

PNOMATİK İLETİM

III. Bölüm

Hüseyin AKKOÇ - Nuri ARUN

Donaldson Torid firması tarafından geliştirilmiş olan kartuş filtre elemanlı TDS-12 tipi bir toz tutma filtresi Şekil 3.15'te gösterilmiştir..

Donaldson Torid kartuş filtre elemanlı TDS model toz tutma filtresinin teknik özellikleri (Tablo 3.5) ve konstrüksiyon dış ölçüleri (Şekil 3.16, Tablo 3.6)'da açıklanmıştır. Böyle bir işlevsel şeması Şekil 3.17'de görülmektedir.

ED-VAN Vantilatör Sanayii Ltd. firmasının standardında geliştirilmiş jet filtreler, (Şekil 3.18, Tablo 3.7) ve (Şekil 3.19, Tablo 3.8)'de gösterilmiştir.

Bundan başka ED-VAN firmasının standardındaki kamlı bir düzenle silkelemeli (Şekil 3.20, Tablo 3.9) ve elle silkelemeli toz filtreleri (Şekil 3.21, Tablo 3.10) görülmektedir.



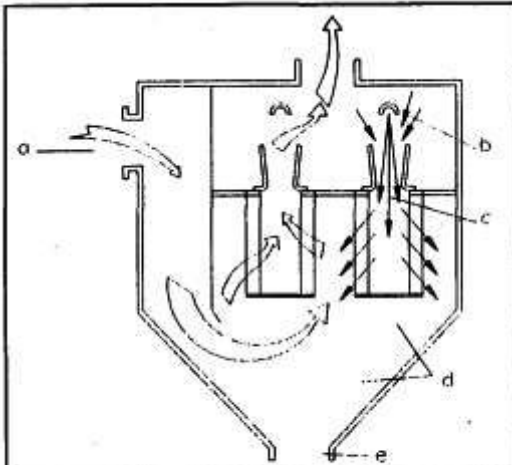
Tablo 3.5 Donaldson Torid kartuş filtre elemanı TDS model toz tutma filtresinin teknik özellikleri

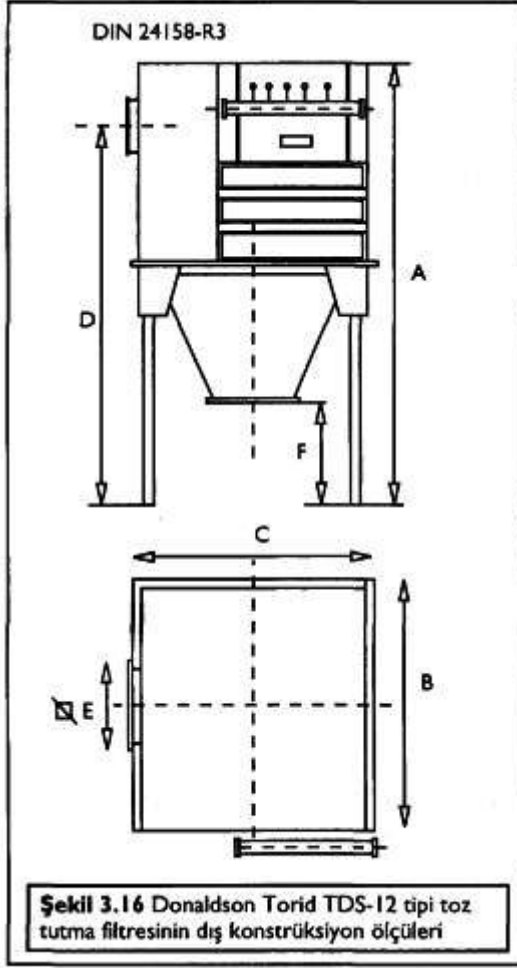
Model TDS	4	6	8	12	16	20	24	32	40	48
Filtre Yüzeyi (m ²)	84	126	168	252	336	420	504	672	840	1008
Torba Filtre Sayısı	4	6	8	12	16	20	24	32	40	48
Torba Ölçüsü (mm)	Ø 324 x 660									
Valf Sayısı	4	3	4	6	8	10	12	16	20	24
Bunker Hacmi (dm ³)	680	1190	1250	2500	2600	3900	5150	5200	7800	10300
Basınçlı Hava (bar)	6.7									
*Hava Miktarı (Nm ³ /h)	3.8	4.10	4.12	4.16	5.20	8.25	8.32	10.40	10.50	10.60
Şalter Panosu	220 V, 1 pH, 50 Hz									
Ağırlık (~kg)	1100	1200	1300	1800	1950	2650	2900	3200	3500	3800

*Basınçlı temizleme havasının miktarı, temizlenecek iletim havasının içerdiği toz derecesine bağlı olmakla beraber genelde her 10.000 m³ hava için 2 ila 4 Nm³ arasında değişmektedir.

Tablo 3.6 Donaldson Torid TDS - 12 tipi toz tutma filtresinin dış konstrüksiyon ölçüleri

A	B	C	D	E	F
3360	1088	1326	2885	355	1065
3675	1326	1326	3200	400	1065
3675	1326	1944	3200	450	1065
3675	1944	1944	3200	560	1065
4445	1984	2644	3970	630	1065
4445	1944	2770	3970	700	1065
4680	1984	3304	4100	800	1065
4680	1984	4072	3950	710x1250	1065
4680	1984	5338	3950	1000x1250	1065
4680	1984	6376	3950	1120x1250	1065

**Şekil 3.17** Donaldson Torid kartuş filtre elemanı YDS model toz tutma filtresinin işlevsel şeması



4. Pnömatik İletim Tesislerinin Hesabı

4.1 Havanın Sıkıştırılabilir Özelliği Dikkate Alınmadan Pnömatik İletim Tesislerinin Hesabı

4.1.1 Genel

Havanın Sıkıştırılabilir (compressibility) özelliği nedeniyle doğacak basınç kaybının %10 ile %15 arasında olabileceği ve basınç kaybını hesap ederken herhangi bir kararsızlığa düşmemek için bu düzeydeki kaybın ihmal edilebileceği literatürlerin bazılarında bildirilmektedir.

Atmosferik havada bu kayıplar 100 mbar dolayındadır. Böyle bir sınır, basınçlı hava gereksinimini tek kademeli bir radyal vantilatörden sağlayan oldukça basit düzenli iletim tesislerinin basınç düzeyini içermektedir. Döner pistonlu bir körüğün düşük basınç düzeyinde ($\Delta p=500$ mbar) ve orta değerli bir hava hızı ile çalışma bir pnömatik iletimin hesabı yapılırken havanın sıkıştırılabilir özelliği dikkate alınmayabilir. Ancak döner pistonlu körük veya tek kademeli (3 bar basınç düzeyine ulaşabilen kapasitede) bir komprösörün yukarı basınç düzeyinde çalıştırılacak bir pnömatik tesisin hesabında iletim havasının Sıkıştırılabilir özelliğinin dikkate alınması gerekir. Bir pnömatik tesis hesabının odak noktasını boru çapı ile basınç kaybı arasındaki bağıntı oluşturmaktadır. Bu iki öğeden sonra hava debisi ve körük gücü saptanır ve buna göre körük seçimi yapılır. İletim malı debisi ile vericiyi saptadıktan sonra toz içeriğinin niteliğine göre filtre seçimi gerçekleştirilir.

Geniş çaplı boru seçimi, basınç kaybını azaltmakla birlikte tesis ve işletme giderlerini yükseltecektir. Öte yandan dar çaplı borularda tesis ve işletme giderleri genelde düşük ve fakat basınç kaybı yüksektir. Boru çapı daraldıkça körük basıncı yetersizliği rizikosunu da artacaktır.

4.1.2 Hava Hızı (Vo)

Genellikle vantilatörle çalışan yüzer ortamlı bir işletmede iletim için Tablo 4.1'de verilen değerler yeterli görülmüştür (W. Siegel-Pneumatische Förderung).

4.1.3 Basınç Kaybı (Δp)

Pnömatik iletimde Δp basınç kaybı altı ayrı basınç kaybından oluşur. Bunlardan ikisi salt hava akımından, dördü iletim malından doğmaktadır.

4.1.3.1 Hava Sürtünme Kaybı (Δp_n)

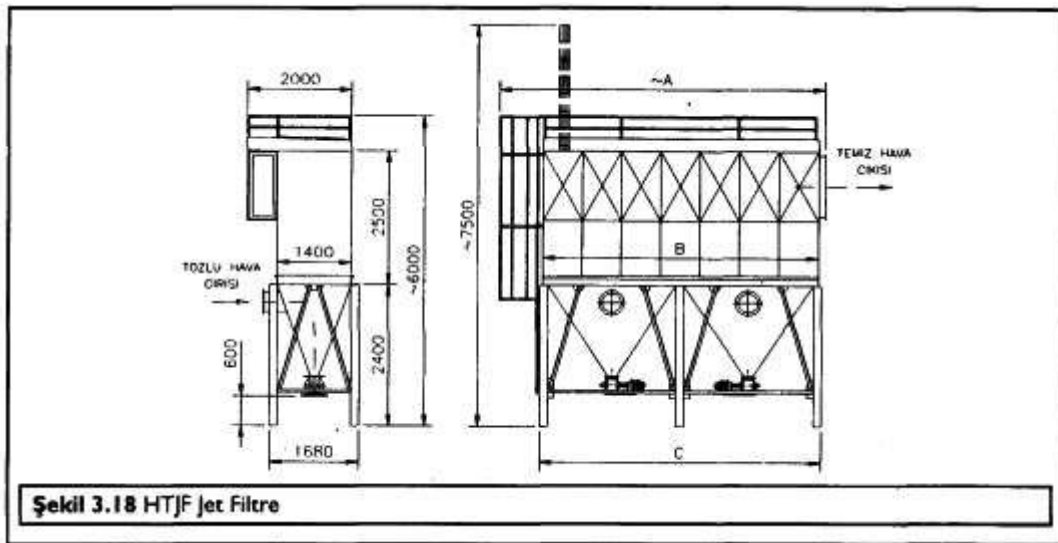
Basınç kaybı ΔP_H salt hava akımındaki basınç kaybı gibi tanımlanmaktadır. Mal-hava akımında basıncın değişmesi durumlarında basınç kaybının ispatlanması güç olduğundan yapılacak hesaplarda basınç kaybı, mal sürtünme kaybının içine dahil edilmiş gibi kabul edilir.

4.1.3.2 Hava Direnci Ayırıcıları (Δp_w) >br> Hava direncini oluşturan ayırıcılar;

- Kesit yüzeyi değişimleri
- Kıvrımlı dirsekler
- Memeler
- Ayırıcılar
- Siklonlar
- Filtreler

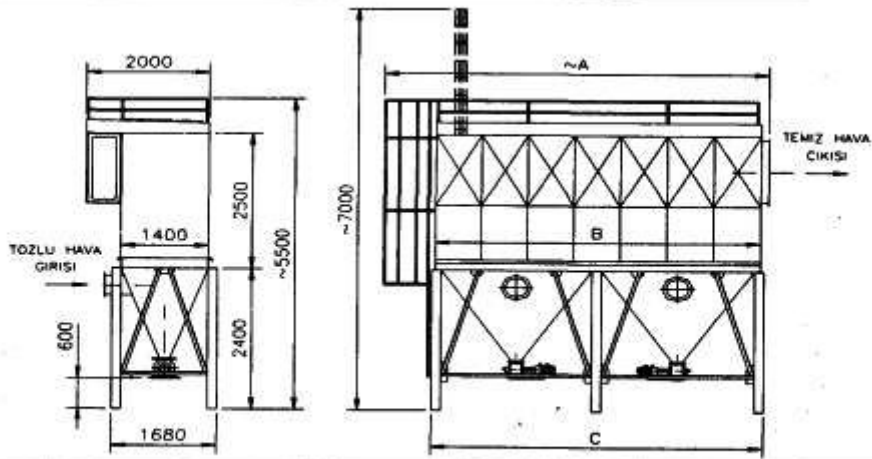
Düzenli bir biçimde çekilmiş iletim hattında hava dirençleri hesaba katılmaz. Kurulan tesisteki memelilerin, ayırıcıların, siklonların ve filtrelerin dirençleri tek tek tahkik edilerek iletim hattındaki basınç kaybı ile toplamı alındıktan sonra vantilatörün seçimi gerçekleştirilir. Kıvrımlı dirsek, ayırıcı, siklon ve filtrelerde dikkate alınacak basınç kayıplarını empirik veren açıklamalar paragraf 4.1.3.7'de yer almıştır.

İletim tesisatında gerekli emme havasının basınç kaybı dikkate alınmaz. Çünkü bu basınç kaybı, iletim hattındaki basınç kaybı ile karşılaştırıldığında çok önemsizdir. Bu nedenle iletim hattının sonuna iletim malı ve iletim havasının kinetik enerjisini tekrar geri kazanmak için herhangi bir önlem alınmaz.



Tablo 3.7 HTJF Jet Filtre Boyutları Tablosu

HTJF Jet Filtre	Filtreleme Alanı m ²	DEBİ m ³ /h		A mm	B mm	C mm
		min.	max.			
80/2500	0.78	7050	8580	2650	1500	1630
120/2500	117	10550	12850	3400	2250	2380
160/2500	157	14150	17250	4150	3000	3130
200/2500	196	17650	21550	4900	3750	3880
240/2500	235	21150	25850	5650	4500	4630
280/2500	274	24700	30100	6400	5250	5380
320/2500	313	28200	34400	7150	6000	6130
360/2500	353	31800	38800	7900	6750	6880
400/2500	392	35300	43100	8650	7500	7630
440/2500	431	38800	47400	9400	8250	8380
480/2500	470	42300	51700	10150	9000	9130
520/2500	509	45850	55990	10900	9750	9880
560/2500	549	49450	60390	11650	10500	10630
600/2500	588	52950	64680	12400	11250	11380

**Şekil 3.19 HTJF Jet Filtre**

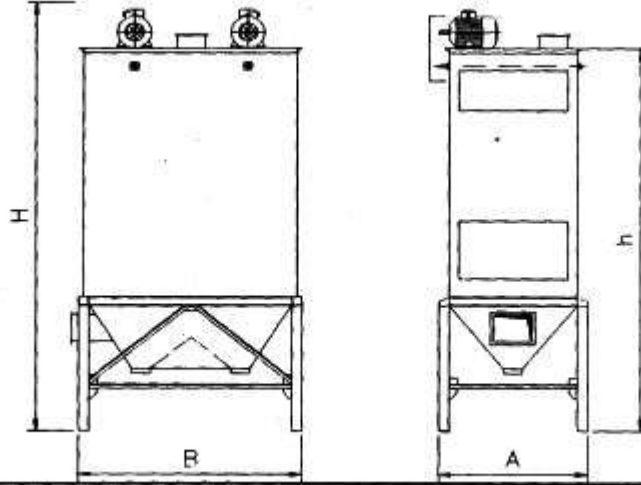
Tablo 3.8 HTJF Jet Filtre Boyutları Tablosu						
HTJF Jet Filtre	Filtreleme Alanı m ²	DEBİ m ³ /h		A mm	B mm	C mm
		min.	max.			
80/1800	56	5040	6160	2650	1500	1630
120/1800	84	7560	9240	3400	2250	2380
160/1800	112	10080	12320	4150	3000	3130
200/1800	140	12600	15400	4900	3750	3880
240/1800	168	15120	18480	5650	4500	4630
280/1800	196	17640	21560	6400	5250	5380
320/1800	224	20160	24640	7150	6000	6130
360/1800	252	22680	27720	7900	6750	6880
400/1800	280	25200	30800	8650	7500	7630
440/1800	308	27720	33880	9400	8250	8380
480/1800	336	30240	36960	10150	9000	9130
520/1800	364	32760	40040	10900	9750	9880
560/1800	392	35280	43120	11650	10500	10630
600/1800	420	37800	46200	12400	11250	11380

4.1.3.3 İletim Malı Sürtünme Kaybı (Δp_R) Pnömatik iletim tesislerinde sürdürülen deneyim araştırmalarında, iletim malı sürtünme kaybı Δp_g 'nin tane biçimi, (ps) özgül ağırlığı ve yığın malın yoğunluğu (pss) ile bağıntılı olduğu bildirilmektedir.

4.1.3.4 Dikey İletim Kaybı (Δp_h) Dik iletim kaybı Δp_h , dikey boru içinde duran veya hareket halindeki yığın mal kolonunun boru kesitine bağıntılı ağırlığına eşittir. Dik iletim kaybı bundan başka dikey boru içindeki sürtünme ile değıl jeodetik Δh yüksekliğini yenmekle bağıntılıdır.

4.1.3.5 İvme Kaybı (Δp_i) İletim borusunun 1 mesafesindeki ivme aralığında, iletim malının kararlı bir hız kazanması, bir enerji kaybı ile bağıntılıdır. Bu olgu doğıal olarak bir Δp_i basınç kaybı ile eşdeğerdir.

4.1.3.6 Kıvrımlı Dirsek Kaybı (Δp_K) İletim malının bir kıvrımlı dirsekten belli bir başlangıç hızıyla geçerken boru iç çeperine çarparak frenlenmesi olayı da bir Δp_K ivme katsayısıdır.

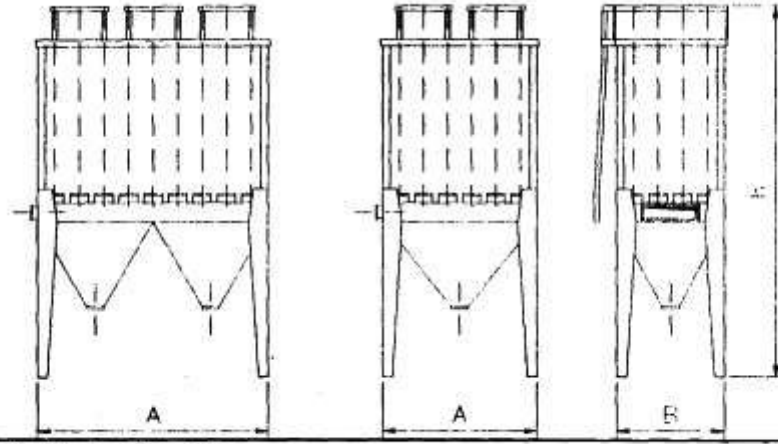


Şekil 3.20 Kamlı Silkelemeli Toz Filtresi

Tablo 3.9 Elle Silkelemeli Toz Filtresi Boyutları Tablosu

KTF	DEBİ m ³ /h	Filtreleme Alanı m ²	A mm	B mm	H mm	h mm	Bunker Adedi
12/2000	1500	15.0	1240	900	3960	3710	1
12/2500	1880	18.8	1240	900	4460	4210	
16/2000	2000	20.0	1250	1240	3960	3710	
16/2500	2500	25.0	1250	1240	4460	4210	
25/2000	3100	31.0	1500	1400	3960	3710	
25/2500	3900	39.0	1500	1400	4460	4210	
30/2000	3760	37.6	1500	1650	3960	3710	
30/2500	4700	47.0	1500	1650	4460	4210	
36/2000	4500	45.0	1760	1650	3960	3710	
36/2500	5650	56.5	1760	1650	4460	4210	
50/2000	6200	62.0	1500	2700	3960	3710	2
50/2500	7800	78.0	1500	1700	4460	4210	
60/2000	7520	75.2	1500	3200	3960	3710	
60/2500	9400	94.0	1500	3200	4460	4210	
72/2000	9000	90.0	1760	3200	3960	3710	
72/2500	11300	113.0	1760	3200	4460	4210	

Tablo 3.9 Elle silkelemeli toz filtresi boyutları tablosu



Şekil 3.21 Elle Silkelemeli Toz Filtresi

Tablo 3.10 Elle Silkelemeli Toz Filtresi Boyutları

ETF	DEBİ m ³ /h	Filtreleme Alanı m ²	A mm	B mm	H mm	Bunker Adedi	Silkeleme Kol Adedi
ETF 12/20	1500	15.00	1096	846	4020	1	1
ETF 12/25	1875	18.75	1096	846	4520	1	1
ETF 16/20	2000	20.00	1096	1096	4020	1	1
ETF 16/25	2500	25.00	1096	1096	4520	1	1
ETF 18/20	2250	22.50	1596	846	4020	1	2
ETF 18/25	2800	28.00	1596	846	4520	1	2
ETF 24/20	3000	30.00	1596	1096	4020	1	2
ETF 24/25	3760	37.60	1596	1096	4520	1	2
ETF 32/20	4000	40.00	2096	1096	4020	2	2
ETF 32/25	5000	50.00	2096	1096	4520	2	2
ETF 36/20	4500	45.00	2346	1096	4020	2	3
ETF 36/25	5650	56.50	2346	1096	4520	2	3

Tablo 4.1 Pnömatik Yüzer Ortamlı İletimde Önemli Bazı Yığın Mallarda İlişkin Veriler

İletim Malı	d_s (mm)	ρ_s (kg/m ³)	ρ_{ss} (kg/m ³)	V_o (m/s)	α I
Arpa	4.0	1420	690	20-25	0.04
Ağaç talaşo	50 x 20 x 1	470	150-400	22-25	0.04
Buğday	3.9	1380	730	22-27	0.04
Buğday Kepeği	1.0	1470	300	20-25	0.06
Buğday Unu	0.09	1470	540	18-23	0.08
Çavdar	3.0	1180	620	22-25	0.04
Çimento	0.05	3100	1420	20-25	0.18
Çimento (farin)	0.05	3100	960	20-25	0.15
Destere tozu	0.7	470	190	20-25	0.04
Hayvan yemi	0.86	1370	540	22-25	0.06
Kaya tuzu	1.6	2190	1200	22-27	0.08
Malt	3.7	1370	540	20-22	0.04
Mısır	0.86	1300	680	22-25	0.04
Mısır irmiği	1.6	1440	450	23-25	0.06
Mısır unu	0.19	1400	460	23-25	0.1
Pirinç	2.7	1620	800	20-25	0.06
Pirinç kabuğu	2.5	1280	105	18-20	0.04
Polipropilen granülü	3.5	1000	500	20-25	0.04
PVC-Pulver	0.2	1320	570	20-25	0.1
P.Etilen granülü	3.5	1070	500	20-25	0.04
Prina (kuru)	0.96	680	260	20-22	0.04
Soya	6.3	1270	690	22-25	0.04
Sabun (rende)	20 x 5	1100	600	23-27	0.08
Toz şeker	0.52	1610	860	20-25	0.08
Yulaf	3.4	1340	510	22-25	0.04

d_s = Tane çapı,

ρ_s = Tanenin özgül ağırlığı

ρ_{ss} = Yığın malın yoğunluğu,

V_o = İletim borusunda gerekli hava hızı (atmosferik havanın özgül ağırlığı $\rho_s= 1.2 \text{ kg/m}^3$ ilkesine göre)

α = Boru çapına bağlı basınç kaybı katsayısı

4.1.3.7 Toplam Basınç Kaybı (Δp) Basınç kayıplarının tümü toplanınca toplam basınç kaybı elde edilir (Δp_w dışında) $\Delta p = \Delta p_H + \Delta p_R + \Delta p_h + \Delta p_s + \Delta p_K$

$$\Delta p = \frac{\rho_H}{2} \times v^2 \times \left\{ \lambda_H \times \frac{\Delta l}{d} + \mu \times \left[\alpha \times \Delta l + \frac{2 \times \Delta h \times g}{\beta \times v^2} + 2 \times \beta \times \left(1 + \frac{i}{2} \right) \right] \right\} \quad (4.1)$$

Δp = Toplam basınç kaybı (Pa/m²)

ρ_H = Hava özgül ağırlığı (kg/m³)

V = Gerekli iletim havasının hızı (m/sn)

($\rho_H = 1.2 \text{ kg/m}^3$ bazında, Bkz Tablo 4.1)

λ_H = Hava basınç kaybı katsayısı (0.02 ile 0.03)

Δl = Yatay iletim borusu uzunluğu (m)

d = İletim borusu çapı (m)

μ = Karışım oranı (Q_s/Q_H)

Q_s = İletim malı kitle debisi

Q_H = İletim havası kitle debisi

α = Boru çapına bağımlı basınç kaybı katsayısı
(Bkz, Tablo 4.1)

Δh = Dikey İletim borusu uzunluğu (m)
 g = Yer çekimi ivmesi(m/s²)
 β = İletim malı hızı c'nin iletim havası hızı v'ye oranı (c/v):
 Tozsu ve irimiksi iletim malı için $\beta=0.8$,
 Taneli iletim malı için $\beta=0.7$
 i = Kıvrımlı dirsek sayısı

4.2 Bir Pnömatik İletim Tesisatının Havanın Sıkıştırılabilir Özelliği Dikkate Alınmadan Tasarınlanması

Pragraf 4.1'de açıklandığı gibi havanın sıkıştırılabilir özelliği yalnız küçük basınçlarda dikkate alınmaz. Böylece pnömatik emme yöntemli tesisattaki iletim, basınç yöntemli pnömatik tesisteki iletme eşit olur. Gerek emme, gerek basınç ve gerek yüksek basınç yöntemli iletim tesislerindeki boru çapının tahmini hesabı için paragraf 4.2.1'deki hesap yöntemi yeterlidir.

4.2.1 Boru Çapı

$$\Delta p_s = \frac{2 \times K_s \times Q_s \times v}{\pi \times d^2} \text{ 'dan (4.2)}$$

Q_s = İletim malının debisi (kg/s)

$$d = \sqrt{\frac{2 \times K_s \times Q_s \times v}{\pi \times \Delta p_s}} \text{ (m) (43)}$$

Ekonomik bazda çalışan yüzer ortamlı iletim tesislerinin çoğunda (μ) karışım oranı 10'dan büyüktür. Burada Δp_s bir yan kayıp olup, iletim malının akış sürecinde oluşur.

$$\Delta p_s = \mu \times K_s \times \frac{\Delta p}{2} \times V^2 \text{ (p}_j\text{/m}^2\text{) (44)}$$

Öte yandan K_s iletim malı akımına bağıntılı bir basınç kaybı katsayısıdır ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunur:

$$K_s = \alpha \times \Delta l + \frac{2 \times \Delta h \times g}{\beta \times V^2} \times 2 \beta \times \left(1 + \frac{i}{2}\right) \text{ (4.5)}$$

Bu eşitlikte iletim malının kitle debisi Q_s , önceden verilmiştir. Hava hızı vs, Tablo 4.1'den seçilir. Öngörülen körüğün tüm basınç kapasitesi, gerek Δp_s için hesaplanan basınç kaybına ve gerek daha sonra hesaplanan tüm basınç kaybına aynı biçimde uyumlu olabilmelidir. Döner pistonlu körükle işleyen (maksimum basınç kapasitesi 1 bar) orta basınçlı tesislerin projesinde Δp_s 'yi karşılamak üzere körük kapasitesini yaklaşık olarak %70 oranında arttırmalıdır. Eğer iletim hattı çok uzun veya uzun bir hava borusu mevcutsa bu arttırma küçük olabilir. (4.3) eşitliğine göre hesaplanan çapta boru mevcut olmayabilir. Hesaplanan değere karşılık piyasada satılmakta olan uygun çapta bir boru seçimi gerçekleştirilmelidir. Hesap edilerek bulunan değerden daha büyük çapta bir boru seçimi gerçekleştiği takdirde, (4.2) eşitliği kıyaslamasıyla Δp_s basınç kaybı küçülecek veya aksine daha dar çaplı boru seçildiğinde büyümüş olacaktır. Körük basınç kapasitesinin yetersiz olması halinde daha geniş çapta bir boru seçerek hesabı tekrar etmelidir.

4.2.2 Hava Debisi

Seçilen (d) boru çapı ve bundan önce Tablo 4.1'den saptanan (Vo) hava hızı yardımı ile hava debisi bulunur:

$$V_H = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times V_o \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (4.6)$$

4.2.3 Gerekli Tahrik Gücü

Küçük basınç değişimlerinde havanın sıkıştırılabilir özelliği dikkate alınmazsa körüğün ürettiği hava basıncı için gerekli tahrik gücü aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir;

$$P = \frac{\Delta p_t \times V_H}{9.81 \times 102 \times \eta_t} \quad (\text{kW}) \quad (5.6)$$

P = Gerek tahrik gücü (kW)
 Δp_t = Toplam basınç farkı (pa)
 V_H = Hava debisi (m³/h)
 η_t = Körük veya vantilatör toplam verimi
($\eta_t = 0.60$ ila 0.80)

* Bu makale, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı'ndan alınmıştır.