

## BÖLÜM-1

### HAVALANDIRMA VE İÇ HAVA KALİTESİ

#### 1.1 İÇ HAVA KALİTESİ KAVRAMI VE TARİHÇESİ

İnsanoğlu ateşi bulduğu günden itibaren iç hava sorunlarıyla karşılaşmıştır. Mağaralarda solunan dumanın insan ömrünü azalttığı kısa sürede öğrenildi. Mağara tavanına açılan bir delikten dumanı uzaklaştırmayı öğrenen insanoğlu, sonraki bin yıllarda da iç hava sorunlarıyla uğraşmak zorunda kaldı. Mısır piramitlerinin yapımında çalışan işçilerden içeride çalışanların, dışarıda çalışanlardan daha fazla solunum hastalıklarına yakalandıkları gözlemlendi. Romalılar, dumansız ısınabilmek için döşmeden ısıtmayı keşfetti. 11. yüzyılda ise İbn-i Haldun, Mukaddime adlı eserinde hava kirliliğinin hastalıklara neden olacağına işaret etti.

16. yüzyıla gelindiğinde İngiltere Kralı I. Charles, binalarda kirli havanın etkisini azaltmak için bir dizi kural getirdi. Bunlar arasında 3 metreden yüksek tavanlar, boyu eninden daha fazla olan pencereler, oda taban alanına göre pencere alanının belirlenmesi, vb. gibi inşaat kuralları hep, içerideki dumanın ve kirli havanın dışarı atılmasını amaçlıyordu.

18. yüzyıla gelindiğinde, Lavosier'in karbondioksiti bulmasıyla, bu gazın hava kirliliği üzerindeki etkileri tartışılmaya ve araştırılmaya başlandı. Karbondioksit önceleri zehirleyici bir gaz olarak kabul edildi.

1853'te Kırım Savaşı sırasında İstanbul'daki hastaneler yaralılarla dolup taşarken, havasız mekânlarda yaralıların iyileşmesinin çok uzun sürdüğünü gözlemlendi. Önceleri bunun, havadaki yoğun karbondioksitle bağlantılı olabileceğini düşünen doktorlar, daha sonra esas nedenin, yaralılardan yayılan mikropların yetersiz havalandırma nedeniyle uygun yayılma ortamı bulması olduğunu anladılar.

Karbondioksit, kokusuz, renksiz ve zehirli olmayan bir gazdır. Birçok kişi karbondioksiti zehirli bir gaz zanneder oysa bu, vücudumuzun ürettiği bir gazdır. Zehirli olan karbondioksit değil, eksik bir yanma ürünü olan karbon monoksittir. Soluğumuzda 38.000 ppm karbondioksit mevcuttur. Karbondioksitin iç mekânlardaki kaynağı yalnızca solunum veya açık ateştir. Bunun başka bir kaynağı yoktur. İnsan ortalama olarak saniyede yaklaşık 0,005 litre karbondioksit üretir. Bu nedenle karbondioksit, içerideki insan sayısının belirlenmesi için bir faktör olarak kullanılabilir. Bugün kapalı konteynerlerdeki kaçak göçmenleri, sınır polisleri karbondioksit detektörüyle yakalıyor.

Solunan havadaki karbondioksit miktarı ve buna bağlı olarak gerekli olan taze hava miktarının saptanabilmesi için 19. yüzyıldan itibaren sayısız deney yapılmıştır. 1836'da Tredgold, maden işçileri üzerinde yaptığı deneylerde, insanın metabolik olarak ihtiyacı olan taze hava miktarını kişi başına 2,5 L/s olarak saptamıştır. 1862'de Pettenkofer karbondioksitin aslında havayı kirlilettiği bir faktör olmadığını, ancak kirliliğin bir ölçütü olarak kullanılabileceğini ileri sürdü. Daha sonra yapılan sayısız deney de bu savı doğrulamıştır. 20. yüzyıl başlarında yapılan kapalı oda deneylerinde, insanların 10.000 ppm gibi karbondioksit oranlarını tolere edebildikleri, hatta 23.000 ppm gibi çok yüksek oranların bile hayati bir tehlike oluşturmadığı ispatlanmıştır.

ASHRAE'nin (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers) 1989 yılında yayımlanmış olduğu 62 Nolu Havalandırma Standardında, ofis çalışanları için karbondioksit limiti 1000 ppm olarak belirlenmiştir. ABDde işyeri çalışma koşullarını belirleyen OSHA (Occupational Safety and Health Agency) ise bu limiti haftada 40 saati aşmamak kaydıyla 5000 ppm olarak belirlemiştir. ASHRAE Standart 62 ayrıca, karbondioksitin kendi başına bir kirlilettiği olmadığını, ancak insanlardan kaynaklanan kirli havanın bir ölçütü olduğunu kabul etmiştir.

Atmosferdeki karbondioksitin standart ölçümü, Pasifik Okyanusunun ortasında bir adada yapılmaktadır. Bu oran sanayi devrimi öncesinde 280 ppm civarındayken, günümüzde fosil yakıtların tüketimiyle giderek yükselmektedir. Bunun yol açtığı sera etkisiyle ortaya çıkan küresel ısınma günümüzde herkesin gündeminde olan bir konudur. Bugün atmosferdeki karbondioksit oranı 390 ppm civarındadır ve ne yazık ki her yıl 2 ppm artmaktadır.

ASHRAE'nin ve OSHA'nın belirlemiş olduğu karbondioksit limitlerinin iyi bilinmesinde yarar vardır, çünkü günümüzde bazı binalarda hava kirliliğinin bir göstergesi olarak ölçülmeye başlanan karbondioksit oranına bağlı

olarak klima santrallerinde dış hava miktarı ayarlanmaktadır. Buna göre karbondioksit oranı, 1000 ppm'in altında olduğu müddetçe, dış havaya gereksinim yoktur. Oysa birçok işletmede, bina otomasyon sistemleri çok daha az karbondioksit oranına ayarlanmakta, böylece hiç gerekmediği halde içeriye taze hava pompalanmaya devam edilmektedir. Bugün İstanbul'da dış havadaki karbondioksit oranı 400 ile 600 ppm arasında değişmektedir. Bazı işletmelerde karbondioksit hissedicileri 500 ppm'e ayarlanmakta, bu yüzden de klima santralleri daima % 100 taze hava ile çalışmak durumunda bırakılmaktadırlar. Bu ise, enerjinin son derece pahalı olduğu günümüzde büyük bir israf anlamına gelmektedir.

İç mekânda hava kirliliğini oluşturan çeşitli faktörler vardır. Bunlar insan burnunda bulunan olfactory hücreleri tarafından algılanırlar. İnsan burnu yaklaşık 500 bin kimyasalı ayırt edebilmektedir ve bu koku algılaması iki parametreye bağlıdır:

- Yoğunluk (kantitatif) faktörü (I),
- İticilik (kalitatif) faktörü (K).

Algılanan kokunun yoğunluğu, Weber tarafından bu iki parametreyle aşağıdaki şekilde formüle edilmiştir:

$$S = K \log I \quad (1.1)$$

Buradan görüldüğü üzere algılanan koku, yoğunluğun logaritmasıyla orantılıdır. Bu şu anlama gelmektedir içerde herhangi bir kokudan 1 ppm varsa, odaya girer girmez bunu derhal hissedebilirsiniz. Fakat içerde aynı kokudan 100 ppm varsa, bunu 100 katı olarak değil, ancak 10 katı olarak hissediyorsunuz.

İnsanların algıladıkları koku miktarı, aslında İç Hava Kalitesi'nin (İHK) doğrudan doğruya bir ölçüsüdür. 1935'te Lambert ve Yaglou, insan burnunun hava kalitesi sensörü olarak kullanılıp kullanılmayacağını araştırdılar. Yaptıkları deneylerde, bir kanaldan geçen belli debideki havaya belli oranda koku molekülleri enjekte edilmiş ve kanal üzerindeki deliklerden, koku alma duyguları çok kuvvetli 10 denekten, burunlarını kanala sokarak hissettikleri koku derecesini ölçmeleri isteniyor. Lambert koku indeksi bu şekilde geliştirilmiştir. Bu indeks, 0 ile 5 arasında değişir ve 2 indeksi, normal bir koku olarak kabul edilir.

Bu deneyler sırasında, insanın kendisinin de bir koku kaynağı olduğu, bunun bir koku ölçüm standardı olarak kullanılabilmesi düşüncesi gelişmiştir. Aslında bu kokunun nedeni, koltuk altında bulunan bir bakterinin salgıladığı asittir. Erkeklerin % 97'sinde, kadınların ise % 67'sinde bu bakteri vardır.

Burada standart insan, 3 günde iki defa banyo yapan, her gün çamaşır değiştiren ve normal bir aktivitede (ofis çalışanı gibi) bulunan bir insan kabul ediliyor. İşte böyle standart bir insanın yaydığı koku miktarına 1 olf adı veriliyor.

"Olf", bir kirlilik kaynağındaki yoğunluğu ölçmek için kullanılan bir birimdir. Danimarka'lı Prof. Dr. P.Ole FANGER "Olf" kavramını tarafından Latince'deki "kokulu" anlamındaki "olfactus" sözcüğünden türetmiştir.

Değişik aktivitedeki insanların yaydığı koku miktarının, Tablo-1.1'deki değerlere sahip olduğu saptanmıştır (olf):

TABLO-1.1 İç Hava kirlilik değerleri

Kişi/Nesne	Koku emisyonu
Oturmakta olan yetişkin	1 olf
Yoğun sigara içen kişi	25 olf
Sigara içen kişi (içmezken)	6 olf
Atlet	30 olf
Aktif yetişkin	5-11 olf
Mermer döşeme	0,01 olf/m <sup>2</sup>
Muşamba döşeme	0,2 olf/m <sup>2</sup>
Sentetik halı döşeme	0,4 olf/m <sup>2</sup>
Kauçuk kaplama	0,6 olf/m <sup>2</sup>

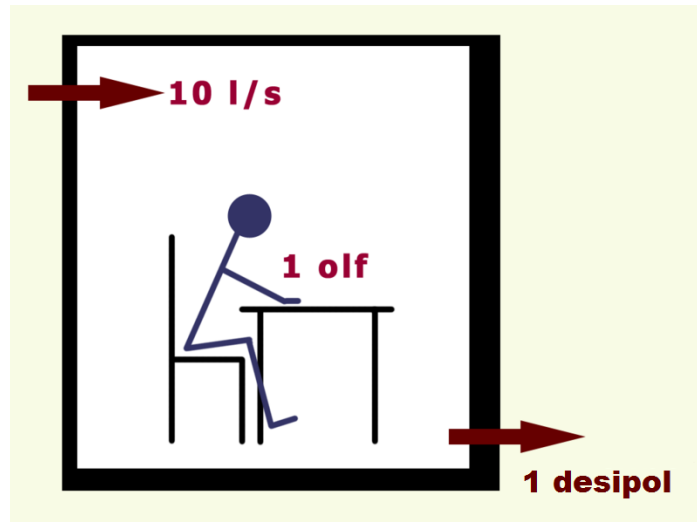
Dikkat edilirse, sigara içen bir insan, 25 standart insan kadar hava kirliliği yaratmaktadır. Üstelik bu insan sigara içmezken dahi, 6 standart insan kadar kirlilik yaratır. Bu rakamlar, neden birçok işyerinde sigaranın yasaklandığını açıklamaya yetmektedir. Sigara içen insanın, çalıştığı yerin havalandırma faturasına katkısı son derece açıktır.

İnsan tarafından üretilen kokunun, insan burnu tarafından algılanmasıysa, herhangi bir mekândaki hava kalitesini belirleyen unsurdur yani, mekândaki kokunun algılanma miktarıdır. Bu algılama, olf cinsinden üretilen kirliliğe bağlı olduğu kadar, o mekânın havalandırılması ile de yakından ilgilidir.

Bunu tanımlamak için geliştirilmiş olan birime desipol adı verilir. Desipol algılanan hava kalitesini ölçmek için kullanılan bir birimdir. Danimarkalı Prof. P. Ole Fanger tarafından geliştirilmiştir.

Tanım olarak: 1 desipol = İçinde 1 olf koku üretilen bir odaya 10 L/s taze hava verildiğinde insan burnunun algıladığı kokudur. Yani;

$$1 \text{ desipol} = 1 \text{ olf} / 10 \text{ L/s} = 0,1 \text{ olf} / \text{L/s}$$



Şekil-1.1 Algılanan koku yoğunluğu birimi: desipol

Kısacası desipol, algılanan iç hava kalitesinin bir ölçüsüdür. Bazı mekânlardaki Desipol değerleri şöyledir:

- 0,01 desipol: Dağ veya açık denizlerdeki hava,
- 0,1 desipol: Şehir havası,
- 1,0 desipol: Sağlıklı bina havası,
- 1,4 desipol: Kabul edilir bina havası (% 80 tarafından),
- 10 desipol: Hasta bina havası.

Öte yandan, bazı bina malzemelerinin de hava kirliliği ürettiği tespit edilmiştir. Mesela yaygın olarak kullanılan sunta ve MDF'nin yaymış olduğu kirlilikler oldukça fazladır.

Çeşitli bina malzemelerinin yarattığı hava kirlilik oranları şöyledir:

- Sunta, MDF: 2,4 desipol,
- Sentetik halılar: 3,4 desipol,
- Boyanmış duvar: 2,1 desipol,
- Mastik, vb. malzeme: 3,0 desipol,
- Cila: 3,7 desipol,
- Tütün dumanı: 14,4 desipol.

## 1.2 HAVALANDIRMA STANDARTLARI

19. yüzyıldan itibaren yapılan çalışmalarda kişi başına gerekli taze hava miktarının tespit edilmesine çalışılmıştır. Tredgoldun 1836'da insanın metabolik taze hava ihtiyacını belirlemesinden bugüne kadar bu konuda çeşitli yaklaşımlar olmuştur. Binalarda uygulanacak ilk standartlar Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği (ASHVE) tarafından 19. yüzyılın sonunda oluşturulmuştur.

1970'lere gelene kadar enerjinin bol ve ucuz olması, binalarda enerji tasarrufunun, dolayısıyla da dış hava kontrolünün ikinci planda gelmesine neden oldu. Binalara gerek havalandırma gerekse hava sızıntısı yoluyla giren dış hava üzerinde sıkı bir kontrol yoluna gidilmedi. Ancak 1973 petrol ambargosundan sonra fırlayan enerji fiyatları böyle bir kontrolü gündeme getirdi. O tarihte ASHRAE ilk defa havalandırma standardı olan Standart 62'yi yayımladı. Daha sonraki yıllarda bu standart birkaç kez değişikliğe uğradı.

1981 yılındaki değişiklikte, taze hava miktarı sigara içen ve içmeyenler için ayrı ayrı verildi. Buna göre sigara içmeyenler için 2,5 L/s, içenler içinse bunun 4 katı yani 10 L/s taze hava öngörüldü. Ancak bu standardın Amerikan Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından kabul edilmesi ve bina yönetmeliklerine girmesi, çok yoğun bir karşı propaganda atağı başlatan sigara tekelleri tarafından engellendi. Çünkü bu standart uygulanırsa, sigara içenlerin çalışacağı binalarda havalandırma maliyeti, diğerlerinden dört kat daha fazla olacaktı. Bu da açıkçası sigara tekellerinin hiç işine gelmiyordu.

1981'den 1989'a kadar geçen sürede Standart 62 üzerindeki tartışmalar devam etti. 1989a gelindiğinde nihayet, belli bir metin üzerinde anlaşmaya varıldı. Buna göre, kabul edilebilir taze havanın, mekânda bulunan insanların % 80'inin memnuniyetsizlik belirtmeyeceği miktarda olması kabul edildi. Yani memnuniyetsizlik oranı, mekândaki insanların % 20sine kadar çıkabilirdi.

Kişi başına havalandırma standartlarının kronolojik gelişimi:

- 1836 Tredgold: 2,5 L/s
- 1895 ASHVE: 15 L/s
- 1914 ASHVE: 15 L/s
- 1922 Bina yönetmelikleri: 15 L/s,
- 1938 Konfor tablosu: 5 L/s (Yaglou)
- 1946 - ASA: 5 L/s
- 1973 - ASHRAE 62-73: 5 L/s
- 1981 - ASHRAE 62-81

(Sigara içmeyen) : 2,5 L/s

(Sigara içen) : 10 L/s,

- 1989 - ASHRAE 62-89: 7,5 L/s,

(Yalnız sigara odaları, vb.yerlerde): 30 L/s

2001 yılında son halini alan Standart 62, esas olarak 1989'daki değerlere sadık kalmıştır. Buna göre:

- Sigara içilmeyen ofislerde: 10 L/s
- Lobi, resepsiyon alanlarında: 7,5 L/s
- Bar, sigara odası vb. yerlerde: 30 L/s
- Sınıflarda: 7,5 L/s
- Laboratuvarlarda: 10 L/s

Standart 62'nin 2001 revizyonu, çeşitli mekanlarda insan yoğunluğu için aşağıdaki değerleri kabul etmiştir:

- Ofislerde: 7 kişi,
- Lobilerde: 30 kişi,
- Sigara odalarında: 70 kişi,
- Sınıflarda: 50 kişi,
- Laboratuvarlarda: 30 kişi.

Taze hava miktarı Fanger tarafından, desipol ve olfe bağlı olarak, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Q_c = 10 \left[ \frac{G}{C_i - C_o} \right] \left( \frac{1}{E_v} \right)$$

$Q_c$  = Konfor şartları için kişi başına gerekli taze hava miktarı (L/s kişi),

$G$  = Mekânda üretilen hava kirliliği (olf),

$C_i$  = İçerde arzu edilen hava kalitesi (desipol),

$C_o$  = Dışarıdaki hava kalitesi (desipol),

$E_v$  = Havalandırma sisteminin verimliliği (kaçaklar, vb.) (genelde 1 alınır).

### 1.3 İÇ HAVA KAYNAKLI HASTALIKLAR

Günümüzde insanlar zamanlarının % 90'ını kapalı mekânlarda geçirmektedir. Avrupa Birliğinin, İtalya'nın Ispra kentinde kurmuş olduğu İç Hava Kalitesi Laboratuvarı Indoortron'da yapılan ölçümler, insanların iç mekânlarda, dışarıda olduklarından 2 - 5 katı daha fazla hava kirliliğine maruz kaldıklarını göstermiştir.

Bu nedenle, hava kirliliği konusundaki çalışmalar artık yalnızca dış hava kirliliği ile sınırlı kalmamakta, iç hava kirliliği üzerinde de yoğunlaşmaktadır. Hava kirliliğine maruz kalan insanlarda bir takım rahatsızlık belirtileri ortaya çıkmaktadır. Bunlar esas olarak ikiye ayrılırlar.

#### 1.3.1 Hasta Bina Sendromu (HBS)

- HBS belirtilerine tam bir teşhis konamaz,
- HBSnin nedeni tam olarak tanımlanamaz,
- HBS, akut (kısa süreli) belirtiler olarak ortaya çıkar ve binayı terk edince genellikle etkisi kaybolur.

Rahatsızlık olarak ortaya çıkan belirtiler:

- Baş ağrısı
- Göz yanması
- Hırıltılı soluk alma
- Deride alerji
- Üst solunum yolları problemleri
- Bulantı
- Bitkinlik
- Görme bulanıklığı
- Diğerleri
- Bu rahatsızlıkların nedenleri kolay tespit edilemez
- Binadan çıkıldıktan bir süre sonra iyileşme görülür

#### 1.3.2 Bina Bağlantılı Hastalıklar (BBH)

- BBH, tanımlanabilir bir nedene bağlıdır,
- BBH, klinik olarak teşhis edilebilir,
- BBH kronik (uzun süreli) belirtiler olarak ortaya çıkar ve ağır hastalıklara neden olur,
- BBH tedavisi uzun sürelidir.

Bina Bağlantılı Hastalıkların belirtilerinden bazıları şöyledir:

- Lejyoner hastalığı
- Alerjik pnömoni
- Alerjik rinit
- Ateş
- Astım
- Mikotoksin zehirlenmeleri
- Endotoksin zehirlenmeleri
- Acil müdahale gerektirir
- Klinik bulgularla karakterize edilir
- Hasta Bina Sendromundan çok daha ciddidir: uzun bir tedavi süresi vardır

### 1.3.3 Hasta Bina Sendromuna Neden Olan Belli Başlı Faktörler

- Yetersiz havalandırma
- İçeriden kaynaklanan kimyasal kirleticiler
- Dışarıdan kaynaklanan kimyasal kirleticiler
- Biyolojik kirleticiler
- Tanecikler, tozlar, cam yünü, asbest vb. lifli maddeler
- Radon gazı

### 1.3.4 Hasta Bina Sendromuna Karşı Alınması Gereken Önlemler

- Havalandırma tasarımının ASHRAE-Standart 62'ye uygun olarak yapılması (kişi başına taze hava)
- Üfleme ve emiş menfezlerinin uygun seçilmesi ve yerleştirilmesi (atış hızı, yönü, baypas yapması)
- Dış hava panjurlarının uygun yerleştirilmesi (kirlenici kaynaklarından uzağa)
- Dış hava panjurlarının, düşük hava hızına göre tasarlanması (maksimum 2,5 m/s)
- Soğutma bataryaları ve nemlendiricilerin düşük hava hızına göre tasarlanması (maksimum 2,5 m/s)
- Kanallarda lifli akustik yalıtım kullanılmaması
- Mutfak, tuvalet, sigara odası, fotokopi odası, kimyasal madde deposu, vb. mahallerin doğrudan egzoz edilmesi
- Tavan difüzörlerinde yeterli karışımı sağlayacak minimum debisinin sağlanması ( $m^2$  başına minimum 5 L/s)
- Oturulan bölgede durağan hava kalmaması
- En az % 60 verimde toz filtreleri kullanılması
- Dış hava koşullarının uygun olduğu zamanlarda % 100 dış hava imkânının kullanılması (free cooling)
- Ofislerde, geceleri % 100 dış havayla ısıtma ya da soğutma yapılmaksızın süpürme yapılması
- Doğal havalandırma yöntemlerinin mümkün olduğunca çok kullanılması (pencere açmak, baca etkisini kullanmak)
- Deplasmanlı tip havalandırma yöntemlerini kullanmak

## 1.4 İÇ HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ

Hava insanların en önemli ihtiyaçlarından birisidir. İnsan, günlerce aç susuz durabildiği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla duramaz. Yetişkin bir insanın yaşamını sürdürebilmesi için günde yaklaşık 15 kg havaya ihtiyacı olduğu yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir. İnsanlar için bu kadar önemli olan havanın, sağlıklı ve temiz olması gerekir.

İnsanlar günlük yaşamlarının %70-98'ini iç mekânlarda geçirmektedirler. Birçok iç ortamın, bazen dış ortamdan daha kirlili ve tehlikeli olduğu saptanmıştır. Bu durum kış aylarında daha da belirginleşmektedir.

Evlerde bazı bileşenler veya faaliyetlerden oluşabilen zehirli kimyasallar birçok kanser çeşidinden başka, baş ağrısı, öksürük, gözlerde yanma, baş dönmesi gibi rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Evlerde; gaz sobası, kömür sobası, şofben gibi yerel yakma sistemlerinin neden olduğu zehirlenme ve ölüm olaylarıyla sık karşılaşmaktadır.

Hava kirlenmesi sorunu, birçok gaz kirlenici için aynı zamanda koku sorunu anlamına da gelir. İç ortamda, formaldehit gibi koku eşik seviyesi yüksek olan ( $61,2 \text{ mg/m}^3$ ) maddeler de bulunmaktadır.

İç mekânlarda oluşan gürültü seviyesi de çevre sağlığını bozan etkenlerdendir. Hava, cisim ve su gürültüsü şeklinde iç ortamlara sızan gürültü, insanlarda fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıklar meydana getirebilmektedir. Evlerdeki iç ortamlarda, gürültü seviyesinin 35 dB'i geçmeyecek şekilde düzenleme yapılması gerekmektedir.

Evlerde iç hava kalitesini bozan kirlenici; ısıtıcılar, yapı malzemeleri, sigara ve benzeri maddeler, ev eşyaları, klimalardan kaynaklanmaktadır. İnsanların sağlığını, çalışma verimini doğrudan etkileyen iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi ve çevresel olumsuz etkilerin giderilmesi gerekmektedir.

İnsanların birçoğu dış hava kirliliğinin sağlığa zararlarını bilmesine rağmen iç hava kalitesi (İHK) problemlerinin insan sağlığına önemli etkileri olduğunu bilmez. Amerikan Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) çalışmaları göstermiştir ki iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi dış havadan yaklaşık 5-100 daha fazla olabilmektedir. Dış hava kirliliğinin etkileri 20. yüzyılın başlarından itibaren bilinirken iç hava kalitesi sadece 30 yıl önce gündeme gelmiştir.

Özellikle okullarda iç hava kalitesi birçok nedenden dolayı çok önemlidir. Çocuklar tahriş edici hava kirleticilere karşı yetişkinlere kıyasla daha hassastırlar. İç havada yüksek seviyede ajanlar bulunduğu astım ataklarını tetiklediğinden, çocuklar arasında astım riski artar. İç hava kirleticilerine maruz kalan öğrenci ve öğretmenlerde dikkat dağılmasına yol açar, tüm öğrenme ve öğretme süreçleri zarar görür.

Ülkemizde basık tavanlı mekanik havalandırmasız kalabalık sınıflarda pencerenin soğuktan açılmadığı soğuk kış günlerinde iç hava kalitesi problemleri çok yoğun şekilde yaşanmaktadır. Öğrencilerin bu sezonda hastalıklardan dolayı devamsızlıkları artmakta, astım ve bronşit gibi kalıcı rahatsızlıklara neden olmaktadır.

### 1.5 KİRLİLİK KAYNAKLARI

İç hava kirleticilerinin orijinleri bina içinde veya dış ortamda olabilir. Şayet kirleticilerin kaynakları kontrol edilmezse havalandırma/klima sistemi düzgün çalışsa bile İHK problemleri oluşabilir. Hava kirleticileri çok sayıdaki parçacıklardan, liflerden, biyolojik aerosoller ve gazlar oluşur.

Buna ilave olarak okul binalarında binanın yerleşim yeri, sınıfın konumu, yeri boyanmış olması, laboratuvar veya atölye amaçlı kullanılması kirlenmede etkili olmaktadır.

TABLO-1.2 Tipik iç hava kirleticilerin evsel kaynakları

Dış Kaynaklar	Bina Ekipmanları	Bileşenler/Ev Eşyaları	Diğer İç Kaynaklar
<p><u>Dış Hava Kirlenmesi:</u> Polen, toz, mantar sporları; endüstriyel emisyonlar ve araç emisyonları</p> <p><u>Yakın Kaynaklar:</u> Liman yüklemeleri, çöp giderlerinden oluşan kokular; sağlıklı birikintiler veya bina egzozlarının dış hava girişlerinin yakınında olması</p> <p><u>Yeraltı Kaynakları:</u> Radon, pestisitler ve yer altı depolama tanklarındaki kaçaklar</p>	<p><u>Isıtma/Hav./Klima Ekipmanları:</u> Damlalık tavalarda, kanallarda, serpantinlerde ve nemlendiricilerde mikrobiyolojik oluşumlar</p> <p>Uyumsuz hava ile yanma ürünleri ve kanallarda toz ve birikintiler</p> <p><u>Isıtma/Hav./Klima Dışı Ekipmanlar:</u> Ofis ekipmanlarından oluşan emisyonlar (uçucu organik bileşikler, ozon); ve alışveriş laboratuvar ve temizlik proseslerinden oluşan emisyonlar</p>	<p><u>Bileşenler:</u> Suda veya toprakta gelişen mikrobiyolojik oluşumlar, hasarlı malzemeler; kuru sifonlardan oluşan lağım kokuları, organik bileşikler, inorganik bileşikler ve zararlı asbest içeren malzemeler ve tanecik (toz) üreten malzemeler</p> <p><u>Ev Eşyaları:</u> Yeni mobilyalardan ve yer döşemelerinden kaynaklanan emisyonlar ve suda ve toprakta gelişen bakteriler, hasarlı ev eşyaları</p>	<p>Bilimsel laboratuvarlar, mesleki sanat alanları, baskı/kopya alanları, besin hazırlama alanları, sigara salonları, temizlik malzemeleri, çöplerden kaynaklanan emisyonlar</p> <p>Pestisitler, boya, tebeşir ve aşındırıcılardan kaynaklanan organik uçucu organik bileşikler ve kokular bulaşıcı hastalığa sahip kişiler, kuru silinebilir mürekkepler ve benzeri kalemler, sinekler ve diğer zararlı böcekler, personel bakım ürünleri</p>

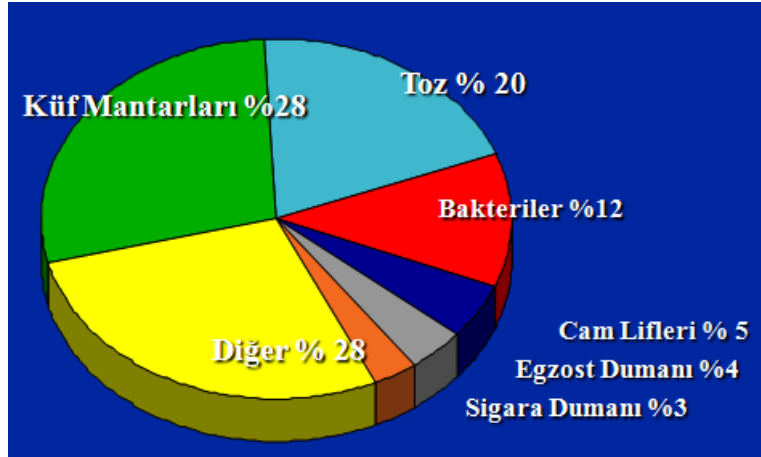
Uluslararası Sağlıklı Binalar kuruluşu, kötü ve yetersiz hava kalitesini oluşturan en önemli nedenlerin küf mantarları ve bakteriler olduğunu göstermektedir.

Kötü ve yetersiz havası olduğu saptanan binaların yaklaşık %72'sinde bunun nedeni havada taşınan taneciklerdir ve bu sorun iyi bir filtreleme ile çözümlenebilir.

Bu binaların yaklaşık %40'ında kötü hava kalitesinin en önemli nedeni biyolojik taneciklerdir (bakteri, mantar tohumları ve onlardan gelen diğer ürünler)

TABLO-1.3 İç hava kirleticilerin potansiyel kaynakları

Kirleticiler	Potansiyel Kaynakları	
Uçucu Organik Bileşikler	Parfümler, saç spreyleri Mobilya cilaları Temizlik solventleri Hobi ve sanat malzemeleri Pestisitler Halı ve iplik boyaları Tutkal, yapıştırıcı ve sızdırmazlık malzemeleri	Boyalar, vernikler, yapıştırıcı bantlar Ahşap koruyucular Kuru temizlenmiş elbiseler, güve ilaçları Hava tazeleyici kokular Depolanmış yakıtlar ve otomotiv ürünleri Kirlenmiş sular Plastikler
Formaldehit	Parçacık tutucular, kontra plaklar Dolaplar, mobilyalar	Formaldehit köpük yalıtım katkıları Halı ve kumaşlar
Pestisitler	Böcek ve karınca öldürücüler Fare ilaçları	Mantar ilaçları, mikrop öldürücüler Ot ilaçları
Kurşun	Kurşun esaslı boyalar	Dış tozlar ve toprak
Karbondioksit Karbon monoksit Azot dioksit	Uygunsuz çalıştırılan gaz veya yağ kazanları- sıcak su ısıtıcıları, ocaklar, odun sobaları	Havalandırmasız gaz sobaları-keresen ısıtıcılar Tütün ürünleri, gazlı pişirme sobaları Araç egzozları
Kükürt dioksit	Kükürt içeren yakıtların yanması	
Solunabilir Parçacıklar	Ocaklar, odun sobaları Havalandırmasız gaz ısıtıcıları	Tütün ürünleri Havalandırmasız kerosen ısıtıcıları
Çevresel Tütün Dumanı	Tütün ürünleri	
Biyolojik Kirleticiler	Bitkiler, hayvanlar, kuşlar, insanlar Yastıklar, yataklar, ev tozları Islak veya nemli malzemeler	Durgun sular
Asbest	Boru ve kazan yalıtımı Tavan ve döşeme levhaları	Dekoratif spreyler Kaplama ve lambriyerler
Radon	Toprak ve kaya Bazı bina malzemeleri	Yer altı suları



Şekil-1.2 Uluslararası Sağlıklı Binalar Kuruluşu'na göre binalardaki kirletici oranları

## 1.6 KİRLETİCİ MADDELER

### 1.6.1 Radon

İç ortamdaki radonun çok yoğun evin inşa edildiği kaya ve topraktaki uranyumdur. Uranyum doğal olarak parçalandığında renksiz, kokusuz ve radyoaktif bir gaz olan radon salınır. Radon gazı eve kirliliğinden, duvar ve zemin çatlaklarından, zemin drenajlarından ve haznelere girer.

Radon sigaradan sonra akciğer kanserinin en büyük nedenidir.

Radonun ölçüm birimi pikoküri/litre (pci/L) dir. EPA'nın tavsiyelerine göre 4 pci/L'yi aştığında azaltılması gerekir. Aktif toprak basınçlandırılması ve binanın havalandırılması, okullarda çok yaygın olarak kullanılan iki yöntemdir.



### 1.6.2 Çevresel Tütün Dumanı

Çevresel tütün dumanı, sigara dumanı ile sigara, pipo ucunun yanmasından oluşan dumanın karışımıdır. Bu karmaşık bir karışımdır ve 400'den fazla bileşik içerir. 40'tan fazla bileşik insanlarda akciğer kanseri yapıcı etkiye sahiptir. Çevresel tütün dumanı sıklıkla "ikinci el içicilik" ve "pasif içicilik" olarak adlandırılır.

### 1.6.3 Biyolojik Kirleticiler

Biyolojik kirleticiler; bakteriler, küfler, mantarlar, virüsler kedi salyaları, ev tozu keneleri, hamam böcekleri ve polenleri kapsar. Bu kirleticilerin birçok kaynakları mevcuttur. Polenler orijini bitkilerdir; virüsler insanlar ve hayvanlar tarafından taşınır ve ev hayvanları salya ve pire kaynaklarıdır.

Bir ortamda bağıl nem seviyesinin kontrolü ile biyolojik kirleticilerin gelişimi en aza indirilebilir. İç ortamlar için tavsiye edilen bağıl nem seviyeleri %30-%50'dir. Durgun sular suyun zarar verdiği malzemeler veya ıslak yüzeyler, mantarlar, küf, bakteri ve sineklerin çoğalmasına hizmet eder. Ev tozu keneleri en güçlü alerji yapan biyolojik kirleticilerden biridir, nemli, ılık ortamlarda gelişir.

Bazı biyolojik kirleticiler, pnomonitis, alerjik bunun intihapları ve bazı astım tiplerini kapsayan alerjik reaksiyonlar tetikler. Grip kronik ve tavuk frengisi gibi enfeksiyon hastalıkları hava ile taşınır. Mantar ve küfler zehir salgılayarak hastalık oluştururlar. Biyolojik kirleticilerin neden olduğu sağlık problemlerinin belirtildiği aksırık, göz sulanması, öksürmek, nefes darlığı, baş dönmesi, uyuşukluk, sıtma ve sindirim problemlerini kapsar. Biyolojik kirleticiler kontrol edilerek astım vakaları %55-%60 alınabilir.

### 1.6.4 Evsel Ürünler

Organik kimyasallar, evsel ürünlerin terkininde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Boyalar vernikler ve balmumunda olduğu gibi birçok temizleyici ilaçlama kozmetik, yağ çözücü ve yumuşatıcı maddeler de organik çözücüler içerir.

Organik kimyasalların sağladığı etkileme özellikleri oldukça geniş olup bazıları oldukça zehirli, bazılarının sağlığa zararı bilinmemektedir. Diğer kirleticilerde olduğu gibi sağlığa etkileri doğal olarak maruziyet süresine bağlı olarak değişir. Göz ve solunum yolu tahrişi, baş ağrıları, baş dönmesi, görme bozuklukları ve hafıza kayıpları bazı organik kimyasallara maruz kalan kişilerde acil olarak görülen belirtilerdir.

### 1.6.5 Formaldehit

Formaldehit, bina malzemeleri üretiminde ve çok sayıdaki evsel ürünlerde kullanılan önemli bir kimyasaldır. Formaldehit aynı zamanda yanma ve bazı diğer doğal süreçlerin ürünüdür. Böylelikle maddesel değişiklikleri iç ve dış ortamlarda kullanabilir. Formaldehit renksiz, keskin kokulu bir gaz olup bazı insanlarda uzun süre maruz kalındığında gözlerde sulanmaya gözlerde ve boğazda yanma hissine, mide bulantısına ve solunumda zorluklara yol açabilir (0,1 ppm üzerinde). Yüksek derişiklikler insanlarda astımı tetikleyebilir Formaldehitin hayvanlarda kansere neden olması insanlarda kansere yol açabileceğini göstermiştir.

### 1.6.6 Pestisitler

Pestisitler bakteri, mantar ve diğer organizmalara ilave olarak sinekler ve kemiriciler gibi haşaratları öldürmek veya kontrol etmek üzere kullanılan kimyasallardır. Birçok pestisitler kendiliğinden zehirlidir. Birçoğu uçucu organik bileşikler içerir. Özel belirtileri maruz kalınan pestisit tipine ve uygulanan yere alınan doza ve maruz kalan şahsın hassasiyetine bağlı olarak değişebilir. Bazı pestisitlere kronik olarak maruz kalınması karaciğere böbreklere ve sinir sistemine zarar verebilir.

İç ortamlarda pestisitler için herhangi standart yoktur. Hem EPA hem de Pensilvanya Tarım Bakanlığı okullarda kimyasal pestisit kullanımını en aza indirecek tedbirler almışlardır. Pestisit ürünleri üretici talimatları doğrultusunda havalandırma uygulamalarında da kullanılabilir.

### 1.6.7 Karbon Monoksit

CO renksiz kokusuz ve tatsız bir gazdır Karbonun eksik yanmasının bir ürünüdür. CO kandaki oksijen taşıyıcı hemoglobin ile birleşerek karboksi hemoglobin oluşturur. Kandaki normal karboksi hemoglobin oranları sigara içmeyenlerde %2'den az ve sigara içenlerde %5-%9 arasındadır Orta seviyedeki derişikliğin belirtileri belirsiz olabilir. Uygun havalandırma önemli bir kontrol ölçümüdür.

İç hava için CO üzerinde uzlaşmış bir standart yoktur. EPA'nın Ulusal Ortam Havası Standartları dış havada sekiz saat için 9 ppm ve bir saat için 35 ppm olarak verilmiştir. Bu standart okullarda iç hava için kılavuz olarak kabul edilebilir ve aşılmamalıdır.

### 1.6.8 Karbon Dioksit

Karbon dioksit renksiz kokusuz ve tatsız bir gazdır. Karbonun tam yanma ürünüdür. Sağlığa karşı etkisi oksijen yok edici olduğundan havadaki oksijenin yerini alır. 15000 ppm'in üzerindeki derişiklikleri zihinsel aktivite kayıplarına neden olabilir ve dikkat edilmelidir.

ASHRAE'nin 62-1989 no'lu standart 1000 ppm değerini konfor üst sınırı olarak belirlemiştir. Bu standart okullar içinde kullanılabilir ve aşılmaması gerekir.

### 1.6.9 Cıva

Son yıllarda okul çocuklarında metalik cıva damlacıkları ve kirliliğini kapsayan raporlarda artış gözlenmiştir. Cıva tabiiatta çeşitli biçimlerde bulunur. Metalik cıva bir sıvı biçimindedir, termometre ve barometre gibi çeşitli tüketici ürünlerinde kullanılır. Okul laboratuvarlarında bulunur ve kaza olarak döküldüğünde kirlilik problemine neden olabilir. Cıva oda sıcaklığında buharlaşarak zemine yakın yerlerde bir set oluşturur. Ondandır dolayı çocuklar yetişkinlere kıyasla daha fazla etkilenir. Cıva merkezi sinir sistemi ve böbrekleri etkiler.

Hava kirliliği için uygulanan testlerde 0,003 mg/m<sup>3</sup> başlangıçta oksijen seviyesi olarak evlerde ve okullar gibi toplu mekânlarda kabul edilir.

### 1.6.10 Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

İç ortam havasında yüzlerce uçucu organik bileşik vardır, bazen bunların derişikliklerinin zararlı olduğundan şüphe edilir. Çok yaygın olarak bilinen uçucu organik bileşikler benzen, formaldehit, metilklorit, trikloretilen ve tetrakloretileni kapsar.

TABLO-1.4 Kirleticilerin sağlığa etkileri

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

AÇIKLAMA: T:Tahriş edici

B: Boğucu

U:Uyuşturucu

Z: Zehirli

P/A:Patolojik-alerjik

K:Kanserojen

UOB'lerde maruz kalma maruz kalınan sürenin uzunluğuna ve seviyesine bağlı olarak keskin ve kronik (ölümcül) sağlık etkilerine sonuç verebilir.

UOB'lerle ilgili endüstriyel olmayan mekânlar için herhangi bir standart yoktur. Pratikte bilinen UOB kaynakları kısıtlanmıştır. Bu maddeler sızdırmaz tanklarda iyi hazırlanmış mekânlarda, kullanılan ortamlardan uzakta depolanmalıdır.

Geçmişte Sağlık Bakanlığı ilkokullarda zemini motorin dökerek temizlerdi. Bu işlem iç havadaki hidrokarbonun seviyesini arttırmaktadır şayet hidrokarbon seviyesi 10 ppm veya daha yüksek ise veya bazen seviyesi 100 ppm veya daha yüksek ise ortamın geçici olarak tahliye edilmesi gerekmektedir. Daha düşük seviyelerde uygun işlem havalandırma yapılmasıdır.

### 1.6.11 Kurşun

Kurşun oldukça zehirli bir metaldir. Çeşitli kaynaklardan gelen kurşuna (kirlenmiş toprak ve toz ve hava)maruz kalınabilir. Kurşun esaslı boya çocuklar için çok yaygın bir kaynaktır. Kurşun beyne böbreklere sinir sistemine ve kırmızı kan hücrelerine zarar verebilir.

Halkımızda okullarda kurşun için iç ortam standardı yoktur. Mevcut standartlar dış ortamlar veya endüstriyel işyerleri içindir.

### 1.6.12 Azot dioksit (NO<sub>2</sub>)

NO<sub>2</sub>'nin kaynakları kerosen ısıtıcılar, havalandırmasız gaz sobaları ve ısıtıcılar çevresel tütün dumanıdır. Sağlığa etkileri göz, burun ve boğazlarda tahrişi yapar. Ciğer fonksiyonlarını kısıtlayabilir ve küçük çocuklarda solunum enfeksiyonlarını arttırabilir.

NO<sub>2</sub> ortamda yanma uygulamaları olmaksızın müsaade edilen seviyenin yarısı alınır.

## 1.7 İÇ HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM SETLERİ (TEST KİTLERİ)

İç hava kalitesi ölçüm cihazları; portatif anlık ölçüm cihazları ve sabit izleme cihazları olarak sınıflandırılabilir. Bu cihazlar; CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Formaldehit, NO<sub>2</sub>, Radon, UOB, sıcaklık algılayıcıları ve partikül madde (PM) örnekleme setlerini kapsamaktadır.

Bu cihazların satış fiyatları hassasiyet ve ölçüm özelliklerinin sayısına bağlı olarak birkaç yüz dolardan yirmi otuz bin dolar seviyelerine kadar çıkabilmektedir.



Şekil-1.3 CO<sub>2</sub> ölçüm ve izleme cihazları



Şekil-1.4 Parçacık madde ölçüm cihazı



Şekil-1.5 Formaldehit izleme monitörü



Şekil-1.6 Çoklu ölçüm cihazı (CO<sub>2</sub>, CO, % RH, sıcaklık, UOB, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, Ozon, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, barometrik basınç)

Bazı iç hava kirleticilerinin ölçüm teknikleri Tablo-1.5'de verilmiştir.

TABLO-1.5 Yaygın iç hava kalitesi ölçüm teknikleri

Parametre	Cihaz	Ölçüm Seviyesi	Uygun Kademe
Sıcaklık	Termometre; termokupl	-1/+50° C	20-26°C
Bağıl nem	Kapasitif detektör; savurmalı psikrometre	0-100	%30-%60
Karbon monoksit	Elektro-kimyasal detektör; kalorimetrik boru	1-50 ppm	0-2 ppm
Karbon dioksit	Kızıl ötesi detektör; kalorimetrik boru	200-400 ppm	<850 ppm
Hava debisi	Duman borusu; temel anemometre, pervaneli anemometre	0,05-1 m/s 4.72-943 L/s	9.438 L/s dış hava/kişi (34 m <sup>3</sup> /h)
Uçucu organik bileşikler	Fotoiyonizasyon detektörü, alev iyonizasyon detektörü	0.1-10 ppm	0-1.0 ppm

### 1.8 İÇ HAVA KALİTESİ PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN GENEL KURALLAR

İHK problemlerini önlemek ve verimli bir çözüme yardımcı olmak için okullarda sıcaklık, bağıl nem seviyeleri izlenmeli ve ortamlarda ısı konfor sağlanmalıdır. İlave olarak dış havalandırma yetersiz olduğunda CO<sub>2</sub> seviyesi izlenmelidir. Uygun tasarlanan havalandırma/klima sistemi, sıcaklık ve nem seviyelerini uygun şekilde ayarlayarak konforu şartlarını sağlar, kapalı ortam sakinlerinin ihtiyaçlarına uygun hava dağılımı yapar, kokuları ve diğer kirleticileri basınç kontrolü, filtreleme ve egzoz fanları yardımıyla en aza indirir.

ASHRAE'nin 55-1962 Standardı insanlar için sıcaklık ve bağıl nem seviyelerini belirlemiştir. Konfor şartları nemi %30-%60 bağıl nem seviyesinde, sıcaklığı 20-25,6°C arasında sezona bağlı olarak sağlar.

ASHRAE'nin 62-2010 Standardı iç hava sınıflarını dört ana gruba ayırmış olup Tablo-1.6'da gösterilmiştir.

TABLO-1.6 ASHRAE Standard 62.1-2010 standardına göre iç hava kalitesi

İç Hava Sınıfı	Tanım	Kullanım
1.sınıf	Çok düşük kirliliği olan ve zararsız koku bulunan hava.	Herhangi bir işlem yapılmadan kullanılabilir, sirküle edilebilir.
2.sınıf	Az miktarda koku ve partikül içeren hava	Herhangi bir işlem yapılmadan kendi mahalinde veya 2.sınıf ve 3.sınıf benzer amaçla kullanılan mahallerde kullanılabilir, sirküle edilebilir.
3.sınıf	İçerisinde etkili bir koku ve partikül bulunan hava	Herhangi bir işlem yapılmadan kendi mahalinde kullanılabilir, sirküle edilebilir.
4.sınıf	Kirli hava; içerisinde tehlikeli gazlar, partiküller, biyoayresoller mevcut	Herhangi bir şekilde kullanılmamalı ve sirküle edilmemelidir.

ASHRAE'nin 62.1-2010 Standardı çeşitli ortamlar için dış hava ihtiyacı seviyesini belirlemiştir. Genel olarak Isıtma-Havalandırma-Klima sistemi için kişi başına 25,5-102 m<sup>3</sup>/h taze hava tavsiye edilmiştir.

İlave olarak uygun havalandırma için CO<sub>2</sub> seviyeleri göstergesi olarak kullanılmalıdır. CO<sub>2</sub> seviyeleri 1000 ppm olduğunda dış havalandırmanın uygunsuz olduğu söylenebilir.

Okullarda iç hava kirleticilerinin derişikliklerini düşürmek için altı temel kontrol yöntemi mevcuttur:

#### 1.8.1 Kaynak Yönetimi

Kaynak yönetimi, kaynağın uzaklaştırılmasını, kaynağın değiştirilmesini ve kaynağın kapatılmasını kapsar. Pratik olarak uygulanabilecek birçok yöntem vardır. En iyi önleme yöntemi, kirleticilerin okul binalarına girmesini kesinlikle önlemektir.

Aralarında uçucu organik bileşikler, sigara kokusu, parçacık madde ve radon gibi maddelerin bulunduğu iç hava kirleticilerini kontrol etmenin en uygun yolu, onları kaynağında kontrol etmektir. Bu, sızdırmazlık sağlayarak ya da kaynağın varlığına, kullanımına sınırlamalar getirerek gerçekleştirilebilir.

Asbest içeren bazı kaynaklar sızdırmaz hale getirilebilir veya kapatılabilir; gaz sobaları gibileri ayarlanarak salınımları azaltılabilir. Birçok durumlarda kaynağın kontrolü iç hava kalitesini arttırmada havalandırmayı

arttırmaya kıyasla daha ekonomik olmaktadır. Çünkü havalandırma yükünün artırılması enerji maliyetini arttıracaktır.

Eğer kirliliğin kaynağı belli ise yerel egzoz havalandırması kirleticilerin uzaklaştırmasında en etkili yoldur.

### 1.8.2 Yerel Egzoz

Yerel egzoz, iç ortama dağılmış olan kirleticileri kaynağında yakalayıp uzaklaştırmak ve dış ortama göndermek için verimli bir yöntemdir. Yerel egzozların kullanıldığı örnekler bekleme odaları, mutfaklar, bilimsel laboratuvarlar ve ev idaresi depolama odaları, baskı ve kopyalama odaları, mesleki/endüstriyel alanlar (kaynak odaları gibi).

### 1.8.3 Havalandırma

Havalandırma sistemi uygun olarak tasarlandığında, işletildiğinde ve bakıldığında otomatik olarak havadaki kirleticileri normal seviyeye indirecektir. Boyama gibi bazı durumlarda havalandırma ile havadaki duman derişikliğı seyreltilir.

Kirleticiler bina ve dekorasyon malzemeleri, mobilya, insanlar ve onların aktiviteleri ve emiş havasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda talep kontrollü havalandırma kullanılması %50'lere varan enerji tasarrufu sağlamaktadır. Talep kontrollü sistemler hava akışının kirletici yüklerine bağlı olarak kontrol edildiğı bir havalandırma sistemidir. Bu sistemlerde hava kalitesi duyarğaları gereklidir. Kullanılması gereken duyarğalar CO<sub>2</sub>, karışım gazı, CO<sub>2</sub>/karışım gazı, CO<sub>2</sub>/CO seçeneklerinden biri olabilir.

### 1.8.4 Maruziyet Kontrolü

Kirliliğin tamamen önlenemediğı yerlerde maruz kalma sürelerini ve şekillerini kısaltmak gereklidir.

Maruziyet kontrolü, potansiyel maruz kalınmayı azaltmak için yerleşimi, miktar ve zamanı ayarlamayı kapsar.

### 1.8.5 Hava Temizleme Cihazları

Hava temizleyicilerinin en ucuz modellerden en kapsamlı ve pahalı ev sistemlerine kadar birçok tip ve boyutta olanları satılmaktadır. Bazı hava temizleyiciler parçacık tutulmasında yüksek verime sahipken diğerleri daha az verimle çalışırlar. Hava temizleyicileri genellikle gaz kirleticileri uzaklaştıramazlar.

Bir hava temizleyicinin verimliliğı iç havadan kirleticileri nasıl topladığına ve filtre veya temizleme elemanından ne kadar temiz hava geçirdiğine bağlıdır. Verimli bir filtre düşük hava akışında verimli olmayabilirken, tersine yüksek hava debisine sahip hava temizleyicide düşük verimli filtre uygun olmayacaktır. Herhangi bir hava temizleyicinin uzun süreli performansı üretici talimatlarına uygun olarak yapılan bakım işlemlerine bağlıdır.



Şekil-1.7 Hava temizleme cihazı

Hava temizleyicinin verimliliğinin belirlenmesinde bir diğer önemli faktör kirletici kaynağın gücüdür. Özellikle sıradan hava temizleyiciler güçlü kirleticilerin yakınından bile kirleticileri yeterli şekilde uzaklaştıramazlar. Hava temizleyicileri kirlilik kaynağının özel hassasiyetine bağlı olarak seçilmelidir.

### 1.8.6 Eğitim

Okul personelinin ve öğrencilerin İHK konusunda eğitilmesi çok önemlidir. Şayet kişiler iç hava kirlleticileri ve onların kontrolü konusunda bilgilendirilirse bu kirliliklere maruz kalma durumları azaltılmış olur. Bu amaçla başta okul yöneticilerine, öğretmenlerine ve personeline seminerler düzenlenebilir.

### 1.9 OKULLARDA İÇ HAVA KALİTESİ

Ülkemizdeki okulların durumu İHK yönünden incelenecek olursa okullar arasında bina kalitesi ve imkânları yönünden çok ciddi farkların olduğu görülecektir. Özel okulların birçoğu fiziksel alt yapı yönünden belirli bir standardı yakalamıştır. Bu okullarda ısı konfor (ısıtma/soğutma) sağlanmış olmasına rağmen İHK yönünden ciddi eksikleri bulunmaktadır. Kırsal kesimdeki, köylerdeki ve kalabalık sınıfların bulunduğu şehir okullarının bir kısmında hâlâ yerel ısıtma cihazları kullanıldığı için bu okullarda İHK'den söz etmek fantezi olacaktır.

Blok derslerin yapıldığı yoğun kış günlerinde kalabalık sınıflarda öğrencilerin O<sub>2</sub> yetersizliği, bağıl nem oranının aşırı artmasından ve ter kokularından dolayı sınıftaki öğrencilerin uykusu gelmekte, öğretmenin verimi de düşmektedir. Bu duruma ilköğretim okullarında öğrencilerin sınıf tabanından kaldırdıkları tozlar ve tebeşir tozları da eklendiğinde durum bir felaket haline gelmektedir.

Günümüzde iç hava kalitesinin artırılması için kaynak kontrolü dışında havalandırmadan daha verimli bir yöntem olmadığı bazı uluslar arası toplantılarda dile getirilmiştir. Amerika'da yapılan bir çalışmaya göre havalandırma miktarını 2,5 değişimden 10 değişime çıkarmanın maliyeti kişi başına 10 \$ iken, hastalık harcamaları dolayısıyla elde edilen kârlılık 43 \$ olmaktadır.

Dolayısıyla yeni inşa edilecek olan okul binalarının projelerine merkezi havalandırma sistemi, iç hava kalitesi dikkate alınarak eklenmelidir.

Mevcut okul binalarına uygulanabilecek bazı pratik çözümler ile İHK problemlerini azaltmak mümkündür:

- Dersliklerin bulunduğu koridorlara taze ve egzoz hava kanalları döşenerek her kat bağımsız veya merkezi olacak şekilde havalandırma sistemi yapılabilir. Bu sistemde geri ısı kazanımı ve serpantinli ön hava ısıtması uygulanarak %100 dış hava kullanılabilir.
- Sınıflara pencere tarafından yerel geri ısı/enerji kazanımlı havalandırma cihazları yerleştirilerek iç hava kalitesi iyileştirilebilir. Bu sistem, merkezi sisteme kıyasla çok daha ekonomik olarak tesis edilir.
- Mekanik havalandırmanın kurulmadığı okullarda her teneffüste sınıflar havalandırılmalı, mümkünse yarım açılan pencereler ders esnasında da açık bırakılmalıdır.

### 1.10 EVLERDE İÇ HAVA KALİTESİ

Evlerdeki iç hava kalitesi yapı bileşenlerinden, dış havadan, ev eşyalarından insanlardan ve yakma sistemlerinden dolayı bozulmaktadır. İnsanların yaşamlarının büyük bölümünü geçirdiği bu mekânlarda havanın ve çevrenin temiz olması gerekir.

Yapı malzemelerinden geçen radon gazı en çok 4 pCi/L olmalıdır. Yapıya başlanmadan ve yapı kullanımından önce bu seviyeler ölçülmelidir.

Dış hava ile iç hava değişimi çok iyi ayarlanmalıdır. Evlerdeki mekânların havası en az saatte 0,35/1 defa değiştirilmelidir. Bu durumda mutlaka evlerde mekanik havalandırma gereği ortaya çıkmaktadır.

Ev eşyalarında sağlığı bozucu madde içeren boya, vernik, cila, kaplama vb. maddelerin kullanımı sınırlandırılmalı, yeni boyanmış veya mobilyaları yenilenmiş evlerde ortam daha fazla havalandırılmalıdır.

İnsanların hareketleri sonucu tozlar ve halı lifleri iç havada uçuşmaktadır. Evlerde hava temizleyici cihazlar kullanılarak bu tozları büyük bir kısmı yakalanabilir.

Evlerde iç hava kalitesini en çok etkileyen yakma sistemleri; sigara, pişirme cihazları, soba ve şöfenlerdir. Bu cihazların kullanımı ve sigara tüketimi sırasında ortama çok tehlikeli yanma ürünleri ve zehirli maddeler yayılmaktadır. Yakma sistemlerinin mutlaka baca bağlantılı olması gerekir.

Evlerdeki yakma sistemlerinin oksijen ihtiyacı dikkate alınarak kış aylarında gerekli dış hava debisi artırılmalıdır.

### 1.11 ASHRAE EVSEL HAVALANDIRMA STANDARTI

1996 yılından önce havalandırma standardının (Standart 62) küçük bir kısmı evsel havalandırmaya ayrılmıştı. ASHRAE evsel havalandırma için ayrı bir standart oluşturulması gerekliliğini ortaya koydu ve bu amaçla bir komite oluşturdu. Yedi yıl sonra ASHRAE 62.2-2003 (Leed 2007 ve 2010 Standartlarında incelenebilir) Standardı onaylandı. Bu Standart, tipik durumlar için minimal kabul edilebilir iç mekân hava kalitesini sağlamak için gerekli asgari şartları tanımlamaktadır. Standart, seyreltme havalandırması ve kaynak kontrolü ve izin verilen işlemler için esnek girişimler arasındaki yakın ilişkiyi açıklamaktadır.

Standart 62.2 aşırı karmaşık veya uzun belge değildir. Bu tüm tek-aile evleri ve küçük aileli evler de dâhil olmak üzere yeni ve mevcut evlere uygulanabilir. Onun büyük gereksinimleri:

- Bazı istisnalar dışında, standart bütün ev için mekanik havalandırma gerektirir. Tipik bir ev için, gerekli havalandırma oranı yaklaşık 25 L /s'dir, ancak bu değer evin büyüklüğü ile artar. Standart havalandırma sistemi seçiminde esneklik sağlar.
- Mekanik egzoz (dış havaya) mutfaklarda gereklidir. Temel şart; bir kullanıcı kontrollü davlumbazdan atılan havanın en az 50 L/s olmasıdır. Piyasada mutfak tasarımları çok farklı olmakla beraber, mutfak havasının saatte 5 defa hava değişimi (sürekli veya aralıklı) gereklidir.
- Banyolardan mekanik egzoz gereklidir, fakat ancak tuvaletler, çamaşır odaları, lavabo odalarında mekanik egzoz gerekmez. Temel gereksinim bir kullanıcı kontrollü fan ile en az 25 L/s hava atmaktır. Sürekli çalışan bir egzoz fanı, alternatif olarak 10 L/s debi ile kullanılabilir.
- Fanlar veya fan sistemleri önceki gereksinimleri karşılamakla beraber özgün hava debisi ve gürültü performans seviyelerini karşılamalıdır.
- Yanmalı cihazlarda uygulamadaki kurallar takip edilmelidir. Şartları daha kısıtlı bir durum için yanma cihazlarının tahliye sistemleri geri tepme ve sızdırma durumları için kontrol edilmelidir. Aksi takdirde, tahliyeli veya tahliyesiz, özel yanma cihazlarına gereksinim kalmaz.
- Hava santrali veya dönüş kanalları garaj içinden geçiyorsa, kanal sistemi sızdırmazlık şartnamelerini karşılamalıdır.
- Hava santral beslemeleri için iyi tanecik filtresi gereklidir (En az filtreleme gereksinimi kolayca karşılanabilir, fakat yaygın olarak kullanılan fiber filtrelerle daha iyi sonuç alınır).

Az sayıda diğer bazı gereksinimler, genel uygulama şartları veya özel durumlarla ilgili olan ikinci derecedeki konulardır.

#### 1.11.1 İnsanlardan veya Malzemelerden Kaynaklanan Yüke Bağlı Olarak Havalandırma Debileri (EN 15251:2007 Standardı)

$$q_{top} = n \cdot q_p + A \cdot q_B \quad (1.2)$$

(n=kişi sayısı, A = Döşeme Alanı)

$q_p$  Kategori-I için: 10 L/s,kişi Kategori-II için: 7 L/s,kişi Kategori-III için: 4 L/s,kişi

$q_B$ için	<u>Düşük kirli binalarda</u>	<u>Yüksek kirli binalarda</u>
Kategori-I:	1,0 L/s, m <sup>2</sup>	2,0 L/s, m <sup>2</sup>
Kategori-II:	0,7 L/s, m <sup>2</sup>	1,4 L/s, m <sup>2</sup>
Kategori-III:	0,4 L/s, m <sup>2</sup>	0,8 L/s, m <sup>2</sup>

### 1.11.2 Konfor ve Havalandırma Gereksinimleri

- Dinlenme halindeki bir insan 0,1 ila 0,12 L/s arasında hava tüketir.
- Ciğerlerimiz bu havadaki oksijenin sadece %5'ini soğurur.
- Dışarı attığımız havada sadece %4 karbon dioksit bulunur (0,004 L/s).
- Dış hava kişi başına çok düşük olup 0,847 L/s civarındadır.
- Yeterli hava hareketinin ölçüsü insanların kendilerini konforlu ve ferah hissetmeleridir.
- Vücut kokularının uzaklaştırılması için kişi başına 5 L/s yeterlidir. Ancak kişi başına 8 L/s tercih edilmelidir.
- İnsanları yoğun bulunduğu fabrika kantinlerinde bu değer kişi başına 10-15 L/s olarak önerilir.
- Yetişkin bir çalışan 0,1 kW hissedilir ısı yaymaktadır.
- Havalandırma debisi 16 L/s/kişi kabul edilirse (Bu vücut kokularını uzaklaştırmak için gereken minimum hava debisidir) sıcaklık yükselmesi =  $(0,1 \times 1000)/(16 \times 1,205 \times 1,012) = 5,1 \text{ K}$  (odada herhangi bir ilave ısı kazancı/kayıp olmadığı kabulü ile).
- Şayet iklimlendirme kullanılmayacaksa havalandırma havası toplanan ısıyı uzaklaştırmak için de kullanılır.
- Dinlenme halindeki bir işçi 0,04 kW gizli ısı üretir.
- Bu şu kadar nem çıkışına karşılık gelmektedir  $(0,04 \times 3600 \times 1000)/2450 = 59 \text{ g/h}$  su buharı
- Oda şartlarında nem oranı =  $1\text{g/kg}$  kuru hava =  $1,02\text{g/m}^3$  Bu 16 L/s/kişi'ye eşdeğerdir.
- Bacasız doğrudan ısıtma sistemlerinden kaynaklanan nem ayrıca dikkate alınmalıdır.
- Ofislerde tütün dumanından kaynaklanan kirlilik dikkate alınmalıdır (henüz tütün kanunlarca yasaklanmamış ise)
- Büyük açık ofislerde sakinlerin üçte biri sigara içiyor kabul edilmelidir.
- Küçük ofislerde sigara içenlerin oranı daha yüksek kabul edilebilir.
- Sigara içilmeyen ortamlarda taze hava ihtiyacı 8 L/s/kişi olarak alınmalıdır.
- Hafif sigara içilen ortamlarda taze hava miktarı 12 L/s/kişi alınabilir.
- Yoğun sigara içilen ortamlarda kişi başına 16 ila 32 L/s/kişi taze hava verilmelidir.
- Isıtma kaynaklarından (güneş, aydınlatma ve cihazlar) dolayı sıcaklık yükselmesi olabilir.
- Yaz aylarında güneş ısı kazancının uzaklaştırılması basit bir havalandırma sistemi ile verimli olamaz (kazancın şiddetine bağlı olarak oldukça büyük hava debilerine ihtiyaç vardır).
- Bir yüzme havuzu: buharlaşan sudan oluşan nem, yoğunlaşmaya neden olur.
- Sulu ve ıslak çevreli yüzeylere sahip ortamlarda taze hava debisi  $>15 \text{ L/s/m}^2$ , örnek olarak sulu ortamlarda hava debisi  $18 \text{ L/s/m}^2$  kadardır.
- Evsel mutfaklarda yoğunlaşmadan korunmak için havalandırma gereksinimleri, elektrikli pişirmeli sistemlerde  $100 \text{ L/s}$  ve gaz pişirmeli sistemlerde  $150 \text{ L/s}$ 'dir.
- Yoğuşmanın önlenmesi bakteri ve küflerin oluşmasını önleyecektir.
- Sağlık binalarından, laboratuarlardan, hayvan barınaklarından egzoz yapılabilir.
- Fabrikalarda kaynak ve spreysel boya işlemlerinden oluşan buhar uzaklaştırılmalıdır.
- Mutfak, kantin, tuvalet, banyo, baskı ve fotokopi odalarında iç ortam kirleticilerin girişini azaltmak için hafifçe negatif basınçlandırılır.
- Yeni binalarda insanlar taşınmadan önce, gaz kirleticilerin ve solventlerin uzaklaştırılması için iklimlendirme sistemlerinin en az 48 saat çalıştırılmaları gerekir.
- Yeni binalarda ilk birkaç ay boyunca havalandırma sistemi, bina mobilyalarından kaynaklanan kirliliği azaltmak için, yüksek debide çalıştırılmalıdır.



TABLO-1.6 Bir Ortamda mükemmel ve iyi havalandırma sınıfları için mücade edilen kirlenici ve konfor şartları

Parametreler	Birim	8 saatlik ortalama	
		Mükemmel sınıf	İyi sınıf
Oda sıcaklığı	°C	20 to < 25.5 <sup>b</sup>	< 25.5 <sup>b</sup>
Bağıl nem	%	40 to < 70 <sup>c</sup>	< 70
Hava hareketi	m/s	< 0.2	< 0.3
Karbon dioksit (CO <sub>2</sub> )	ppmv	< 800 <sup>d</sup>	< 1,000 <sup>e</sup>
Karbon monoksit (CO)	µg/m <sup>3</sup>	< 2,000 <sup>f</sup>	< 10,000 <sup>g</sup>
	ppmv	< 1.7	< 8.7
Solunabilir uçucu tanecikler (PM <sub>10</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	< 20 <sup>f</sup>	< 180 <sup>h</sup>
Azot dioksit (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	< 40 <sup>g</sup>	< 150 <sup>h</sup>
	ppbv	< 21	< 80
Ozon (O <sub>3</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	< 50 <sup>f</sup>	< 120 <sup>g</sup>
	ppbv	< 25	< 61
Formaldehit (HCHO)	µg/m <sup>3</sup>	< 30 <sup>f</sup>	< 100 <sup>f,g</sup>
	ppbv	< 24	< 81
Toplam uçucu organik bileşikler (TUOB)	µg/m <sup>3</sup>	< 200 <sup>f</sup>	< 600 <sup>f</sup>
	ppbv	< 87	< 261
Radon (Rn)	Bq/m <sup>3</sup>	< 150 <sup>i</sup>	< 200 <sup>f</sup>
Uçucu bakteriler	cfu/m <sup>3</sup>	< 500 <sup>j,k</sup>	< 1,000 <sup>j,k</sup>

## 1.12 HAVA KALİTESİ İNDEKSİ (HKİ)

### 1.12.1 Hava Kalitesi İndeksi Nedir?

HKİ, hava kalitesinin günlük olarak rapor edilmesi için kullanılan bir indekstir. Yaşadığımız bölgenin havasının ne kadar temiz veya kirliliği olduğu ve ne tür sağlık etkilerinin oluşabileceği konusunda bilgiler verir. HKİ, kirliliğin solunmasından birkaç saat sonra veya birkaç gün içinde oluşabilecek sağlık etkilerini belirtir.

### 1.12.2 Hava Kalitesi İndeksi Nasıl Kullanılır?

HKE, 0-500 aralığında düzenlenmiş bir gösterge çizelgesi olarak düşünülebilir. HKİ değeri yükseldikçe hava kirliliğinin yükseldiği ve sağlık riskinin de arttığı düşünülmelidir. Örneğin; HKİ değerinin 50 olması, hava kalitesinin iyi olduğunu ve toplum sağlığını etkileyecek riskin çok az olduğunu gösterir. Buna karşılık, 300'ün üzerindeki HKİ değeri ise, hava kalitesinin kötü ve dolayısıyla sağlık riskinin yüksek olduğunu gösterir.

HKİ değerinin 100 olması, genellikle ulusal hava kalitesi standardına karşılık gelir. 100'ün altındaki indeks değeri, genel olarak iyi bir durumun göstergesidir. HKİ değeri 100'ü aştığında, hava kalitesinin sağlıksız olduğu düşünülür.

### 1.12.3 Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) Değerinin Anlamı

HKE'nin amacı, yaşadığımız bölgedeki hava kalitesi ile sağlığımızı ilişkilendirmemiz için yardımcı olmaktadır. Kolay anlaşılabilmesi için HKİ skalası altı kategoriye bölünmüştür (Tablo-1.7):

Her bir kategori, farklı sağlık seviyesine karşılık gelir ve anlamları şöyledir:

- **"İyi"**: HKİ değeri 0-50 aralığındadır. Hava kalitesinin tatmin edici, hava kirliliğinin çok az olduğu veya sağlık riskinin bulunmadığı anlamına gelir.
- **"Orta"**: HKİ değeri 51-100 aralığındadır. Hava kalitesi kabul edilebilir, ancak bazı kirlenicilerin, toplumun küçük bir kesiminde orta düzeyde sağlık etkisi olabilir. Örneğin, ozon kirlenicisine çok hassas olan kişilerde bazı solunuma bağlı hastalık belirtilerine rastlanabilir.
- **"Hassas gruplar için sağlıksız"**: HKİ değeri 101-150 aralığındadır. Toplumun belli bir kesimi, özellikle belli kirlenicilere karşı hassastır. Bu grubun, genel nüfusa göre daha düşük seviyelerde dahi etkilenmeleri muhtemeldir. Örneğin, solunum rahatsızlığı olan kişiler, ozon kirlenicisine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşırlar; kalp rahatsızlığı olan kişiler havadaki tanecik kirlenicilerine maruz kalmaları sonucu daha fazla risk taşırlar. Genel olarak, toplumun büyük kesimi, bu aralıkta etkilenmez.

- **“Sağlıksız”**: HKİ değeri 151-200 aralığındadır. Toplumun tüm kesimleri sağlık etkileri ile karşılaşmaya başlayabilir. Hassas gruplar, daha ciddi düzeyde etkilenebilir.
- **“Çok sağlıksız”**: HKİ değeri 201-300 aralığındadır. Sağlık alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, çok ciddi düzeyde etkilenebilir.
- **“Tehlikeli”**: HKİ değeri 300’ün üzerindedir. Acil durum alarmı için bir tetikleme noktasıdır. Toplumun tüm kesimleri, büyük bir ihtimalle etkilenecektir.

TABLO-1.7 Hava kalitesi endeksi sınıflandırması

HAVA KALİTESİ İNDEKSİ (HKİ)	SAĞLIK SEVİYESİ	RENKLER
HKİ aşağıda belirtilen aralıkta olduğunda	Hava Kalitesi	Aşağıda belirtilen renkler ile sembolize edilir
0-50 arası	İyi	Yeşil
51-100 arası	Orta	Sarı
101-150 arası	Hassas gruplar için sağlıksız	Turuncu
151-200 arası	Sağlıksız	Kırmızı
201-300 arası	Çok sağlıksız	Mor /Pembe
301-500 arası	Tehlikeli	Kahverengi

### 1.12.4 HKİ Değeri Nasıl Hesaplanır?

Hava kalitesi, belli kirlenme derişikliklerini kaydeden ölçüm cihazlarından oluşan bir ağ yardımı ile ölçülür. Bu ham ölçüm değerleri, geliştirilen standart formüller kullanılarak HKİ değerlerine dönüştürülmektedir. HKİ değeri, bölgedeki her kirlenme için ayrı ayrı hesaplanır (yer seviyesindeki ozon, tanecikler, karbon monoksit, kükürt dioksit ve azot dioksit). Her bir kirlenme için hesaplanan en yüksek HKİ, o güne ait HKİ değerini oluşturur. Örneğin, belli bir alandaki HKİ değerleri, ozon için 90, kükürt dioksit için 88 ise, o güne ait HKİ değeri ozon için hesaplanan 90 değeri olacaktır.

### 1.12.5 Hava Kalitesi İndeksi HKİ: OZON - O<sub>3</sub>

Genel olarak, ozon için HKİ değerinin 100 olması, 0,08 ppm (parts per million) Ozon seviyesine karşılık gelir (8 saat üzerindeki ortalama).

Ozon, üç oksijen atomundan oluşan bir gazdır. Ozon, hem yer seviyesinde ve hem de üst atmosferde oluşur. Ozon bulunduğu yere göre faydalı veya zararlı olabilir.

- **Faydalı ozon**: Ozon doğal olarak, atmosferin üst tabakasında yer kürenin 6 - 30 mil üzerinde oluşur ve koruyucu bir tabaka olarak atmosferi güneşin zararlı ultraviyole ışınlarından korur. Faydalı olan bu ozon, insanlar tarafından yapılan kimyasal maddeler ile kademli olarak tahrip edilmektedir. Yeryüzünün bazı bölgelerinde koruyucu ozon katmanı tükenmiştir (örneğin, yeryüzünün kuzey ve güney kutuplarında ozon delikleri oluşmuştur).
- **Zararlı ozon**: Yer yüzeyine yakın seviyede; otomobiller, enerji santralleri, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal fabrikalardan ve benzeri kaynaklardan atmosfere verilen kirlenmeler, güneş ışınlarının mevcudiyetinde kimyasal olarak reaksiyona girerek ozonu oluşturur. Yer seviyesindeki ozon zararlı bir kirlenmedir. Ozon kirliliği, özellikle yaz aylarında güneşli havalarda oluşur.

TABLO-1.8 Ozona bağlı hava kalitesi endeksi (HKİ)

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Nadiren hassas olan kişiler, dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdır.
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süre efor sarfetmemelidir. Bunun dışında herkes, özellikle çocuklar dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Aktif olan çocuk ve yetişkinler ile astım gibi solunum hastalığı olan kişiler; dış ortamda uzun süre efor sarfetmemelidir. Bunun dışında herkes, özellikle çocuklar dış ortamda uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Hiç kimse dışarıda her hangi bir şekilde efor sarfetmekten kaçınmalıdır.

### Sağlık etkileri nelerdir ve en riskli gruplar kimlerdir?

Çocuklar, dış ortamda aktif olan yetişkinler, astım gibi solunum hastalığı olan ve ozona karşı çok hassas olan kişiler; ozon maruziyeti için en hassas grubu oluşturur.

- Ozon maruziyetine karşı en yüksek risk gruplarından birisi aktif çocuklardır, çünkü yaz aylarının büyük bir kısmını dışarıda oynayarak geçirirler.
- Ancak tüm yaş grupları ve dışarıda aktif olan kişiler de risk altındadır. Çünkü fiziksel aktivite sırasında ozon, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz ederek zararlı etkilerini gösterir ve kalıcı hasarlar yaratabilir.
- Solunum rahatsızlığı olan kişilerde, astımlılar dâhil, ozona maruz kalma sonucu, akciğerlerin etkilenmesi daha kolaydır. Diğer insanlara göre daha düşük ozon seviyelerinde de ozonun zararlı etkilerini hissedebilirler.
- Bilim adamlarının henüz nedenini bilmemelerine rağmen, bazı sağlıklı insanlarda da ozona karşı duyarlı olabilir.
- Ozon, öksürük, boğaz tahrişi ve/veya göğüste rahatsızlık hissine sebebiyet vererek solunum yollarını tahriş edebilir.
- Ozon, akciğer fonksiyonunu azaltarak, derin ve kuvvetli nefes almayı güçleştirir. Solunum hızlanır ve normalden daha yüzeysel olur. Akciğer fonksiyonundaki bu azalma, kişinin dış ortamdaki aktivitelerini yerine getirmekten alıkoyabilir.
- Ozon, astımı kötüleştirir. Ozon seviyesi yüksek olduğunda, astımlı olan kişiler, bir doktora ve tedaviye ihtiyaç duyan, astım krizlerine girebilirler. Bunun nedenlerinden birisi de ozon, insanları; astım tetikleyicileri olan evcil hayvanlar, polenler ve ev tozu akarları gibi alerjenlere karşı daha hassas hale getirir.
- Ozon, akciğerlerin iç yüzeyini iltihaplandırabilir ve zarar verebilir.

#### 1.12.6 Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Taneciksel Madde Kirliliği

HKİ değerinin 100 olması, tanecik çapı 2,5 µm (mikrometre) 'ye kadar olan tanecikler için 40 µg/m<sup>3</sup> 'e (mikrogram/metre küp), tanecik çapı 10 µm'ye kadar olan tanecikler için ise 150 µg/m<sup>3</sup> 'e karşılık gelir. (Ortalama 24 saat) (1 µm. = 0,001 milimetre).

#### Taneciksel kirlilik nedir?

Havadaki tanecik kirlilik (aynı zamanda PM - tanecik madde olarak bilinir), havada bulunan katı taneciklerin ve sıvı damlacıkların bir karışımıdır. Taneciklerin boyutlarının geniş bir aralığa yayılır. Akciğerlerimize kadar girebilen çok küçük tanecikler 10 µm'nin altındaki taneciklerdir ve solunum sisteminde birikerek ciddi sağlık problemlerine yol açabilirler. (1 µm = 0,001 milimetre)

- **İnce tanecikler:** 2,5 µm. den daha küçük tanecikler "ince tanecikler" olarak adlandırılır. Bu tanecikler o kadar ufaktır ki sadece elektron mikroskopları ile görülebilir. İnce tanecik kaynakları: motorlu taşıtlar, enerji santralleri, yakacak odun kullanımı, orman yangınları, tarımsal yangınlar ve endüstriyel prosesler.
- **Kaba toz tanecikleri:** 2,5-10 µm. aralığındaki tanecikler, "kaba" tanecikler olarak adlandırılır. Kaba tanecik kaynakları: kırma, öğütme işlemleri, yollardan kalkan tozlardır.

TABLO-1.9 Taneciksel madde kirliliğine bağlı hava kalitesi indeksi (HKİ)

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Nadiren hassas olan kişiler, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdır.
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar uzun süreli ve yoğun efor sarfından kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, uzun süreli ve yoğun efor sarfından kaçınmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar evlerinde kalmalıdır ve aktivite seviyelerini düşük tutmalıdır. Bunun dışında herkes, dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır.

### Sağlık etkileri nelerdir ve en riskli gruplar kimlerdir?

Çapı 10 µm'den küçük tanecikler bazı sağlık problemlerine sebep olabilir veya mevcut sağlık problemlerini şiddetlendirebilir (astım gibi) ve bu tanecikler kalp ve solunum hastalıklarından kaynaklı ölümler ile bağdaştırılmıştır.

- Tanecik kirliliği için kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar, yaşlı yetişkinler (teşhisi konulmamış kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar) ve çocuklar hassas gruplardır.
- Kalp veya solunum rahatsızlıkları olanlar (kalp yetersizliği, kalp ile ilgili damar hastalıkları, astım veya Koah - Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) ve yaşlı yetişkinler acil servislere başvurabilirler, hastaneye yatabilirler ve hatta bazı durumlarda ölebilirler. Bu grup hava kirliliğine maruz kalırsa göğüs ağrısı, kalp çarpıntısı, nefes darlığı ve yorgunluk hissedebilirler. Tanecik kirliliği (hava kirliliği) kalp ritim bozukluğu ve kalp krizi ile de ilişkilendirilmiştir.
- Solunum rahatsızlıkları bulunanlar (astım gibi), bu taneciklere maruz kalırlarsa normalde nefes aldıkları gibi derin nefes alamayabilirler, öksürebilirler ve nefes darlığı çekebilirler. Sağlıklı insanlarda da bunun gibi sağlık etkileri gözlenebilir, fakat ağır sağlık problemleri yaşamayabilirler.
- Tanecik kirliliği, solunum yolu enfeksiyonlarına hassasiyeti artırabilir, astım, kronik bronşit gibi mevcut solunum hastalıklarını kötüleştirebilir, ilaç kullanımını ve doktor ziyaretlerini artırabilir.

### 1.12.7 Hava Kalitesi İndeksi HKİ: Karbon Monoksit (CO)

Genel olarak, ozon için HKİ değerinin 100 olması, 9 ppm (parts per million) CO seviyesine karşılık gelir (8 saat üzerindeki ortalama).

#### Karbon Monoksit (CO) nedir?

Karbon monoksit, kokusuz ve renksiz bir gazdır. Yakıtların yapısındaki karbonun tam yanmaması sonucu oluşur. Şehirlerdeki CO'nin kaynağını büyük oranda araç egzozları oluşturmaktadır. Diğer kaynaklar ise endüstriyel proseslerdeki yakıtların yanması ve yangınlar olarak sıralanabilir.

### Sağlık etkileri nelerdir ve en riskli gruplar kimlerdir?

CO, akciğerler yolu ile kan dolaşımına girer ve oksijeni hücrelere taşıyan hemoglobine bağlanır. Bu yolla, CO organ ve dokulara ulaşan oksijen miktarını azaltır.

- Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, CO'ye karşı en riskli gruptur. Bu kişiler, CO'ye maruz kaldıklarında, özellikle egzersiz yaparken göğüs ağrısı çekebilirler ve diğer kalp rahatsızlıklarını yaşayabilirler.
- Hafif ve daha ağır kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişiler (örneğin; kalp yetmezliği, beyin kan damarları ile ilgili hastalıkları, anemi, KOAH kronik tıkaçıcı akciğer hastalığı olan kişiler) ve yeni doğmuş ve henüz doğmamış bebekler, CO kirliliğine karşı en riskli grubu oluşturur.
- Sağlıklı kişilerde, daha yüksek seviyelerdeki CO'ye maruziyet, zihinsel algılama ve gözün görme gücünü etkileyebilir.

TABLO-1.10 Karbonmonoksit yoğunluğuna bağlı hava kalitesi indeksi (HKİ)

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ / AQI)	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50 arasında	İyi	Yok
51 - 100* arasında	Orta	Yok
101 - 150 arasında	Hassas gruplar için sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda yoğun efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
151 - 200 arasında	Sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda orta seviyede efor sarfını azaltmalı ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
201 - 300 arasında	Çok sağlıksız	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır.
301 - 500 arasında	Tehlikeli	Angina gibi kalp hastalığı olan kişiler, dış ortamda efor sarfetmekten ve yoğun trafik gibi CO kaynaklarından kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, yoğun efor sarfını azaltmalıdır.

**1. BÖLÜM KAYNAKLARI**

1. Fanger, O. P.: *Introduction of the Olf and the Decipol Units to Quantify Air Pollution Perceived by Humans Indoors*. In: *Energy and Buildings*. 12, 1988, 1-6
2. Öztürk, M., Güvensan, A., Yücel, E. "İç Mekanlardaki Kirlilik Sorunu ve Bitkilerin Rolü", *Yanma ve Hava Kirliliği İkinci Ulusal Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi, 1994, s.287-295.*
3. Müezzinoğlu, A., "Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları", DEÜ, Yayın No:0908.87.DK.006.042, İzmir, 1987., s.279-285.
4. Chiang, C.M., Chou, P.C., Lai, C.M., Li, Y.Y., "A methodology to assess the indoor environment in care centers for senior citizens", *Building and Environment, Elsevier Sci.*, 36 (2001) 561-568.
5. Kumbur, H., Zenen, O., Köksal, M., Özçınar, B., "İçel'de Evlerde Radon Düzeylerinin Araştırılması", *I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, UÜ, 2426 Haziran 1996, Bursa, s.799-810.*
6. Haghghat, F., Zhang Y., "Modelling of emission of volatile organic compounds from building materials-estimation of gas-phase mass transfer coefficient", *Building and Environment, Elsevier Sci.*, 34 (1999), 377-389.
7. Chao. N.T., Wang, W.A., Chiang C.M., "A study of a control strategy utalizing outdoor air to reduce the wintertime carbon diokside levels in a typical Taiwanese bedroom", *Energy and Buildings Elsevier Sci.*, 29 (1998), 93-95.
8. Spengler, J.D., Dilvali, K.M., Samet, J., "Click to go to Poststudy Questons", *Indoor Air Pullution.htm, Less 26, Volum 11, 1996.*
9. Anonim, "Kapalı Bir Ortamdaki Hava sağlığını Nasıl Etkiliyor?", *Bursa Çevre Merkezi, Aylık Bülten, Ocak 2000.*
10. Borat, O., Balcı, M., Sürmen, AS., "Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği", *Teknik Eğitim Vakfı Yayınları-3, Ankara, 1992, s.1-4.*
11. ARISOY, A., "Healty Building 2000 Toplantı Notları", *TTMD Dergisi, Sayı 13, Mayıs-Haziran 2001.*
12. Anonim, "Havalandırma Tesisatı", *Isısan Çalışmaları No:102 İstanbul 1997.*
13. *Internet/IAQ/Robert S. ZIMMERMAN, "Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools,*
14. *August 1999.*
15. *Internet/IAQ/Indoor Air Quality in Connecticut Schools Executive Summary.htm*
16. <http://www.epa.gov/iaq/schools/ifs/iaqback.html> "Article-IAQ Backgrounder", February 9, 1999.
17. TORRES M., June 2000, "Indoor Air Quality", *Texas Institute for the Indoor Environment, The University of Texas, Austin.*
18. *Application Guide AG-31-004, "School HVAC Design Manual" Mc Quay International Post*
19. *Office Box 2510, Staunton, Virginia 24402 USA (800) 432-1342 www.mcquay.com*
20. KOSONEN, R., "Demand-Based Ventilation is Logical in Schools", *Oy Halton Group Ltd. 2005.*
21. <http://www.epa.gov> "Indoor Air Quality Tools for Schools" (5-6-2004 tarihinde erişildi).
22. <http://www.airoasis.com/housebacteria.html> (8-08-2005 tarihinde erişildi).
23. [http://hava.cevreorman.gov.tr/hava/Files/s%C4%B1kca\\_sorulan\\_sorular.pdf](http://hava.cevreorman.gov.tr/hava/Files/s%C4%B1kca_sorulan_sorular.pdf) (9.01.2014)