İş sağlığı ve güvenliği eğitimi

Havalandırma ve iklimlendirme prensipleri

YENİ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu

ULUDAĞ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu

ofis akademi

ASYA AKADEMİ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİM KURUMU

Amaç, hedefler ve konular

Amaç: katılımcıların işyerlerinde havalandırma ve iklimlendirme konularında bilgi edinmesini sağlamak.

- Çalışanların sağlığı ve konforu için gerekli havalandırma ve iklimlendirmeyi sağlamak
- İlgili mevzuat hakkında bilgi sahibi olmak

Konular

1	Ortam havasının özellikleri
2	Havalandırmanın genel prensipleri
3	Havalandırma ve hava ihtiyacı
4	Doğal, lokal ve genel havalandırma
5	İşyerlerinde iklimlendirme
6	İlgili mevzuat

İlgili mevzuat

Mevzuat	Resmî Gazete
6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	30.06.2012 / 28339
İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik	17.07.2013 / 28710
Tozla Mücadele Yönetmeliği	05.11.2013 / 28812
Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	12.08.2013 / 28733
Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği	19.09.2013 / 28770
4857 sayılı İş Kanunu	10.06.2003 / 25134

Madenlerde ve tünel yapımında tozla mücadeleye ilişkin eski yönetmeliğin yerini Tozla Mücadele Yönetmeliği almıştır. Sayısal havalandırma ölçütleri içeren 1974 tarihli İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü 2014'te yürürlükten kaldırılmıştır.

Tanım

- Kirli hava insan sağlığını ve hayatını olumsuz etkileyen önemli etkenlerdendir.
- İklimlendirme terimi İngilizcedeki *air conditioning* (hava şartlandırma) ve Almancadaki *Klima* terimine karşılık gelir; Türkçede iklimlendirme ve klima terimlerinin ikisi de kullanılır.
- Havalandırma kirli havayı temiz havayla değiştirir; iklimlendirme ise ortam havasının sıcaklığını, nemini, temizliğini ve hareketini birlikte denetler.

Bölüm 1

Isı dengesi ve iklimsel konfor

Vücudun ısı dengesi, konfor etkenleri ve iklimlendirmenin temel unsurları

YENİ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ULUDAĞ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ofis akademi
ASYA AKADEMİ

Isı dengesinin sağlanması

- İnsan bedeni metabolik enerji yardımıyla yaklaşık 37 °C'lik bir iç sıcaklığa ayarlanmıştır; bu değerden sapmalarda rahatsız edici sıcak veya soğuk hissi ya da hastalık belirtileri ortaya çıkar.
- Isı stresi uzun sürerse vücudun termal ayar sistemi devreye girer.
- Ortam sıcaklığı yükselince merkezi sinir sistemi deride kan dolaşımını hızlandırır ve ter bezlerini uyararak terlemeyi başlatır.
- Aşırı soğukta önce deri dolaşımı yavaşlar, sonra artar; tüyler dikilir ve titreme ek bir koruma mekanizması olarak devreye girer.

Vücudun ısı kaybetme yolları

Taşınım (konveksiyon)

Deri ile temas eden hava arasında ısı aktarımı

İletim (kondüksiyon)

Vücut ile vücuda temas eden cisimler arasında ısı aktarımı

Işınım (termik radyasyon)

Sıcaklık farkı olan iki cisim arasında temas olmadan ısı aktarımı

Buharlaşma

Deri yüzeyinde ve solunumda suyun buharlaşmasıyla ısı kaybı

%30

taşınımla

%30

ışınımla

%40

terleme ve solunumla buharlaşma

Hafif işte toplam ısı kaybının yaklaşık dağılımıdır; ağır işte buharlaşma birincil ısı kaybı yolu olur.

İklimsel konfor ve etkileyen etkenler

İklimsel konfor, ısı ve diğer iklim koşulları bakımından rahatlık duyma hâlidir.

Çevresel etkenler

Hava sıcaklığı, yayılan (radyant) ısı ve yüzey sıcaklıkları, hava akım hızı, bağıl nem

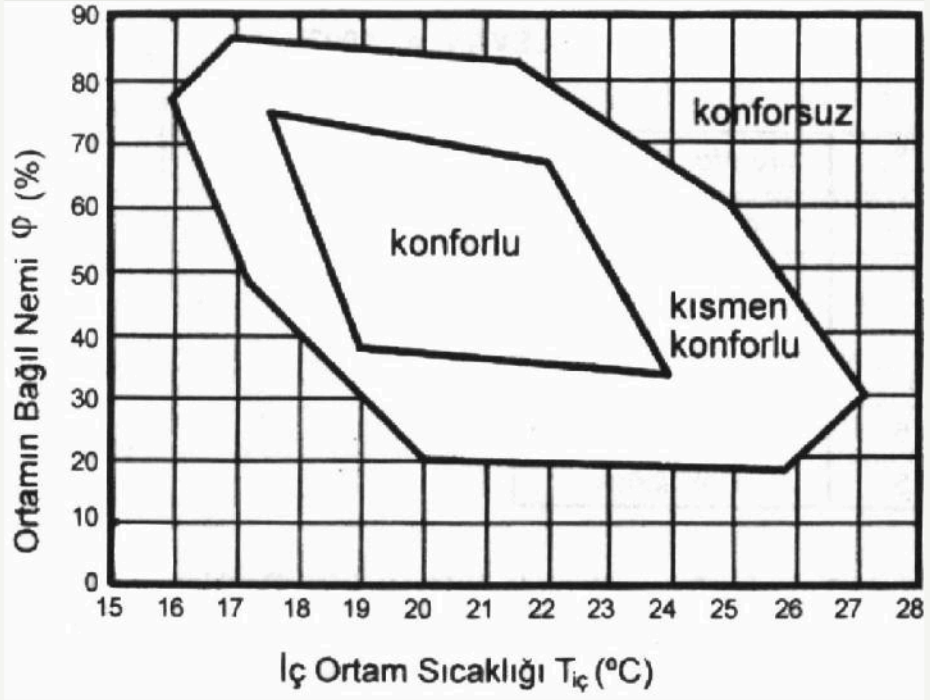
Kişisel etkenler

Aktivite düzeyi, giyim, yaş, cinsiyet ve sağlık durumu

Giyimin miktarı ve türü ile aktivite düzeyi, vücudun ısı dağıtma yeteneğini doğrudan etkiler.

Nem ve sıcaklığa bağlı konfor

- İnsanlar belirli bir sıcaklık ve nem aralığında ve temiz havalı ortamlarda rahat eder; bu aralık konfor bölgesi olarak tanımlanır: bağıl nem %30–60, sıcaklık 20–27 °C.
- Düşük nem boğaz kuruluğu ve gözlerde yanma; yüksek nem terleme ve bunaltıcı sıcaklık hissi yapar.
- Ortam havası temiz ve taze olmalı; toz, duman, polen ve diğer zararlı maddeler süzülmeli, fark edilmeyecek düzeyde bir hava dolaşımıyla temiz hava getirilip kirli hava götürülmelidir.



İç ortam sıcaklığı ve bağıl neme göre konforlu, kısmen konforlu ve konforsuz bölgeler

İklimlendirmenin temel unsurları

Sıcaklık

Ortam sıcaklığı konfor veya tasarım koşullarını sağlamalıdır; insan konforu için 18–27 °C arasında değişir.

Nem

İnsan konforu için bağıl nem %30–60 arasında tutulmalıdır.

Temizlik

Havadaki partikül madde ve SO_2, CO_2 gibi zararlı gazlar süzülmelidir.

Hava hareketi

Konfor için yaz aylarında daha fazla, kış aylarında daha düşük hava hareketi gerekir.

İklimlendirme işlemleri



Bölüm 2

Sıcaklık, nem, hava akımı ve radyant ısı

Konfor değerleri, ısı stresi, ölçüm yöntemleri ve performans

YENİ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ULUDAĞ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ofis akademi
ASYA AKADEMİ

Ortam sıcaklığı

- İnsan vücudunda sıcaklık, tuz, asit, baz ve şeker gibi değerlerin belirli sınırlar içinde kalması gerekir; vücut bunu sağlayan mekanizmalarla olumsuz çevre koşullarına karşı kendini savunur.
- Çalışma ortamı için en rahat ortam sıcaklığının 18,3 °C olduğu kabul edilmiştir.
- Büro çalışanları gibi az hareketli çalışanlar 19–23 °C'yi, ağır sanayide çalışanlar 13–16 °C'yi tercih eder; fiziksel aktivite arttıkça uygun ortam sıcaklığı düşer.
- Isı işyerine düzgün dağılmalıdır: 25 °C'yi geçmemesi gereken döşeme sıcaklığı ile baş yüksekliğindeki sıcaklık arasındaki fark 1–2 °C'yi geçmemelidir.
- Isıtma sistemi seçilirken bina yapısı, yerleşim ve imalat türü dikkate alınır.

Isı stresi

- İklim ve ortam etkenleri birlikte farklı ısı stresleri oluşturur.
- Sıcak ve nemli ortam, aynı sıcaklıktaki kuru ortamdan daha çok strese yol açar.
- Kuru, durağan ve sıcak havada çalışmak, hava hareketinin olduğu ortamda çalışmaktan daha zordur; soğukta ise esintisiz ortam daha az stres yapar.
- Aşırı sıcakta terlemeye bağlı su ve tuz kaybı artar; kramp ve sıcak çarpması görülebilir, verim düşer.
- Çalışanlar dayanılabilir ısı düzeyine yaklaşık bir hafta içinde uyum sağlar; uyum sağlayanların verimi giderek artar.
- Stres yaratan aşırı sıcakta iş becerisi ve doğruluk düşer, iş kazaları artar.
- Aşırı soğuk kısa dönemde deri sıcaklığında düşme, dolaşımda yavaşlama ve titremeye, uzun dönemde gıda tüketiminde artışa yol açar.

Efektif sıcaklık

Sıcaklık, nem ve hava akım hızının etkisi altında duyulan sıcaklığa efektif (hissedilen) sıcaklık denir. Aşağıdaki bileşimlerin tümü 25 °C efektif sıcaklık etkisi yapar:

Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Hava akımı (m/s)
25	100	0,1
26	100	0,5
28	100	2,0
30	100	5,5
27	75	0,1

Sıcaklık (°C)	Bağıl nem (%)	Hava akımı (m/s)
29	50	0,1
32	25	0,1
28	80	0,1
32	45	2,0
37	10	3,0

İklimsel konfor değerleri

Çalışma şekli ve yükü	Sıcaklık en az (°C)	En uygun	En çok	Hava akımı en çok (m/s)
Büro işi	18	21	24	0,1
Oturarak hafif iş	18	20	24	0,1
Ayakta hafif iş	17	18	22	0,2
Ayakta ağır iş	15	17	21	0,4
Ayakta çok ağır iş	14	16	20	0,5

Tüm çalışma şekilleri için bağıl nem en az %30, en uygun %50, en çok %70'tir.

Isı stresinin ölçülmesi

- İklim koşulları değerlendirilirken yayılan ısı, hava akımı, nem ve sıcaklıktan yalnızca biri göz önüne alınmaz; aralarında sürekli etkileşim vardır.
- **Efektif sıcaklık:** psikrometreyle ölçülen nem ve anemometreyle ölçülen hava akımı nomogramla birleştirilir; radyant ısının etkisini kapsamaz.
- **Globe termometre:** nem dışındaki koşulları (radyant ısı, hava sıcaklığı, hava akımı) yansıtır; radyant ısının önemli olduğu işyerlerinde iyi bir göstergedir.
- **WBGT (ıslak termometre küre sıcaklığı):** bugün en yaygın ısı stresi göstergesidir (ISO 7243). İç ortamda WBGT = 0,7 × doğal ıslak termometre + 0,3 × küre termometre sıcaklığı.
- Isının vücuda etkisini belirlemek için kalp atım hızı, deri sıcaklığı, terleme ve sıvı kaybı gibi fizyolojik değerler de izlenir.

İklimsel konforun sağlanması

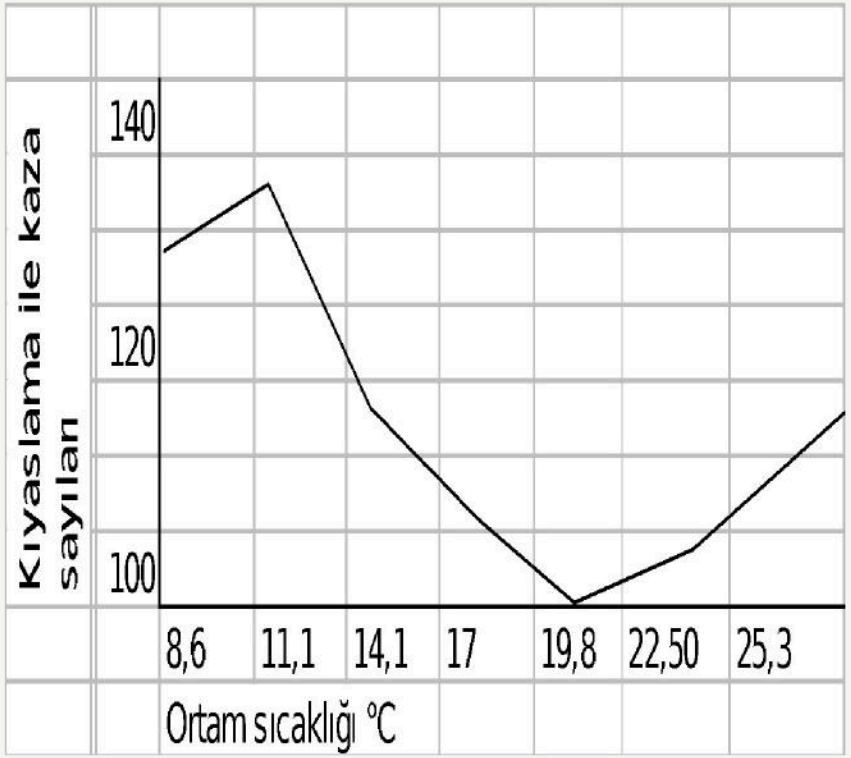
- Hava sıcaklığı, hava akımı ve nem; efektif sıcaklık ve çalışma şekli dikkate alınarak düzenlenmelidir: hava akımı düşük sıcaklıkta azaltılmalı, yüksek sıcaklıkta artırılmalıdır.
- Kadınlar ve 40 yaşından büyük erkekler için konfor sıcaklığı yaklaşık 1 °C daha yüksek tutulmalıdır.
- İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı 4 °C'yi geçmemelidir.
- Islak termometrenin 32 °C ve üzerini gösterdiği çok sıcak ve nemli ortamlarda genç ve güçlü kişiler bile uzun süre çalışamaz; vücut iç sıcaklığı 38 °C'yi aştığında ısı hastalıkları riski başlar.
- Böyle ortamlarda koruyucu giysinin yanı sıra ekip çalışması, görev rotasyonu ve sıcak çarpmasına karşı acil durum bilgilendirmesi gerekir.

Sıcaklık, performans ve iş kazaları

Aşırı sıcaklıkta performans kaybı

Ortam sıcaklığı	Performans düşüşü
29 °C	%5
30 °C	%10
31 °C	%17
32 °C	%30

Araştırmalar, işyerindeki ortam sıcaklığı yaklaşık 19,8 °C'den uzaklaştıkça iş kazası sayısının belirgin biçimde arttığını göstermektedir.



Ortam sıcaklığına (°C) göre iş kazası sayısındaki değişim; 19,8 °C'de en düşük

Dünyada işyerinde aşırı sıcak

2,41 milyar

aşırı sıcağa maruz kalan çalışan; dünya iş gücünün %70'inden fazlası

22,85 milyon

aşırı sıcağa bağlı iş yaralanması (yılda)

18.970

aşırı sıcağa bağlı işle ilgili ölüm (yılda)

ILO, Ensuring safety and health at work in a changing climate, 2024; 2020 verilerine dayanan tahminler.

Nem

- Nem, havadaki su buharı miktarıdır.
- Mutlak nem: 1 m^3 havadaki su buharı miktarı (g/m^3)
- Bağıl nem: birim hacimdeki su buharı miktarının, o sıcaklıktaki doymuş havada bulunabilecek su buharı miktarına oranı (%)
- Çalışma şekline göre bağıl nem %30–70 arasında olmalıdır; bu aralıkta yoğuşma olmadığı varsayılır ve az sorun çıkar.
- Yüksek nem, alerji ve kötü kokuya yol açan küf ve mantarların büyümesini hızlandırır; ev tozu akarları için uygun ortam hazırlar.
- Düşük nem mukozada ve deride tahrişe yol açar.
- Sulu klima sistemlerinde mantar ve diğer mikroorganizmaların üreme riski vardır; düzenli bakım ve temizlik gerekir.

Hava akım hızı

<100 mm/s

"havasız" çalışma yeri

≈150 mm/s

konfor koşullarında olması gereken hava akımı

>510 mm/s

"esintili" çalışma yeri; 0,5 m/s üzeri rahatsız eder

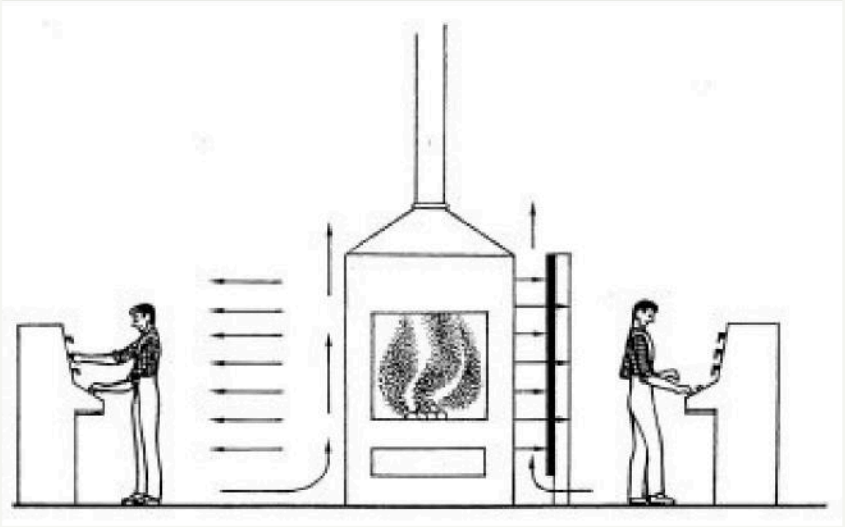
- Kirli havanın dışarı atılması ve temiz havanın alınması için uygun hava akımı zorunludur.
- Konfor sıcaklığının üst sınırına yaklaşıldıkça daha esintili hava tercih edilir; pencere sayısı, tavan yüksekliği ve kişi başına hacim hava akımını etkiler.

Havalandırma ve hava dolaşımı

- Havalandırma (hava değişimi) kirli havayı temiz havayla değiştirir; hava dolaşımı ise havayı yenilemeden yalnızca hareket ettirir. İkisi karıştırılmamalıdır.
- Havalandırma makinelerin ve insanların yaydığı ısıyı dağıtır; makinelerle birlikte çalışılan ortamlarda artırılmalıdır.
- Havalandırma hava kirliliğini hafifletir, serinlik ve temiz hava gereksinimini karşılar.
- Saatlik hava değişim sayısı bürolarda 3–6, atölyelerde 8–12, hava kirliliği ve nemin yüksek olduğu yerlerde 15–30'dur. İşyeri ne kadar küçükse havalandırma o kadar artırılmalıdır.

Yayılan (radyant) ısı

- Fırın, döküm ocağı gibi çevredeki cisimlerden yayılan ısıdır.
- Globe termometreyle ölçülen değerlerin ortalaması 18,3 °C (16,7–20 °C aralığı) olduğunda iklimsel olarak rahat bir ortam oluştuğu kabul edilir.
- Yüksek ısı yayan kaynakların bulunduğu işyerlerinde çalışanlar bu ısıdan korunmalıdır; ısı radyasyonunu engellemek için koruyucu siper kullanılır.
- Soğuk duvar ve pencerelerden kaynaklanan ısı kayıpları da özel koruma gerektirir.



Isı radyasyonunu engelleyen koruyucu siperler

Bölüm 3

Havalandırma

Hava ihtiyacı, genel prensipler ve havalandırma yöntemleri

YENİ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ULUDAĞ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu
ofis akademi
ASYA AKADEMİ

Hava ihtiyacı ve hava hacmi

Çalışan başına hava hacmi

Çalışma şekli	En az
Çoğunlukla oturarak	12 m^3
Çoğunlukla ayakta	15 m^3
Ağır bedensel çalışma	18 m^3

Doğal havalandırmalı yerlerde, çalışanlar dışında uzun süre kalan her kişi için 10 m^3 eklenir. Bu hacimler donanımla azaltılmamalıdır.

Genel ölçütler

- Yetişkin bir insanın saatte yaklaşık 30 m^3 temiz havaya ihtiyacı vardır.
- Normal koşullarda doğal havalandırmayla ortam havası saatte 2–3 kez değişir.
- Doğal havalandırma yetersizse yapay (cebri) havalandırmaya başvurulur.

Mülga Tüzük'teki asgari ölçüler

Ölçüt	Değer
Çalışma yerlerinde kişi başına hava hacmi	En az 10 m^3
Koğuşlarda kişi başına hava hacmi	En az 12 m^3
Hava hacmi hesabında dikkate alınan tavan yüksekliği	En çok 4 m
Normal koşullarda tavan yüksekliği	En az 3 m
Zararlı toz ve gazların bulunduğu yerlerde tavan yüksekliği	En az 3,5 m
Kişi başına serbest alan	En az 2,5 m^2

1974 tarihli İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'ndeki değerlerdir. Güncel yönetmelik sayısal değer vermez; çalışma alanlarının taban alanı, yüksekliği ve hava hacminin çalışanların sağlık ve güvenliğini riske atmayacak büyüklükte olmasını şart koşar.

Havalandırmanın genel prensipleri

- Kapalı işyerlerinde çalışma yöntemleri ve çalışanların bedensel iş yükü dikkate alınarak yeterli temiz hava bulunması sağlanır.
- Cebri havalandırma sistemi kullanılıyorsa sistem her zaman çalışır durumda olmalıdır.
- Sistemin çalışmaması çalışanların sağlığı yönünden tehlikeliyse arızayı bildiren uyarı sistemi bulunmalıdır.
- Havalandırma sistemi çalışanları rahatsız edici hava akımlarına maruz bırakmamalı; ortam havasını kirleterek tehlike yaratabilecek kir ve birikintiler hemen giderilmelidir.

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, Ek-1.



Havalandırma kanal sistemi

Çalışma yerlerine göre hava değişimi ihtiyacı

İşyeri	Saatlik değişim
Akümülatör imalatı	5–10
Boyahaneler	5–15
Bürolar	3–6
Püskürtme boya işleri	20–50
Garajlar	4–6
Elbise bırakılan yerler	4–6
Lokanta ve kantinler	4–8

İşyeri	Saatlik değişim
Fabrika ve büyük mutfaklar	6–8
Küçük mutfaklar	15–20
Laboratuvarlar	5–10
Tuvalet, banyo ve duşlar	4–8
Çamaşırhaneler	5–15
Kasa odaları	3–6

Havalandırma yöntemleri

Doğal (tabii) havalandırma

Pencere, çatı fenerleri ve açıklıklar yoluyla, sıcaklık ve basınç farklarından yararlanarak yapılan havalandırma

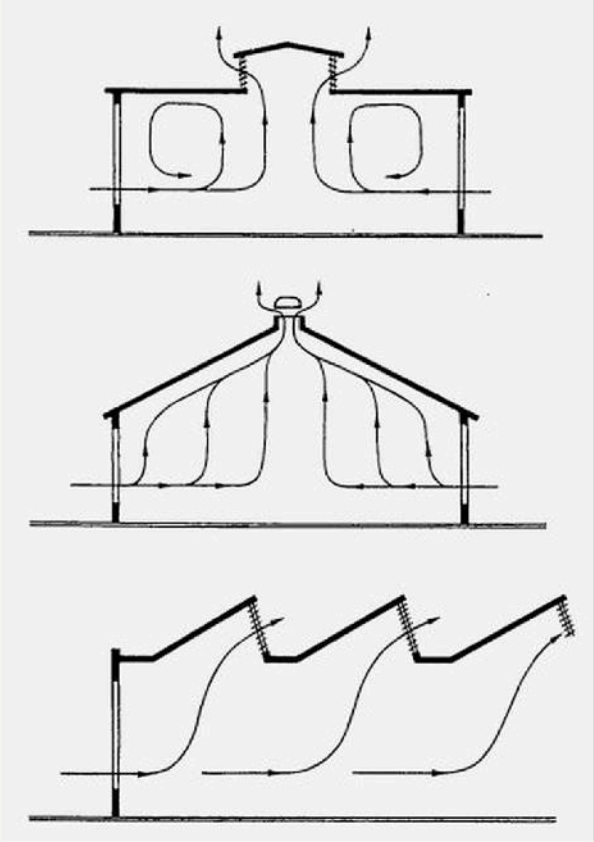
Cebri (mekanik) havalandırma

Doğal havalandırma yetersiz kaldığında fanlarla yapılır. **Genel havalandırma:** dışarıdan hava basarak veya içerideki havayı emerek; alttan, üstten ya da üstten verip alttan çekerek. **Lokal havalandırma:** kirleticiyi kaynağında emerek.

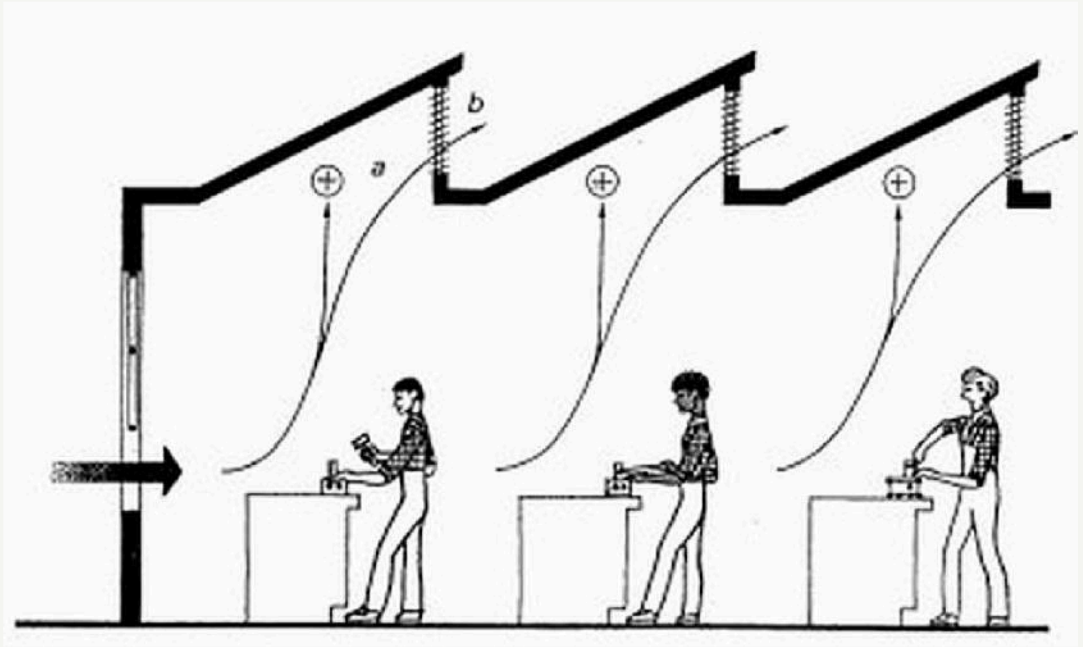
Kapalı çalışma yöntemleri

Teknolojinin izin verdiği ölçüde işlemlerin kapalı sistemlerde yapılması; toz ve gazın ortama yayılmadan kaynağında tutulması

Doğal ve birleştirilmiş havalandırma



Farklı çatı tiplerinde doğal hava akışı



Birleştirilmiş (kombine) sistem: (a) egzoz fanı, (b) aydınlatma açıklıkları

Doğal havalandırma yetersiz kaldığında egzoz fanlarıyla desteklenir.

Lokal havalandırma

Kirletici çıktığı yerde emilerek dışarı atılabilirse en etkili havalandırma yapılmış olur.



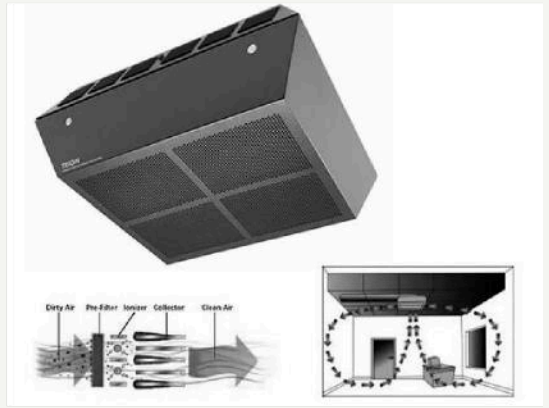
Sabit davlumbazlar



Hareketli emme ağızları



Seyyar emici cihazlar



Havayı süzüp temizleyen cihazlar

Havalandırma uygulamalarından örnekler



Kanallı emiş ve filtre sistemi



Üretim alanında havalandırma kanalları



Torbalı filtre ünitesi



Kaset tipi iç ünite ve dış ünite

Kapalı çalışma yöntemleri

- Teknolojinin izin verdiği ölçüde çalışmalar kapalı yöntemlerle yapılmalı, oluşan tozun ortama yayılması önlenmelidir.
- Toz kaynağında emilmeli, çöktürülmeli ve gerekiyorsa filtreden geçirilmeli; çalışma ortamına geri verilen havadaki toz, sınır değerlerin altında olmalıdır.
- Toz ölçümleri, maruziyet koşullarında değişiklik olduğunda tekrarlanır.

Tozla Mücadele Yönetmeliği.

Kaynaklar

- İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, RG 17.07.2013, sayı 28710
- Tozla Mücadele Yönetmeliği, RG 05.11.2013, sayı 28812
- Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, RG 19.09.2013, sayı 28770
- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü (mülga), RG 11.01.1974
- ILO, Ensuring safety and health at work in a changing climate, 2024
- ISO 7243 Isıl ortamların ergonomisi: WBGT indeksiyle ısı stresinin değerlendirilmesi
- Hollnagel 1993; Salvendy 1997; Pulat 1997; Phillips 1999; Erkan 2003

İş sağlığı ve güvenliği eğitimi

Teşekkürler

Havalandırma ve iklimlendirme prensipleri

YENİ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu

ULUDAĞ UZMAN AKADEMİ
iş sağlığı ve güvenliği eğitim kurumu

ofis akademi

ASYA AKADEMİ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ EĞİTİM KURUMU