



**bu bir MMO
yayıdır**

MMO, bu makaledeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından sorumlu değildir.

Basınçlı Hava Tesisatı

EROL ERTAŞ

PNÖSO Ltd.

BASINÇLI HAVA TESİSATI

Erol ERTAŞ

ÖZET

Tüm sanayi kuruluşlarında ve birçok genel hizmet yapılarında su, elektrik gibi altyapı tesisleri yanında, basınçlı hava da önemli bir akışkan güç kaynağı ve iletim veya kullanım ana maddesi olarak bir tesisat içinde üretilmekte, depolanmakta, hazırlanmakta, iletilmekte, dağıtılmakta, (gerekliyse şartlandırılmakta) ve kullanılmaktadır.

2. Ulusal Tesisat Kongresi'nde geniş kapsamlı bir kaynak olarak düşünülen bu tebliğ basınçlı hava tesisatı temel bilgilerini özet olarak sunmak amacını taşımaktadır.

GİRİŞ

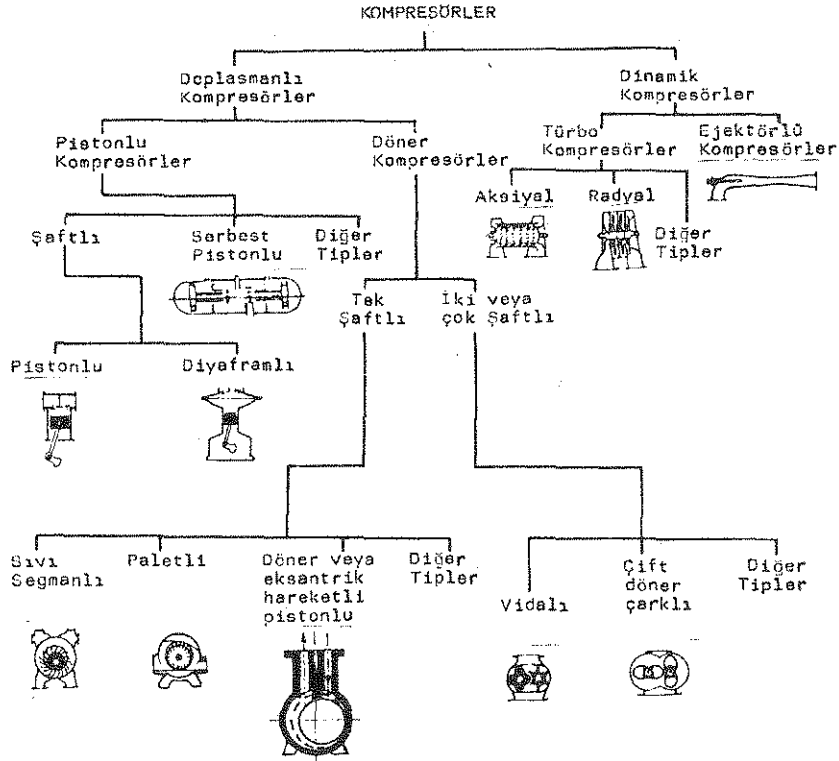
Basınçlı hava, enerjinin içinde biriktirildiği bir akışkan olarak düşünülebilir. Başka bir formdaki enerjiyi önce tahrik makinasından (elektrik motoru, patlamalı motor, türbin, vs.) mekanik enerji formunda kompresöre aktarılmakla bu "iş makinasında" akışkanın iç enerjisi (bir tür potansiyel enerji veya basınç enerjisi) şekline dönüştürülmektedir. Daha sonra bu enerjiden, havanın uzak noktalara iletilmesi ve basınç potansiyelinden mekanik enerji elde edilmesi de dahil, çeşitli amaçlarla istifade edilmektedir.

Bütün bu dönüşümler sırasında devamlı olarak "tersinmezlik" kayıpları ile karşılaşılır ve bir seri verim kavramları ortaya çıkar. Konular özet bölümünde belirtilen sıra ile ileride ele alınacaktır.

I. BASINÇLI HAVANIN ÜRETİMİ

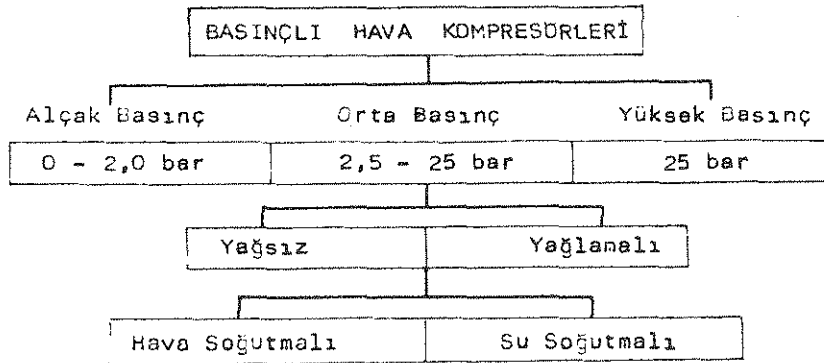
1.1 KOMPRESÖRLER

Atmosfer havasını alarak sıkıştıran iş makinalarına hava kompresörleri denilmektedir. Bunlar çeşitli yönlerden sınıflamaya tabi tutulabilirler. 1. şemada ISO 5390-1977'de verilen sınıflandırma görülmektedir.



ŞEMA 1: Kompresörlerin Yapıları Bakımından Sınıflandırılması

Günümüzde, endüstriyel kullanım açısından basınçlı hava kompresörleri daha değişik bir sınıflandırmaya tabi tutulabilirler. 2. şema bu yönden ele alınmıştır.



ŞEMA 2: Basınçlı Hava Kompresörlerinin Uygulama Açısından Sınıflandırılması

Kompresörler için en karakteristik iki büyüklük işletme basıncı aralığı ve serbest hava debisidir. Bu debi basınçlı havanın emiş şartlarına getirildiğinde haiz olacağı debidir. PNEUROP standartlarına göre (5) standart emiş şartları 20 °C, 1bar'dır. Fizikte kullanılan Nm³ (Normal m³) 0°C 760 Torr şartlarında belirlenen hacimdir.

Basınç Birimleri:

Teknikte basınç ölçü birimleri gittikçe daha çok ISO ölçü sistemine uygun olarak belirtilmektedir. Ancak günümüzde hala eski kataloglar ve ölçü aletleri kullanılmakta olduğundan Ek 1'deki tabloda bunlar karşılaştırılmıştır.

Kompresör Dairesi:

Basınçlı havanın elde edilip depolandığı ve hazırlandığı kompresör dairelerinde bulunan bellibaşlı tesisat elemanları:

- Kompresör ünitesi (Hava emiş filtresi, ara ve art soğutucular, yağ soğutucu ve ayırıcıları, emniyet süpürge, yüksüz kalkma, kapasite kontrol ve emniyet organları, tahrik motoru, ve sair tüm elemanları ile komple)

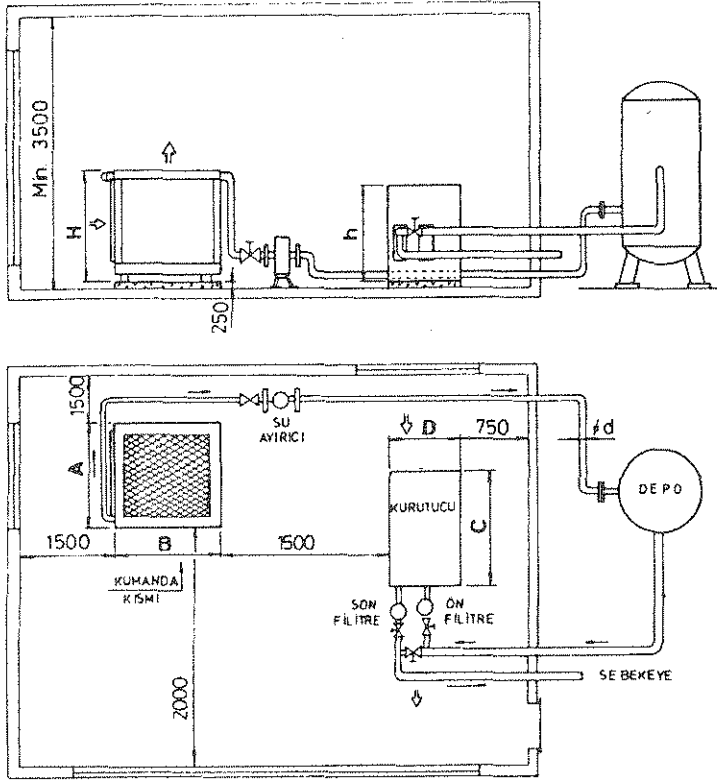
- İlave basınçlı hava art soğutucu ve su ayırıcılar
- Basınçlı hava tankları
- Basınçlı hava (yağ) filitreleri
- Basınçlı hava kurutucular
- Bağlantı boruları ve vanalar
- Yağlı kondens suyu tesisatı

Basınçlı havanın elde edildiği kompresör dairesi havadar, dış ortama kolayca açılan, sağlam zeminli bir hacim olmalıdır. Çimento - Tekstil gibi atmosferin çok tozlu ve uçucu elyaflı olduğu sanayilerde ve tozlu bölgelerde kompresör daireleri tam kapalı yapılarak, içeriye filitrelenmiş hava veren havalandırma sistemleri öngörülmelidir. Bazı durumlarda kompresör emişi daha az tozlu bir ortama doğru bir emiş borusu ile uzatılarak kompresör hava emiş filtresi buraya yerleştirilebilir. Emiş borusu boyutlandırılırken emişteki kayıpların 50 mbar'ın altında kalmasına dikkat edilmelidir.

Kompresör dairesinin havalandırılmasında, bu hacimde ısıya dönüşen enerjiden ortam havasına geçen kısmının atılmasına dikkat edilmelidir. Aksi halde kompresör dairesinde müsaade edilemeyecek derecede sıcaklık yükselmeleri meydana gelir. Pratik hesapta kompresör tahrik motorunca kullanılan enerjinin tümünün ısıya dönüştüğü kabul edilebilir. Bu enerjiden, diğer akışkanlarla götürülen kısım (soğutma suyu, tesisatta kullanılan basınçlı hava) çıkarıldığında havalandırma ile atılması gereken ısı miktarı bulunabilir.

Hava soğutmalı kompresörlerde doğrudan doğruya tahrik motoru milinden veya kompresör ana mili üzerinde tahrik edilen vantilatörler soğutma havasını kompresör silindirleri veya ara soğutucular üzerine üflerler. Ayrı bir elektrik motoru ile tahrik edilen vantilatörler de vardır. Soğutma işlevini tamamlayan sıcak havanın aynı hacimdeki diğer bir kompresörün veya hava soğutmalı basınçlı hava kurutucusunun üzerine yönlendirilmemesi gereklidir. En uygunu bu havanın doğrudan doğruya dışarıya veya egzost hava davlumbazına doğru üfletilmesidir.

Basınçlı hava kompresörünün hava sevk verimini etkileyen en önemli iki dış faktör, emilen havanın sıcaklığı (0 kompresör dairesi sıcaklığı) ve emişteki basınç kayıplarıdır. Bu bakımdan, hava emiş filtresinin uygun boyutlandırılmış olması büyük bir önem taşır. Şekil 1'de bir basınçlı hava kompresör dairesinin yerleşim planı verilmiştir.



ŞEKİL 1: Basıncı Hava Üretim Bölümü Yerleşim Planı Örneği

Kompresör Emiş Havaasının Kalitesi:

Basıncı hava atmosferden elde edildiğine göre, atmosfere herhangi bir şekilde karışmış gaz, aerosol, buhar yanında emiş filtresinde geçebilen katı partiküller hava ile beraber kompresörden geçerek ve kompresör silindir ve süpap yüzeylerinden yağ ile koklaşmış yağ partiküllerini de taşıyarak basıncı hava içerisine intikal ederler. Örneğin tekstil fabrikalarındaki iyi filitrelenmemiş basıncı havaanın içinde mikroskopik elyaf şeklinde bulunan partiküller bazı kullanım noktalarında özel problemler yaratabilirler. Emiş havaası ne kadar tozsuz ise, kompresör arızaları o kadar seyrek, yağ, separatör ve filitrelerin ömrü o kadar uzun olur. Bu bakımdan kompresör dairesi havaasının temizliğine ve kompresör emiş filtresinin etkinliğine azami dikkat harcanmalıdır.

Basıncı Seviyeleri:

Fabrikalarda ve özel yapılarda tesis edilen basıncı hava şebekeleri genellikle 7 - 10 - 16 bar gibi basıncı değerlerinde öngörülmektedir. Bir işletmede, iki ayrı basıncı seviyesinde basıncı havaya gereksinme duyulabilir. Her seviyede gereken basıncı hava miktarına bağlı olarak iki ayrı bağımsız tesisat kurulabilir. Düşük olan basıncıta gereken hava debisi nispeten az ise, yüksek basıncı devreden bir regülatör vasıtası ile alçak basıncı devreye hava basıncı düşürülerek verilebilir.

Genel Kompresör Konstruksiyonları:

Günümüzde bakım kolaylığı ve işletme emniyeti açısından daha avantajlı olan yağ püskürtmeli vidalı kompresörler gitgide pistonlu kompresörlerin yerini almaktadır. (Resim 1-6)

Yağ püskürtmeli vidalı kompresörler 13 bar basınca kadar tek kademeli olarak yapılabilmektedir. Zira emiş tarafından vidalar arasına enjekte edilen yağ, çıkışı sıcaklığının 80-100 °C civarında tutulmasını temin etmektedir. Buna karşılık yağsız vidalı kompresörlerde sıkıştırma isentropik olmamakta ve

sıkıştırılan havanın sıcaklık yükselmesi diğerinden fazla olmaktadır. Bu kompresörlerde bir kademedeki sıkıştırma oranı 3,5'u geçmemelidir. Bu bakımda pratikte 3,2 bar'a kadar tek kademe, 10 bar'a kadar 2 kademe ve bunun üzerinde 3 kademe dizayn edilmektedir. Kademeler arasında ara soğutucular bulunmaktadır. (Resim 7-9)

Küçük pistonlu kompresörler 8 bar'a kadar tek kademeli, bunun üzerinde daha fazla kademeli olarak dizayn edilirler. Orta kapasitedeki (2 - 6 m³/dak serbest hava) pistonlu kompresörlerde bir kademedeki sıkıştırma oranı 3,5'u geçmemelidir.

Kompresör Üniteleri:

Küçük ve orta boy kompresörler basınçlı hava tankı ve sistemde bundan önce gelen diğer aksesuarları ile birlikte kompakt bir ünite halinde temin edilebilirler. (Resim 10 - 12) Son yıllarda bazı firmalar üniteye basınçlı hava kurutucusu ve yağ filitrelerini de ilave etmişlerdir.

Gürültü Sorunu:

Hava kompresörlerinin çıkardığı gürültü bir çeşit çevre kirliliği olduğu için, izole edilmesi gerekir. Kompresör dairelerinde gürültünün dışarıya aksettirilmemesi için alınacak önlemler dışında, kompresör üniteleri sessiz kabinler içine alınabilirler. Böylece gürültü seviyesi 10 - 15 dB azaltılabilir.

Basınçlı Hava Kompresörlerinin Kapasite Kontrolü:

Kapasite kontrolü şebeke basıncına göre yapılır.

a) Pistonlu Kompresörler: Küçük tiplerde çalış - dur (on - off) kontrolü yapılır. Basınç aralığı en az 1 bar olup 3 - 4 bar'a kadar çıkabilir. Küçük atölye ve kullanım yerlerinde bu şekil uygulanır. Büyük motor güçlü kompresörlerde sık dur - kalk'lar elektrik motoru için mahzurlu olduğundan yükte - boşta çalışma çalışma şeklinde kapasite kontrolü yapılır. Elektrik motorlu tiplerde kompresör emme süpaplari pnömatik kontrol düzeni ile devamlı açık tutulmakla kompresör tahrik edildiği halde hava basmaz. Patlamalı motorlarla tahrik edilen pistonlu kompresörlerde uygulanan diğer bir yöntem merkezkaç veya manyetik kavrama kullanılmasıdır. Motor devamlı çalıştığı halde, kavramaların kumanda ile kavradığı sürelerde çalışır.

b) Vidalı Kompresörler: Boşta bekleme zamanı kontrollu dur - çalış kumandasında normal basınç aralığı 1 - 2 bar'dır. Basıncın fazla dalgalanması istenmeyen şebekelerde basınç aralığı 0,5 bar'dır. Büyük vidalı kompresörlerde ($P_{motor} > 37$ kW) oransal kontrol düzeni ile şebeke basıncı devamlı sabit kalacak şekilde kapasite kontrolü yapılması mümkündür. Muhtelif çözüm şekilleri sağlanacak enerji tasarrufu açısından karşılaştırılmalıdır.

Yağ Soğutucular:

Yağlanan vidalı kompresörlerin yağ soğutucuları hava veya su soğutmalı olabilmektedir. Sıkıştırma için sarfedilen enerjinin büyük bir kısmı yağa geçtiğinden, yaklaşık 50 - 80 °C sıcaklıktaki bu ısıdan faydalanmak mümkündür.

1.2 BASINÇLI HAVANIN DEPOLANMASI

Basınçlı Hava Tankları:

Basınçlı hava tankları dikey veya yatık silindirik şekilde olabilir. Bu tanklar ülkemizde TS 1203 standardına göre imal ve test edilmektedir. Tank üzerinde el veya adam deliği, hava giriş - çıkış, su boşaltma, emniyet süpürge, manometre bağlantı ağızları bulunmaktadır. Tanklar test sertifikası alarak teslim edilirler ve bir yıllık periyotla basınç testine tabi tutulurlar. Basınçlı hava tankları kompresör dairesi içine veya açık havaya konulabilir. Ek 2'de ana ölçüleri saç kesiminde asgari fireye göre tayin edilen dik basınçlı hava tanklarına ait bir ölçü tablosu verilmiştir.

1.3 BASINÇLI HAVANIN HAZIRLANMASI

İlave Art Soğutucular:

Bilhassa soğuk bölgelerin şartlarına göre dizayn edilmiş olan vidalı kompresörlerin art soğutucuları yetersiz olduğunda ilave art soğutucular tesis edilmektedir. Bunun dışında bazı kompresör dizaynlarında art soğutucular ayrı olarak verilmektedir. Kompresör soğutulmasına paralel olarak, basınçlı hava art soğutucuları da hava veya su soğutmalı olabilirler. (Resim 13 - 14) Soğutma sonucu yoğunlaşan su, basınçlı hava içinde bulunabilecek aerosol buharı durumundaki yağın bir kısmını da birlikte sürükleyerek, su ayırıcıda havadan ayrılır. (Ek 3'teki abak) Bu su, ayırıcıdan şamandıralı veya selenoit vanalı otomatik tahliye tertibatı yardımıyla tahliye edilir. Hava soğutmalı art soğutucular, en uygun şekilde kompresör daire si duvarındaki bir pencereye yerleştirilirse buranın havalandırılmasına bir katkıda bulunabilirler. Su soğutmalı art soğutuculardan basınçlı havanın çıkış sıcaklığı, su giriş sıcaklığının yaklaşık 5 °C üzerindedir. Hava soğutmalı art soğutucularda ise, bu değer soğutma havası sıcaklığının 10 - 20 °C üzerindedir.

Basınçlı Hava Kurutucuları:

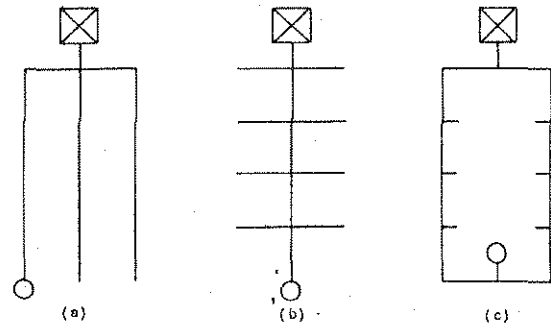
Basınçlı hava sıcaklığının düştüğü bölümlerde yoğunlaşan su, tesisatta paslanmadan ötürü arızalara neden olabilir. Bu bakımdan genellikle çelikten olan boru şebekesine verilmeden önce, basınçlı hava içindeki nem, tesisatın ileri bölümlerinde ayrışmayacak mertebede havadan ayrılmalıdır. Havanın kurutulması suni olarak soğutulup neminin ayrıştırılması veya nem çekici (higroskopik) bir madde içinden geçirilmesi ile yapılır. Buna göre prensip olarak iki çeşit basınçlı hava kurutucu mevcuttur: Soğutmalı ve adsorpsiyonlu tipler. Bunlardan soğutmalı olanlar havanın çiğlenme sıcaklığını en az +2 °C'ye, adsorpsiyonlu olanlar ise -70 °C'ye kadar düşürebilirler. (Resim 15-16)

Basınçlı Hava (Yağ) Filtreleri:

Yağlanan tipteki hava kompresörlerinden gelen hava içinde kompresörün tip ve durumuna göre 3 - 50 ppm mertebelerinde yağ mevcuttur. Boya, pnömatik kontrol aletleri gibi birçok kullanıcılarda yağ ve diğer katı partiküller büyük kalite ve işletme problemleri yaratırlar. Bu bakımdan basınçlı havanın filitrelenmesi gerekir. Son dönemlerde yapılan bütün tesisatlarda basınçlı hava filitreleri öngörülmektedir. Yağın önemli olmadığı durumlarda 20 - 30 µm'den büyük partikülleri filitreleyen sinter - metal elemanlı filitreler kullanılır.

Basınçlı hava içindeki yağ ile 0,1 µm'ye kadar irilikteki partikülleri filitreleyen basınçlı hava filitreleri ön ve hassas olmak üzere iki kademeye ayrılmaktadırlar. Ön filitreler yağı genellikle 1 mg/m³'e kadar, hassas filitreler ise 0,01 mg/m³'e kadar filitreleyebilmektedir. (Resim 17) Ön ve hassas filitrelerden geçirilerek yağsızlaştırılmış basınçlı hava, daha sonra bir aktif kömür ve toz filtresinden geçirilerek CO, koku ve tüm katı partiküllerden arındırıldıktan sonra, solunum havası olarak da kullanılabilir.

Şekil 2'de yukarıda bahsedilen çeşitli basınçlı hava tesisatı elemanlarının tesisattaki yerleri işlevsel açıdan belirtilmiştir.



ŞEKİL 2: İki Kademeli Pistonlu Kompresörü Basınçlı Hava Sisteminde Elemanların Konumlarının Şematik Tanıtımı

- a) Çatal
- b) Balıkkılçığı
- c) Halka

○ uç depo ⊠ kompresör daire si

1.4 BASINÇLI HAVANIN İLETİM VE DAĞITIMI

Bağlantı Boruları Ve Vanalar:

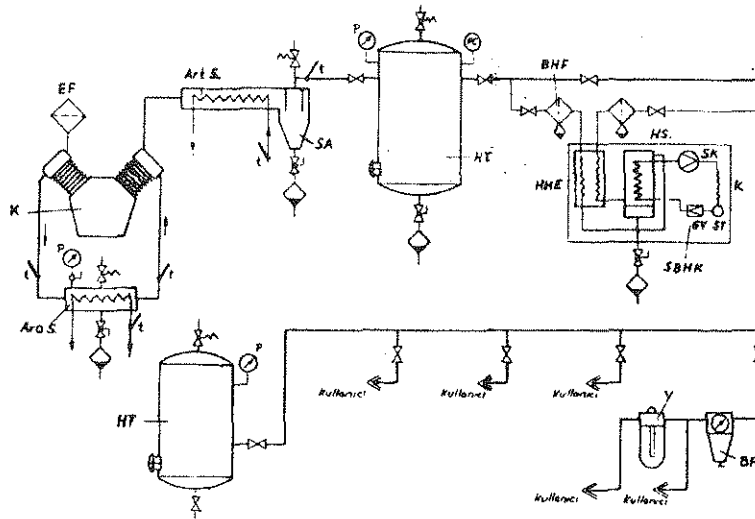
10 bar'a kadar basınçlı hava şebekelerinde 1 1/2" çapa kadar galvanizli borudan pasolu ve rakorlu bağlantılar tercih edilirken bunun ötesinde flanşlı bağlantılar geçmektedir. Kurutucu bulunan sistemlerde 16 bar'a kadar şebekelerde kaynaklı dikişli çelik borular rahatlıkla kullanılabilir.

2" e kadar çap ve 10 bar'a kadar basınçlarda küresel vanalar, diğer tesisat vanaları yanında kullanılabilir. Daha büyük çaplarda kelebek vanalar basınç kaybı bakımından avantajlıdır.

İletim ve Dağıtım:

Basınçlı hava kurutucu kullanılmayan şebekelerde boru içine akan havanın sıcaklığı düştükçe hava içindeki su buharı yoğunlaşır ve hava ile birlikte sürüklenir. Tesisatın kritik noktalarına koyulacak su tuzakları yardımıyla alt noktalardan su tahliyesi yapılabilir. Branşmanlarda alınması tavsiye edilen diğer bir önlem branşman çıkışının üstten yapılmasıdır.

Boru dağıtım şebekeleri çatal, balık kılıcı ve halka şeklinde yapılabilir. Uç noktaların yakınında ani yüksek debi kullanan kullanıcılar varsa buraya uç basınçlı hava depoları tesis edilebilir. Böylece borulardaki hız ve basınç dalgalanmalarını azaltılabilir. (Şekil 3)



İsaretleler.

◊ Filtre

⊗ Emniyet vanası

⊕ Kondens boşaltma

⊙ Drukölter

⊙ Manometre

⊕ Küresel vana

⊕ Termometre

K = Kompresör

Ara S. = Ara Soğutucu

Ara S. = Ara Soğutucu

SA = Su Ayırıcı

HT = Hava Tankı

SBHK = Soğutulmalı basınçlı

hava kurutucu

BR = Basınçlı Regülatörü

Y = Yağlayıcı

EF = Emiş filtresi

BHF = Basınçlı hava filtresi

SK = Soğutulma Kompresörü

k = Kondansör

ST = Sıvı Tankı

GY = Güvenlik vanası

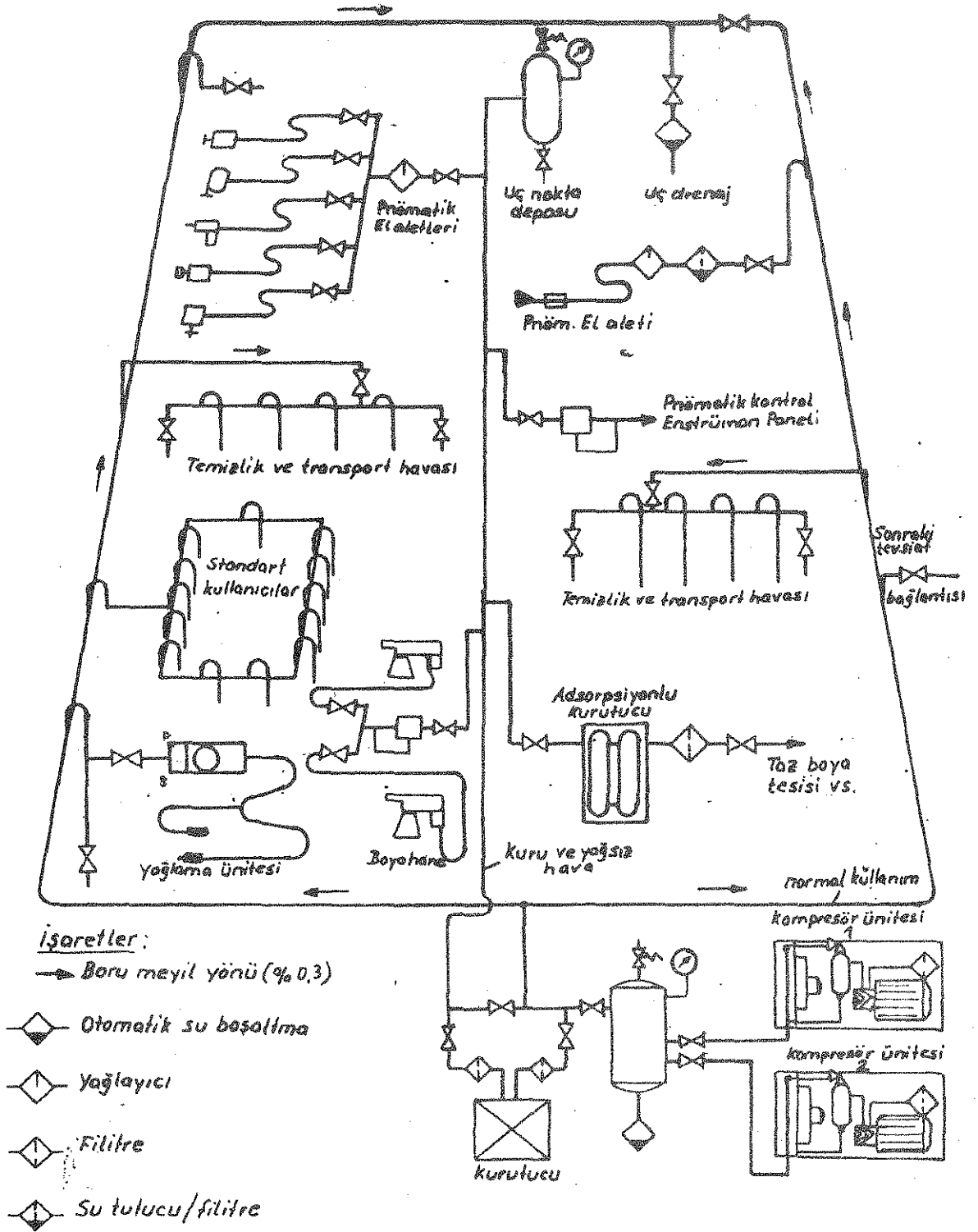
HHE = Hava-hava ısı eşanjörü

HS = Hava Soğutucu

ŞEKİL 3: Basınçlı Hava Dağıtım Şebekelerinde Temel Tasarımlar

Uç Kullanıcıların Bağlanması:

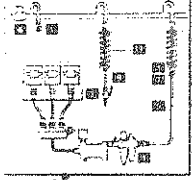
Hızlı bağlantı kaplinleri ve hortumlar: Kullanıcının ufak yer değiştirmelerini karşılamak için branşman ucuyla kullanıcı arasında hortum bağlantısı tercih edilir. Özel hızlı bağlantı kaplinleri kullanıcı gerecin sökülüp bağlanmasında sürat temin eder. (Şekil 4-5)



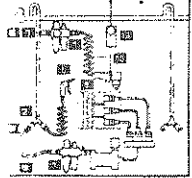
ŞEKİL 4: Tipik Bir Basıncılı Hava Dağıtım Tesisatı

Compressed air network may require modification at any time to meet new production requirements. Always test put together in one stage all the compressed air, pneumatic or welding components which are required to assemble a reliable and durable system without air loss that waste energy.
 7. Films held in stock for immediate delivery.

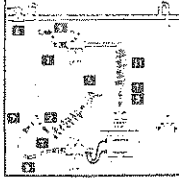
Manufacturing



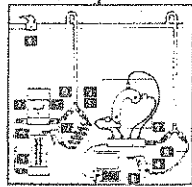
Assembly



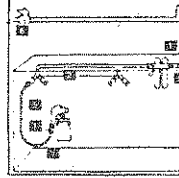
Assembly



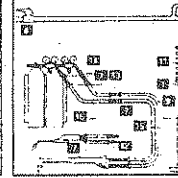
Quality Control



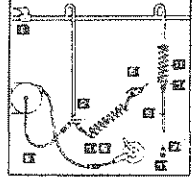
Painting



Maintenance



Maintenance



RCS 06 - RCS 08 - RCS 11 couplings - pages 4 - 5
 RCS 06 - RCS 08 - RCS 11 Y sockets - pages 4 - 5
 Steel safety blowguns page 6
 User friendly DELTA blowguns page 6

Self-storing HELICOL JET blowgun units - page 7
 VAL. GARDIAN™™ ball valves page 8
 Hose clamps page 9
 Threaded plugs for flexible hoses - page 10

Flexible hoses page 11
 Self-storing HELICOL hoses page 12
 Self-retracting HELICOL hoses - page 13

SUPERPARFLAM safety couplings for lifting near torches pages 14 - 15
 SUPERPARFLAM safety couplings for extension lines pages 14 - 15

SUPERPARFLAM safety couplings fitted to gas cylinders pages 14 - 15
 Standardised flexible hoses for welding - page 15

ŞEKİL 5: Basınçlı Hava Dağıtım ve Uç Nokta Bağlantı Şekilleri

1.5 BASINÇLI HAVANIN ŞARTLANDIRILMASI

Bazı basınçlı hava son kullanıcıları şebeke havasından farklı nitelikte havaya gereksinim gösterirler. Bunlar 4 kategoride toplanabilir.

1. *Havanın Nem İçeriği Bakımından:* Bilhassa basınçlı hava kurutucusu olmayan sistemlerde kullanıcıdan hemen önce bir su tutucu veya basınçlı hava kurutucu koyularak, bu kullanıcının istediği özel kuruluştaki basınçlı hava elde edilir. Bazı şebekelerde kompresör dairesinde soğutmalı tipte basınçlı hava kurutucu varken, kullanıcıda daha kuru bir havaya gereksinim olabilir. Bu durumda bu branşmanın başına adsorpsiyonlu basınçlı hava kurutucu koyulabilir. Bu kurutucunun kapasitesi branşmandaki gereksinimi karşılayacak kadardır.

2. *Havanın Partikül İçeriği Bakımından:* Daha önceki filitrelerden farklı nitelik gösteren özel basınçlı hava filitreleri kullanılabilir.

3. *Havanın Yağ İçeriği Bakımından:* Basınçlı hava silindirleri, basınçlı hava motorları gibi hava kullanan sistemler ve el aletlerinin yağlanması, basınçlı hava boru hattı yağlayıcılarında havaya dozlanan yağ ile temin edilir.

4. *Havanın Rutubetlendirilmesi:* Ameliyathane solunum havası uygulamalarında kuru hava içine nem veren rutubetlendiriciler kullanılır. Bunlar genellikle nargile prensibine göre çalışırlar.

Yağlı Kondens Suyu Tesisatı

Yağlı kompresörün ara soğutucu, art soğutucu su ayırıcılarından, basınçlı hava tankı, filtre ve basınçlı hava kurutucuda havadan ayrılan yağlı kondensatın doğrudan kanalizasyona veya zemine atılması çevreye büyük kirlenici yük getirmektedir. Buna mani olmak için yağ su separatörleri kullanılmaktadır. En kolay yol statik - yerçekimi - tabakalaşma prensibine göre çalışan ayırıcıların kullanılmasıdır. Kondens suyundan ayrılan yağlar ayrı bir kapta biriktirilerek yeniden değerlendirilmek üzere toplama noktalarına teslim edilmektedir.

2. BASINÇLI HAVA TESİSATININ BOYUTLANDIRILMASI

2.1 KOMPRESÖR KAPASİTESİNİN TAYİNİ

Basınçlı hava kullanıcılarının bir listesi yapıldıktan sonra bunlardan herbirinin sarfiyatları ve işletme periyotları saptanır. Günümüzde matbaacılıktan tekstil sanayiine, ambalaj makinalarından özel montaj istasyonlarına, plastik makinalarından boyahanelere kadar basınçlı havanın kullanıldığı çok çeşitli alanlar mevcuttur. Özel makinaların kataloglarında istenilen hava özellikleri ve serbest hava cinsinden sarfiyat belirtilmiştir. Bunun belirtilmediği (eski) makinalarda basit bir işletme deneyi ile sarfiyat bulunabilir. Makinalar çalışırken, bunların eş zamanlılık durumları da işletme uzmanından öğrenilmelidir.

Çeşitli amaçlı ve çok sayıda kullanıcının bulunduğu basınçlı hava tesislerinde kullanılacak basınçlı hava debisinin hesabı bir takım tahminlere dayandırılmak zorundadır. Burada mümkünse üretim prosedür ve rakamlarından hareketle (her bir havalı el aleti veya hava kullanan makinanın günlük / saatlik fiili çalışma süresi x ortalama hava sarfiyat değeri) bir vardiyadaki toplam basınçlı hava tüketimi hesaplanabilir. Ek 4 Tablo 1'de havalı el aletlerinin hava sarfiyatı verilmiştir (9). Ek 5 Tablo 2'de örnek olarak bir işletmenin hava kullanma hesap tablosu verilmiştir (7).

Basınçlı havanın 1. derecede üretim amacı ile kullanıldığı işletmelerde kompresör kapasitesinde yeterli emniyet öngörülmelidir. Aşağıdaki tabloda tüm sarfiyatı karşılayan kompresörlerin sayısına göre olması gereken minimum rezerve yüzdesi verilmiştir.

Tam sarfiyatı karşılayan kompresör sayısı	1	2	3	4	...
Rezerve oranı %	100	50	33	25	...
Toplam kompresör sayısı	2	3	4	5	...

Bunun ötesinde bilhassa hava soğutmalı, atölye tipi pistonlu kompresörlerin 24 saat devamlı çalıştırılmaları tavsiye edilmez. Bakım ve yağ soğutma için bu kompresörlerin kapasiteleri %25 - %50 civarında toleranslı seçilmelidir.

Kompresör Seçimi:

Tecrübelerimize göre, çok maksatlı basınçlı hava kullanan basınçlı hava şebekeleri çok kısa zamanda ilk tasarlananın üzerinde genişletilmekte ve ilk projede öngörülen kompresör kısa bir zaman sonra ihtiyaca cevap verememektedir. Bu bakımdan ilk seçimde en az %25 mertebesinde bir fazla kapasite kurulması tavsiye edilir.

Sarfiyatın işletme saatlerine göre dalgalandığı durumlarda zaman sarfiyat analizinden gidilerek kapasitenin kompresörlere bölünmesi mümkün olabilir. Yedeklemenin ne oranda yapılacağı işletme yönetiminin verileri paralelinde olmalıdır.

Basınçlı hava miktarı kompresörün emiş şartlarındaki serbest havanın hacmi ile ölçülür. Pratikteki uygulamalarda 2 m³/dak'ın altındaki sarfiyatlarda %100, 2 - 30 m³/dak'lık sarfiyatlarda %50 ve daha büyük sarfiyatlarda %20 - %25 yedek kapasite öngörülür.

Meşrubat, gıda ve ilaç sanayii dışında yağlı kompresörler kullanılır. Yağsız kompresör ilk yatırım ve işletme masrafları diğerlerinin 2 - 4 katıdır. Son yıllarda vidalı kompresörler gittikçe daha yaygın olarak kullanılmaktadır. 100 m³/dak'dan büyük kapasitelerde kademeli santrifüj kompresörler kullanılır. Bunlar yağsız hava verirler.

2.2 BASINÇLI HAVA TANKLARININ BOYUTLANDIRILMASI

Basınçlı hava tankı hacminin seçiminde tesisin ortalama hava sarfiyatı, kompresör sayısı ve kapasitesi, tesiste müsaade edilen basınç dalgalanması dikkate alınmalıdır. Bir tek vidalı kompresörlü sistemler için hava tankı hacminin seçiminde kompresörün regülasyon şekli dikkate alınmalıdır. Oransal kontrollü vidalı kompresörler sistem basıncını sabit tutacak şekilde kademesiz kapasite kontrollü olarak çalışırlar. Burada kompresörün 1 dakikada verdiği serbest hava hacminin %10 - %20'si mertebesinde bir depo seçilmesi tavsiye edilir. İşletmedeki tek kompresör yükte - boşta regülasyon sistemini haiz ise saatlik yüke geçme - boşalma sayısının 50'nin üzerine çıkmayacağı bir depo hacmi tavsiye edilir. Durma - kalkma regülasyonlu kompresörlerde ise saatlik yol alma sayısı elektrik motorunun büyüklüğüne bağlıdır. Genellikle saatlik azami yol alma sayısı 5,5 kW'a kadar direkt yol almalı kompresörlerde 10 -12, yıldız - üçgen yol almalı daha büyük motorlarda 5 -6'dır. Ek 6'daki abak en kritik işletme durumu olan (sarfiyat = $1/2$ kompresör kapasitesi) durumundaki saatlik yüke geçme sayısını vermektedir (2).

Doğal olarak, şebekeyi besleyen kompresör sayısı birden fazla ise tank hacmi, bunlardan büyük debili olanın yalnız başına çalışması durumuna göre seçilmelidir.

Emniyet Sübapının Seçimi:

Basınçlı hava tankı üzerindeki emniyet sübapı teorik olarak en büyük kapasiteli hava kompresörünün debisini işletme basıncının %10 üzerindeki bir açma basıncında karşılayacak boşaltma kapasitesine sahip olmalıdır. Ancak bilhassa 10 m³/dak'dan fazla debili vidalı kompresörler etiket basınç üzerine çıkamadıklarından (motor güç sınırlaması!) emniyet sübapı başka şartlara göre boyutlandırılabilir.

2.3 BORU ÇAPLARININ TAYİNİ

10 bar basınca kadar basınçlı hava sistemlerinde ana borular içindeki serbest hava hızı 50 - 100 m/sn olarak alınabilir. Bu 5 -10 m/sn'lik efektif bir hıza tekabül eder. Çelik borularda basınçlı hava akışında basınç kaybı, Ek 7'deki abak yardımı ile saptanabilir. Kompresör çıkışı ile en uç noktadaki boru ve armatür basınç kaybı ilk basıncın %10 - %15'i civarında olabilir.

Basınç Düşüşünün Hesabı:

Borular içinde akışkanların maruz kaldığı basınç düşüşü genel formüllere göre hesaplanabilir. Hızlı hesaplarda kullanılmak üzere, yukarıdakine ek olarak çelik çekme borular için Ek 8'deki abaklar verilmiştir (8). Diğer cins borularda boru içi yüzey evsafına göre ve basınçlı hava sistemlerindeki ortalama hızlar dikkate alınarak basınç kayıpları aşağıdaki faktörlerle çarpılarak bulunabilir:

Çelik çekme boru:	F=1
Bakır, pirinç, plastik:	F=0,75
Dikişli boru:	F=1,1

Armatür Ve Branşmanlarda Basınç Kaybı:

Ek 9 Tablo 3'de verilen (9) eşdeğer boru boyları boru uzunluğuna eklenerek hesap yapılır.

SONUÇ

Bu tebliğde basınçlı hava sisteminde kullanılan özel gereç ve armatürlerin dizaynına yer verilememiştir. Aşağıda verilen kaynakçadan ve firma kataloglarından dizayn bilgileri alınabilir. Basınçlı hava tesisinin işletme ve bakım sorunları ayrı bir konu olarak düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

1. British Compressed Air Society, Guide to the Selection and Installation of Compressed Air Services, 2nd Edition, 1979.
2. FMA Pokorny, Taschenbuch für Druckluftbetrieb, Neunte Auflage, Springer Verlag - Berlin, Heidelberg, New York, 1970.
3. C.W. Gibbs, Ingersoll Rand Co., Compressed Air and Gas Data.
4. Pneumatic Handbook, Trade and Technical Press.
5. PNEUROP, Compressed Air for General Use (6611 - 1984).
6. Atlas Copco Manual, 2nd Edition, 1975.
7. Melih Gürsoy, Hava Kompresörleri ve Basınçlı Hava Tekniği, MG Grubu Teknik Yayınları, İzmir 1991.
8. VDI Waermeatlas, Teil L: Druckverlust bei der Strömung durch Rohre, 1963.
9. SEGEM, Endüstriyel Pnömatik Sistemler ve Uygulaması Seminer Notu, İstanbul, Mart 1984.

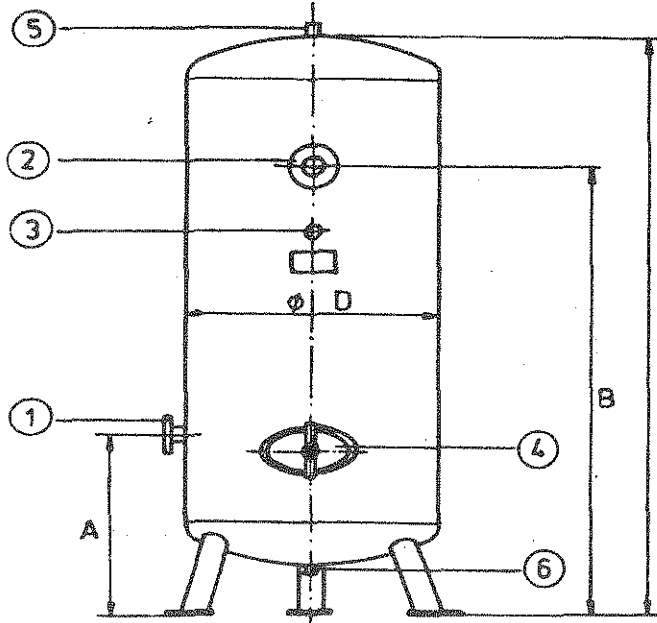
ÖZGEÇMİŞ

1960 yılında İTÜ Makina Fakültesi'nden mezun oldu. 1964 yılına kadar Berlin Teknik Üniversitesinde soğutma ve proses tekniği konusunda ihtisas yaptı ve BORSIG AG'de çalıştı. 1964-1970 yılları arasında Türkiye'de büyük soğuk depolar üzerinde çalıştı. 1970-1982 yılları arasında üniversitede soğutma, ısı transferi ve termik türbomakinalar derslerini verdi. 1982,den bu yana ortağı ve yöneticisi olduğu PNÖSO Pnömatik ve Soğutma San. Ltd. Şirketini yönetmekte olup aynı zamanda Lupamat hava kompresörlerini üreten MAKSAS A.Ş. yönetim kurulu üyesidir. Erol Ertaş'ın soğutma konusunda 1 tercüme kitabı, muhtelif bildiri ve makaleleri mevcuttur. Halen International Institute of Refrigeration (IIR)'ın asil üyesi ve soğuk depolar grubu Türkiye delegesidir. Bir dönem ESSİAD başkanlığı da yapmış olup halen EBSO Soğutma Isıtma Klima Meslek Komitesi başkanıdır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

EKLER

	1 N/m ² (Pascal)	bar	kgf/m ² (mmSS)	atm	Torr (mmHg)	at	lbf/in ²
1 N/m ² (Pascal)	1	10 ⁻⁵	1.01972x10 ⁻¹	0.986923x10 ⁻⁵	0.750062x10 ⁻²	1.01972x10 ⁻⁵	1.45038x10 ⁻⁴
1 bar =10 ⁶ din/cm ²	10 ⁵	1	1.01972x10 ⁴	0.986923	750.062	1.01972	14.5078
1 kgf/m ² =1 mmSS	9.8065	9.80665x10 ⁻⁵	1	0.967841x10 ⁻⁴	0.735559x10 ⁻¹	10 ⁻⁴	1.42234x10 ⁻³
1 atm=760 Torr	1.01325x10 ⁵	1.01325	1.033227x10 ⁴	1	760	1.033227	14.6960
1 Torr=1 mmHg	1.333224x10 ²	1.333224x10 ⁻³	13.59510	1.315789x10 ⁻³	1	1.359510x10 ⁻³	1.93368x10 ⁻²
1 at=kgf/cm ²	9.80665x10 ⁴	0.980665	10 ⁴	0.967841	735.559	1	14.2234
1 lbf/in ²	0.68948x10 ⁴	0.68948x10 ⁻¹	0.70307x10 ³	0.68060x10 ⁻¹	51.715	0.70307x10 ⁻¹	1

EK 1: Basınç Ölçü Birimlerinin Karşılaştırılması



İMALAT STANDARDI: TS 1203

İşletme basıncı : *

8-10-12-16 bar

Test basıncı :

20-25-30-40 bar

AĞIZLAR (Manşon)

1 Hava girişi

2 Hava çıkışı

3 Manometre 1/2"

4 Adam deliği

5 Emniyet süpürü

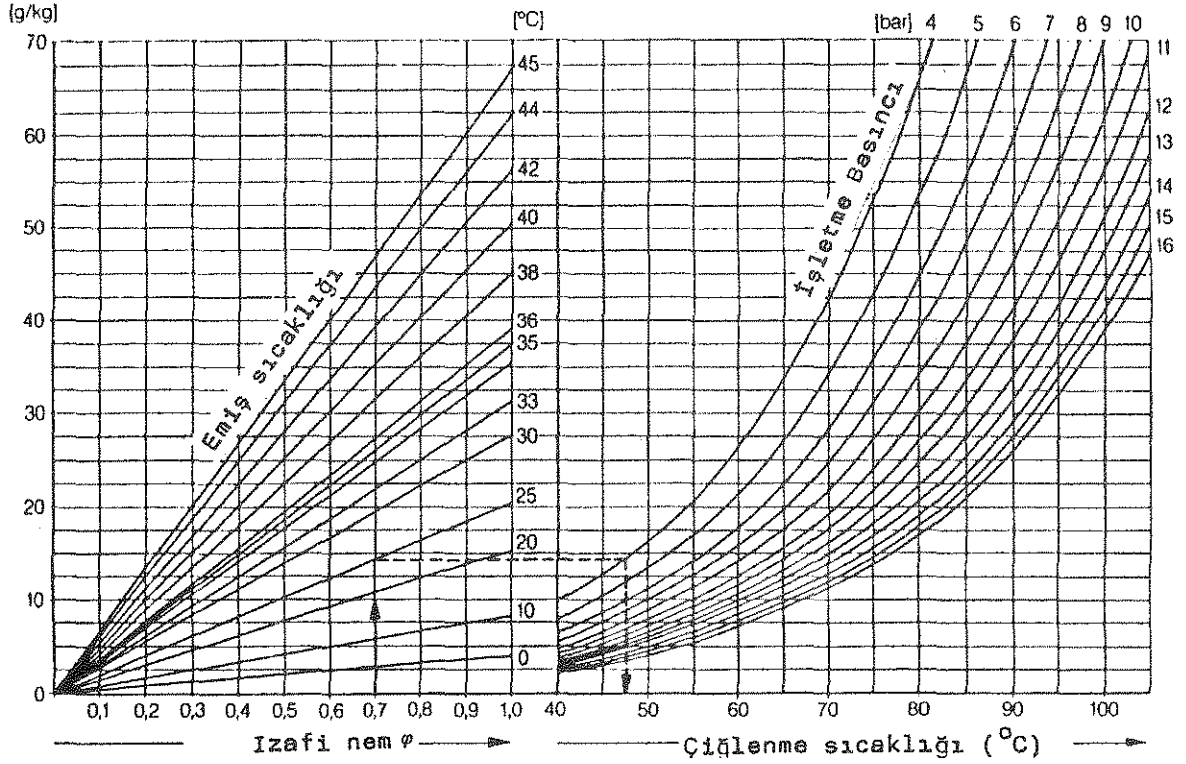
6 Su boşaltma 1/2"

Malzeme: Çelik sac St 37

veya H1

TİP	Hacim lt.	Ana ölçüler mm				Ağız ölçüleri mm			Ağırlık kg	
		A	B	D	H	1 - 2	4	5	8 bar	10 bar
PSD 1000/*	1000	750	1550	850	2020	1 1/2"	250x175	3/4"	400	420
PSD 1500/*	1500	900	1900	950	2620	1 1/2"	470x370	3/4"	685	715
PSD 2000/*	2000	900	1900	1100	2420	2"	470x370	3/4"	780	810
PSD 2500/*	2500	900	1900	1200	2820	2"	470x370	3/4"	1170	1170
PSD 3000/*	3000	910	1910	1260	2890	2 1/2"	470x370	1"	1240	1240
PSD 4000/*	4000	920	1920	1260	3660	3"	470x370	2"	1530	1530
PSD 5000/*	5000	930	1930	1350	4020	4"	470x370	2"	2060	2060

EK 2: Basınçlı Hava Tankları Ana Ölçüleri



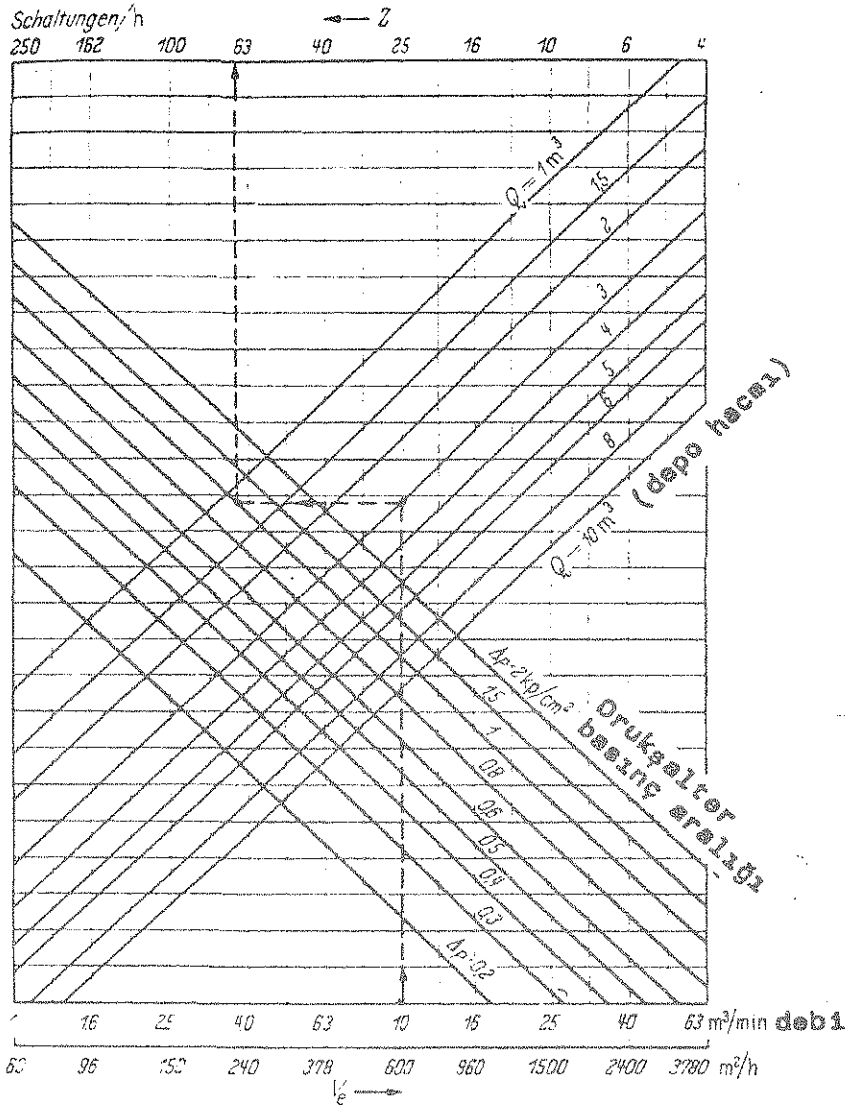
EK 3: Su Buharının Yoğuşarak Basıncı Havadan Ayrışmaya Başladığı Sıcaklığın Tayini Diyagramı 1 bar_a (mutlak) emiş basıncı için geçerlidir.

Alet	Çalışan Alet Başına Yaklaşık Filtre Sarfıyatı		Yük Faktörü	Alet Başına Yaklaşık Ortalama Sarfıyat	
	l/s	cfm		l/s	cfm
Hava körüğü	11.0	23	0.5	5.5	11.5
Jig - Kavrama silindiri	12.0	26	0.1	1.2	2.6
Hafif Matkap	5.5	12	0.2	1.1	2.4
Orta Matkap	7.5	16	0.2	1.5	3.2
Matkap 12 mm	15.0	32	0.3	4.5	9.6
Matkap - vida beslemeli	52.0	110	0.05	2.6	5.5
Matkap - açılı	7.5	16	0.2	1.5	3.2
Ağır Matkap	33.0	70	0.1	3.3	7.0
Taşıma 75 mm	9.0	9.0	0.3	2.7	5.7
Taşıma 150 mm	25.0	53	0.45	11.0	24.0
Taşıma 200 mm	40.0	85	0.2	8.0	17.0
Taşıma - açılı	23.5	23.5	0.2	4.7	10.0
Taşıma - orta	23.5	50	0.3	7.0	15.0
Taşıma - ağır	41.5	88	0.2	8.3	17.6
Hava tabancası	8.5	18	0.1	8.0	1.8
Boya tabancası	4.5	10	0.5	2.2	5.0
Kalafat tabancası-hafif	5.5	12	0.2	1.1	2.4
Kalafat tabancası-orta	8.5	18	0.2	1.7	3.6
Kalafat tabancası-ağır	12.5	26	0.1	1.2	2.6
Perçin tabancası-orta	18.5	39	0.1	1.8	3.9
Perçin tabancası-ağır	21.5	46	0.05	1.1	2.3
Vinç 1/2 ton	33.0	70	0.1	3.3	7.0
Vinç 1 ton	33.0	70	0.1	3.3	7.0
Vinç 5 ton	94.0	200	0.1	9.4	20.0
Kalıplama makinası	12.0	25	0.3	3.6	7.5
Açılı parlatıcı	7.5	16	0.2	1.5	3.2
Orta parlatıcı	23.5	50	0.3	7.0	15.0
Çekiç orta	5.5	12	0.2	1.2	2.4
Çekiç ağır	9.5	20	0.2	1.9	4.0
Kumlama ünitesi hafif	31.5	67	0.5	15.7	33.0
Kumlama ünitesi ağır	52.0	110	0.5	26.0	55.0
Tornavida	7.5	16	0.1	0.7	1.6
Tokmak	7.5	16	0.2	1.4	3.2
Darbeli anahtar - hafif	5.5	12	0.2	1.1	2.4
Darbeli anahtar - 3/4 inç	15.0	32	0.2	3.0	6.4
Darbeli anahtar - 7/8 inç	22.5	48	0.1	2.2	4.8

EK 4: (Tablo 2) Havalı Aletlerin Hava Sarfıyatı

TEÇHİZAT	BEHER ÜNİTENİN HAVA KULLANIMI (Lt/s)	ÜNİTE ADEDİ	AZAMI HAVA KULLANIMI (Lt/s)	KULLANMA FAKTÖRÜ	ORTALAMA HAVA KULLANIMI
Hava Kullanımı	8	10	80	0.05	4.0
Matkap-Hafif	6	1	6	0.2	1.2
Matkap- Orta	8	1	8	0.2	1.6
Matkap-12 mm	15	2	30	0.3	9.0
Matkap-Köşeli	8	1	8	0.2	1.6
Tokmak	8	1	8	0.2	1.6
Tornavida	8	2	16	0.1	1.6
Somun Sıkma 20 mm	15	1	15	0.2	3.0
Taşalama 150 mm	25	2	50	0.3	15.0
Çekiç-Orta	18	1	18	0.1	1.8
Çekiç-Ağır	22	1	22	0.05	1.1
Kalafat Tabancası-Hafif	6	2	12	0.2	2.4
Kalafat Tabancası-Orta	8	2	16	0.2	3.2
Kalafat Tabancası-Ağır	13	1	13	0.1	1.3
Vinç 5 Tonluk	97	1	97	0.05	16.2
Hava Tabancası	8	2	16	0.10	1.6
Kum Püskürtme Ünitesi	38	1	38	0.5	19.0
Boya Tabancası	5	2	10	0.5	5.0
			463		90.2

EK 5: (Tablo 2) Bir İşletmeye Ait Basıncılı Hava Kullanma Hesap Tablosu Örneği



Z=Saatteki kalkış sayısı

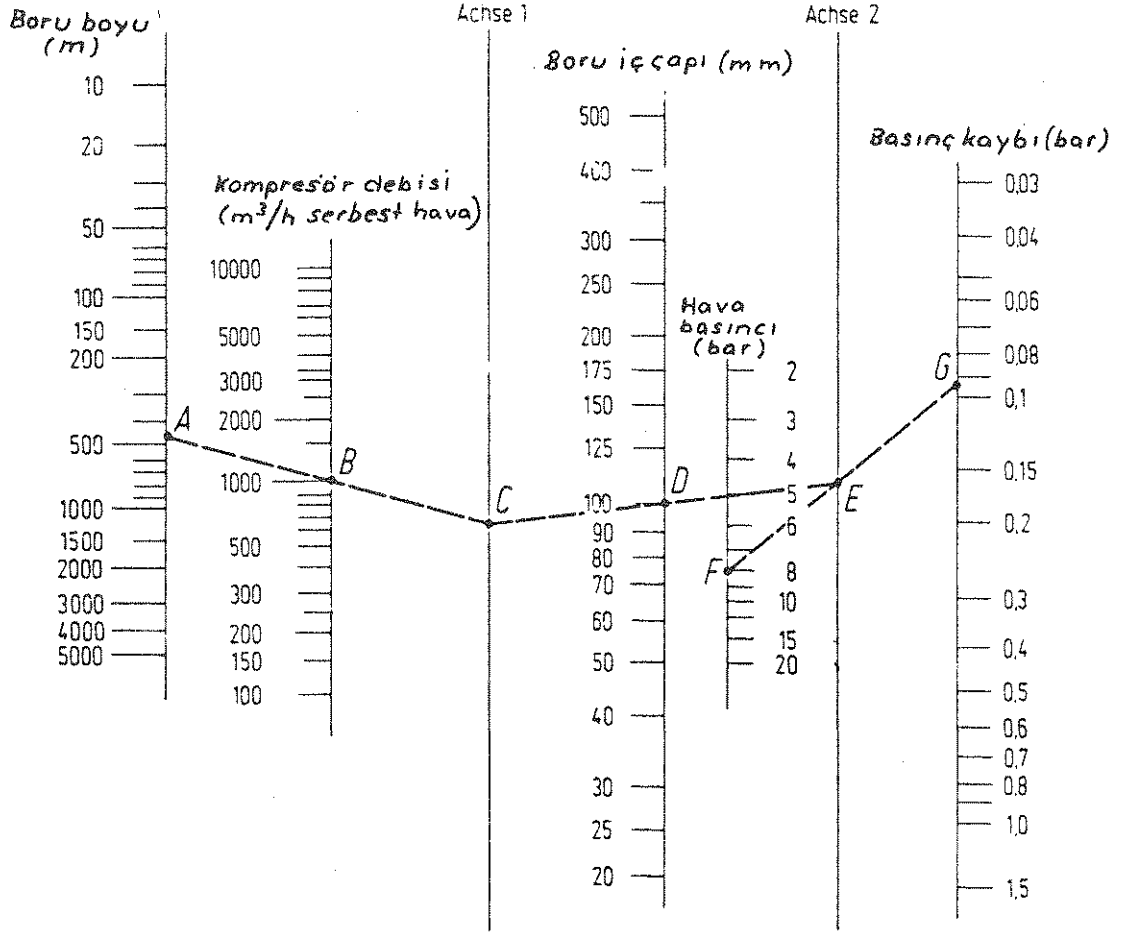
Q=Depo hacmi

p=Basınç aralığı

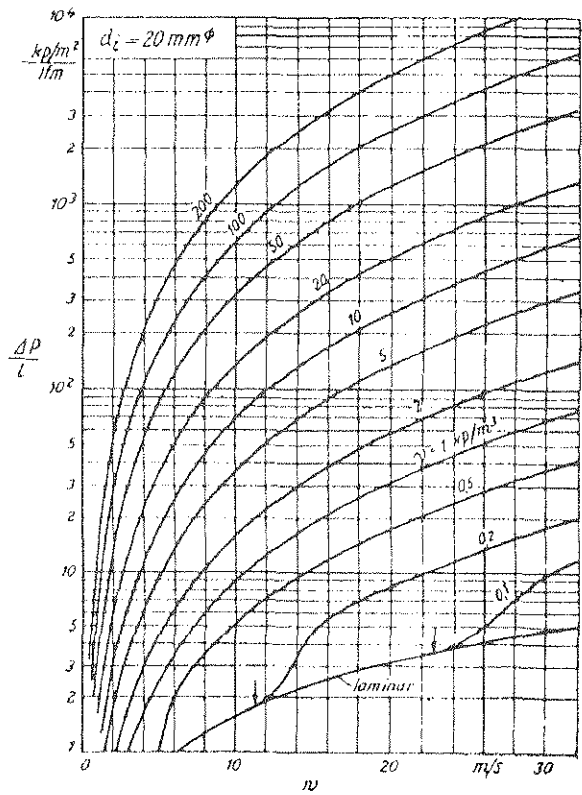
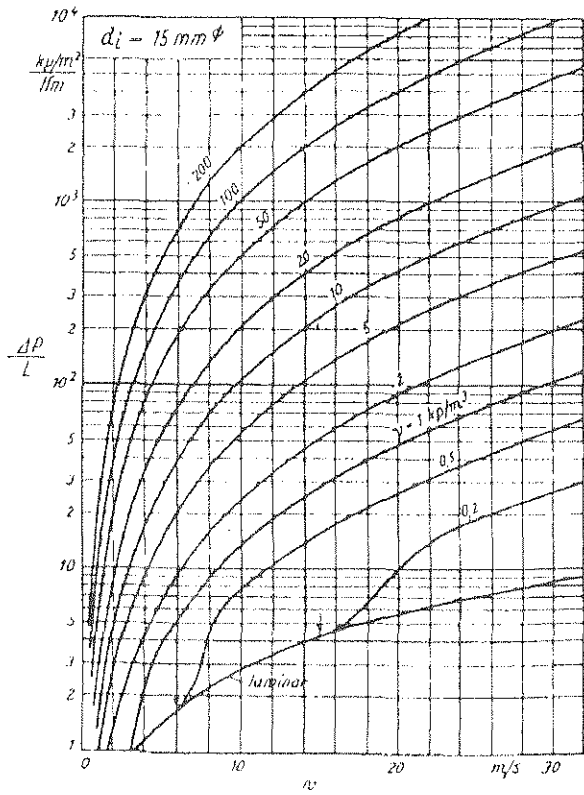
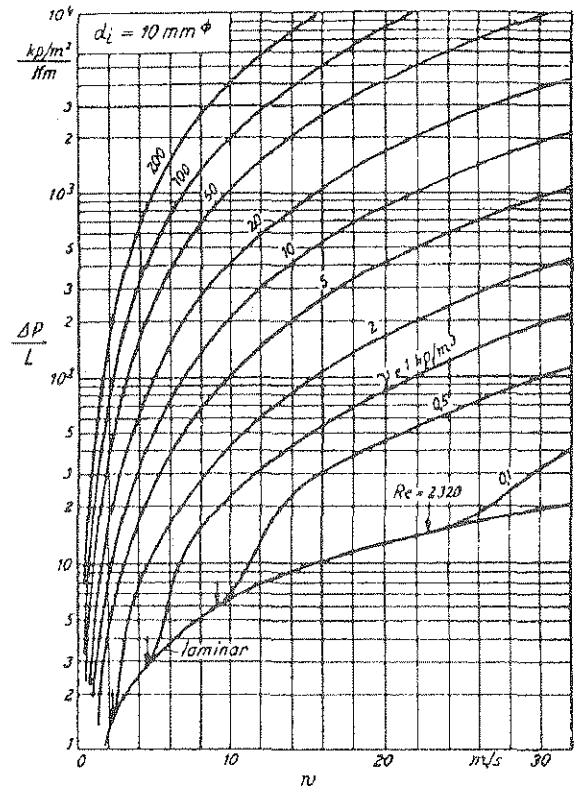
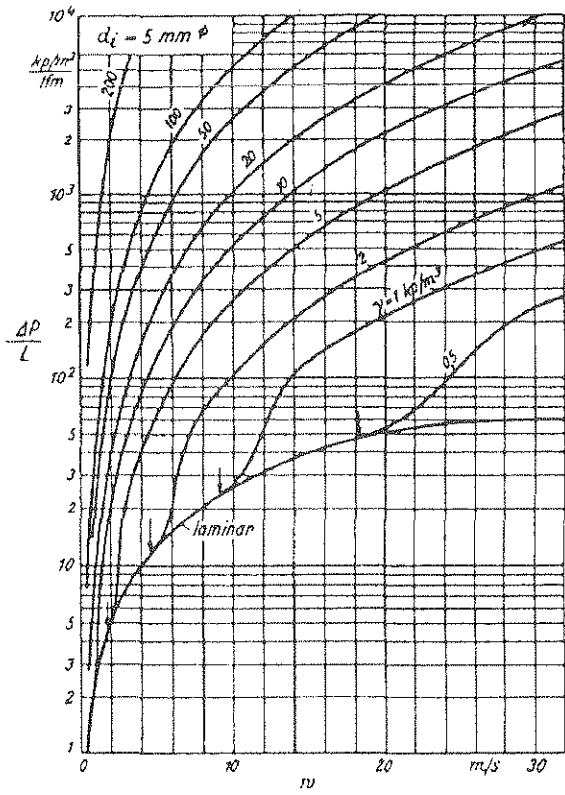
V_c =Kompresör debisi

(m^3/h , m^3/dak serbest hava)

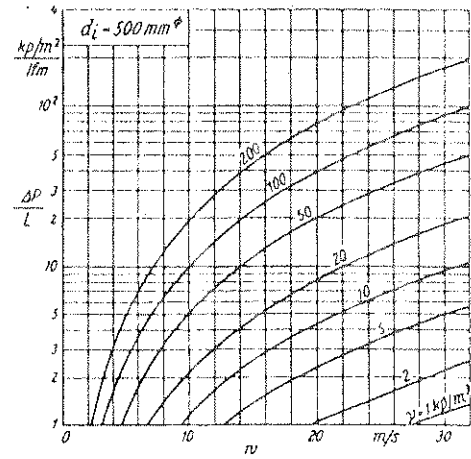
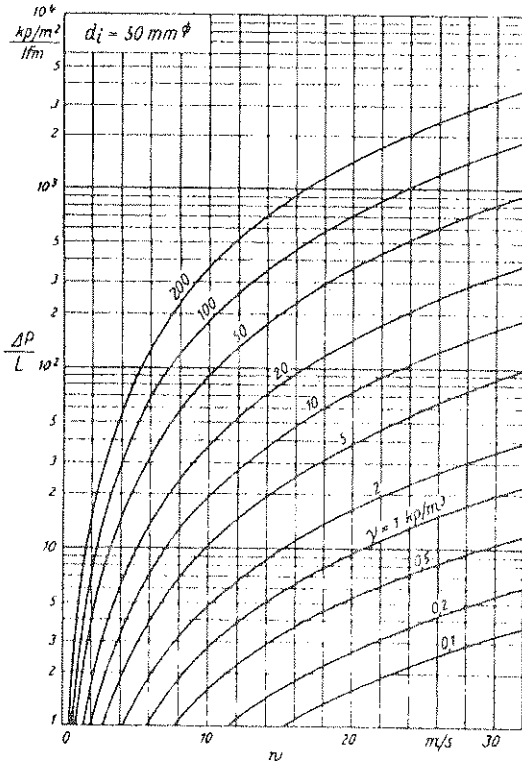
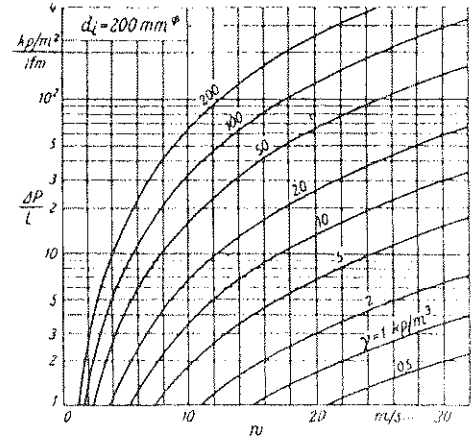
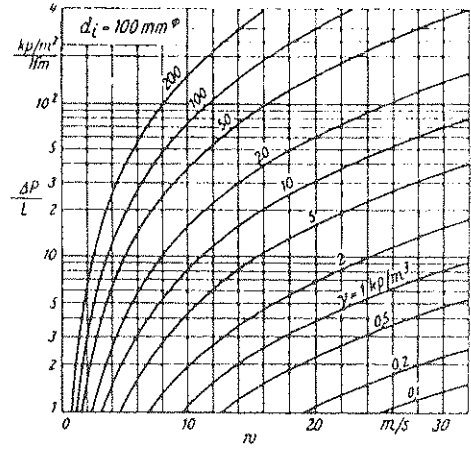
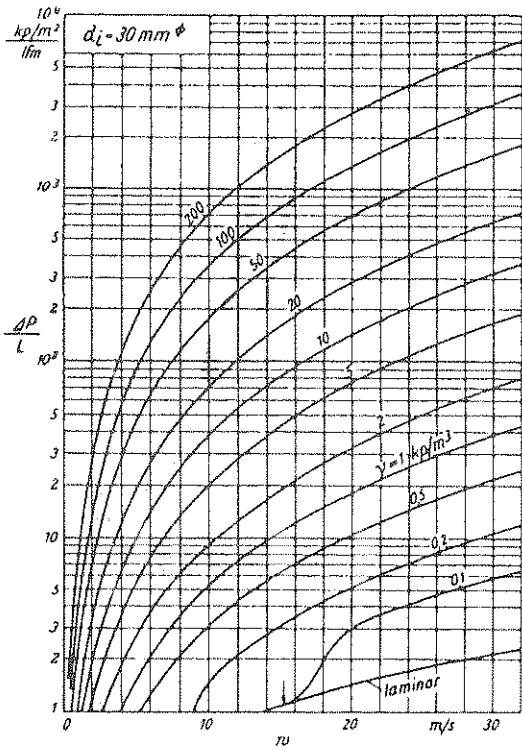
EK 6: Hava Kompresörünün Kesintili Çalışması Durumunda Saatteki Kalkış Sayısının Saptanması



EK 7: Çelik Borularda Basınçlı Hava Akışında Basınç Kaybının Saptanması



EK 8: Havanın Çelik Çekme Borular İçinde Akışında Basınç Kaybı



EK 8: (Devamı) Havanın Çelik Çekme Borular İçinde Akışında Basınç Kaybı

PARÇA	EŞDEĞER UZUNLUK (M)													
	Boru İç Çapı (mm) (d)													
	13	16	20	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300	400
Tam açık sürgülü valf, tam akış tipi küresel valf	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.6	3.2	3.9	5.2
Tam açık diyafram valf	0.8	1.0	1.2	1.6	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Tam açık köşe valf	2.0	2.4	3	4	6	7	12	15	18	22	30	3.6	-	-
Tam açık glob valf	4.0	4.1	6	7.5	12	15	24	30	38	45	60	-	-	-
Tam açık klape tipi çek valf	1.0	1.3	1.6	2.0	3.2	4.0	6.4	8	10	12	16	20	24	32
Dirsek R=2d	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.6
Dirsek R=d	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
90° köşe dirsek	0.8	1.0	1.2	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	16	24
T - geçiş	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.8	1.0	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
T - yan çıkışı	0.8	1.0	1.2	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	16	24
Daralma	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	2.0	2.5	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6
Su Tutucu	2.0	2.4	3	4	6	7	12	15	18	22	30	-	-	-
Ring hattına besleme	0.8	1.0	1.2	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9.0	12	15	18	24
Servis hattı bağlantısı	0.8	1.0	1.2	1.5	2.4	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Deve boyunlu servis hattı bağlantısı	1.3	1.6	2.0	2.5	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
45° diesek	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4

EK 9: (Tablo 9) Tesisat Elemanları Eşdeğer Boru Uzunlukları

İşletme basıncı		Nominal Standart Boru Ölçüleri (inç)																					
		1/3		1/4		3/8		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		2		2 1/2		3	
psig	bar	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s	scfm	dm ³ /s
5	.345	05	.236	1.2	.565	2.7	1.28	4.9	2.32	6.6	3.12	13	6.14	27	12.8	40	18.9	80	37.8	135	63.7	240	114
10	.690	0.8	.378	1.7	.803	3.9	1.84	7.7	3.64	11.0	5.20	21	9.81	44	20.8	64	30.2	125	59.0	200	94.5	370	175
20	1.38	1.3	.614	3.0	1.42	6.6	3.12	13.0	6.14	18.5	8.64	35	16.5	75	35.4	110	52.0	215	102	350	165	600	284
40	2.75	2.5	1.18	5.5	2.60	12.0	5.65	23.0	10.9	34.0	16.1	62	29.3	135	63.7	200	94.5	385	182	640	302	1100	520
60	4.14	3.5	1.65	8.0	3.78	18.0	8.50	34.0	16.1	50.0	23.6	93	44.0	195	92.0	290	137	560	265	900	425	1600	755
80	5.52	4.7	2.22	10.5	4.96	23.0	10.9	44.0	20.8	65.0	30.7	120	56.6	255	120	380	180	720	340	1200	566	2100	992
100	6.90	5.8	2.74	13.0	6.14	29.0	13.7	54.0	25.5	80.0	37.8	150	70.8	315	149	470	222	900	425	1450	685	2600	1230
150	10.0	8.6	4.06	20.0	9.45	41.0	19.4	80.0	37.8	115.0	54.3	220	104.0	460	217	680	321	1350	637	2200	1040	3900	1840
200	13.8	11.5	5.43	26.0	12.3	58.0	27.4	108.0	51.0	155.0	73.2	290	137.0	620	293	910	430	1750	826	2800	1320	5000	2360
250	17.3	14.5	6.85	33.0	15.6	73.0	34.5	135.0	63.7	200.0	94.5	370	175.0	770	364	1150	543	2200	1040	3500	1650	6100	2800

Bu tablodaki değerler 30 m borudaki basınç kaybını
 1/8" ila 1/2" brularda %10' u
 3/4" ila 3" borularda %5' e olduğuna göre hesaplanmıştır.

Dönüşüm Faktörleri
 1 scfm = 0,472 dm³/sn=28,3 dm³/dak=1,7 m³/saat
 1 psig = 0,069 bar=0,070 kg/cm²=0,068 atm

EK 10: (Tablo 10) Standart Borularda Tavsiye Edilen Azami Hava Debisi