

7. ENDÜSTRİYEL ORTAMLARIN HAVALANDIRMASI

Endüstriyel ortamlardaki genel havalandırma işçilerin sağlığına ve emniyetine etki edebilecek tehlikeli kimyasal kirleticilerin, kokunun ve ısının kontrolü amacı ile yapılır. Bir çok durumda ısının ve zararlı gazların kaynağında yakalanarak egzoz edilmesine çalışılır. Çünkü bu durumda ortamın genel havalandırılmasına göre çok daha az miktarda hava ile gerekli kontrolü sağlamak mümkündür. Dolayısıyla endüstriyel havalandırma, genel havalandırma ve egzoz davlumbazlarıyla lokal havalandırma olarak iki kısımda incelenebilir.

Genel havalandırma,

- 1) doğal çekişle,
- 2) fanlar ve kanal sistemi yardımı ile taze hava beslenmesi ve kirli havanın egzoz edilmesiyle,
- 3) sadece egzoz fanları ile emişle (taze hava açıklıklardan kendiliğinden ortama girer),
- 4) sadece besleme fanları ile (egzoz, açıklıklardan ve kapılardan kendiliğinden olur) olmak üzere dört şekilde gerçekleştirilir.

Endüstriyel havalandırmanın iki ana nedeni ve buna bağlı olarak iki ana kriteri vardır. Birincisi ortamda mevcut kaynaklardan yayılan ısının atılması, ikincisi ise kaynaklardan yayılan zararlı gaz ve kirleticilerin atılmasıdır. Bazı hallerde bu iki kaynak birlikte etkilidir. Bu gibi durumlarda çözüme lokal ve genel havalandırmanın birlikte uygulanması ile ulaşıılır.

Kirleticili maddenin veya ortam şartlarının tehlike limitleri HVAC mühendisinin dışındaki kişiler tarafından belirlenmelidir. Bu değerler tesisat mühendisi için veridir. Bu veriler sağlık teşkilatları bültenlerinde ve bazı el kitaplarında bulunabilir.

7.1. ENDÜSTRİYEL ÇALIŞMA ORTAMLARINDA SICAKLIK KONTROLÜ

Birçok endüstriyel üretimde ortama büyük ölçüde ısı ve nem yayan işlemler söz konusudur. Bu durumda, özellikle yaz aylarında işçilerin bu ortamlarda çalışmaya devam edebilmeleri için belirli konfor limitlerinin aşılmaması gerekir. Burada söz konusu olan konfor insanın fizyolojik dayanma sınırları ile ilişkilidir. Bu değerler aşıldığında, vücut ısı dengesini koruyamaz ve insan ısı stresi girer.

Bu fizyolojik sınırlarla ilgili sıcaklık ve nem değerleri normal konfor şartlarının çok üzerindedir. Çoğu zaman mekanik soğutma ekonomik olmadığından, bu durumda şartların kontrolü açısından havalandırma en yararlı elemandır.

Isı yayılmasının kontrolü açısından ilk önlem, kaynağın yalıtılmasıdır. İkinci önlem ise mümkünse yerel egzoz yapılarak kaynağın üzerinden doğal konveksiyonla yükselen ısının yakalanmasıdır. Üçüncü önlem ise, eğer ısının yayılması fırınlar, erimiş metal vs. halinde olduğu gibi esas olarak ışınlama ise, radyasyon kalkanları kullanılmaktadır. Işınlama gelen ısıya hava sıcaklığının önemli bir etkisi yoktur. Bu durumda ışınlamanın kişilere ulaşması önlenmelidir.

7.1.2. Isı Ve Nem Kontrolü Amaçlı Genel Havalandırma Dizayn Prensipleri

Gerekli havalandırma havası miktarını belirlemek için bütün kaynaklardan olan gizli ve duyulur ısı kazançlarının hesabı gerekir. Bu

kazançların hesabından sonra dış hava sıcaklığına ve nemine göre içerde şartların ne kadar artmasına müsaade edileceğinin belirlenmesi gerekir.

Birçok endüstriyel uygulamada 3-6 °C artış kabul edilebilir. Hatta dış hava sıcaklığı 32 °C değerine kadar bile ulaşsa, bu artış uygulanabilir. Metal endüstrisi gibi bazı uygulamalarda ise 17-20 °C hesap sıcaklık artışına müsaade edilebilir. Bu durumda bütün ısı kaynakları alt seviyelerdedir ve tesiste üst seviyelerde çalışan işçiler yoktur.

Duyulur ısı yükleri için gerekli hava debisi aşağıdaki denklem ile belirlenir:

$$V = Q_s / (1,2 \cdot \Delta t)$$

Burada,

V = hava debisi L/s

Q_s = atılacak duyulur ısı kazancı, W

Δt = havada müsaade edilen sıcaklık artışı °C

Yüksek tavanlı yapılarda hava alttan besleniyor ve çatıdan egzoz ediliyorsa, yukardaki havalandırma miktarları azaltılabilir. Gizli ısı kazancı yüklerini karşılamak için gerekli havalandırma miktarı ise, $V = Q_L / (3,0 \cdot \Delta w)$

ifadesi ile hesaplanır. Burada,

Q_L = Gizli ısı kazancı, W

Δw = Dış hava ile iç dizayn şartları arasındaki özgül nem farkı, gr/kg olarak bilinmektedir.

Yukarıda hesaplanan hava miktarlarından büyük olan, gerekli havalandırma miktarını verir. Bir çok halde ise havalandırma ihtiyacı m² döşeme alanı başına gerekli hava debisi ile verilir. Aslında bu yaklaşım saatteki hava değişimi değerine göre daha mantıklıdır. Çünkü genelde atılacak ısı miktarı yapının yüksekliğinden bağımsızdır. İç yükleri 300-400 W/m² mertebesinde olan bir çok tesis için 10 L/(s.m²) değerindeki havalandırma miktarı iyi sonuçlar vermektedir.

Kirleticili kontrolü için yerel egzoz gerektiği zaman, genellikle hava miktarları, genel konfor havalandırması miktarlarından daha fazladır. Bu şartlarda besleme havası miktarını egzoz havası belirler. Bu durumda besleme havasının temini, davlumbaz çalışmasını ve işlemi bozmayacak şekilde gerçekleştirilmelidir.

7.1.3. Çatı Havalıkları

Çatı havalıkları yapının en üst noktalarına yerleştirilmiş hava kaçış açıklıklarıdır. Gerektiğinde sızdırmaz biçimde kapatılabilirler. Doğal baca etkisi ve rüzgâr basıncı, hava hareketi için motor kuvveti oluşturur. Bazı hallerde bu havalıklar fan ve motorla da donatılır ve gerektiğinde zorlanmış çekiş sağlarlar. İyi bir havalık çalışması, ortama hava girişi ile havalık arasındaki seviye farkı 10 m'den yüksekse ve çıkış hava sıcaklığı dış hava sıcaklığından 14 °C mertebesinde daha yüksekse elde edilir. Bu şartlarda rüzgâr hızı 8 km/h değerinde iken, havalık boğazında hız 1,9 m/s mertebesinde. Dolayısıyla ile havalığın m² açıklığı başına dışarı atıldığı ısı, 1,2 x 14 x 1,9 = 32 kW/m² değerinde olacaktır. Buradan gerekli toplam havalık açıklığı miktarı belirlenebilir.

Çatı havalıklarının yeterli performansı gösterebilmesi için hava giriş açıklıklarının da yeterli büyüklükte olması gerekir. Cihaz üreticileri hava girişi açıklıklarındaki hızın 1,3 - 2,5 m/s mertebesinde olmasını tavsiye etmektedir. Buna göre uygun hava girişi açıklıkları teşkil edilmelidir. Ancak gereğinden fazla hava girişi açıklıklarının

yarattığı hava akımları da çatı havalkıklarının çalışmasını ters yönde etkiler. Çoğu zaman giriş havasının fan ve kanal sistemi ile kontrol olarak beslenmesi maliyete rağmen tercih edilir. Bu durumda küçük açıklıklardan kontrollü ve filtre edilmiş havanın istenilen noktalara verilmesi mümkün olur. Ayrıca sistemde basınç kontrolü sağlamak ve negatif basınç dezavantajlarından kurtulmak mümkündür. Yangın halinde kendiliğinden kapanan damperlerle bu çatı havalkıklarının kapanması yangın yönetmeliklerinde şart koşulabilir.

7.1.4. Mekanik Genel Havalandırma

Genel mekanik havalandırma için daha önce anlatılan menfez tiplerinin hepsi kullanılabilir. Bunlar arasında üst kotlara yerleştirilen menfezlerden yatay hava üflenmesi, tavandan difüzörlerle düşey hava beslenmesi, yatay veya düşey üfleyen lineer difüzörler kullanılması, yatay veya eğik atışlı jet nozullar kullanılması ve perfore tavan tipi hava beslemesi sayılabilir. Endüstriyel genel ortam havalandırmasında başarıyla kullanılan bir diğer yöntem ise deplasmanlı havalandırma. Çeşitli tip hava çıkışı elemanları ve bunların uygulaması **Tablo 7.1**'de verilmiştir.

Deplasmanlı havalandırmada, hava oda havasından daha soğuktur ve alt seviyelerden 0,5 m/s veya daha düşük hızla özel menfezlerden odaya verilir. Döşemeye bulut olarak yayılan soğuk hava, ısı kaynağı üzerinden doğal hareketle yükselen hava üst tarafta toplanır ve bu durgun bölgeden egzoz edilir.

Buna benzer diğer bir yöntem ise, düşük seviyeli havalandırma denilebilir. Besleme havası 2,4 veya 3,6 m seviyelerinden verilir ve

döşemeye doğru yönlendirilir. Ekipmanlardan, ışıklardan veya insanlardan yükselen sıcak havanın yerine geçer. Besleme havası çalışma bölgesini terk ederken kaynaklardan yayılan ısıyı da toplar. Böylece çalışma bölgesi, besleme havası sıcaklığının birkaç derece üstünde bir sıcaklıkta tutulmaya devam edebilir.

Bu tür düşük seviyeden beslemeli sistemler ve deplasmanlı havalandırma, yoğun ve düzgün yayılı işçi bulunan çalışma alanları için uygundur. Bu sistemlerde üst seviyelerin şartlarının kontrolü önemli değildir. **Şekil 7.2 ve 7.3**'te düşük seviyeden beslemeli havalandırma sistemleri örnekleri verilmiştir.

Hava dağıtım yönteminin seçimi için **Tablo 7.4** verilmiştir.

7.1.5. Mekanik Lokal veya Noktasal Soğutma Havalandırması

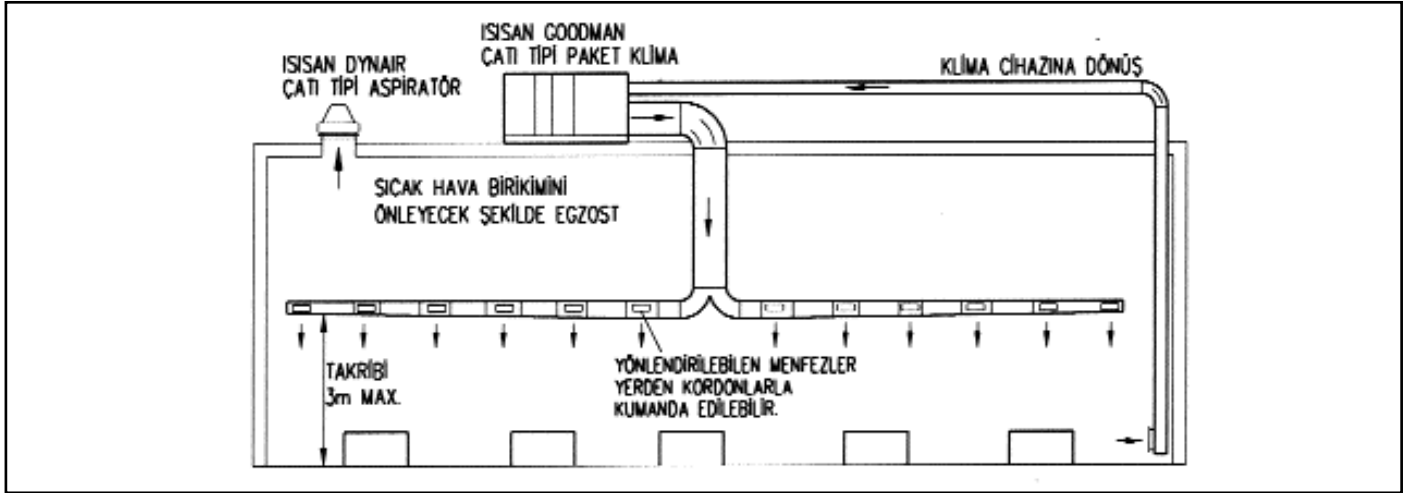
Sadece bir kaç çalışma bölgesi olan yapılarda, bütün yapıyı havalandırmak pratik değildir ve savurganlık doğurur. Bu durumda yerel havalandırma yapılıdır. Havalandırma yapılan zonun çevreye göre 5-10 defa daha temiz olması söz konusudur. Lokal havalandırmada ısının toplanması aşağıdaki şekillerde gerçekleştirilir.

- Bu alanı kapatmak ve bağımsız bir havalandırma ile istenilen çalışma şartlarını gerçekleştirmek. Buna lokalize edilmiş genel havalandırma denilebilir.
- Tesisin küçük bir kısımdaki bölgede bulunan işçilere, göreceli olarak daha soğuk bir atmosfer yaratmak. Bu tip küçük hedef alana, besleme havası düşük seviyelerden direkt olarak üflenir. Burada da üst seviyelerdeki havanın şartları ile ilgilenilmez.
- Doğrudan yüksek hızlı hava akımını işçiye yöneltmek. Böylece

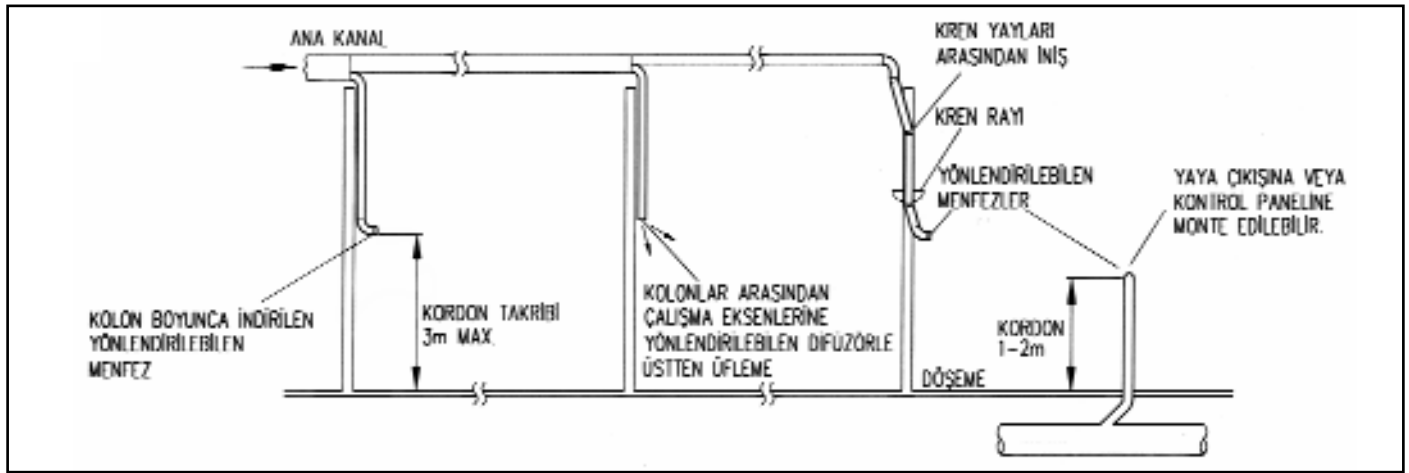
Menfez tipi	Difüzör performans Karakteristiği		Uygulama
	K1	K2	
Büyük menfezler, jetler	2-6	1,8-5,1	Büyük atölyeler
Yan duvar menfezleri	2-6	1,8-5,1	Alçak salonlar(<6 m)
Kanala monte edilen düşey menfezler	2-4	1,8-3,5	Büyük atölyeler
Dairesel difüzörler	1-3	0,9-3,2	Alçak salonlar(<6 m)
Dairesel difüzörler	1-3	0,9-3,2	Büyük atölyeler
Kare difüzörler	1-2,8	1,2-3,2	Alçak salonlar(<6 m)
Kare difüzörler	1-2,8	1,2-3,2	Büyük atölyeler
Lineer difüzörler	2,5	2	Alçak, küçük salonlar
Perfore paneller (döşeme üzerine veya yakınına monte edilmiş)			3,7 m'den yüksek salonlarda ısı veya ısı+ kirlenici kaynakları bulunması halinde
Kanala monte edilmiş paneller istasyonu	2,1	1,7	Isı kaynağı olan atölyeler ve bir kaç ayrıık çalışma olan veya makinalarla engellenmiş atölyeler
Perfore kanallar	0,5	1,2	Yaşam bölgelerinde yüksek hava değişim oranı ve düşük hızlar istenen, alçak tavanlı ısı kaynağı bulunan endüstriyel salonlar
Perfore tavanlar	2,1	1,7	Temiz oda uygulamaları
Yakınsak jet nozullar	6-6,8	4,2-4,8	Büyük atölyeler
İraksak jet nozullar veya swirl difüzörler	1-2,5	0,8-2,0	Büyük atölyeler, koridorlara hava beslemesi

Tablo 7.1. TİPİK HAVA MENFEZLERİ VE UYGULAMALARI

(Not: K1 jet boyunca hız gecikmesi katsayısı, K2 jetboyunca sıcaklık gecikmesi katsayısı)



Şekil 7.2. TESİS ISITMA, HAVALANDIRMA VE ISI GERİ KAZANMA İÇİN DÜŞÜK SEVİYEDEN HAVA DAĞITIMI



Şekil 7.3. DÜŞÜK SEVİYEDEN ISITMA VE YAZIN HAVALANDIRMA İÇİN İLAVE ÖNLEMLER

Havalandırılan hacmin karakteristikleri						Tavsiye edilen hava besleme metodu
Yükseklik, m	Hava değişim Sayısı	İnsan aktivitesi	Yaşanılan alandaki üniformluk	Engeller	HVAC Sistem Tipi	
>6-8	<5	Orta veya ağır	Yok	önemsiz	CAV	Yoğunlaştırılmış hava besleme; Yatay veya eğik yoğun jetlerle; düşey kompakt jetlerle; deplasmanlı yöntemle
					VAV	Yatay veya eğik yoğun jetlerle; düşey kompakt jetlerle hava besleme
					CAV	Yatay veya eğik yoğun jetlerle; düşey kompakt jetlerle; deplasmanlı yöntemle hava besleme
					VAV	Yatay veya eğik yoğun jetlerle hava besleme
<6-8	>5	sakin ve hafif üniformluk	Yüksek derecede	önemsiz	CAV	Düşey radyal, konik veya kompakt jetlerle; tavan değen veya değmeyen yatay jetlerle; deplasmanlı hava besleme
					VAV	Düşey radyal veya kompakt jetlerle; tavan değen veya değmeyen yatay jetlerle; hava besleme
					CAV	Düşey kompakt jetlerle; üretim cihazlar arasındaki koridora tavan değen veya değmeyen yatay jetlerle; deplasmanlı hava besleme
					VAV	Düşey kompakt jetlerle; üretim cihazlar arasındaki koridora tavan değen veya değmeyen yatay jetlerle hava besleme

Tablo 7.4. HAVA BESLEME YÖNTEMİNİ SEÇMEK İÇİN YARDIMCI TABLO

taşınım ve buharlaşma ile çalışanlar üzerinde soğutma etkisi yaratmak. Buna noktasal soğutma da denilebilir. Lokal soğutmanın bir biçimi de davlumbazlarda uygulanabilir. Egzoz davlumbazı kullanılan çalışma istasyonlarında, egzoz davlumbazının kenar yüzeylerinden aşağı üflenen serin besleme havası da hem çalışanları serin ve temiz hava ile süpürür ve hem de toz ve dumandan davlumbazlardan geri kaçışını önler.

7.1.6. Çıkış Ağızlarının Dizaynı Yerleşim ve Çıkış Hızı

Düşük seviyeden genel havalandırma sistemlerinde çıkış ağızları 3 m yükseklik mertebesinde olmalıdır. Noktasal soğutmada havanın karışmasının önlenmesi için 2 m yakına kadar getirilebilir. Çıkış hızı çalışma bölgesinde istenen hıza göre değişir. Sürekli havalandırmada, oturan işçi çevresindeki hız 0,4 - 0,6 m/s olması tavsiye edilirken; dökümhane veya çelik fabrikasında noktasal soğutmada işçi etrafındaki hız 15-20 m/s değerine kadar çıkabilir. **Tablo 7.5'de** çalışma yerinde kabul edilebilir hava hızları, **Tablo 7.6'da** ise noktasal soğutmada tavsiye edilen hava hızları ve sıcaklıkları verilmiştir.

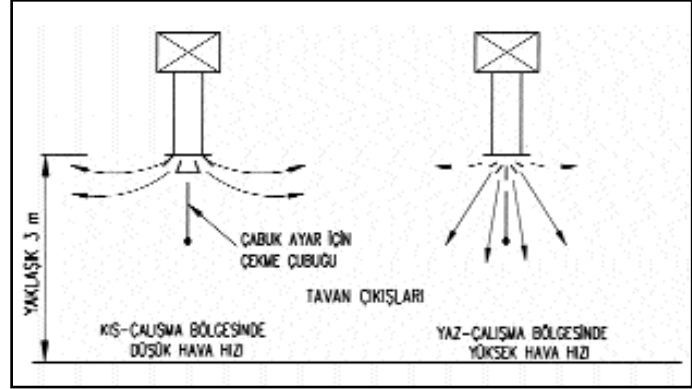
Aktivite seviyesi		Hava hızı, m/s
Sürekli maruz kalma	İklimlendirilen alanlarda	0,25-0,4
Sabit çalışma istasyonu, genel veya noktasal soğutma	Oturarak	0,4-0,6
	Ayakta	0,5-1,0
Aralıklı maruz kalma, noktasal soğutma veya rahatlama istasyonları	Hafif ısı yükleri ve aktiviteler	5-10
	Orta ısı yükleri ve aktiviteler	10-15
	Ağır ısı yükleri ve aktiviteler	15-20

Tablo 7.5. ÇALIŞMA YERLERİNDE KABUL EDİLEBİLİR HAVA HIZLARI

Aktivite seviyesi	Jetteki hava hızı, m/s (Çalışma yerinin ortalama 0,1 m ² 'sine)	Jet kesitince ortalama hava sıcaklığı, °C				
		Isı akısı yoğunluğu, W/m ²				
		140-350	700	1400	2100	2800
Hafif-I	1	28	24	21	16	-
	2	-	28	26	24	20
	3	-	-	28	26	24
	3,5	-	-	-	27	25
Orta-II	1	27	22	-	-	-
	2	28	24	21	16	-
	3	-	27	24	21	18
	3,5	-	28	25	22	19
Ağır-III	2	25	19	16	-	-
	3	26	22	20	18	17
	3,5	-	23	22	20	19

Tablo 7.6. TAVSİYE EDİLEN NOKTASAL SOĞUTMA HAVA HIZLARI VE SICAKLIKLARI

3 m yükseklikteki çıkışlarda 5-10 m/s çıkış hızları en çok rastlanan değerlerdir. Eğer besleme havası soğutulmuş ise doğrudan işçiye üflenen havanın işçi çevresindeki hızı 0,5 m/s değerini geçmemelidir. Sözü edilen değerler pik yükler içindir. Ara mevsimlerde işçinin ha-



Şekil 7.7. KONFOR AMAÇLI MEVSİMLİK HAVA KONTROLÜ

va hızını ayarlama imkânı olmalıdır. (Bakınız Şekil 7.7)

Çıkış debileri gereğine göre çok değişebilir. Orta yüklerde normal olarak istasyon başına 700-1000 L/s hava ve yüksek yüklerde 1500-2500 L/s hava yeterli olabilmektedir. Uzak çıkış ağızlarında daha büyük debiler gerekebilir. Büyük debili hava jetlerinde merkezdeki, çevre havası ile karışmamış, çekirdek bölge daha uzun yol alır. Halbuki küçük debili çıkışlarda hava kısa sürede çevre havası ile karışır.

Yönlendirilebilen çıkışlar yazın soğutma istenirken aşağı doğru, kışın ise yanlara doğru üflemelidir. Bu nedenle havalandırma çıkışlarında yönlendirebilme imkânı bulunmalıdır.

7.2. KİRLETİCİ KONTROLU AMAÇLI GENEL HAVALANDIRMA

Bu tür havalandırmaya seyreltme havalandırması adı verilebilir. Amaç hacimdeki kirli havayı, kirlenmemiş temiz hava ile seyreltmek ve kirletici madde derişikliğini düşürmektir. Seyreltme biçimindeki hacmin genel havalandırması, lokal havalandırmaya göre daha az etkili ve daha pahalı bir yöntemdir. Genellikle lokal havalandırmanın mümkün olmadığı hallerde kullanılır.

Seyreltme havalandırması sistemleri tasarımında ilk adım, kabul edilebilir kirletici veya zehirli gaz derişikliği seviyesinin veya limitinin belirlenmesidir. İkinci adım, kaynağın kirletici yayma hızının belirlenmesi; üçüncü adım ise seyreltme hızının belirlenmesidir. Bunun için K karışma faktörünün hesabı gerekir. Tipik K değerleri 1 ile 10 arasında değişir. K değerinin belirlenmesinde ortalama değerlerden değil, ani değerlerden yararlanılmalıdır (yani ortamdaki kirletici derişikliği hiçbir zaman tehlike limitin üstüne çıkmamalıdır). Ancak havalandırmanın maliyeti bu büyüklükle hemen hemen orantılı olduğundan, K faktörünün büyük seçilmesi sistem maliyetini çok artırır. **Tablo 7.8 ve 7.9'da** dağıtım biçimi ve zehirlilik derecesine göre tavsiye edilen K faktörleri verilmiştir. Seyreltme havalandırması çoğunlukla solvent buharlarının seyreltilmesi için uygundur. Bu durumda gerekli seyreltme hızı (normal şartlarda),

$$Q_v = 24,5 \cdot 10^6 \cdot \rho \cdot K / (M \cdot L_{\max})$$

olarak bulunabilir.

Burada,

Q_v = Buharlaştan her litre solvent için gerekli seyreltme havası miktarı (m³/L)

ρ = Sıvının özgül ağırlığı, (kg/L)

K Değerleri	Dağıtım Sistemi
1.2 - 1.5	Perfore tavan
1.5 - 2.00	Difüzörler
2.0 - 3.0	Kanallar tavan boyunca ve hava jeti aşağı doğru
3.0 ve üstü	Pencere, duvar fanları vs.

Tablo 7.8. DAĞITIM SİSTEMİNE GÖRE K FAKTÖRÜ ARALIKLARI

Dağıtım Şartları	Zehirlilik		
	Hafif	Orta	Yüksek
Zayıf	7	8	11
Orta	4	5	8
İyi	3	4	7
Çok iyi	2	3	6

Tablo 7.9. DÖRT DAĞITIM BİÇİMİNE KARŞILIK ZEHİRLİLİK DERECESESİ İÇİN K FAKTÖRÜ

M = Solventin izafi moleküler kütlesi, (kg/kmol)

L_{max} = Solvent değişikliğinin limit değeri, ppm

K = Karışma faktörüdür.

Bu havalandırma yöntemi tozlar ve duman halinde çoğu zaman başarılı olmamaktadır. Bu yüzden bu gibi uygulamalarda lokal havalandırma yapılmalıdır.

7.3. ENDÜSTRİYEL EGZOZ SİSTEMLERİ (LOKAL HAVALANDIRMA)

Endüstriyel egzoz sistemleri lokal havalandırma sistemleri olup, özellikle toz, duman, sis, elyaf gibi tanecikli kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılmaları ve tutulmaları ile ilgilidir.

Lokal egzoz sistemlerinin beş temel elemanı bulunmaktadır.

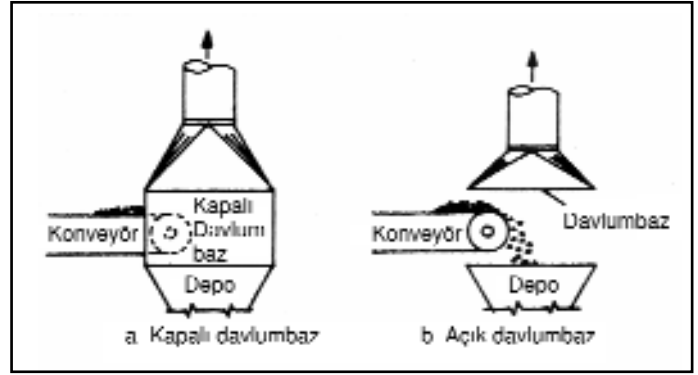
Bunlar,

- Davlumbaz
 - Kanal sistemi
 - Toz tutma elemanı
 - Fan
 - Egzoz bacası
- olarak sayılabilir.

7.3.1. Davlumbaz

Davlumbazlar Şekil 7.10'da görüldüğü gibi kapalı ve açık olarak iki tipe ayrılabilir. Doğal olarak kapalı davlumbazların etkenliği çok daha fazladır. Özellikle açık davlumbazlarının dizaynında, havayı davlumbaza çekmek için gerekli uygun hava debisinin belirlenmesi en önemli aşamayı oluşturur. Bu amaçla yakalama hızı kavramı geliştirilmiştir. Yakalama hızı, davlumbaza girmeden önce kaynak bölgesinde kirli havanın sahip olması gerekli hızdır. Kaynakta oluşan kirletici, hava akımına karışır ve davlumbaza emilen hava ile taşınır. Şekil 7.11'de lokal havalandırmada geçen kavramlar gösterilmiştir. Tablo 7.12'de çeşitli endüstriyel işlemlerdeki yakalama hızı değerleri verilmiştir.

Davlumbazın konumu ve yakalama hızı belirlendikten sonra egzoz havası debisi hesaplanabilir. Kapalı davlumbazlarda egzoz debisi,



Şekil 7.10. AÇIK VE KAPALI DAVLUMBAZ

davlumbaz giriş kesit alanı ile gerekli hız değerinin çarpımına eşittir. Tipik giriş hızları 0,5 m/s mertebesinde. Açık davlumbazlarda kirleticinin yayıldığı noktada hava hızı yakalama hızına eşit olmalı ve kirleticileri davlumbaza taşıyacak biçimde yönlendirilmiş olmalıdır. En basit flanşsız düz davlumbazlar için gerekli hava debisi,

$$Q = V \cdot (10 \cdot x^2 + A)$$

ifadesi ile bulunabilir. Burada,

Q = Hava debisi, m³/s

V = Yakalama hızı, m/s

x = Davlumbaz girişi ile kirletici kaynağı arasındaki mesafe, m

A = Davlumbaz giriş yüzey alanı, m²

Farklı geometride ve flanşlı hallerde daha küçük debilerle aynı yakalama hızını sağlamak mümkündür. Şekil 7.13'de flanşsız düz dairesel kesitli bir açıklığın eş hız eğrileri, Şekil 7.14'de ise flanşlı açıklık için eş hız eğrileri verilmiştir. Görüldüğü gibi kaynakla davlumbaz arasındaki mesafenin büyük etkisi vardır. Kaynak davlumbaza mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Kaynağa 1 m'den daha uzaktaki davlumbazlar etkisiz kabul edilebilir. Şekil 7.15'de davlumbaz tipleri ve hava debileri verilmiştir.

Sıcak işlemler sonucu oluşan kirleticiler, sıcak havanın yukarı doğru doğal hareketi içinde olacağından, daha verimli davlumbazlar yapılabilir. Burada sıcak havanın doğal taşınım hareketleri iyi bilinmelidir. Şekil 7.16'da böyle bir davlumbaz boyutlandırılması gösterilmiştir.

$$D_f = D_c + 0,8 \cdot y \text{ olarak alınabilir.}$$

Hava miktarı ise,

$$Q = 0,038 \cdot (q \cdot y \cdot A_f^2)^{1/3} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

ifadesinden bulunabilir. Burada:

A_f = Alın yüzey alanıdır.

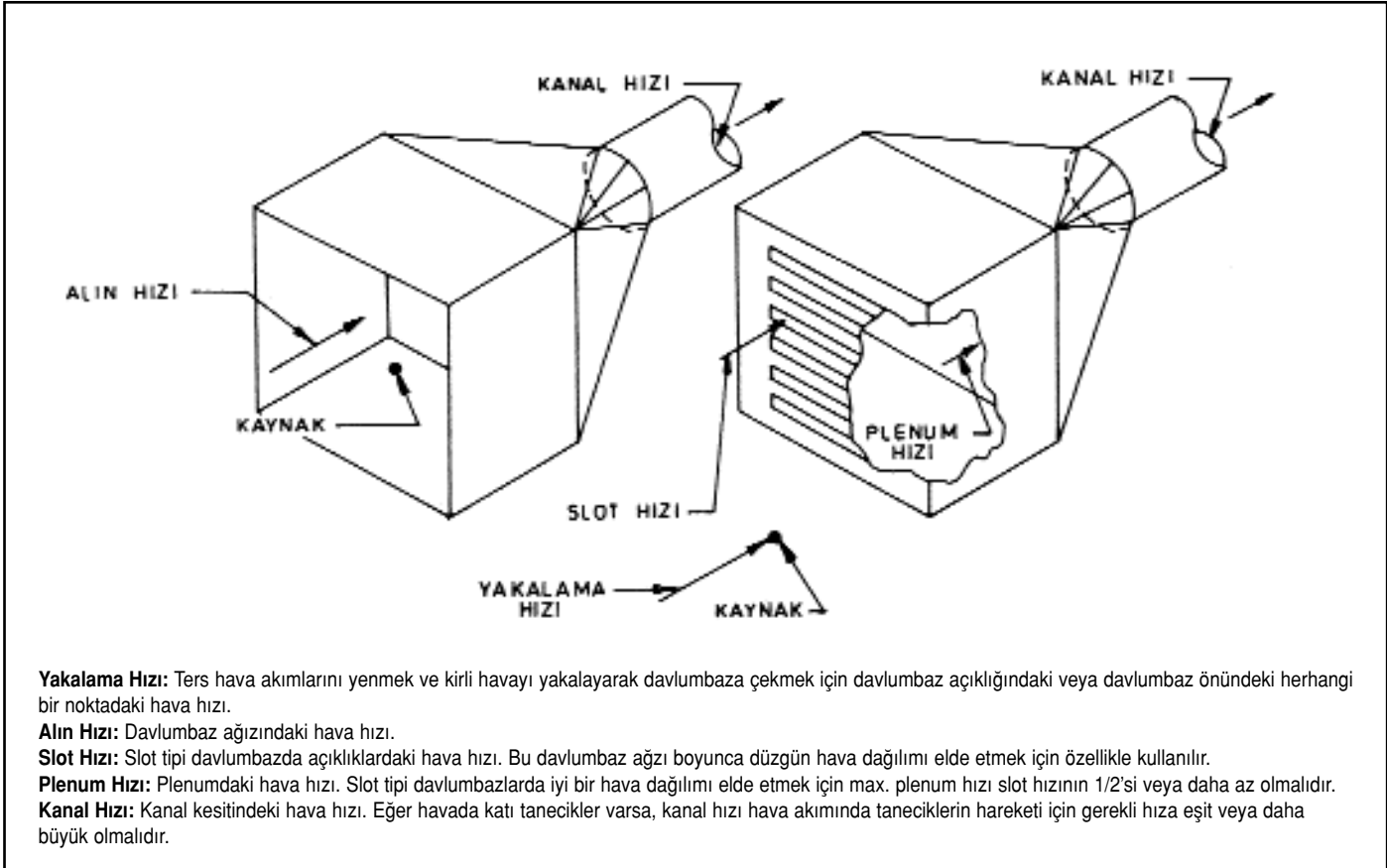
q = Sıcak kaynaktan yayılan ısıdır. (W)

7.3.2. Kanallar

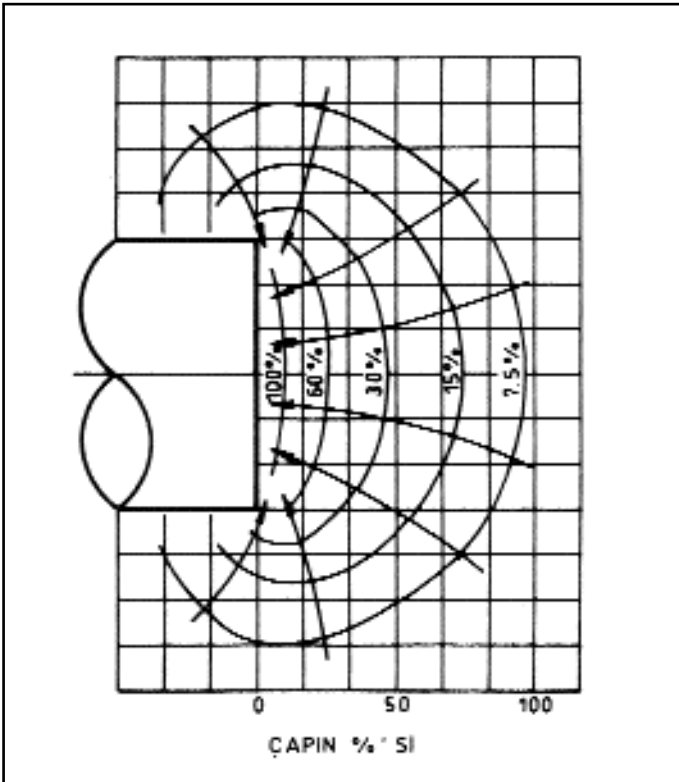
Lokal havalandırma sistemlerinin, ikinci elemanı kanallardır. Kirleticileri içeren havayı ileten bu kanalların yuvarlak olması tavsiye edilir. Çünkü

- 1) bu kanallarda hız daha üniformdur, dolayısı ile tanecik karakterli kirleticilerinin çökme ihtimali daha azdır.
- 2) normal olarak egzoz sistemlerinde uygulanan yüksek statik basınçlara daha dayanıklıdır.

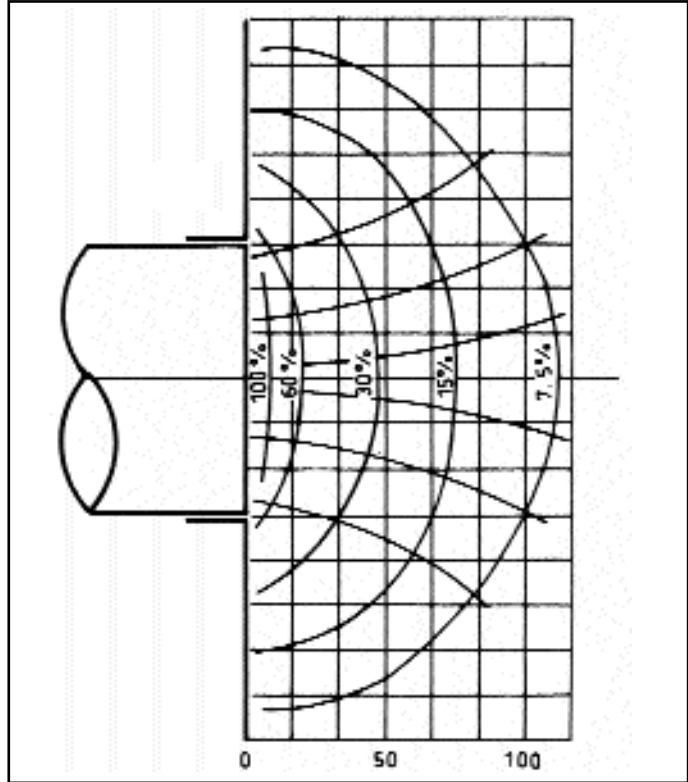
Eğer koşullar dikdörtgen kesitli kanala zorluyorsa, bu kanalların mümkün olduğu kadar kare kesite yakın olmasına çalışılmalıdır.



Şekil 7.11. KANAL EGZOZ DAVLUMBAZI TERMİNOLOJİSİ



Şekil 7.13. HIZ KONTURLARI - DÜZ DAİRESEL AÇIKLIKLARDA - AÇIKLIK HIZININ %'Sİ



Şekil 7.14. HIZ KONTURLARI - FLANŞLI DAİRESEL AÇIKLIKLAR - AÇIKLIK HIZININ %'Sİ

Kirletici Yayılma Koşulları	Örnekler	Yakalama Hızı m/s
Durgun havaya ön hız olmaksızın yayılma	Tanklardan buharlaşma	0.25 - 0.5
Düşük hızda durgun sayılabilecek havaya yayılma	Depo doldurma, düşük hızlı konveyör, kaynak	0.5 - 1.0
Hızlı hava hareketine aktif biçimde karışma	Konveyör yüklemesi, kırıcılar, kömür elekleri	1.0 - 2.5
Çok hızlı hava akımına yüksek hızla karışmak	Öğütme, patlama, sıcak eleme	2.5 - 10

Tablo 7.12. YAKALAMA HIZI DEĞERLERİ

DAVLUMBAZ	TANIM	KENAR ORANI, W/L	HAVA DEBİSİ
	SLOT	0.2 VEYA DAHA AZ	$Q = 3.7 LVX$
	FLANŞLI SLOT	0.2 VEYA DAHA AZ	$Q = 2.6 LVX$
	DÜZ AÇIKLIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA VE YUVARLAK	$Q = V (10X^2 + A)$
	FLANŞLI AÇIKLIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA VE YUVARLAK	$Q = 0.75 V (10X^2 + A)$
	KANAL AĞIZ	İŞE UYGUN	$Q = VA = VWH$
	KANOPI	İŞE UYGUN	$Q = 1.4 PVD$ $P = \text{ÇEVRE}$ $D = \text{OCAK ÜSTÜ YÜKSEKLİK}$
	DÜZ ÇOKLU SLOT AÇIKLIKLI 2 VEYA DAHA FAZLA YARIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA	$Q = V (10X^2 + A)$
	FLANŞLI ÇOKLU SLOT AÇIKLIKLI 2 VEYA DAHA FAZLA YARIK	0.2 VEYA DAHA FAZLA	$Q = 0.75 V (10X^2 + A)$

Şekil 7.15. DAVLUMBAZ TİPLERİ

Kanallarda hava akışında “minimum taşıma hızı” şeklinde bir kavram tarif edilir. Bu hız taneciklerin çökmeden taşınabilecekleri en

düşük hızdır ve değerleri çeşitli haller için **Tablo 7.17’de** verilmiştir. Kanal dizayn hızları, minimum taşıma hızından biraz daha yük-

Seçilen standart çaplı kanal kesiti yukarıda hesaplanan kesitten daha küçük olmalıdır.

7.3.3. Egzoz Bacaları

Egzoz bacaları, dışarı atılan kirleticilerin tekrar besleme sistemi ile içeri dönmelerini engelleyecek şekilde tasarlanmalı ve yerleştirilmelidir. Genelde tek veya iki katlı endüstriyel yapı için, çatıdan 5 m. yükseklikte bir baca yeterlidir. Ancak minimum baca yüksekliği 2,5 m değerindedir. Özel hallerde daha yüksek baca gerektiğinde çevre koruma yönetmeliklerine başvurulmalıdır.

7.3.4. İtme - Çekme Tipi Lokal Havalandırma

İtme - çekme tipi havalandırma bir üfleme nozulu ve üflenen hava jetini emen bir egzoz davlumbazından oluşur. Daha çok kaplama banyoları gibi açık sıvı yüzeylerinden yayılan gazların ve buharların tutulması uygulamalarında kullanılır. Bu sistemin avantajı itme jetinin 10 m mertebesine varan uzun mesafeler boyunca hızını koruyabilmesinden kaynaklanır. Halbuki yukarıda görüldüğü gibi, emme halinde, hız emme ağzından uzaklaşınca, hızla azalır. Uygun bir şekilde dizayn edildiğinde, üflenen hava jeti kirletici ve zehirli buharları oldukça uzun mesafeler boyunca taşıyarak egzoz davlumbazı tarafından emilmesini sağlar.

Aksi halde sadece emiş ile bu zararlı gazları tutmak mümkün değildir. Yatay konumda yerleştirilen bu sistem Föy 7.18'de görülmektedir. İtekleme jeti üfleme nozulundan çıktıktan sonra çevre havası ile karışarak genişler ve hızı giderek azalır. Uzun ince bir yarık şeklindeki nozuldan çıkan jete karışan hava oranı,

$$\frac{Q_x}{Q_0} = 1,2 \left(\frac{a \cdot x}{b_0} \right)^{1/2} + 0,41$$

Burada,

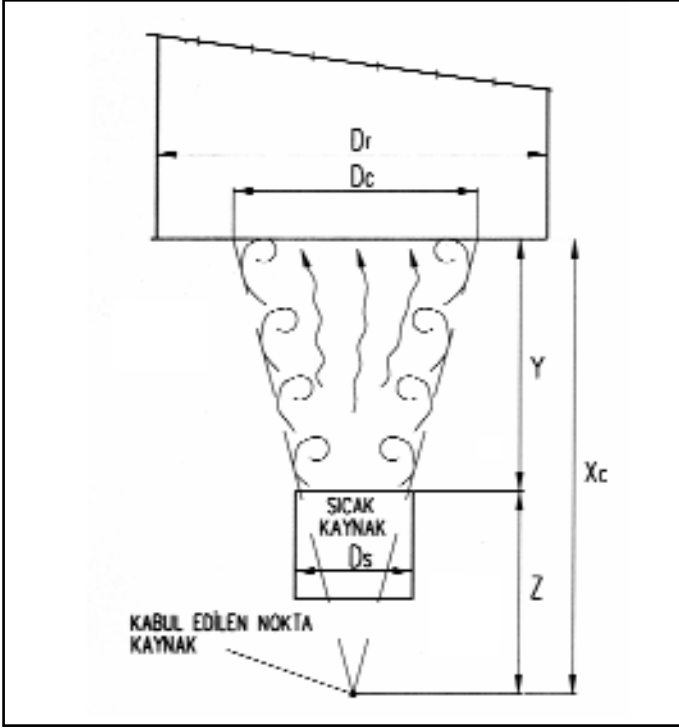
Q_0 = Üflenen hava miktarı

Q_x = x mesafesi sonunda jetin taşıdığı hava miktarı

a = Bir faktör (0,13 alınabilir)

x = Nozuldan itibaren yatay mesafe (m)

b_0 = Yarık genişliği (m)



Şekil 7.16. SICAK KAYNAKLAR İÇİN YÜKSEK KANOPİ DAVLUMBAZLARININ DİZAYNI İÇİN KULLANILAN BOYUTLAR

sek alınabilir. Fakat hızlar hiçbir zaman limit değerinden önemli ölçüde daha düşük olmamalıdır. Kirli hava içindeki taneçiklerin fan gücüne etkileri, genellikle ihmal edilebilir.

Kanal Çapı Hesabı

Kanaldaki hava debisi, Q (m^3/s) ve minimum taşıma hızı, V (m/s) bilindiğine göre kanal kesiti aşağıdaki ifadeyle bulunabilir:

$$A = \frac{Q}{V} \quad (m^2)$$

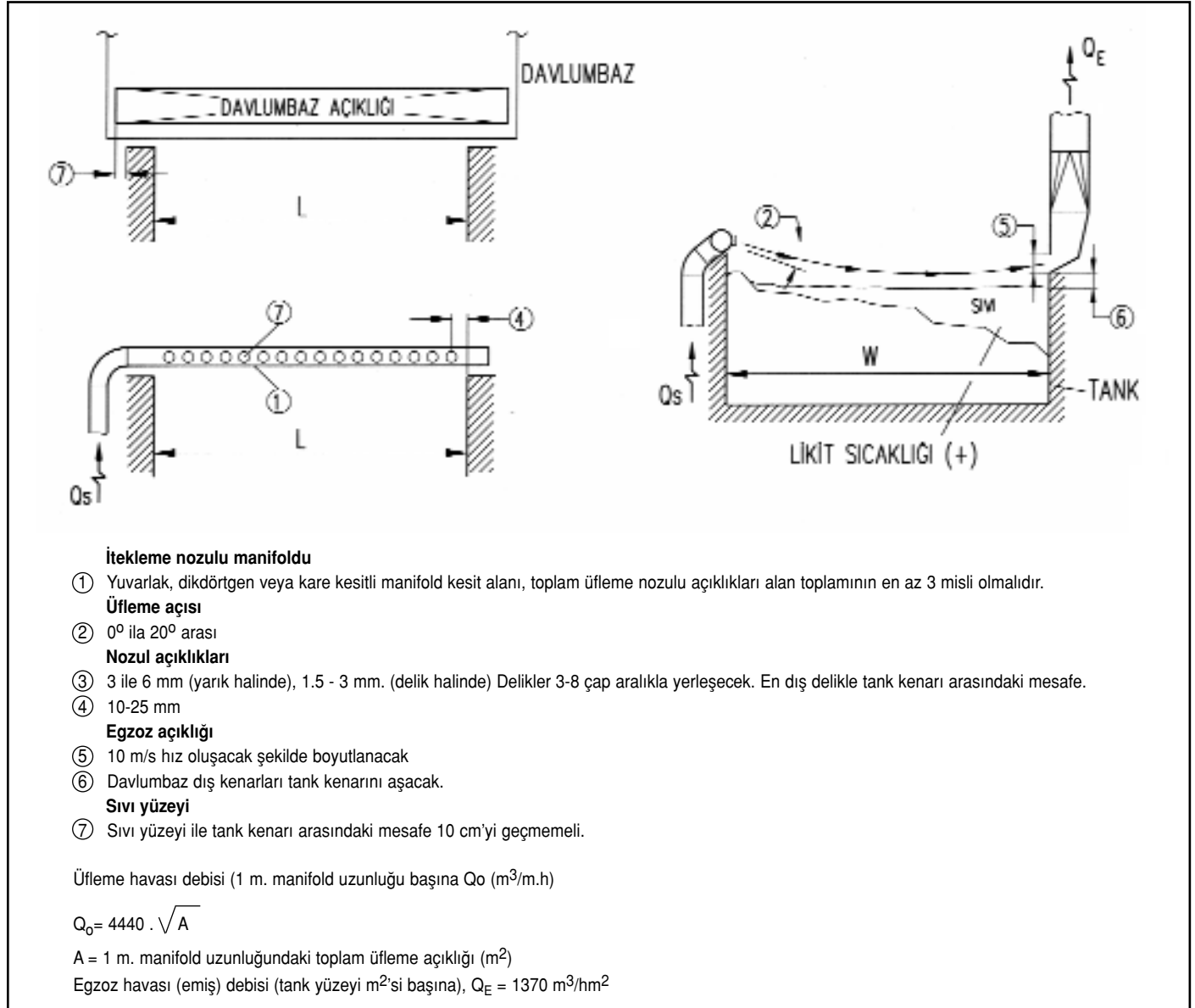
Burada bulunan kesit alanını sağlayan standart çaplı kanal seçilir.

Kirleticilerin Cinsleri	Örnekler	Max. taşıma hızı m/s
Buharlar, gazlar, dumanlar	Bütün buharlar, gazlar, dumanlar	genellikle 5 - 10
Duman	Kaynak	10 - 13
Çok ince hafif toz	Pamuk elyafı, ağaç tozu, lito tozu	13 - 15
Kuru tozlar	İnce lastik tozu, bakalit tozu, jüt elyafı, pamuk tozu, hafif rende, deri traşlama	15 - 20
Ortalama endüstriyel tozlar	Öğütme tozu, kahve taneleri, ayakkabı tozu, granit tozu, silika tozu, tuğla ve seramik kesme, kaya tozu, döküm tozu, kireç tozu, asbest tozu	18 - 23
Ağır tozlar	Testere tozu, (ağır ve ıslak) metal tozları, döküm işlemlerindeki tozlar, kuşlama tozu, dökme demir, kesme tozu, kurşun tozu	20 - 23
Ağır veya ıslak tozlar	Küçük parçalar halinde kurşun, ıslak çimento tozu, boru kesme makinalarında asbest parçaları, yapışkan elyaf	23 ve üzeri

Tablo 7.17. KİRLETİCİ TAŞIMA HIZLARI

Buradan anlaşıldığı gibi davlumbazda emilen hava miktarı üflenen havadan çok daha fazladır. Davlumbazın emiş debisi davlumbaza ulaşan Q_x debisinin 1,5 veya 2,0 misli olmalıdır. Üflenen jet yolu üzerinde sürekli engeller bulunmamalıdır. Özellikle üfleme bölgesindeki engeller sistem verimini çok düşürür. Üfleme nozulu olarak sürekli ince bir yarık veya bir sıra delikler kullanılabilir.

Yarık genişliği kısa mesafeli üflemlerde (2 m'ye kadar) 3-6 mm olabilir. Üflenen hava miktarı ise yeterli momentuma sahip bir jet oluşturacak değerlerde olmalıdır (konstrüksiyon değerleri konusunda fikir edinmek için Föy 7.18'e bakınız). Emiş davlumbazının genişliği ise, idealde ulaşan hava jeti genişliğinde olmalıdır. Ancak uygulamada daha küçük genişlikler de kabul edilmektedir.



Föy 7.18.