YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VAKUMLU PNÖMATİK KONVEYÖR SİSTEMLERİ VE BUNLARIN TASARIM KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

Makine Mühendisi Yahya POLAT

FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstruksiyon Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Mustafa ALIŞVERİŞÇİ

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ (Alfabetik) iii

ŞEKİL LİSTESİ vii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖNSÖZ x

ÖZET xi

ABSTRACT xii

1. VAKUMLU KONVEYÖRLERİN GENEL TANIMLANMASI 1

1.1 Pnömatik Konveyör Tarihçesi 1
1.2 Pnömatik Konveyörlerin Avantajları 2
1.3 Pnömatik Konveyörlerin Dezavantajları 2
1.4 Pnömatik Konveyörlerle Taşınabilecek Malzemeler 3
1.5 Pnömatik Konveyör Çeşitleri 6
1.5.1 Kapalı Sistemler 7
1.5.2 Açık Sistemler 8
1.5.2.1 Pozitif Basınçlı Sistemler 8
1.5.2.2 Negatif(Vakum) Basınçlı Sistemler 8
1.5.2.3 Pozitif ve Negatif Basınçlı Sistemler 9
1.6 Pnömatik Konveyör Seçiminde Malzeme Özelliklerinin Etkileri 10
1.6.1 Yapışkan Malzemeler 10
1.6.2 Yanıcı Malzemeler 10
1.6.3 Islak Malzemeler 10
1.6.4 Elektrostatik Malzemeler 11
1.6.5 Aşındırıcı Malzemeler 11
1.6.6 Parçalanabilir Malzemeler 11
1.6.7 Taneli Malzemeler 11
1.6.8 Nemli Malzemeler 12
1.6.9 Düşük Ergime Noktalı Malzemeler 12
1.6.10 Radyoaktif Malzemeler 12
1.6.11 Zehirli Malzemeler 12
1.6.12 Çok Tozlu Malzemeler 12
1.7 Pnömatik Konveyör Seçiminde Sistem Gereksinimleri 13
1.7.1 Çoklu Toplama 13
1.7.2 Çoklu Dağıtım 13
1.7.3 Çoklu Toplama ve Dağıtım 13
1.7.4 Farklı Malzemelerin Toplanması 13
1.7.5 Farklı Uzaklıklara Taşıma 14
1.7.6 Depolardan Taşıma 14
1.7.7 Dolu Boru Hattıyla Çalışmaya Başlamak 14

2. VAKUMLU PNÖMATİK KONVEYÖRLER 15

2.1 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerin Genel Tanımlanması 15
2.2 Vakumlu Pnömatik Konveyör Konstruksiyonları.....18
2.3 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerin Matematiksel Olarak Modellenmesi.....21
2.3.1 Kabüller 22
2.3.2 Akış Rejimleri İçin Tasarım Etkenlerinin Hesaplanması..... 23
2.3.3 Giriş Etkenleri ve Tasarım Hızları 24
2.3.4 Basınç Düşümü ve Akış Rejiminin Diğer Etkenleri..... 25
2.3.4.1 Gaz Sürtünmesi ve Taşınıma Bağlı Bağıl Basınç Düşümü..... 25
2.3.4.2 Malzemelerin Hızlanmasıyla Taşıma Hatlarında Oluşan Basınç Düşümleri..... 29
2.3.5 Taşıma Hatlarındaki Akış Rejimlerindeki Toplam Basınç Düşümü..... 30
2.3.6 Taşıma Hatlarının Çıkış Noktalarındaki Akış Rejimlerinin Etkenleri 30
2.3.7 Katı Ayırma Ünitesinde Basınç Düşümü ve Etkenleri..... . 31
2.3.8 Gaz Hatlarındaki Bağıl Basınç Düşümü..... 31
2.3.9 Bilgisayar Destekli Hesaplamalar..... .. 34
2.4 Vakumlu(negatif) – Pozitif Basınçlı Pnömatik Konveyörlerin Karşılaştırılması.....35
2.4.1 Sayısal Olarak Karşılaştırma..... 36
2.4.2 Sistem Analizi..... 36
2.4.3 Taşıma Parametreleri..... 36
2.4.4 Boru Hattı..... 37
2.4.5 Basınç Düşüren Elemanlar..... 38
2.4.5.1 Düz ve Dik Boru Hattında Basınç Düşümü..... 38
2.4.5.2 Dirseklerde Basınç Düşümü..... 38
2.4.6 Havaya Bağlı Basınç Düşümü..... 39
2.4.7 Hızlanmaya Bağlı Basınç Düşümü 40
2.4.8 Malzeme Akış Miktarının Değerlendirilmesi.....40
2.4.9 Vakumlu(negatif) ve Pozitif Basınçlı Sistemlerin Sayısal Olarak Karşılaştırma Sonucu....42
2.5 Vakumlu Pnömatik Konveyörler Konstruksiyon Elemanları.....43
2.5.1 Vakum Pompası Konstruksiyonları ve Çalışma prensipleri..... 43
2.5.1.1 Radyal Vakum Pompaları..... 44
2.5.1.2 Yandan Kanallı Vakum Pompaları..... 46
2.5.1.3 Döner Kanatlı Vakum Pompaları..... 48
2.5.1.4 Döner Loblu (Roots)Vakum Pompaları..... 51
2.5.1.5 Kanca Tipi Vakum Pompaları..... 53
2.5.1.6 Vidalı Tip Vakum Pompaları.....55
2.5.2 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerde Besleme Elemanları.....57
2.5.2.1 Emiş Ağzı Konstruksiyonları..... 57
2.5.2.2 İstasyonel Vakumlu Pnömatik Konveyör Besleme Üniteleri.....59
2.5.2.3 Döner Valfler 60
2.5.2.4 Boru Hatları.....62
2.5.2.5 Dirsekler.....62
2.5.2.4 Valfler.....63
2.5.3 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerde Boşaltma Elemanları.....63
2.5.3.1 Siklonlar.....64
2.5.3.2 Taşıyıcı Araçlar.....65
2.5.3.3 Çuval Boşaltma Sistemleri 66

3 VAKUMLU PNÖMATİK KONVEYÖRLERDE TASARIMA ETKİ EDEN ETMENLER..... 68

3.1 Vakumlu Pnömatik Sistemlerde Emiş Ağzı Tasarımı..... 69

3.1.1 Emiş Ağız Tasarımları ve Çalışma Çeşitleri..... 69
3.1.2 Emiş Ağzı Geometrisinin Etkisi..... 70
3.1.3 Kısılma Etkisi..... 73
3.1.4 Tasarımda Dikkat Edilecek Noktalar..... 75
3.2 Vakum Pompasının Tasarıma Etkisi ve Seçimi..... 76
3.2.1 Gerekli Pompa Debisi..... 77
3.2.2 Pompa Vakum Seviyesi..... 77
3.2.3 Pompa Çalışma Prensibi..... 77
3.2.4 Pompa Güç İhtiyacı..... 77
3.2.5 Servis ve Bakım Olanakları..... 78
3.2.6 Sistem Konumu ve Kullanılabilir Alan Olanakları..... 78
3.2.7 Maliyet..... 78
3.3 Katı – Gaz Ayırıcılarda Tasarıma Etki Eden Faktörler..... 78
3.4 Aşınmanın Tasarıma Etkisi..... 80
3.5 Valf Seçimi..... 83
3.5.1 Aşınma..... 84
3.5.2 Sistem Sıcaklık Etkisi..... 84
3.5.3 Basınca Bağlı Seçim..... 84

4 SONUÇ..... 86

KAYNAKLAR..... 87
EKLER..... 88
ÖZGEÇMİŞ..... 90

SİMGE LİSTESİ

A Boru hattı kesit alanı

C Taşıma hattı hava hızı

C_d Sürüklenme katsayısı

C_p Sabit basınç altında taşınan gaz ısısı

C_v Sabit hacim altında taşınan gaz ısısı

d Boru hattı çapı

d_t Boru hattı iç çapı

d_p Taşınan malzemede ortalama parça büyüklüğü

$D_{r,n}$ Akış rejiminde taşıma oranı

D_{rt} Sistemin toplam taşıma oranı

E Dikey taşıma hatları için boşluk oranı

f Boru hattı sürtünme katsayısı

f_f Gaz-boru yüzeysel sürtünmesi için sürtünme katsayısı

F_n n akış rejimindeki akış oranı

F_d Girişte belirlenmiş gaz akış oranı

g Yerçekimi ivmesi

h_p Malzeme sertliği

H_R Soğutucu ile alınacak ısı miktarı

Hp_a Vakum pompasının adyabatik gazda beygir gücü

Hp_p Vakum pompasının politropik gazda beygir gücü

HP_r Vakum pompasının çalışma gücü

I Sistemdeki toplam akış rejimi sayısı

K Özgül ısı oranı

K_h Yatay yüzeysel gaz hızı için tasarım katsayısı

K_v Dikey yüzeysel gaz hızı için tasarım katayısı

K_g Sistem toplam basınç düşümünün direk gaz hatlarındaki basınç düşümüne oranı

K_p Politropik işlemde özgül ısıların oranı

L_t Toplam eşdeğer boru hattı uzunluğu

L Boru hattı boyu

L_a Toplam eşdeğer gaz hattı uzunluğu

m Hava kütle akış oranı

m_p Taşınan malzemenin kütle akış oranı

m_a Kullanılan hava için kütle akış oranı

n Akış rejimi adeti

p Hava basıncı

P_{tch} Hesaplanmış yatay akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

P_{tcv} Hesaplanmış dikey akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

P_{ct} Hesaplanmış tüm akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

$P_{ha,n}$ Hesaplanmış n 'inci yatay akış rejimindeki basınç düşümü

$P_{va,n}$ Hesaplanmış n 'inci dikey akış rejimindeki basınç düşümü

P_{tah} Hesaplanmış yatay gaz akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

P_{tav} Hesaplanmış dikey gaz akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

P_{at} Hesaplanmış tüm gaz akış rejimlerindeki toplam basınç düşümü

P_a Akış rejimlerinde kabul edilen basınç

P_c Akış rejimlerinde hesaplanmış basınç düşümü

P_i Vakum pompasının mutlak emiş basınç değeri

P_t Sistemde hesaplanmış toplam basınç düşüm değeri

P_n n'inci akış rejimideki mutlak basınç değeri

$P_{ah,n}$ V_n gaz hızında normal koşular altında yatay hava giriş hattındaki bağıl basınç düşümü

$P_{ah,d}$ V_a gaz hızında yatay hatlarda bağıl hız düşümü

$P_{av,d}$ V_a gaz hızında dikey hatlarda bağıl hız düşümü

$P_{aha,d}$ V_a gaz hızında yatay hatlarda bağıl hız düşümü gaz yoğunluğu etkisiyle

$P_{ava,d}$ V_a gaz hızında dikey hatlarda bağıl hız düşümü gaz yoğunluğu etkisiyle

P_{amb} Ortam basıncı

$P_{acc,h}$ Yatay hatta malzeme giriş hızlanmasına bağlı basınç düşümü

$P_{acc,v}$ Dikey hatta malzeme giriş hızlanmasına bağlı basınç düşümü

$P_{ch,d}$ V_a gaz hızında yatay hatlarda bağıl hız düşümü

$P_{cv,d}$ V_a gaz hızında dikey hatlarda bağıl hız düşümü

P_{ga} Gaz hatlarında kabul edilen toplam basınç düşümü

P_{ta} Tüm sistemde kabul edilen toplam basınç düşümü

P_{ca} Tüm taşıma hatlarında kabul edilen toplam basınç düşümü

P_p Emiş filtresi gibi yardımcı elemanların sebep olduğu basınç düşümü

ρ Taşınan hava yoğunluğu

$\rho'_{c\alpha}$ Ayırıcıya giren havadaki malzeme oranı

$\rho'_{c\omega}$ Ayırıcıdan çıkan havadaki malzeme oranı

Q_m Gaz kütlesi akış oranı

R	Gaz sabiti
R_n	n'inci akış rejimindeki basınç oranı
R_a	Vakum pompasındaki basınç oranı
S/A	Katı hava oranı
T	Sıcaklık
T_{amb}	Ortam sıcaklığı
T_i	Vakum pompası giriş gazı sıcaklığı
T_{max}	Malzeme taşınmasına uygun maksimum sıcaklık
T_o	Vakum pompası hava çıkış sıcaklığı
U_n	Önceden seçilmiş hızlar
V	Hacimsel hava akış oranı
V_a	Akış rejimlerinde kabul edilmiş hızlar
V_{avg}	Akış rejiminde ortalama hız
V_{ch}	Dikey hatlarda tıkanma hızı
V_{dh}	Yatay hatlarda tasarım hızı
V_{dv}	Dikey hatlarda tasarım hızı
V_t	Asılılık hızı
V_{sv}	Dikey hatlarda yüzeysel katı hızı
V_n	n'inci akış rejimideki hız
V_{max}	Sistemdeki maksimum hız
$V_{p,max}$	Sistemde izin verilebilir maksimum hız
W	Taşıma hatlarındaki akış rejimi sayısı
W_n	n'inci akış rejimindeki ağırlık akış oranı
W_T	Sistemin toplam ağırlık akış oranı
X_n	Yatayda akış rejimi uzunluğu
Z_n	Dikeyde akış rejimi uzunluğu
η_p	Vakum pompasının polytropik verimi
η_m	Vakum pompasının mekanik verimi
η_c	Ayırıcının gaz temizleme oranı
ϱ_{amb}	Sistem girişindeki gaz yoğunluğu
ϱ_a	Akış rejiminde kabul edilen gaz yoğunluğu
ϱ_n	n' inci akış rejimindeki hesaplanmış gaz yoğunluğu
ϱ_t	Taşınan malzemenin gerçek yoğunluğu
Φ	Katı yükleme oranı

ŞEKİL LİSTESİ.....Sayfa

Şekil 1.1 Pnömatik konveyör çeşitleri.....6
Şekil 1.2 Kapalı bir konveyör konstruksiyonu.....7
Şekil 1.3 Pozitif basınçlı konveyör konstruksiyonu.....8
Şekil 1.4 Negatif(Vakumlu) konveyör konstruksiyonu.....9
Şekil 1.5 Pozitif ve negatif(vakumlu) konveyör konstruksiyonu.....9
Şekil 2.1 Çoklu boşaltma noktalı vakumlu pnömatik konveyör konstruksiyonu.....16
Şekil 2.2 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör.....18
Şekil 2.3 Ağırlık ölçümlü vakumlu pnömatik konveyör.....18
Şekil 2.4 İlaç tablet preslerinde kullanılan vakumlu pnömatik konveyör.....18
Şekil 2.5 Elektromekanik filtreli vakumlu pnömatik konveyörü.....19
Şekil 2.6 Vakumlu pnömatik konveyörü.....19
Şekil 2.7 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör.....19
Şekil 2.8 Ara toplayıcı vakumlu pnömatik konveyör sistemi.....20
Şekil 2.9 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör.....20
Şekil 2.10 Karıştırıcılı ve özel filtreli vakumlu pnömatik konveyör.....20
Şekil 2.11 Kapalı çalışmada akış rejimi.....22
Şekil 2.12 Akış Rejimleri için Tasarım Etkenleri.....23
Şekil 2.13 Konveyör Sisteminde Giriş Koşulları.....25
Şekil 2.14 Negatif ve pozitif basınçlı konveyör sistemi şematik.....35
Şekil 2.15 Vakumlu ve pozitif konveyör sistemleri için hava hızı basınç grafiği.....35
Şekil 2.16 Portland çimentosunun 100 mm çaplı boruda yatay hat taşınmasına ait grafik.….38
Şekil 2.17 Radüslü dirseklerin çimento taşımak için eş uzunlukları.....39
Şekil 2.18 En yaygın vakumlu pnömatik konveyör konstruksiyonu.....43
Şekil2.19 Radyal vakum pompaları patlamış resmi.....45
Şekil 2.20 Yandan kanallı vakum pompaları çalışma prensibi.....46
Şekil 2.21 Yandan kanallı vakum pompaları patlamış resmi.....47
Şekil 2.22 Rotasyon vakum pompaları genel çalışma prensibi.....48
Şekil 2.23 Rotasyon kuru vakum pompaları patlamış resmi.....49
Şekil 2.24 Rotasyon yağlı vakum pompaları patlamış resmi.....50
Şekil 2.25 Roots(Kök) vakum pompaları çalışma prensibi.....51
Şekil 2.26 Roots(Kök) vakum pompaları patlamış resmi.....52
Şekil 2.27 Kanca tipi vakum pompaları çalışma prensibi.....53

Şekil 2.28 Kanca tipi vakum pompaları patlamış resmi.....54
Şekil 2. 29 Vidalı vakum pompaları çalışma prensibi.....55
Şekil 2. 30 Vidalı vakum pompaları patlamış resmi.....56
Şekil 2.31 Genel emiş ağzı konstruksiyonları.....58
Şekil 2.32 İstasyonel vakumlu besleme üniteleri.....60
Şekil 2.33 Döner valf konstruksiyonu.....61
Şekil 2.34 Döner valf çalışma konstruksiyonu.....61
Şekil 2.35 Çeşitli dirsek konstruksiyonları.....62
Şekil 2.36 Ayrıcı bir valf işlemi.....63
Şekil 2.37 Çeşitli siklon giriş konstruksiyonları.....64
Şekil 2.38 Siklon konstruksiyonu malzeme akışı.....65
Şekil 2.39 Malzeme nakil aracı örnek konstruksiyon.....65
Şekil 2.40 Çuval boşaltma konstruksiyonu özellikleri.....66
Şekil 2.41 Çuval boşaltma çelik konstruksiyonu.....67
Şekil 2.42 Çuval boşaltma sistemli vakumlu pnömatik konveyör.....67
Şekil 3.1 Çeşitli eksenel emiş ağzı konstruksiyonları.....69
Şekil 3.2 Kömür taşıma oranına emiş ağzı geometrisinin etkisi grafiği.....70
Şekil 3.3 Emiş ağzı geometrisinin taşıma oranına etkisi.....71
Şekil 3.4 Çeşitli emiş ağızları için malzeme alış mekanizmaları.....72
Şekil 3.5 Sabit hızda aerodinamik ve pozitif farklı fan.....73
Şekil 3.6 Kısılmanın taşıma oranına etkisi.....74
Şekil 3.7 Kısılmanın vakuma ve ara çembere bağlı etkisi x = -20 mm.....75
Şekil 3.8 Biraz aşınmadan sonraki tipik dirsek akışı.....80
Şekil 3.9 Parça çarpma açısının aşınmaya etkisi.....81
Şekil 3.10 Parça boyutunun çarpma açısıyla beraber aşınmaya etkisi.....82
Şekil 3.11 Faz yoğunluğunun aşınmaya etkisi.....82
Şekil 3.12 Döner valf konstruksiyonu.....84
Şekil 3.13 Disk valf konstruksiyonu.....85

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Pnömatik konveyörlerde taşınabilecek malzemeler.....3

Çizelge 2.1 Pozitif ve negativ (vakumlu) konveyör sistemlerinin sonuç değerleri.....42

Çizelge 2.2 Radyal vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....44

Çizelge 2.3 Yandan kanallı vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....46

Çizelge 2.4 Rotasyon vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....48

Çizelge 2.5 Roots vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....51

Çizelge 2.6 Kanca vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....53

Çizelge 2.7 Vidalı vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi.....57

Çizelge 3.1 Ayırıcı konstruksiyonu verimleri.....79

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın tamamlanmasında büyük desteğini gördüğüm, vakum uygulamalarıyla ilgili türkçe araştırmaların artmasına destek olan değerli hocam Sayın Prof. Mustafa ALIŞVERİŞÇİ ' ye teşek_ kürü bir borç bilirim.

Ayrıca desteklerinden ötürü aileme ve özellikle kardeşim Emre POLAT ' a teşekkür ederim.

ÖZET

Pnömatik konveyör sistemleri günümüzde endüstrinin birçok alanında kullanılmaktadırlar.Bu sistemler için de vakumlu pnömatik konveyörler ayrı bir öneme sahiptirler.

Vakumlu pnömatik konveyör sistemleri daha çok tahıl,maden gibi taneli malzemelerin gemilere yüklenmesinde veyahut boşaltılması en çok görülen uygulama alanlarıdır.Fabrikalarda özellikle kahve,şeker gibi gıdaların taşınmasında basınç farkları düşük olduklarından tercih edilen sistemlerdir.

Bu sistemlerin tasarımında taşınmak istenen malzemelerin özelliklerine dikkat edilerek tasarım yapılmalıdır.Konstruksiyon elemanları seçiminde de vakumlu pnömatik konveyörlerin düşük basınç farkına sahip,düşük hızda ve seyrek fazda taşıma yapmaya müsait olduğu her zaman için göz önüne alınmalıdır. Tasarımların da hesaplamalara ve kullanılan elemanların kaliteli olmasına önem verilmelidir.

Bu tez ile vakumlu pnömatik konveyörler genel olarak tanımlanmış, önemli tasarım elemanlarında dikkat edilecek hususlar belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Vakumlu pnömatik konveyörler,vakum pompaları,emiş ağzı tasarımı, pnömatik konveyörler

ABSTRACT

Nowadays pneumatic conveyors are used in many kind of industrial production.All in these systems vacuum pneumatic conveyors have a special situation.

Vacuum pneumatic conveyor systems are most used in conveying of bulk materials such grains, minerals to load and unload from ships ,carriages and trucks.They are chosen in factories for low pressure gradient ,as materials like sugar,coffie etc.

The design procedure for these systems must be done according to conveying material .When you are choosing construction elements,you must always consider that these systems are suitable for dilute phase, low velocity and low pressure gradient.You must be careful about calculations and high quality system element usage.

In these thesis vacuum pneumatic conveyors generally defined,cautions on important construction elements are explain clearly.

Keywords: Vacuum pneumatic conveyors,vacuum pumps,suction nozzle design, pneumatic conveyors.

1. PNÖMATİK KONVEYÖRLERİN GENEL TANIMLANMASI

1.1 Pnömatik Konveyör Tarihçesi

Pnömatik eski yunancada nefes alıp vermek anlamına gelen “pneuma” kelimesinden türetilmiştir.Günümüz teknolojisinde ise; Basınçlı havanın teknik bir şekilde kullanılması olarak tanımlanır.Pnömatik teknolojisi ve gelişimi M.Ö. 200 lü yıllara kadar dayanmaktadır.Çok eski yıllarda eğlendirici oyunlardan tutunda , savaş aletlerine kadar kullanıma sahip olan pnömatik, ok fırlatan bir mancınık yapımında dahi kullanılmıştır.

Akışkanların borularla taşınmasıda oldukça eski,antik çağlardan beri süregelen bir uygulamadır. Roma'lılar kurşun borularda su ve kanalizasyon taşmacılığı,Çin'liler ise bambu tüpleri vasıtasıyla doğalgaz nakletmişlerdir.Hava ile katıların taşınması kuvvetli ve kullanışlı fanların sanayide kullanımına mütakib 1866 yılında başlanmış böylece ilk pnömatik konveyörler yapılmıştır. 1895 li yıllarda her kurma ve doldurmada 40 mermi atan bir makineli tüfeğin icadı yine pnömatikle gerçekleşmiştir.

Pnömatik konveyörlerin ilk geniş çaplı kullanımı vakumlu pnömatik konveyörler vasıtasıyla buğday taşınması için 19.yy'ın sonlarında gerçekleştirilmiştir.1920'lerin ortalarında negatif(vakum) ve pozitif basınçlı konveyörler ile buğday taşınması genel bir uygulama halini özellikle sanayileşmiş ülkelerde almıştır.Bu yıllardan günümüze pnömatik konveyörler muazzam derecede gelişmiş oldukça geniş kapsamlı olarak taşımacılıkta yer almaktadır.

Pnömatik konveyör sistemleri oldukça basit konstruksiyona sahip taşıma sistemleridir.Her türlü toz veya taneli malzemelerin taşınmasına olanak sağlamaktadırlar.Yüksek,düşük veya negatif(vakum) basınçlı hava vasıtasıyla taşıma işlevi gerçekleştirilmektedir.Ayrıca insan ve çevre sağlığı için zararlı malzemelerde bu sistemlerle rahatlıkla taşınabilmektedir.
Uygun ekipman seçimi ile malzemeler büyük depolardan,gemilerden veyahut vagon gibi yerlerden rahatlıkla alınıp istenilen konuma taşınabilir.

1.2 Pnömatik Konveyör Sistemlerinin Avantajları

1- Çeşitli malzemelerin tozsuz taşınmasına olanak sağlarlar.

2- Malzemenin taşınmasında esnektirler,(Malzeme hem yatayda hemde dikeyde rahatlıkla taşınabilir)

3- Bir fabrikada birçok yere dağıtılıp,farklı bölgelerden malzeme toplanmasına uygundurlar

4- Düşük bakım ve insan iş gücüne ihtiyaç duyarlar

5- Çoklu kullanıma uygundurlar.(Tek boru hattı farklı malzmeler taşınmasında kullanılabilir)

6- Güvenlidirler.(Değerli malzemelerin emniyetle taşınabilir)

7- Otomasyona ve kontrole uygun yapıya sahiptirler.

1.3 Pnömatik Konveyör Sistemlerinin Dezavantajları

1- Yüksek enerji tüketimine sahiptirler.

2 -Elemanlarda aşınma ve yıpranma oluşur.

3- Hatalı tasarım tıkanmalara sebep olabilir.

4- Kısıtlı taşıma mesafeleri mevcuttur.

5- İçerdiği karmaşık akış yapısı sebebiyle yüksek derecede bilgi ve beceri gerektirmesi, (tasarım,çalıştırma ve bakım için).

Yüksek enerji tüketimi sebebiyle pönomatik konveyör sistemleri genel olarak ince taneli parçaların kısa mesafelerde taşınmasında (200-300 m) kadar kullanılmalıdırlar. Çoğunukla uygulamadaki sistemler 1-4000 m3/h arası debilerde taşıma mesafesi 1000 m az olmakta ve ortalama tane çapı 10 mm veyahut daha az olmaktadır.

Uygun ekipman seçimi ile malzemeler büyük depolardan,gemilerden veyahut vagon gibi yerlerden rahatlıkla alınıp istenilen konuma taşınabilir.Sınırlamalar teknik olmaktan ziyade

ekonomik olmakla berarber teknik gelişmeler ile enerji ihtiyaçları azaltılarak pnömatik sistemler her geçen gün gelişmektedirler.Gelişmelerle beraber pnömatik konveyör uygulama alanları artmaktadır.Katı taşımak için kurulacak sistemlerde pnömatik konveyörlere öncelik verilmelidir.

1.4 Pnömatik Konveyörlerle Taşınabilecek Malzemeler

Pnömatik konveyörle taşınabilecek malzeme listesi oldukça geniştir.Esas itibarıyla tüm toz ve taneli malzemeler bu sistemler ile taşınabilir.Bu sistemler için 70 mm çapa kadar taşlar,canlı tavuklar uç örnekler olarak verilebilir .

Çizelge 1.1 Pnömatik konveyörlerde taşınabilecek malzemeler

ABS tozu	Asetisalik asit	Aktif toprak	Adipik asit
Alkali selüloz	Altud tozu	Alümin	Al Florid
Al folyo	Al hidrat	Al talaşı	Al silikat
Al sülfat	Al taşı boksit	Amonyum nitrat	Amonyum sülfat
Antrasit	Antimon oksit	Apatit	Arsenik asit
Arsenik	Anhidrit	Asbest fiberi	Asbest
Alçı taşı tozu	Alçı	Ayçiçeği çekirdeği	
Bakalit tozu	Baryum monoksit	Bentonit	Bikarbonat soda
Beyazlatıcı toz	Boraks	Borik asit	Bütadin
Buğday	Bakır artığı		
Cam fiberi	Cam taneleri	Cüruf	
Çim artığı	Çakmak taşı	Çavdar	Çinko sülfat
Çeltik	Çimento	Çin kili	Çekirdek(meyve)
Dekstrin	Dikalsiyum fosfat	Demir cevheri	Demir titanyum oksit

Demir formik asit	Dinamit tozu	Demir sülfat	
Emaye tozu			
Florin	Fumarik asit	Fenol reçinesi	Fosfat
Fosforikpentasülfat			
Grafit tabakası	Grafit tozu		
Hindibağ kökleri,kurutulmuş		Hindistancevizi kurutulmuş	
İrmik			
Jelatin	Jelatin şeritleri		
Kaolin	Kalamin	Kalsiyum klorid	Kalsiyum sinamit
Karbon tozu	Karbon siyah	Kart artığı Kasein	
Kenevir sapı	Kemikler	Krom sülfat	Kil tozu
Keten	Kobalt cevheri	Kakao tohum zarı	Kakao tohumu
Kahve tanesi	Kahve meyvesi	Kahve kavrulmuş	Kahve kavrulmamış
Kok tozu	Kok tanesi	Kok petrolü Küspe	
Küspe tanesi	Kupol ocak tozu	Kupol ocak sinteri	Kurşun oksit
Kireç karbonatı	Kireç hidratı	Kireçtaşı Kibrit	
Kağıt kenar artığı	Kuartz tozu	Kuartz taşı 80 mm	Kauçuk parçaları
Kauçuk tozu	Kum	Kurum	
Linyit	Lamba isi	Liken kurutulmuş	
Magnezyum oksit	Magnezit	Magnezyum karbonat	Magnezyum Florit
Manganiz dioksit	Mermer tozu	Matelisitik Mika	
Mantar	Mısır	Maya	Meyve(kurutulmuş)

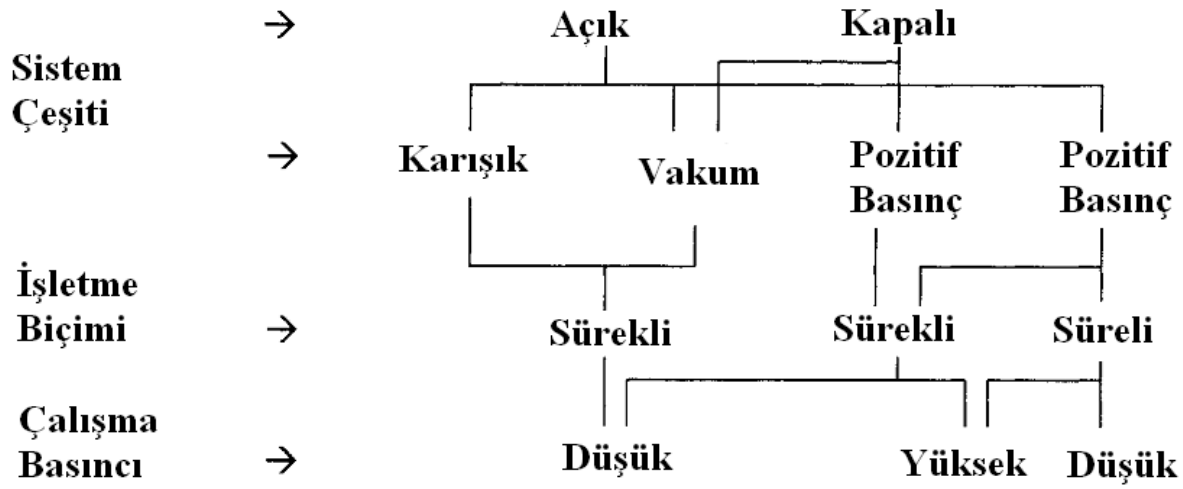
Nikel oksit	Nikel sülfat	Nitroselüloz	Naylon fiberi
Nişasta			
Palmiye tohumu	Plastik taneleri	Polietilen tanesi	Polietilen toz
Polyester fiberi	Polyester tanesi	Polistren	Pvc tanesi
Pvc tozu	Posa(meyve)	Potasyum hidrat	Potasyum klorit
Potasyum nitrat	Patates cipsi donmuş	Patates posası	Patates nişastası
Pancar kökü			
Süt tozu	Sığır yemi	Selefon	Selüloz
Silika anhidris	Silika hidrit	Silika jel	Sabun tozu
Sabun artıkları	Sodyum karbonat	Sodyum klorat	Sodyum klorit
Sodyum sitrat	Sodyum formik asit	Sodyum hidrosulfit	Sodyum nitrat
Sodyum perborat	Sodyum sülfat	Sodyum sülfit	Sodyum tripolifosfat
Soya	Saman	Sülfür	
Şeker tanesi	Şeker (pudra)		
Tuğla tozu	Tüy	Talk	Tereptalik asit
Titanyum dioksit	Tütün	Trikloriknik asit	Turba
Tahıl(nohut,...)	Tahta(talaşı,artığı) Toz		
Un(buğday,..)	Uranyum tetraflorüt	Üre	Üre formadehit tanesi
Üzüm	Üzüm salkımı		
Yer fıstığı tanesi	Yerfıstığı tozu		
Zift taneleri			

1.5 Pnömatik Konveyör Çeşitleri

Esneklik pnömatik sistemlerin en önemli özelliklerindendir.Farklı noktalardan malzeme yüklemesi , hemde farklı noktalardan malzeme boşaltımı aynı hat için bile oldukça rahat uygulanabilecek bir konstruksiyondur.

Pnömatik konveyör sistemleri çok yönlü sistemlerdir.Konstruksiyon olarak hem az yer kaplarlar hemde hafif sistemlerdir.Taşıma hattı(borular) duvarlara,tavana veyahut yer altına ekstra ekipman gerektirmeksizin yerleştirilebilirler.Tabii ki bu yerleşim yapılırken taşınacak malzemelerde dikkate alınmalıdır.Örneğin korozif malzemeler için korozyona dayanıklı bir sistem kurulmalıdır.

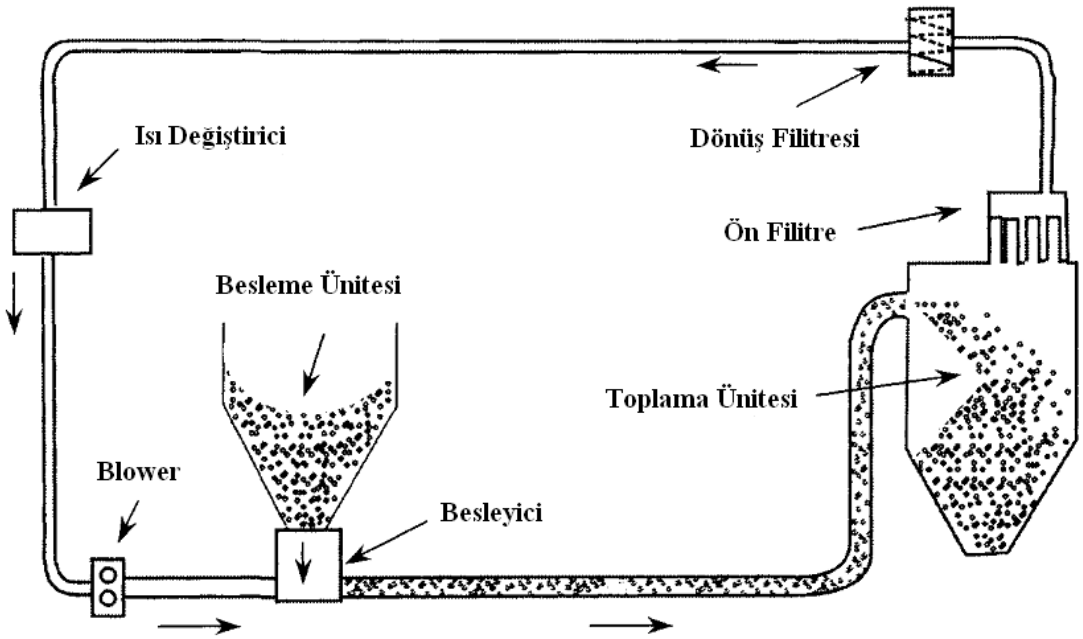
İletim prensibi toz ve taneli malzemelerin yeterli olan hava hızında, hava ile taşınmasıdır. Taşınacak malzemelerin ivmelenmesi ve hareketlenmesi için gerekli enerji,boru hattı boyunca sistemde oluşturulan basınç farkı ile sağlanmaktadır.Bu basınç farkı ise hem pozitif basınç hem de negatif(vakum) basınç ile veyahut bu iki sistemin kombinasyonu ile gerçekleştirilebilmektedir.(Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Pnömatik konveyör çeşitleri

1.5.1 Kapalı Sistemler

Bu sistemler malzemelerin kontrollü çevre altında taşınmasına olanak sağlarlar.Aslında her toz içeren malzeme için patlama riski mevcuttur.Toz miktarı 0,04 kg/m^3geçen tüm taşınımlarda , patlama riski fazla olan veya sağlık için zararlı malzemeler kapalı sistemler ile taşınmaktadır.Açık sistemlerde ortam kontrollü oldukça pahalı olmakla beraber, kapalı sistemlerde ortama istenen gaz verilebilir ve bu gaz döngülenebilir olduğu için maliyetler düşmektedir.



Şekil 1.2 Kapalı bir konveyör konstruksiyonu

Bu tür sistemlerde sıfır noktasına göre sistem sınıflandırılmaktadır. Sıfır noktasında ise basınç neredeyse atmosfer basıncında olmaktadır. Sıfır noktası blowerden sonraysa sistem vakum altında çalışmakta,eğer önceyse sistem pozitif basınçlı hava altında çalışmaktadır.

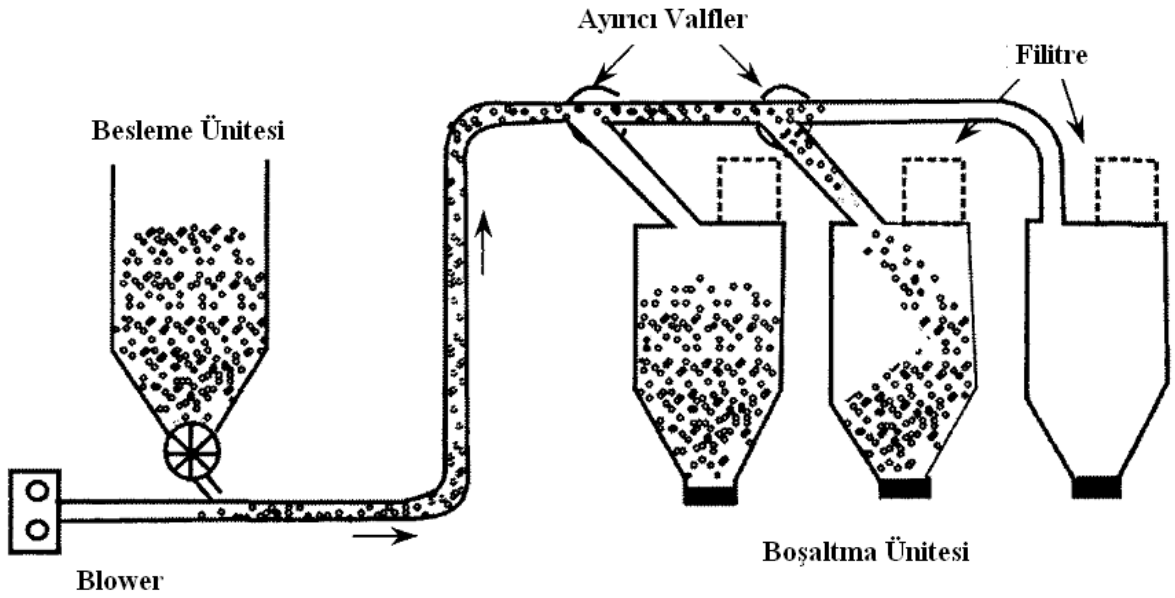
Kapalı sistemlerde geri dönüş filitresi pompanın zarar görmemesi için konulmalıdır.Ayrıca havanın taşıma kapasitesinin düşmemesi ve ısınmadan dolayı oluşabilecek patlama riskini önlemek için hava ısı değiştiriciden geçirilerek uygun işletme sıcaklığında tutulmalıdır.

1.5.2 Açık Sistemler

Eğer taşınacak malzemeden ötürü çevresel ve sağlıksal bir kontrol gerekli değilse açık sistemler daha çok tercih edilmektedir.

1.5.2.1 Pozitif Basınçlı Sistemler

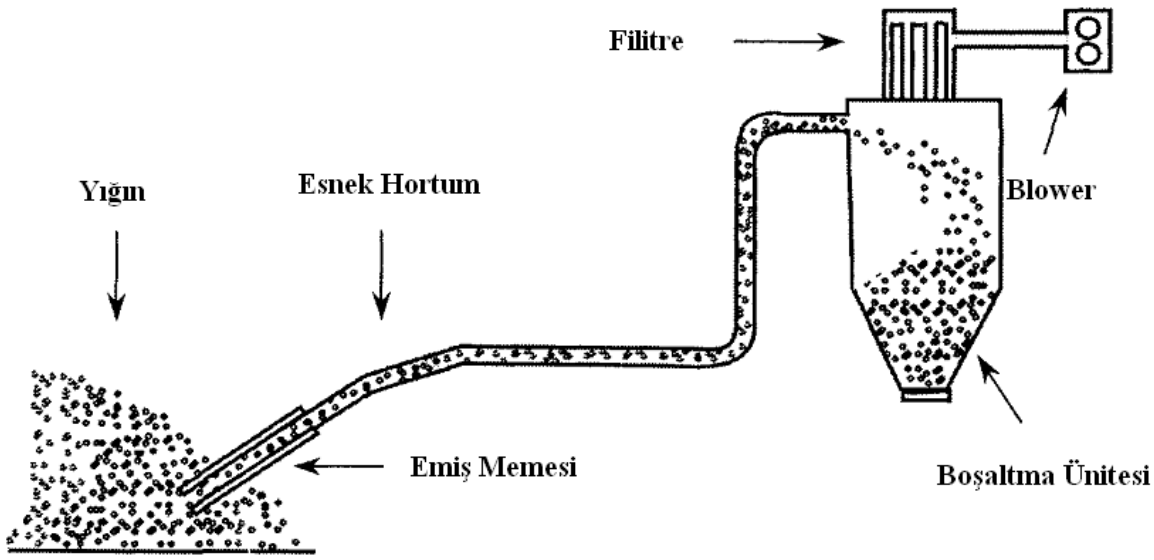
Pnömatik taşımada en çok tercih edilen sistemlerdendir.Malzemenin bir noktadan toplanıp,birkaç alıcı kaba dağıtıldığı,çok yönlü taşıma uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Ayrıcı valfler yardımıyla malzeme istenilen hazneye boşaltılmaktadır.



Şekil 1.3 Pozitif basınçlı konveyör konstruksiyonu

1.5.2.2 Negatif(vakumlu) Sistemler

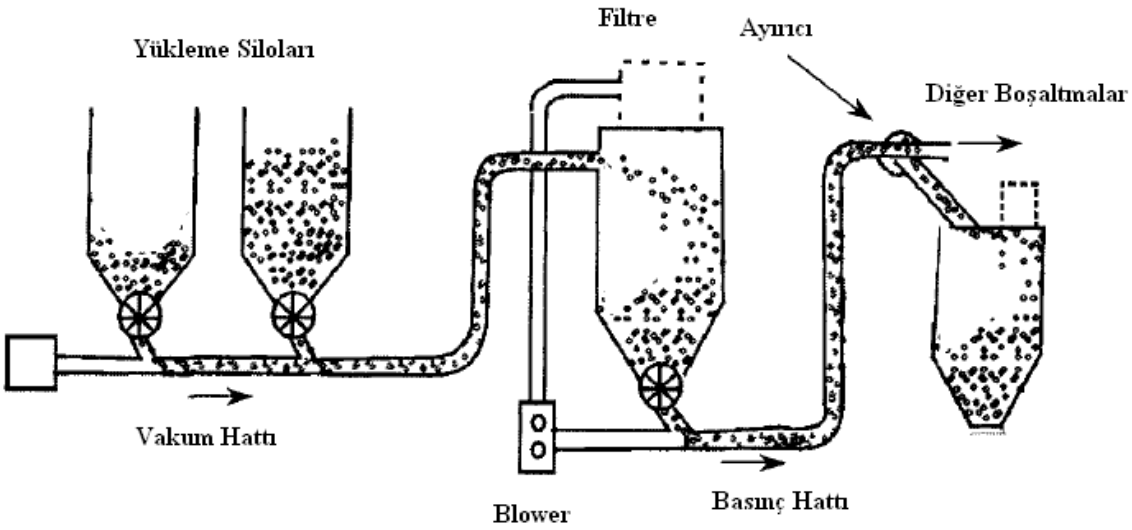
Bu sistemler birçok noktadan malzemenin toplanıp vakum aracılığıyla taşınmasına olanak sağlarlar.2. bölümde ayrıntılı olarak açıklanmışlardır.



Şekil 1.4 Negatif(Vakumlu) konveyör konstruksiyonu

1.5.2.3 Pozitif ve Negatif(Vakumlu) Sistemler

Malzemelerin hem farklı noktalardan toplanması hemde farklı noktalara dağıtılması gerekliyse uygulanan bir konstruksiyondur. İkili sistemlerde hesaplamalar emiş ve basınç etkilenmeyecek şekilde yapılmalıdır.Bazı blowerler bu tür konstruksiyonlara uygun olmamaktadırlar.Ayrıca blowerin emişinin filtrelenmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 1.5 Pozitif ve negatif(vakumlu) konveyör konstruksiyonu

1.6 Pnömatik Konveyör Seçiminde Malzeme Özelliklerinin Etkileri

Pnömatik konveyör seçiminde malzeme özellikleride dikkate alınmalıdır.Bu da bazı temel yardımcı olacak ayrıntıları belirtmeyi zorunlu kılmaktadır.

1.6.1 Yapışkan Malzemeler

Boşaltma silolarında,boru hatlarında ve besleme noktalarında soruna sebep olabilecek bir malzeme türüdür.Çamur gibi malzemeler özellikle taşınması geleneksel sistemlerle zor olmaktadır.Bu koşullarda darbeli fazlı sistemlerin kullanılması daha etkili olabilir.

1.6.2 Yanıcı Malzemeler

Havada toz halinde bulunması ile kolay alevlenebilecek bir çok malzeme mevcuttur.Bu malzemeler arasında şeker,un,kakao gibi gıda, plastik,kimyasal ,tıbbi malzemeler,metal tozları, yakıt olarakta odun ve kömür sayılabilir.Eğer kapalı bir sistem kullanılırsa oksijen oranı kontrol edilebilir veyahut sistemde gaz olarak soy gazlar kullanılabilir.Eğer açık bir sistem oluşturulacaksa basınç kontrol valfleri ve destekleyici sistemler eklenebilir.

1.6.3 Islak,Nemli Malzemeler

Malzemeler, boru hattı beslenirse çok nemli olsalarda geleneksel sistemlerle taşınabilirler.Bu tür malzemelerde genelde boşaltma sırasında sorun yaşanmaktadır.Toz malzemeler döner valfden geçerken oluşan sorunları havalı iletim ile çözülebilir.Toz malzemeler ıslakken borulara yapışıp tıkanmalara sebep olmaktadırlar.Ya sistem darbeli fazlı yöntem uygulanmalıdır. Eğer malzeme çok ıslak değilse konveyör havasının ısıtılmasıda çözüm olabilmektedir.

1.6.4 Elektrostatik

Eğer malzemede elektrostatikleşmeden oluşan taşınma sorunları mevcutsa taşıma havası nemlendirilmek suretiyle çözüm bulunabilir.Yoğun fazda nemlenmesi gereken hava miktarı seyrek faza göre daha azdır.Tüm boru sisteminin topraklanmasıda uygulanması gereken bir önlemdir.

1.6.5 Aşındırıcı

Taşınacak malzemelerin sertliği konveyör elemanlarının sertliğinden fazla ise özellikle köşelerde ve besleme ünitelerinde kısa sürede aşınma oluşmaktadır.sistemdeki hızın düşürülmesi bu sorunları azaltabilmektedir.Eğer seyrek fazlı sistemler kullanılacaksa hareketli parçalara dikkat edilmeli(döner valf,vidalar),boru hatları korunmalıdır.

1.6.6 Parçalanabilir

Eğer taşınacak malzemede parçalanmaya mutakip tıkanma ihtimali varsa taşınma hızı düşük tutulmalıdır.Parçalar arası sürtünmeden veyahut duvarla olan sürtünmeden malzemelerde parçalanma görülebilir.Bu duruma engel olmak için, sistemdeki dirsek sayısı minimum tutulmalı ayrıca parçalanmaya sebep olabilecek vidalı besleme gibi konstruksiyonlardan kaçınılmalıdır.

1.6.7 Taneli

Taneli malzemeler genel olarak sorunsuz taşınabilen malzemelerdir.Üstten boşaltmalı üfleme tankları ve konvensiyonel döner valflerde dikkat edilmelidir.Üstten boşaltmalı tanklarda hava malzemelerin arasından geçip taşınmayı engellemektedir.Bu sorun boşaltma valfi olmayan tanklarda gerçekleşmektedir.
Taneli malzemeler yüksek oranda küçük taneli malzemeler içermektedir,yoğun fazda taşımada tıkanmaya sebep olabileceklerdir.Döner valflerde taneli malzemelerin kesilmesine dikkat etmek gereklidir.

1.6.8 Nemli Malzemeler

Taşınacak malzeme nemli ise taşıma havası kurutularak sisteme verilmelidir.Böylece sistemdeki nem seviyesi kabul edilebilir seviyede tutulabilir.Eğer malzemede ki nem miktarı az ise yoğun fazda bu malzeme başarı ile sistem havası kurutulmadan taşınabilir.

1.6.9 Düşük Ergime Noktalı Malzemeler

Taşınan parçaların dirseklere ve duvarlara yüksek hızlarda çarpmasıyla ortaya çıkan enerji parçaların yüksek sıcaklıklara çıkmasına neden olmaktadır.Parçadaki çarpan küçük alan o noktadaki malzemenin ergimesine yol açabilmektedir.Plastik tanelerinin(nylon,polietilen) taşınmasında özellikle süspansiyon taşımada gerçekleşmektedir.
Bu sorunun en etkin çözümü sistem taşıma hızını düşürmektir

1.6.10 Radyoaktif Malzemeler

Radyoaktif malzemeler kesin güvenlik koşulları altında kapalı sistemlerle taşınmaktadır. Ayrıca bir vakum sistemi kullanılarak sistemden hava veyahut malzeme kaçışına engel olunabilir.

1.6.11 Zehirli Malzemeler

Bu tür malzemelerde kesin güvenlik altında taşınmalıdırlar.Yardımcı vakum sistemide kullanılabilir.Eğer taşıma havasını filtrelenmesi mümkünse açık sistemler tercih edilebilir.

1.6.12 Çok Tozlu Malzemeler

Çok küçük toz malzemelerde mikron boyutlarında (siyah karbon ve titanyum oksit) boru hatları malzeme tarafından kaplanmaktadır.Bu kaplanma giderek artıp sistemin tıkanmasına sebep olmaktadır.Bu tip malzemelerin esnek boru hatları veya hortumların kullanılması ve bunların düzenli olarak silkelenmesi tıkanmanın önüne geçebilmektedir.Sistemin doğal darbeleride malzemenin titremesi ve tıkanmayı önlenmiş olur.

1.7 Pnömatik Konveyör Seçiminde Sistem Gereksinimleri

Kullanım,uygulama ve gereksinimler açısından pnömatik konveyör sistemleri çok çeşitlidirler Bazı daha genel gereksinimler belirlenebilir.Bunlarda sistem belirlenmesinde tasarımcıya yardımcı olacaktır.

1.7.1 Çoklu Toplama

Eğer çoklu toplama ile tek hatta besleme gerekliyse vakumlu sistem tavsiye edilmektedir. Ayrıca pozitif basınçlı sistemde kullanılabilir fakat döner valflerde sorun çıkabilmektedir.

1.7.2 Çoklu Dağıtım

Çoklu dağıtım gerektiren sistemler pozitif konveyör sistemleri ile rahatlıkla gerçekleştirilebilir Ayırıcı valfler bu sistemlerde büyük kolaylık sağlamaktadır.Vakum sistemlerinin kullanımı ise basınç kaybı sorunları sebebiyle uygun değildir.

1.7.3 Çoklu Toplama ve Dağıtım

Kombine vakum ve pozitif basınç sistemleri çoklu toplama ve dağıtım için en uygun yöntemlerdir.Bu uygulamalarda basınç düşümü sınırlıdır.Eğer taşıma uzaklığı fazla ise çift sistemlerde kullanılabilir.

1.7.4 Farklı Malzemelerin Toplanması

Eğer iki veyahut daha fazla malzemenin tek sistem ile toplanması gerekli ise her iki malzemenin de taşınma özellikleri göz önüne alınmalıdır.Malzemeler farklı hava akış oranlarına ,hava ihtiyacına ve taşıma özelliklerine sahip olabilirler.
Bu koşullarda temel hava ihtiyacı belirlenmeli,ihtiyaç duyulan maximum hava hızı dikkate alınmalıdır.Bir alternatf olarak aynı hava akış oranı kullanılıp,hava hızını değiştirmek için boru çapları farklılaştırılabilir.

Her malzemenin akış oranı farklı olduğu gibi,bu malzemeleri besleme elemanları farklılaşmakta ve kontrolü zorlaşmaktadır.

1.7.5 Farklı Uzaklıklara Taşıma

Eğer malzemelerin farklı uzaklıklara taşınması gerekli ise,yolda sıralanmış tankerlere veyahut farklı boşaltım noktalarına sahip bir fabrika da malzeme akış oranları ve hava ihtiyaçlarıda değişmektedir.Hava taşıma basıncı ve debisi boru hattı uzaklığına bağımlı olarak değişmektedir. Malzeme besleme sistemleride en uzak noktaya taşıma yapılacağı göz önüne alınarak hesaplanmalıdır.

1.7.6 Depolardan Taşıma

Eğer depodan yığın halindeki malzemeden taşıma yapılacaksa vakum sistemler bu tip uygulamalar için özellikle kısa taşıma uzaklıklarında idealdirler.

Başlangıçta malzeme vakumla toplanıp daha sonra kombine sistemler ile basınç olarak taşınmasına devam da edilebilir.

1.7.7 Dolu Boru Hattıyla Çalışmaya Başlamak

Malzeme boru hattında iken sistemin durdurulup tekrar başlatılması gerekli ise sistem bu koşullara uygun seçilmelidir.
Özellikle boru hattının dik bölümlerinde oluşabilecek tıkanmalara dikkat edilmeli sistem uzun süre duracak ise sisteminn gücünün kesilmesi sağlanmalıdır.

2 VAKUMLU PNÖMATİK KONVEYÖRLER

2.1 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerin Genel Tanımlanması

Vakum yardımıyla malzemelerin gemilerden,depolardan ve vagonlardan taşınması 19. yy'dan beri uygulanmakta olan bir yöntemdir.Günümüzde alüminyum oksit,çimento,kok kömürü ve buğday gibi malzemeler 2000 ton/saat kapasitelere kadar taşınabilmektedirler.

Esneklik,az yer kaplama,minimum çalışan parça gibi avantajları olmakla beraber daha fazla enerji harcayan sistemlerdir.

Bu sistemlerde yüksek hızlı hava dalgasının konveyör hattına girmesi ve bu havanın vakum pompası vasıtasıyla tekrar dış ortama bırakılmasıyla çalışan sistemlerdir.

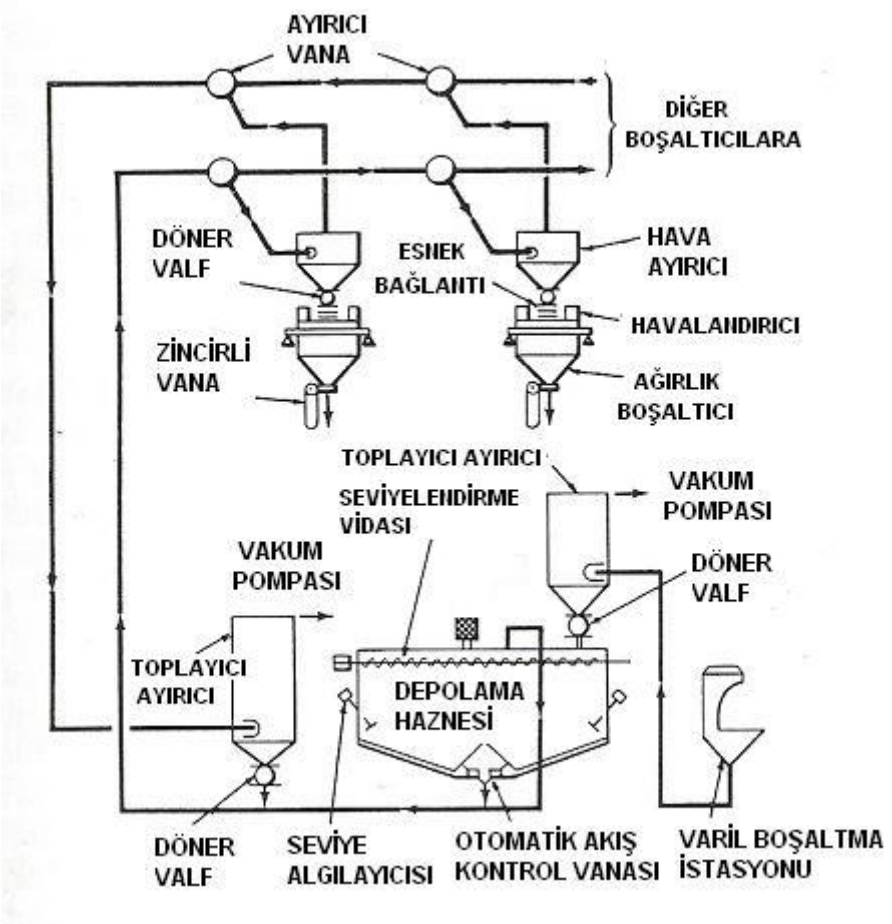
Malzeme emiş ağzıyla direk veyahut toplayıcıdan döner valf vasıtasıyla sisteme katılabilir.Daha sonra hava malzemeyi ayırıcı toplayıcı bölümüne getirir.Burada malzeme siklon kostruksiyonuna bağlı olarak havadan ayrılır ve ikincil bir döner valf vasıtasıyla varillere veyahut çuvallara doldurulur.Taşıma havası bir toz tutucu ile tozdan ayrıştırıldıktan sonra atmosfere tekrar verilir.

Vakumlu pnömatik konveyörler genel olarak malzemenin farklı noktalardan toplanıp,tek bir boşaltma ünitesinde biriktirilmesinde , ya da sistem kaçak noktalarından hava girmesinin dışarıya toz atmasından daha avantajlı olduğu durumlarda tercih edilmektedirler.

Bu tip sistemler farklı noktalardan toplama yapabildiği gibi farklı noktalarada boşaltma yapabilir ancak uygulama maliyetli bir konstruksiyon gerektirmektedir.Her boşaltma noktasında bir döner valf ve iki adet ayırıcı vana bulunmalıdır.Bir tanesi toplayıcı ünitesinin ana hatla bağlantısını sağlamak için, diğeri ise toz dönüş hattına bağlantı için gereklidir.

Vakum sistemleri yığma malzeme taşıyan araçların boşaltılması için ideal sistemlerdir.Bu tip araçlar genel olarak toplama için emiş konstruksiyonu içermekte olup,boşaltma için sadece sisteme hortum bağlantısına ihtiyaç duyarlar.Malzeme ayrıcı-toplayıcıdan ya yer çekimi

vasıtasıyla varillere boşaltılır ya da mekanik veya pozitif pnömatik konveyörler vasıtasıyla istenilen noktaya taşınır.



Şekil 2.1 Çoklu boşaltma noktalı vakumlu pnömatik konveyör konstruksiyonu

Vakumlu pnömatik konveyörler birçok operasyonu gerçekleştirebilmekle beraber,her seferinde bir işlemi sonlandırabilir.Bu çoklu operasyon için sisteme gerekli ayırıcı valfler ve hat seçim valfleride yerleştirilmelidir. Böylece tek vakum pompası ve ayırcı-toplayıcı ile şu işlemler ayrı ayrı olarak yapılabilir,

1- Malzemenin araçtan boşaltılması,
2- Malzeme istenilen varillere boşaltılabilir,
3- Malzeme bir varilden başka bir varile taşınabilir,

4- Malzeme işlem alanına kullanılan varil üstüne bir toplayıcı ve bir toz dönüş hattı döşenerek taşınabilir.

Birçok işlemin aynı anda yapılabilmesi için birden fazla vakum pompası ve toplayıcı filtreye ihtiyaç duyulacaktır.

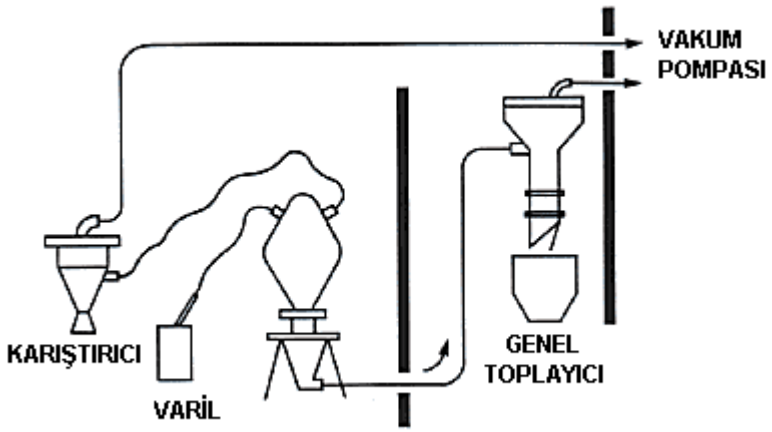
Toplayıcı-ayırıcılar,vakumlu pnömatik konveyör sistemlerinde toz filtresi ve siklon ayırıcıdan oluşmaktadırlar.Taşınan hava konik siklon bölgesine alt bölümden girer.Burada çarptırma elemanları malzemeyi aşağı yönde boşaltma bölümüne doğru yönlendirir.Tozlu hava üst filtre bölümüne yükselir.Bu bölümde filtrelenen hava pompadan geçerek atmosfere ulaşır.

Hava ve taşıma hatlarının boyutları aynı hava miktarını taşımak için gerekli pozitif basınçlı hatlardan daha fazladır.Bu uygulama ile amaç vakum altında hava yoğunluğunu azaltmaktır.

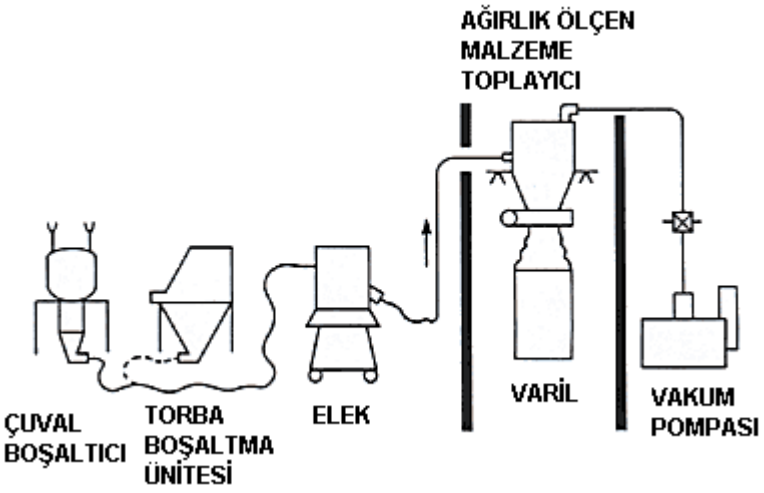
Vakumlu pnömatik konveyör sistemlerinin kendilerine özgü eksiklikleri vardır. Hiç hava kaybı olmamasına rağmen sızıntılara bağlı sistemde hava miktarında artışlar görülebilmektedir.Bu durumda basınç seviyesinin etkilenmesine yol açmaktadır.

Vakumlu sistemler ayrıca kapalı sistem olarakta çalışmaya olanak sağlarlar.

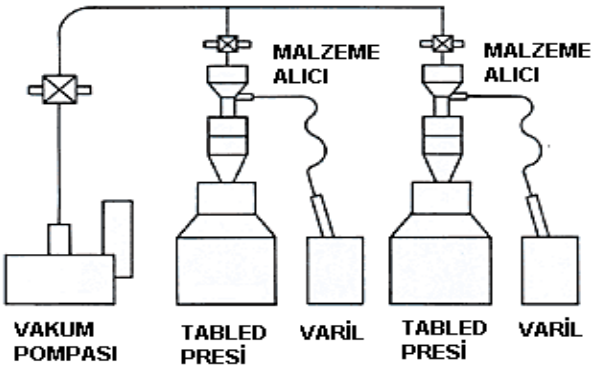
2.2 Vakumlu Pnömatik Konveyör Konstruksiyonları



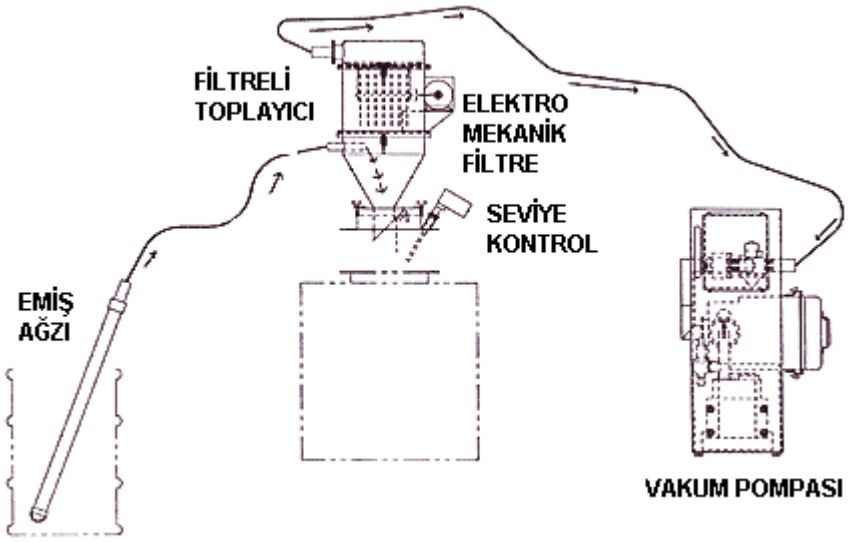
Şekil 2.2 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör



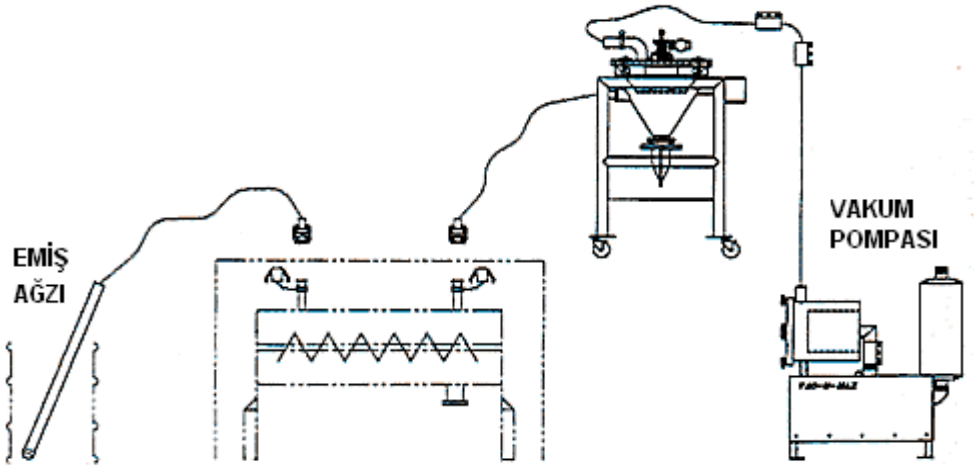
Şekil 2.3 Ağırlık ölçümlü vakumlu pnömatik konveyör



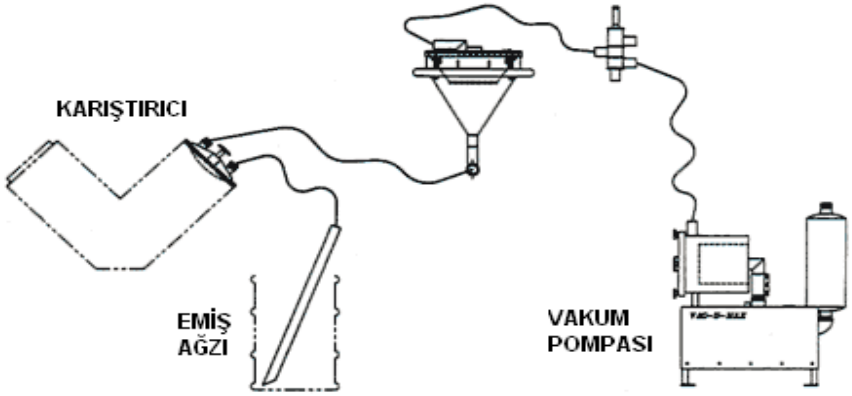
Şekil 2.4 İlaç tablet preslerinde kullanılan vakumlu pnömatik konveyör



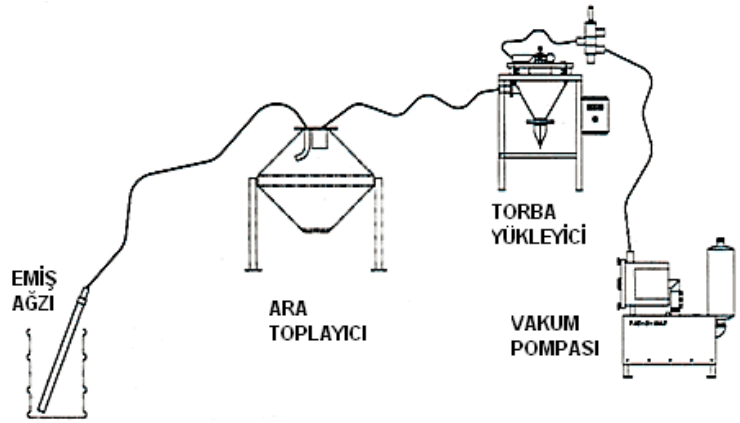
Şekil 2.5 Elektromekanik filtreli vakumlu pnömatik konveyörü



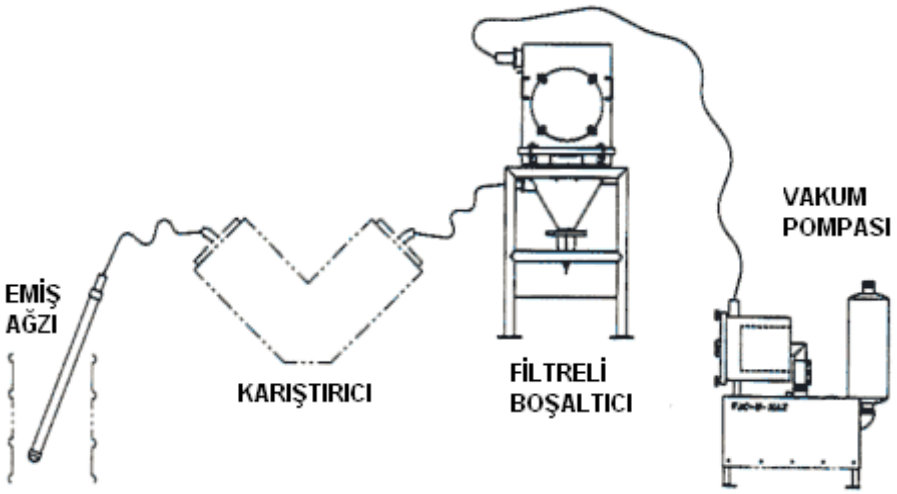
Şekil 2.6 Vakumlu pnömatik konveyör



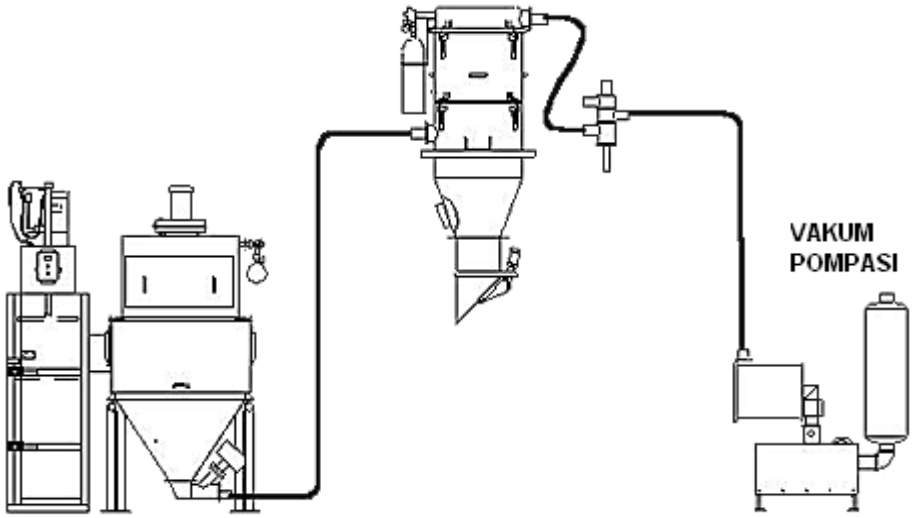
Şekil 2.7 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör



Şekil 2.8 Ara toplayıcı vakumlu pnömatik konveyör sistemi



Şekil 2.9 Karıştırıcılı vakumlu pnömatik konveyör



Şekil 2.10 Karıştırıcılı ve özel filtreli vakumlu pnömatik konveyör

2.3 Vakumlu Pnömatik Konveyör Sistemlerinin Matematiksel Olarak Modellenmesi

Vakumlu pnömatik koveyör sistemlerinde, basınç düşümü tüm sistem için taşınması gereken gaz hacmini karşılayacak debi ve miktarda olmalıdır.Bu durumda gaz akışına ilişkin olarak iki fazlı sıkışmış akış gerçekleşmektedir.Matematik karmaşıklıklara ve kullanışsız hesaplamalara istinaden,iki fazlı akış için daha basitleştirilmiş bir yaklaşım geliştirilmelidir.

Bu tip basitleştirme analizi toplam nakil hattını iki akış rejimine bölmek ile gerçekleştirilebilir. İlki tüm yatay akışları içeren akış bölgesi,ikincisi ise dikey hatları içeren akış bölgesi oluşturarak hesaplanabilir.

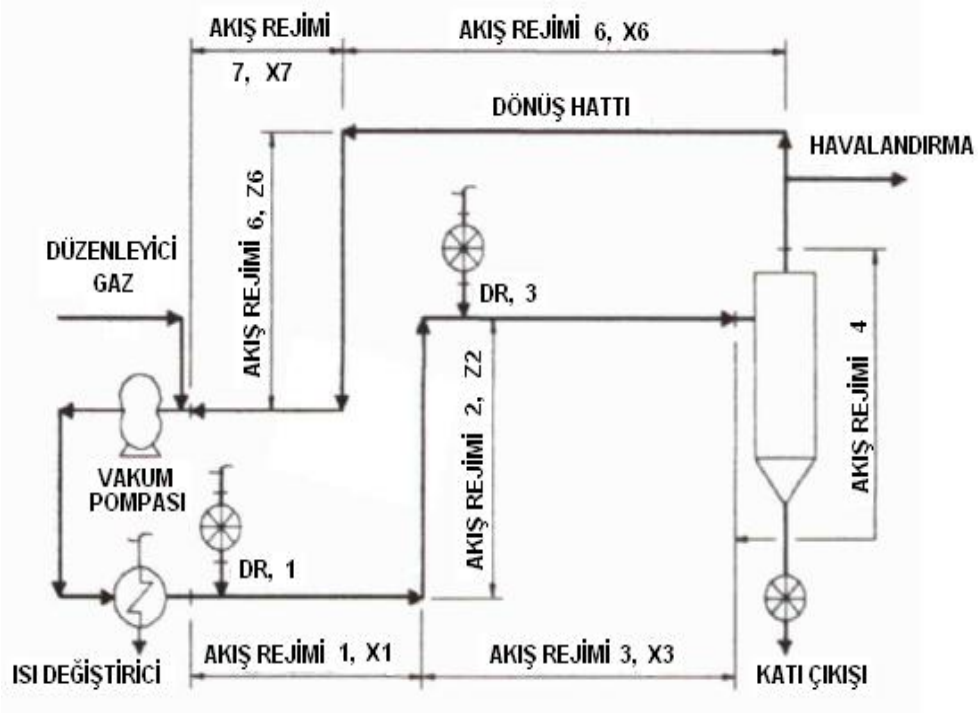
Böyle bir sınıflandırma ile yapılan hesaplamaların doğruluğu sınırlı olmakla beraber toplam basınç düşümü az olan sistemlerde(vakumlu pnömatik konveyörler gibi),pompalama kapasitesi yeterince yüksekse,doğruluk sınırlamasını kabul edilebilir hale getirmektedir.

Bilgisayar destekli tasarım modeli ile yapılan vakumlu pnömatik konveyör sistem hesaplamalarında tüm sistem boyu çeşitli ayrı akış rejimlerine bölünmelidir.

Akış rejimlerinin sayısı bazı(isteğe bağlı) koşullara göre belirlenebilir.Bunlar;

1. Nakil Bölümü (Yatay ve Dikey) malzeme besleme noktası bitimi ve gelecek malzeme yükleme noktası göz önünde tutularak ayrı bir akış rejimi olarak düşünülebilir.
2. Hattın uzun nakil bölümü(Yatay veya Dikey) besleme noktasız çeşitli ayrı kısa akış rejimleri olarak alınabilir.
3. Her gaz taşıyan giriş ve ağız hatları sadece farklı akış rejimi olarak kabul edilmelidir.
4. Katı gaz ayırma konstruksiyonları (siklonlar) ayrı akış rejimi olmalıdır.
5. Dış ekipmanlar emiş filtresi,kapalı sistemlerde kullanılan hava soğutma v.b. Ayrı bir akış rejimi olarak incelenmemeli fakat toplam basınç düşümü veya artımında formülasyona katılmalıdır.

Bir vakum sisteminin opsiyonel dönüş hattıyla kapalı çalışmaya uygun olarak akış rejimi şekil 2.11' de gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Kapalı çalışmada akış rejimi

Dönüş sistemli bir vakum sisteminin akış şemasını yukarıda belirlediğimiz koşullara göre incelersek

1. I = 7 Toplam akış rejimi

2. W = 3 Taşıma hattı rejimleri

3. Bir rejim katı gaz ayırıcı

4. I – W – 1 Rejimlerini gaz hattı olarak alınırsa

5. Geri dönüş hatsız I=W+1= 4

Bu sisteme göre hesaplamalar sistemin hızını,gazın akış oranını,basınç düşümünü,bloweri ve soğutucuyu (varsa) belirleyecektir.

2.3.1 Kabüller

Hesaplama metodu temel olarak transfer miktarı,taşıma mesafesi,gaz ve katıların taşıma özelliklerine bağımlıdır.Buna bağlı olarak

1. dt = sabit boru hattı çapı

2. Gaz ve taşıma hatlarında basınç düşüm oranı P_{CA}/P_{TA}

3. Gazın ortalama hızla hareketi esas alınırsa

4. P_{TA} Toplam basınç düşümü

5. V_S Kütle ilerleme hızı

6. Basınç ve diğer hacim işlemleri hatlarda adyabatiktir.

7. Nemin taşınan gaza etkisini yok kabul edersek.

Hesapların tekrarlanması ve iteratif veya optimizasyon açısından parametrelerin değiştirilmesi gerekebilir. Bu değişimlere istinaden,

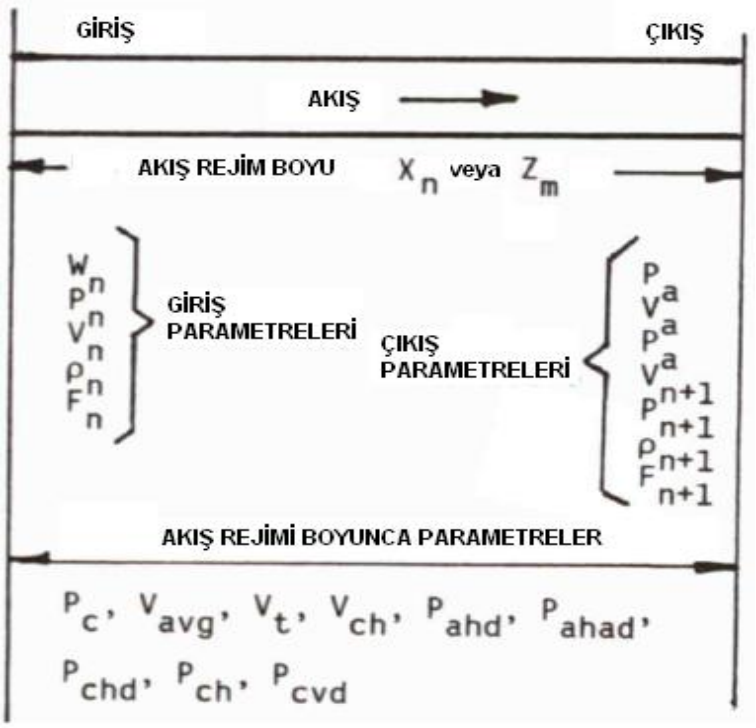
1. P_T (hesaplanmış toplam basınç düşümü),pompa kapasitesini aşabilir veya kabul edilenden çok farklı çıkabilir.

2. Hesaplanan yüzeysel tasarım hızları uygun düşmeyebilir.

3. W_N(Akış oranı)veya S/A (Katı hava oranı) deneysel kabul değerlerini aşabilir.

2.3.2 Akış Rejimleri için Tasarım Etkenlerinin Hesaplanması

Her akış rejiminin hesaplanmasında akış ağırlık oranı,basınç,gaz yoğunluğu ve hızı ayrıca dikey hatlar için tıkanma hızıda bulunmalıdır.



ŞEKİL 2.12 Akış Rejimleri için Tasarım Etkenleri

2.3.3 Giriş Etkenleri ve Tasarım Hızları

Giriş etkenleri,ilk akış rejiminin başlangıcında,tasarım hızının ve basınç düşümünün ekipmana bağlı seçimiyle belirlenebilir.Bu ekipmanlar giriş filtresi,susturucu,gaz soğutucu gibi kullanılan malzemeler olabilir.

Seyrek fazlı taşımada tahmini tasarlanan gaz hızı,sisteme girişte uygulanabilir veyahut bazı gözönüne alınımlar yapılabilir.

1- Seyrek taşınım için yatay ve dikey hatlarda sırasıyla,

$$V_{dh} = K_h V_s \tag{1}$$

$$V_{dv} = K_v V_s \tag{2}$$

Genel olarak K_h ve K_v içinkabul edilen tasarım oranları,

$$K_h = 1{,}1 - 1{,}5 \qquad K_v = 1{,}2 - 1{,}3 \tag{3}$$

2- Dik hatlar için,tasarım hızı tıkanma hızından yüksek olmalıdır.

$$V_{dv} > V_{ch} = V_t + \frac{V_{sv}}{(1-E)} \tag{4}$$

Bu eşitlikte,terminal hızıtıkanma hızı V_t,tahmini parçacık hızı V_{sv} ve voidage faktörü E ise alttaki formülasyon oluşur.

$$V_t \approx \left[\frac{(4\varrho_t d_p g)}{(3\varrho_a C_d)}\right]^{(\frac{1}{2})} \tag{5}$$

Sürükleme katsayısı hesaplanabilir ama genelde $C_d = 0{,}24$ kullanılır.
Tahmini parçacık hızı belirlenir,

$$V_{sv}=\frac{D_r}{(3600\,A\,\varrho_t)} \tag{6}$$

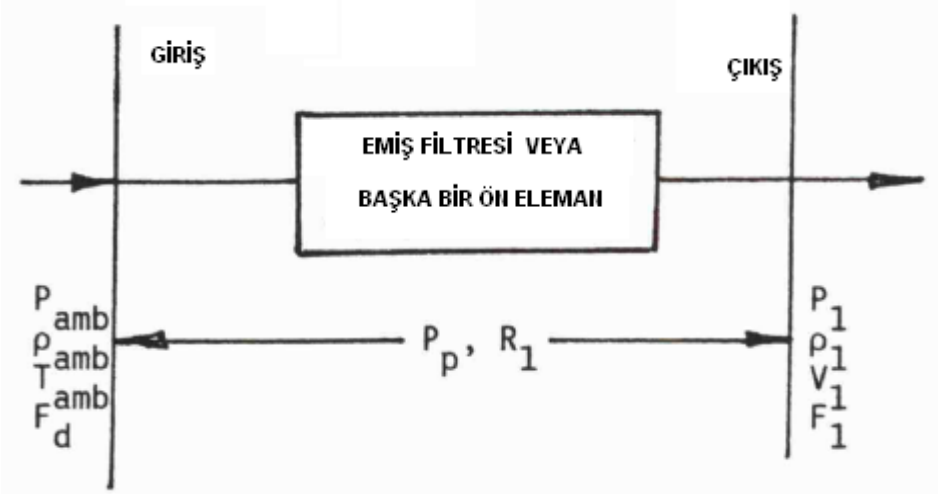
Voidage faktörü seyrek faz için E = 0,94 – 0,98 e kadar seçilebilir.Başlangıç akış rejimi için basınç,hız ve akış ilişkilerinde adyabatik işlem olarak ön elemanlarda gerçekleşir.

$$P_1=P_{amb}-P_p \tag{7}$$

$$R_1=\frac{P_1}{P_{amb}} \tag{8}$$

$$\varrho_1=\frac{P_{amb}}{(R_1)^{(\frac{1}{K})}} \tag{9}$$

$$F_1=60\,A\,v_1 \tag{10}$$



Şekil 2.13 Konveyör Sisteminde Giriş Koşulları

2.3.4 Basınç Düşümü ve Akış Rejiminin Diğer Etkenleri

2.3.4.1 Gaz Sürtünmesi ve Taşınıma Bağlı Bağıl Basınç Düşümü

Basınç düşüm hesaplamaları her bir rejime taşınım hattı için tanımlanan kabullere ve tanımlara bağlıdır.

1- Akış rejimindeki işlem adyabatiktir.
2-Gaz sürtünmesinden dolayı oluşan bağıl basınç düşümü,direk olarak gaz viskozitesinin fonksiyonudur yani yoğunluğudur.
3-Herhangi bir akış rejiminde bsınç düşümü uzunluk ve W_n(akış ağırlık oranı) ile orantılıdır.
4-Katı taşınım sebebiyle oluşan basınç düşümü,direk olarak gaz sürtünmesine bağlı basınç düşümüne etki eder.
5-Gaz sürtünmesine bağlı olarak bağıl basınç düşümü $P_{ah,n}$ iki şekilde incelenebilir.İlki basınç,hız v.b. ilişkilerini içeren çeşitli grafik ve Çizelgelar ile boru çapları gözönüne alınarak.Bu Çizelge veyahut grafikler genel çelik borular için uygun olmakla beraber paslanmaz ya da daha yumuşak borular için edinmek zordur.

Diğer metod ise Darcy-Weisbach yaklaşımı kullanarak denysel olarak kanıtlanmış sürtünme katsayısını f_t ile hesaplamaktır.Her iki metodda 1 bar mutlak basınç için verilmişlerdir.

Hesaplanmaların temel amacı,akış rejimi boyunca basınç düşümünü belirlemektir.Bu basınç düşümü akış rejiminin başlangıç giriş ve çıkış arasındaki süreçte gerçekleşir. Gaz hızı ve viskozitesinin fonksiyonu olmakla beraber giriş noktasında istenilen sonuçlar elde edilememektedir.

Fakat gaz sürtünmesine bağlı oluşan bağıl basınç düşümü vakum altında düşen gaz viskozitesine göre düzenlenirse hesaplamalarda doğruluk payı oldukça artmaktadır.Düzeltme yapılırken operasyon aralığı viskozite ve bağıl gaz düşümü gaz yoğunluğunun direk fonksiyonu olarak düşünülmelidir.

Gaz viskozitesini gözönüne almadan önce kabul edilen etkenler aşağıda belirtilen adımlar takip edilerek hesaplanmalıdır.

Gaz hatlarındaki toplam basınç düşümü,K_g^{ga} oranı ile her uygulama için,

$$P_{ga} = K_g P_{tg} \tag{11}$$

Konveyör hatları için,

$$P_{ca}=(1-K_g)\,P_{ta} \tag{12}$$

Herhangi bir rejim için akış ağırlık oranı

$$W_n=\sum_{1}^{n}\left(\frac{D_{(r,n)}}{(3600\,A)}\right) \tag{13}$$

Toplam akış ağırlık oranı sistem için

$$W_T=\sum_{1}^{(n=W)}\left(\frac{D_{(r,n)}}{(3600\,A)}\right) \tag{14}$$

Böylece kabul edilen basınç düşümü sırayla yatay ve dikey hatlar için orantılı olarak

$$P_c=\frac{W_n}{W_T}\frac{X_n}{(L_t-L_a)}(P_{ta}-P_{ga}) \tag{15}$$

$$P_c=\frac{W_n}{W_T}\frac{Z_n}{(L_t-L_a)}(P_{ta}-P_{ga}) \tag{16}$$

Kabul edilen basınç düşümünü elde etmek,atmosferik basınç oranı,akış rejimi sonundaki gaz yoğunluğu ve basınç oranıyla hesaplanır.

$$P_a=P_n-P_c \tag{17}$$

$$R_a=\frac{P_a}{P_n} \tag{18}$$

$$\varrho_a=\varrho_n R_a^{(\frac{1}{K})} \tag{19}$$

$$V_a=V_n R_a^{(\frac{1}{K})} \tag{20}$$

$$V_{avg}=(V_n+V_a)^{(\frac{1}{K})} \tag{21}$$

Bu şekilde kabul edilen akış rejimi etkenleri düşen viskozite,kabul edilen ortalama hız göz önüne alınarak akış rejimindeki bağıl basınç düşümü hesaplanmış olur.

Darcy'nin bilinen formülasyonu olan gaz hatlarında bağıl basınç düşümüne(1 bar mutlak basınçta) bağlı tasarım değeri;

$$P_{(ah,d)} = f_f \frac{\varrho_{amb}}{(d_t/12)} \frac{(V_{avg})^2}{2g} \frac{1}{144} \tag{22}$$

Eğer bağıl basınç düşümü $P_{ah,n}$ Çizelgelardan elde edilseydi,1 bar mutlak basınç için V_n gaz hızında tasarım değeri bağıl basınç düşümü için interpolasyon edilseydi.

$$P_{(ah,d)} = \frac{((P_{(ah,n+1)} - P_{ahn})(V_a - U_n))}{((U_{(n+1)} - U_n) + P_{ahn})} \tag{23}$$

Akış rejimi için kabul edilen ortalama hızda,basınç düşümü hesaplanabilir.Vakum altındaki yatay hatlarda,basınç düşümü gaz yoğunluğunun direk fonksiyonu olduğundan beri,basınç oranı ve bağıl basınç şöyle hesaplanır.

$$P_{(aha,d)} = R_a P_{(ah,d)} \tag{24}$$

Dikey hatlarda gazın statik davranışı göz önüne alınır.

$$P_{(av,d)} = \frac{(P_{(ah,d)} \mp \varrho_a)}{144} \tag{25}$$

$$P_{(ava,d)} = R_a P_{(aha,d)} \tag{26}$$

Gaz sürtünmesine bağlı toplam basınç düşümünü hesaplanması sağlanır.Bağıl basınç düşümü,taşınan malzemelerin,akış ağırlık oranı ile orantılıdır.

Zenz'in seyrek fazlı taşıma için öne sürdüğü basınç düşümüne bağlı olan gaz sürtünmesi ve taşınan malzemelerin toplam basınç düşümünde tasarım hız değeri,

Yatay hatlar için,

$$P_{(ch,d)} = P_{(ah,d)}\left(1 + \frac{W_n}{(V_a \varrho_a)}\right) \qquad (27)$$

Dikey hatlar için,

$$P_{(cv,d)} = P_{(ch,d)} + \frac{\varrho_a}{144} + \frac{W_n}{(144(V_a - V_t))} \qquad (28)$$

Yukarıda belirtilen son formüller bağıl basınç düşümünde gaz sürtünmesine ve taşımaya bağlı ön hesaplamalardır.

2.3.4.2 Malzemelerin Hızlanmasıyla Taşıma Hatlarında Oluşan Basınç Düşümleri

V_n -V_a hızlarına yatay akış rejimlerinde hızlanmaya bağlı oluşan basınç düşümleri

$$P_{(acc,h)} = \frac{((W_{(n-1)}(V_a - V_{(n-1)}) + W_n V_a))}{144\mathrm{g}} \qquad (29)$$

Dikey akış rejimlerinde,

$$P_{(acc,v)} = \frac{1}{144\mathrm{g}}\left[W_{(n-1)}\left(V_a - V_{(n-1)} + \frac{Z_n}{V_{avg}}\right) + W_n\left(V_a + \frac{Z_n}{V_{avg}}\right)\right] \qquad (30)$$

Böylece toplam hesaplamalar tamamlanmış oldu.

2.3.5 Taşıma Hatlarındaki Akış Rejimlerindeki Toplam Basınç Düşümü

Hızlanmaya bağlı basınç düşümüne gaz sürtünmesi ve taşınması eklenirse ,toplam düşüm yatay ve dikey rejimlerde sırasıyla,gerçekleşir.

$$P_{(hc,n)} = X_n P_{(ch,d)} + P_{(acc,h)} \tag{31}$$

$$P_{(vc,n)} = Z_n P_{(cv,d)} + P_{(acc,v)} \tag{32}$$

2.3.6 Taşıma Hatlarının Çıkış Noktalarındaki Akış Rejimlerinin Etkenleri

Son iki formül ile hesaplanan basınç düşümü,gaz viskozitesi ile atmosferik koşulların akış rejimiyle yakın sonuçlar vermektedir.Bu hesaplamaları çıkış etkenlerindeki akış rejimine uygularsak,yatay akış için,

$$P_{(n+1)} = P_n - P_{(hc,n)} \tag{33}$$

Dikey akış için,

$$P_{(n+1)} = P_n - P(vc,n) \tag{34}$$

Devamında,

$$R_{(n+1)} = P_{(n+1)} / P_n \tag{35}$$

$$V_{(n+1)} = V_n R_n^{(1/K)} \tag{36}$$

$$F_{(n+1)} = 60\mathrm{AV}_{(n+1)} \tag{37}$$

$$\varrho(n+1) = \varrho_n / R^{(1/K)} \tag{38}$$

Bu formülasyonlar taşıma hatlarındaki akış rejimiyle ilgili tüm bilgileri vermektedir.İlk akış rejiminden, (W_{th}) ye kadar ve tüm akış rejimleri için basınç düşümü belirlendikten sonra taşıma hatlarındaki toplam basınç düşümü yatay ve dikey rejimler için sırasıyla,

$$P_{tch} = \sum_{1}^{(n=W)} P_{(hc,n)} \tag{39}$$

$$P_{tcv} = \sum_{1}^{(n=W)} P_{(vc,n)} \tag{40}$$

Sonuçta,toplam basınç düşümü 1 den W ye kadar tüm hat için,

$$P_{ct} = P_{tch} + P_{tcv} \tag{41}$$

2.3.7 Katı Ayırma Ünitesinde Basınç Düşümü ve Etkenleri

Siklon veyahut çanta tipi toplayıcılarda basınç düşümü P_{bg} için deneysel değerler genel olarak kullanılmaktadır.

P_{bg} uygundur,çıkış parametresi P_{w+1},R_{w+1},ϑ_{w+1},f_{w+1} kulanılarak hesaplanabilir.P_{bg}= $P_{hc,n}$

2.3.8 Gaz Hatlarındaki Bağıl Basınç Düşümü

Bazı uygulamalarda,vakum pompası katı ayırıcıdan ayrı veyahut sistem kapalı çalışmakta olabilir(gaz tasarufu için)Bu tür durumlarda akış rejimleri boyuncabasınç düşümünde w+2 den I hesaplanmalıdır.Wn=0 alınırsa yatay ve dikey hatlar için sırasıyla,

$$P_c = X_n P_{ga} / L_a \tag{42}$$

$$P_c = Z_n P_{ga} / L_a \tag{43}$$

Bu değerlerle W+2'den I akış rejimi hesaplamalarında kullanılabilir.Bağıl basınç düşümü yatay ve dikey hatlarda sırasıyla

$$P_{(ha,n)} = X_{nP}(aha, d) \tag{44}$$

$$P_{(va,n)} = Z_n P_{(ava,d)} \tag{45}$$

Böylece toplam basınç düşümü yatay ve dikey akışta sırasıyla,

$$P_{tah} = \sum_{(n=W+2)}^{(n=I)} P_{(ha,n)} \tag{46}$$

$$P_{tav} = \sum_{(n=W+2)}^{(n=I)} P_{(va,n)} \tag{47}$$

Toplam basınç düşümü tüm gaz akışı rejimlerinde ise,

$$P_{at} = P_{tah} + P_{tav} \tag{48}$$

Böylece tüm basınç düşümü için konveyör sistem hesaplamaları aşağıdaki gibi oluşur.

1-Tüm sistem basınç düşümü

$$P_t = P_{ct} + P_{at} + P_p + P_{bg} \tag{49}$$

2-Vakum bloweri emiş basıncı ile,

$$P(I+1) = P_1 \tag{50}$$

$$P_1 = P_{amb} - P_t \tag{51}$$

3-Vakum bloweri basınç oranı

$$R_t = P_{amb} / P_1 \tag{52}$$

4-Vakum bloweri emiş akışının F(I+1) = F_1 olduğuna göre,blower için gerekli adyabatik beygir gereksinimi,

$$HP_a = \frac{144}{33000} P_1 F_1 [K/(K-1)][R_2^{((K-1)/K)} - 1] \tag{53}$$

5-Politropik gerekli beygir gücü gaz için,

$$HP_p = \frac{HP_a}{\eta_p} \tag{54}$$

6-Çalışma için gerekli beygir,

$$HP_r = HP_p / \eta_m \tag{55}$$

7-Gaz akışı ile sistemden geçen kütle miktarı,

$$Q_m = 60\mathrm{F}(I+1)\varrho(I+1) \tag{56}$$

8-Toplam geçiş oranı

$$D_{rt} = \sum_1^W D_{(r,n)} \tag{57}$$

İse katı hava oranı

$$S/A = D_{rt} / Q_m \tag{58}$$

9-Vakum bloweri giriş sıcaklığı

$$T_i = \frac{T_{amb}}{R_t^{((K-1)/K)}} \tag{59}$$

10-Polytropik verim ile taşınan gaz sıcaklığı tanımlanır ise,

$$K_p = 1/[1-(K-1)/K\eta_p] \tag{60}$$

buna bağlı blower değişim sıcaklığı,

$$T_o = T_i R_t^{((K_p-1)/K_p)} \tag{61}$$

11-Kapalı sistemlerde eğer $T_o > T_{max}$ ise sıcaklığı sabit tutmak için gerekli ısı değiştirici ile atılacak ısı

$$H_R = C_P Q_m (T_o - T_{max}) \qquad (62)$$

12-Konveyör hatlarındaki maksimum hız,

$$V_{max} = V_w \qquad (63)$$

Bu formüller ile vakumlu konveyör hesaplamaları bitmiştir.Sırayla her bileşen hesaplanabilir.

2.3.9 Bilgisayar Destekli Hesaplamalar

Bilgisayar destekli hesaplamalar bilgisayar destekli olarak basic,mathlab gibi programlar vasıtasıyla rahatlıkla yapılabilir.Yakın gelecekte cad programlarınında bu özelliklere kavuşacağını belirtmeliyim.

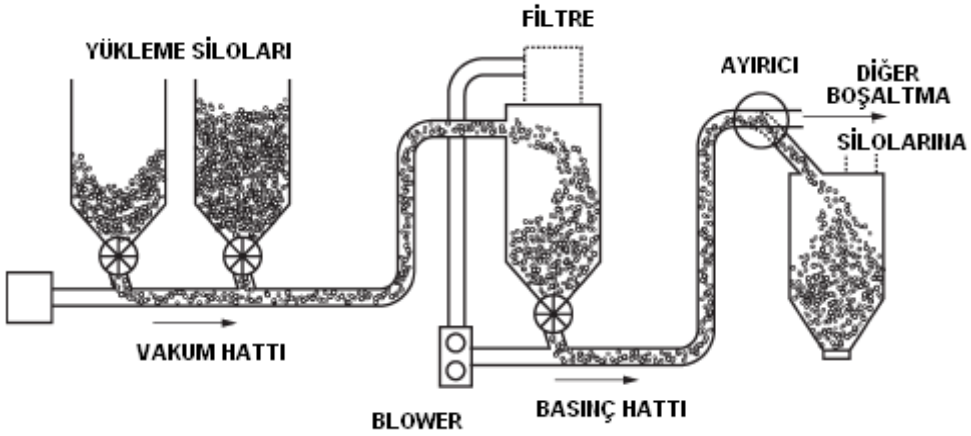
Bilgisayar sistemlerinin giderek güçleniyor olması boru akış hattındaki malzemelerin davranışlarının analiz edilmesinde böylece daha verimli sistemlerin kurulmasını sağlayacaktır.

Ayrıca matematiksel olarak tamamen modellenmesi mühendislik açısından daha zorlu ve daha başında olduğumuz bir süreçtir.

2.4 Vakumlu(Negatif)-Pozitif Basınçlı Pnömatik Konveyörlerin Karşılaştırılması

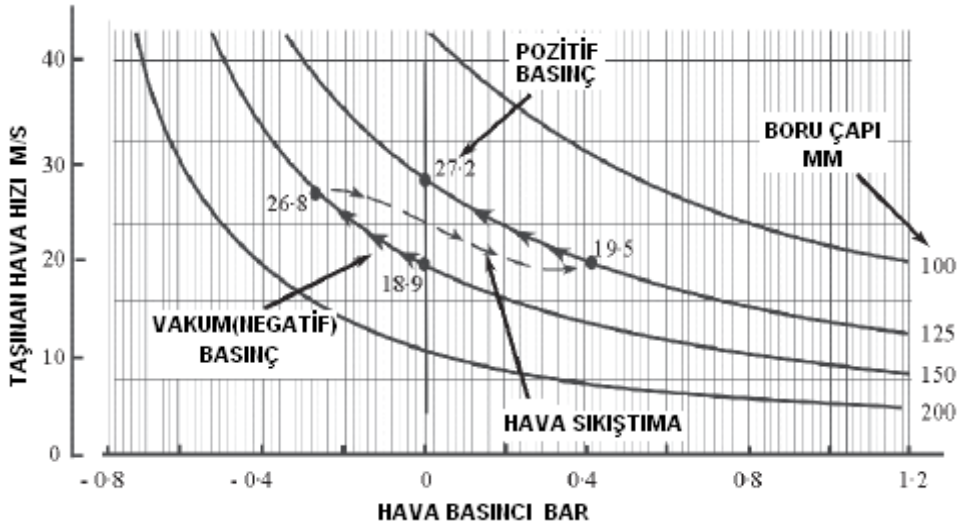
Vakumlu ve pozitif basınçlı konveyör sistemleri arasında birçok ve çeşitli farklılıklar mevcuttur.

Bu iki sistem arasındaki bazı tasarım ve çalışma farklılıkları konvensiyel olarak emiş-üfleme ya da itme-çekme olarak betimlenebilir.



Şekil 2.14 Negatif ve pozitif basınçlı konveyör sistemi şematik

Şekil 2.14 de görülen bir sistem genel olarak hem vakumlu taşımanın çoklu besleme sisteminden yararlanmak hem de pozitif sistemlerin çoklu dağıtımdan faydalanmak için tercih edilmektedir.Bu sistemin çalışma basınç ve hız eğrileri şekil 2.15 de görülmektedir.



Şekil 2.15 Vakumlu ve pozitif konveyör sistemleri için hava hızı basınç grafiği

Basan ve emen pompadaki hava çıkışı yeterli olmalıdır.Vakum için gerekli boru çapı ise basınçlı sistem için gerekenden büyük olmalıdır.

2.4.1 Sayısal Olarak Karşılaştırma

Bu iki sistemin karşılaştırılması için aynı uzunlukta bir boru hattı gözönüne alırsak .Ki 100 m yatay 15 m dik ,90' dönüşlü 5 dirsekten oluşan bir sistem olsun Aynı hava hızında transfer baz alınarak düşük basınçta seyrek bazda taşıma yapılmaktadır.Böylece sistemlerin taşıma karşılaştırması daha gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Sistemler iki türlü karşılaştırılabilir,

-Taşıma parametreleri değerlendirilip,buradan yola çıkarak enerji ihtiyacını belirlemek,
-Belirli bir enerji girişi ile malzeme akışını değerlendirmek
İkinci yönteme göre analiz yaparsak,

2.4.2 Sistem Analizi

Hava ağırlık akış oranı 1,0 kg/s,hava itişi için sıkıştırma oranı 2:1 seçildi.1,0 kg/s her iki sistem içinde malzeme taşımaya uygundur.

Her iki sistem 115 kw giriş gücündedir.100 kN/m^2 mutlak atmosfer basıncı alınırsa vakum sisteminde 50 kN/m^2 'lık basınç düşümü,pozitif sistemde ise 200 kN/m^2 giriş hava basıncı 100 kN/m^2 'lik basınç düşümü söz konusudur. Her iki sistemde 300 K(26,85 C) malzeme ve hava sıcaklığında çalışmaktadır.

2.4.3 Taşıma Parametreleri

Karşılaştırma seyrek fazlı akışa göre yapılacaktır.Taşınacak malzeme v=14 m/s hızında çimento olarak belirlenirse,taşıma çıkış hava hızı 28 m/s olacaktır.

2.4.4 Boru Hattı

Hacimsel akış oranı sıkıştırmaya bağlı olarak,

$$\vee = \frac{(\pi d^2)}{4} C \tag{64}$$

Dairesel boru hatttı için,ideal gaz yasası,

$$p \vee = m_a R T \tag{65}$$

Bu iki denklemin bileşiminden,

$$d = (\frac{(4 m_a R T)}{(\pi p C)})^{0.5} \tag{66}$$

Uygun hava ve sistem değerleri girilirse,

$$d = (\frac{7,83}{p})^{0,5} \tag{67}$$

V	Hacimsel akış oranı		m^3/s
d	Boru çapı		m
c	Taşınan hava hızı	c=14	m/s
p	Hava basıncı		kN/m^3 mutlak
m'_a	Hava akış oranı kütlesi	m_a=1,0 kg/s	kg/s
R	Gaz sabiti		kj/kgK
T	Sıcaklık	T=300	K

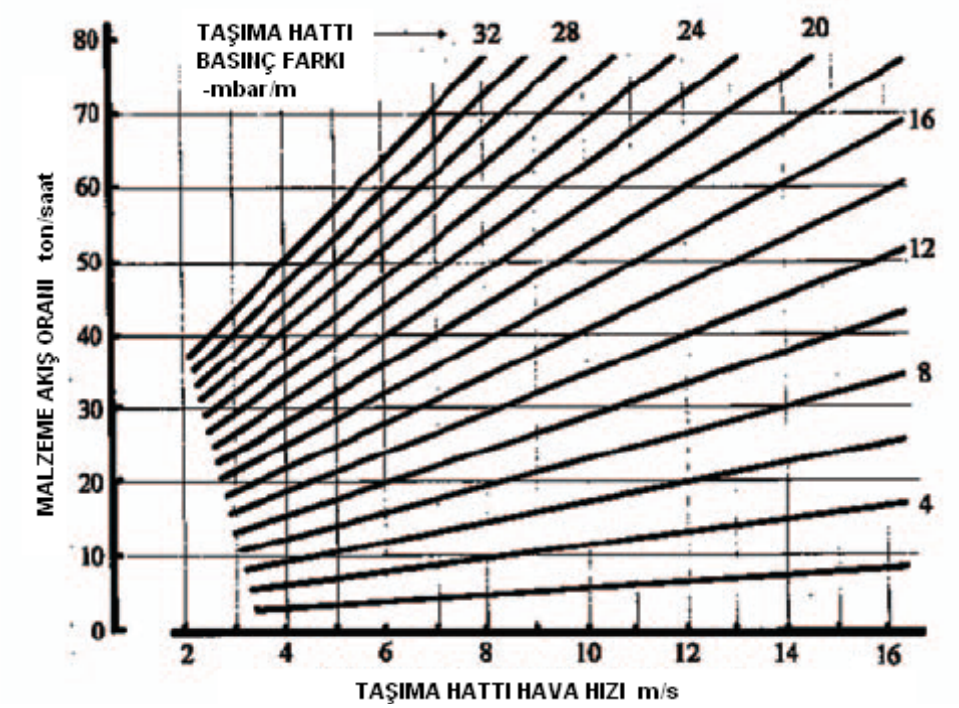
Hesaplamalar yapılırsa,

Vakum sistemi için P=100 kN/m^2 d= 280 mm

Basınçlı sistem için P=200 kN/m^2 d= 198 mm bulunur.

2.4.5 Basınç Düşüren Elemanlar

Taşınacak malzeme türüne ve sistem konstruksiyonuna göre kabul edilebilir hata seviyesinde bazı yaklaşımlarda bulunabilir,bu sebeple belirli bir malzeme akış oranına göre hesaplama yapılabilir.



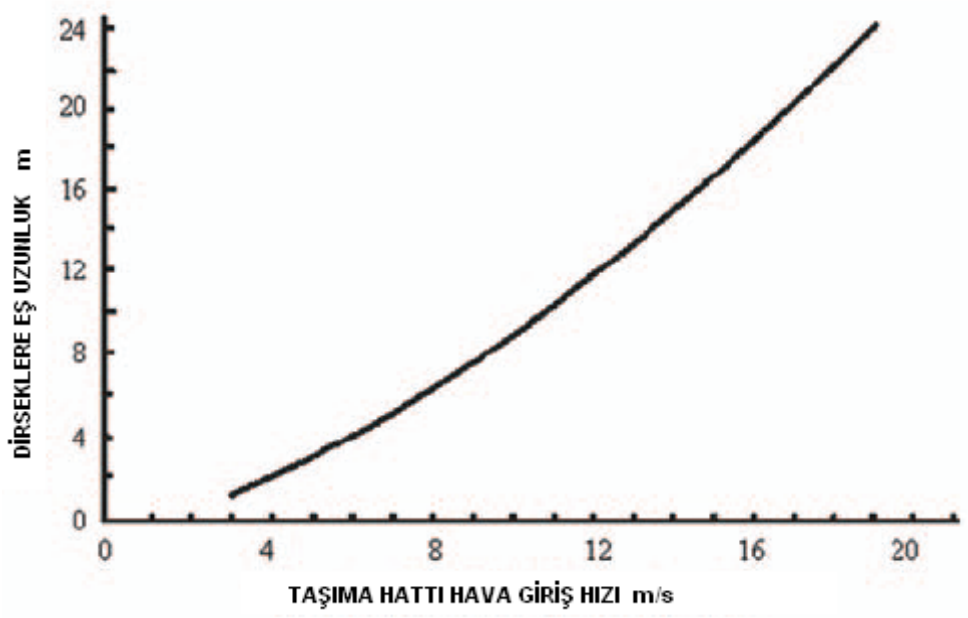
Şekil 2.16 Portland çimentosunun 100 mm çaplı boruda yatay hat taşınmasına ait grafik

2.4.5.1 Düz ve Dik Boru Hattında

Şekil 2.3'de düz hatta gerçekleşen basınç düşümü gözükmektedir.Bu bilgi basınç değişimi için yatay hatlarda geçerlidir.Düz hat uzunluğu basınç değişimi uzunluğuna bölünmelidir.
Dik hatlarda akış için hat uzunluğu ikiyle çarpılıp yatay hatta eklenebillir.şekil 2.32de ayrıca 100 mm boru hattı için malzeme akış oranı ,boru çapına ve uzaklığına oranlanabilir.

2.4.5.2 Dirseklerde

Sistemin dirseklerle yön değiştirdiği durumlardaki malzeme hızı ve davranışı şekil 2.17' deki gibidir.



Şekil 2.17 Radüslü dirseklerin çimento taşımak için eş uzunlukları

Her dirsekteki basınç kaybı toplam hatta karşılık gelen yatay boru hattının,taşınan hava hızına bağlıdır.Bu uzunluk dikey borulardaki toplam uzunluğa eklenebilir.

2.4.6 Havaya Bağlı Basınç Düşümü

Boru hattı boyunca havaya bağımlı basınç düşümü genel akışkan mekaniği formülasyonundan oluşurulursa,

$$\triangle p_a = \frac{(4\mathrm{fL}\,\alpha\, C^2)}{200\mathrm{d}} \qquad \text{(mbar)} \qquad (68)$$

f	boru sürtünme katsayısı	()
L	gerçek boru uzunluğu	m
ρ	taşınan hava yoğunluğu	kg/m^3
C	taşınan hava hızı	m/s
d	boru çapı	m

Boru sürtünme katsayısı 0,0045 alınabilir.

C,p hava hızları giriş ve çıkış için sırasıyla 14 ve 28 m/s alınmıştır.

2.4.7 Hızlanmaya Bağlı Basınç Düşümü

Hızlanmaya bağlı basınç düşümü çıkış düşümüne bağlıdır.Aşağıda belirtildiği gibi elde edilebilir.

$$\triangle p_{acc} = (1+\Phi)\frac{(\rho C^2)}{200} \qquad \text{(mbar)} \qquad (69)$$

Φ = katı yükleme oranı

Taşınan malzemeler için,katı yükleme oranı ,

$$\Phi = \frac{m_p}{(3.6\, m_a)} \qquad (70)$$

m_p taşınan malzeme için kütle akış oranı

m_a kullanılan hava için kütle akışı

2.4.8 Malzeme Akış Miktarının Değerlendirilmesi

Vakumlu bir sistemin 64 t/saat için hesaplaması yapılırsa,hava akış oranı 1,0kg/s olursa katı yükleme oranı 18 olmaktadır.Boru hattı boyunca asıl taşıma hızı 21 m/s ve mutlak basınç 75 kN/m^2 olur.

$$\rho = \frac{p}{(RT)} \qquad (\text{kg/m}^3) \qquad (71)$$

Gerçek yoğunluk boru hattı boyunca 0,871 kg/m^3 ve hat sonunda 0,581 kg/m^3 olmaktadır. Basınç düşümü tüm düz hat boyunca ise tüm uzunluk,düz yatay hattın uzunluğunun,basınç farkına çarpılmasıyla bulunur.

100 m yatay ve 15 m dikey hat için gerçel hat boyu 130 m olarak verilmektedir.(şekil 2.16) vasıtasıyla 64 t/saat, 280 mm boru çapı 100 mm'ye oranlanırsa, bu çapta 8,16 t/saat çıkmaktadır.

Şekil 2.16'daki bu çalışma noktası 8,16 t/saat için 14 m/s hızda 2,15 mbar/m olmaktadır. Böylece basınç düşümü düzhatlarda 130 * 2,15 = 280 mbar olur.

2.17 şekilden gerçek dirsek boyu yaklaşık 15 ve buna bağlı 5 dirsekten dolayı oluşan basınç düşümü 2*5*2,15 = 161 mbar olmaktadır.

(68) formülden basınç düşümü sadece havaya bağımlı olarak,

$$\triangle p_a = \frac{(4\,0{,}0045\,115\,0{,}871\,21^2)}{(200\,0{,}28)} = 14 \quad \text{mbar} \qquad (72)$$

Basınç hızlanmasına bağlı basınç düşümü hesaplanırsa,

$$\triangle p_{acc} = (1+18)\frac{(0{,}581\,28^2)}{200} = 43 \quad \text{mbar} \qquad (73)$$

Bu dört bileşene bağlı basınç düşümü 498 mbar olmaktadır.Yaklaşık kabul edilebilir bir vakum sistemi için taşıma değeridir.Basınçlı sistem içinde benzer hesaplamalar yapılırsa aşağıdaki Çizelge ortaya çıkar.

Çizelge 2.1 Pozitif ve negatif (vakumlu) konveyör sistemlerinin sonuç değerleri

	SİSTEM			
BORU HATTI ELEMANLARI	VAKUM(NEGATİF BASINÇ)		POZİTİF BASINÇ	
	BASINÇ DÜŞÜMÜ	% TOPLAMDAN	BASINÇ DÜŞÜMÜ	% TOPLAMDAN
MALZEME BORU HATTINDA	280	56	553	56
MALZEME DİRSEKLERDE	161	32	319	32
HAVA BORU HATTINDA	14	3	40	4
İVMELENME	43	9	84	8
TAŞIMA KAPASİTESİ TON/SAAT	64		63	

2.4.9 Vakumlu ve Pozitif Basınçlı Sistemlerin Sayısal Olarak Karşılaştırma Sonucu

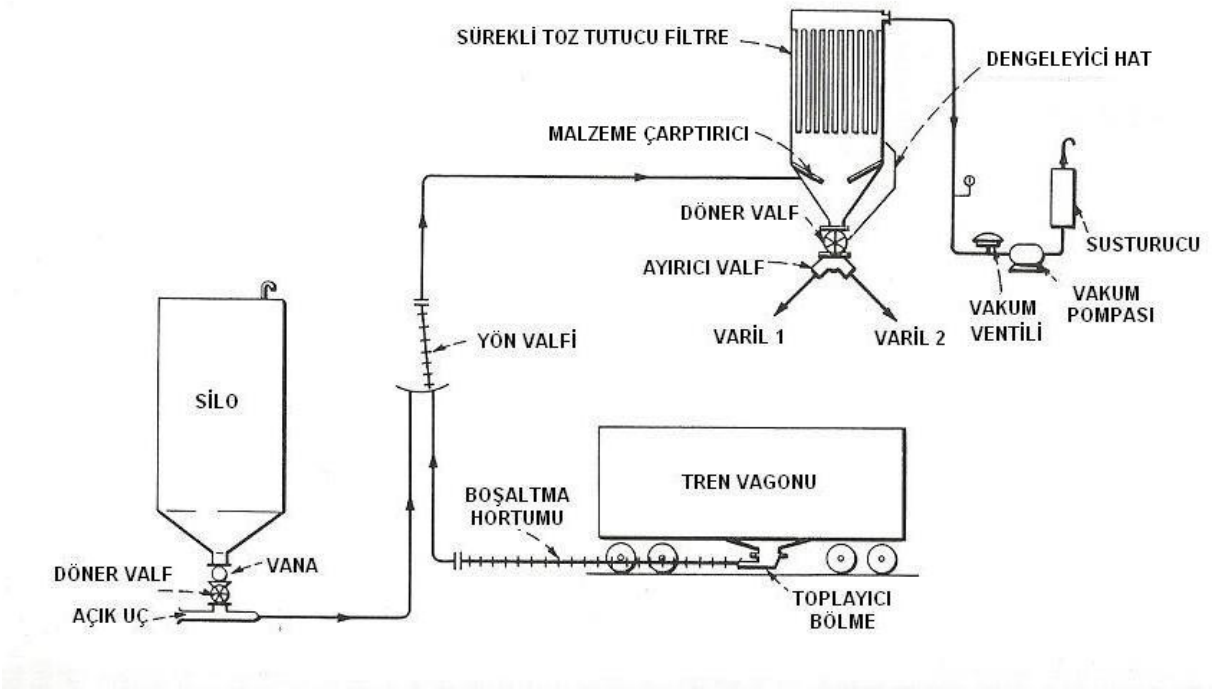
Bu iki sistemin karşılaştırılmasından malzeme akış miktarlaında çok az bir fark bulunduğu ortaya çkmakla beraber güç gereksinimleri bakımından eşit oldukları belirlenmiştir.

Sistemlerdeki belirgin konstruksiyon,basınç düşüm farkları açıkça Çizelge 2.1 de gözükmektedir.

Kısıtlı basınç düşümü imkanı sebebiyle vakumlu(negatif basınçlı) konveyör sistemlerinin, düşük hız ve yoğun faz da iletim söz konusu olduğunda pozitif basınçlı sistemlere göre dezavantajları bulunmaktadır.Bu tip iletimde vakumlu konveyör sistemlerinin kullanılabilmesi için taşıma mesafesi kısa tutulmalıdır.

2.5 Vakumlu Pnömatik Konveyörler Konstruksiyon Elemanları

Vakumlu pnömatik konveyörlerini oluşturan konstruksiyon elemanları sistemin verimini etkileyen en önemli unsurlardır.Bu elemanların iyi tanımlanması özellikle tasarım esaslarının irdelenmesi açısından önem taşımaktadır.Bu elemanlar,vakum pompası,besleme elemanları,ayırma elemanları,boru hattı,taşıma araçları olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2.18 En yaygın vakumlu pnömatik konveyör konstruksiyonu

2.5.1 Vakum Pompası Konstruksiyonları ve Çalışma Prensipleri

Vakum pompaları vakumlu pnömatik konveyör sistemlerinin temelidirler.Vakum pompaları sayesinde konveyör sisteminde malzemenin iletimine olanak sağlanmaktadır.

Bu tip sistemlerde özellikle yüksek tonajlı iletimlerde döner pistonlu,blower veyahut roots diye ifade edilen pompalar kullanılmaktadır. Düşük mutlak vakum seviyelerine (-500 mbar)

rağmen sağladık uygun maliyet,yüksek debi ve az bakım gerektiren konstruksiyonları,bu pompaları en çok tercih edilen vakumlu pnömatik konveyör pompası yapmaktadır.

Ancak vakumlu pnömatik konveyör sisteminin debi ihtiyacı azaldıkça diğer tip vakum pompaları düşük enerji sarfiyatı,yüksek vakum seviyeleri(-800 mbar),az yer kaplayan konstruksiyonları sebebiyle tercih edilmektedirler.

2.5.1.1 Radyal Vakum Pompaları

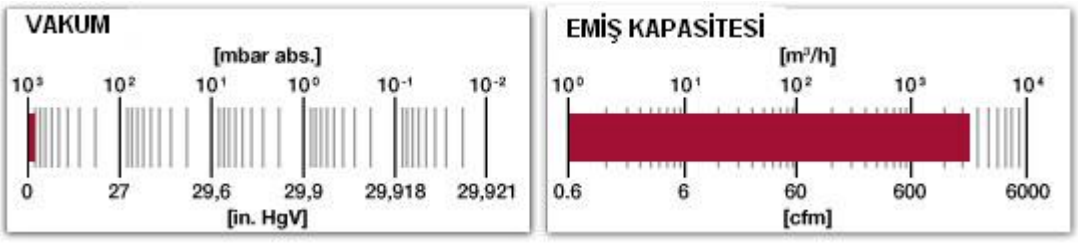
Ortada dönen fan üzerinde bulunan kanatların havayı santrifüj etkisiyle fanın dışına doğru iter.Bu hareket fanın iç bölümünün vakum(negatif basınç) yapmasına olanak sağlar.

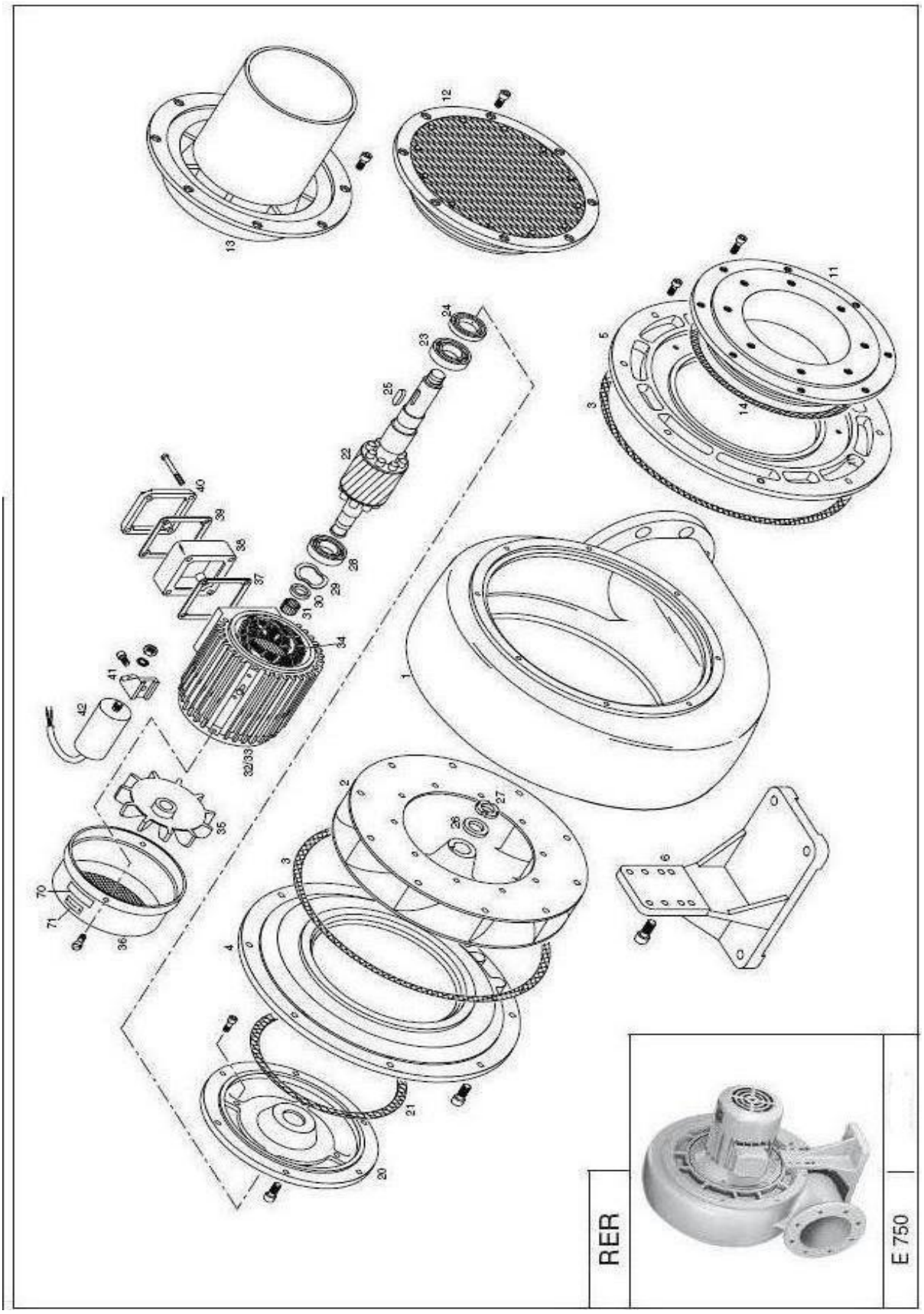
İçeri giren hava eksenel yönden radyal yöne kanatlar vasıtasıyla döndürülür.

Fanın yüksek hızı sebebiyle,hava dış spiral gövdeye göre akışa geçer.Bu sırada havanın hızı düşer ve enerjinin bir kısmı sıkıştırma enerjisine dönüşür.

Hava en son olarak pompayı çıkış ağzından terk eder.Böylece pompa havayı vakumlayıp daha sonrada pompa dışına atar.

Çizelge 2.2 Radyal vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi





Şekil2.19 Radyal vakum pompaları patlamış resmi

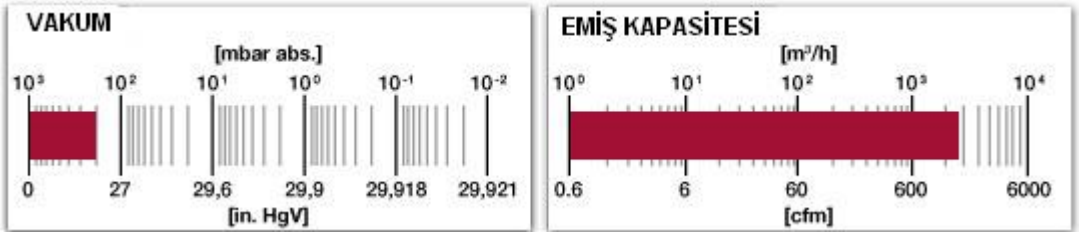
2.5.1.2 Yandan Kanallı Vakum Pompaları

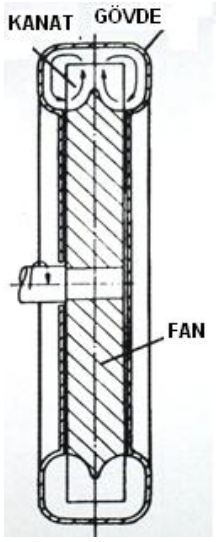
Fan tipi vakum pompası olarakta adlandırılan vakum pompalarıdır.Bakım masrafları az(her 10000 saatte rulman değişimi),debileri yüksek,vakum seviyeleri düşük vakum pompalarıdır. Vakum seviyeleri -150 mbar / - 800 mbar(özel çok kademeli konstruksiyonları) arasındadır.

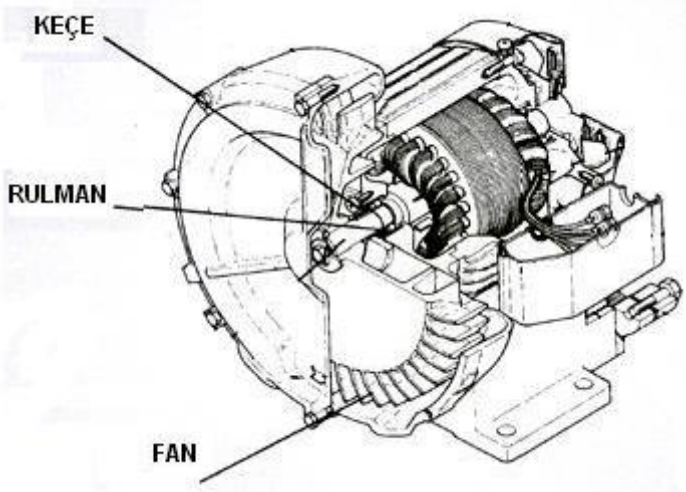
Bu tip pompalarda fan motor miline direk takılmış olup,temassız sıkıştırma prensibi ile vakum elde etmektedirler.
Kanallı konstruksiyona sahip fana giren hava,fanın dönmesiyle fandaki kanallar vasıtasıyla pompa iç yapısına göre fan tarafından hızlandırılarak çıkış ağzına doğru ilerler.Fan daki santrifüj kuvveti sebebiyle gaz sıkıştırılır.

Her dönüşü kinetik enerjiyi artırır,bu kanallar boyunca basıncın artmasına yol açar .Pompa en son olarak gazı çıkış ağzından basıncı artmış olarak dışarı atar.Bu basınç farkından ise pompa ilk giriş ağzından emiş yapar.

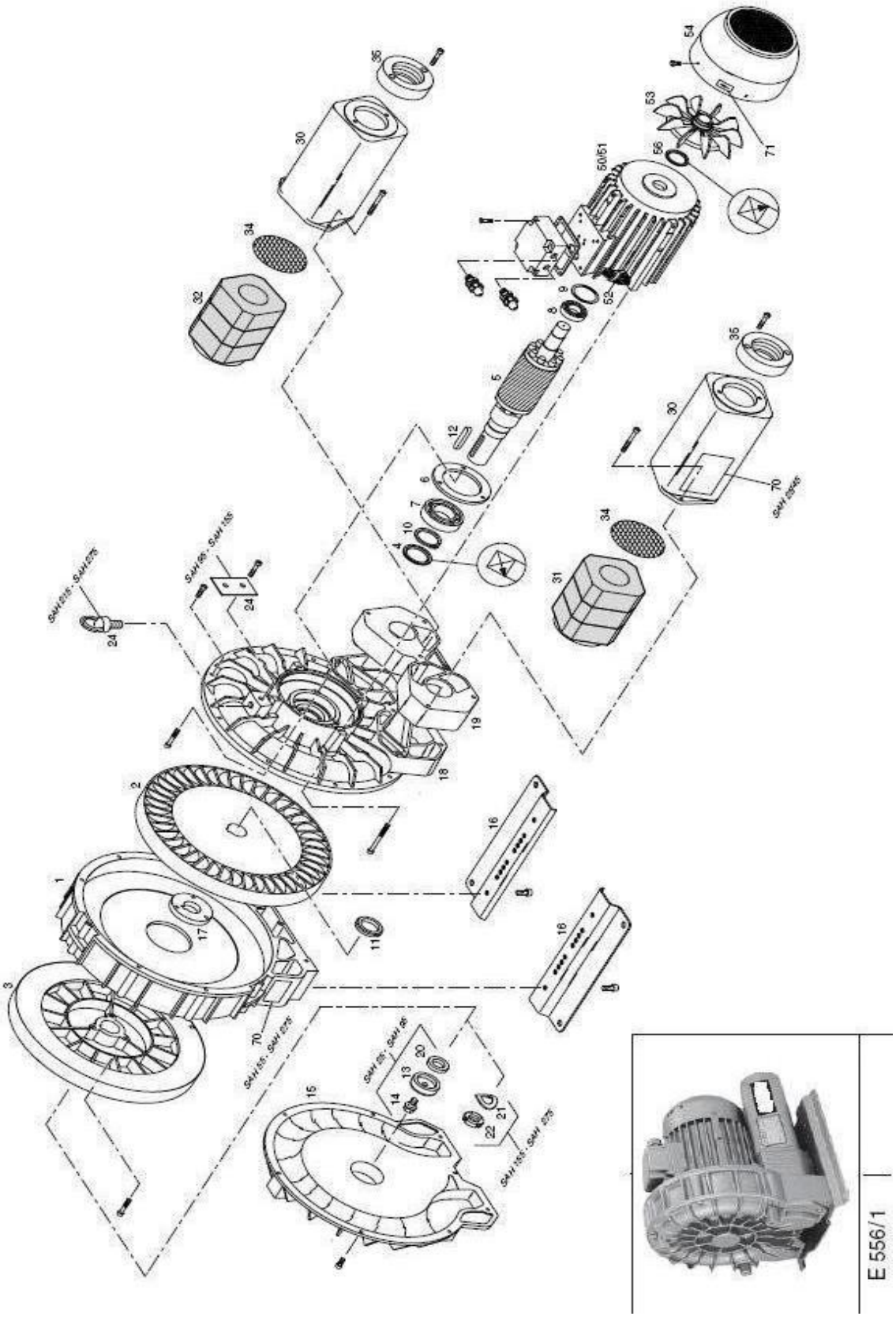
Çizelge 2.3 Yandan kanallı vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi







Şekil 2.20 Yandan kanallı vakum pompaları çalışma prensibi



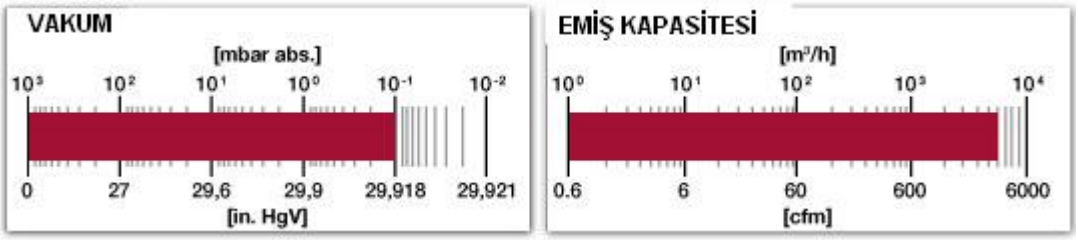
Şekil 2.21 Yandan kanallı vakum pompaları patlamış resmi

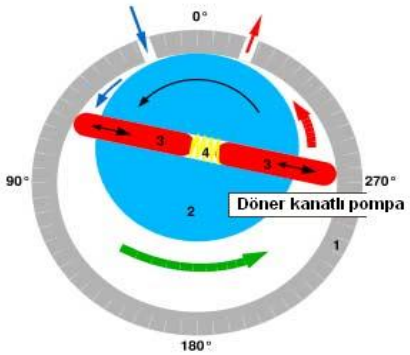
2.5.1.3 Döner Kanatlı Vakum Pompaları

Bu tip pompalar vakumlu pnömatik konveyörlerde genelde düşük debiler için tercih edilmesi gereken maliyetleri pahalı,debileri düşük,vakum seviyeleri yüksek pompalardır.
Vakum seviyeleri kuru pompalarda -800 mbar,yağlı pompalarda – 980 mbar bulmaktadır.
Sürekli yağlamalı veyahut kuru grafit kanatlı tipleri vakumlu pnömatik konveyörlerde kullanılabilmektedir.

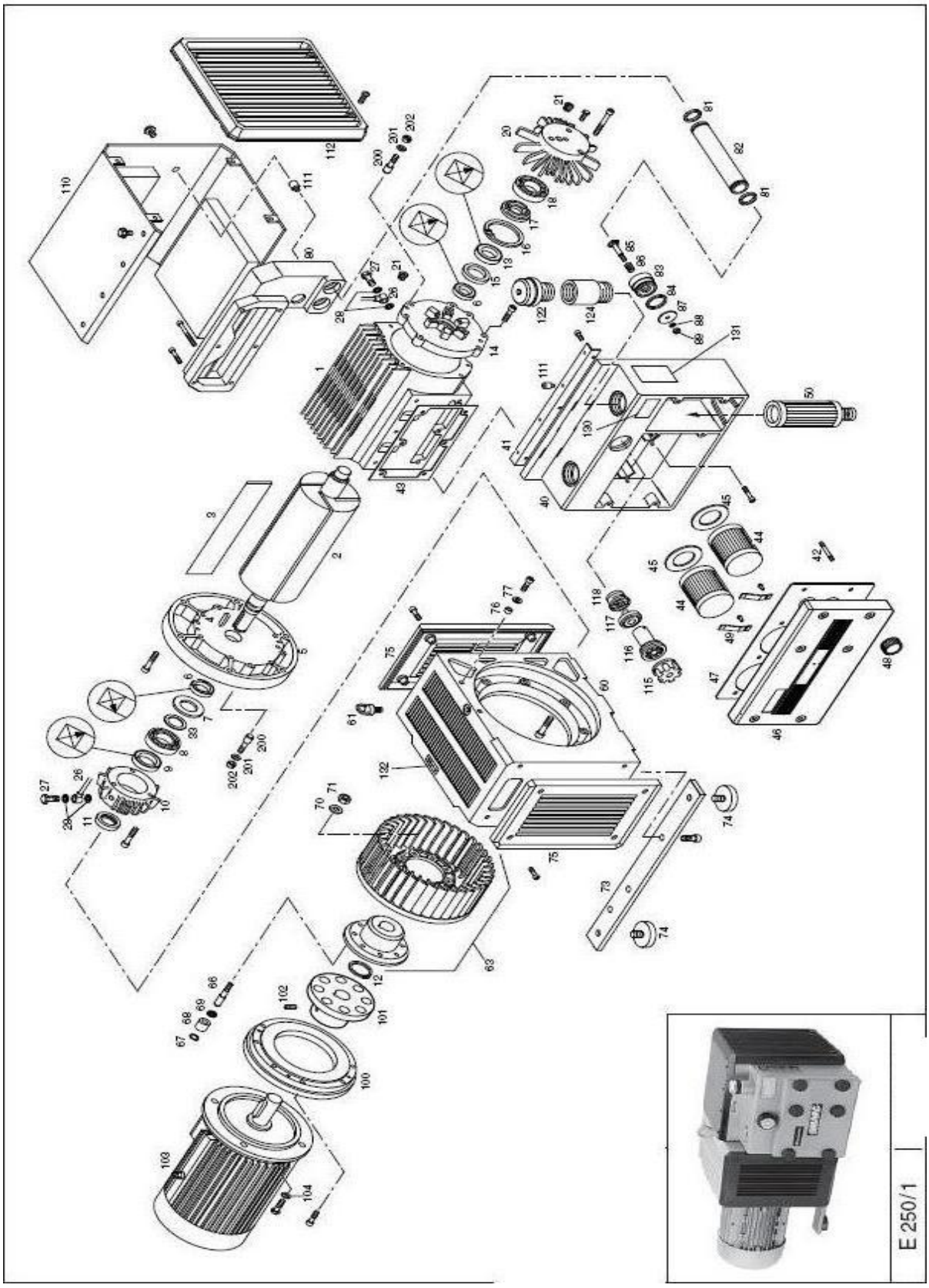
Döner kanatlı pompalar belirli bir hacmin sıkıştırılması ile basıncının artması prensibine göre çalışmaktadırlar.Dış gövde merkezinden kaçık konstrukte edilmiş bir rotor ve üzerinde bulunan kanallarda hareket eden kanatlar vasıtasıyla çalışmaktadırlar.Motordan tahrik alan rotor dönünce kanatlar merkezkaç kuvveti etkisiyle dış gövdeye temas ederek rotor içindeki kanallarda eksenel hareket ederler.Böylece gövde içinde oluşan değişken hacim sayesinde rotorda merkezden kaçık bağlandığı için pompa gövdenin bir bölümünden havayı çeker sıkıştırır ve çıkış bölümünden atar. Oluşan basınç farkı ile pompa vakum yapar.

Çizelge 2.4 Rotasyon vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi

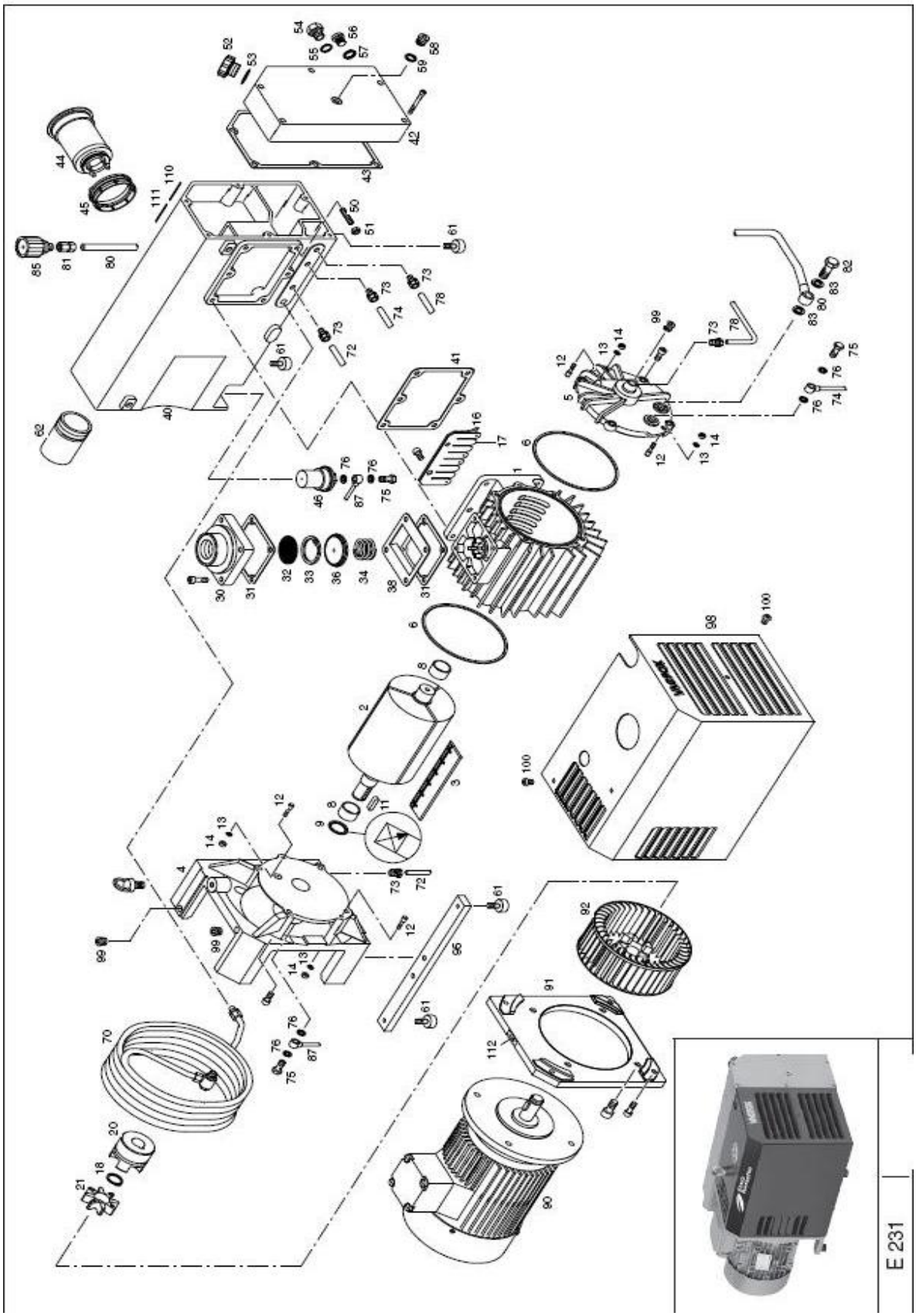




Şekil 2.21 Rotasyon vakum pompaları genel çalışma prensibi



Şekil 2.23 Rotasyon kuru vakum pompaları patlamış resmi



Şekil 2.24 Rotasyon yağlı vakum pompaları patlamış resmi

2.5.1.4 Döner Loplu-Roots Vakum Pompaları

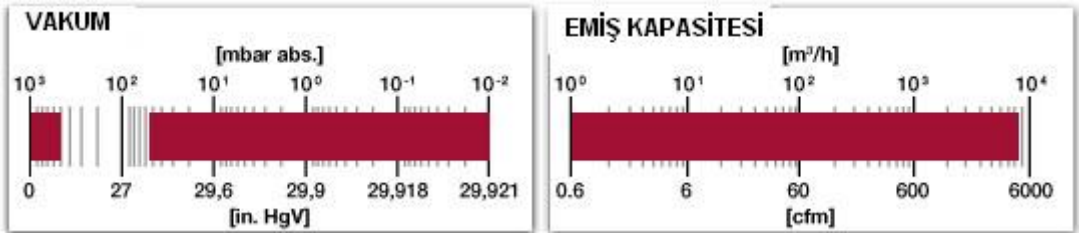
Döner Loplu pompalar,blower veyahut roots olarakta adlandırılabilirler.Sağladıkları yüksek debi,düşük maliyet,bakım gerektirmeyen konstruksiyon ile oldukça yaygın kullanıma sahiptirler.

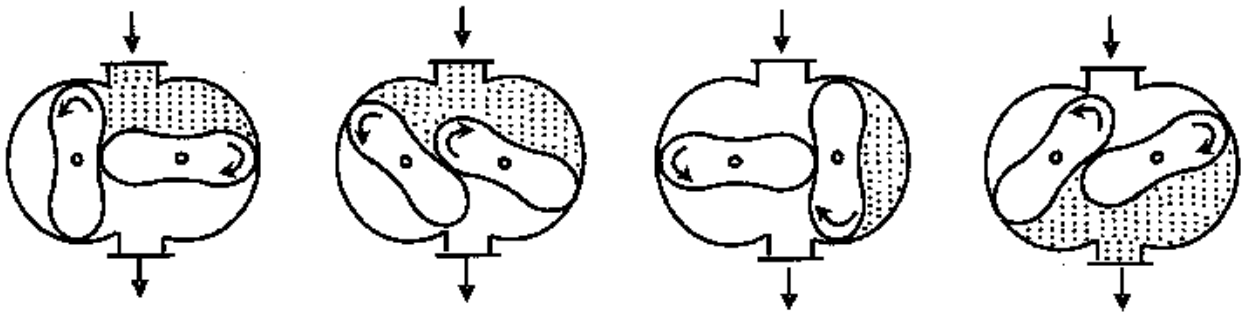
Çalışma prensiplerinde pompa içinde gaz hacmi azaltarak basınç yükseltmezler.Tamamen temassız iki adet lop ile çalıştıklarından hiçbir şekilde çalıştıkları gazı kirletmezler.

Hava taşıma hücresine iki dönen pistonun bulunduğu pompa gövdesinden,dönen piston tarafından ayrılana kadar girer.Hava çıkışa kadar sıkıştırılmadan ulaşır,daha yüksek mutlak basıncın olduğu yöne doğru diğer hücre tarafından aktarılır.Bu çalışma ile havanın dış ortamda sıkıştırılması gerçekleşmiş olur.

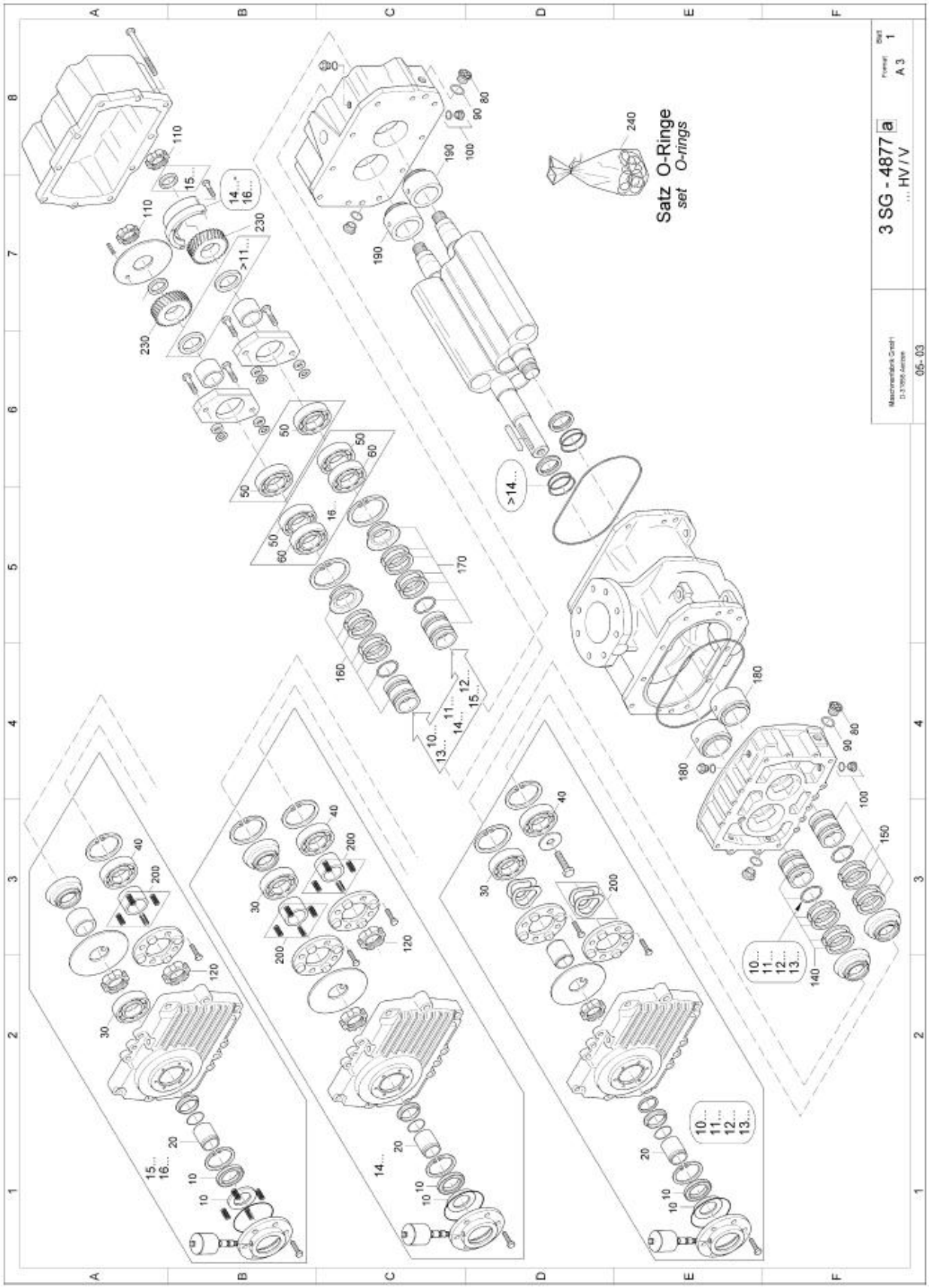
Bu tip pompalar tek kademeli olarak – 500 mbar vakum seviyelerine ulaşabilmektedirler.

Çizelge 2.5 Roots vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi





Şekil 2.23 Roots(Kök) vakum pompaları çalışma prensibi



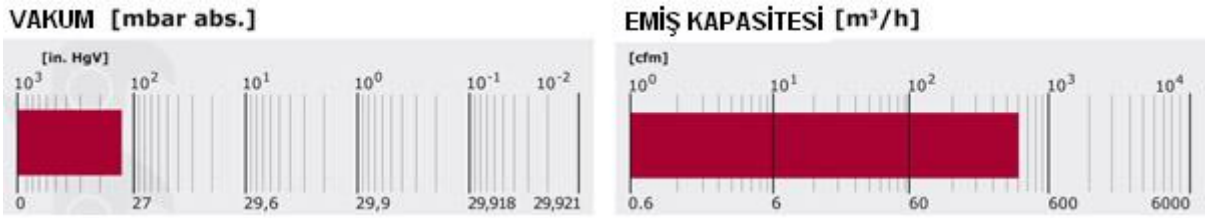
Şekil 2.26 Roots(Kök) vakum pompaları patlamış resmi

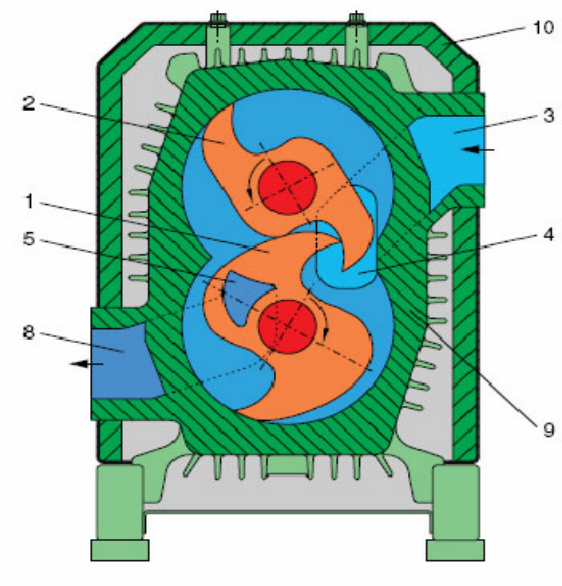
2.5.1.5 Kanca – Claw Tipi Vakum Pompaları

İç hacimsel azalma prensibi ile çalışan vakum pompalarıdır.Çok sıkı toleranslar içinde iki adet rotorun birbirine zıt yönde temassız dönmesiyle çalışan vakum pompalarıdır.Vakum seviyesi -900 mbar seviyesine kadar ulaşabilmektedir.

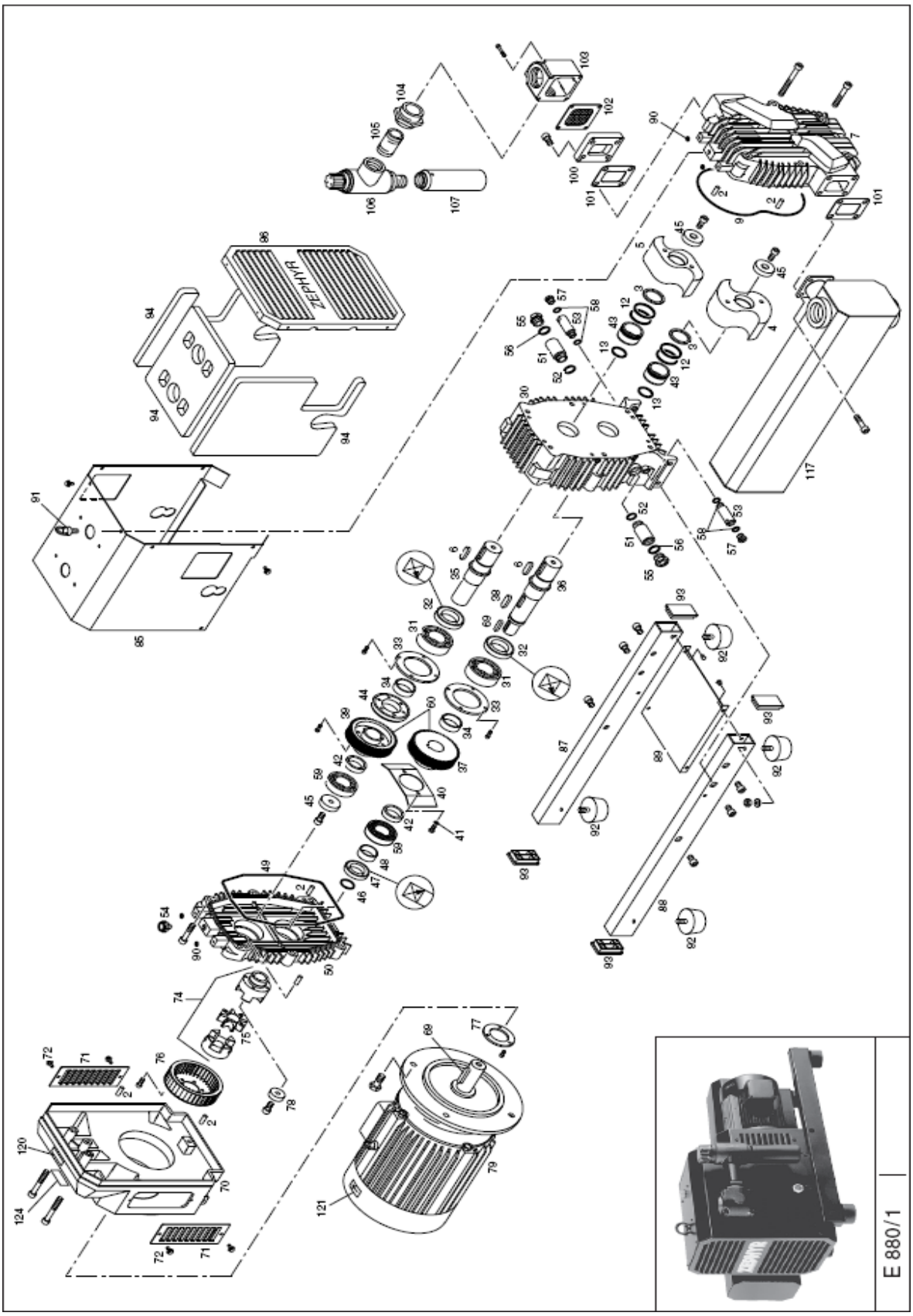
Bu rotorlar birbirlerine hassas dişliler vasıtasıyla bağlıdırlar.Kanca şeklinde rotorlar emiş bölümünden geçince pompa emiş yapmaktadır.Rotor döndüğünde gaz iki rotor arasındaki sıkışma bölümüne girer ve hava sıkışır.Sıkışan hava aşağıdaki rotorun çıkış portunu açmasıyla hava pompadan basıncı artmış olarak çıkar böylece pompa vakum yapar.
Pompa tam havayı sıkıştırmadan ön hava çıkışı ve soğutma hava emişi yapılırki pompanın ısısal yük altında kalması engellenmiş olur.

Çizelge 2.6 Kanca vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi





Şekil 2.25 Kanca vakum pompaları



Şekil 2.28 Kanca tipi vakum pompaları patlamış resmi

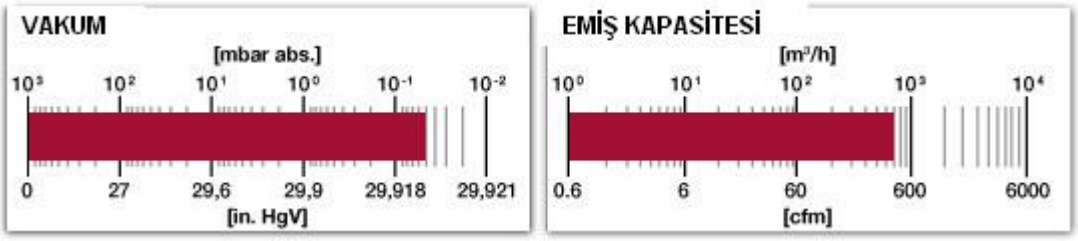
2.5.1.6 Vidalı Tip Vakum Pompaları

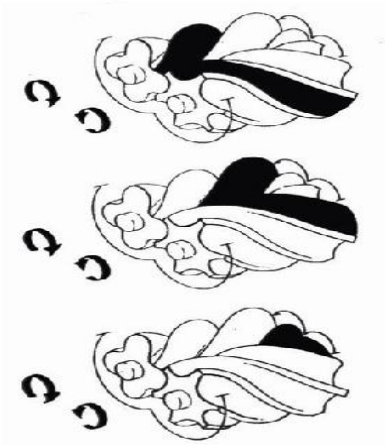
Çalışma prensipleri vidalı kompresörlere benzemekle birlikte yüksek vakum seviyelerine ulaşabilen pompa konstruksiyonlarıdır.

Bu tip pompalarda iç hacimsel sıkıştırma yöntemi ile vakum elde etmektedirler.İki adet vidalı rotor içermektedirler.Rotorlardan biri sağ vida hatveli diğeri sol vida hatvelidir.İki rotrda sürtünmesiz çok sıkı tolerans ile hassas dişliler vasıtasıyla dönmektedirler.

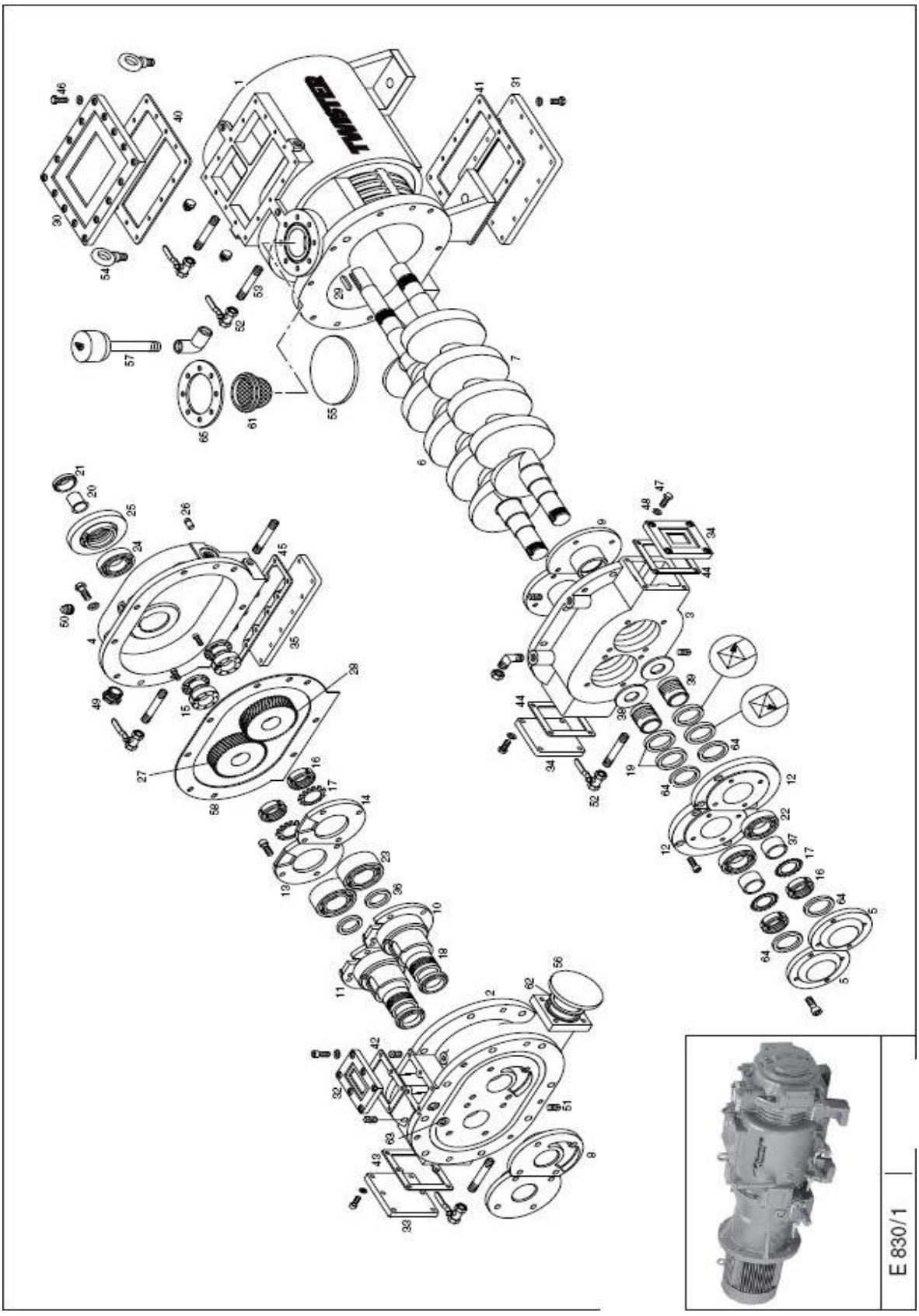
Ters yönde dönen iki rotor ile geniş emiş bölümünden sıkıştırma bölümüne geçen gaz sıkıştırılır. Böylece yüksek vakum seviyelerine ulaşılabilmektedir.Soğutma pompa dış yüzeylerinde su ile yapılmaktadır.Bazı pompa büyüklüklerinde de ekstra soğutma gazı verilebilmektedir.
Bu tip pompalar ile yüksek vakum seviyelerine çıkılabilmektedir.(0,005 mbar)

Çizelge 2.7 Vidalı vakum pompaları vakum ve emiş kapasitesi





Şekil 2. 27 Vidalı vakum pompaları çalışma prensibi



Şekil 2. 30 Vidalı vakum pompaları patlamış resmi

2.5.2 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerde Besleme Elemanları

2.5.2.1 Emiş Ağzı Konstruksiyonları

Vakumlu pnömatik konveyörlerde emiş ağzı konstruksiyonları hala az araştırılmış ve deneysel metodlarla verimlerin belirlendiği, sistemler için oldukça önemli konstruksiyonlardır.Operasyon veriminin artması için emiş ağzı tasarımı farklı koşullar göz önüne alınarak yapılmalıdır.
Ki sistem büyük malzeme yığınlarından emiş yapabilir veya gemilerde dipte kalan malzemelerin alınmasında kullanılabilir.

Çeşitli bilim adamlarının yaptığı çalışmalar sonucunda,Cramp ve Priestly 1924 (1),Vogel 1979(2), emiş ağzı sabiti K_n aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$K_n = \dot{G}\, A_n\, \upsilon \qquad (3.3)$$

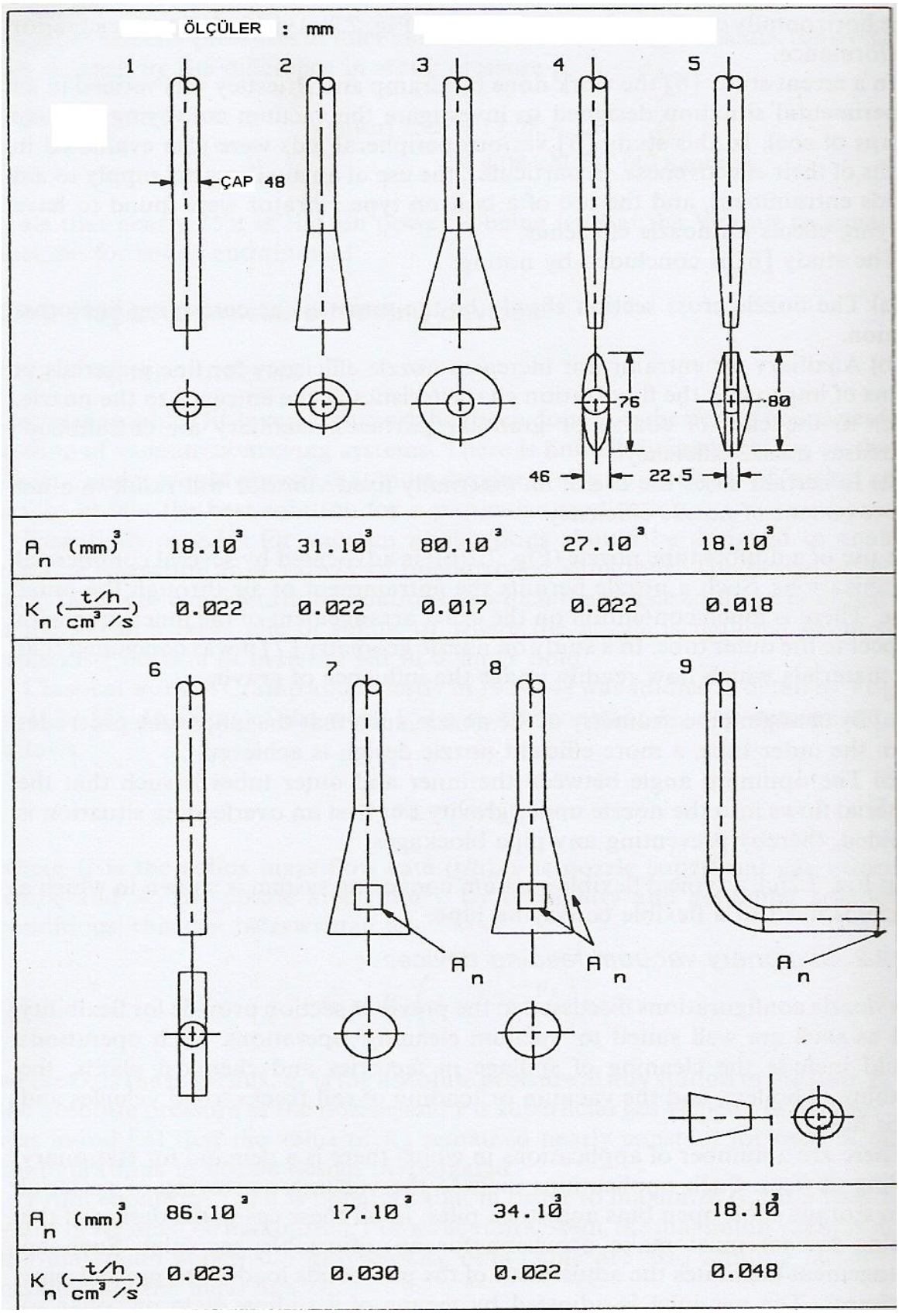
$\dot{G}$ Katı akış oranı (t/h)
υ Gaz hızı (cm/s)
A_n Emiş ağzı alanı (mm^2)

Adyabatik koşullar altında denklemi tekrar düzenler isek,

$$\dot{G}_s = K_n \left(1-\frac{(Pn-P1)}{Pn}\right) v \qquad (3.4)$$

$\dot{G}_s$ Kütle akışı
P_1 Sistem mutlak basıncı (mbar)
P_n Emiş ağzındaki mutlak basınç (mbar)
υ Gaz hızı (cm/s)
K_n Yaklaşık 9 adet emiş ağzı konstruksiyonundaki sabit

Formüldende anlaşılacağı gibi maksimum vakumda ve emiş ağzı sabitinde,gaz hızıda malzeme en fazla taşınabilmektedir.Yatay emiş ağzı ile (no 9) sistem en fazla performansı vermektedir.



A_n $(mm)^3$	18.10^3	31.10^3	80.10^3	27.10^3	18.10^3
K_n $(\frac{t/h}{cm^3/s})$	0.022	0.022	0.017	0.022	0.018

A_n $(mm)^3$	86.10^3	17.10^3	34.10^3	18.10^3
K_n $(\frac{t/h}{cm^3/s})$	0.023	0.030	0.022	0.048

Şekil 2.31 Genel emiş ağzı konstruksiyonları

Sonuçta şu verilere ulaşılmıştır,

-Emiş ağzı mümkün oldukça taşıma hattıyla aynı çapta olmalıdır.

-Hava desteği malzeme transferine destek olmaktadır.(Toz ve küçük taneli < 2 mm^2 malzemelerde)

-Granül ve büyük parçalı malzemelerde hava desteği taşıma miktarını düşürmektedir

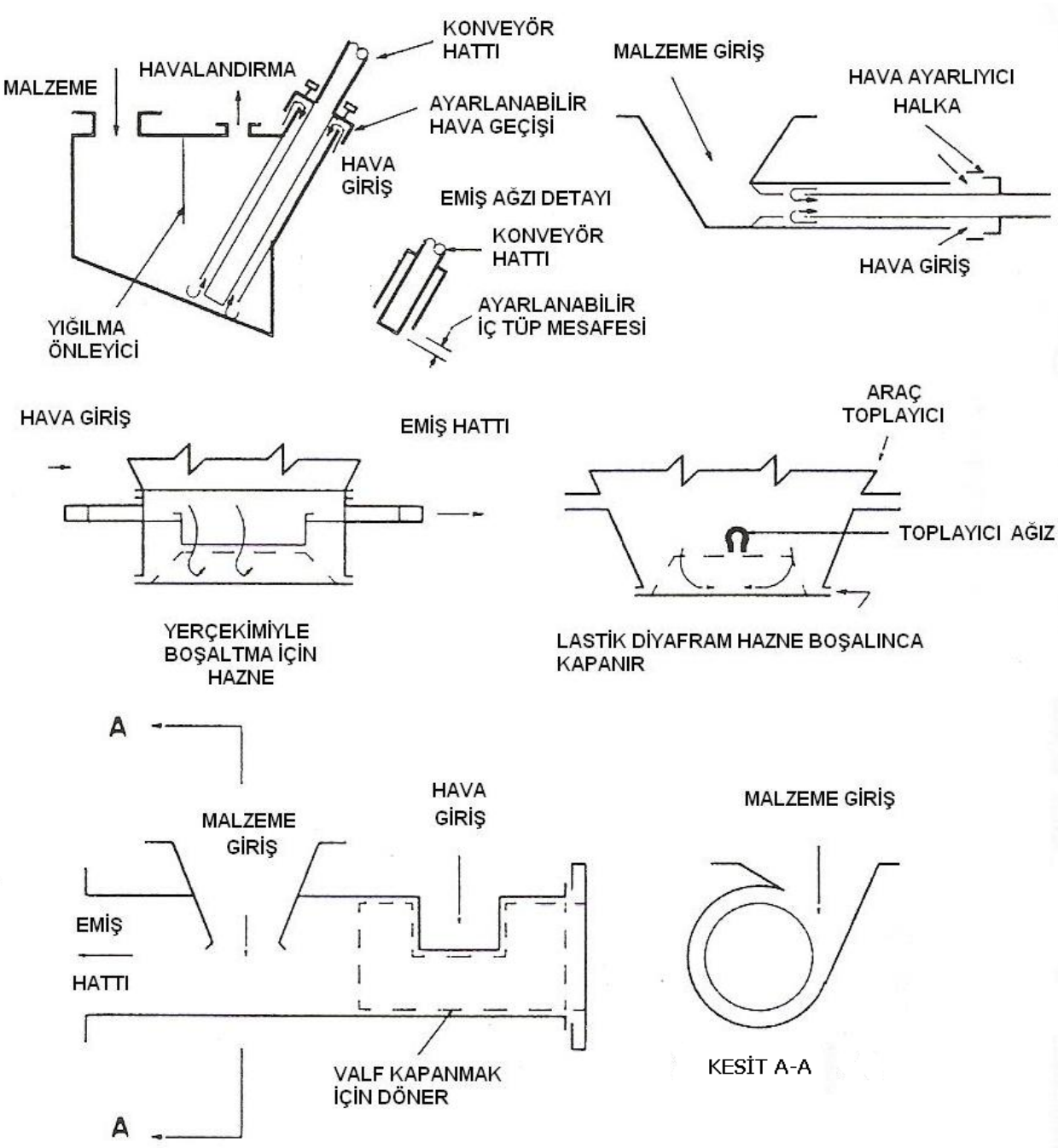
-Birçok uygulamada emiş ağzına titreşim sağlayacak bir vibratör yerleştirilmesi emiş ağzı kapasitesini artırmaktadır.

2.5.2.2 İstasyonel Vakumlu Pnömatik Konveyör Besleme Üniteleri

Bir çok uygulamada istasyonel besleme ünitelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Silolardan,açık bidonlardan, malzeme yığınlarından vakumla malzeme taşıma yapılırken bu tip istasyonlar kullanılırlar.

Tüm bu tip tasarımlarda besleme ünitesi tasarımında ayarlanabilir gaz giriş bölümü mevcuttur.Bu tip ayarlama ile gaz katı yükleme oranı ayarlanarak boru tıkanmalarının önüne geçilmektedir.Boru tıkanmaları bilindiği gibi tüm pnömatik konveyörler en dikkat edilmesi gerekli hususdur.

Gaz girişinin ayarlanmasında sürgülü bir plaka veya hut bir vana vasıtasıyla sisteme giren hava miktarı ayarlanabilmektedir.



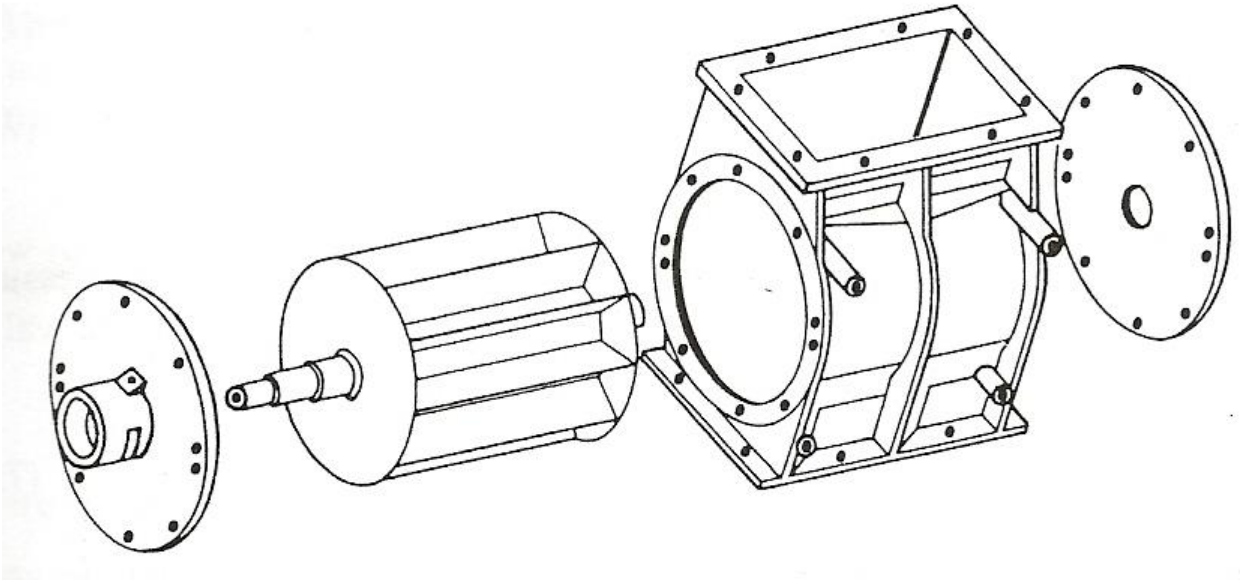
Şekil 2.32 İstasyonel vakumlu besleme üniteleri

2.5.2.3 Döner Valfler

Belki en çok kullanılan pnömatik konveyör besleme elemanları döner valflerdir.Bu valfler hem hava sızdırmazlığı sağlarlar hem de gerekli beslemeyi gerçekleştirirler.Çeşitli

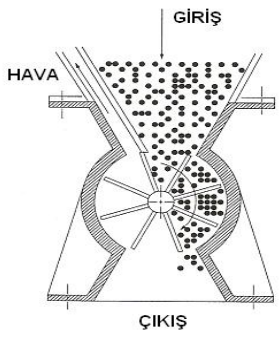
konstruksiyonlara sahip olabilen bu valfler genel olarak dönen bir rotor ve dış hazneden oluşmaktadır.

Rotor dik veyahut yatay olarak valf içine yerleştirilebilmektedir.Bu yerleşimde sistem özellikleri göz önüne alınmalıdır.Vakumlu pnömatik konveyörlerde genel olarak yatay tip rotorlu döner valflerde kullanılmaktadır.



Şekil 2.33 Döner valf konstruksiyonu

Çalışma prensipleri kısaca özetlenirse malzeme dönen çark vasıtasıyla gövdenin bir ağzından alınır diğer ağzına rotorun hücreli yapısı vasıtasıyla sızdırmaz bir şekilde diğer ağza nakledilir.Bu sırada sistemden hem malzeme alınmış olur hem de basınç kaybı önlenir.



Şekil 2.34 Döner valf çalışma konstruksiyonu

2.5.2.4 Boru Hatları

Tüm pnömatik konveyörlerde boru konstruksiyonu ayrı bir öneme sahiptir. Malzemenin en fazla temas ettiği,yıpranan sistemi etkileyen elemanlardır.

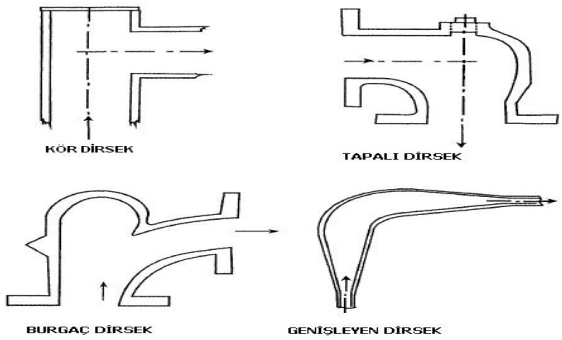
Konveyör boru hatları çeşitli malzemelerden oluşabilir .Bu malzemeler karbonlu çelik,paslanmaz çelik,alüminyum, veyahut plastik olabilmektedir.
Boru hattı et kalınlığı taşınacak malzeme özelliklerine ve sistem maliyetine bağlı olarak belirlenir.Bunula beraber bir çok malzeme normal çelik borularla rahatlıkla taşınabilmektedir.Eğer kimyasal açıdan aktif bir malzeme taşınacak boru hattı malzemesi olarak paslanmaz çelik seçilmesi daha uygun olacaktır.

Bazı boru hattı konstruksiyonlarda birkaç malzeme birlikte kullanılabilmektedir.Mesela düz hat boyunca karbonlu çelik,dirseklerde paslanmaz çelik malzeme kullanılabilir.
Boru konstruksiyonlarında aşınmaların önüne geçmek için elemanların iç yüzeylerinde çeşitli kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

2.5.2.5 Dirsekler

Pnömatik nakilde eğrilik yarı çapı 0,5 m altında olmayan ve 90' lik eğrilikteki elemanlar dirsek olarak adlandırılır.Pnömatik konveyörlerde yerden tasaruf sağlayan elemanlardır. Tıkanmaları önlemek için sistem boru hat çapının 6-12 katı radüs ile dönüşünü sağlarlar.

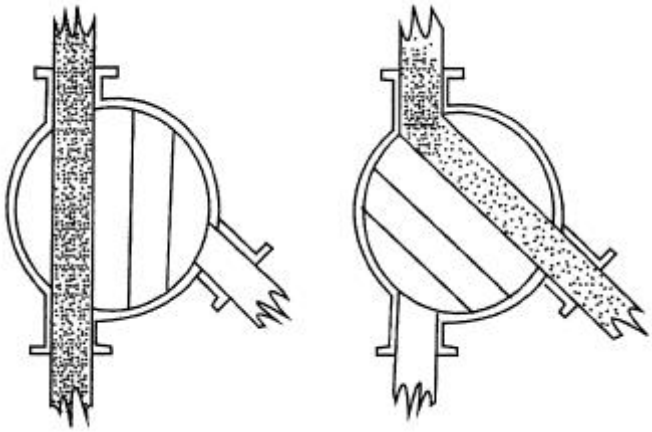
Dirseklerde oluşan basınç düşümleri pnömatik konveyörler için kaçınılmaz olup sistem mümkün oldukça az dirsek ile tasarlanmalıdır.



Şekil 2.35 Çeşitli dirsek konstruksiyonları

2.5.2.6 Valfler

Vakumlu pnömatik konveyörlerde farklı valflerde kullanılmaktadır.Bu tip valfler malzemenin istenen boru hattına iletilmesinde kullanılırlar.Böylece istenilen hatta malzeme akışı kesilip diğer bir hatta verilebilmektedir.Ayrıca sistemin açılıp kapatılabilmesi de valfler vasıtasıyla yapılabilmektedir



Şekil 2.36 Ayrıcı bir valf işlemi

2.5.3 Vakumlu Pnömatik Konveyörlerde Boşaltma Elemanları

Siklonlar özellikle vakumlu pnömatik konveyörler için önemli boşaltma elemanlarıdır.Vakum pompası siklonda temizlenmiş havayı içinden geçireği için havanın temizliği pozitif pnömatik konveyörlere göre daha fazla dikkat edilmelidir.

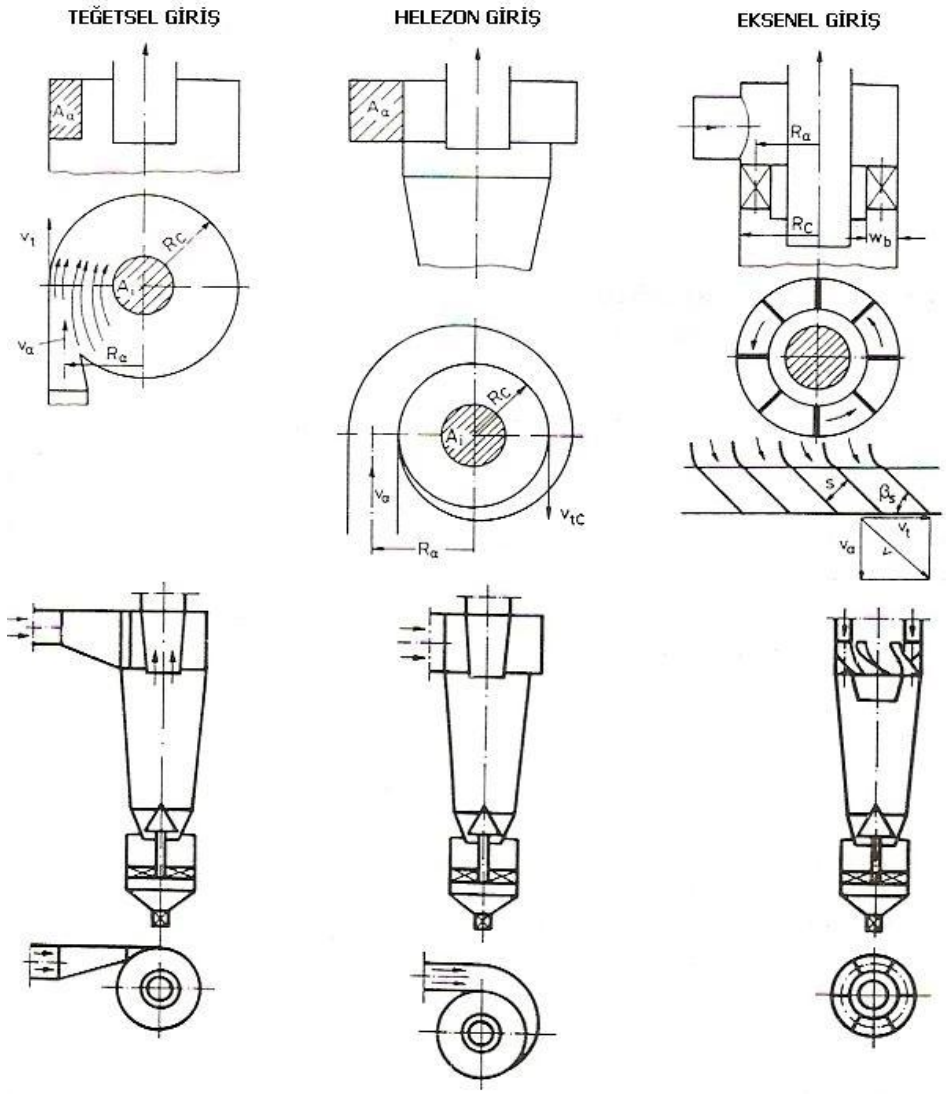
Katı malzeme ile havanın ayrıştırıldığı bu konstruksiyonlar da hala gelişmeye açıktır. Bu konstruksiyonların seçiminde dikkat edilecek hususlar kısaca,

- Toplam basınç düşümleri
- Parçacık kayıpları
- Verimlilikleri
- Maliyetleri
- Çalışma süreleri

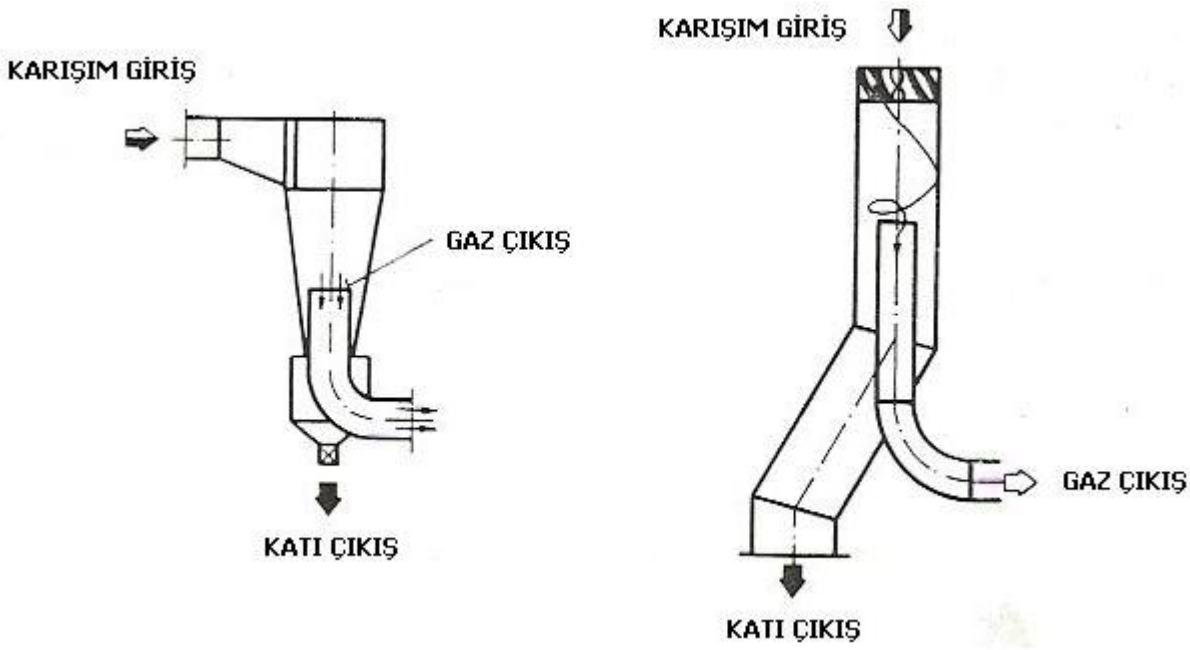
Uygun sistemin seçiminde ayırma yüzdesi ve çevresel koşullar göz önüne alınmalıdır. Pnömatik konveyörlerde en çok kullanılan tipleri, Siklon ayırıcılar,ters jet filtreler,ters akış filtreli,kartuş filtreliler ve mekanik titreşimli filtre konstruksiyonlarıdır.

2.5.3.1 Siklonlar

Vakumlu pnömatik konveyörlerde genel olarak siklon tipi ayırıcılar kullanılmaktadır.Ayrıca bu siklonlar kartuş veyahut bez filtreli olup 6-8 bar şoklama basıncı ile kendilerini temizleyebilirler.



Şekil 2.37 Çeşitli siklon giriş konstruksiyonları

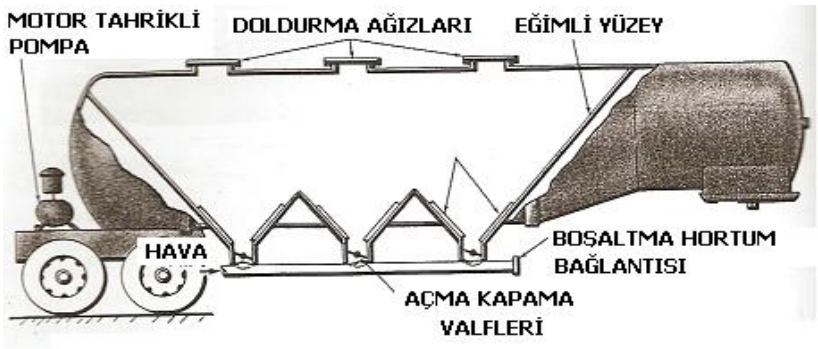


Şekil 2.38 Siklon konstruksiyonu malzeme akışı

Siklon seçiminde dikkat edilecek esaslar 3. bölümde irdelenmiştir.

2.5.3.2 Taşıyıcı Araçlar

Bu tip araçlar genel olarak malzemelerin gemilerden boşaltıldıktan sonra depolara veyahut ürünlerin taşınacağı fabrikalara nakliyesinde kullanılmaktadırlar.Kendi içlerinde vidalı veyahut pnömatik konveyör elemenları içerebildikleri gibi sadece çıkış ağzına sahip olanlarıda vardır.İç konstruksiyonları elbette içlerinde malzemenin hem rahatça boşaltılabilmesi hemde maksimum malzeme alması esas alınarak tasarlanmaktadırlar.

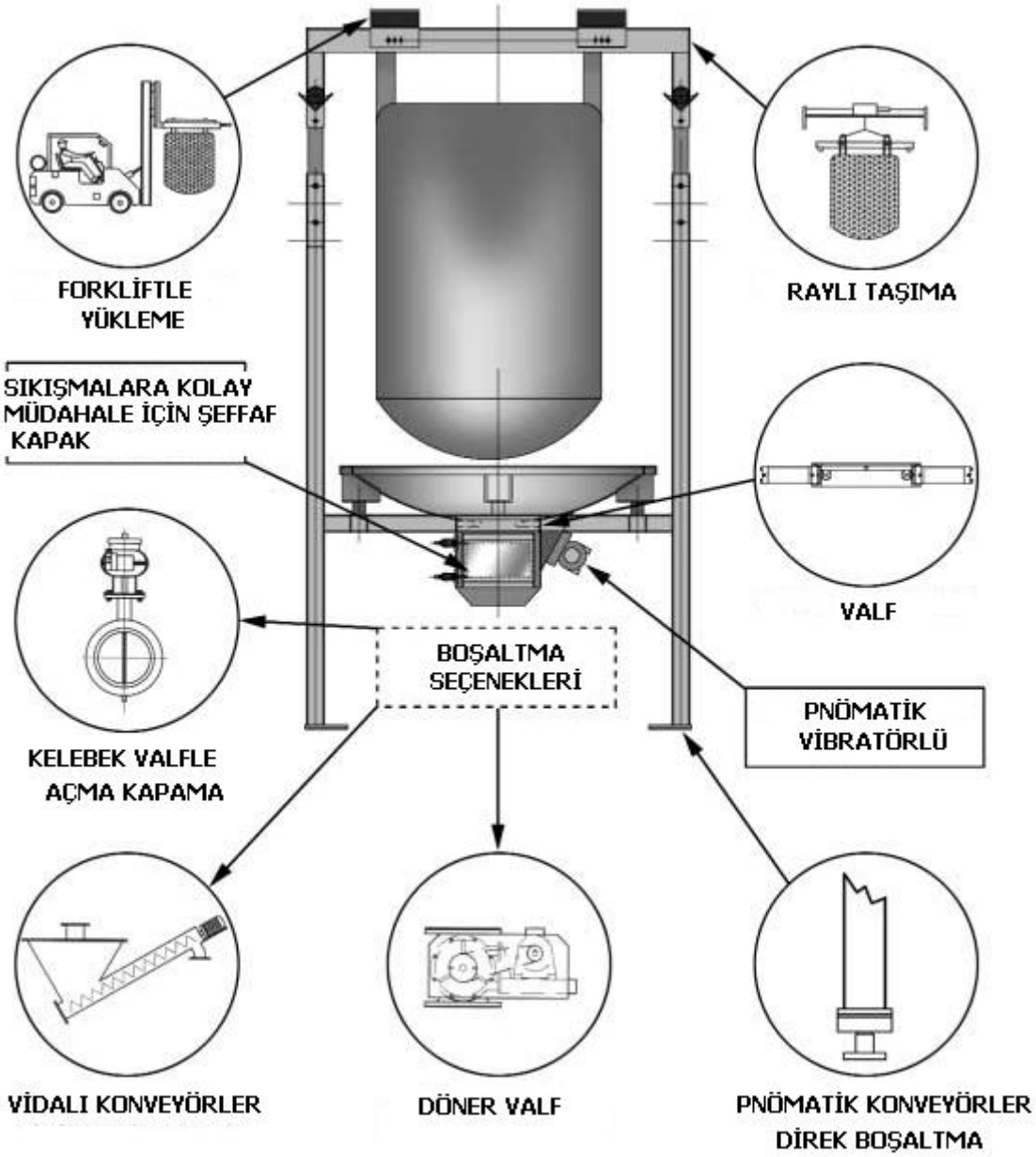


Şekil 2.39 Malzeme nakil aracı örnek konstruksiyon

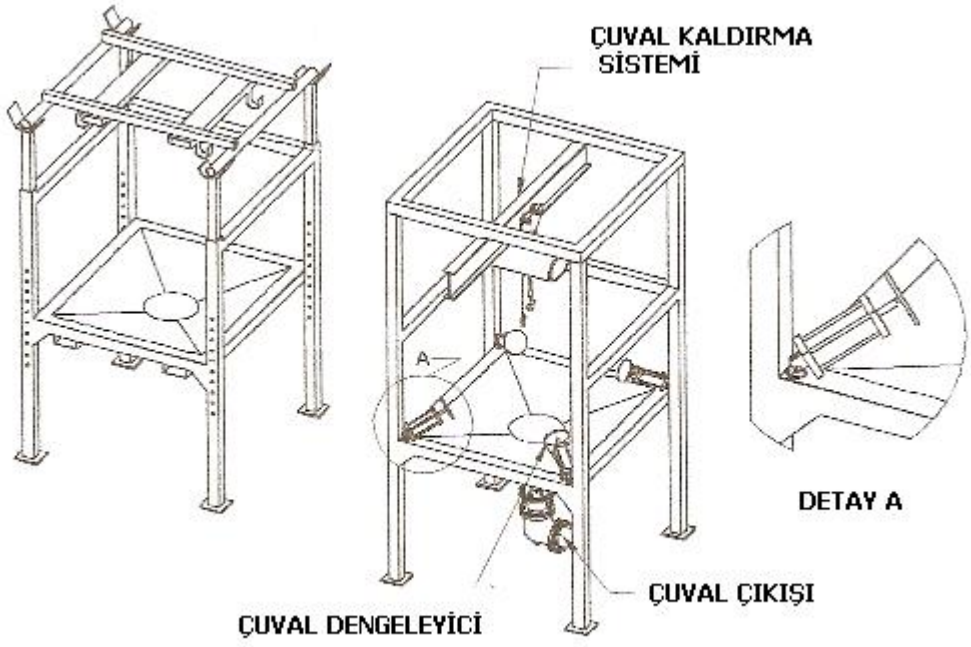
2.5.3.3 Çuval Boşaltma Sistemleri

Bu sistemler vasıtasıyla çuvallardan veyahut nakil araçlarından büyük çuvallara konulan malzemeler üretim hattına veyahut paketleme hattına katılmaktadırlar.

Malzemenin bulunduğu çuval çelik bir konstruksiyona asılarak alt bölümünden direk veyahut bir döner valf vasıtasıyla kullanılır.

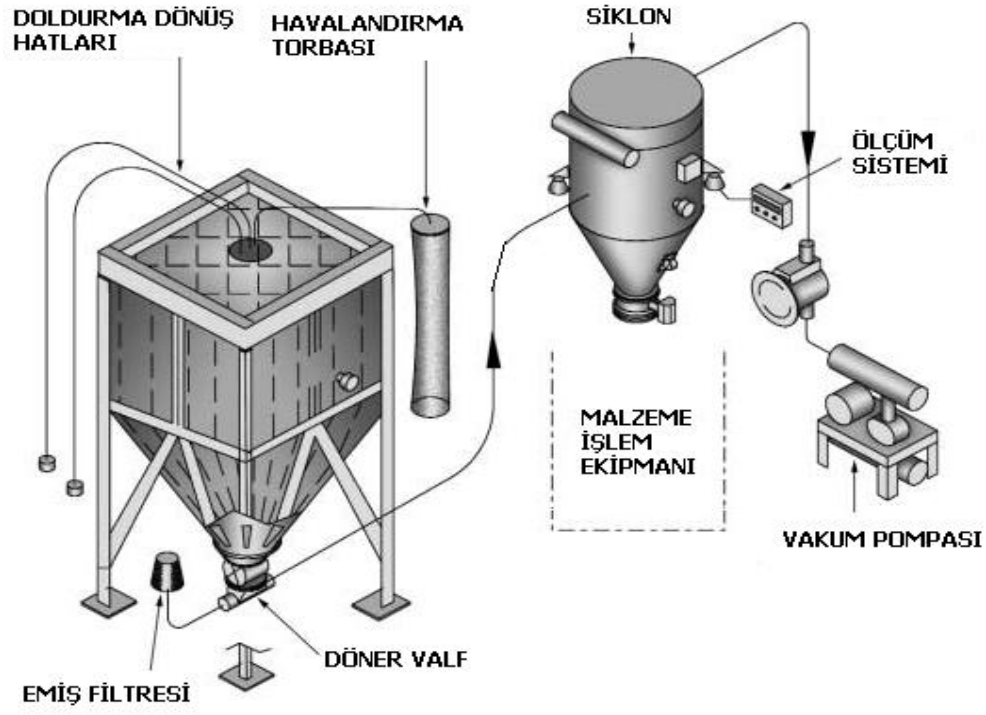


Şekil 2.40 Çuval boşaltma konstruksiyonu özellikleri



Şekil 2.41 Çuval boşaltma çelik konstruksiyonu

Bu sistemler fabrika içi vakumlu pnömatik konveyör sistem kurulumlarında maliyet açısından çelik hazneler yerine tercih edilmektedirler.



Şekil 2.42 Çuval boşaltma sistemli vakumlu pnömatik konveyör

3 VAKUMLU PNÖMATİK KONVEYÖRLERDE TASARIMA ETKİ EDEN ETMENLER

Vakumlu pnömatik konveyörlerde tasarıma etki eden etmenleri sıralar isek,

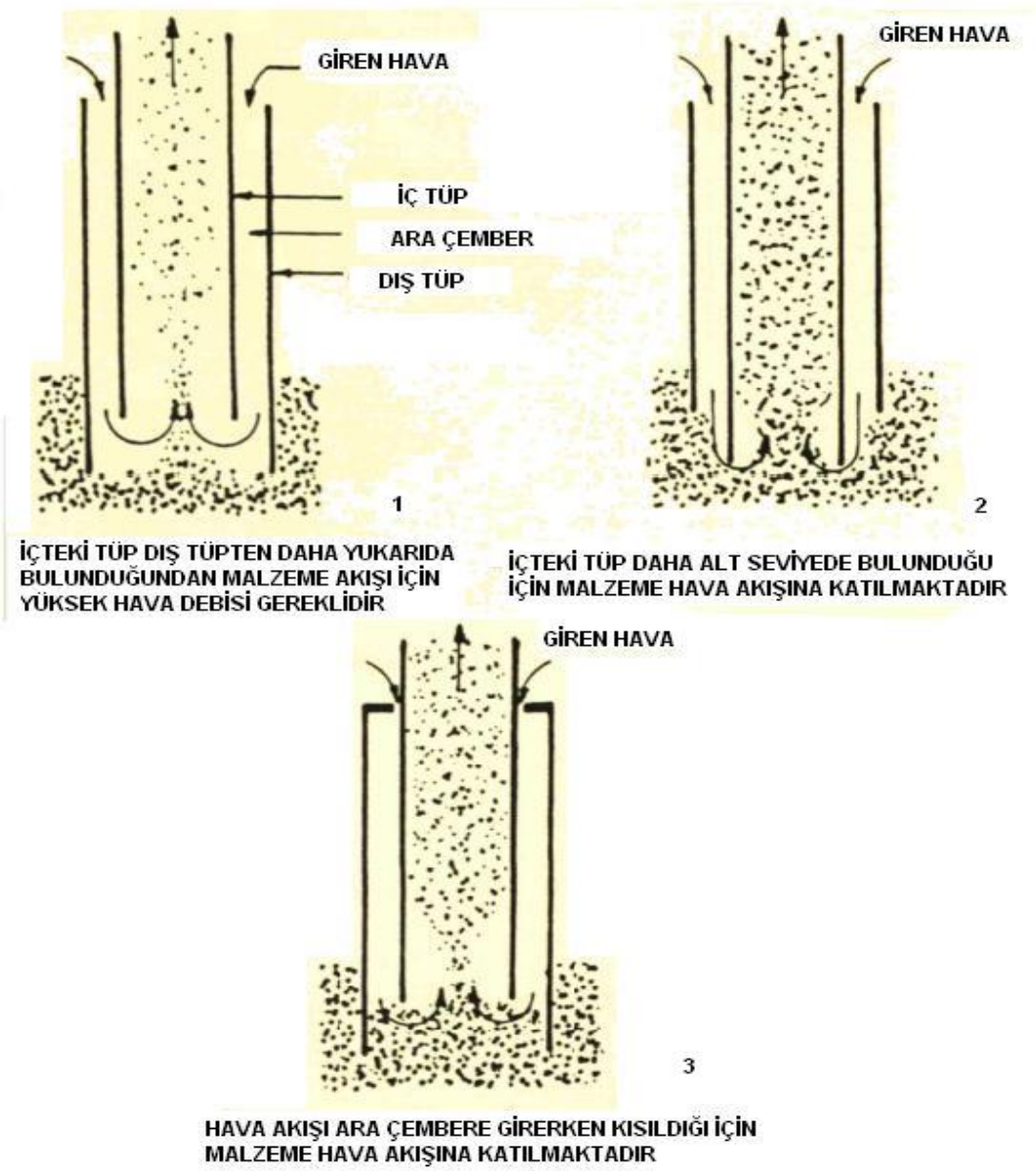
- Emiş ağzı tasarımı
- Vakum pompası seçimi
- Besleme ünitesi tasarımı
- Aşınma
- Valf Seçimi

Bu tasarım etkenleri standart hesaplama dışında göz önüne alınması gereken tasarım etkenleridir.

3.1 Vakumlu Pnömatik Sistemlerde Emiş Ağzı Tasarımı

3.1.1 Emiş Ağız Tasarımları ve Çalışma Çeşitleri

Şimdiye kadar çok çeşitli emiş ağzı konstruksiyonları pnömatik taşıma sistemlerinde uygulanmıştır. Serbest akışla malzemelerin basit bir eksenel tüp veya yardımcı hava ile taşınması en çok tercih edilen yöntemdir. Bu yöntem ile hava sisteme iki tüp arasında bulunan ara çember bölgesinden çıkıştan aşağı akarak girer,böylece malzeme taşıma hattının en alt bölgesinden taşınır.



Şekil 3.1 Çeşitli eksenel emiş ağzı konstruksiyonları

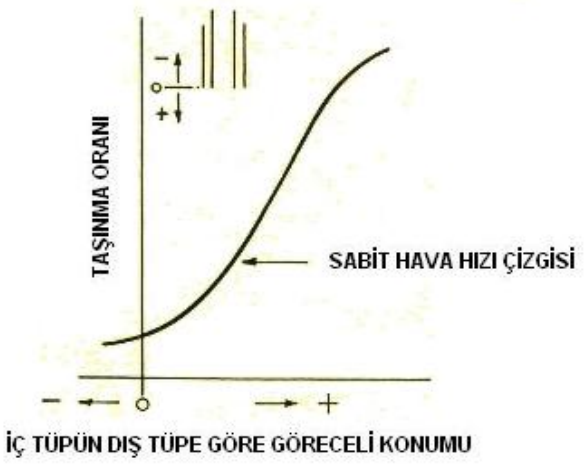
Temel olarak malzeme akışını kontrol etmek veya düzenlemek için iki pratik yöntem vardır.
1)İç tüpün pozisyonu değiştirilerek buna bağlı dış tüpün emişe olan uzaklığı ayarlanmaktadır
2)Ara çemberden girişe hava üfletilerek.

3.1.2 Emiş Ağzı Geometrisinin Etkisi

Hava destekli emiş ağzı genellikle iç tüpün diğer tüpten yukarıda olması ile kullanılmaktadır. Bazı koşullar altında malzeme taşınmasında çok az malzemenin taşınabildiği,havanın ara çembere çıkıştan girmesinin verdiği çok az bir tepki olmuştur.

Deneyler göstermiştir ki, kabul edilebilir boşaltma verimine ulaşabilmenin normal pnömatik konveyör standartları altında yüksek hava akış oranıyla ilgili fiziksel sistemin sorgulanmasıyla elde edilebilir.Bu yöntem ile beslenen boru hatlarının enerji bakımından oldukça verimsiz olduğu su götürmez bir gerçek olup,malzeme tıkanmalarını artıran,köşe ve diğer bağlantılarda sürtünmeye bağlı aşınmaları artırmaktadır.

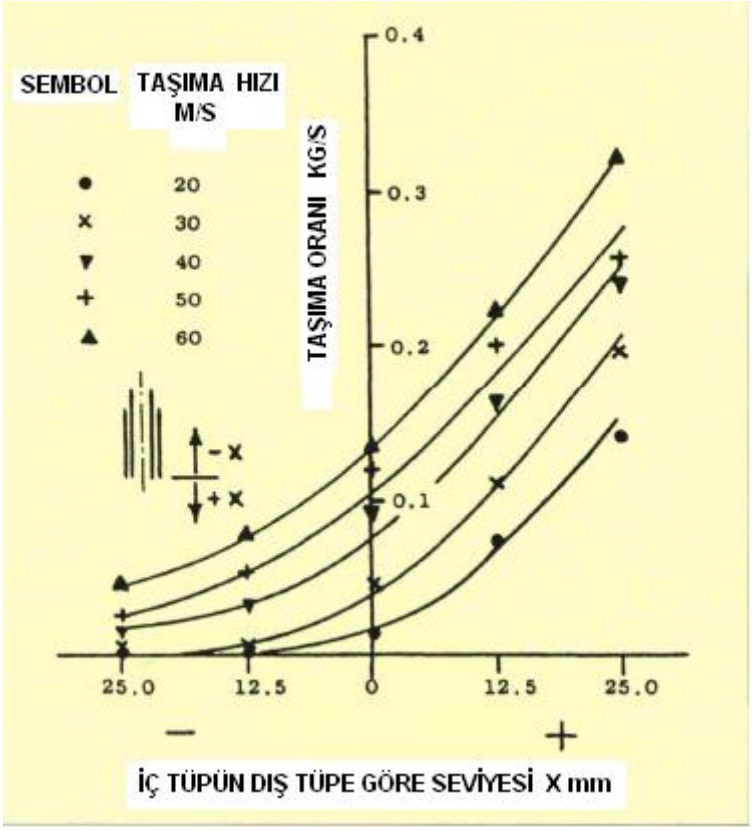
Malzemenin serbest akışını artıracak , iç ve dış tüpte yapılacak değişiklikler boru hatlarının beslenmesinde daha etkin ve tasaruflu sistemlere olanak sağlayacaktır.(Şekil 3.1) Bu koşullar altında İngiliz Kömür'ün (2,3) İngiltere'de yaptığı çalışma göstermektedir ki,tüplerin bulunduğu en alt seviye konumları (- 25 + 13 mm) parça kömürlerin taşınma oranlarında oldukça etkili olmuştur.
Bu seviye değişimine bağlı malzeme taşıma oranlaı şekil 3.2 de görülmektedir.



Şekil 3.2 Kömür taşıma oranına emiş ağzı geometrisinin etkisi grafiği

Benzer bir deneyin kum büyülüklüğündeki alümina ile yapılan sonuçları şekil 3.2 de görülmektedir.

Bu grafikte iç tüpün dış tüpe göre seviyesi x sembolüyle gösterilmektedir.Deney sırasında hava hızı 20-60 m/s arasında değişmektedir.Bu hız havanın konveyör sistemine girişindeki hızıdır.Böylece taşıma kapasitesi -25 , +25 mm ölçüleri arasında rahatlıkla anlaşılabilmekte ve kömür taşınmasında kine benzer (Şekil 3.3) bir sonuç ortaya çıkmaktadır.



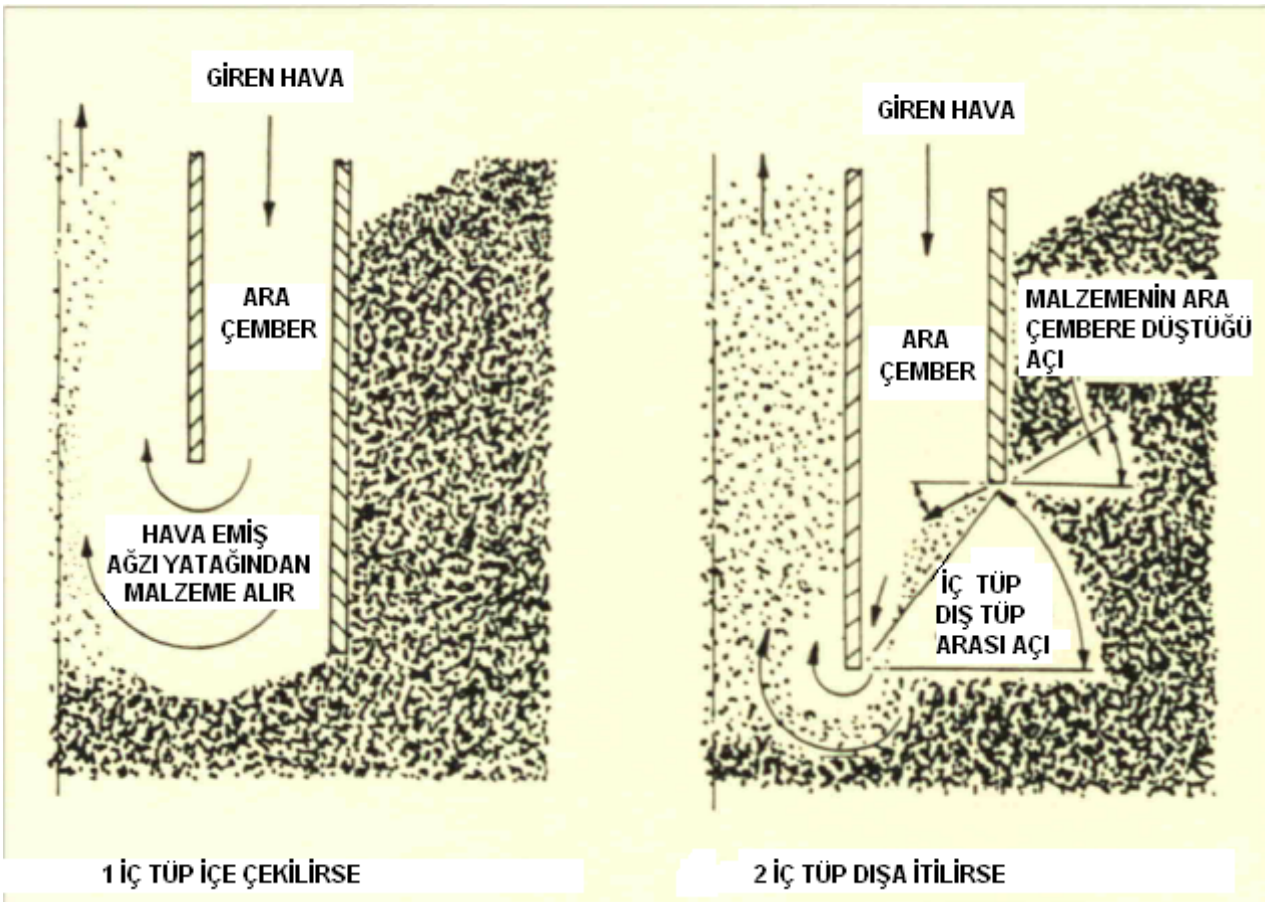
Şekil 3.3 Emiş ağzı geometrisinin taşıma oranına etkisi

İki tüp arasındaki seviye farkının 25 mm'yi aştığı durumlarda boru hattında çok fazla malzeme bulunduğu için tıkanmalara sebep olmaktadır. Bu durum ayrıca şekil 1-1 ihtiyaç duyduğu yüksek hava akış oranını da bir nebze açıklamaktadır.

Bu seviye farkının artmasının(+X) sistem perfromansını artırması akış görüntüleme testlerinde kanıtlanmıştır(4,5).Çalışma konveyör besleme mekanizmalarında oldukça etkileyici bir gelişme sağlamıştır.Dış tüp içinde geri çekilen iç tüp malzeme girişinde hava akışına katkı sağlamamıştır.(Şekil 3.4-1) .

Ayarlama ile taşınan havanın malzemeyi statik bulunduğu yatağından ara çemberden taşıma hattına getirmesi gereklidir.Bu koşullar altında sistem,kabul edilebilir taşıma yapabilmek için yüksek hava akış oranına ihtiyaç duymaktadır.

+ X yönünde ilerleme giderek arttırıldığı takdirde hava akışının ve içerdiği malzemenin arttığı görülmektedir.Elbette belirli bir açıda iç tüp ile dış tüp arasındaki açı malzemenin iç tüpe akış açsından büyük olacaktır. (Şekil 3.4-2)



Şekil 3.4 Çeşitli emiş ağızları için malzeme alış mekanizmaları

Bu durumda sistem etkili olarak kendisini besleyebilir,böylece malzeme yeterli miktarda serbest akış yapabilmektedir.Yerçekimi etkisinde gerçekleşen bu akış hava akışından etkilenip konveyör sistemine katılmaktadır.Yer çekimi etkili olduğu sürece besleme sistemine destek olmaktadır.Bu mekanizma şekil 3.4 de görüldüğü gibi çok daha verimli olmaktadır.

Eğer bu koşullar altında bir sonuca varmak istersek emiş verimliliğini etkileyen etkenin iki tüp arasındaki X mesafe farkı değilde,iki tüp arasındaki açı değeri olduğu kabul edilebilir. Tabii ki de bu varsayım emiş ağzının dik yönde kullanıldığı zamanda geçerlidir.

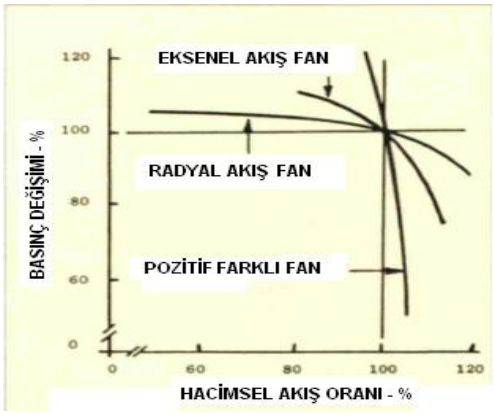
Emiş ağzı dik yerleştirilmediği durumlarda farklı sonuçlar ortaya çıkabilir ki, hava eğimli emiş te daha az tepki gördüğü yönden ilerleyip daha malzeme taşıma verimliliği düşer.Bu sebeple eğer bu tip emiş ağzı konstruksiyonundan yeterli verim alınmak isteniyorsa emiş ağzı malzeme yatağına dik olarak yerleştirilmelidir.Dik açıyla yerleşime uygun otomasyon çalışmaları yapılmalıdır.

3.1.3 Kısılma Etkisi

Konveyör hattına akışı düzenlemenin ikinci bir yolu ise emiş ağzından giren havanın ara çember bölgesine girerken kontrol edilmesidir. (Şekil 3.1-3)

Bu yöntem malzeme taşınmasını kontrol için kullanılmaktadır.Genel düşünce bu kontrolün hava akış oranı ile böylece hava katı oranı belirlendiği bilinmektedir.Aslında emiş ağzına girişteki akış alanını belirleyen boyuttaki değişim hava akış oranının kabul edilmesinde ki konveyör sisteminin hava çıkıcısının özelliklerine bağımlı olarak hava akışını belirlemektedir.

Bir örnek olarak aerodinamik sıkıştırma prensiple çalışan bir fan verilebilir.Bu tip fanların genel performans karakteristikleri,akışa karşı koydukları tepki sonucu emiş bölümündeki akış miktarı azalmakta ve emiş debiside düşmektedir.(Şekil 3.5)Önceki Bölümde görüldüğü gibi hava akış oranı azaldıkça sistemin taşıma kapasiteside düşmektedir.

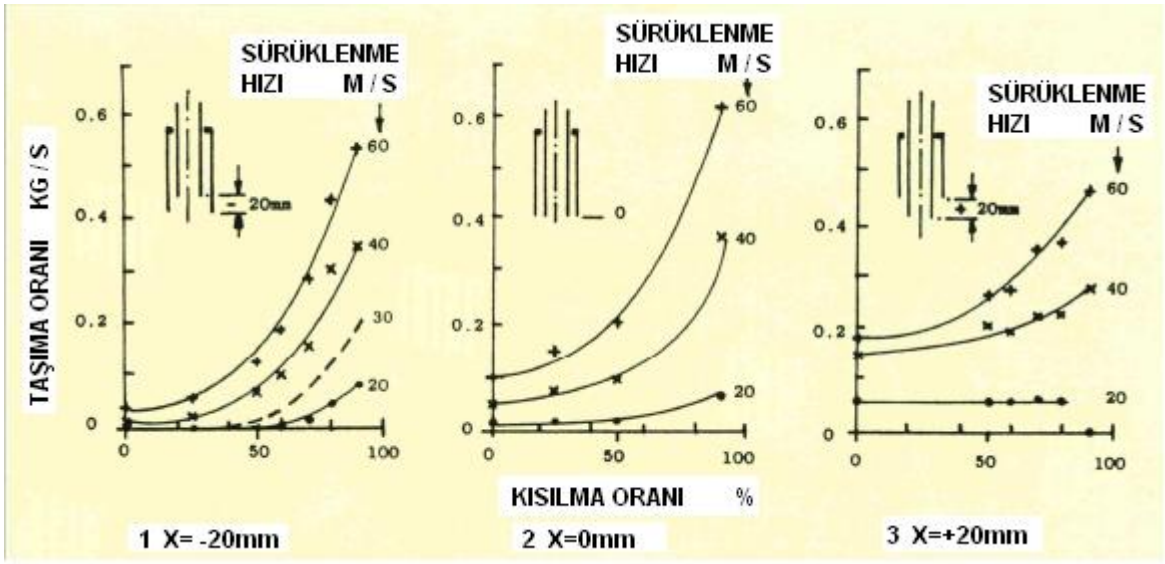


Şekil 3.5 Sabit hızda aerodinamik ve pozitif farklı fan

Eğer sistem yürütücüsü olarak roots prensipli bir vakum pompası alırsak hava akış oranı ile vakumla çalışan bir sistemi ele alırsak çıkış alanını kısarak yapılabilecek bir etkinin hava akış oranında oldukça az bir etkisi olacaktır.Bu durumda sistemden bağımsız olarak sadece emiş ağzında hava giriş bölümünü kısmanın tek başına malzeme akışının artmasına olanak sağlamayacağını göstermektedir.

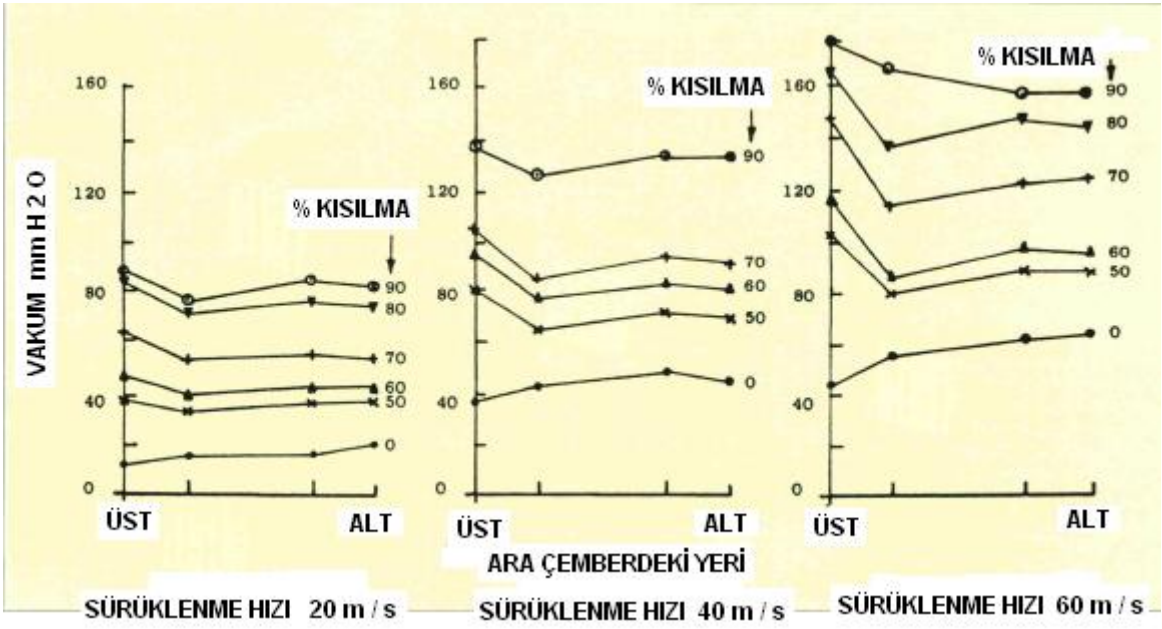
Ara çembere girişte kısma uygulamak havanın basıncını girişte düşürmekte böylece iç tüp etrafındaki malzemelerde bir hareketlenme hava dalgasına istinaden sağlanabilmektedir. Bu hareketlenmede daha çok malzemenin hava akışına kapılmasına böylece malzeme akış oranının artmaktadır.

Bu uygulama ile ilgili deneysel sonuçlar şekil 3.6 'da görülmektedir. İç tüp dış tüpe göre -20,0,+20 farkla 3 çeşit pozisyonlanmıştır.Alüminyum oksitin kısılma ile davranışı 20-60 m/s kadar farklı hızlarda incelenmiştir.Alt eksenlerde ise kısılma yüzdeleri görülmektedir.Maksimum alan %0 kısılmada bulunmaktadır.



Şekil 3.6 Kısılmanın taşıma oranına etkisi

Kısılma 0-90% olana kadar üç grafiktede etkisi rahatlıkla görülebilmektedir. -20 değerlerinde kısılmanın malzemenin taşınmasına etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.Şekil 3.7



Şekil 3.7 Kısılmanın vakuma ve ara çembere bağlı etkisi x = -20 mm

Kısılmanın artması ara çemberdeki vakumun kısmi olarak artmasına olanak sağlar.malzeme içindeki vasıtasıyla emiş ağzını sardığı zaman,emiş ağzı içi ile oluşan basınç farkı malzemenin kaldırılmasına veyahut basınç farkıyla yükselmesine sebep olur. Bu yolla malzeme hava dalgası içine sürüklenir.Malzemenin bu davranışı deneylerle gözlenmiştir[4,5]

Taşıma oranında artış,kısılmanın artırılmasına bağlı olarak malzemenin kombinasyonu ile statik yatağından emiş ağzına yükselmesi ile ara çembere giren malzeme miktarının artması olarak belirlenebilir.

3.1.4 Tasarımda Dikkat Edilecek Noktalar

Genel olarak gemi,vagon boşaltma gibi uygulamalarda kullanılan bu konstruksiyonları vakumlu pnömatik konveyörlerde performansı artırmak için kısaca şu noktalara dikkat edilmelidir.

1 Kısılma uygulamamış ve iç tüpün dış tüpe göre daha yüksek seviyede bulunduğu konstruksiyonlarda hava en az tepkiyle karşılaşacak ve çok az bir malzeme taşınabilecektir.Bu

koşullar altında taşıma yapılabilmesi için çok yüksek hava debilerine ihtiyaç vardır.Tüm sistem açısından çok verimsiz bir konstruksiyon oldukları açıktır.

2 İç tüp ile dış tüp arasındaki açının malzemenin kendini besleyebileceği durumlarda verimlilik 1. durumdan çok daha fazla olacaktır.(Şekil 3.1)Bu koşullar altında malzeme hava dalgası yanında yer çekimi yardımıylada taşınma hattına giriş yapmaktadır.

3 Hava girişini kısmakta etkili verim artırma yollarından biridir.Kısılmayla birlikte düşen basınç ile malzemenin emiş ağzını sarması artmaktadır.Bu da malzemenin hava dalgasıyla hareketine olanak sağlamaktadır.Böylece malzemenin sisteme akış miktarı artmaktadır.

Şu bir gerçektirki şimdiye kadar emiş ağzı konstruksiyonlarına yeterince önem verilmemiştir. Oysa ki emiş ağzı konstruksiyonları ile vakum pnömatik konveyör sistemlerinde verim oldukça artırılabilir.Bu tasarımlarda hava akış oranlarına kullanılan pompa konstruksiyonlarına da dikkat edilmelidir.

Sonuçta yanlış tasarım ve çalışma koşulları vakum pnömatik konveyölerin verimliliğini büyük ölçüde azaltmaktadırlar.Verimli çalışma için doğru emiş ağzı seçiminde malzeme özelliklerine,konveyör kapasitesine dikkat edilmelidir.

3.2 Vakum Pompasının Tasarıma Etkisi

Tüm pnömatik konveyörlerde hesaplamalar sistemdeki basınç farkı üzerine kurulmuştur.Özellikle vakumlu pnömatik konveyörlerde basınç farkı düşük olduğundan vakum pompası seçimi daha önemli hale gelmektedir.

Vakum pompası seçimine etki eden faktörler;

- Gerekli pompa debisi
- Pompa vakum seviyesi
- Pompa Çalışma Prensibi
- Pompa güç ihtiyacı
- Servis ve bakım olanakları

- Sistem konumu ve kullanılabilir alan olanakları
- Mali olanaklar

3.2.1 Gerekli Pompa Debisi

Sistem için gerekli hava debisi pompa seçiminde oldukça önemlidir.Debi miktarının 1000 m3/ h (277 l / s) geçtiği uygulamalarda roots vakum pompaları diğer tip pompalara tercih edilmelidir. Roots pompalar 10000 m3/h(2770 l/s) kadar standart (65000 m3/h özel) olarak üretilmektedirler. Fakat diğer tip vakum pompaları hem ihtiyaç hem de imalat açısından standat olarak üretilmediklerinden tercih edilmemelidirler. Düşük debilerde ise tam tersine yağlı rotasyon veya yağsız rotasyon pompalar kullanılmalıdır(ilaç tablet preslerinde).

3.2.2 Pompa Vakum Seviyesi

Vakum pompalarının sağlayabildikleri vakum seviyeleri oldukça farklıdır.Bu farkların değerlendirilmesi sistemde istenen özellikler göz önüne alınarak tasarıma yansıtılmalıdır.Pompa maksimum vakum seviyesi artıkça hem uygulama hemde maliyet açısından sorunların arttığı göz önüne alınmalıdır.

3.2.3 Pompa Çalışma Prensibi

Pompa seçiminde vakum pompası mümkün oldukça yağsız çalışan pompalardan seçilmelidir. Özellikle yağlı pompaların bulundurdukları egzost filtreleri düzenli olarak değiştirilmediklerinden pompalarda hem debi düşümüne hem de elekrik motoru yanmasına yol açabilmektedir.Bu da iş gücü kaybına yol açmaktadır.

3.2.4 Pompa Güç İhtiyacı

Gerekli enerji bakımından incelendiklerinde pompaların ulaşabildikleri vakum seviyeleri ve buna bağlı sistemde oluşabilecek toplam basınç düşümü göz önüne alınırsa pompalar birbirlerine yakın güç kullanımında bulundukları görülmektedir.Fakat roots tipi vakum pompaları vakum seviyeleri düşükte olsa en tasaruflu az enerji tüketen pompa konumundadır.

Tabii ki roots pompaların çalışabileceği debi miktarları bu karşılaştırmada göz önüne alınmalıdır.

3.2.5 Servis ve Bakım Olanakları

Servis – Bakım olanakları açısından inceleme yaparken özellikle sistemin bulunduğu ülke şartları göz önüne alınmalıdır. Pompanın imal edildiği ülkede ki olanaklar ile sadece satıldığı bir ülkede sonuçlar farklılaşmaktadır.Sonuçta vakumlu pnömatik konveyör sistemi olduğu göz önüne alınırsa pompa seçiminde minimum bakım gerektiren ve benzer pompaların sektörde çok kullanıldığı yüksek debilerde(500-10000m3/h) roots tipi düşük debilerde(150-500m3/h) ise fan tipi pompa seçimi daha sağlıklı olacaktır.

3.2.6 Sistem Konumu ve Kullanılabilir Alan Olanakları

Konveyör sisteminin konumu ve kullanılabilir alanda pompa dolayısıyla sistem tasarımını etkilemektedir. Mesela tünel kazım makinelerinde çıkan tozların ve taşların taşınmasında yer kısıtlaması dolayısıyla ve istenen yüksek basınç farkı sonucunda yağlı rotasyon pompalar tercih edilmektedirler.Ama alan ve konum sorunu olmayan sistemlerde yağsız pompalar kullanılmalıdır.

3.2.7 Maliyet

Maliyet her konuda olduğu gibi vakum pompası seçiminide etkilemektedir.Bu sebeple vakum pompası seçiminde roots vakum pompaları ve yandan kanallı (fan) tip vakum pompaları oldukça kullanımı yaygındır.Vakum seviyesi yüksek pompaların kullanımı özel koşullar söz konusu değilse maliyetleri artırmaktadır.

3.3 Katı – Gaz Ayırıcılarda Tasarıma Etki Eden Faktörler

Katı-gaz ayırıcılarda tasarıma etki eden faktörler genel olarak,

- Çalışma Tipi
- Katı oranı

- Havanın ve malzemenin nem ve sıcaklığı
- Malzemenin kimyasal ve fiziksel özellikleri

Bu koşullar altında siklonların verimliliğini matematiksel olarak belirtirsek,

$$\eta_c = \frac{(\rho'_{(c\approx)} - \rho'_{(c\omega)})}{\rho'_{(c\approx)}} 100 \qquad (3.56)$$

η_c Ayırıcının gaz temizleme oranı

$\rho'_{c\alpha}$ Ayırıcıya giren havadaki malzeme oranı

$\rho'_{c\omega}$ Ayırıcıdan çıkan havadaki malzeme oranı

Bu tanımlama mühendislik açısından yeterli olsada günümüz katı çevre koruma kuralları kapsamında ayırıcının verimi birim zamanda atmosfere salınan malzeme miktarını esas almaktadır.

Çizelge 3.1 Ayırıcı konstruksiyonu verimleri

	% Verimlilik		
EKİPMAN	**50 µm**	**5 µm**	**1 µm**
Atalet toplayıcı	95	16	3
Orta verimli siklon	94	27	8
Yüksek verimli siklon	98	42	13
Sallamalı tip bez filtre	>99	>99	99
Ters jetli bez filtre	100	>99	99

Ayrıca dikkat edilmesi gerekli bir diğer husus bu sistemlerin maliyet yönünden de göz önüne alınmasıdır. Filtreleme oranları artıkça ayırıcı maliyetleri de gerek bakım gerekse ilk kurulum açısından artmaktadır.

Vakumlu pnömatik konveyör sistemlerinde ayrıcı konstruksiyonunda diğer bir dikkat edilecek husus yerleşimdir.Bu üniteler genelde geniş ve büyüktürler. Boşaltma üniteleri döner valfler gibi yine bu sistemlere yakındırlar. Vakum pompası sistemide yine mesafenin kısa tutulması için ayırıcı siklona yakın yerleştirilmektedir. Tüm bunların binanın üst bölümlerine yerleştirilmesi zor olabilmektedir.Bu koşullarda üst bölüme yerleşimin azaltılması için

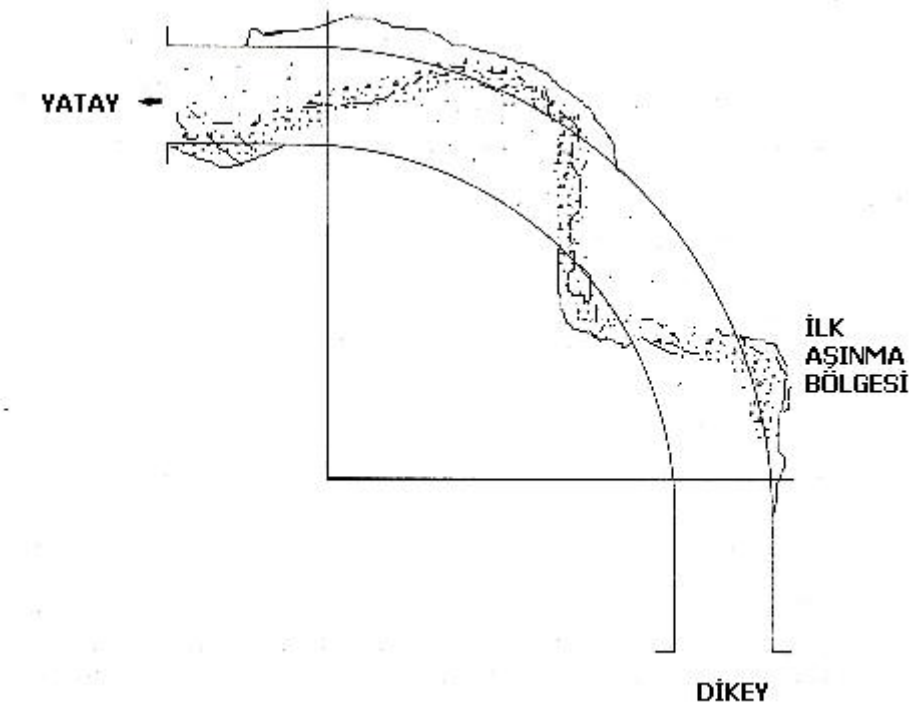
boşaltma da sadece sade bir ayırıcı kullanılarak bu ayırıcıdan ana siklona bir geri dönüş hattı döşenebilir.Böylece konstruksiyonun yerleşimi kolaylaştırılmış olur.

Sallayıcılı ayırıcılarda ise tüm yapısal elemanlar titreşime dayanıklı tasarlanmalıdır.Eğer mümkünse sallayıcı ayırıcı yaylar üzerine monte edilip konveyör bağlantıları esnek tutulmalıdır.Titreşim sebebiyle filtrelerin dolu iken davranışlarıda tasarım önemsenmesi gereken bir diğer husustur.

3.4 Aşınmanın Tasarıma Etkisi

Pnömatik konveyör sistemleri için aşınma oldukça önemli irdelenmesi gerekli bir sorundur.Bu sorunu azaltmak tecrübe ile yeni geliştirilen mühendislik malzemeleriyle gerçekleştirilebilir.

Erozyonla ilgili araştırmalarda Tilley(1) ulaştığı sonuçlar farklı malzemeler için gözükmektedir. Ayrıca Mason ve Smith(2) yaptığı araştırma sonucu birçok sanayi uygulaması ile kanıtlanmış dirsek aşınmasına istinaden malzeme ilerlemesi şekil 3.8 de görülmektedir.

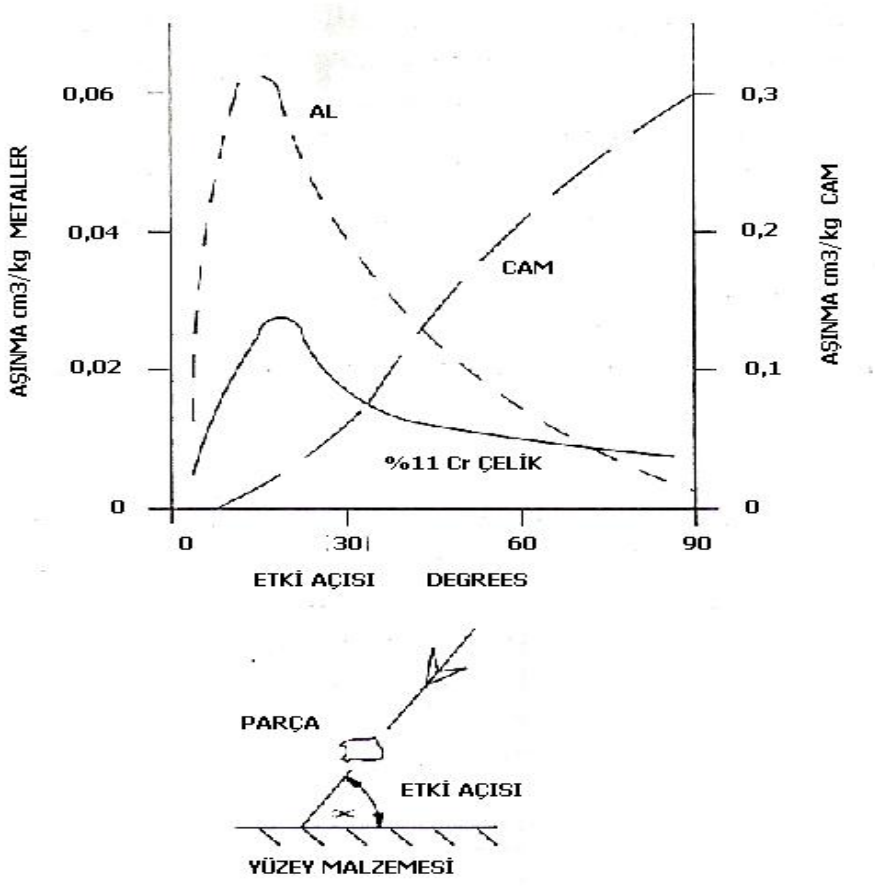


Şekil 3.8 Biraz aşınmadan sonraki tipik dirsek akışı

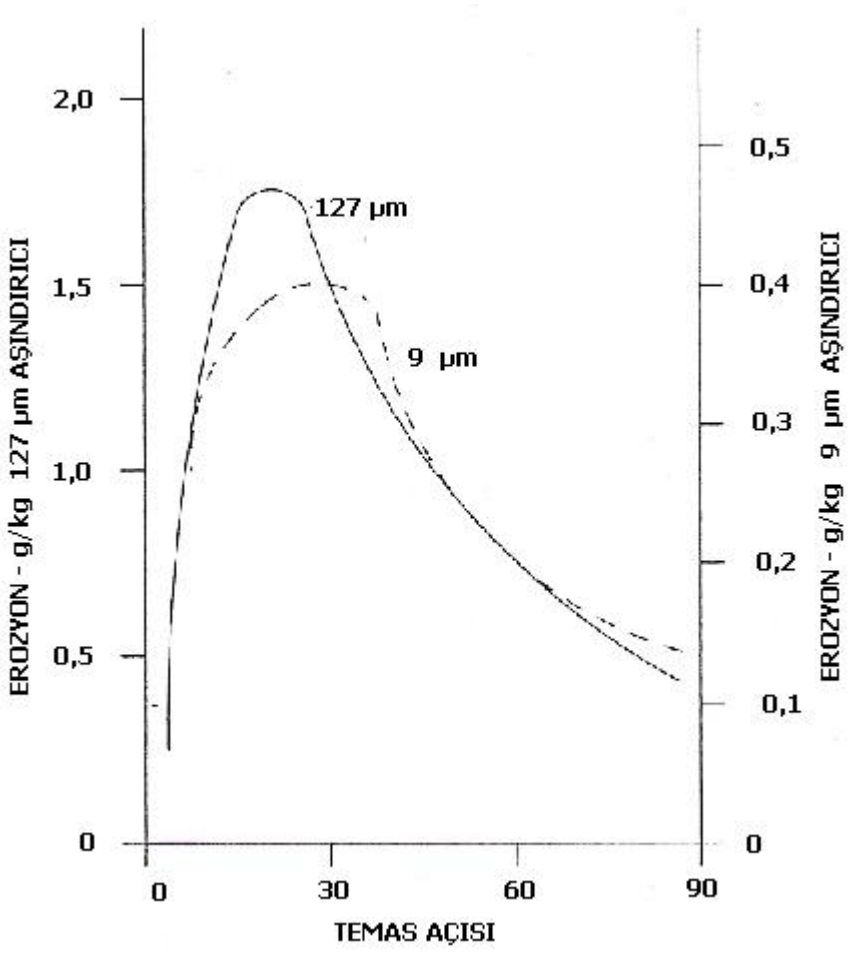
Aşınmayı etkileyen pozitif etkenler,

- Parça çarpma açısının etkisi,(Şekil 3.9)
- Parça büyüklüğünün artması,(Şekil 3.10)
- Parçacık hızının artması, Aşınma = sabit x $hız^N$ N = 2-6
- Parçacık sertliğinin artması, Aşınma = sabit x $h_p^{2.3}$

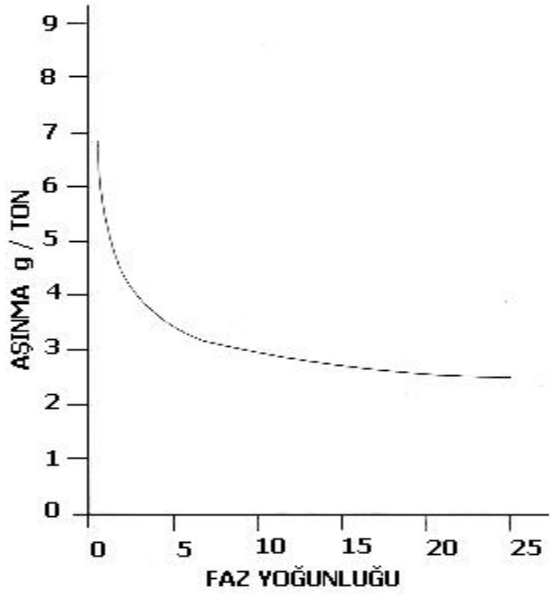
  h_p malzeme sertliği kg/mm^2
- Malzeme miktarının artması,(Şekil 3.8) Aşınma = $5,5(\text{malzeme yükleme})^{-0,26}$



Şekil 3.9 Parça çarpma açısının aşınmaya etkisi



Şekil 3.10 Parça boyutunun çarpma açısıyla beraber aşınmaya etkisi



Şekil 3.11 Faz yoğunluğunun aşınmaya etkisi

Pnömatik konveyörlede özellikle dirsek bölgelerindeki aşınmaya dikkat edilmelidir.Boru malzemelerinin aşınma dirençleri taşınacak malzemeye göre değişmektedir.

Aşındırıcı olmayan malzemelerde dirsek dönüş yarı çapları 1 m ile 2 m arasında değişmektedir.

Aşınma maliyeterini düşürmek için konveyörün dirsek bölümleri dışarıdan destekli plastik hortumlar vasıtasıylada döşenebilir.Böylece sisteme hem esneklik hemde kolay dirsek değişimine olanak sağlanabilir.

Orta derecede aşındırıcı malzemelerde dirsek kısımlarında aşınan bölümlere plakalar kaynaklanmak suretiyle sistemin çalışma ömrü artırılabilir.

Çok aşındırıcı malzemelerde ise dirsek hattının arkası destekleyici malzeme kutuları ile doldurularak aşınmanın etkileri azaltılabilir.Bu kutular tek parçadan oluşabileceği gibi kompozit malzeme içeriklide olabilir.

Taşınacak malzeme özellikleri konveyör sisteminde aşınma açısından dikkatle ele alınmalıdır. Özellikle vakumlu pnömatik konveyörler gibi düşük basınç farkı ile çalışan sistemlerde oluşabilecek boru hasarlarına dikkat edilmelidir.

3.5 Valf Seçimi

Pnömatik konveyör sistemlerinde akışı kontrol etmek için bir çok çeşit valf bulunmaktadır.

Valf seçiminde dikkat edilmesi gereken koşullar,

- Aşınma
- Sistem sıcaklık sınırları
- Valfin sızdırmazlık sağlayacağı basınç durumu(pozitif-negatif(vakum))

3.5.1 Aşınma

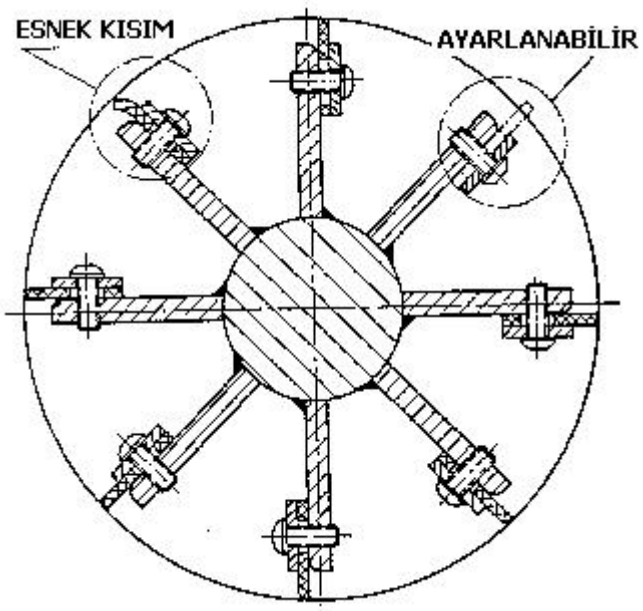
Valflerde oluşabilecek aşınmalar sistemin çalışması açısından dikkat edilmelidir.Malzemeye uygun sertlikte valf seçilmelidir. Valflerin aşınmaları ve çalışmaları düzenli olarak kontrol edilmelidir.

3.5.2 Sistem Sıcaklık Etkisi

Genel olarak çelik konstruksiyon olan pnömatik konveyörlerde sızdırmazlık için plastik malzemeler içeren valfler kullanılmaktadır. Konveyör sisteminin çalışma şartlarında oluşabilecek en yüksek ve en düşük sıcaklık değerleri göz önüne alınarak valf seçimi yapılmalıdır.Valf maliyetlerindeki fark için sistemin durması halindeki mali zarar gözönüne alınarak kesinlikle uygun malzemeye sahip valfler kullanılmalıdır.

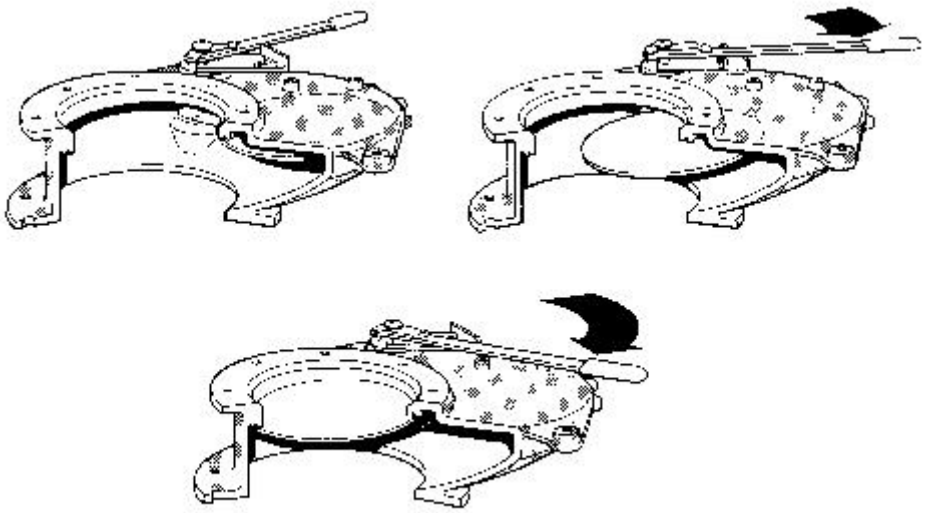
3.5.3 Basınca Bağlı Seçim

Vakumlu pnömatik konveyörlerde vakum altında yani düşük basınç farkı altında çalışabilecek valfler kullanılmalıdır.Döner valflerde çarkın ucu lastikli konstruksiyon vakuma uygun valf seçimine örnek olarak verilebilir.



Şekil 3.10 Döner valf konstruksiyonu

Disk valflerde vakumlu pnömatik konveyör sistemlerinde tercih edilmesi gereken aşınması düşük sızdırmazlığı yeterli valf konstruksiyonlarıdır.



Şekil 3.13 Disk valf konstruksiyonu

4. SONUÇ

Vakumlu pnömatik konveyörlerin düşük basınç farkına sahip,düşük hızda ve seyrek fazda taşıma yapmaya müsait olduğu her zaman için göz önüne alınmalıdır.

Vakumlu konveyörler pozitif düşük basınçlı konveyörler ile eşit enerji ve taşıma kapasitesine sahiptirler.

Vakum pompası seçiminde yağsız pompaların kullanılması ve pompa hava filtresi değişimine dikkat edilmelidir.

Genelde taşınan malzemeler gıda ağırlıklı olduğu için taşıma hatları mümkün oldukça korozif olmayan yapı elemanlarından döşenmelidir.

Bu sistemlerde özellikle emiş ağzı tasarımında malzeme özel geliştirilebilecek konstruksiyonlar bu sistemleri çok daha verimli kılacaktır.

KAYNAKLAR

Milton N. KRAUS (1980) " Pneumatic conveying of bulk materials" McGraw-Hill Newyork

R.D.Marcus,L.S. Leung,G.E.Klinzing and F.Rizk (1990)"Pneumatic conveying of solids" Chapman and Hall Great Britain

Prof. Dr. Mustafa DEMİRSOY (1998)"Transport tekniği(iletim makinaları) cilt 3" Birsen yayınevi İstanbul

N. LATINCSICKS (1982) "Simplified computerized design of pneumatic conveyors."Bulk Solids Handling,Vol 2, No.3, p.93-98

N.K. LATINCSICS,"Vacuum type pneumatic conveyor systems mathematical model"Bulk solids handlling vol 6,no 2, april (1986) p 35-39

D.MILLS "Performance comprasion of vacuum and positive pressure system"Bulk solids handling vol 26,no 1 (2006) p. 20-24

A.R.REED et al. (1991) "Advances in the design of pneumatic conveying systems" Bulk solids handling vol 11,no 1 p . 93-97

G. SEGLER (1951) "Pneumatic grain conveying " Published by SEGLER G. Braunschweig

E. ALBERTİ et al. (1991) "Advanced design of pneumatic conveying systems"Bulk solid handling Vol 11 No 1 p 103-110

A.L.KURŞUNEL (1993) "Vakumlu hava ile un naklinde verimin artırılması"Doktora tezi Konya Selçuk Üniversitesi.

H.-J. ZEBİSCH (1972)"Fördertechnik" 3 Vogel-Verlag Würzburg

S. BUCH (1962)" Einführung in die allgemeine vakuumtechnik" Wissenschaftliche verlagsgesellsschaft Stuttgart

A.MANDIRACI (1993)"Pnömatik taşıma sistemlerinin etüdü" Yüksek lisans tezi,Yıldız Teknik Üni. İstanbul

A.R.REED and A:N. PITTMAN (1992)'Suction nozzle design"Bulk solids handling vol 12 no 3 september 1992 U.K.

İNTERNET KAYNAKLARI

http://www.rietschle.com/

http://www.pneumaticconveyors.net/

http://www.vac-u-max.com

http://www.flexicon.com

http://www.piab.com/

http://www.bulk-online.com/index.php

http://www.powderbulkchannel.com

http://www.becker.de

EKLER

(1) Latincsics,N.K.: Simplified Computerized Design of Pneumatic conveyors;bulk solids handlingVol 2 (1982) No 3 pp 533-538

(2) Latincsics, N.K.: Pneumatic Conveyors-Computer aided Design Methods for Pressurized Systems. Proc Powder and bulk Solids Conf.,Chicago USA 1985

(3) Woodcock,C.R and P.O. Mwabe: An Approach to the Computer-Aided Design of Pneumatic Conveyors Int. Conf. On Pneumatic Conveying,University of kent U.K. 1984

(4) Zenz, F.A: Pneumatic Conveying – State of Art Report. National Fluidization Committee USA 1971

(5) Zenz,F.A: and D.F. Othmer Fluidization and Fluid Particle Systems Rheinhold Pub. Corp USA 1960

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	25.02.1983	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1994-2001	Köy Hizmetleri Anadolu Lisesi Kartal
Lisans	2001-2005	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh.Anabilim Dalı, Konstrusiyon Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2001-2007	Zekai POLAT Vakum Pompaları ve Sistemleri
2007-Devam ediyor	YEP VAKUM