde ise ölçümlerin yaklaşık %75’i belirlenen aralıkta bulunmuş, yalnızca bir ölçüm

bu aralığında üzerinde olmuş diğer ölçümler ise uygun değerin altında bulunmuştur. Dersliklerde sabah bağıl nem düzeyleriyle akşam bağıl nem düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Ryan ve ark. (2022) tarafından öğrencilerin 48 saat boyunca üzerlerinde taşıdıkları hava kalitesi ölçüm cihazları ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna göre okullarda en düşük nem değerleri sabah ve öğlen saatlerinde ölçülmüş ve öğleden sonra nem değerleri yükselmiştir. Okullarda gerçekleştirilen ölçümlerin çoğu uygun değer olan %30 civarında gerçekleşmiştir. Ayrıca bu çalışmada gün içindeki nem değerlerinin mevsimlere göre değiştiği ve kış mevsiminde bağıl nem düzeyinin düştüğü belirlenmiştir. Pakistanda yapılan bir araştırmada (Asif ve ark. 2018) okullarda gün içinde yapılan tüm ölçümler %30-%60 aralığında ve dış ortam bağıl nem düzeyine yakın olarak ölçülmüştür. Bu durum araştırmacılar tarafından camların açık tutulmasına bağlanmıştır. Sınıfların havalandırmasının pencereler yoluyla yapılması sıcaklıkta olduğu gibi bağıl nem düzeylerinin de dış ortam koşullarından etkilenmesine sebep olmaktadır. Gün içinde sıcaklığın artması havanın nem tutma kapasitesini artırdığı için bağıl nem düzeyinde düşmeye sebep olmuş olabilir. Ancak solunum yoluyla havaya karışan su buharı bu düşüşü dengeleyerek gün sonunda yapılan ölçümlerin uygun aralıkta bulunmasına katkı sağlamış olabilir.

Sabah kantinlerde yapılan bağıl nem ölçümlerinin tamamı araştırmada belirlenen uygun bağıl nem aralığı olan %30,00-%60,00 aralığında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerde ise ölçümlerin yaklaşık yarısı belirlenen aralıkta bulunmuş, diğer ölçümler uygun aralığın altında bulunmuştur. Kantinlerde akşam bağıl nem düzeyleri sabah bağıl nem düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Işık ve Çibuk (2015) ile Dede ve Dede (2021) tarafından yapılan araştırmalarda kantindeki bağıl nem oranları gün boyunca %30,00-%60,00 aralığında seyretmiştir. Her iki çalışma da üniversite kantinlerinde yapılmıştır. Üniversite kantinlerinin kullanım yoğunluğunun ilk ve orta dereceli okullara göre gün içinde daha az değişmesi muhtemeldir. Gün içindeki nem değerlerindeki bu farklılığın oluşmasında kullanım durumundaki bu farklılık etkili olmuş olabilir. Ölçüm yapılan dönemdeki iklimsel özellikler de etkili olması olası bir diğer faktördür. Ayrıca kantinlerin okul içindeki yerleşimleri de farklılık göstermekte; kantinler çatı katlarında, bodrumlarda ve bina dışında bulunabilmektedir. Çalışmalar arasındaki bu farklılıkta çalışma yapılan kantinlerin yerleşimi de etkili olmuş olabilir.

Sabah yemekhanelerde yapılan bağıl nem ölçümlerinin tamamı araştırmada belirlenen uygun bağıl nem aralığı olan %30,00-%60,00 aralığında bulunmuşken akşam

yapılan ölçümlerde ise ölçümlerin yaklaşık yarısı belirlenen aralıkta bulunmuş, diğer ölçümler uygun aralığın altında bulunmuştur. Yemekhanelerde akşam bağıl nem düzeyleri sabah bağıl nem düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur. Alves ve ark. (2020) tarafından bir üniversitenin yemekhanesinde yapılan çalışmada sabah bağıl nem düzeyleri %25-30 aralığında bulunmuşken günün geri kalanında %30-40 aralığında seyretmiştir.

Dersliklerde bağıl nem düzeyinde gün içinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemişken kantin ve yemekhanelerde gün içinde bağıl nem düzeyi düşmüştür. Dersliklerle kantin ve yemekhaneler arasındaki bu farklılığın sebebi bu alanlardaki öğrenci yoğunluğu farklılığından kaynaklanmış olabilir. Öğrencilerin dersliklerde uzun süreler geçirmeleri derslik havasındaki bağıl nem düzeyinin düşmesini önlerken kantin ve yemekhanelerde bu etki gözlenmemiş olabilir. Düşük bağıl nem mukozalarda kuruluk şikâyetlerine yol açabilmekte ve bu kuruluk mukozal yüzeyleri hem patojenlere hem de kirleticilere duyarlı hale getirmektedir. Bunun yanında havadaki bağıl nemin düşük olması havadaki partikül sayısını artırıcı etki de göstermektedir (Wolkoff ve ark. 2021). Okullarda bağıl nem düzeyinin ölçümlerin çoğunda uygun düzeyde bulunmuş olması hava kalitesi açısından olumlu bir bulgudur.

Yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı belirlenen uygun hava akım hızı olan 100-500 mm/sn değerinin altında bulunmuştur. ASHRAE standartlarına göre okullarda hava değişim hızları kişi başına saniyede 8 litre olmalıdır (ASHRAE 1999). Turk ve ark. (1993) tarafından yapılan çalışmada sınıflardaki hava değişim oranı kişi başına saniyede 1,6 litre olarak bulunmuştur. Wang ve ark. (2015) tarafından yürütülen araştırmada artan hava değişim oranlarıyla algılanan hava kalitesi arasında olumlu bir ilişki bildirilmiştir. Bunun yanında yeterli havalandırılmayan ortamlarda üst solunum yolu enfeksiyonları gibi bulaşıcı hastalıkların yayılımı kolaylaşmaktadır (Fisk 2001). Ölçümler pencereler ve kapılar kapalı olarak yapıldığından ve okulların hemen hemen hiç birinde havalandırma sistemi bulunmadığından hava akım hızının düşük olması beklenen bir sonuçtur. Okullarda pencerelerin havalandırma maksadıyla yeterince kullanılamadığı soğuk ve yağışlı dönemlerde sınıflarda havalandırmanın yetersiz olacağı söylenebilir. Bu da öğrencilerin hem konforunu hem de sağlığını olumsuz etkileyecektir. Bu tip olumsuz hava koşullarının görüldüğü dönemlerde de en azından teneffüslerde veya sınıfların kullanılmadığı zamanlarda havalandırılması faydalı olacaktır.

Sabah dersliklerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değeri olan 1000 ppm'in altında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin yarısında sınır değeri aşılmıştır. Dersliklerde akşam CO₂ düzeyleri sabah CO₂ düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Mhyrvold ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada gün içinde CO₂ düzeyleri 600 ppm ile 3827 ppm arasında seyretmiştir. Ölçülen CO₂ düzeylerine göre öğrenciler gruplandığında öğrencilerin yarısı 1000 ppm-1499 ppm aralığında, yaklaşık %25'i ise 1500 ppm ve üzerinde CO₂ düzeylerine maruz kalmıştır. Bu çalışmada; performans ve sağlık düzeyiyle ilgili anketler de uygulanmış, yüksek CO₂ düzeyleriyle performans ve sağlık düzeyi skorları arasında negatif korelasyon bildirilmiştir. Turanjanin ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada ölçüm yapılan sınıfların hemen hepsinde ortalama CO₂ düzeyleri 1000 ppm üzerinde bulunmuş ölçümlerin yarısından çoğunda gün içinde 2000 ppm ve üzerinde değerler ölçülmüştür. Araştırmacılar bu değerleri ölçümlerin kış mevsiminde yapılmış olması ve bu yüzden sınıfların yeterince havalandırılmamasına bağlamışlardır. Yurtseven (2008) tarafından İstanbul'daki okullarda ders esnasında yapılan ölçümlerde; çoğu okulda 1000 ppm üzerinde, okulların yarısında ise 2000 ppm'in de üzerinde değerler bildirilmiştir. Ölçülen en yüksek değerse 4000 ppm olmuştur. Yıldız tarafından Şanlıurfa'da yapılan araştırmada en yüksek CO₂ değerleri 3000 ppm ölçülmüştür. En yüksek değerler kış aylarında ölçülmüşken en düşük değerler haziran ve eylül aylarında ölçülmüştür. Danimarka'da yapılan üç farklı araştırmada (Menå, ve Larsen 2010, Clausen ve ark. 2014, Toftum ve Clausen 2023) sınıfların yarıdan fazlasında gün içinde 1000 ppm değerinin aşıldığı görülmüştür. Gün içinde kullanımla beraber CO₂ düzeyleri yükselmekte ve sınır değerlerin üzerine çıkabilmektedir. Sınıflar kullanılmadığında iç ortamdaki CO₂ konsantrasyonları azaldığından sabah ölçümlerinde sınır değerler aşılmamıştır. Literatürdeki sonuçlarda da görüldüğü üzere okullarda yetersiz havalandırma sık görülen bir sorundur. Yapılan bu çalışmada ise gün sonunda yapılan ölçümlerin yarısının sınır değeri aşmış olması sınır değerin aşılmadığı sınıflarda yeterli havalandırmanın sağlanabildiğini göstermektedir. Ölçümlerin yapıldığı dönem de havalandırmanın yeterliliğini etkileyebilir. Bu araştırmanın yürütüldüğü okulların tamamına yakını pencereler yoluyla havalandırılmaktaydı. Dolayısıyla ölçüm yapılan mevsim itibarıyla sınıfların daha fazla havalandırılması mümkün olmuş ve ölçümleri olumlu yönde etkilemiş olabilir. Soğuk ve yağışlı dönemlerde havalandırması yetersiz sınıfların oranının artması olasıdır.

Sabah kantinlerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değer olan 1000 ppm'in altında bulunmuşken akşam yapılan ölçümlerin bir tanesi belirlenen sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Kantinlerde akşam CO₂ düzeyleri sabah CO₂ düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Işık ve Çibuk (2015) tarafından yapılan çalışmada kantinlerdeki CO₂ düzeyleri 500-2000 ppm aralığında değişmiş en yüksek derişim öğlen saatlerinde ölçülmüştür. Çetin ve Sevik (2016) tarafından bir üniversitenin kantininde yapılan ölçümlerde CO₂ düzeyleri 650-1400 ppm aralığında değişmiştir. Kantinlerde sınıflara göre daha düşük CO₂ konsantrasyonları bildirilmiştir. Öğrencilerin kantinlerde daha kısa süre ve daha düşük yoğunlukta bulunmaları sebebiyle bu beklenen bir sonuçtur. Bu çalışmada gün içindeki CO₂ düzeyleri devamlı olarak izlenmediğinden gün içinde ulaşılan en yüksek değerler hakkında değerlendirme yapılamamaktadır. Ancak ölçümler ders bitiminde yapıldığından kantinlerin öğrenciler tarafından kullanılmadığı ders süresi boyunca CO₂ düzeylerinin uygun düzeylere düştüğü söylenebilir.

Yemekhanelerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değer olan 1000 ppm'in altında bulunmuştur. Yemekhanelerde akşam CO₂ düzeyleriyle sabah CO₂ düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Alves ve ark. (2020) tarafından bir üniversitenin yemekhanesinde yapılan çalışmada sabah CO₂ konsantrasyonları 500 ppm civarında bulunmuşken gün içinde 1000 ppm'in üzerine çıkmıştır. Yemekhanelerde ölçülen CO₂ düzeylerinin derslik ve kantinlere göre daha az değişiklik göstermesi bu alanların gün içinde yalnızca belirli saatlerde kullanılmasından kaynaklanmış olabilir.

Özellikle dersliklerde yapılan diğer çalışmalar da göze alındığında istenilen değerlerin birkaç kat üzerinde CO₂ düzeyleri gözlenebilmektedir. Kantin ve yemekhanelerde daha düşük CO₂ düzeyleri görülmektedir. Özellikle 1500 ppm üzerine çıkan CO₂ konsantrasyonları öğrencilerin bilişsel performansını olumsuz etkilemektedir (Fan ve ark. 2023). Ayrıca artan CO₂ düzeyleri öğrencilerin genel sağlık düzeylerini de olumsuz etkilemektedir (Mhyrvold ve ark. 1996). Shendell ve ark. (2004) tarafından yapılan araştırmada sınıflarda artan CO₂ konsantrasyonlarının öğrencilerde devamsızlığı artırdığı bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından bu sonuç yetersiz havalandırma sebebiyle artan bulaşıcı solunum yolu hastalıklarına bağlanmıştır. Öğrencilerin bu olumsuz etkilerden korunması için sınıflarda yeterli havalandırmanın sağlanması gerekmektedir.

Sınıf mevcudu 30'un üzerinde olan sınıflarda akşam 1000 ppm ve üzerinde CO₂ düzeylerinin daha fazla olduğu bulunmuştur. Dorizas ve ark. (2015) CO₂ konsantrasyonlarının artan öğrenci sayısı ile beraber arttığını bildirmiştir. Sınıf havasındaki CO₂'in kaynağı içeride bulunan bireylerdir. Dolayısıyla artan sınıf mevcudu ile CO₂ düzeylerinin yükselmesi yeterli havalandırma sağlanamadığında kaçınılmazdır. Sınıftaki öğrenci sayısının artması havalandırma için gereken hava dolaşımı miktarını da artırdığından yeterli havalandırmanın sağlanmasını da zorlaştırmaktadır. Yetersiz havalandırmanın öğrenciler üzerindeki olumsuz etkileri de göze alındığında sınıf mevcutları 30'un üzerine çıkmayacak şekilde planlama yapılmalıdır.

Dersliklerde yapılan ölçümlerde CO saptanmamıştır. Yurtseven (2008) tarafından yapılan ölçümlerde dersliklerde ortalama 1,6 ppm CO saptanmıştır. Mavroidisb (2012) tarafından yapılan araştırmada dış ortam CO düzeyiyle iç ortam CO düzeyinin gün içinde paralel değişimler gösterdiği bulunmuştur. Kışın ölçülen değerler yazın ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Yazarlar tarafından bu durum kışın trafiğin artmasına ve kirletici konsantrasyonlarının artmasına sebep olan meteorolojik koşulların bulunmasına bağlanmıştır. Karbon monoksit motorlu taşıtlardan kaynaklanan bir kirleticidir. Bu yüzden iç ortamdaki CO gazının kaynağı okul yakınındaki yollar ve otopark alanlarıdır (Gennaro ve ark. 2014). Ölçümlerin yapıldığı okulların bu tip alanlara yakın olmaması ve ölçümlerin Mayıs ayında yapılmış olması CO saptanmamasına sebep olmuş olabilir.

Kantinlerde ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerde CO saptanmamıştır. Woolley ve ark. tarafından gıda hazırlama süreçlerinde biyokütle kullanılan üniversite kantinlerinde yapılan çalışmada ortalama 70 ppm CO saptanmıştır. Sushma ve Shilpa Shet (2015) tarafından üniversitede yapılan araştırmada kantinde 10 ppm düzeyinde CO saptanmıştır. Yazarlar bu değerlerin küçük kantin alanında gaz ocaklarıyla yemek pişirme yapılmasına bağlamışlardır. Katı yakıtlar daha çok düşük gelir düzeyi olan ülkelerde kullanılmaktadır. Ölçüm yapılan kantin ve yemekhanelerde bu yakıtların kullanılmaması CO düzeyinin düşük olmasındaki etkenlerden birisidir. Ayrıca gıda hazırlamada elektrikli cihazların kullanılması da etkili olmuş olabilir. Ölçümlerde öğrencilerin maruz kaldığı hava kalitesini belirlemek hedeflendiğinden ölçümler de öğrenciler tarafından kullanılan bölümlerde yapılmıştır. Gıdaların hazırlandığı bölümlerde CO gazı bulunurken diğer bölümlerde bulunmuyor olması da olasıdır.

Dersliklerde, kantinlerde ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerde H₂S saptanmamıştır. Bu kirletici genellikle su arıtma tesisleri, atık bertaraf tesisleri ve bazı endüstri tesislerinden salınmaktadır. Dolayısıyla bu tip tesislere yakın konumlanmış okullarda iç ortam havasında saptanabilmektedir (Gennaro ve ark. 2014). Çalışmaya dâhil edilen okulların çevresinde bu tesisler bulunmadığından ölçümlerde de H₂S saptanmamıştır.

Dersliklerde, kantinlerde ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerde SO₂ saptanmamıştır. Yurtseven (2008) tarafından yürütülen araştırmada sınıflarda ortalama 16 ppm SO₂ saptanmıştır. Bu gazın kaynağı kükürt içeren kömür gibi yakıtların yakılmasıdır. Dış ortam kaynaklı bir kirleticidir. Ancak iç ortamlarda da başta boyalar olmak üzere çeşitli materyaller tarafından emilebilir (Ashmore ve Dimitroulopoulou 2009). Özellikle çevresinde ısıtma amacıyla kömür kullanılan yapılar bulunan okullarda SO₂ bulunabilir.

Dersliklerde ve kantinlerde yapılan ölçümlerde NO saptanmamıştır. Demirel ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada şehrin kenar mahallesinde bulunan okulda şehir merkezinde bulunan okula göre daha yüksek NO değeri saptanmıştır. Araştırmacılar iç ortam NO konsantrasyonuyla dış ortam konsantrasyonları oranlandığında bu kirleticinin hem iç hem dış ortam kaynağı bulunduğu yorumunu yapmışlardır. NO gazının ana kaynağı yanma olayıdır. Dış ortamda motorlu taşıtlar iç ortamda ısıtıcı cihazlar ve sigara dumanı NO kaynağı olabilir (WHO 2010). Bizim çalışmamızda ölçümlerin ısıtmanın kullanılmadığı mevsimde yapılmış olması NO saptanmamasında etkili olmuş olabilir. Seçilen okullar işlek caddelere yakın olarak konumlanmamış olabilir. NO saptanmaması hava kalitesi açısından olumlu bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Yemekhanelerde yapılan ölçümlerde bir yemekhanede 0,5 ppm NO saptanmıştır. Ölçüm yapılan bu yemekhanede ölçüm sırasında yemek pişiyor olması ve yemek pişirilen odanın yemekhaneden ayrı olmaması sebebiyle NO yüksek bulunmuştur. Diğer yemekhanelerde ise yemeklerin pişirme saatinde ölçüm yapılmaması ya da yemeklerin dışarıdan hazır gelmesi gibi etkenler sebebiyle NO saptanamamıştır.

Dersliklerde; akşam PM₁₀>0,3 µm düzeyleriyle sabah PM₁₀>0,3 µm düzeyleri arasında, akşam PM₁₀>0,5 µm düzeyleriyle sabah PM₁₀>0,5 µm düzeyleri arasında, akşam PM₁₀>1 µm düzeyleriyle sabah PM₁₀>1 µm düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Braniš ve ark. (2008) tarafından bir okulun spor salonunda yapılan çalışmada 1 µm ile 2,5 µm çap aralığındaki pariküller hafta içi daha yüksek bulunmuştur.

Aynı çalışmada 2,5 µm'den küçük çaplı partikül miktarının dış ortam düzeyiyle iç ortam düzeyi arasında korelasyon bulunmuştur. Yazarlar tarafından bu aralıktaki partikül maddelerin dış ortamdan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Parker ve ark. (2008) tarafından yapılan araştırmada 1 µm altındaki partikül sayısının gün içinde değişiklik göstermediği bildirilmiştir. Bu çalışmada 0,3-0,4 µm aralığındaki partikül sayıları gün içinde 4-8 milyon partikül/m³ aralığında seyretmiştir. Ölçüm yapılan okulda kullanılan havalandırma sisteminin dış ortamdaki ince partiküllere karşı etkili bir önlem olduğu bu çalışma sonucunda araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Dersliklerde akşam PM_{2,5} µm düzeyleri sabah PM_{2,5} µm düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Framme ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada kışın ölçülen PM_{2,5} µm değerleri yazın ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Braniš ve ark. (2008) tarafından bir okulun spor salonunda yapılan çalışmada 2,5 µm ve daha büyük çaplı pariküller hafta içi daha yüksek bulunmuştur.

Dersliklerde akşam PM₅ µm düzeyleri sabah PM₅ µm düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Parker ve ark. (2008) tarafından yapılan araştırmada 7,5-10 µm aralığındaki partikül sayısı gece 0'a düşerken gün içinde 3000 partikül/m³ değerlerine ulaşmıştır.

Dersliklerde akşam PM₁₀ µm düzeyleri sabah PM₁₀ µm düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Chitra ve Shiva Nagendra (2012) tarafından yapılan araştırmada öğrencilerin sınıflarda bulunduğu dönemlerdeki PM₁₀ konsantrasyonları tatil dönemlerine göre yüksek bulunmuştur. Bunun yanında derslerin başlangıç ve bitiş zamanlarında daha yüksek konsantrasyonlar ölçülmüştür. Yazarlar tarafından bu durum bu zamanlarda öğrencilerin fiziksel aktivitesine bağlanmıştır. Framme ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada kışın ölçülen PM₁₀ değerleri yazın ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Guo ve arkadaşları (2010) tarafından bir okulda yapılan araştırmada toplam partikül sayılarının sabah 6-8 arasında ve öğleden sonra 3-6 arasında yükseldiği bildirilmiştir. Ancak sabah ölçülen değerler öğleden sonra ölçülen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Yazarlar bu değişimi bu saatlerin okulun temizlik saatleri olmasına bağlamışlardır. Sınıfta ölçülen partikül sayısı ile dışarıda ölçülen partikül sayısı arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.

Partikül maddenin varlığı şu durmalarla ilişkili olabilir: (1) okullarda yetersiz havalandırma (özellikle kış aylarında), (2) iç mekân yüzeylerinin seyrek ve iyi temizlenmemesi, (3) oda alanı ve hacmine oranla çok sayıda öğrenci, (4) okul binalarının kat sayılarına bağlı olarak düşük sınıf seviyesi ve (5) öğrencilerin fiziksel aktiviteleriyle ilişkili olarak oda yüzeylerinden partiküllerin yeniden süspansiyonu (Gennaro ve ark. 2014). Thatcher ve Layton (1995), düşük aktivitenin bile çapı 5 µm'den büyük olan hava kaynaklı partiküllerin konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini bildirmiştir. Sadece odaya girip çıkmak bile asılı kaba partiküllerin kütlesini neredeyse %100 oranında artırabilir. Havalandırma iç ortamdaki partikül miktarını azaltmaktadır (Cooper ve ark. 2020).

Sabah ölçümlerindeki PM_{2,5} µm, PM₅ µm ve PM₁₀ µm değerlerinin daha düşük olması ve akşam ölçümlerinde yüksek bulunması; gece boyunca bu partiküllerin çökmesi ve gün içinde sınıflardaki hareketlilik nedeniyle tekrar havaya karışmalarından kaynaklanmaktadır. Akşam ölçümlerinin öğrenciler çıktıktan hemen sonra yapılması o saatlerdeki yoğun hareketlilikten dolayı partikül madde miktarlarını artırmış olabilir. Daha küçük çaplı partiküller ise bu durumdan etkilenmemiştir.

Kantinlerde akşam PM_{2,5} µm ve PM₅ µm düzeyleri sabah PM_{2,5} µm ve PM₅ µm düzeylerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Kantinlerde; akşam PM_{0,3} µm düzeyleriyle sabah PM_{0,3} µm düzeyleri arasında, akşam PM_{0,5} m düzeyleriyle sabah PM_{0,5} µm düzeyleri arasında, akşam PM₁ µm düzeyleriyle sabah PM₁ µm düzeyleri arasında, akşam PM₁₀ µm düzeyleriyle sabah PM₁₀ µm düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Yemekhanelerde akşam PM düzeyleriyle sabah PM düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Zhang ve ark. (2017) tarafından pişirme bölümünün öğrenciler tarafından kullanılan bölümle ayrı olduğu ve olmadığı iki farklı üniversite kantininde partikül sayıları ölçülmüştür. Pişirme bölümünün ayrı olmadığı kantindeki partikül sayıları pişirme bölümünün ayrı olduğu kantinden daha yüksek bildirilmiştir. Yemek pişirme bölümü açık olan kantinde PM₁₀ sayıları yemek pişirme bölümü ayrı olan kantinin 8,5 katı bulunmuştur. Partikül sayılarında ise gün içinde anlamlı bir değişim görülmemiştir. Fonseca ve ark. (2014) tarafından anaokullarında 1 µm'den küçük pariküllerin ölçüldüğü araştırmada okul içinde en yüksek partikül sayıları kantinlerde ölçülmüştür. Gün içinde ise kantinlerde en yüksek değerler yemek saatlerinde ölçülmüştür.

Kantin ve yemekhanelerde dersliklerden farklı olarak ısıtıcıların ve ocakların bulunması, gıda hazırlama ve pişirme işlemlerinin yapılması partikül madde salımına yol açmaktadır. Dolayısıyla yemek saatlerinde bu alanlarda daha yüksek partikül sayısı beklenebilir. Yemekhanelerde akşam saatlerinde partikül sayılarının farklı bulunmaması ölçümlerin yemek saatinde yapılmamış olmasından kaynaklanmış olabilir. Yemekhaneler yemek saati dışında kullanılmadıklarından fiziksel aktivite de partikül düzeyini etkilememiştir. Kantinler her teneffüste kullanılabildiğinden $PM_{2,5}$ μm ve PM_{10} μm değerleri fiziksel aktivite ve belki pişirme süreçleri etkisiyle gün içinde yükselmiştir.

Çalışmaya dâhil edilen okullar arasında havalandırma sistemi mevcut olan yalnızca iki okul bulunduğundan havalandırma şekline göre hava kalite parametreleri karşılaştırılamamıştır. Toftum ve Clausen (2023) tarafından yapılan çalışmada havalandırma sistemi bulunan sınıfların CO_2 düzeyleri daha düşük bulunmuştur. Haverinen-Shaughnessy ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada havalandırma hızı artışıyla öğrencilerin performansında artış saptanmıştır.

Sabah ve akşam havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem düzeyi her ders bitiminde havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem düzeyinden daha yüksek bulunmuştur. Havalandırma sıklığı diğer hava kalite parametreleri üzerinde anlamlı bir farklılığa yol açmamıştır.

Havalandırma sıklığı sınıftaki sıcaklıkları etkilememiştir. Pencereler yoluyla yapılacak havalandırmanın sıcaklık üzerine etkisi dış ortam sıcaklığına göre değişebilir. Ölçümlerin yapıldığı dönemdeki koşullar bu sonuca yol açmış olabilir.

Daha az havalandırılan sınıflarda gün sonundaki nem düzeyi daha sık havalandırılan sınıflardan daha yüksektir. Dersten sonra sınıfların pencereleri sabaha kadar kapalı kaldığından bu nem sınıfta kalmakta ve gece boyunca sıcaklığın düşmesi bağıl nem düzeyini daha da artırarak bu sınıflarda bağıl nem düzeyinin daha yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Sınıflardaki PM düzeyi ders süresince artmakta, ders aralarında camların açılmasıyla bir miktar düşüş olmakla beraber gün içinde artış sürmektedir (Güllü 2016). Yapılan çalışmalarda ince partiküllerin genellikle dış ortam kaynaklı olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple camları açarak yapılan havalandırmada içeri giren hava herhangi bir filtreleme işlemine tabi olmadığından iç ortamdaki ince partikül sayısını azaltmayacaktır. Pencereler yoluyla yapılan havalandırma daha çok iç ortam kaynaklı olan

kaba partiküllerin de sayısını azaltmaya yetecek düzeyde havalandırma sağlayamamış olabilir.

Bulut (2012) tarafından üniversite dersliklerinde yapılan ölçümlerde pencereler yoluyla yeterli havalandırma sağlanamadığı ve CO₂ ile PM değerlerinin yüksek seyrettiği bildirilmiştir. Stabile ve ark. (2017) tarafından yapılan araştırmada camların açık kalma süresi arttıkça CO₂ düzeylerinin düştüğü buna karşın dış ortam kaynaklı kirleticilerden olan ince partikül sayısında artışa yol açtığı kaba partikül sayısında ise değişikliğe yol açmadığı gösterilmiştir.

Özel okullardaki dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri ile devlet okullarındaki dersliklerde ölçülen parametreler arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Lu ve ark. (2023) tarafından ABD’de okul idarecileriyle yapılan bir araştırmada özel okullarda algılanan hava kalitesinin daha kötü olduğu ve hava kalitesini iyileştirmek için daha az önlem alındığı belirlenmiştir. Chatzidiakou ve ark. (2012) özel okullarda yetersiz havalandırma sıklığının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Yazarlar bu farklılığı hava kalitesi ile ilgili yasal düzenlemelerde özel okullarla devlet okullarına farklı yükümlülükler tanımlanmasına bağlamıştır. Özel okullarla temizlik sıklığındaki, sınıf mevcudundaki ve ders sürelerindeki farklılıkların hava kalite parametreleri arasında farka yol açması beklenebilir. Çalışmaya dâhil edilen özel okulların bu parametreler bakımından devlet okullarıyla benzer olduğu yorumlanabilir. Türkiye’de okullardaki hava kalitesi ile ilgili yasal düzenleme bulunmadığından bu sebeple de farklılık oluşmamıştır.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde değişen temizlik sıklığı partikül madde düzeyleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime yol açmamıştır. Guo ve ark. (2010) tarafından yapılan ölçümlerde okulun temizlik saatlerinde partikül sayıları daha yüksek bulunmuştur. Gennaro ve ark. (2014) ise temizliğin yetersiz olmasının yüksek partikül sayılarına sebep olacağını belirtmektedir. Heudorf ve ark. (2009) tarafından yapılan araştırmada temizlik sıklığındaki artmanın PM10 konsantrasyonunu azalttığı bildirilmiştir. Temizlik iç ortamdaki partikül miktarını azaltabilmekle beraber tek başına yeterli bir önlem olmayabilir. Pencereler yoluyla giren partiküller ve ders aralarında öğrencilerin dışarıdan içeriye taşıdığı partiküller temizliğin etkisini azaltmış olabilir. Özellikle dersliklerde ders bitiminde yapılan partikül ölçümleri o saatte öğrencilerin hareketliliğinden etkilenmiş ve daha yüksek bulunmuş olabilir. Temizliğin yapılış şekli

(kuru veya ıslak) ve kapsamı (sadece koridorlar veya daha kapsamlı) da temizliğin partikül madde düzeyine etkisi üzerinde belirleyici olabilir.

Bina yaşı arttıkça dersliklerde sabah bağıl nem düzeyinin arttığı bulunmuştur. Psomas ve ark. (2021) tarafından evlerde yapılan ölçümlerde yapım tarihi daha yeni olan binalarda daha düşük nem düzeyleri bildirilmiştir. Binaların yapımında kullanılan malzemeler, binaların yalıtım durumu gibi yapı özellikleri bunun sebebi olabilir.

Sabah bağıl nem düzeyi haricinde dersliklerde ölçülen hava kalite parametreleri ile bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı arasında ilişki saptanmamıştır.

Ölçümlerin yapıldığı dönemde sınıfların pencereleri sıklıkla açıldığından sıcaklık ve bağıl nem değerlerini dış ortam sıcaklık ve bağıl nem düzeyleri etkilemiş ve öğrenci sayısı, sınıfın alanı gibi etkenlerin etkilerini ortadan kaldırmış olabilir.

Sınıftaki öğrenci sayısında artışla beraber CO₂ düzeyinde artış beklenmektedir (Dorizas ve ark. 2015). Bizim çalışmamızda da mevcudu 30'un üzerinde olan sınıflarda akşam CO₂ düzeyleri daha yüksek bulunmuştur. Ölçülen CO₂ konsantrasyonları üzerinde sınıf mevcudu ve sınıfın alanı dışında havalandırmanın sıklığı ve etkinliği gibi farklı etkenler de devreye girdiğinden anlamlı korelasyon saptanmamış olabilir.

Okullarda partikül madde miktarları fiziksel aktivite düzeyi, temizlik gibi farklı etkenler tarafından etkilendiğinden bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayılarıyla arasında ilişki saptanmamış olabilir.

Akşam derslik sıcaklığıyla bağıl nem düzeyi arasında negatif korelasyon saptanmıştır. Razali ve ark. (2015) ile Tekin (2019) tarafından yapılan çalışmalarda bağıl nem ile sıcaklık arasında negatif korelasyon bildirilmiştir. Hava sıcaklığı yükseldikçe havanın nem taşıma kapasitesi artacağından bu beklenen bir sonuçtur.

Akşam dersliklerdeki hava akım hızıyla PM₁₀, PM_{2.5} sayıları arasında negatif korelasyon belirlenmiştir. İnce partiküllerin kaba partiküllere kıyasla hava akımıyla daha kolay ortamdan uzaklaşabildiği yorumlanabilir. Hava akımı yetersiz olduğunda ince partiküller iç ortamda birikebilir.

Akşam dersliklerde ölçülen diğer hava kalite parametreleri arasında ilişki saptanmamıştır.

Zhang ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada PM10 düzeyi ile CO₂ düzeyi arasında pozitif korelasyon bildirilmiştir. Razali ve ark. (2015) tarafından yapılan araştırmada ise CO₂ konsantrasyonu ile PM1, PM2,5 ve PM 10 düzeyleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Tekin (2019) tarafından yapılan araştırmada CO₂ düzeyleri ile PM2,5 ve PM10 arasında pozitif korelasyon bildirilmiştir.

Zhang ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada bağıl nem düzeyi ile PM10 ve CO₂ düzeyi arasında pozitif korelasyon bildirilmiştir. Razali ve ark. (2015) tarafından yapılan araştırmada ise bağıl nem düzeyi ile CO₂, PM1, PM2,5 ve PM10 düzeyleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır. Tekin (2019) tarafından yapılan araştırmada bağıl nem düzeyleri ile CO₂, PM2,5 ve PM10 arasında pozitif korelasyon bildirilmiştir. Lazović ve ark. (2016) tarafından yapılan araştırmada bağıl nem ile CO₂ konsantrasyonları arasında pozitif ilişki saptanmıştır. Deng ve Lau (2019) tarafından yapılan araştırmada bağıl nem düzeyi ile CO₂ arasında pozitif, bağıl nem ile havalandırma hızı arasında negatif korelasyon saptanmıştır. Bizim çalışmamızda böyle bir ilişki saptanmaması bu dönemdeki dış hava koşullarının bağıl nemi düşük tutmasından kaynaklanmış olabilir.

Sınıflarda ölçülen yüksek CO₂ ve yüksek bağıl nem düzeyleri genel anlamda sınıfın yeterince havalandırılmamasına ya da sınıfta fazla sayıda öğrenci bulunmasına bağlanabilir. Her iki durumda da sınıfın hava kalite parametrelerinin çoğunun olumsuz etkileneceği söylenebilir. Sınıflarda havalandırma artırılarak veya sınıf mevcudu azaltılarak hava kalite parametrelerinin beraber düzelmesi de beklenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dersliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerine göre gün sonundaki sıcaklıklar sabah ölçülen sıcaklıklara göre daha yüksektir. Sabah yapılan tüm ölçümlerde sıcaklıklar uygun değerlerde belirlenmiş, akşam yapılan ölçümlerin ise yarısı uygun değerlerin üzerine çıkmıştır.

Kantinlerde yapılan sıcaklık ölçümlerine göre gün sonundaki sıcaklıklar sabah ölçülen sıcaklıklara göre daha yüksektir. Sabah yapılan tüm ölçümlerde sıcaklıklar uygun değerlerde belirlenmiş, akşam yapılan ölçümlerin ise yarısı uygun değerlerin üzerine çıkmıştır.

Yemekhanelerde yapılan sıcaklık ölçümlerine göre gün sonundaki sıcaklıklar sabah ölçülen sıcaklıklara göre daha yüksektir. Sabah yapılan tüm ölçümlerde sıcaklıklar uygun değerlerde belirlenmiş, akşam yapılan ölçümlerin ise yarısı uygun değerlerin üzerine çıkmıştır.

Dersliklerde yapılan bağıl nem ölçümlerine göre sabah ölçülen bağıl nem değerleri ile gün sonunda ölçülen bağıl nem değerleri arasında fark bulunmamıştır. Sabah ölçülen bağıl nem değerlerinin tamamı uygun aralıkta bulunmuşken akşam ölçülen değerlerin %75'i uygun aralıkta, bir ölçüm uygun aralığın üzerinde diğer ölçümler ise uygun aralığın altında gerçekleşmiştir.

Kantinlerde yapılan bağıl nem ölçümlerine göre gün sonunda ölçülen bağıl nem değerleri sabah ölçülen bağıl nem değerlerinden düşük bulunmuştur. Sabah ölçülen bağıl nem değerlerinin tamamı uygun aralıkta bulunmuşken akşam ölçülen değerlerin yaklaşık yarısı uygun aralığın altında gerçekleşmiştir.

Yemekhanelerde yapılan bağıl nem ölçümlerine göre gün sonunda ölçülen bağıl nem değerleri sabah ölçülen bağıl nem değerlerinden düşük bulunmuştur. Sabah ölçülen bağıl nem değerlerinin tamamı uygun aralıkta bulunmuşken akşam ölçülen değerlerin yaklaşık yarısı uygun aralığın altında gerçekleşmiştir.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde yapılan tüm ölçümlerde hava akım hızı uygun düzeyin altında bulunmuştur.

Sabah dersliklerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değerin altında bulunmuşken gün sonunda yapılan ölçümlerin yarısında bu değer aşılmıştır. Akşam CO₂ konsantrasyonları sabah CO₂ konsantrasyonlarından yüksek bulunmuştur.

Sınıf mevcudunun 30 öğrenciden fazla olduğu dersliklerde CO₂ konsantrasyonu için belirlenen sınır değerin daha fazla aşıldığı bulunmuştur.

Sabah kantinlerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değerin altında bulunmuş, gün sonunda yapılan ölçümlerin birinde bu değer aşılmıştır. Akşam CO₂ konsantrasyonları sabah CO₂ konsantrasyonlarından yüksek bulunmuştur.

Sabah kantinlerde yapılan CO₂ ölçümlerinin tamamı belirlenen sınır değerin altında bulunmuştur. Akşam CO₂ konsantrasyonları ile sabah CO₂ konsantrasyonları arasında fark bulunmamıştır.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde yapılan ölçümlerin hiçbirinde CO, SO₂ ve H₂S saptanmamıştır. Sadece bir yemekhanede NO saptanmıştır.

Dersliklerde sabah PM₁₀>0,3 µm, PM₁₀>0,5 µm ve PM₁₀>1 µm değerleri ile akşam PM₁₀>0,3 µm, PM₁₀>0,5 µm ve PM₁₀>1 değerleri arasında fark bulunmamıştır. Akşam PM₁₀>2,5 µm, PM₁₀>5 µm ve PM₁₀>10 değerleri sabah PM₁₀>2,5 µm, PM₁₀>5 µm ve PM₁₀>10 değerlerinden daha yüksek saptanmıştır.

Kantinlerde sabah PM₁₀>0,3 µm, PM₁₀>0,5 µm, PM₁₀>1µm ve PM₁₀>10 µm değerleri ile akşam PM₁₀>0,3 µm, PM₁₀>0,5 µm, PM₁₀>1 µm ve PM₁₀>10 µm değerleri arasında fark bulunmamıştır. Akşam PM₁₀>2,5 µm ve PM₁₀>5 µm değerleri sabah PM₁₀>2,5 µ ve PM₁₀>5 µm değerlerinden daha yüksek saptanmıştır.

Yemekhanelerde yapılan PM ölçümlerinin hiçbirinde sabah ve akşam arasında fark bulunmamıştır.

Daha az havalandırılan sınıfların sabah bağıl nem düzeyleri yüksek saptanmıştır. Havalandırma sıklığı diğer hava kalite parametreleri üzerinde anlamlı farklılığa yol açmamıştır.

Ölçümü yapılan hava kalite parametrelerinin hiçbirinde özel okullarla devlet okulları arasında farklılık saptanmamıştır.

Derslik, kantin ve yemekhanelerde partikül madde sayılarında temizlik sıklığına göre anlamlı farklılık tespit edilmemiştir.

Bina yaşı arttıkça sabah bağıl nem düzeyinin arttığı bulunmuştur. Bunun dışında ölçümü yapılan hava kalite parametreleri ile bina yaşı, sınıfın alanı ve sınıftaki öğrenci sayısı arasında ilişki bulunmamıştır.

Akşam dersliklerde ölçülen sıcaklıklar arttıkça bağıl nem düzeylerinin azaldığı saptanmıştır. Akşam hava akım hızı arttıkça $PM_{10}>0,3 \mu m$, $PM_{10}>0,5 \mu m$ değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Diğer hava kalite parametreleri arasında ilişki saptanmamıştır.

Bu sonuçlara göre şunlar önerilebilir:

Bağıl nem düzeylerinin takip edilmesi ve çok düşük tespit edildiği durumlarda buna bağlı yakınmaların önlenmesi için ortamın nem düzeyinin artırılması,

Okullarda yeterli hava akımının sağlanabilmesi için; okulların yapım aşamasında iç ortamda yeterli hava dolaşımı sağlanabilecek şekilde planlama yapılması, pencerelerin açık tutulması veya havalandırma sistemlerinin kurulması,

Sınıflarda CO_2 konsantrasyonunun düşük tutulabilmesi için iç ortamın yeterli hava değişiminin sağlanması ve sınıf mevcutlarının 30'un üzerine çıkmamasının sağlanması, gerektiği durumlarda CO_2 emici maddelerin kullanılması,

Kantin ve yemekhanelerde kirletici gazlara öğrencilerin maruziyet riskinin azaltılması için gıdaların hazırlandığı yerlerin öğrenciler tarafından kullanılan bölümlerden izole edilmesi,

Okullarda partikül maddelerin yoğunluğunun azaltılması için hava akımının sağlanması önerilmektedir.

Kaynakça

- Abusamhadana MSG, Türkmenoğlu Bayraktar N. Tarihi Okul Yapılarında Isıl Konfor Gereksinimleri Bağlamında Enerji İyileştirme Stratejileri: Ulugazi İlköğretim Okulu. Mimarlık ve Yaşam. 2018: 3(2);189-206.
- Alberts, W. M. Indoor air pollution: NO, NO₂, CO, and CO₂. Journal of allergy and clinical immunology. 1994: 94(2), 289-295.
- Alves C. Ve ark. Indoor and outdoor air quality: A university cafeteria as a case study. Atmospheric Pollution Research. 2020; 11(3): 531 - 544.
- Arioğlu E. Tünel Kazılarında Havalandırma. YTÜ Tünel Dergisi, 2009.
- Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH, Sterling TD. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. Environmental health perspectives. 1986: 65, 351-361.
- Ashmore MR, Dimitroulopoulou C. Personal exposure of children to air pollution. Atmos Environ. 2009; 43;128–141.
- ASHRAE, ASHRAE HandbookCD, 2001 Fundamentals, Chapter 9: Indoor Environmental Health. Atlanta, USA, 2003.
- ASHRAE, ASHRAE HandbookCD, Fundamentals, Chapter 10: Indoor Environmental Health. Atlanta, USA, 2017.
- ASHRAE, Standard 62.1-2007 user's manual. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers; 2007.
- ASHRAE. Ventilation for acceptable indoor air quality. Standard 62-1999, American Society for Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, GA: 1999
- Asif A, Zeeshan M, Jahanzaib M. Indoor temperature, relative humidity and CO₂ levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. Building and Environment, 2018: 133 83-90.
- Azuma K, Kagi N, Yanagi U, Osawa H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. Environment international. 2018: 121, 51-56.

- Babaroğlu A. Anaokullarda iç ortam hava kalitesi. Tesisat mühendisliği dergisi. 2015;2:150.
- Badman DG, Jaffe ER. Blood and air pollution: state of knowledge and research needs. Otolaryngol. Head Neck Surg. 1996 114(2):205-208
- Beamish LA, Osornio-Vargas AR, Wine E. Air pollution: An environmental factor contributing to intestinal disease. Journal of Crohn's and Colitis. 2011 5(4): 279-286.
- Becaloni A, Insogna S, Zoccolillo L. Indoor Air Quality. Volatile Organic Compounds: Sources, Sampling and Analysis. Ed. Mazzeo N. Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality. 2011
- Bellinger DC. Teratogen update: lead and pregnancy. Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology. 2005 73(6): 409-420.
- Borja Aburto VH., Rosales Castillo JA., Torres Meza VM., Corey G., Olaíz Fernández G. Evaluation Of Health Effects Of Pollution. Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation. OECD, Paris, 2000, s275-343
- Bourdrel T, Bind MA, Béjot Y, Morel O, Argacha JF. Cardiovascular effects of air pollution. Archives of Cardiovascular Diseases. 2017 110(11): 634-642
- Braniš, M, Šafránek, J, Hytychová, A. Exposure of children to airborne particulate matter of different size fractions during indoor physical education at school. Building and Environment. 2019: 44(6), 1246-1252.
- Bruce N, Rehfuess E, Mehta S, Hutton G, Smith K. Indoor air pollution Ed. Jamison DT, Breman JG, Measham AR. Disease control priorities in developing countries. The World Bank. Oxford University Press. New York: 2006
- Bulut, H. Havalandırma ve iç hava kalitesi açısından CO2 miktarının analizi. Tesisat Mühendisliği. 2012: 128, 61-70.
- Cetin M, Sevik H. Indoor quality analysis of CO2 for Kastamonu University. In Conference of the International Journal of Arts & Sciences. 2016: 9(3); 71-76.
- Chatzidiakou L, Mumovic D, Summerfield AJ. What do we know about indoor air quality in school classrooms? A critical review of the literature. Intelligent Buildings International. 2012: 4(4); 228-259.

- Chen BH, Hong CJ, Pandey MR, Smith KR. Indoor air pollution in developing countries. World health statistics quarterly 1990; 43 (3): 127-138.
- Chen CJ. Environmental health issues in public health. Ed. Detels R., Gulliford M., Karim QA., Tan CC. Oxford Textbook of Global Public Health. Oxford University Press, Oxford, 2015, s823-839
- Clausen G, Toftum J, Andersen B. MasseEksperiment 2014: Indeklima i klasselokaler-resultater. Danish Science Factory: 2014
- Cooper N, Green D, Guo Y, Vardoulakis S. School children's exposure to indoor fine particulate matter. Environ. Res. Lett. 2020: 15(11).
- Çilingiroğlu S. İç Hava Kalitesi. 2010. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/7f2a4ea3bedd425_ek.pdf (Erişim tarihi: 03.12.2020).
- Dede G, Dede C. Determination of Indoor Air Quality in University Student Canteens. Sakarya University Journal of Science. 2021: 25(6), 1322-1331.
- Demir LS, Aktuğ Demir N. Hava Ed. Demir LS. Sağlık bilimleri için çevre sağlığı. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık; 2023
- Demirel G, Özden Ö, Döğeroğlu T, Gaga EO. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. Science of The Total Environment. 2014: 473-474, 537-548.
- Deng S, Lau J. Seasonal variations of indoor air quality and thermal conditions and their correlations in 220 classrooms in the Midwestern United States. Building and Environment. 2019: 157, 79-88.
- Destailats H, Maddalena RL, Singer BC, Hodgson AT, McKone TE. Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. Atmospheric Environment. 2008: 42(7), 1371-1388.
- Doğan H. Uygulamalı havalandırma ve iklimlendirme tekniği. İstanbul: Seçkin yayıncılık; 2013.
- Dorizas PV, Assimakopoulos MN, Helmis C, Santamouris M. An integrated evaluation study of the ventilation rate, the exposure and the indoor air quality in naturally

- ventilated classrooms in the mediterranean region during spring. *Science of The Total Environment*. 2015: 502:557-70.
- EPA. United States Environmental Protection Agency. Healthy buildings healthy people a vision for the 21st century. USA; 2001. p. 1-8.
- Esin T. İnsan sağlığını etkileyen iç hava kalitesinin oluşumunda yapı malzemelerinin rolü. *Yapı Dergisi*. 2004;275:99-103.
- Fan Y, Cao X, Zhang, J, Lai D, Pang L. Short-term exposure to indoor carbon dioxide and cognitive task performance: A systematic review and meta-analysis. *Building and Environment*. 2023: 110331.
- Fisk WJ. The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor air*. 2017: 27(6), 1039-1051.
- Fisk W J. Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: An update. In J. Spengler, J. M. Samet, & J. F. McCarthy (Eds.), *Indoor air quality handbook* (pp. 1–36). New York: McGraw Hill, 2001
- Fonseca J, Slezakova K, Morais S, Pereira MC. Assessment of ultrafine particles in Portuguese preschools: levels and exposure doses. *Indoor Air*. 2014: 24; 618-628.
- Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Anderson HR, Bhutta ZA, Biryukov S, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016 388(10053):1659-1754
- Fromme H, Twardella D, Dietrich S, Heitmann D, Schierl R, Liebl B, Rüdén H. Particulate matter in the indoor air of classrooms—exploratory results from Munich and surrounding area. *Atmospheric Environment*. 2007: 41(4); 854-66.
- Genç S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K. The Adverse Effects of Air Pollution on the Nervous System. *Journal of Toxicology*. 2012.
- Gennaro G, Dambruoso PR, Loiotile AD, Di Gilio A, Giungato P, Tutino M, Porcelli, F. Indoor air quality in schools. *Environmental chemistry letters*. 2014: 12, 467-482.
- Godwin C, Batterman SA. Indoor air quality in Michigan schools. 2007. *Indoor Air*. 2007: 17(2), 109-121.

- Güler Ç, Acar Vaizoğlu S. Açık hava kirliliği. Ed. Güler Ç, Akın L. Halk Sağlığı Temel Bilgiler. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2015, s683-697
- Güler Ç, Acar Vaizoğlu S. Hava kirliliğinin sağlık etkileri. Ed. Güler Ç, Akın L. Halk Sağlığı Temel Bilgiler. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2015, s670-679
- Güler Ç, Acar Vaizoğlu S. Okul çevre sağlığı. Ed. Güler Ç, Akın L. Çevre Sağlığı. Yazıt Yayınları. Ankara, 2012, s1237-1258
- Güler Ç, Acar Vazioğlu SA. Açık hava kirliliği. Ed. Güler Ç, Akın L. Çevre Sağlığı. Yazıt Yayınları, Ankara: 2012; 747-758
- Güler Ç, Akın L. Halk sağlığı temel bilgiler. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 2015
- Güler Ç, Çobanoğlu Z. Çevre sağlığının ilkeleri ve genel bakış açısı. Ankara: Sağlık Bakanlığı; 1994.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z. Kapalı ortam hava kirlenmesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, TC Sağlık Bakanlığı: 1994
- Güler Ç, Çobanoğlu Z. Kapalı ortam hava kirlenmesi. Çevre sağlığı temel kaynak dizisi no:9. Ankara; 2001.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z. Kapalı ortam hava kirliliği. Yazıt Yayıncılık Ankara: 2008
- Güler Ç, Vaizoğlu SA, Çobanoğlu Z. Yapı-içi hava kirliliği. Ed. Güler Ç. Çevre Sağlığı. Yazıt Yayınları, Ankara: 2012; 837-854
- Güler Ç. Çevre kavramları. Ed. Güler Ç. Çevre sağlığı. Ankara: Yazıt Yayıncılık; 2012, s1-12
- Güler Ç. Sıcaklık. Ed. Güler Ç. Çevre Sağlığı. Yazıt Yayınları, Ankara: 2012; 819-836
- Güllü, G. İlköğretim Okullarında İç Ortam Hava Kalitesi ve Sağlık Etkileşimi. Tesisat Mühendisliği. 2016: Mart-Nisan.
- Gün İ. Okul Sağlığı Ed. Öztürk Y, Günay O. Halk Sağlığı Genel Bilgiler. Erciyes Üniversitesi Basın Yayın Halkla İlişkiler Müdürlüğü. Kayseri: 2011 669-710
- Haverinen-Shaughnessy U, Moschandreas DJ, Shaughnessy RJ, Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. Indoor Air. 2011; 21(2); 121-31.

- Heudorf U, Neitzert V, Spark J. Particulate matter and carbon dioxide in classrooms – The impact of cleaning and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2009; 212(1): 45-55
- Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, Kaufman JD. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environmental health*. 2013 12(1): 1-16.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). Outdoor air pollution. Geneva: World Health Organisation; 2016
- International Chemical Safety Cards 0021, International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva: 2006
- ISO 14644-1 Cleanrooms and associated controlled environments—part 1: Classification of air cleanliness. International Standards Organisation, 2015.
- Işık E, Çibuk S. Yemekhaneler ve kantinlerde iç hava kalitesi ile ilgili ölçüm sonuçları ve analizi - Tunceli Üniversitesi örneği. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*. 2015; 6(1): 39-50.
- Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*. 2008;151(2):362-7.
- Kim KH, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment international*. 2015; 74, 136-143.
- Korten I, Ramsey K, Latzin P. Air pollution during pregnancy and lung development in the child. *Paediatric respiratory reviews*. 2017; 21, 38-46.
- Kotzias, D. Indoor air and human exposure assessment—needs and approaches. *Experimental and Toxicologic Pathology*. 2005; 57, 5-7.
- Kurt ÖK, Zhang J, Pinkerton KE. Pulmonary Health Effects of Air Pollution. *Curr Opin Pulm Med*. 2016 22(2): 138–143.
- Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six US cities. *Environmental health perspectives*. 2000 108(10): 941-947.
- Lazović IM, Stevanović ŽM, Jovašević-Stojanović MV, Živković MM, Banjac MJ. Impact of CO₂ concentration on indoor air quality and correlation with relative humidity

- and indoor air temperature in school buildings in Serbia. *Thermal Science*. 2016; 20(suppl. 1), 297-307.
- Lu Y, Bozlak C, Bell E, Khwaja HA, Lin S. A comparison study of environmental health related issues and policies between private and public US schools using multi-level data. *Hygiene and Environmental Health Advances*. 2023: 100079.
- Martino D, Prescott S. Epigenetics and prenatal influences on asthma and allergic airways disease. *Chest*. 2011 139(3): 640-647
- Menå H, Larsen E. Indoor environment in schools. (Master) Technical University of Denmark. 2010
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)
<https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>. (Son erişim tarihi: 29.05.2023)
- Motör D. Edirne’de bir işletmede iç ortam hava kalitesi ve çalışanların sağlığına olan etkilerinin değerlendirilmesi [yüksek lisans tezi]. Edirne: Trakya Üniversitesi; 2011.
- Myhrvold AN, Olsen E, Lauridsen O. Indoor environment in schools—pupils health and performance in regard to CO2 concentrations. *Indoor Air* 96(4), 1996: 369-371.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). The economic consequences of outdoor air pollution. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing; 2016
- Persily AK. Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide. *Transactions-American society of heating refrigerating and air conditioning engineers*. 1997: 103, 193-204.
- Pinkerton KE, Joad JP. Influence of air pollution on respiratory health during perinatal development. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2006;33:269–272.
- Psomas T, Teli D, Langer S, Wahlgren P, Wargocki P. Indoor humidity of dwellings and association with building characteristics, behaviors and health in a northern climate. *Building and Environment*. 2021: 198.
- Razali NYY, Latif MT, Dominick D, Mohamad N, Sulaiman FR, Srithawirat T. Concentration of particulate matter, CO and CO2 in selected schools in Malaysia. *Building and environment*. 2015: 87, 108-116.

- Rubright SLM, Pearce LL, Peterson J. Environmental toxicology of hydrogen sulfide. Nitric oxide: biology and chemistry. 2017: 71, 1.
- Ryan I, Deng X, Thurston G, Khwaja H, Romeika X, Zhang W, Marks T, Yu F, Lin S. Measuring students' exposure to temperature and relative humidity in various indoor environments and across seasons using personal air monitors. Hygiene and Environmental Health Advances 4, 2022: 100029.
- Sağlam S. Farklı mekânlarda hava kalitesinin incelenmesi [yüksek lisans tezi]. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2019.
- Samet JM, Marbury MC, Spengler JD. (1987). Health effects and sources of indoor air pollution. Part I. American review of respiratory Disease.1987: 136(6), 1486-1508.
- Samet MJ. International Agency for Research on Cancer. Air pollution and cancer. Lyon: 2013
- Shendell DG, Prill R, Fisk WJ, Apte MG, Blake D, Faulkner D. Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor Air. 2004;14(5):333-41
- Soysal A, Demiral Y. Kapalı Ortam Hava Kirliliği. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2007: 6 (3)
- Šrám RJ, Binková B, Dejmek J, Bobak M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a review of the literature. Environmental health perspectives. 2005: 113(4), 375-382.
- Steinemann A, Wargocki P, Rismanchi B. Ten questions concerning green buildings and indoor air quality. Building and environment. 2017;112:351-8.
- Sushma R, Shilpa Shet S. Indoor air quality monitoring in college campus. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2015: 4(7); 5931-36.
- Şaşmaz T, Öner S, Buğdaycı R, Kurt AÖ, Öner H, Güler Ç. Büro Ergonomisi. Ed. Güler Ç. Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İçin. Palme Yayıncılık, Ankara; 2004. p. 345-361.
- Tekbaş ÖF. Çevre sağlığı. Ankara: Gülhane Askeri Tıp Akademisi Basım Evi; 2010

- Tekin ÖF. Öğrencilerde hasta bina sendromu prevalansı ile iç ortam hava kalitesinin değerlendirilmesi: kütahya okul örneği. (Uzmanlık Tezi) Kütahya, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, 2019.
- Thatcher TL, Layton DW, Deposition, resuspension, and penetration of particles within a residence. *Atmospheric Environment*. 1995; 29(13); 1487-97.
- Theodosiou TG, KT Ordoumpozanis. Energy, comfort and indoor air quality in nursery and elementary school buildings in the cold climatic zone of Greece. *Energy and Buildings* 40(12); 2008: 2207-2214.
- Toftum J, Clausen G. Classroom airing behaviour significantly affects pupil well-being and concentration performance—Results of a large-scale citizen science study in Danish schools. *Energy and Buildings*:2023; 286, 112951.
- Topuzoğlu İ. Çevre sağlığı ve iş sağlığı. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 1979.
- Tuncer M, Bal S, Özür A, Köse N. Ortaöğretim Kurumları Öğrenme Ortamlarının Çeşitli Değişkenler Açısından Değerlendirilmesi. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*. 2012: 11(1).
- Turanjanin, Valentina, et al. "Indoor CO2 measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation." *Energy* 77 (2014): 290-296.
- Turk BH, Powell G, Fisher E, Ligman B, Harrison J, Brennan T, Shaughnessy R. "Improving general indoor air quality while controlling specific pollutants in schools," In: *Proceedings of Indoor Air '93: The 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Helsinki, Finland: 1993 Vol. 6, 705-710.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). *Healthy buildings healthy people a vision for the 21st century*. USA; 2001. p. 1-8.
- Van Groenigen KJ, Osenberg C, Hungate BA. Increased soil emissions of potent greenhouse gases under increased atmospheric CO2. *Nature*. 2011; 475(7355), 214-216.
- Vural M. Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli belirlenmesi [doktora tezi]. İstanbul. Yıldız Teknik Üniversitesi; 2004.
- Wang H, Naghavi M, Allen C, Barber RM, Bhutta ZA, Carter A, et al. Global, regional, and national life expectancy, all-cause mortality, and cause-specific mortality for

- 249 causes of death, 1980–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016 388(10053):1459-1544
- Wang, J., Smedje, G., Nordquist, T., & Norbäck, D. (2015). Personal and demographic factors and change of subjective indoor air quality reported by school children in relation to exposure at Swedish schools: a 2-year longitudinal study. *Science of the Total Environment*. 2015; 508(1), 288-296.
- Wang, R. Two's company, three's a crowd: can H₂S be the third endogenous gaseous transmitter? *FASEB J*. 2002;16(13):1792–8.
- Wolkoff P, Azuma K, Carrer P. Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2021: 233
- Woolley K, Bartington S, Pope F, Thomas G, Kabera T. Characterisation of Carbon Monoxide concentrations associated with biomass fuel cooking in two university canteen settings, Kigali Rwanda. *Environmental Epidemiology*. 2019; 3; 444.
- World Health Organisation (WHO). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010
- World Health Organization (WHO). Air quality guidelines for Europe; second edition. 2000
- World Health Organization (WHO). Health effects of particulate matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. 2013
- World Health Organization (WHO). Health in the Green Economy, Co-benefits to health of climate change mitigation—housing sector. 2011: World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: WHO; 2016
- World Health Organization (WHO). WHO handbook on indoor radon: a public health perspective.
- World Health Organization. (WHO). WHO housing and health guidelines. 2018
- World Health Organization (WHO) Air quality guidelines. Copenhagen: 1987

- Yıldız M. İç hava kalitesinin ilkokullarda araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Şanlıurfa: Harran Üniversitesi, 2008
- Yurtseven E. İki farklı coğrafi bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insanslığına etkileri yönünden değerlendirilmesi (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 2008
- Zhang D, Jin X, Yang L, Du X, Yang. Experimental study of inhalable particle concentration distribution in typical university canteens. Journal of Building Engineering. 2017; 14; 81-88.
- Zhang X, Li F, Zhang L, Zhao Z, Norback D. A longitudinal study of sick building syndrome (SBS) among pupils in relation to SO₂, NO₂, O₃ and PM₁₀ in schools in China. PLoS One. 2014 Nov 14;9(11):e112933.

Ek 1: Ölçüm Yapılan Okulların Listesi

1. Atatürk İlkokulu
2. Yaka Çumralıoğlu İmam Hatip Ortaokulu
3. Mehmet Hasan Sert İlkokulu
4. Mehmet Ve İbrahim Çelik İlkokulu
5. Meram Özcan-Saliha Çalikuşu İlkokulu
6. Naciye Mumcuoğlu Anadolu Lisesi
7. Celalettin Hakan Katırcı İmam Hatip Ortaokulu
8. İbrahim Hakkı Konyalı İlkokulu
9. Hanefi Aytekin İlkokulu
10. Hatip Öğretmen Mahide Bahadırtürk Ortaokulu
11. Şehit Ahmet Senih Durum İlkokulu
12. Ali İhsan Dayıoğlu İlkokulu
13. Fevzi Çakmak Ortaokulu
14. Meram İhsan Karacığan Anaokulu
15. Ahmet Naci Gücüyener İlkokulu
16. Mehmet Şükriye Sert İlkokulu
17. Meram Şehit Pilot Ayfer Gök Ortaokulu
18. İbrahim Ethem Kız Anadolu İmam Hatip Lisesi
19. Dere İmam Hatip Ortaokulu
20. İhsan Özkaşıkçı İlkokulu
21. Şehit Ömer Halisdemir İmam Hatip Ortaokulu
22. Mustafa İlboğa Anadolu İmam Hatip Lisesi
23. Konya Bilim Ve Sanat Merkezi Anaokulu
24. İbrahim Hakkı Konyalı Anaokulu
25. Mehmet Beğen Anaokulu
26. 24 Kasım İlkokulu
27. Özel Kamer Koleji İlkokulu
28. Özel Yaka Yöntem İlkokulu
29. Özel Konya Başak Ortaokulu
30. Özel Meram Özel Sınav Anadolu Lisesi
31. Özel Peren Anadolu Lisesi
32. Özel Aşkan Anaokulu
33. Özel Konya Maya Çocuk Anaokulu
34. Özel İdeal Ortaokulu

Ek 2: Veri Toplama Formu

1. Okul adı:
2. Binanın yaşı:
3. Binanın alanı:
4. Okuldaki toplam sınıf sayısı:
5. Okuldaki toplam öğrenci sayısı:
6. Isıtma şekli:
 - a) Havalandırma/Klima
 - b) Kömürlü Kalorifer
 - c) Doğalgazlı kalorifer
 - d) Soba
7. Havalandırma şekli:
 - a) Havalandırma sistemiyle
 - b) Pencere/Doğal havalandırma
8. Sınıfın havalandırma sıklığı:
 - a) Her dersin bitiminde
 - b) Sabah ve akşam
 - c) Günde 1 kez ya da daha az
9. Sınıftaki öğrenci sayısı:
10. Sınıfın alanı:
11. Öğretim şekli:
 - a) İkili öğretim (Sabahçı/Öğlenci)
 - b) Tekli öğretim (Tam gün)
12. Temizlik sıklığı:
 - a) Günde 1'den fazla
 - b) Günde 1
 - c) Günde 1'den az
13. Derslikte yapılan ölçümler

	Sabah	Akşam
Sıcaklık		
Nem		
Hava akım hızı		
CO		

CO ₂		
H ₂ S		
SO ₂		
NO		
PM 0,3		
PM 0,5		
PM 1		
PM 2,5		
PM 5		
PM 10		

14. Kantinde yapılan ölçümler

	Sabah	Akşam
Sıcaklık		
Nem		
Hava akım hızı		
CO		
CO ₂		
H ₂ S		
SO ₂		
NO		
PM 0,3		
PM 0,5		
PM 1		
PM 2,5		
PM 5		
PM 10		

15. Yemekhanede yapılan ölçümler

	Sabah	Akşam
Sıcaklık		
Nem		
Hava akım hızı		
CO		

CO₂		
H₂S		
SO₂		
NO		
PM 0,3		
PM 0,5		
PM 1		
PM 2,5		
PM 5		
PM 10		