

# Pnömatik Sistemlerde Basıncı Havanın Hazırlanması(\*)

Enver Çatak

## Özet

Pnömatik sistemlerin, endüstriyel alanda kullanımının gün geçtikçe artması bu sistemlerde kullanılan basınçlı havanın hazırlanmasının önemini artırmaktadır. Bu çalışmanın amacı basınçlı havanın hazırlanmasını ve bazı temel fizik kurallarını vermek, pnömatik sistemlerde hava hazırlama ile ilgili eksiklikleri gidermektir. Çalışmada pnömatik makinaların avantajları açıklanmış, kayıplardan bahsedildikten sonra havanın hazırlanması ve kurutma metotları anlatılmıştır. Filtreleme ve yağlama esasları açıklanmış, basınç yükselticiler ve basınç ayar valfleri üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Pnömatik, basınçlı hava, filtreleme, çığ noktası, hava temini

## 1. GİRİŞ

### 1.1 Genel

Basınçlı hava tehlikesiz olduğu için kullanıcılar genelde basınçlı havanın hazırlanmasını ve devrelerindeki kaçakları ciddiye almazlar. Fakat basınçlı havanın iyi hazırlanmaması ve devrelerindeki kaçaklar;

- paranın boşa harcanmasına
- üretilen ürünün kalitesine,
- sistemin verimliliğinin düşmesine ciddi anlamda etki edebilmektedir.

Bu yüzden sadece akıllı valfler, hızlı silindirler ve diğer teknolojik uygulamalar değil, pnömatik sistemlerde basınçlı havanın hazırlanması konusunun önemini ortaya koymak için birçok nedendir.

Bu bildiride amaç basınçlı havanın hazırlanmasını ve bazı temel fizik kurallarını vermek, pnömatik sistemlerde hava hazırlama ile ilgili eksiklikleri gidermektir.

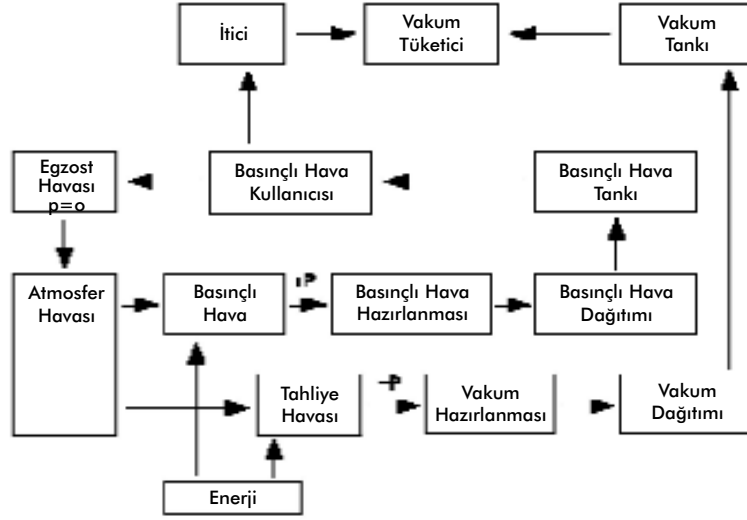
Basınçlı hava, elektrikten sonra ticari, sanayi ve ortak alanlar için en önemli enerji taşıyıcısıdır. Güç iletiminin çok eski zamanlarda keşfedilmesine rağmen, ilk fonksiyonel pnömatik makinaların 19.

yy'da pazarda yer almaya başladığı bilinmektedir. "Endüstriyel Pnömatik" uygulamaları ise ancak 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya'da başladı.

Pnömatik makinalar aşağıdaki avantajları ile büyük kabul gördüler.

- Basınçlı havanın her yerde ve sınırsız miktarda üretilebilir olması.
- Yüksek enerji yoğunluğu, hafiflik ve basit enerji iletimi.
- Üretilen enerjinin kapalı kaplarda korunabilir ve bir yerden başka bir yere kolaylıkla taşınabilir olması.
- Yanma, alev alma ve patlama riskinin olmaması.
- Planlama ve bakım için fazla çaba gerektirmemesi.
- Pnömatik için kabul edilebilir sınırlar dahilinde olmak koşuluyla sonsuz değişkenlikte güç karakteristikleri.

Bunlar etkileyici ve önemli avantajlar olup, bugün birçok sanayi basınçlı hava sistemlerini kullanmaktadır. Buralarda basınçlı hava; birçok aleti, en çok da pnömatik silindirleri, kumanda edebilmek için tercih edilmektedir.



**Şekil 1.**

Ancak havanın enerji olarak kullanılabilmesi için öncelikle başka kaynaktan enerji sağlanmalıdır. Bu da havanın kompresörde sıkıştırılması ile gerçekleştirilir ve bu iş için birçok kompresör tipi (vidalı, pistonlu, membranlı, roots tipi dönel ve turbo kompresörler) bulunmaktadır. Bunlar yağlı ya da su soğutmalı olabilirler. Ama bu sadece ilk aşamadır. Basınçlandırılmış hava ve emilen hava (sisteme çekilen hava) aşağıda şekildedeki gibi, sabit bir çevrim olarak görülebilir.

Basınçlı havanın hazırlanması ve dağıtımı aşamaları enerji kayıplarının kaynağı olabilir ve üzerinde önemle durulması gerekmektedir.

Dağıtım şebekesi, kısmi olarak yanlış tasarlandığı ve/veya bakımının iyi yapılmadığı durumlarda büyük masraflara yol açabilir. Aşağıdaki etkenler de kayıplar için önemli rol oynamaktadır.

- Dağıtım şebekesinin durumu: Küçük kaçaklar çoğu zaman fazladan masraf demektir.
- Şebekenin boyutları: Yetersiz kesitler büyük basınç düşüşlerine yol açar.
- Tüketim karakteristiği aralığı: Basınçlı hava sis-

teminin yeni ihtiyaçları da karşılayabilecek şekilde modifiye edilebilir olması gerekir.

- Yoğunlaşmış suyun boşaltılması işlemi ise artık terk edilmiş olup, ince işçilik ve zahmet gerektirir.

Basınçtaki 1 barlık düşüş % 6 -10 fazla enerji kaybına yol açar. İyi bir şebeke %10'dan fazla kaçağa sahip olmamalıdır. Ancak pratikte %20-25'1 bulan kaçaklar oldukça yaygındır.

Basınçlı hava %78 azot, %21 Oksijen ve %1 diğer gazları (temelde argon) içeren atmosfer havasıdır. Atmosfer havasının basıncı jeolojik konuma göre değişir. Aşağıdaki temel değerler, en çok kullanılan ve havanın sıcaklık ve basıncı için referans kabul edilen değerleridir. ( $P_o = 1,013$  bar ve  $T_o = 20$  °C veya  $P_o = 1,013$  bar ve  $T_o = 0$  °C)

#### Basınç ve Basınç birimleri:

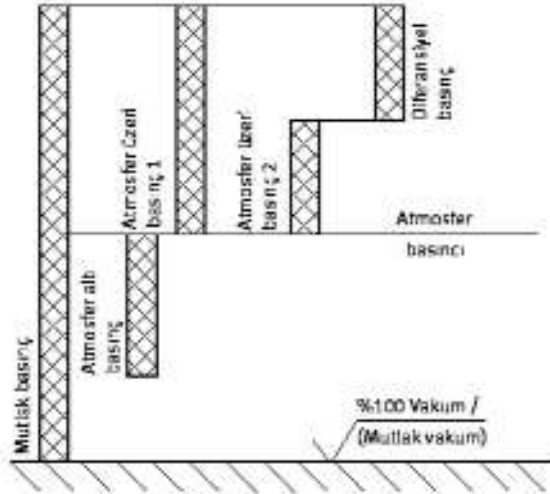
"Basınç" kavramı genelde A yüzeyine etki eden F kuvveti olarak bilinir ve şu eşitlik ile ifade edilir;

$$P = \frac{F}{A}$$

Hava içeren gazlar; genişleyerek, mevcut boşluğu üniform olarak doldurabilme özelliğine sahiptirler. Bu kapalı bir kap olabilir. Bu durumda; moleküler kap çeperlerine kısa sürelide olsa bir kuvvet uygular. Bu kuvvetlerin toplamı da kap içindeki gazın, kap çeperine yaptığı basınçtır. Sabit sıcaklıkta; bu basınç, birim hacimdeki molekül sayısı ile orantılıdır.

Birkaç farklı tipte basınçtan söz edilebilir:

- Atmosferik Basınç** (barometrik hava basıncı)  
**Mutlak Basınç** (mutlak vakum değeri "0" olarak kabul edildiği zaman)  
**Diferansiyel Basınç** (iki mutlak basınç arasındaki farkı gösteren basınç)  
**Atmosfer Üzeri Basınç** (atmosferik basınç değeri "0" olarak alındığında A.B. değerinin üzerindeki basınç)  
**Atmosfer Altı Basınç** (atmosferik basınç değeri "0" olarak alındığında A.B. değerinin altındaki basınç)



**Şekil 2.**

**Akış Basıncı** (hava tüketimi sırasındaki ba-

sınç)

**Geri Basınç** (hava tüketilmediği durumda basınçlı hava hattındaki basınç değeri)

Bu basınçlar aşağıda şematik olarak gösterilmiştir: 1978 yılında uluslararası standartlar, Paskal'ı (Pa) basınç ölçü birimi olarak benimsemiştir. (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup> = 1 kg/ms<sup>2</sup>, 10<sup>5</sup> Pa = 0,1 Mpa = 1 bar)

Basınçlı hava sistemlerinde, hava farklı tiplerde kompresörlerde üretilir. Bunlar şu şekilde ayrılabilir: Dönel Kompresörler (vidalı, paletli, su halkalı, roots tipi), Pistonlu Kompresörler (dalma pistonlu, çapraz pistonlu, serbest pistonlu, çift yönlü, diyaframlı tip), Turbo Kompresörler (radyal, eksenel tip).

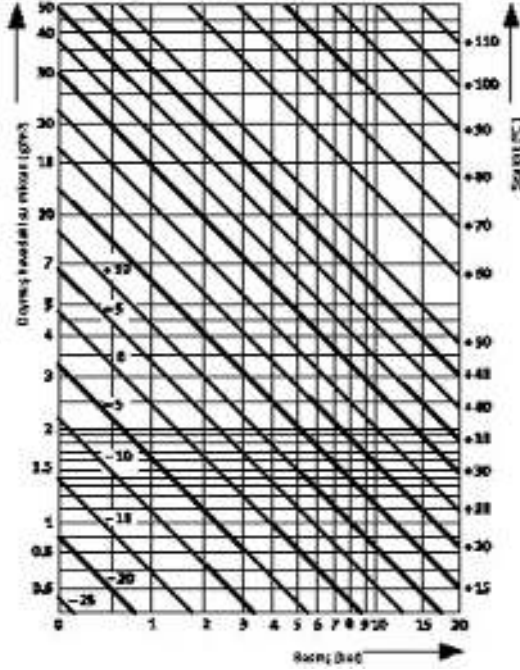
Tek ve çift kademeli yağlı tip pistonlu kompresörler ve tek kademeli yağlı tip vidalı kompresörler özellikle düşük basınçların (6-15 bar) elde edilmesinde kullanılır.

### 1.3 Nemli Hava ile İlgili Tarifler

Kuru hava ve su buharının karışımı nemli havayı oluşturur. Havanın nem tutabilmek için belli bir sınırı vardır. Bu sınır barometrik basınca ve hava sıcaklığına bağlıdır. Eğer, cam üzerindeki hava soğursa; su buharı, cam üstünde yoğunlaşır. Yoğuşma olayı çok eski zamanlarda beri bilinmekte olup "sarnıç"larda kullanılmıştır. Bunlar büyük ve kubbeli taş yapılar olup geceleri, soğukta havanın suyunu yoğunlaştırma işleminde kullanılırlardı. Yoğuşmanın başladığı nokta ise "çiy noktası" ve "basınç çiy noktası" olarak adlandırılır.

### Çiy Noktası

Çiy noktası; sıcaklık skalasında havanın su buharına doyduğu noktadır. Diğer bir deyişle, nem %100'dür. Sıcaklık bu değer altına düşmeye başladığı zaman yoğuşma görülür. Donma sıcaklığının altında ise buz oluşur. Bu olayın, akış karakterinde



**Şekil 3.** Doymuş havadaki su buharı miktarının basınç ve sıcaklıkla değişimi

ve pnömatik devre elemanları üzerinde önemli etkisi vardır. Çiğ noktası düştükçe, havanın tutabileceği su miktarı azalır. Çiğ noktası; "bağlı nem", sıcaklık ve basınç değişkenleri ile tanımlanır: Sıcaklık arttıkça, daha çok su tutulur. Basınç arttıkça, daha az su tutulabilir.

Basınç çiğ noktası, farklı hava kurutucularının karşılaştırılmasının daha kolay yapılabilmesi için kullanılır. Bu sıcaklık; uygun işletme basıncına uygulanacak çiğ noktası sıcaklığıdır. Eğer basınç, atmosfer basıncına bırakılırsa hava genişler. Bu nedenle sabit sıcaklıkta, atmosfer basıncındaki havanın çiğ noktası, basınç çiğ noktasından daha düşüktür. Örneğin havanın basınç çiğ noktası +5°C ise çevre sıcaklığı bu değer üzerinde olduğu sürece su yoğunlaşamayacaktır. Yoğuşma ancak sıcaklık +5°C'nin altında olduğu zaman gerçekleşecektir.

### Bağlı Nem

Bağlı nem  $W_{rel}$ ; havanın gerçek nemi ve mümkün olan en yüksek nem (doyma) arasındaki ilişkiyi gösterir.

$$W_{rel} = \left[ \frac{\text{Mutlak Nem (f)}}{\text{Doyma Miktarı (f}_{max})} \right] \times 100 (\%)$$

**Önemli Not:** Mutlak nem sabit kalsa bile sıcaklık değişimleri bağlı nem'de değişikliklere yol açar.

### En Yüksek Nem ( $f_{max}$ ) ( $g/m^3$ )

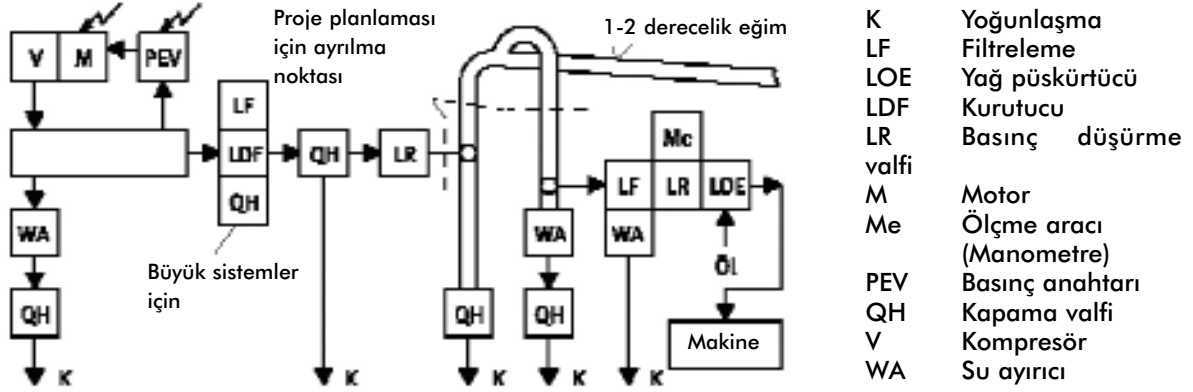
Belli bir sıcaklıkta 1  $m^3$  havanın tutabileceği maksimum su miktarıdır (doyma miktarı).

### Mutlak Nem ( $f$ ) ( $g/m^3$ )

Mutlak nem 1  $m^3$  hava içerisindeki gerçek su miktarını temsil eder. Kuru hava istenmesine rağmen pratikte hava çok nadir tamamen kuru olarak bulunur. Normalde bağlı kuru hava yetersizdir. Çiğ noktası sıcaklığı ölçüdür. Uluslararası kalite standartları basınçlı hava için 6 farklı nem nitelik grubu belirlemiştir. Örneğin, sınıf 3; takım tezgahları, tekstil makineleri ve paketleme donanımları için kullanılır.

Sıkıştırma işleminden sonra ne kadar nem su buharı olarak kalır? Eğer; örnek olarak; 7  $m^3$  hava sabit sıcaklıkta ve 6 bar basınçta 1  $m^3$ 'e indirilirse 6 birim su buharı fazla gelir ve yoğunlaşır. 1  $m^3$  basınçlı hava, 1  $m^3$  atmosfer havasından fazla su tutamaz. Nem miktarı sıcaklık ve basınca bağlıdır. Nemin en yüksek miktarı aşağıdaki şekil'den bulunabilir. Sıkıştırma süresince hava soğutulursa, havanın su tutma kapasitesi azalır ve su yoğunlaşır. Kalan nem de bütün iş elemanlarına ulaşır. Bu sebepten dolayı da bu elemanların basınç taraflarına su tutucular yerleştirilmelidir. Bunlar çevrim tipi filtreler olabilir. Bu tip filtrelerde; hava, engellere çarparak döndürülür ve soğutulur. Santrifüj etkisi ve soğuma da yoğunlaşmayı sağlar.

Hava sıcaklığının düşürülmesi için bir örnek verilecek olursa; 6 bar ve 40 °C'deki 1  $m^3$  hava 7 gram



Şekil 4. Pnömatik bir sistemin temel yapısı

su tutabilir. Sıcaklık 10 °C'ye düşürülürse yalnızca 1, 3 gram su tutabilir. Sonuçta 7-1, 3=5, 7 gram su yoğunlaştırılmış olur.

## 2. BASINÇLI HAVANIN HAZIRLANMASI

Basıncı havanın hazırlanması, basınçlandırılmış havayı tüketen araçlara, kompresörler tarafından sağlanan havanın bu araçların kullanımına uygun hale getirilmesini gerektirir. Hazırlama; kaba filtreleme (süzme), kurutma ve hassas filtreleme olarak üç aşamaya ayrılabilir. İlk filtreleme işlemi sıkıştırılmadan hemen sonra uygulanır. Şekil 4 pnömatik bir sistemin temel yapısını göstermektedir.

Basıncı hava hazırlamanın temel prensiplerinden biri "Gerektiği kadar çok, mümkün olduğunca az"dır. Basıncı hava gerektiği kadar temiz olmalı ancak temizleyici içermemelidir. Aşağıdaki noktalar da göz önünde bulundurulmalıdır:

Aynı anda farklı kalite seviyelerinde hava isteniyorsa; bu durumda en hassas ihtiyaca göre hava hazırlanmalıdır. Ekonomik olarak da araç için gerekli olan havadan "daha iyisini" hazırlamak daha uygundur (hassas filtreleme).

Farklı basınçlarda hava isteniyorsa bütün sistemi yüksek basınç altında çalıştırmak yerine bir basınç yükseltici kullanılmalıdır.

Kompresöre çekilen hava kuru, serin ve tozdan arındırılmış olmalıdır. Sıcak ve nemli havanın kullanımı, sıkıştırma esnasında büyük yoğunlaşmaya sebep olacaktır.

Sistem içinde büyük basınç salınımları oluyorsa, servis biriminin basınç hattına bir tank yerleştirilmelidir.

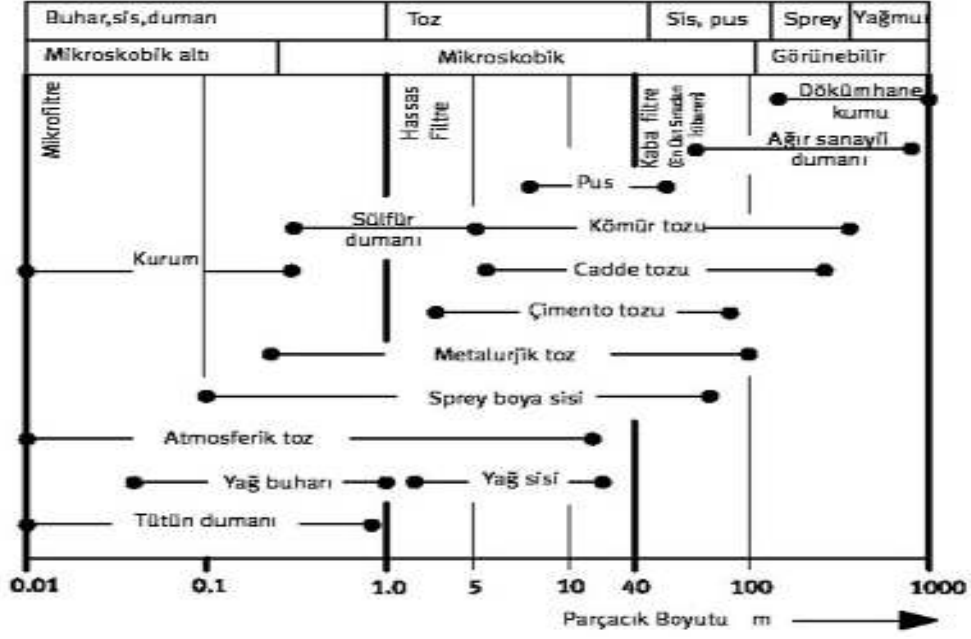
Yoğuşmuş suyun biriktiği ve boşaltıldığı hatlar şebekenin en alçak yerine konumlandırılmalıdır.

Basıncı havanın şartlandırılması yalnızca üretimin bir parçası olarak görülmemelidir. Sağlık açısından da havanın şartlandırılması gerekir. Çünkü yağlı hava hem işyerindeki çalışanlar hem de çevre için zararlıdır.

### 2.1 Basıncı Havanın Niteliği

Basıncı havayı enerji taşıyıcı olarak kullanabilmek için öncelikle atmosfer havasından alınıp, ilk hacminin belirli bir kesrine sıkıştırılması gerekir

Havanın basınçlandırılması sorunsuz değildir. Havadan gelen toz, is, kurum, pislikler, yanmamış hidrokarbonlar ve tabii ki su buharı da sıkıştırılacaktır. Bunlar kompresör içerisinde aşınmış malzemeler, karbonlu yağ ve aerosoller ile birleşir. Bu



Şekil 5. Hava içerisinde kirlilik Yaratan parçacıkların tipi ve Boyutları (1 mm=0,001mm)

Tablo 1. Basıncı hava nitelikleri

Uygulama	Asılı Kalan Parçacık mm	Suyun Çiğ Noktası 0°C	Maksimum Yağ Miktarı mg/m <sup>3</sup>	Filtre Derecesi
Maden İşi	40	-	25	40 mm
Temizleme	40	+10	5	40 mm
Kaynak Makineleri	40	+10	25	40 mm
Takım Tezgaahları	40	+3	75	40 mm
Basıncı Hava Silindirleri	40	+3	75	40 mm
Basıncı Hava Valfleri	40 veya 50	+3	75	40 veya 50
Paketleme Alanları	40	+3	1	mm
Hassas Basıncı Regülatörü	5	+3	1	5 mm - 1 mm
Ölçüm Havası	1	+3	1	5 mm - 1 mm
Ambar Havası	1	-20	1	5 mm - 1 mm
Sprey Boya Havası	1	+3	0.1	5 mm - 1 mm
Sensörler	1	20 veya 40	0.1	5 mm - 1 mm
Solunum Havası	0.01	-	-	5 mm - 1 mm

nedenle atmosfer havasını 8 bar'a sıkıştırmak kirlilik yoğunluğunu 9 kat artırır. Ayrıca valf ve fittings elemanlarının montajı esnasında sistemde kalmış olabilecek kaynak kalıntıları, sinter, pas ve boru şebekesinden kaynaklanan kalıntılar ve parçalar da kirlilik yaratır. Şekil 5 basınçlı hava içerisinde

kalabilecek parçacıklar ve boyutları hakkında genel bir bilgi verebilir. Şehir havası, 1 m<sup>3</sup> hacimde; %80'i 5 m'dan küçük olmak üzere; 140 milyon parçacık içerir. Solunum havası için ise en büyük parçacık 0.01 m olmalıdır.

**Tablo 2.** ISO 554 gereğince normal koşullarda birim m<sup>3</sup> havanın özellikleri

Sınıf	En büyük parçacık boyutu mm	Parçacık yoğunluğu mg/m <sup>3</sup>	Basınç Çiğ Noktası °C	Kalıntı yağ mg/m <sup>3</sup>
1	0.1	0.1	-70	0.01
2	1	1	40	0.1
3	5	5	-20	1.0
4	15	8	+3	5
5	40	10	+7	25
6	-	-	+10	-
7	-	-	tanımsız	-

Görüldüğü gibi "çiğ halde" hava temiz değildir. Kirliliğe yol açan parçacıklar basınçlı hava hattında ve pnömatik araçlarda hasara yol açabilir. Ayrıca bu parçacıklar birbirleri ile çift taraflı ilişki içindedirler. Toz parçacıkları su veya yağ ile birleşerek daha büyük parçacıklar oluştururlar. Su ve yağ birleşerek bir emülsiyon da meydana getirebilirler.

Farklı tiplerde araçlar için farklı nitelik sınıfları oluşturulmuştur. Aşağıdaki tablo her tip kirlenici parçacık için gerekli olan basınçlı hava niteliğini gösterir. Bu sınıflar DIN ISO 8573-1'ce belirlenmiştir.

Bu düzenleme basınçlı hava niteliğini 7 sınıfa ayırmaktadır (Tablo 2).

### 3. KURUTMA METOTLARI

Hava; sıkıştırma işlemi süresince ısınır, sıkıştırma bittikten hemen sonra da soğumaya başlar. Bunun sebebi; kompresörün, basıncı P<sub>1</sub>'den P<sub>2</sub>'ye çıkarabilmek için enerji vermesidir. Böylece sıcaklık da T<sub>1</sub>'den T<sub>2</sub>'ye yükselir.

Hava daima bir miktar su buharı içerir. Ancak hava; "doyma seviyesi"ne kadar sınırlı miktarda su tutabilir. Su; hava tüketen elemanlara ulaşmadan önce mümkün mertebe çok suyun yoğunlaştırılma-

**Tablo 3.** Maksimum su buharı miktarı

Sıcaklık (°C)	-20	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90	100
Maksimum su buharı (g/m <sup>3</sup> )	0.9	2.2	4.9	6.8	9.4	12.7	17.1	30.1	82.3	196.2	472	588

ısı istenir. Hava yağlı ise basınçlı bir hava/yağ karışımı oluşur. Bu yağ; basınçlı havadan bir yağ tutucu ile ayrılmalı ve yeniden soğutulmalıdır.

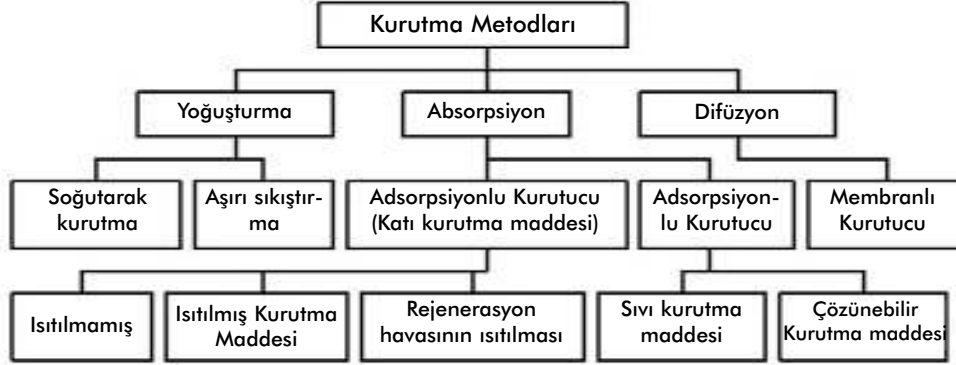
Pnömatik kontrol ve iş elemanlarının birer "su hidroliği" aracı haline gelmeden önce havanın kurutulması gerekir. Kurutma; basınçlı hava hazırlanmasının en önemli safhasıdır. Havanın iyi hazırlanmış olması pnömatik araçları ve hatları korozyondan korur. Çiğ noktası sıcaklığı havanın kurutulmasında bir ölçüdür.

Basınçlı havanın sıcaklığı yükseldikçe tutabileceği su miktarı artar (doyma miktarı). Aşağıdaki tabloda sıcaklık ve su buharı miktarı ilişkisi verilmiştir.

Havanın kurutulması için birçok yöntem vardır. Şekil 6'da bunlar şematik olarak göstermektedir.

Çoğu durumda soğutarak kurutma yeterlidir. Basınçlı hava bir soğutma maddesi ile soğutulur ve su buharı yoğunlaşır. Basınç çığ noktası +1.5 °C civarındadır. İşletme sıcaklığı +3 °C altına düşmediği sürece basınçlı hava şebekesinde su görülmez. Soğutarak kurutma basınçlı hava üretiminin maliyetinin %3'üne denk gelir. Bunun için, soğutma maddesinin hızının kontrol edilebildiği kompresörler kullanılmaktadır. Böylece soğutulacak havaya uygun miktarda madde yolları.

Diğer bir kurutma yöntemi de aşırı sıkıştırmadır



**Şekil 6.** Hava Kurutma Yöntemleri

(yüksek basınçta sıkıştırma). Bu yöntemde hava gerekli olandan çok daha büyük basınçta sıkıştırılır, ve yoğuşuncaya kadar soğutulur. Hava daha sonra normal basıncına kadar genişletilir. Bu yöntemde - 60°C basınç çığ noktası sıcaklığına ulaşılabılır ancak bu yöntem oldukça pahalıdır.

Çevre sıcaklığı ya da uygulamalar - 70°C gibi basınç çığ noktalarını gerektiriyorsa adsorpsiyon ve membranlı tip kurutucular kullanılır. Bu durumda hava hazırlanması tüm maliyetin %20'sini oluşturabilir.

Absorpsiyonlu kurutucuda ise; su buharı, bir madde tarafından kimyasal olarak absorbe edilir, ve bu madde kurutma süresince çözülür. Kimyasal madde NaCl bazlı tuz olup, kurutucunun yapısı oldukça basittir. Ancak işlem sırasında kimyasal madde tüketimi olur. 1 kg tuz yaklaşık 13 kg suyu yoğunlaştırır. Bu da tuzun düzenli olarak yenilenmesini gerektiği anlamına gelir. Ulaşılabilecek en düşük basınç çığ noktası sıcaklığı -15 °C'dir. Diğer kurutma maddeleri gliserin, sülfürik asit, suyu alınmış kireç ve süperasidik magnezyum tuzu içerirler. İşletme maliyetleri yüksektir, bu da uygulamanın pratikte oldukça sınırlı olması demektir.

Membranlı kurutucular ise buharlaşmaya izin verecek yapıda içi boş liflerden oluşurlar. Kurutulmuş

hava bu liflerin etrafında akar. Kurutma olayı; ters yönde akış ve lifler içindeki nemli havanın kısmi basınç farkı sayesinde gerçekleşir. Sistem; membranın her iki tarafındaki buhar yoğunluğu eşit olunca dengeye ulaşır.

#### 4. FİLTRELEME

İlk hava filtreleri yüzyılı aşkın bir süre önce yapılmıştır ve filtreleme ortamı olarak dokuma kullanılmıştır. Filtreler o zamandan beri büyük değişikliğe uğramış ve gelişmişlerdir.

Doğru filtrenin seçimi basınçlı havanın kalitesinde önemli bir etkiye sahiptir.

Yüksek kalitede basınçlı hava birkaç filtreleme safhası gerektirir. Yalnızca hassas bir filtrenin kullanılması çözüm değildir.

Filtreler şu şekilde sınıflandırılabilir:

**Filtreler:** 40 mm 'dan büyük (ya da filtre kartuşu seçimine göre 5 mm) parçacıkları tutar.

**Hassas Filtreler:** 0. 1 mm 'den büyük parçacıkları tutar.

**Mikrofiltreler:** 0. 01 mm'den büyük parçacıkları tutar. Ancak hava daha önce 5 mm'lik bir filtreden geçirilmiş olmalıdır.



*Aktif Karbon Mikrofiltreler:* 0. 003 mm'den büyük parçacıkları (aromatik veya koku yapan maddeler gibi) tutar. Bu tip filtreler "altmikrofiltre" olarak da adlandırılır.

Daha yüksek kalite elde edilmek isteniyorsa, hassas filtreleri ya da mikro filtreleri seri olarak kullanarak asılı kalan maddeler kademeli olarak filtre edilmelidir.

#### **4.1 Filtreleme Prensipleri**

##### *Atalet Kuvveti Yardımı İle Filtreleme*

Hava; içeri alındıktan sonra, santrifüj etki sağlanacak biçimde, kanatlar tarafından döndürülür. Tropikal hortumlara benzerliğinden dolayı, bu filtre "çevrim filtresi" olarak da adlandırılır.

Büyük katı ve sıvı parçacıklar santrifüj kuvvetlerin etkisi ile filtre kabının iç çeperlerine fırlatılırlar ve %90'a varan bir ayrışma sağlanır. Ön temizlenmeye tabi tutulmuş hava daha sonra çok gözenekli sinter malzemeye sahip filtre içerisinden geçirilir. Yoğunlaşmış su ve kirlilik yaratan parçacıklar filtre kabında toplanırlar. Biriken su ve parçacıkların zaman zaman boşaltılır. Filtrenin içi belli bir zaman sonunda değiştirilip temizlenmelidir.

##### *Yüzey Tipi Filtreler*

Bu tip filtreler 5 ila 40 mm arası gözeneklere sahip metal ya da plastik örgülerden oluşurlar. Tanımlanan gözenek boyutundan büyük kirlilik yaratabilecek parçalar tutulur. Yüzey tipi filtreler; santrifüj tipi filtreler için ön-filtre olarak kullanılır.

##### *Derinlik Tipi filtreler*

Bu tip filtreler 1 mm'lik hassas ve 0, 01 mm'lik mikrofiltrelerden ibarettir. Filtre malzemesi dokuma olmayan kumaş bir mikrofiltredir ve süper hassas borosilikat liflerden oluşur. Filtreleme olayı parçacıkların direkt etkisi ile başlar ve adsorpsiyon, elenme, difüzyon, elektrostatik yüklenme ve van der Waals kuvvetleri ile sağlanır. Parçacıklar liflere dolaşırlar. Sıvı parçacıklar ise daha sonradan filtre kabında toplanmak üzere büyük damla-

lar oluştururlar.

Derinlik tipi filtreler basınçlı havadaki en küçük yağ ve toz parçacıklarını ayırır. Aktif karbon filtreler kullanıldığı takdirde ise istenmeyen yağ buharı ve kokular filtre edilebilir. Ancak bu; yalnızca ilaç ve gıda sanayii ve paketlenme gibi yüksek hassasiyet ve temizlik istenen alanlarda kullanılır. Filtreleme derecesi ise isteğe bağlıdır. Basınçlı hava içerisinde müsaade edilen parçacık boyutları şöyledir:

Kanatlı motorlar, iş yapan silindirler, açık çevrim kontrolleri ve vurma araçları için 5 ila 40 mm arası.

Kapalı çevrim kontrolleri, valfler, ölçme aletleri ve sprey tabancaları için 5 mm'den küçük.

Gıda, ilaç, paketlenme sanayii ve elektrik-elektronik mühendisliği için 1 mm'den küçük.

##### *Aktif Karbon Filtreler*

Bu tip filtreler gözenekli halde amorf karbon içerirler. Aktif karbon; 500-1500 m<sup>2</sup>/g gibi sıra dışı bir iç yüzeye sahiptir. Bu da çok küçük parçalar için bile büyük bir adsorpsiyon kapasitesi demektir. Adsorpsiyon olayı; yüzeyin, nokta, kenar, köşe, kafes boşlukları gibi yerlerinde de gerçekleşir.

Aktif karbon filtrelerin servis ömürleri basınç taraflarına yerleştirilen bir önfiltre ve mikrofiltre sayesinde uzatılabilir. Bu filtreler 1000 saatlik kullanım sonunda yada yağ kokusu oluşmaya başladığında değiştirilir. Bu işlem sonunda (yeterli ön filtreleme yapıldı ise) kalıntı yağ miktarı 1 milyonda 0, 003 parçacıktır. (0, 003 ppm) Bu bir SI birimi olmamasına rağmen hala geçerlidir. (SI'da ifade "0, 003 mg/m<sup>3</sup>"tür). Bu tip filtrelerin yukarıda bahsedilen alanlarda kullanımı özellikle tavsiye edilmektedir.

**Not:** Aktif karbon tipi filtreler daima basınç düşürme valflerinin basınçlı tarafına yerleştirilirler çünkü içindeki basınç kaybı hacimsel debiye bağlıdır.

**Tablo 5. Filtre seçimi uygulamaya bağlıdır**

	<b>Filtre tipi</b>	<b>Uygulama</b>	<b>Ana işlev</b>
<b>A</b>	Küçük katı kirlenmeler, nem ve yağ geçirir	Makine kontrolü, bağlama tertibatı (mengene), pnömatik çekiçler, körük havası	5 mm üzeri parçacıkların, %99 üzeri yağ ve %99 altı aşırı yoğunlaşmış nemin tutulması
<b>B</b>	Asıl amaç yağ ve tozun giderilmesi olup az miktarda (sıcaklık farkından kaynaklanan) nem geçirebilir	Endüstriyel donanım; pnömatik tahrik elemanları, takım tezgahları, motorlar, metal burçlar	0,3 mm üzeri parçacıkların, %99.9 üzeri yağ sis ve %99 üzeri aşırı doymuş nemin tutulması
<b>C</b>	Asıl amaç nemin tutulması olup az miktarda toz ve yağ geçirir.	A'ya benzer şekilde; araçlarda ya da hatlardaki sıcaklık farkı nedeniyle zorlatılmış, sprey ve boya uygulamaları.	5 mm üzeri parçacıkların ve %99 üzeri sıvının tutulması, atmosferik çığ noktası -17 °C'den az.
<b>D</b>	Nemin, tozun ve yağın tutulması asıl amaçtır.	Proses mühendisliği, ölçme araçları, yüksek kaliteli boyama istemleri kalıpların soğutulması ve plastik enjeksiyonlu kalıp	0.3 mm üzeri parçacıkların, nemin ve %99.9 üzeri yağ sis utlması, atmosferik çığ noktası -17 °C'den az.
<b>E</b>	Nem toz ve yağdan tamamen (yaklaşık) arındırılmış hava istenir.	makinelere Pnömatik ölçme araçları; akışkanlar bilimi, elektrostatik boyama, elektronik parçaların temizlenmesi ve kurulanması.	0.01 mm üzeri parçacıkların, %99,9999 üzeri yağ ve nemin tutulması, atmosferik çığ noktası -17 °C'den az.
<b>F</b>	Nem, toz, koku ve yağdan tamamen (yaklaşık) arındırılmış çok temiz hava istenir.	İlaç ve gıda sanayi (paketleme, kurutma, nakil, içecek)	0.01 mm üzeri parçacıkların, nemin, kokunun ve %99,9999 üzeri yağın tutulması, atmosferik çığ noktası -17 °C'nin altı.
<b>G</b>	Asıl amaç düşük çığ noktası, tozsuz ve yağsız hava eldesidir.	Kurutma (elektronik, kargo) ilaç depolama, deniz ölçümleri, nakil malzemeleri	0.01 mm üzeri parçacıkların, koku, buhar %99,9999 üzeri yağın ve nemin tutulması, atmosferik çığ noktası -17°C'nin altı.

Eczacılık ve gıda sanayii gibi uygulamalar yağsız basınçlı hava gerektirir. Kalıntı yağ (kompresör yağı) mutlaka giderilmelidir. Kompresör yağsız çalışan tip olsa dahi içeri çekilen havada bulunan yağ partikülleri hassas araçlara ulaşır. Bu yağ hassas çalışan parçaları tıkayabilir ve bozulmalarına sebep olabilir ya da yağlanmalarını hasara uğratabilir. Pneurop sınıfları (Pneurop Talimatları 6611)

aşağıdaki standart değerleri belirlemiştir:

**Tablo 4. Yağ içerikleri**

<b>Sınıf</b>	<b>Yağ içeriği (mg/m<sup>3</sup>)</b>
1	0.01
2	0.1
3	1.0

4	5.0
5	25.0

Basıncılı havanın içerdiği yağ miktarı şu şekilde de ifade edilebilir.

#### Düşük Yağlı Hava

Havanın 1 mm ila 20 mm arası bir filtreden geçirilmiş halidir. Bu şekilde, çevre koşullarının elverdiği derecede, "ölçme" ya da "solunum havası" kalitesine ulaşılır.

#### Teknik Olarak Yağsız Hava

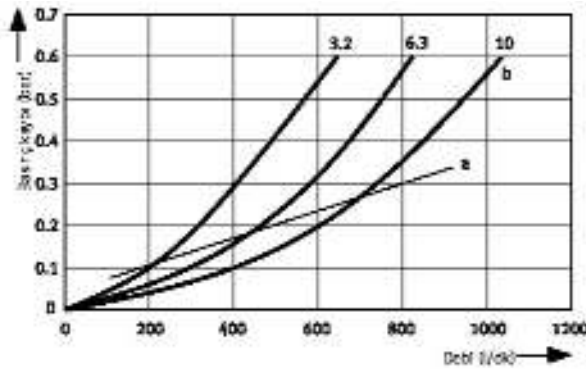
Kalıntı yağ miktarı 0, 3 ila 0, 01 mg / m<sup>3</sup> arasındadır ve teknik uygulamalarda soruna yol açmaz. Hassas filtreler ile elde edilir.

#### Mutlak Yağsız Hava

Basıncılı hava hazırlanması esnasında yağsız hava girişinde havanın yağ ile teması yoktur. Yağ içeriği

siyonlu filiterlemenin yapıldığı iki mikrofiltreyi seri olarak bağlayarak birden fazla yöntemi aynı zamanda uygulamak da mümkündür. Bu şekilde diğer kirleticiler giderilmiş ve yağ kokusu da önlenmiş olur ve bu sayede üretim aşamasında kalıcı olarak yağlanan ve hassas çalışan pnömatik araçlar ve kontrol elemanları da yağsız hava ile çalıştırılmış olurlar. Ama bir kere yağlı hava kullanıldı ise, devamlı olarak yağ kullanılmalıdır çünkü yağsız hale geri dönülemez. Yağsız ve basıncılı havayı; yağsız tip kompresörle üretmek ya da sıkıştırma işleminden sonra yağlı filtre etmek bir tercih meselesi olmakla beraber yağsız tip kompresörler daha ucuzdurlar.

Basıncılı hava filtre edildiğinde su oluşur. Bu su yoğunlaşmış halde ve zaman zaman boşlatılmak üzere biriktirilir. Çok miktarda su kısa zamanda birikiyor-



Şekil 7. Debinin bir fonksiyonu olarak filtredeki basınç kaybı

0, 003 mg / m<sup>3</sup>'den azdır. Bu seviyeye yalnızca aktif karbon filtreler ile ulaşılabilir. Yağ miktarını azaltmak için 3 yöntem kullanılabilir:

- Yağsız hava üretiminde kullanılan kompresörler.
- Aynı anda hem soğutma hem de %80 oranında yağ ayırımı yapan soğutuculu kurutma yöntemi.

#### Yağ ayırıcı filtreler

İkinci filtrenin aktif karbon filtre olduğu ve adsorp-

sa bu takdirde otomatik drenaj kullanılarak filtrenin kontrolü daha kolay hale getirilebilir.

Filtre seçiminde şu noktalar dikkate alınmalıdır:

- Hangi derecede temiz hava isteniyor?
- Bağlantı büyüklüğü nedir? (basınca ve hacimsel debiye bağlı olarak)Boşaltma tipi nedir? (manuel yada otomatik)

Bağlantı (port) büyüklüğü mutlak giriş basıncından %3 den fazla düşüşe yol açmayacak şekilde seçil-

melidir. 6 bar basınç için bu değer  $^3p=0,2$  bar basınç kaybına eşittir. (Şekil 7). En kaliteli filtre dahi basınç düşüşüne sebep olur. Pratik uygulamalar; seçilen filtrenin gerçek debisinin işletme basıncında düz çizginin altında olması gerektiğini göstermiştir (bkz şekil 7).

Örnek:

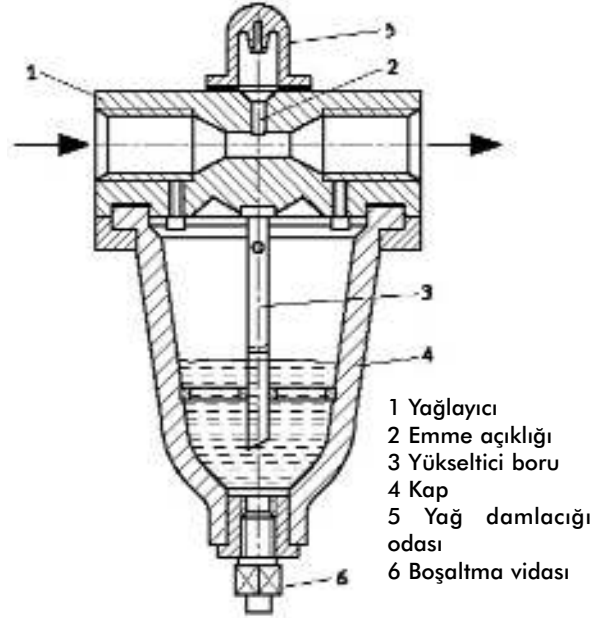
6, 3 bar basınç ve 450 lt/dk debide  $^3p=0,2$  barlık kayıp gerçekleşir.

En yüksek ve en düşük debiler için limitleri gözlemek oldukça önemlidir. Eğer filtreler en düşük debiden daha da düşük bir debide çalıştırılırlarsa van der Waals kuvvetleri parçacıkları tutmak için yeterli olmaz ve parçacıklar daha sonra da tutulamazlar. Aksi bir durumda ise yani maksimum değer aşılsa (ki pratikte çok sık rastlanan bir durumdur) diferansiyel basınç hızla artar. Bu da ekonomikliğini ve verimi azaltır. Daha da kötüsü tutulan parçacıkların gevşeyip filtre içine itilmesidir. Bu da filtrelemeye rağmen sistemde parçacıklar bulan operatör için şaşkıncı bir durumdur!

Basıncılı havadan yoğunlaşan sıvı için önemli bir nokta da; bu sıvının katı parçacıklar, su ve yağın bir karışımı olduğudur. Genel özellikleri oldukça zararlı olduğu için bu sıvının boşaltımı ciddi bir durumdur. Termokimyasal yoğunlaştırma işlemcileri bu sıvıyı içme suyu ve solunum havası kalitesine getirebilirler. Bu gibi filtrelerin kullanımı boşaltım sorununu ortadan kaldırır.

## 5. YAĞLAYICILAR

Yağlı hava sistemdeki çalışan parçaların yağlanması gerektiği zaman tercih edilir. Yağlayıcı yağ sisini otomatik olarak içeri alır. Yağ sisini pnömatik kontrol elemanları ve parçalar için sürtünmeye ve aşınmaya karşı koruma sağlar. Ancak yağ sisini basınçlı havadan ayırmak ve bunu bir yağlayıcı olarak kabul etmek mümkün değildir. Bu yağın moleküler yapısı sıcaklık ve basınç yüzünden hasara uğramış, asidik ve zararlı bir durum almıştır. Ya-



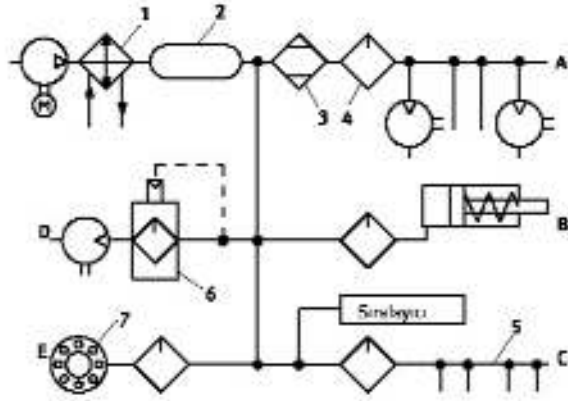
Şekil 8. Yağlayıcılar

ni kompresör yağı yağlama için uygun değildir.

Standart bir **yağlayıcı**da; yağlayıcı kafa, basınçlı havanın geçtiği kısma doğru bir venturi nozulu bulunur. Bu nozulun yapısı emme açıklığında bir vakum oluşturur. Yükseltici bir boru vasıtasıyla kapta yağ emilir. Bu yağ havaya damlalar halinde karışır ve püskürtülür. Damla sayısı bir kısıtlayıcı ile ölçüm yapılarak ayarlanabilir.

**Mikroyağlayıcı**da yağ damlacıkları bir sapıtma plakası ile 2 mm'den daha küçük boyutlarda oldukça hassas bir biçimde püskürtülür. Damlacıkların yalnızca %5-10'luk kısmı hava akımına karışır. Yağ cinsi olarak hafif makine ve hidrolik yağı uygundur. Viskozite ise 20 °C'de 17-25 mm<sup>2</sup>/s seçilmelidir. Akış karakteristiği yağlayıcı seçimi için belirleyici bir durumdur. Basınç kayıpları  $^3p = 0,15$  ila 0,30 barı aşmamalıdır. Yağ tüketimi talebe bağlıdır ve kesin olarak belirtilemez.

Yağlama m<sup>3</sup> başına 2-5 damla olmalıdır. Bu sınırın altı sürekli akışa, üzeri ise kesikli akışa yol açar. Mikroyağlayıcılar ise bunun yaklaşık 10-20 katı



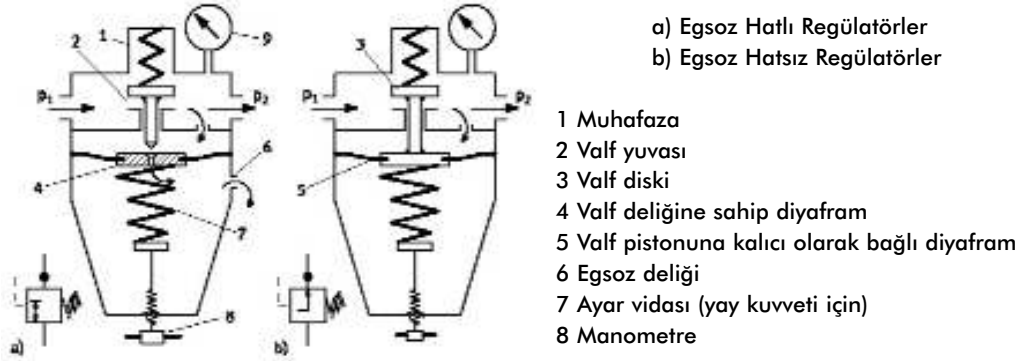
- 1 Soğutucu
- 2 Tank
- 3 Diferansiyel basınçlı yağlayıcılar
- 4 Standart yağlayıcılar
- 5 Çok kademeli yağlayıcılar
- 6 Darbe enjeksiyonlu yağlayıcılar

**Şekil 9.** Değişik yağlayıcı uygulamaları

damlacığa ihtiyaç duyarlar. 1000 litre için yaklaşık 4-6 damla; pnömomatik motorların işletimi için yeter-

**Tablo 6.** A tipinden E tipine kadar, yağlayıcı seçimde göz önünde bulundurulması gereken faktörleri belirtmiştir.

Filtre tipi	Uygulamalar (örnekler)	Ana işlev
<b>A</b> 150 m üzeri hatlar ve fazla yağ gerektirmeyen çok sayıda araç için homojen yağ sisi istendiğinde kullanılır.	Montaj hatlarındaki basınçlı hava kullanan araçlar, pnömomatik kontroller, kaynak ve baskı hatları, üretim birimleri	Uzun mesafedeki araçlar, 2 mm'den büyük boyutlu yağ sisi, 150 metre üzeri iyi iletim karakteristiği, sorunsuz dallanma, 7 ila 12 mg/m <sup>3</sup> yağı sürekli iletebilme, araç üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilir.
<b>B</b> Küçük mesafelerdeki ayrı çalışan araçlar için öze istek gerektirmeyen standart uygulamalarda kullanılır.	Takımlar, pnömomatik sürücüler, kontroller	Ayrı çalışacak aletlerin yağlanması, 4 ila 10 mm arası yağ sisi, 6 m'ye kadar yeterli iletim, 15 ila 25 mm <sup>3</sup> /damla yağ iletimi, araç üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilir.
<b>C</b> Geniş bir hacimsel debi aralığı, yüksek duyarsızlık, yağlayıcının basınçlı tarafından yağsız hava eldesi istendiğinde kullanılır.	Az havaya ihtiyaç duyan araçlar, basınçlı hava ile çalışan silindir kontrolü, yağsız hava eldesinin kontrolü.	Düşük duyarlılıkta sınır değeri, geniş hacimsel debi aralığı, 10 mm üzeri yağ sisi, 6 m'ye kadar yeterli iletim karakteristiği, 15 ila 25 mm <sup>3</sup> /damla yağ iletimi, araç üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilir.
<b>D</b> Uzun zaman aralıklarından sonra yapılacak işlemler için, yağlayıcı ve araç arası mesafe uzun ise, düşük debi istendiğinde kullanılır.	Kısa stroklu silindirler, basınçlı hava ile çalışan küçük araçlar, kesme aletleri.	Düşük yağ tüketimi (1 ila 30 mm <sup>3</sup> /damla), tüketim noktasına yerleştirilmesi tavsiye edilir. Piston stroğu başına 1-30 mm <sup>3</sup> yağ iletimi. Taşıma özellikleri uygulanabilir değildir.
<b>E</b> Küçük ancak hassas ölçüde ve üniform yağlama / yağ sisi istendiğinde kullanılır.	Yüksek hızlı rulmanlar, taşlama tezgahları, örgü makinaları, dişli kutuları	Yağlama ve soğutma amaçlı hassas yağ sisi iletimi, 2 mm'den küçük yağ sisi, 30 m üzeri iye iletim karakteristiği, araç üzerine yerleştirilmesi tavsiye edilir.



**Şekil 10.** Basınç regülatörlerinin prensibi

lidir, bu durumda  $15 \text{ dm}^3$  hava için bir damlalık yağ kullanılır. Damla sayısı bir ayar vidası ile belirlenebilir. Sürekli ve kesikli akışta (1 dakikadan daha uzun süreli çalışma durumunda) bir yağlayıcı ile basınçlı havaya yağ eklenir. 1 dakikadan daha az süreli çalışma durumundaki kesikli işletimde ise, şebekedeki yağ kayıpları dolayısı ile yağlanması gereken aracın yetersiz yağlanması önlemek için yağlamanın bu araca yakın bir konumda yapılması tavsiye edilmektedir. Sıcaklık dayanımı artırılmış sızdırmazlık elemanına sahip silindireler yağlı hava ile çalıştırılmamalıdır; çünkü yağ, özel grese zarar verebilir. Sis tipi yağlayıcıların hava giriş hattının, akış yönünü gösterecek biçimde yerleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil 9'da birkaç yağlayıcı yerleşimi gösterilmiştir.

## 6. BASINÇ REGÜLATÖRLERİ

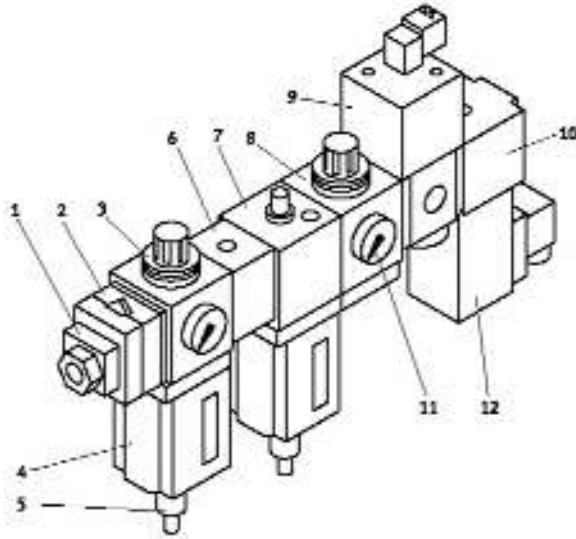
Basınç regülatörlerinin görevi ana basınçlı hava hattındaki (birincil basınç) tüm salınımlara karşın güvenli ve sabit bir basınç (ikincil basınç) sağlamaktır. Sabit basınç sağlanmazsa iş ve kontrol elemanlarının hareket ve sinyallerinde kabul edilemez sapmalar meydana gelir. Çok yüksek basınç aşınmayı artırır, uygun olmayan enerji sarfiyatına yol açar. Çok düşük basınç ise verimi azaltır ve iş elemanlarının işe yaramamasına sebep olur. Basınçlı hava sistemlerinde; genelde, işletme kısmında 6 barlık, kontrol kısmında da 4 barlık basınç görülür. Şekil 10'da basınç regülatörlerinin işlevi

için iki farklı prensip gösterilmiştir.

## 7. SERVİS BİRİMİ

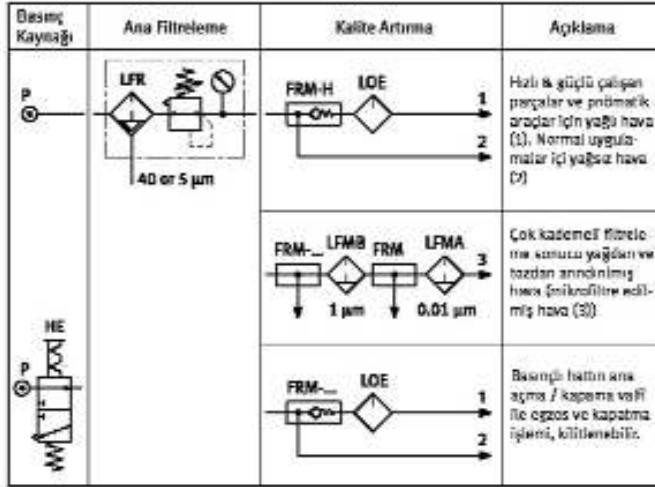
Servis birimleri birkaç parça aracın bileşiminden oluşur ve tüketim noktalarında bulunurlar. Basınçlı havanın hassas bir biçimde hazırlanmasını sağlarlar ve bir açma/kapama valfi, filtre, basınç regülatörü ve yağlayıcıdan ibarettirler. Parçalar bu sıra ile konumlandırılmalıdır. Akış yönü (elemanların dış yüzeyinde gösterilmiştir) daima göz önünde bulundurulmalıdır. Emniyet ve görüntüleme cihazları da bunlar üzerine yerleştirilebilir. Servis birimleri; büyük makineler söz konusu olduğunda, temel hava ihtiyacı için makine gövdesi üzerine de yerleştirilebilirler. Servis biriminin alt tarafındaki boşluk yoğunlaşma sıvısının biriktiği kabın boşaltılabilmesi için yeteri kadar büyük olmalıdır. Basınç regülatörleri, istenen işletme basıncında çalışabilmesi için tüketimdeki tüm salınımlara karşı basıncı sabit tutabilmelidir. İşletme basıncı; basınç regülatörü üzerinden ayarlanır. Şekil 11 modüler bir servis biriminin yapısını göstermektedir.

Servis birimleri yalnızca havanın optimum şekilde hazırlanmasını sağlamaz, bunun yanında kompresörün çalışıp durmasından kaynaklanan basınç salınımlarını da düzenlerler. Şebekenin birincil ve ikincil kısımları bu şekilde birleştirilmiştir. Ayrılmış parçaları çeşitli kalitede havanın sağlanmasında, örneğin yağlayıcının basınçlı tarafında yağsız hava



- 1 Boru bağlantı yeri
- 2 Manuel açma/kapama valfi
- 3 Filtre ve basınç regülatörü
- 4 Filtre
- 5 Drenaj
- 6 Ayrılma parçası
- 7 Yağlayıcılar
- 8 Basınç regülatörü
- 9 Soft-start valfi
- 10 Ayrılma parçası
- 11 Manometre
- 12 Basınç anahtarı

Şekil 11. Modüler bir servis biriminin an bileşenleri (örnek)



- FRM Ayrılma parçası  
HE Manuel açma kapama valfi  
LFR Tek parça halinde filtre ve basınç regülatörü  
LFMA Mikrofiltre  
LFMB Hassas filtre  
LOE Yağlayıcılar  
P Basınçlı hava kaynağı

Şekil 12. Birkaç servis birimi kombinasyonu

istendiği zaman, kullanılır. Servis birimleri farklı ve bağımsız basınç alanları istendiğinde de kullanılabilir. Değişik filtre kombinasyonları kullanılarak aynı şekilde farklı kalitelere hava elde edilebilir.

Pratikte birkaç tip kombinasyon bulunur. Bunlar Şekil 12'de gösterilmiştir ve uygun olacak biçimde birleştirilebilirler. En çok kullanılan uygulamalar için hazır kombinasyonlar da mevcuttur. Servis bi-

rimleri aşağıdaki özellikleri ile birbirlerinden tamamen ayrılırlar:

Yağlı ve yağsız hava istenebilir. Yağlanmamış hava, yağlayıcının basınçlı tarafında ayrılır. Basınçlı havanın yağlı hattan geri akmamasından emin olunması için, manifoldta bir geri dönüşsüz valf (çek valf) bulunur. Yağ sisi ölçülebilir.

"Servis hattı"nın başlangıç kısmında, ilerideki hat-

lardan daha yüksek debi bulunmalıdır, bu durum tasarım aşaması boyunca göz önünde bulundurulmalıdır.

Farklı kalitelere basınçlı hava gereklidir. Örneğin çok kademeli filtreler, farklı kalite seviyelerinde hava geçişine izin verirler. Son kademe "mikrofiltre" edilmiş basınçlı hava sağlar (tozsuz ve yağsız). Bu gibi bir filtreleme örneğinin, düşük basınç kontrol birimleri için gereklidir. Her filtre basınç kaybına yol açacağı için, yalnızca gerekli seviyede filtreleme yapmak ekonomik açıdan daha uygun olur.

Servis birimi bir yol verme valfi ile de başlayabilir. Bu da pnömatik sistemin basınçlandırılması ya basıncının kesilmesini sağlayabilir. Seviye ise standart bir kilit ile koruma altına alınabilir.

Seçim için karakteristik değişkenler; basınç, debi, nem, yağ içeriği ve havadan gelen parçacıkların miktarı ve boyutlarıdır. Ayrıca seçim yapılırken şu noktaların da bilinmesi faydalı olacaktır.

Servis birimi daima maksimum debinin gerektirdiğinden 1 boy büyük alınır. Küçük boyut seçimi basınçta salınımlara ve yetersiz hizmet ömrüne sebebiyet verir.

Servis birimleri her zaman sistemin en soğuk yerine (örneğin ısı yayan bir makine yakınına değil, bir duvar kenarına) konulmalıdır.

Servis birimi ulaşılabilecek en uzak araçtan en fazla 5 metre uzakta olmalıdır. Aksi takdirde, yağlı hava kullanılması durumunda, yağ sisi araca ulaşmadan önce çökecektir.

Su tutucular, şebekede oluşan yağ damlacıklarını tutarlar, bu şekilde en büyük boyuttaki su tutucu bile 1 günde dolabilir. Bu yüzden bakım işlemi planlanan doğrultuda yapılmalı veya proje safhasında otomatik drenaj düşünülmelidir.

Filtre kapları yalnızca su ile temizlenmeli, başka bir çözücü kullanılmamalıdır. Filtre kabının hasar görebileceği çevrelerde metal bir koruma kabı kullanılmalıdır.

Katı parçacık filtreleri büyük olmalıdır. Yerleşim aşamasında akış yönü mutlaka doğru tutulmalıdır. Filtre kartuşları temizlenmemeli, yenisi ile değiştirilmelidir.

Adsorbsiyonlu kurutucu kullanılıyorsa, havanın alındığı filtrenin servis ömrünü uzatabilmek için 1 mm filtreleme derecesine sahip bir ön filtreleme yapılmalıdır. Yağ, kurutma maddesinin ömrünü azaltır. Ayrıca alınan hava sıcaklığı 35 °C'den az olmalıdır.

Basınç ayarlarının sabit tutulup, yetkili olmayan personel tarafından değiştirilmesini önlemek amacıyla kilitlenebilir bir basınç regülatörü kullanılmalıdır.

Yağlayıcılar, mutlaka üretici firmanın tavsiye ettiği düşük viskoziteli mineral yağ ile doldurulmalıdır.

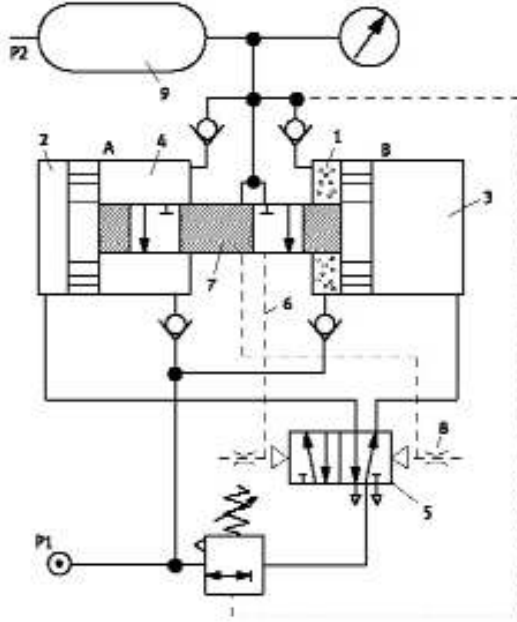
100 mm'den daha büyük piston çapına sahip silindirler yağlı hava ile çalıştırılıyorsa, egzoz portuna bir filtre susturucusu konulmalıdır. Bu şekilde egzoz sesi azaltılır ve içteki hassas bir filtre ile parçacıklar ayrılır.

Servis birimlerine; bozulup sistemde arızaya yol açmasalar bile bakım yapılmalıdır.

## 8. BASINÇ YÜKSELTİCİLER

Basınç yükselticiler şebekedeki basınçtan daha yüksek basınç sağlayan araçlardır. Bu nedenle basınç düşürücülerinin (basınç ayar valfleri) tam tersi bir etkiye sahiptirler. Basıncın yükseltilmesi birkaç farklı yolla gerçekleştirilebilir. Bunlardan biri Şekil





- 1 Yükseltme odası (B)
- 2 Tahrik odası (A)
- 3 Tahrik odası (B)
- 4 Yükseltme odası (A)
- 5 Yön kontrol valfi
- 6 Kontrol hattı
- 7 Piston kolu
- 8 Akış kontrol valfi
- 9 Tank

P1 Giriş basıncı 2...8 bar

P2 Çıkış basıncı 2, 5...10 veya 16 bar

**Şekil 13.** Hava - Hava basınç yükseltici

13'de gösterilen çift pistonlu bir sistem ile basıncın şiddetlendirilmesidir. Basıncı havadan başka enerji kaynağına ihtiyaç duyulmaz. Tipe bağlı olmakla beraber basınç iki katına çıkarılarak 10-16 bar basınca ulaşılabilir

Bu tasarım darbeli bir çıkış basıncına yol açacağı için, tüketimi karşılamak ve basıncı düzenleyebilmek için bir tank yerleşimi tavsiye edilmektedir. Unutulmamalıdır ki basınç yükselticinin kendi tüketimi de basıncı yükseltme seviyesi ile birlikte artar. Bu da ikincil hacimsel debinin en az %20'sidir.

Yükselticiler; Avrupa Standartları Emniyet Düzenlemeleri (EN 1012, Bölüm 1)'de belirtilen bazı özel standartlara tabidirler. Çıkıştaki basınç belli bir seviyenin üzerine çıkmamalıdır, bu da basıncın düşük olduğu tarafa yerleştirilecek ve kumanda edilemez bir emniyet valfi ile sağlanır. Yüksek basınç alanında kullanılacak valfler ve fitting elemanları basın-

ca dayanıklı olarak tasarlanmalıdır. Bu arada basınç yükselticiler sürekli çalışmaz. Eğer tüketim ihtiyacını bir hava tankı karşılayabiliyorsa basınç yükseltici kesikli olarak çalıştırılabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] S. Hesse, Compressed Air as an Energy Carrier, Festo, 2003 / Eslingen.

#### ÖZGEÇMİŞ

Enver ÇATAK1967 yılında Kayseri'de doğdu Ankara Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Bölümünden 1990 yılında mezun oldu, halen Festo Sanayi Ticaret A.Ş.'de Teknik Destek ve Otomotiv Sektör Müdürü olarak çalışmaktadır.

(\*) III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabından alınmıştır.