

Pompa teknolojisinin temel prensipleri

Santrifüj Pompalar



Pompa teknolojisinin temel prensipleri	5
Pompa teknolojisinin tarihçesi	7
Su temini	7
Atıksu uzaklaştırma	8
Isıtma teknolojisi	9
Pompa sistemleri	12
Açık devre pompa sistemleri	12
Kapalı devre pompa sistemleri	13
Su- ısı transfer aracı	15
Özgül ısı depolama kapasitesi	15
Hacim artışı ve azalması	16
Suyun kaynama karakteristikleri	17
Suyun genişmesi ve tesisatın aşırı basınca karşı korunması	18
Basınç	19
Kavitasyon	19
Santrifüj pompaların işletimi	21
Kendinden emişli ve kendinden emişli olmayan pompalar	21
Santrifüj pompaların fonksiyonları	22
Çarklar	22
Verim	23
Santrifüj pompaların güç tüketimi	24
Islak rotorlu pompalar	25
Kuru rotorlu pompalar	27
Yüksek basınçlı santrifüj pompalar	29
Karakteristik eğriler	31
Pompanın karakteristik eğrisi	31
Sistemin karakteristik eğrisi	32
Çalışma noktası	33
Isı yüküne göre pompanın ayarlanması	35
İklim değişimleri	35
Pompa devir hızı seçimi	36
Değişken devir hızlı kontrol	36
Kontrol modülleri - ayar ve regülasyon seçenekleri	37

Isıtma sistemleri için pompa seçimi	41
Pompa debisi	41
Pompa basma yüksekliği	41
Uygulama örneği	42
Pompa seçiminin etkileri	43
Pompa seçim programı - Wilo Select	43
Isıtma sistemlerinde hidrolik kontrol	45
Elektronik kontrollü sirkülasyon pompalarının ayarlanması	45
Birden çok pompanın seri ve paralel işletimi	46
Sonuçlar	50
Biliyor musunuz?	51
Pompa teknolojisinin tarihçesi	51
Su- ısı transfer aracı	52
İşletim özellikleri	53
Karakteristik eğriler	54
Isı yüküne göre pompanın ayarlanması	55
Yaklaşık pompa seçimi	56
Birden çok pompanın işletimi	57
Ölçü birimleri	58
Bilgi kaynakları	59
Yayın hakları	63

Pompa teknolojisinin temel prensipleri

Pompalar, insanlığın yaşam ve konforu için önemlidir. Pompalar sıcak veya soğuk, kirli veya temiz her çeşit akışkanı hareket ettirirler. Bunu da yüksek bir verimle ve çevreyi koruyarak yaparlar.

Bina teknolojileri alanında çeşitli fonksiyonlarda kullanılan pompalar önemli bir rol oynamaktadır. En çok bilinenleri ısıtma ve iklimlendirme sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompalarıdır.

Ayrıca pompaların su temini ve atıksu drenajı alanlarında da geniş kullanımları mevcuttur:

- Hidrofor istasyonları, şehir şebeke basıncının yeterli olmadığı durumlarda binalara su temini amacıyla kullanılır
- Kullanma sıcak suyu sirkülasyon pompaları, her armatürde sıcak suyun daima hazır olmasını temin eder
- Foseptik tahliye cihazları ve atıksu pompaları, kanalizasyon şebekesine göre daha düşük bir koddaki oluşan atıksuların basınçlandırılmasında kullanılır
- Fıskiye sistemleri ve akvaryumlarda kullanılan pompalar
- Yangınla mücadele uygulamalarında kullanılan pompalar
- Soğutulmuş su ve soğutma suyunun sirkülasyonunda kullanılan pompalar
- Yağmur suyunu değerlendirme ünitelerinde kullanılan pompalar
- Diğer tüm uygulamalar

Farklı akışkanların değişik viskozite değerlerine sahip olduğu dikkate alınarak seçim yapılmalıdır (örneğin ham pıssu veya su-glikol karışımları gibi). Pompa seçimlerinde ayrıca kullanılacağı ülkedeki geçerli olan standart ve yönetmelikler de dikkate alınmalıdır (örneğin patlamaya karşı koruma, Alman içme suyu yönetmeliği gibi).



Bu broşürün amacı sürekli uygulayıcı veya profesyonel olarak eğitim alan ve kendini geliştiren kişilere pompa teknolojisinin temel prensiplerini anlatmaktır.

Basit ve açıklayıcı cümleler, çizimler ve resimler kullanılarak uygulamalar için gerekli olan pompa esaslarını anlatmak hedeflenmiştir. Böylece pompaların doğru olarak seçilmesi ve kullanılması amaçlanmaktadır.

Biliyor musunuz? başlıklı bölümde, bir seri seçmeli soruya cevap vererek konuyla ilgili bilgilerinizi test edebilirsiniz.

Santrifüj Pompalar hakkında daha derin bilgi edinmek için "Bilgi Kaynakları" bölümünü inceleyiniz. Burada broşürler, kitapçıklar ve CD'ler bulabileceğiniz gibi Wilo uzmanlarınca hazırlanmış, uygulamaya yönelik, eğitim seminerleri de önerilmektedir.

Bakınız sayfa 59'daki "Bilgi Kaynakları" bölümü

Pompa teknolojisinin tarihçesi

Su Temini İşleri

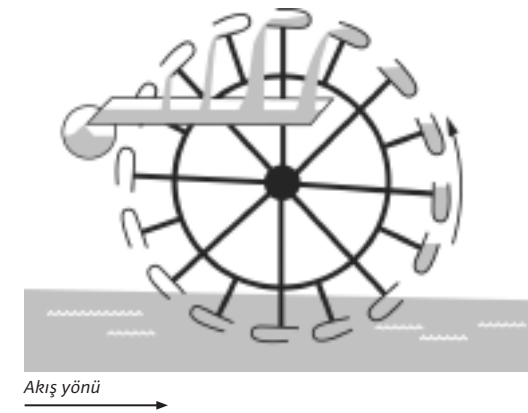
Pompaların geçmişini düşündüğümüzde, özellikle ilk zamanlarda insanların akışkanları – öncelikle de suyu – daha yüksek seviyelere taşımak için kullandıkları teknikleri hatırlamak gerekmektedir. Bu tekniklerle yerleşim yerlerinin ve kalelerin etrafındaki kanalları doldurmuşlar ve tarım alanlarını sulamışlardır.

Su taşımak için kullanılan ilk araç insan eli olmuş ve iki elin bir elden daha çok iş yaptığı anlaşılmıştır.

İlk çağlarda önce toprak kaplardan kovalar yapılmış ve bu da su değirmeninin keşfine doğru ilk adımlar olmuştur.

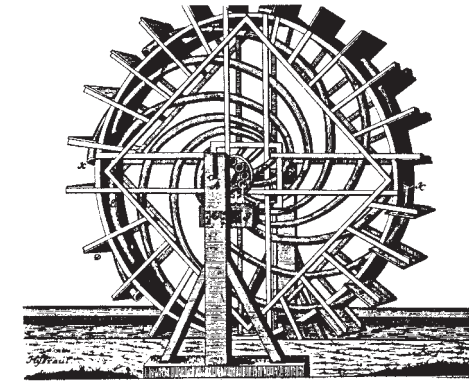
Atalarımız, birden fazla kovayı bir zincire veya tekerleğe asıp, insan veya hayvanların enerjilerinden faydalanarak bu su değirmenine hareket verip suyu taşımışlardır. M.Ö 1000 yıllarında yapılan arkeolojik kazılarda hem Çin'de hem de Mısır'da bu çeşitli kovalı konveyörlere rastlanmıştır. Aşağıdaki resim bir Çin su değirmeninin rekonstrüksiyonudur. Bu düzenekte toprak kovaların asıldığı bir tekerlek, en üst noktaya geldiğinde suyu bir kanala aktarmaktadır.

Çin su değirmeninin resmi



Bu düzenekteki en ustaca geliştirme 1724'de Jacob Leupold (1674-1727) tarafından tekerleğe dirsekli borular takılarak tasarlanmıştır. Tekerleği döndürerek su, en üst noktaya kadar taşınmaktadır. Nehirdeki su akışı güç sağlayıcı olarak kullanılmıştır. Bu tasarımın en dikkat çekici özelliği dirsekli boruların şeklinin günümüz santrifüj pompalarının tasarımlarına olan olağanüstü benzerliğidir.

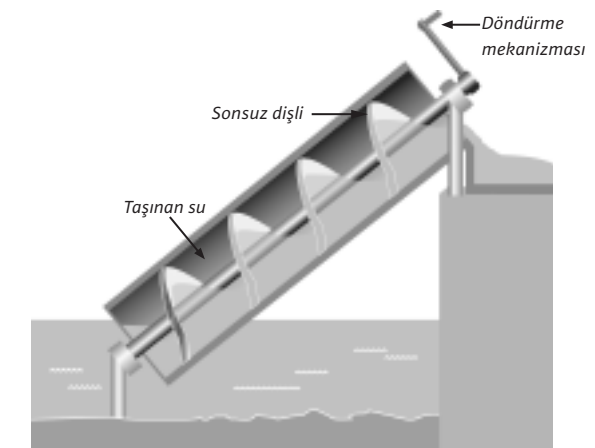
Jacob Leupold'un su değirmeni resmi



Eski çağların büyük matematikçisi ve bilim adamı Arşimet (M.Ö. 287-212) kendi adı verilen ve borunun içinde bulunan sonsuz dişlinin dönerek suyu kaldırmaya prensibiyle çalışan bir vida tasarlamıştır.

O zamanlar sızdırmazlık elemanları bilinmediğinden, transfer edilmesi istenen suyun bir kısmının geri kaçması önlenememiştir. Arşimet'in bu tasarımında, debiyle vidanın eğimi arasında bir ilişki vardır. Suyun daha yükseğe mi yoksa daha çok miktarda mı taşınması arasında seçim yapılabilmektedir. Vidanın eğimi dikleştikçe debi azalmakta, basma yüksekliği artmaktadır.

Arşimet vidasının resmi



Bu çalışma şekli, günümüzün santrifüj pompalarının tasarımına dikkat çekici bir benzerlik göstermektedir.

Debi-basma yüksekliği arasında aynı benzeşimler bulunmaktadır. Çeşitli tarihi kaynaklardan elde edilen bilgiler, Arşimet vidasının 37° ve 45° eğimlerde çalıştığını ve 10 m³/h debi, 2 - 6 m basma yüksekliği değerlerine kadar hidrolik kapasitelere ulaşabildiğini göstermektedir.

Sayfa 22'de "çarklar" bölümüne bakınız.

Atıksu uzaklaştırma

Su temini her zaman insan yaşamı için en temel gereksinim olsa da, atıksu uzaklaştırma ancak uzunca bir süre sonra - çoğunlukla da gecikmiş olarak - zorunlu hale gelmiştir.

Her nerede yerleşim yerleri, şehirler ve kasabalar kurulduysa rezervuar atıkları, pis su ve atıksular caddeleri, yolları ve diğer açık alanları kirletmiş, korkunç kokuların yanısıra hastalıklara ve salgınlara neden olmuştur. Su kirliliği oluşmuş ve yeraltı suları içilemez hale gelmiştir.

İlk kanalizasyon sistemi M.Ö. 3000 ve 2000 yılları arasında Girit adasında bulunan Knossos Sarayı'nın altında kurulmuştur. Tuğla kaplama kanalları ve terrakotta (kil ve toprak karışımı) boruları yağmur suyu, kullanım suları ve atıksuların uzaklaştırılmasında kullanılmıştır.

Romalıların yaptıkları, kullanılan suyun şehir dışına aktarılmasını sağlayan ve Cloaca Maxima olarak adlandırılan kanalizasyon sistemi, inşaatından 25 yüzyıl sonra, bugünkü Roma'da halen kullanılmaktadır. Buradan gelen su Tiber nehrine akıtılmaktaydı (Almanya'da bulunan Köln şehrinde de Romalılar zamanında yapılmış kanalizasyon sistemleri mevcuttur ve bu yeraltı kanallarının içinde hala yürünebilmektedir).

Bunu takip eden binlerce yılda daha ileri bir teknik gelişme olmadığından, 19. yüzyılın sonlarına kadar artılmamış pis sular akarsulara, nehirlere, göllere ve denizlere akıtılıyordu. Endüstrileşme ve şehirlerin gelişmesiyle verimli atıksu uzaklaştırma bir zorunluluk haline gelmiştir.

Almanya'daki ilk merkezi kanalizasyon ve atıksu arıtma sistemi 1856'da Hamburg'da kurulmuştur.

90'ların sonunda, Almanya'daki birçok evin kanalizasyon sistemi foseptik ve drenaj çukurlarına boşaltılıyordu. Sonradan yasal kararlar ve bölgesel yönetmeliklerle bunların şehir kanalizasyon şebekesine bağlanması zorunluluğu getirildi.

Bugün, bütün evlerin drenajları direkt olarak şehir kanalizasyon şebekesine bağlanmaktadır. İmkani olmayan yerlerde ise foseptik tahliye sistemleri veya basınçlı drenaj sistemleri kullanılmaktadır. Endüstriyel ve evsel atıksular geniş ölçüde kanalizasyon sistemlerine, bekletme havuzlarına, arıtma tesislerine, çökertme havuzlarına ve biyolojik veya kimyasal temizleme proses merkezlerine akıtılmaktadır. Arıtma işlemlerinden sonra suyun, doğal sirkülasyonuna dönmesi sağlanmıştır.



Atıksu uzaklaştırmada kullanılan pompa ve pompa sistemlerinden örnek verecek olursak:

- Foseptik tahliye cihazları
- Dalgıç pompalar
- Atıksu pompaları (bıçaklı veya bıçaksız)
- Drenaj pompaları
- Karıştırıcı pompalar



Isıtma teknolojisi

Hypocaust ısıtma sistemleri

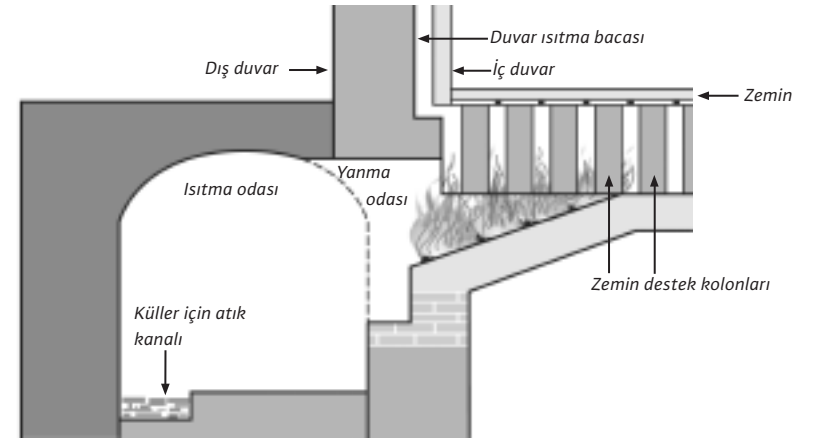
Romalılar zamanından kalma hypocaust adı verilen ısıtma sistemlerinin kalıntıları Almanya'da bulunmuştur. Bunlar yerden ısıtma sistemlerinin ilk örneklerini oluşturmaktadır. Zeminin altında bulunan sütunlarla desteklenmiş özel odacıklarda açık ocaktan gelen sıcak hava dolaştırılarak yerden ısıtma sağlanıyor ve gaz çıkışı duvar bacalarından dışarıya veriliyordu.

Takip eden yüzyıllarda, özellikle kalelerde ve şatolarda, hypocaustlarla aynı şekilde açık ocakların bacaları direkt dışarı verilmiyor, bunun yerine sıcak duman ısıtma amaçlı olarak yaşama alanlarında dolaştırılıyordu (ilk merkezi ısıtma sistemi şekli). Duvarlı taş odaların bir sistem ayırıcı olarak kullanılması o dönemin diğer bir buluşudur. Böylece ateşle ısıtılmış temiz hava, direkt olarak odalara yönlendirilebiliyordu.

Buharla ısıtma sistemleri

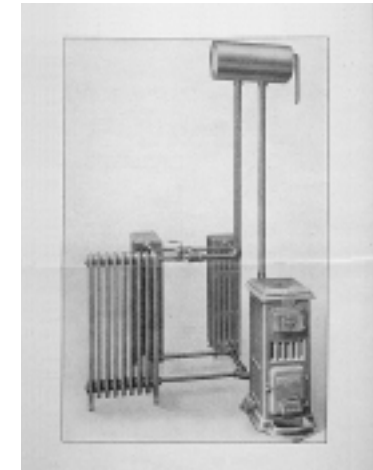
Buharla ısıtma sistemleri, 18. yy.'ın ikinci yarısında yaygın bir şekilde kullanıma giren buhar makinelerinin yan ürünüydü. Buhar makinasında yoğunlaşmayan atık buhar, ısı eşanjörleriyle ofis ve yaşama alanlarına veriliyordu. Buharla ısıtma sistemlerinin atık enerjisini kullanmanın başka bir yolu da türbinleri döndürmektir.

Romalılardan kalma Hypocaust ısıtma sistemleri



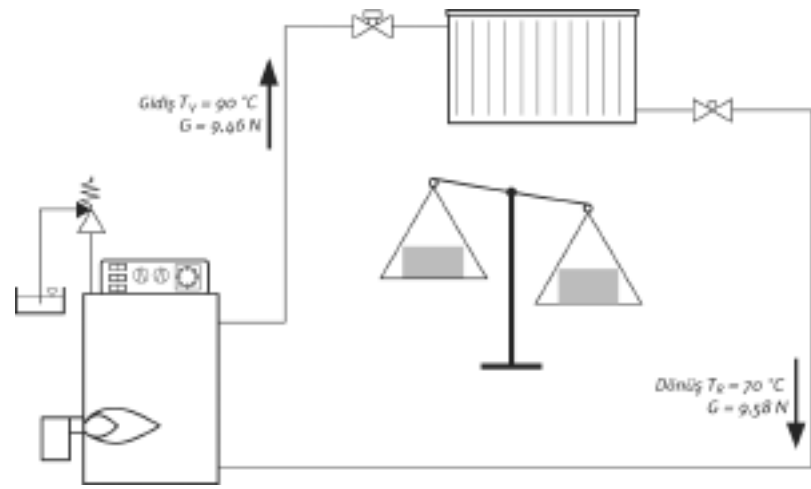
Doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemi

Isıtma sistemlerindeki bir sonraki gelişme doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemlerinin kullanılmasıydı. Bir odanın sıcaklığını 20°C'de tutabilmek için suyu 90°C'ye kadar (ki bu sıcaklık kaynama noktasının hemen altındadır) ısıtmanın yeterli olacağı tecrübeyle öğrenilmişti. Sıcak su çok büyük çaplardaki borulardan yukarıya doğru yükseliyordu. Sıcaklığın bir kısmını dışarıya veren sıcak su, kendi ağırlığıyla kazana dönerek, doğal bir sirkülasyon yapıyordu.



Isıtma kazanı, genleşme tankı ve radyatörlerle doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemleri

Doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemi resmi



Gidiş ve dönüş sıcaklıklarında suyun özgül ağırlığının değişmesi ile oluşan basınç farkı doğal bir sirkülasyon sağlamaktaydı.

20. yy'ın başlarında, bu prensiple çalışan doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemleri, günümüz binalarının sirkülasyon hızlandırıcı kullanılmış ısıtma devrelerine öncülük etmiştir.

O günlerdeki elektrik motorlarının yapısal özellikleri hızlandırıcıların tahrikinde kullanılmaya uygun değildi. Bu tip motorlar su bazlı ısıtma sistemlerinde büyük kazalara neden olabiliyordu.

İlk ısıtma suyu sirkülasyon pompası

Swabian'lı (Stuttgart yakınları, Almanya) mühendis Gottlob Bauknecht kapalı tip elektrik motorlarını icat edinceye kadar sirkülasyon hızlandırıcılarını kullanmak mümkün değildi. Arkadaşı Westfalya'lı (Kuzey Ren Bölgesi) mühendis Wilhelm Opländer bu modeli geliştirerek 1929'da patent aldı.



Bir dirseğe monte edilen pervane tipindeki pompa çarkı, sızdırmazlığı sağlanmış ve elektrik motoru tarafından tahrik edilen bir mil vasıtasıyla döndürülüyordu.

Pompaların su taşıyıcı olarak bilinmesinden dolayı hiç kimsenin aklına sirkülasyon hızlandırıcılar için "pompa" terimini kullanmak gelmiyordu.

1955'lere kadar bu sirkülasyon hızlandırıcılar kullanıldı, hatta bu sayede su sıcaklığı daha da düşürüldü.

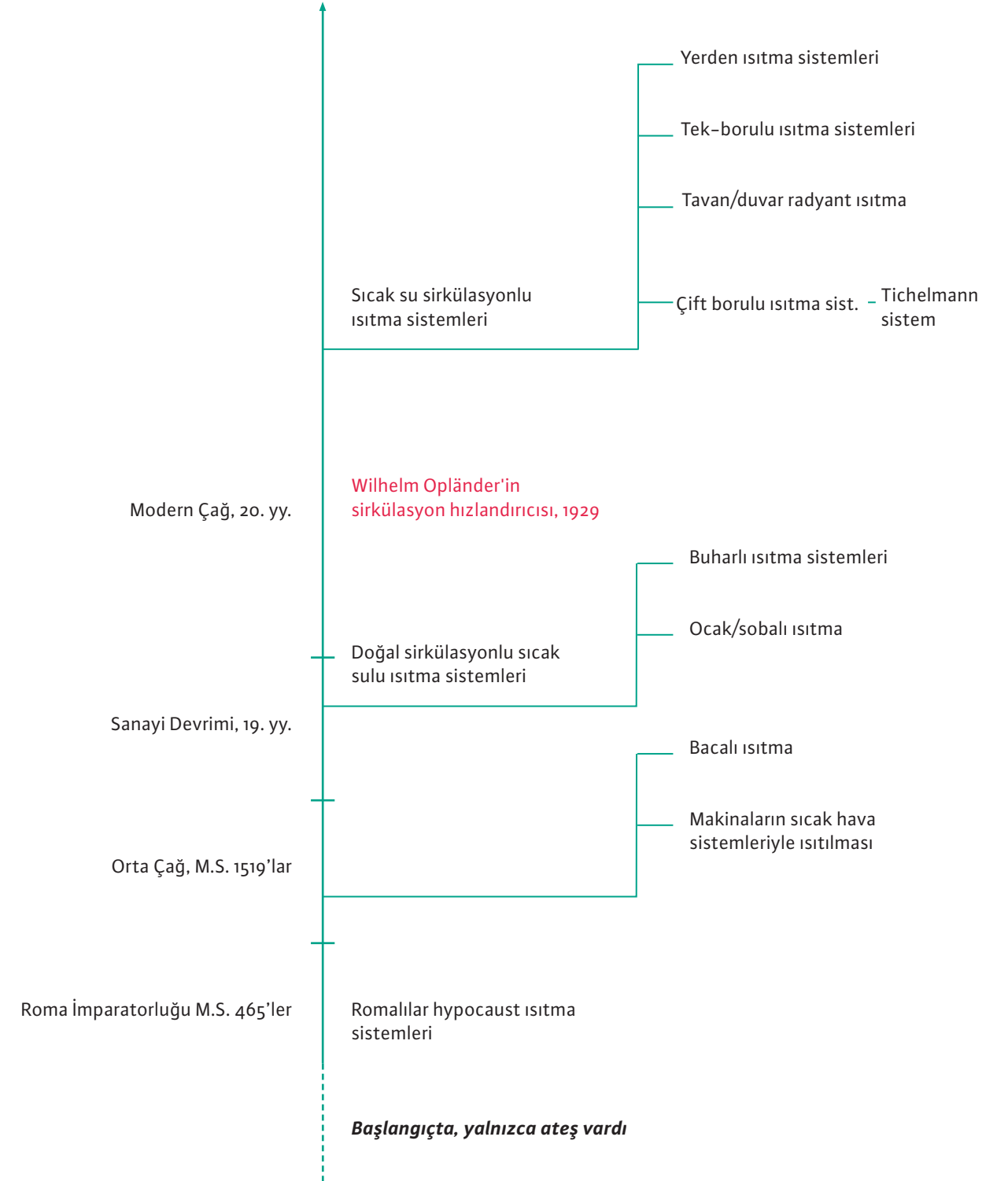
Günümüzde düşük su sıcaklıklarında çalışan modern ısıtma sistemleri kullanılmaktadır.

Isıtma sistemlerinin kalbi olan sirkülasyon pompası olmasaydı, ısıtma sistemleri teknolojisinden söz etmek mümkün olamazdı.



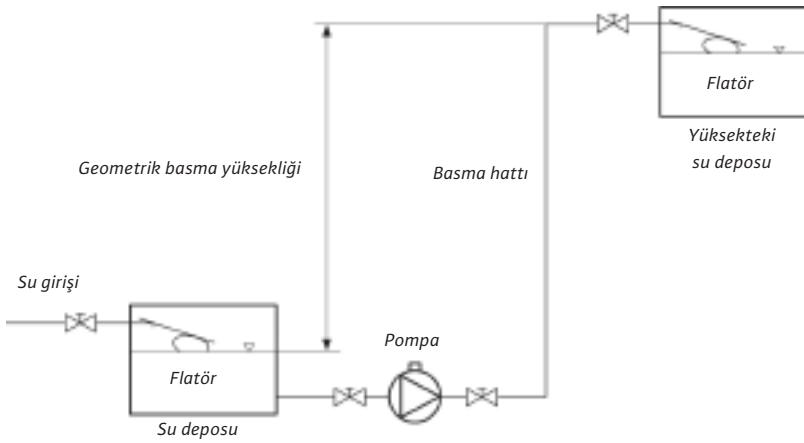
İlk ısıtma suyu sirkülasyon pompası, 1929 model, HP tipi DN 67/0.25 kW "dirsekli pompa"

Isıtma sistemlerinin gelişimi



Pompa sistemleri

Açık devre pompa sistemleri



Pompanacak suyu üst seviyeye taşımak için pompa sistemi

Sayfa 35'te "Isı ihtiyacına göre pompanın ayarlanması" bölümüne bakınız

Açık devre pompa sistemleri

Sol taraftaki şematik resimde, alt seviyedeki su deposunun üst seviyedeki depoya su (veya herhangi bir akışkanı) pompalayan sistemin elemanları gösterilmektedir. Pompa, alttaki depodan istenen yükseklik için suyu basınçlandırmaktadır.

Burada, sadece geometrik basma yüksekliğine göre pompayı seçmek yeterli olmaz. Konforlu bir kullanım için gerekli olan akma basıncını ve tesisattaki basınç kayıplarını pompanın geometrik basma yüksekliğine ayrıca eklemek gerekir.

Pompa basma yüksekliği = geometrik basma yüksekliği + akma basıncı + basınç kayıpları

Gerekli bakım ve onarımların yapılabilmesi için pompa sistemini oluşturan emiş ve basınç hatlarında kapatma vanaları kullanılmalıdır.

Su depolarında taşmayı önlemek için flatörler ve diğer kontrol birimleri kullanılmalıdır.

Vanalar kapalıyken ve su kullanımı bittiğinde pompayı otomatik olarak durdurabilmek için basma hattının uygun bir noktasına basınç şalteri monte edilebilir.

Ayrıca pompanın kuru çalışmasını engellemek için gerekli teknik önlemler alınmalıdır.

Kapalı devre pompa sistemleri

Sağ taraftaki şematik resim, bir ısıtma sistemiyle su temininde kullanılan pompa sistemi arasındaki farklılıkları gösteriyor.

Su temininde kullanılan pompa sistemi açık basma çıkışıyla açık devre bir sistemken, ısıtma sistemi kendi içinde dolaşım yapan kapalı bir sistemdir.

Isıtma sistemlerinin prensiplerini daha kolay anlayabilmek için, borulardaki sıcak suyun sürekli hareket ettiğini veya sirkülasyon yaptığını dikkate almak gerekir.

Isıtma sistemi aşağıdaki elemanlardan oluşur:

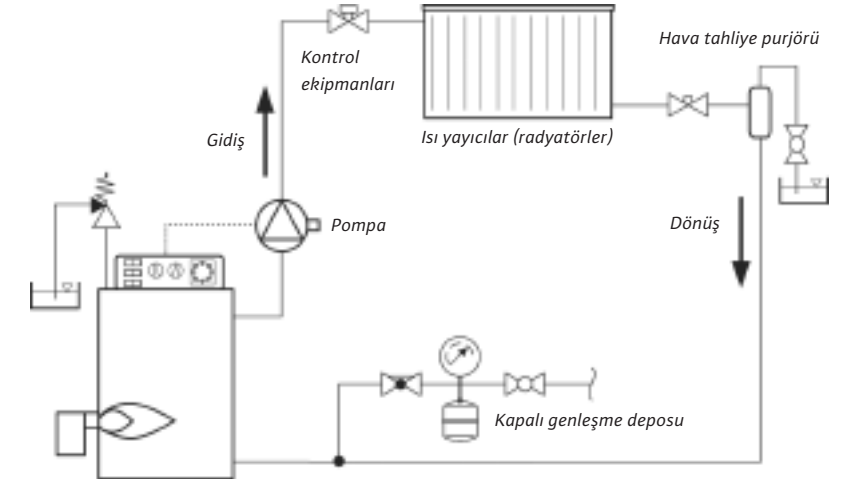
- Isı merkezi
- Isı transport ve dağıtım sistemi
- Kapalı genleşme deposu
- Isı yayan elemanlar
- Kontrol elemanları
- Güvenlik ekipmanları

Isı merkezi örneğin kazanlar; Gaz, sıvı veya katı yakıt kullanırlar. Bölgesel ısıtma istasyonları, ısı pompaları, elektrikli su ısıtıcıları vb. teknikler de vardır.

Isı transport ve dağıtım sistemi
Tesisattaki tüm borulardan, dağıtım ve toplama istasyonlarından ve sirkülasyon pompasından oluşmaktadır. Pompanın basma yüksekliği sadece sistemdeki dirençleri karşılayacak şekilde seçilir. Kapalı devre çalışan sistemlerde binanın statik yüksekliği, pompanın basma yüksekliği seçiminde dikkate alınmaz. Ancak pompanın işletme basınç sınıfının seçiminde binanın statik yüksekliği dikkate alınmalıdır.

Kapalı genleşme deposu
Sistemde sürekli basınç olmasını sağlarken, çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak su hacmi değişikliklerini dengeler.

Kapalı devre pompa sistemi resmi



Bir ısıtma sistemi örneğinde kullanılan sirkülasyon devresi

Isı yayan elemanlar
Isıtılacak odada bulunan ısı yayan yüzeylerdir (radyatörler, konvektörler, ısıtıcı paneller vb.). Isı enerjisi düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru hareket eder, sıcaklık farkı büyüdükçe akış hızlanır. Bu ısı transferi üç farklı fiziksel işlemle gerçekleşir:

- Isı iletimi
- Konveksiyonla ısı iletimi
- Isı yayılması

Günümüzde, iyi bir kontrol sistemi olmadan, teknik problemlerin çözülmesi mümkün değildir. Bu nedenle kontrol üniteleri ısıtma sistemlerinin bir parçasıdır. En çok bilinen kontrol üniteleri, oda sıcaklığını sabit tutmaya yarayan termostatik radyatör vanalarıdır. Kazanlar, karıştırıcı vanalar ve pompalar için yüksek teknoloji ürünü mekanik ve elektronik kontrol üniteleri mevcuttur.

Önemli not:
Sirkülasyon pompasının basma yüksekliğini belirlerken, kapalı devre sistemlerde binanın statik yüksekliği dikkate alınmaz, pompa sadece sistemdeki dirençleri karşılayacak şekilde seçilir. Ancak pompanın işletme basınç sınıfının seçiminde binanın statik yüksekliği dikkate alınmalıdır.

Sayfa 41'de "Standart ısıtma sistemleri için pompa seçimi" bölümüne bakınız.

Su-ısı transfer aracı

Sıcak sulu ısıtma sistemlerinde su, ısı enerjisini ısı merkezinden ısı yayan elemanlara transfer etmek için kullanılır.

Suyun en önemli özellikleri:

- Isı depolama kapasitesi
- Isıtıldığında veya soğutulduğunda hacminin artması
- Hacmi azaldığında veya arttığında yoğunluğunun azalması
- Basınç altındaki kaynama karakteristiği
- Kaldırma kuvveti

Suyun bu fiziksel özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.



Özgül ısı depolama kapasitesi

Her ısı taşıyan ortam için önemli bir özellik onun ısı depolayabilme kapasitesidir. Bunun ortamın kütle ve sıcaklık farkına orantılanmış bileşkesine özgül ısı kapasitesi denir.

Özgül ısı kapasitesi c ile gösterilir ve birimi $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 'dir.

Özgül ısı kapasitesi kütlesi 1 kg olan bir ortamın (örneğin su) sıcaklığını 1°C artırabilmek için gerekli ısı miktarına denir. Aynı ortamın sıcaklığı 1°C azaldığında aynı miktarda enerji açığa çıkar.

0°C ile 100°C arasında suyun özgül ısı kapasitesi ortalama olarak:

$c = 4.19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ veya $c = 1.16 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 'dir.

Ortama verilen veya ortamdaki emilen, birimi J veya kJ olan ısı miktarı Q , birimi kg olan ortamın kütlesi m , birimi K olan ortamın sıcaklık farkı ΔT ve özgül ısı kapasitesi C 'nin bir bileşkesidir.

Bir ısıtma sisteminde giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları farkıyla transfer edilebilen ısı miktarının formülü:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$
$$m = V \cdot \rho$$

$$V = \text{Su hacmi, m}^3$$
$$\rho = \text{Yoğunluk, kg/m}^3$$

Suyun ρ yoğunluğunun, V su hacmiyle çarpımının sonucu, birimi kg/m^3 olan m kütlesini verir. Bu nedenle, aynı formül aşağıdaki gibi de yazılabilir:

$$Q = V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_G - T_D)$$

Su sıcaklığı değiştiğinde suyun yoğunluğu da değişir. Enerji hesaplarını kolaylaştırabilmek için 4°C ile 90°C arasında suyun yoğunluğu $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ alınabilir.

Enerji, iş ve ısı miktarı aynı anlama gelen fiziksel terimlerdir.

Enerji birim dönüşümleri aşağıdadır:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} \text{ veya } 1 \text{ MJ} = 0.278 \text{ kWh}$$

Not:
Özgül ısı kapasitesi kütlesi 1 kg olan bir ortamın (örneğin su) sıcaklığını 1°C artırabilmek için gerekli ısı miktarına denir. Aynı ortamın sıcaklığı 1°C azaldığında aynı miktarda enerji açığa çıkar.

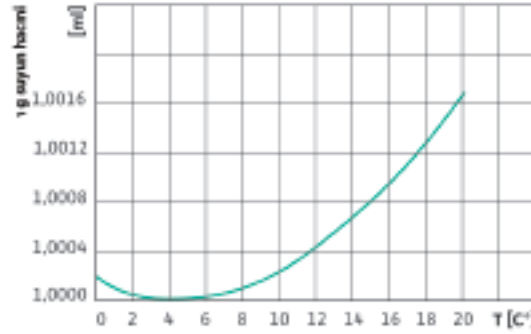
$\rho = \text{Rho}$

Hacim artışı ve azalması

Dünyada tüm maddeler ısınınca genişler, soğuyunca küçülür, bir tek su hariç. Bu duruma suyun anomali özelliği denmektedir.

Suyun en yoğun olduğu sıcaklık $+4^{\circ}\text{C}$ 'dir, bu sıcaklıkta;
 $1 \text{ dm}^3 \text{ su} = 1 \text{ litre} = 1 \text{ kg}$ 'dır.

Su hacminin sıcaklıkla değişmesi



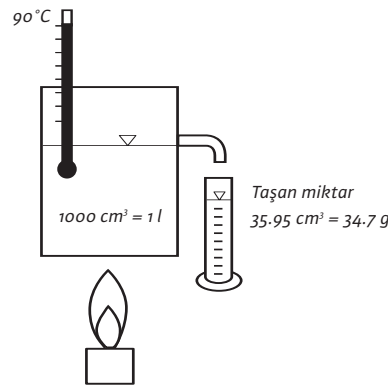
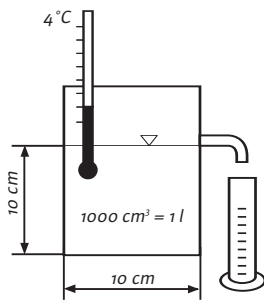
$+4^{\circ}\text{C}$ 'de su ısıtılır veya soğutulursa hacmi artar yani yoğunluğu azalır ve daha hafif hale gelir.

Taşan suyun ölçüldüğü bir tankta bu anomali net bir şekilde gözlemlenebilir.

Bir tankta bulunan $+4^{\circ}\text{C}$ ve 1000 cm^3 hacmindeki su ısıtıldığında, bir miktar su taşarak ölçme kabına akar. Su 90°C 'ye kadar ısıtıldığında 35.95 cm^3 kadar su taşar, bu miktar da ölçme kabındaki 34.7 g suya eşittir.

1000 cm^3 su $+4^{\circ}\text{C}$ 'de
 1000 g su ihtiva eder

1000 cm^3 su;
 90°C = 965.3 g



Su ısıtıldığında veya soğutulduğunda yoğunluğu azalır, yani daha hafif hale gelir ve hacmi artar

$+4^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklıklarda soğutulan suyun hacmi genişler. Suyun bu anomali yüzünden kış mevsiminde nehirler ve göller donar, buz kütleleri su yüzeyinde yüzer ve bahar güneşinde erime-sine olanak sağlar. Eğer buz kütleleri sudan daha ağır olsaydı dibe çöker ve tüm bu erime-donma olayları oluşmazdı ve dünyada hayat olmazdı.

Suyun bu genişleme özelliği, bazı durumlarda tehlikelere yol açmaktadır. Örneğin motorların ve su borularının içindeki su donduğundan, patlamasını önlemek için antifiriz bileşenleri eklenir. Isıtma sistemlerinde antifiriz olarak çoğunlukla glikol kullanılır. Glikol oranları için üreticilerin tavsiyelerine uyulmalıdır.

Suyun kaynama karakteristikleri

Su açık bir kaptaki 90°C 'nin üzerinde ısıtıldığında, 100°C 'de kaynamaktadır. Kaynama işlemi süresince su sıcaklığı ölçüldüğünde, son su damlası da buharlaşmaya kadar sıcaklığı 100°C 'de sabit kalır.

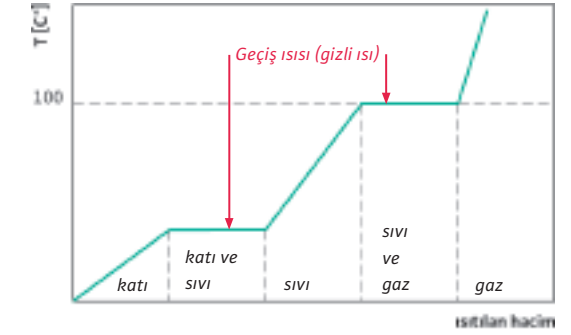
Agregasyon halinin değişebilmesi için suyun tamamı buharlaşmaya kadar sabit ısı verilmeye devam edilmelidir. Bu geçiş süresince verilen enerjiye geçiş ısı veya gizli ısı denir. Isıtmaya devam edildiğinde sıcaklık tekrar artmaya başlar.

Burada anlatılan tüm bu koşullar, 101.3 kPa atmosfer basıncında ve deniz seviyesinde gerçekleşmektedir. Diğer tüm atmosfer basınçlarında, kaynama noktası değişir. Aynı deney 3000 m . yüksekliğinde örneğin Anadolu'da Erciyes tepelerinde tekrarlandığında, suyun 100°C yerine 90°C 'de kaynadığını görürüz. Bu doğa olayının nedeni yükseklerde atmosfer basıncının düşmesidir. Su yüzeyindeki atmosfer basıncı düştüğünde, kaynama sıcaklığı da düşer. Ters durumlarda, su yüzeyindeki atmosfer basıncı yükseldiğinde kaynama sıcaklığı artar. Düşük tencereler bu prensipten yola çıkarak yapılmıştır.

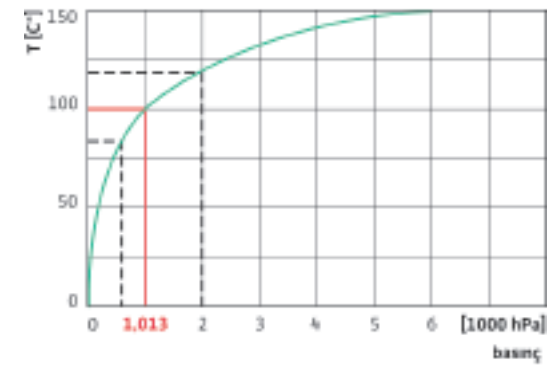
Sağ taraftaki grafikte basınçtan bağımlı olarak suyun kaynama sıcaklığının nasıl değiştiği görülmektedir.

Isıtma sistemlerinin basınç altında tutulmak istenmesinin en önemli sebeplerinden biri, kritik çalışma koşullarında gaz baloncuklarının oluşarak sistemin hava yapmasını önlemektir. Bu şekilde sisteme dışarıdan hava girişi de engellenmiş olur.

Sıcaklık artışlarında suyun agregasyon halinin değişmesi



Basınçtan bağımlı olarak suyun kaynama noktasının değişmesi

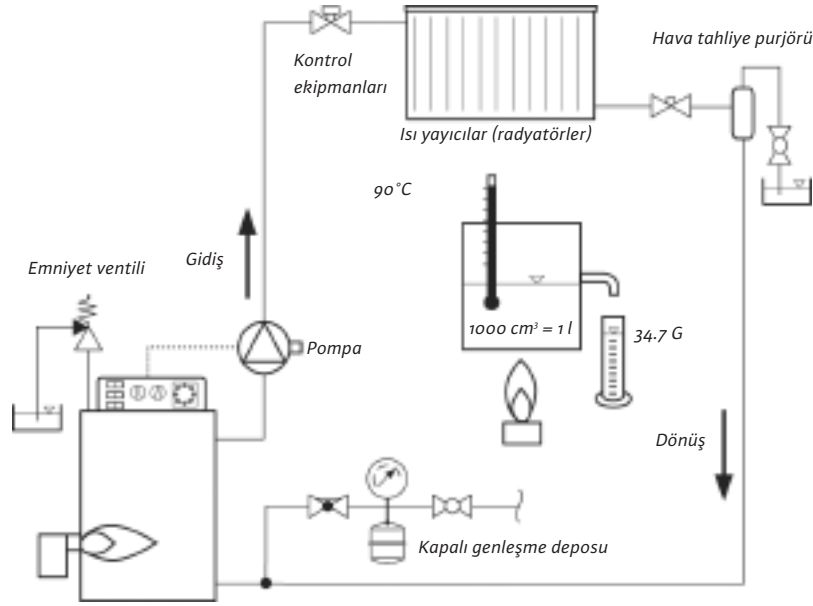


Suyun genleşmesi ve tesisatın aşırı basınca karşı korunması

Sıcak su ısıtma sistemleri 90°C sıcaklıklara kadar çalışırlar. Başlangıçta sisteme giren su sıcaklığı 15°C'dir ve ısındıkça genleşmeye başlar.

Bu hacim artışı tesisatta aşırı basınca veya suyun dışarı sızmasına neden olmamalıdır.

Emniyet ventili entegrasyonlu ısıtma sistemi resmi



Yaz mevsiminde ısıtma sistemi kapatıldığında, su başlangıç hacmine geri döner. Bu nedenle genleşen su miktarını karşılamak için yeterli büyüklükte bir genleşme deposu seçilmelidir. Eski ısıtma sistemlerinde en yüksek boru hattının üzerine monte edilen atmosfere açık imbisat depoları kullanılıyordu. Sıcaklık arttığında su hacmi genişleyerek depodaki su seviyesini yükseltir. Aynı şekilde, sıcaklık azaldığında depodaki su seviyesi düşer.

Günümüzün ısıtma sistemlerinde imbisat depoları yerine kapalı genleşme depoları kullanılmaktadır.

Sistem basıncı arttığında, boru hatları ve sistemin diğer ekipmanlarının izin verilen basınç limitlerinin dışına çıkmamaları gerekmektedir. Bu nedenle her ısıtma sisteminde fazla basıncın tahliyesi için emniyet ventiline bulunması zorunludur.

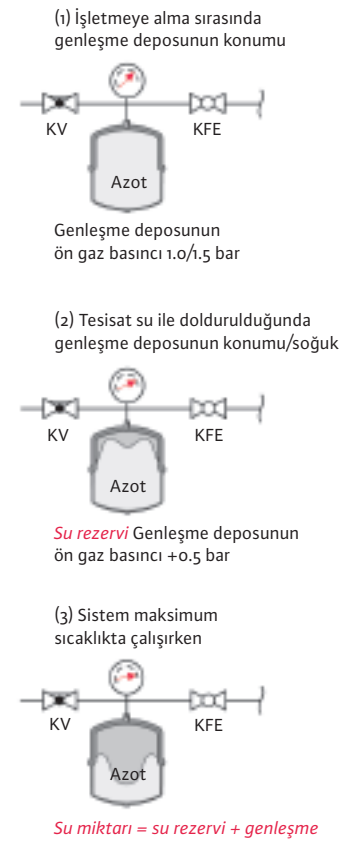
Aşırı basınç oluşumunda, kapalı genleşme deposunun dengeleyemediği genleşen su, emniyet ventili açılarak tahliye edilir. Fakat dikkatlice tasarlanıp, işletmeye alınan sistemlerde emniyet ventiline açılmasına genelde gerek kalmaz.

Isıtma sirkülasyon pompalarının sistem basıncını artırdığı durumlar, suyun genleşmesiyle oluşan aşırı basınçtan farklı durumlardır.

Maksimum ısıtma suyu sıcaklığı, pompanın basma yüksekliği, kapalı genleşme deposunun boyutları ve emniyet ventiline açma basınçları birbiriyle uyumlu olacak şekilde dikkatle seçilmelidir. Sistem elemanları rastgele veya satış fiyatlarına göre seçilmemelidir.

Kapalı genleşme deposu kuru hava veya azot gazıyla basınçlandırılır. Deponun ön gaz basıncı ısıtma sisteminin kapasite değerlerine göre ayarlanmalıdır. Tesisattaki sıcaklığın yükselmesiyle genleşen su depoya girer ve membran vasıtasıyla gaz yastığını sıkıştırır. Kapalı genleşme depoları gazların sıkıştırılabilir, sıvıların sıkıştırılmaz oluşları prensibine göre çalışır.

Isıtma sisteminde su hacmindeki değişikliklerin dengelenmesi:



Önemli not:
Aşırı basınç oluşumunda, emniyet ventili açılarak genleşen su tahliye edilir.

Basınç

Basıncın tanımı

Tesisattaki su basıncı ölçülen statik basınçtır. Basınçlı tankların veya boru hatlarının içinde bulunan gazların basıncı ise atmosfer basıncına göre göreceli olarak ölçülen basınçtır.

Statik basınç

Tesisatta suyun durgun olduğu durumdaki basınçtır. Statik basınç = kod farkı + genleşme deposunun giriş basıncı

Akış basıncı

Tesisatta suyun sirkülasyon yaptığı durumdaki basınçtır. Akış basıncı = dinamik basınç - basınç kayıpları

Pompa basıncı

Santrifüj pompanın çalışması sırasında basma tarafında oluşan basınca pompa basıncı denir. Sirkülasyon pompasının emiş ve basınç flanşları arasındaki basınç farkına basma yüksekliği denir.

Basınç farkı

Pompanın emiş ve basınç flanşları arasında ölçülen basınç farkı (basma yüksekliği), borular, bağlantı elemanları, radyatörler, kazan gibi tesisat ekipmanlarında oluşan basınç kayıplarından dolayı pompadan uzaklaştıkça küçülür ve sistemin her noktasında değişkendir.

Kavitasyon

Kavitasyon, pompalanan akışkanın basıncının çark girişinde buharlaşma basıncının altına düşüp gaz baloncuklarının meydana gelmesi ve bunların patlaması olarak tanımlanır. Basma yüksekliğinin ve pompa veriminin düşmesi, dengesiz çalışma, gürültü, pompanın hidrolik elemanlarının aşınması kavitasyonun sonuçlarıdır.

Yüksek basınçlı bölgelerde mikroskobik boyutlarda hava kabarcıklarının patlaması sonucunda basınç darbeleri hidrolik elemanlarda hasara neden olur. Kavitasyonun ilk belirtileri gürültü ve çark girişine zarar vermesidir. NPSH değeri (Net Pozitif Emme Yüksekliği), santrifüj pompalar için önemli bir veridir ve bu pompaların kavitasyonsuz çalışması için pompa girişinde olması gereken minimum basınç değerini ifade eder. Akışkanı sıvı halde tutup, buharlaşmasını önleyebilmek için gerekli olan basınç miktarıdır.

Sistem basıncı, basınç dağılımı

		Isıtma sistemlerinde	Atmosferde
Pozitif diferans basıncı	Aşınma, gürültü, çatlak	Pozitif çalışma basıncı	(+) Pozitif basınç
		Akış basıncı (dinamik basınç)	
Negatif diferans basıncı		Statik basınç	Atmosfer basıncı 101.3 kPa (normal)
	Kavitasyon, gürültü, sıkışma	Negatif çalışma basıncı	(-) Negatif basınç (emme basıncı)
			Mutlak sıfır noktası

Çalışma basıncı

Bir sistem veya elemanlarının çalıştığı zaman oluşan veya oluşabilecek basınç değeridir.

İzin verilen çalışma basıncı

Emniyet açısından çalışma basıncı olarak hesaplanan maksimum değerdir.

Çark tipi ve devir hızı pompanın kavitasyonsuz çalışabilmesi için gereksinim duyduğu NPSH'ı etkileyen tasarım özelliklerindedir. Mevcut atmosfer basıncı ve akışkan sıcaklığı ise pompanın emiş kabiliyetini etkileyen çevresel faktörlerdir.

Kavitasyonu önleme

Kavitasyonu önlemek için, akışkanın santrifüj pompaya belli bir basınçla gelmesi gerekir. Bu basınç da pompanın NPSH özelliğine, akışkanın buharlaşma basıncına ve mevcut atmosfer basıncına bağlıdır.

Kavitasyon oluşmasını önlemenin yöntemleri:

- Akışkanın pompaya giriş basıncını artırmak
- Akışkanın sıcaklığını azaltmak (buharlaşma basıncını düşürmek)
- NPSH değeri daha düşük pompa seçmek

Santrifüj pompaların işletimi

HVAC ve sıhhi tesisat endüstrisinde santrifüj pompalar çok çeşitli alanlarda kullanılır. Bu pompaların tasarımı ve enerjiyi dönüştürme şekilleri birbirinden farklı özellikler gösterir.

Kendinden Emişli ve Kendinden Emişli Olmayan Pompalar

Kendinden emişli pompalar emme hattındaki havayı boşaltabilen pompalardır. Teorik olarak maksimum emme yüksekliği atmosfer basıncından bağımlıdır (101.3 kpa) ve 10.33 mSS'dir.

Teknik nedenlerden dolayı, en fazla 7-8 m'den emiş yapılabilir. Bu değer pompa emiş flanşıyla olası en düşük akışkan seviyesi arasındaki yükseklik farkı ile emiş hattındaki basınç kayıplarının toplamıdır.

Pompa seçimi yapılırken, emiş yüksekliği h_s basma yüksekliğine ilave edilmelidir.

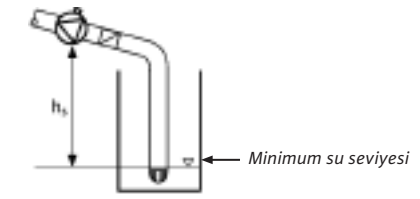
Emme hattının nominal çapı en az pompanın emiş flanş çapına eşit veya mümkünse bir çap daha büyük olmalıdır. Hattın uzunluğu ise mümkün mertebede kısa tutulmalıdır.

Uzun emiş hatları boru dirençlerini artırarak, emme performansını kötüleştirir.

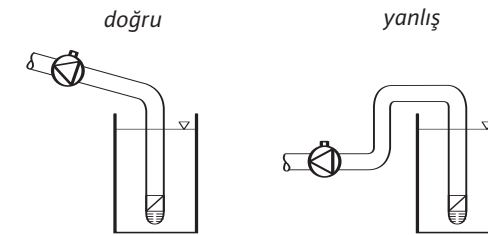
Emme hattı pompaya doğru sürekli yükselen bir pozisyonda giriş yapılmalıdır. Emiş hattında hortum kullanıldığında büzülme dayanıklılığı yüksek, sızıntı olasılığı düşük spiral telli hortumlar tercih edilmelidir. Pompanın zarar görmesini ve problemleri çalışmasını önlemek için emiş hattında hava girişini engellemek şarttır.

Emiş klapesi, emiş hattının her zaman suyla dolu olmasının sağlanması ve pompanın kuru çalışmasını engellemek için kullanılmalıdır. Pislik tutuculu emiş klapesi, pompa ve tesisat ekipmanlarını katı maddelerden korur. Pompa emişinde klape kullanılmadığı durumlarda, pompa emme flanşına çekvalf monte edilmelidir.

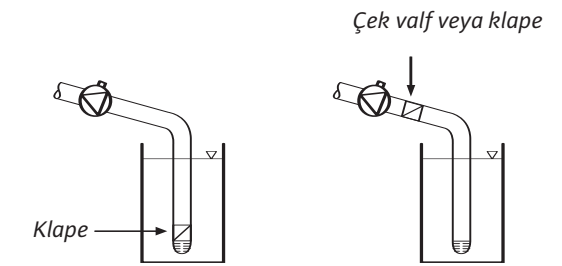
Pompanın emme yüksekliği h_s



Emiş hattının pozisyonu



Çalışma sırasında emiş hattı

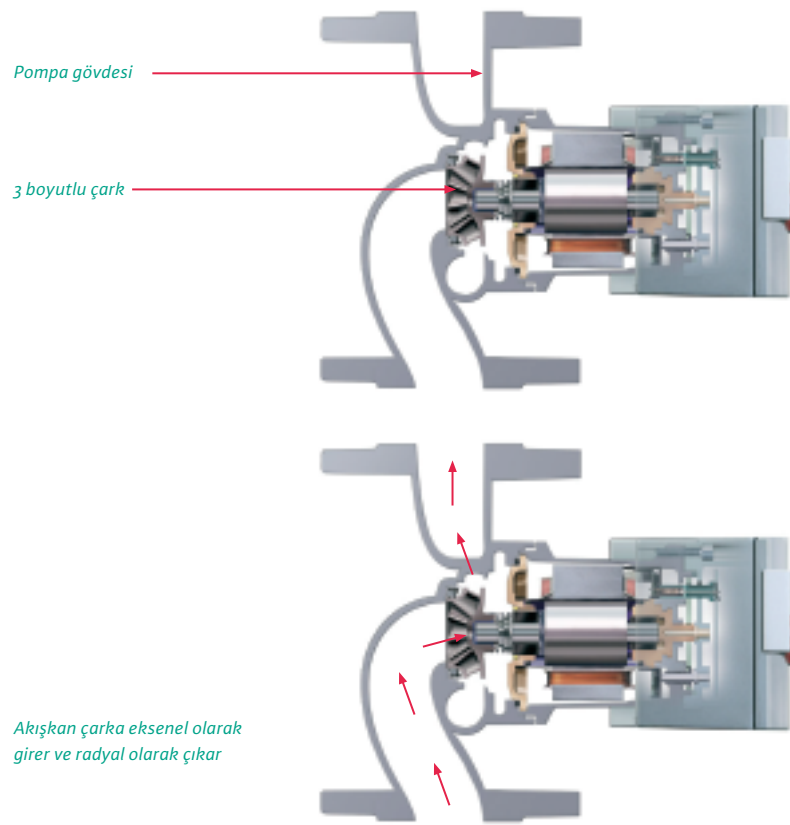


Pompa emiş hattına klape veya çek valf montajı

Kendinden emişli olmayan pompalar emme hattındaki havayı kendi kendine boşaltamayan pompalardır. Normal emişli pompalar olarak da isimlendirilir. Bu tip pompalar kullanıldığında, pompa emiş hattının her zaman suyla dolu olması sağlanmalıdır.

Emiş hattına vananın salmastrasından veya klape gibi sızıntı noktalarından hava girerse, pompanın havası alınarak emiş hattı yeniden doldurulmalıdır.

Islak rotorlu bir pompanın kesit resmi



Santrifüj Pompaların Fonksiyonları

Pompalar akışkanları transfer etmek ve boru sistemlerindeki karşı dirençleri yenmek için kullanılır. Tasarımları ve enerjiyi dönüştürme şekillerinden dolayı santrifüj pompalar hidrolik makinelerdir.

Çok çeşitli tipleri olmasına rağmen, tüm santrifüj pompalarda, akışkan çarka aksel olarak girer. Çarkı döndüren pompa mili, bir elektrik motoruyla döndürülür. Su, emiş ağzından aksel olarak çarka girer ve çark kanatlarının tasarımına bağlı olarak radyal hareket yapacak şekilde döndürülür. Su çarkın kanat bölgesine ulaştığında, akışkanın her bir partikülü santrifüj kuvvetten etkilenerek hızın ve basıncın artmasına neden olur.

Akışkan çarktan çıktıktan sonra, salyangoza ulaşır. Salyangozun konstrüksiyonundan dolayı akışkan hızı bir miktar azalabilir, basınç ise enerji dönüşümüyle biraz daha artar.

Pompayı oluşturan ana elemanlar:

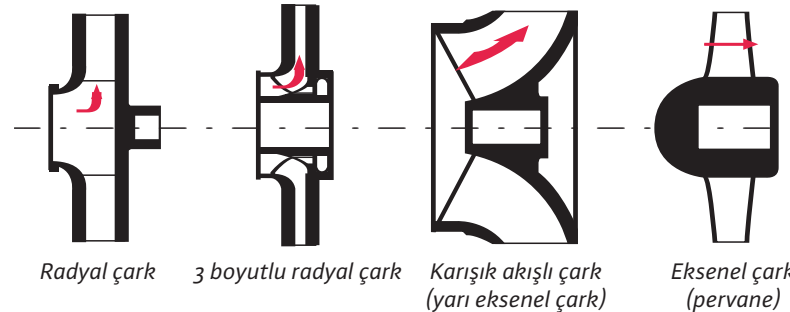
- Pompa gövdesi
- Çark
- Motor

Çarklar

Çarklar çeşitli tiplerde, açık veya kapalı olabilir.

Bugün kullanılan pompaların büyük bir kısmının çarkları, radyal çarklarla aksel çarkların avantajlarını birleştiren 3 boyutlu çark tasarımına sahiptir.

Çark tipleri



Pompa verimi

Herhangi bir makinanın verimi giriş gücüyle, çıkış gücünün oranından bulunur. Bu oran η (eta) ile gösterilir. Tüm işletim sistemlerinde az da olsa güç kaybı mutlaka olduğundan, η her zaman % 100'den daha küçüktür.

Isıtma sirkülasyon pompaları için toplam verim, motor verimiyle (elektriksel ve mekanik) pompanın veriminin bileşkesidir.

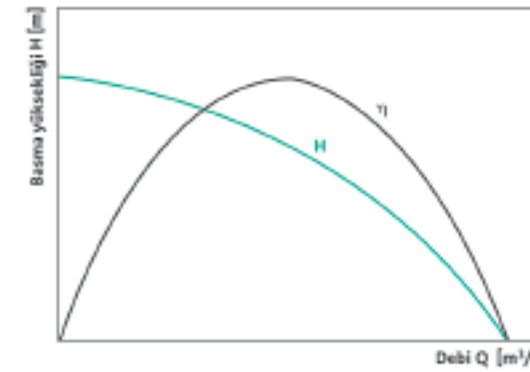
$$\eta_{\text{tot}} = \eta_M \cdot \eta_P$$

Pompa verimi, pompanın tipine ve boyutuna göre değişiklik gösterir. Islak rotorlu pompalar için toplam verim η_{tot} % 5 ve % 54 (en yüksek verimli pompa), kuru rotorlu pompalar için % 30 ve % 80 arasında değişir.

Pompa verimi, pompanın karakteristik eğrisi üzerinde sıfır ile maksimum bir değer arasında değişkendir.

En yüksek basınç değeri pompa kapalı vanada çalıştırıldığında elde edilmesine rağmen, debi sıfır olduğu için pompa verimi de sıfırdır. Tüm vanalar açık olduğu zaman da debi en yüksek seviyede olmasına rağmen basınç olmadığından verim yine sıfırdır.

Pompa karakteristik eğrisi ve pompa verimi



Isıtma sirkülasyon pompasının en yüksek verimi, pompa eğrisinin orta bölgesinde kalan alandadır. Genelde pompa üreticilerinin kataloglarında, her pompa için en yüksek verim noktası pompanın karakteristik eğrisi üzerinde belirtilmektedir.

Bir pompa hiçbir zaman tanımlanan tek bir noktada çalışmaz. Özellikle ısıtma sistemlerinde, pompa seçerken en uzun süreli ısıtma döneminde çalışma noktasının, pompa eğrisinin en yüksek verimli orta bölgesinde kalmasına dikkat edilmelidir.

Pompa verimi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\eta_P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{367 \cdot P_2}$$

η_P = Pompa verimi
 Q [m³/h] = Debi
 H [m] = Basma yüksekliği
 P_2 [kW] = Pompa miline aktarılan güç
 367 = Dönüşüm sabiti
 ρ [kg/m³] = Akışkanın yoğunluğu

Pompa verimi (dolayısıyla gücü) pompanın tasarımına bağlıdır.

Aşağıdaki tablo, seçilen motor gücü ve pompa tipine (ıslak rotorlu/kuru rotorlu motorlar) göre verimin nasıl değiştiğini göstermektedir.

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarının yaklaşık verimleri

Motor gücü

P_2	η_{toplam}
100 W'a kadar	yaklaşık % 5 – yaklaşık % 25
100 – 500 W	yaklaşık % 20 – yaklaşık % 40
500 – 2500 W	yaklaşık % 30 – yaklaşık % 50

Kuru rotorlu pompaların yaklaşık verimleri

Motor gücü

P_2	η_{toplam}
1.5 kW'a kadar	yaklaşık % 30 – yaklaşık % 65
1.5 – 7.5 kW	yaklaşık % 35 – yaklaşık % 75
7.5 – 45.0 kW	yaklaşık % 40 – yaklaşık % 80

Santrifüj pompaların güç tüketimi

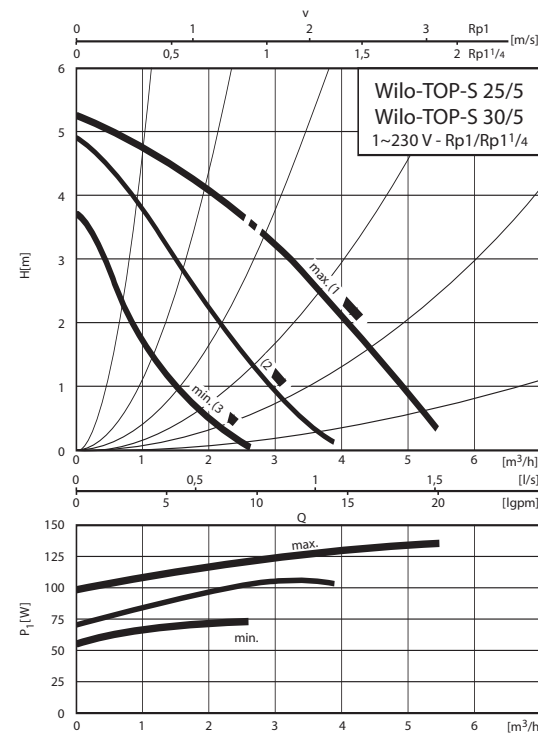
Daha önceki bölümlerde gördüğümüz gibi, elektrik motorları pompa milini döndürerek çarka ve dolayısıyla akışkana hareket verir. Pompanın yarattığı basınç artışı ve pompa debisi elektrik enerjisinin hidrolik güce dönüşmesi sonucu oluşur. Motor tarafından harcanan enerji, pompanın P_1 güç tüketimi olarak adlandırılır.

Pompaların Güç Eğrileri

Santrifüj pompaların güç eğrilerinde düşey koordinat eksenini pompanın P_1 güç tüketimini Watt [W] cinsinden, yatay koordinat eksenini pompanın Q debi değerini m³/h cinsinden gösterir.

Pompa karakteristik eğrisinde de yatay eksen Q debi değerinin gösterildiği eksenidir ("Pompa eğrileri" bölümüne bakınız). Pompa değerlerinin (basma yüksekliği, debi ve güç) birbirleriyle ilişkisini gösterebilmek için hem pompa güç eğrisi, hem de pompa karakteristik eğrisi aynı ölçekli olarak çizilir.

Wilo-TOP-S pompa karakteristik eğrisi



Pompa ve güç eğrilerinin birbiriyle ilişkisi

Sayfa 36'da "Değişken devir hızlı kontrol" bölümüne bakınız.

Pompa güç eğrisinde, debinin düşük olduğu noktada motorun güç tüketiminin de düşük olduğu görülmektedir. Debi arttıkça, güç tüketimi de artar. Fakat güç tüketiminin artış oranı çok daha fazladır.

Motor devir hızının etkisi

Sistemin çalışma koşullarını sabit tutup sadece pompa devir hızı değiştirildiğinde, P güç tüketimi n devir hızının küpüyle orantılı olarak değişir.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

Devir hızı ve güç tüketimi arasındaki bu oranın bilinmesiyle, ısı yüküne göre pompa optimizasyonu yapılabilir. Devir hızı iki katına çıkarıldığında, pompa debisi de aynı oranda artmaktadır. Basma yüksekliği ise devir hızının karesiyle doğru orantılı olduğundan 4 katına çıkar. Gerekli enerjiyi bulmak için ilk güç tüketimini 8 (2'nin küpü) ile çarpmak gerekir. Devir hızı azaltıldığında; debi, basma yüksekliği ve güç tüketimi aynı oranlarda düşmektedir.

Sabit hızlarda pompa seçimi

Santrifüj pompalarda hangi motorun, hangi devir hızında kullanılması gerektiğini belirleyen en önemli değer pompa basma yüksekliğidir. Devir hızı 1500 d/dak'dan büyük ($n > 1500$ d/dak) olan pompalar yüksek devir hızlı, devir hızı 1500 d/dak'dan küçük ($n < 1500$ d/dak) olan pompalar düşük devir hızlı pompalar olarak adlandırılır.

Düşük devir hızlı pompaların tasarımı daha kompleks olduğundan daha maliyetlidir.

Düşük devir hızlı pompaların kullanılmasının daha uygun olacağı durumlarda veya yüksek devir hızlı pompaların gereksiz yüksek güç tüketimine sebep olduğu durumlarda ilk yatırım maliyetinin enerji tasarrufuyla kısa sürede amorti edileceği düşünülerek seçim yapılmalıdır.

Isıtma yükünün azaldığı durumlarda, devir hızında kontrollü bir azalma sağlayan değişken hız kontrollü elektronik pompaların kullanımı, önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Islak rotorlu sirkülasyon pompaları

Isıtma sisteminde gidiş veya dönüş hattında, ıslak rotorlu sirkülasyon pompalarının kullanılmasıyla, daha hızlı ve daha çok miktarda sirkülasyon yapmakta ve küçük kesitli boru çapları kullanılarak ısıtma sistemlerinin yatırım maliyeti düşmektedir. Ayrıca boruların içinde daha az suyun dolaşması ısıtma sistemindeki sıcaklık dalgalanmalarının daha çabuk algılanarak ayar yapılmasını sağlamaktadır.

Özellikler

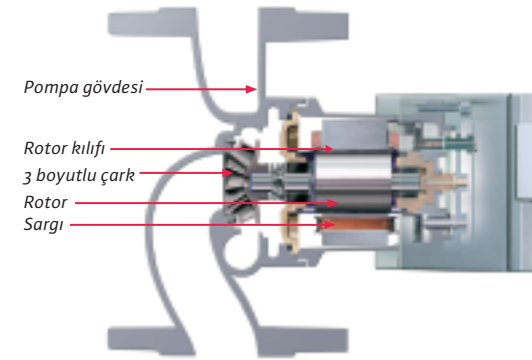
Santrifüj pompa çarklarının en önemli özelliği suyu (veya akışkanı) radyal olarak hızlandırmasıdır. Çarkı döndüren pompa mili paslanmaz çelikten ve mil yatakları sinterlenmiş karbon veya seramik malzemeden üretilmektedir. Mil üzerinde bulunan motorun rotoru akışkan içinde çalışmaktadır. Bu şekilde yatakların yağlanması ve pompanın sirküle ettiği su kullanılarak motorun soğutması sağlanmaktadır.

Motor statorunun etrafında antimanyetik paslanmaz çelik veya fiber karbon malzemeden kalınlığı 0.1 ile 0.3 mm arasında değişen bir kılıf mevcuttur.

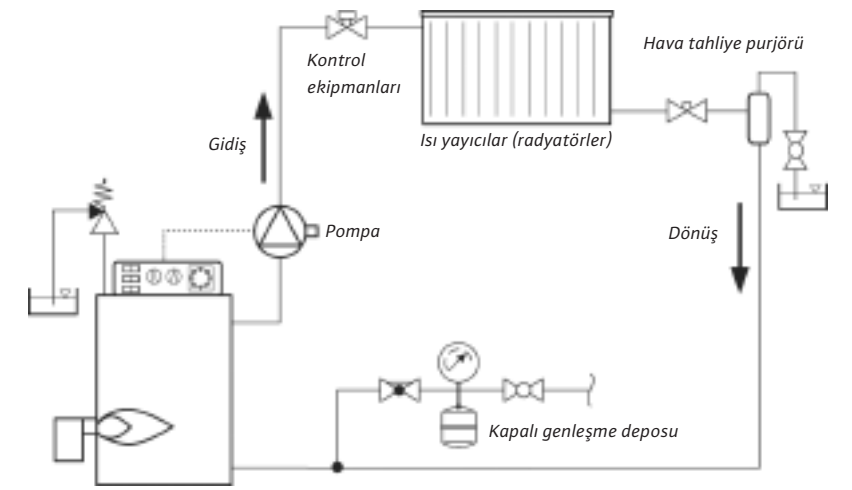
Islak rotorlu sirkülasyon pompasının kullanıldığı bir ısıtma sisteminde (örneğin ısı dağıtım radyatörleri tarafından yapılsın), binanın değişen ısı yüküne göre pompa ayarlanabilmektedir.

Isıtılacak suyun miktarı dış hava sıcaklığından ve bina içinde gereksinim duyulan ortam sıcaklığından bağımlıdır.

Radyatör gibi ısı dağıtıcılarına takılan termostatik radyatör vanaları ile gerekli su debisi ayarlanabilmektedir.



Pompa ısıtma sistemi



Islak rotorlu pompaların motorları çeşitli devir hızlarında çalıştırılabilir. Devir hızı elle manuel olarak da değiştirilebilir. Sonradan takılabilen kontrol modülleriyle zaman, basınç farkı ve sıcaklıktan bağımlı otomasyon sistemi kurulabilir.

1988'den bu yana, pompanın bünyesine entegre edilmiş elektronik kontrollü değişken hız modülleri kullanılmaktadır.

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarının elektrik beslemesi motor gücüne bağlı olarak 1-230 V tek fazlı veya 3 ~ 400 V üç fazlı olabilir.

Islak rotorlu pompalar fevkalade sessiz ve konforlu çalışırlar. Bir diğer büyük avantajları salmas-trasız olmalarıdır. Böylece servis gereksinimleri çok düşüktür.

Günümüzün ıslak rotorlu pompaları modüler olarak tasarlanmıştır. Pompa boyutu ve motor gücüne bağlı olarak, değişik konfigürasyonlarda modüller kullanılabilir. Bu sayede, herhangi bir bakım onarım gerektiğinde yapı elemanlarının değiştirilmesi hızlı ve kolay olur.

Günümüzün ıslak rotorlu pompaları bünyesindeki olası havayı kendi kendine atabilme özelliğine de sahiptir.

Avantajları; küçük boru çapları, daha az suyun dolaştırılması, sıcaklık dalgalanmalarının çabuk algılanması, düşük montaj maliyeti



İlk değişken devir hızlı kontrol entegrasyonlu elektronik ıslak rotorlu sirkülasyon pompaları

Montaj şekilleri

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarının nominal bağlantı çapları R1 1/4'e kadar olanları dişli rakor bağlantılı tiplerdir. Daha büyük pompalar flanş bağlantılı olarak üretilmektedir. Bu pompalar boru hatlarına bir kaide gerektirmeksizin direkt dikey veya yatay olarak monte edilebilirler.

Sirkülasyon pompasının yatakları akışkan tarafından yağlanır. Motorun soğutulması da akışkan tarafından yapılmaktadır. Bu nedenle sirkülasyon pompaları uzun süre kapalı vanaya karşı çalıştırılmamalı, sürekli su sirkülasyonu yapması sağlanmalıdır.

Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompalarının montajında, pompa milinin her zaman zemine yatay konumda olmasına dikkat edilmelidir. Pompa milinin dikey konumda olduğu durumlarda, düzensiz çalışma olabilir ve pompa zarar görebilir.

Detaylı montaj bilgileri için montaj ve kullanma kılavuzları dikkatle incelenmelidir.

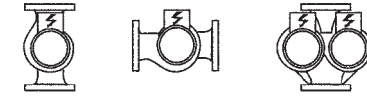
Islak rotorlu sirkülasyon pompaları özel tasarımları sayesinde rahat ve düzenli bir çalışma karakteristiğine sahiptir. Üretim maliyetleri de göreceli olarak düşüktür.

Islak rotorlu sirkülasyon pompaları için montaj şekilleri

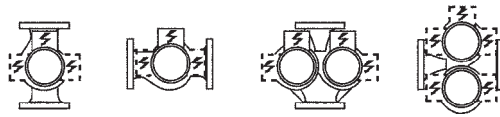
İzin verilmeyen montaj konumu



Değişken devir hız kontrollü pompalar için uygun montaj şekilleri



1, 3 veya 4 değişik devir hızlı pompalar için uygun montaj şekilleri

**Kuru rotorlu pompalar****Özellikler**

Kuru rotorlu pompalar büyük debi gereksinimlerini karşılamak için kullanılırlar. Islak rotorlu pompaların aksine, akışkanın motorla teması yoktur. Bu nedenle soğutma devrelerinde ve agresif akışkanlarla da kullanılabilirler.

Kuru rotorlu pompaların diğer bir farkı ise, pompa gövdesi ve pompa milinin hava ile olan temasının yumuşak salmastra veya mekanik salmastra kullanılarak kesilmiş olmasıdır.

Kuru rotorlu pompaların motorları genellikle sabit devirli 3 fazlı motorlardır. Devir hızları frekans inverter cihazlarıyla kontrol edilebilir.

Günümüzün gelişen teknolojisiyle, frekans inverter cihazı ve diğer kontrol ekipmanları motorların üstlerine de yerleştirilebilmektedir.

Kuru rotorlu pompaların toplam verimleri ıslak rotorlu pompalara nazaran çok daha yüksektir.

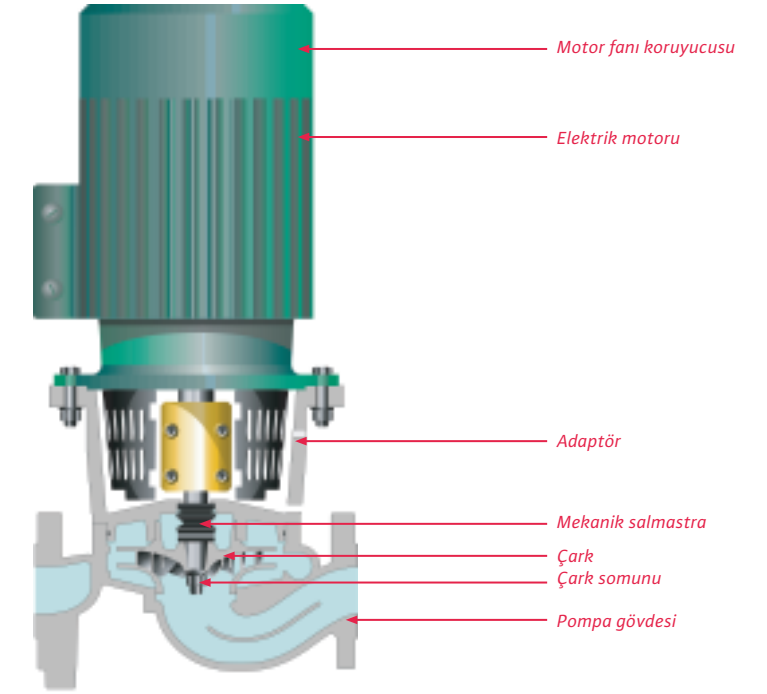
Kuru rotorlu pompalar tasarımlarına göre üç ana çeşide ayrılabilirler:

In-Line Pompalar

Emiş ve basınç flanşları eşit çaplarda ve aynı eksen üzerinde olan pompalar in-line pompalar olarak adlandırılırlar. In-line pompalar hava soğutmalı ve flanşlı tip standart motorlarla tahrik edilirler. In-line pompalar genellikle bina sistemlerinde büyük kapasiteler gerektiğinde tercih edilirler ve boru hattına direkt olarak bağlanabilirler. Boru hattı kelepçelerle desteklenebilir veya pompa bir kaide üzerine sabitlenebilir.

Monoblok Pompalar

Emiş ve basınç flanşları farklı çaplarda ve farklı eksenler üzerinde olan monoblok pompalarda hava soğutmalı motorlarla tasarlanmış santrifüj pompalardır. Salyangoz gövdesi aksel emişli ve radyal basınç çıkışıdır. Motor ve pompa gövdeleri özel ara parçalar kullanılarak birbirlerine bağlanmıştır.

Bir kuru rotorlu pompanın kesit resmi**Norm Pompalar**

Bu tip santrifüj pompalar aksel emişli olup, pompa ve motor mili yarı elastik bir kaplinle birleştirilmiş ve sistem ortak bir şase üzerine yerleştirilmiştir.

Kuru rotorlu norm pompalar akışkana ve çalışma koşullarına bağlı olarak mekanik veya yumuşak salmastralı sızdırmazlık elemanlarıyla donatılabilmektedir. Kapalı devre sistemlerinde çalışan norm pompalar mekanik salmastralı olarak tercih edilirler.

Düsey basma flanşı, pompanın nominal çapını belirler. Aksel emiş flanş çapı genellikle nominal çaptan bir boy daha büyük olur.

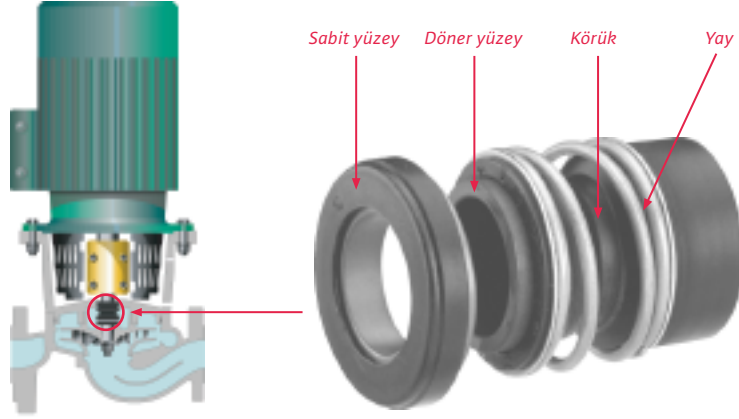
Sayfa 28'de "Mil sızdırmazlığı" bölümüne bakınız

Önemli not:

Mekanik salmastralar aşınmaya maruz kalırlar. Sızdırmazlık yüzeylerinde aşınmanın oluşmaması için asla kuru çalıştırılmamalıdır.

Mil sızdırmazlığı

Daha önceki bölümlerde gördüğümüz gibi özellik- le norm pompaların millerinin sızdırmazlığı meka- nik veya yumuşak salmastralarla sağlanmaktadır.

Kuru rotorlu pompalarda mekanik salmastra uygulaması**Mekanik Salmastralar**

Mekanik salmastralar, yüzeyleri pürüzsüz olacak şekilde işlenmiş (lebleme işlemi) biri sabit diğeri dönen iki elemandan oluşmaktadır. Çalışma sırasında döner eleman mil ile beraber dönerken, yay ile baskı altında tutulmak koşulu ile sabit eleman parçaya belli bir kuvvet ile basmaktadır. Mekanik salmastralar yüksek çalışma basınçlı ortamlarda mil sızdırmazlığı sağlayan dinamik sızdırmazlık elemanlarıdır.

Mekanik salmastranın sızdırmazlığı aşınmaya karşı dayanıklı (örneğin silisyum veya karbon) ve ekse- nel kuvvetle birbirine itilen iki yüzeyle sağlanır. Döner eleman (dinamik) mil ile birlikte dönerken, sabit eleman statik pompa gövdesinde sabit kalır.

Bu iki yüzey arasında yağlama ve soğutmayı sağlayan akışkanın ince bir film tabakası oluşur.

Çalışma sırasında yüzeyler arasında sıvı film tabakasına ve sürtünme yüzeylerinin yaptığı açığı bağı olarak karışık sürtünme, sınır sürtünme ve kuru sürtünme oluşabilir ve salmastrada anında hasara neden olabilir.

Mekanik salmastralar hiçbir zaman kuru çalıştırıl- mamalıdır. Mekanik salmastranın kullanım ömrü pompalanan akışkanın kimyasal/fiziksel özelliklere bağlıdır.

Yumuşak salmastralar

Yumuşak salmastralar yüksek kaliteli sentetik lif- lerden oluşan (PTFE, Kevlar® veya Twaron®) veya sıkıştırılmış grafit örgüler veya sentetik liflerin ya- nı sıra kenevir veya koton gibi doğal fiber örgüler- den olabilir. Yumuşak salmastralar uygulamaya göre bantlardan kesilerek veya sıkıştırılmış kalıp halkalar şeklinde, kuru veya grafit emdirilmiş vb. olarak kullanılırlar.

Eğer salmastralar bantlar halinde temin edilmişse, pompa milinin veya pompa miline takılan sal- mastra burcunun ölçüsüne uygun boylarda kesilir ve halka şekli verilerek salmastra kutusuna yerleş- tirilir.

Montaj şekilleri

İzin verilen montaj şekilleri

- In-line pompalar boru hattına direkt yatay veya dikey bağlanabilecek şekilde tasarlanmıştır.
- Motor, adaptör ve çarkın rahat sökülebilmesi için yeterli alan bırakılmalıdır.
- Pompa montajı yapıldığında, boru hattında gerilme olmamalı, tesisat ağırlığı pompaya taşıtılmamalı, büyük güçlü pompalar bir kaide yardımıyla ayrıca desteklenmelidir.

İzin verilmeyen montaj şekilleri

- Motorun ve klemens kutusunun başaşağı kaldığı konumlarda pompanın monte edilmesine izin verilmez.
- Motor gücü belli bir düzeyi geçtiği durumlarda dikey pozisyonda uygulama yapmadan önce üreticiye danışılmalıdır.

Yüksek basınçlı santrifüj pompalar

Bu tip pompalar çark ve kademe gövdeleriyle çok kademeli olarak tasarlanmıştır.

Pompanın debisi çarkın boyutlarına ve diğer et- kenlere bağlıdır.

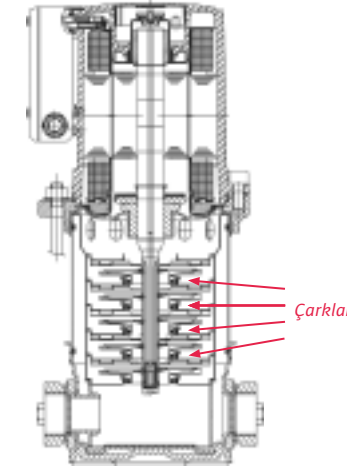
Yüksek basınçlı santrifüj pompaların basma yük- sekliği ise birden çok çark/difüzör grubunun seri olarak arka arkaya dizilmesiyle oluşturulur. Kinetik enerjinin bir kısmı çarkta, bir kısmı da difüzörde basınca dönüştürülür.

Buraya kadar anlatılan yüksek basınçlı pompaların hepsi kuru rotorlu pompalardır, fakat Wilo'nun ıslak rotorlu motorlarla gerçekleştirdiği çok kade- meli yüksek basınçlı pompa modelleri de vardır.

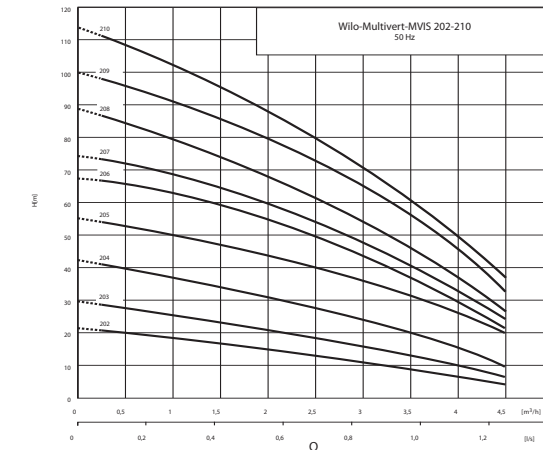
Monoblok pompalar için özel notlar:

- Monoblok pompalar uygun kaide ve desteklerle monte edilmelidir.
- Monoblok pompaların motor ve klemens kutusunun başaşağı kaldığı durumlarda monte edilmesine izin verilmez. Diğer tüm pozisyon- larda monte edilebilirler.

Montaj konumları ile ilgili daha detaylı bilgi için ilgili pompanın montaj ve kullanım kılavuzlarına bakınız.

Yüksek basınçlı santrifüj pompa kesit resmi

Islak rotorlu, çok kademeli, yüksek basınçlı santrifüj pompa örneği

Yüksek basınçlı santrifüj pompa karakteristik eğrisi



Eğriler

Pompa karakteristik eğrisi

Pompadaki basınç artışı basma yüksekliği olarak adlandırılır.

Basma yüksekliğinin tanımı

Pompa basma yüksekliği H, pompa tarafından transfer edilen akışkanın yerçekimi kuvvetine (ağırlığına) karşı yaptığı mekanik işittir.

$$H = \frac{E}{G} \text{ [m]}$$

E = Kullanılabilir mekanik enerji [N · m]
G = Yerçekimi kuvveti [N]

Pompanın oluşturduğu basınç artışı ve pompa debisi birbirinden bağımlıdır ve pompa karakteristik eğrisi olarak gösterilir.

Düşey koordinat eksenini, pompanın basma yüksekliğini (H) metre cinsinden gösterir. Diğer birimler aşağıdaki dönüşüm değerleri uygulanarak kullanılabilir.

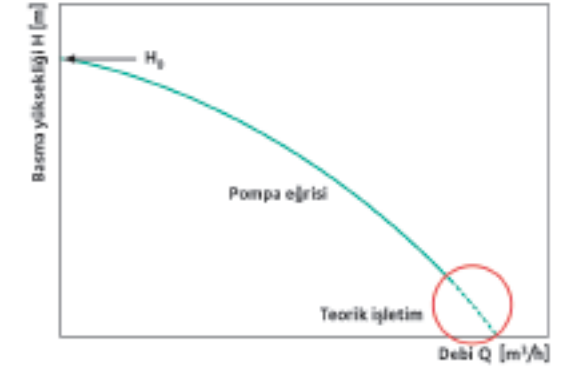
$$10 \text{ m} = 1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}$$

Yatay koordinat eksenini, pompa debisini (Q) m³/h olarak gösterir. Farklı birimler de (örneğin litre/saniye) kullanılabilir.

Elektrik enerjisi (toplam verim dikkate alınarak) pompa hidrotik enerjiye basınç artışı ve hareket olarak dönüştürülür.

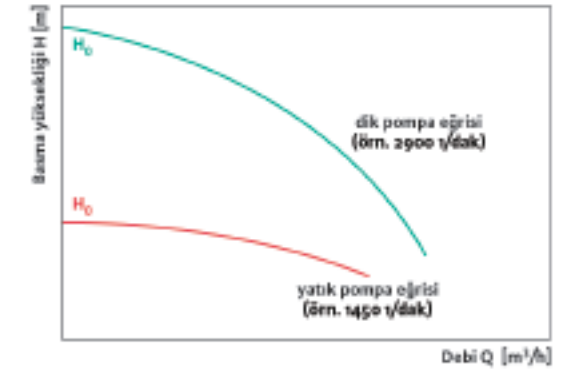
Pompa kapalı vanaya karşı çalıştırılırsa, en yüksek pompa basıncı oluşur. Bu noktada debi Q = 0 (sıfır noktası) ve pompa basma yüksekliği "H₀" olarak gösterilir. Vana yavaşça açıldığında akış başlar ve elektrik motorunun enerjisi kinetik enerjiye dönüşür ve H₀ basıncı eğri üzerinde düşmeye başlar. Teorik olarak, pompa karakteristik eğrisinin debi eksenine kesiştiği noktada sadece kinetik enerji debiye dönüşür ve pompa basıncı sıfır olur. Bununla birlikte, boru hattında oluşan iç dirençler nedeniyle gerçek pompa eğrisi debi eksenine (sıfır noktasına) ulaşmadan sonlanır.

Pompanın karakteristik eğrisi



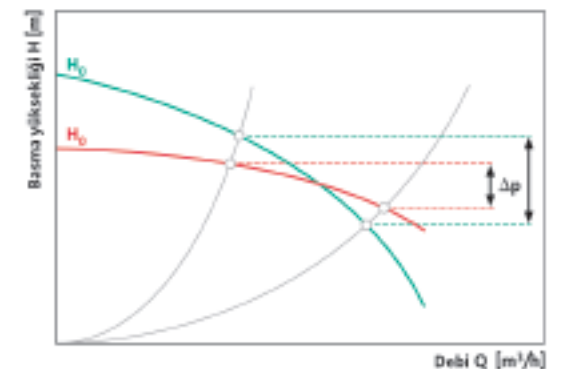
Pompa karakteristik eğrisinin şekli

Aşağıdaki grafikte farklı devir hızlarına sahip değişik sirkülasyon pompalarının karakteristik eğrileri gösterilmiştir.



Çalışma noktasının farklı pompa karakteristiklerinde değişimi:

- Yatık pompa karakteristik eğrisi
 - Debiye büyük, basma yüksekliğinde küçük değişim farkı
- Dik pompa karakteristik eğrisi
 - Debiye küçük, basma yüksekliğinde büyük değişim farkı

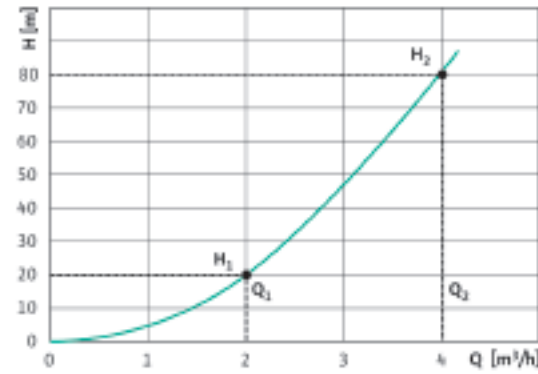


Sistem karakteristiğine göre debi ve basınç farklılıkları

Sistem karakteristik eğrisi

Boru hattında oluşan iç dirençler pompalanan akışkanın basma yüksekliğinde kayıplara neden olur. Bu basınç kaybı akışkanın sıcaklığından, vizkozitesinden, debisinden, bağlantı elemanları ve borulardaki sürtünme kayıplarından (boru çapı, pürüzlülüğü ve uzunluğuna göre) bağımlıdır ve sistem karakteristik eğrisi olarak pompa eğrisiyle aynı grafikte gösterilir.

Tesisatın sistem karakteristik eğrisi



Sistem karakteristik eğrisinin özellikleri:

Suyun boru iç çeperlerinde oluşturduğu sürtünme, su damlacıklarının birbirlerine karşı oluşturduğu sürtünme, pompa çark ve gövdesinde yön değişimlerinden kaynaklanan kayıplar tesisat sistemindeki toplam sürtünme kayıplarını ifade eder.

Pompa debisi değiştiğinde (örneğin termostatik radyatör vanalarının açılıp kapanmasıyla), su hızı ve sürtünme direnci de değişir. Boru iç çapı değişmediğinden, akış kesit alanı aynı kalır ve direnç debinin karesiyle orantılı olarak değişir.

Bu nedenle sistem eğrisinin şekli parabol olur ve matematiksel olarak aşağıdaki formülle gösterilir.

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{Q_1^2}{Q_2^2}$$

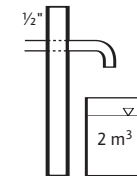
Sonuç

Örneğin sistemin debisi 1/2 azalır, basma yüksekliği bir öncekinin 1/4'üne düşer. Eğer debi 2 katına çıkarsa, basma yüksekliği 4 katı olur.

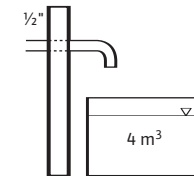
Örneğin çapı R^{1/2} olan bir musluktan akan suyun ilk basıncı 2 bar (yaklaşık olarak 20 m pompa basma yüksekliğine karşılık gelir) ve debisi 2 m³/h olsun. Çıkış debisini 4 m³/h'e yükseltmek için giriş basıncını 2 bar'dan 8 bar'a çıkartmak gerekmektedir.

Basınç değişimlerinde aynı akış kesitinden geçen debi miktarları

Basınç 2 bar
Debi 2 m³/h



Basınç 8 bar
Debi 4 m³/h



Çalışma noktası

Pompa karakteristik eğrisinin sistem karakteristik eğrisi ile kesiştiği nokta ısıtma veya su temini sisteminin o anki çalışma noktasıdır.

Başka bir deyişle pompanın güç tüketimi ile boru sistemindeki dirençleri karşılayabilmek için gerekli güç miktarı arasında dengeğin olduğu nokta sistemin o anki çalışma noktasıdır.

Pompa basma yüksekliği kapalı devre sistemlerde sistemdeki akışkanın direncine eşittir. Pompanın sağlayabileceği debiyi de belirler.

Pompanın aşırı ısınmasını ve zarar görmesini önlemek için debi belli bir miktarın altına düşmemelidir. Pompa eğrisinin dışında kalan çalışma noktaları motora zarar verebilir. Üreticinin tavsiyelerine mutlaka uygulanmalıdır.

İşletim sırasında debi değiştiğinde, çalışma noktası da buna bağlı olarak değişir.

Proje mühendisi istenen çalışma noktasını seçerken sirkülasyon pompaları için, binanın azami ısıtma yükünü, hidrofor sistemleri için ise pik talep anındaki debi gereksinimini dikkate almalıdır.

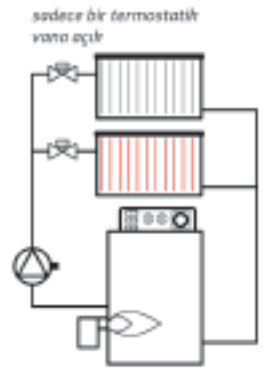
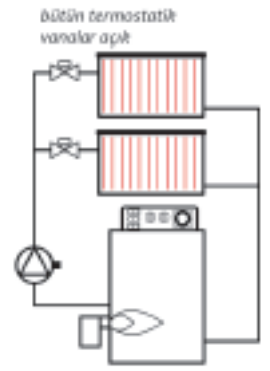
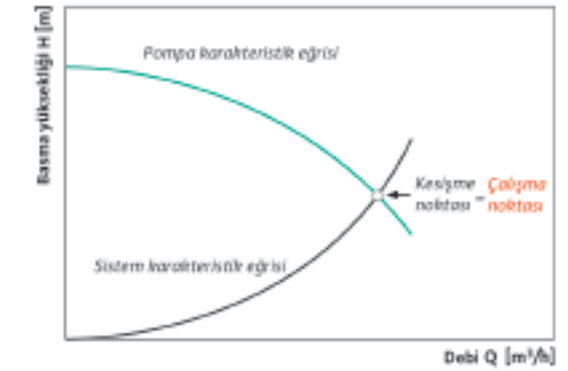
Uygulamada diğer tüm çalışma noktaları pompa eğrisi üzerinde istenen çalışma noktasının sol tarafında kalır.

Sağ taraftaki resimlerde debi miktarı değiştiğinde çalışma noktalarının nasıl değiştiği gösterilmektedir.

Eğer çalışma noktası sol tarafa kayarsa basma yüksekliğinde artış görülür. Çalışma noktasının düşey eksene çok yaklaşması vanalarda gürültüye neden olabilir.

Değişken devirli, elektronik kontrollü pompalarla debi ve basma yüksekliğinin ayarlanması, pompanın elektrik tüketimini önemli ölçüde azaltır.

Çalışma noktasının ayarlanması





Isı yüküne göre pompanın ayarlanması:

Dört mevsimden oluşan iklimimizde, dış hava sıcaklıklarında önemli dalgalanmalar oluşur. 20°C'den 40°C'ye varan yaz sıcaklıkları, kış aylarında -15°C'den -20°C'ye kadar düşer. Bu dalgalanmalar yaşama alanlarına çok da uygun değildir.

İklim değişiklikleri

Mevsimsel iklim değişikliklerinden dolayı gerekli ısıtma enerjisinin ne kadar değişken olduğu sağdaki resimde taralı alanda açıkça görülmektedir.

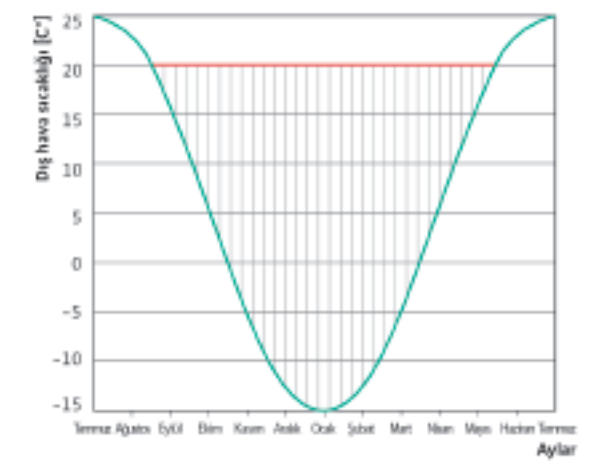
Eskiden ısıtmada kullanılan enerji çeşitleri çok pahalı olmadığından, ne kadar yakıt harcandığı çok da önemli değildi.

1973 yılında ilk petrol krizi çıktığında enerjiyi korumanın gerekliliği fark edildi.

Binalarda ısı yalıtımı önemli hale geldi ve yapı teknolojisindeki gelişmeleri hızlandırmak için yasal düzenlemelere gidildi.

Isıtma sistemleri teknolojisi de bu değişikliklerle aynı hızda gelişti. Öncelikle oda sıcaklığını konforlu bir seviyede sabit tutabilmek için termostatik radyatör vanalarının yaygın kullanımına başlandı.

Mevsimden bağımlı dış hava sıcaklıkları



Taralı alan gerekli ısı enerjisini gösterir

Kısılan termostatik vanalarla sıcak su miktarının ayarlanması yoluna gidildi. Bu durumda ise sabit hızlı pompalarda yükselen pompa basıncı, termostatik vanalarda gürültülü akışa neden oldu. Bunu önlemek için tesisata by-pass vanaları monte edilmeye başlandı.

Sayfa 33'de "Çalışma noktası" bölümüne bakınız

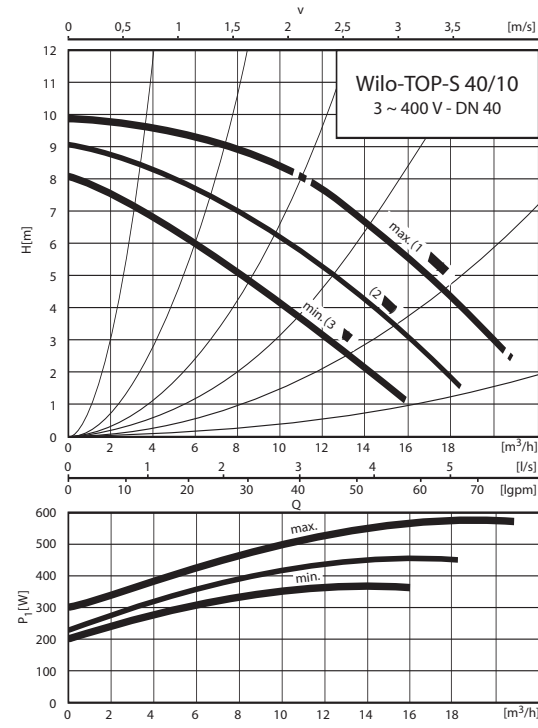
By-pass vanaları oluşan basınç farklılığını giderek tesisattaki gürültü problemini çözüyordu. Ancak pompanın boşuna elektrik tüketmesini engelleyemiyordu.

Pompa devir hızı

Pompa üreticileri devir hızı kademeli olarak değiştirilebilen ıslak rotorlu pompaları kullanıma sunmuşlardır.

Daha önceki bölümlerde pompa debisinin devir hızıyla birlikte değiştirilebildiği anlatılmıştı. Bu özellikle sirkülasyon pompası oda sıcaklığını direkt kontrol edebilir hale gelmiştir.

Wilo-TOP-S pompa karakteristik eğrisi



Wilo-TOP-S üç değişik hız kademeli ıslak rotorlu sirkülasyon pompası

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarının motor hızlarının değiştirilebilmesi için, farklı iç üniteler eklenmiştir.

Isıtma sistemlerinde kullanılan borulardan geçen su miktarı azaldıkça, boru kayıpları da azalmakta ve pompanın daha düşük basınçta çalışması sağlanmaktadır. Böylece motor güç tüketimi de önemli ölçüde azalmaktadır.

Sirkülasyon pompasının hızının, pompa motorlarına entegre edilmiş kontrol üniteleriyle değiştirilebilmesiyle, oda sıcaklığının kontrolü direkt olarak sirkülasyon pompasıyla yapılabilmektedir. Bu durumda by-pass vanalarının kullanımına da gerek kalmamaktadır.

Kontrol üniteleri pompa hızını aşağıdaki değişkenlerden bağımlı olarak otomatik olarak ayarlayabilmektedir:

- Zaman
- Su sıcaklığı
- Diferans basıncı
- Sisteme özel diğer değişkenler

Değişken devir hızlı kontrol

80'lerin başlarından itibaren ısıtma sistemlerinde yüksek güçte kuru rotorlu pompaların değişken hızda kontrol edilebilmesi, elektronik frekans konvertör cihazlarının kullanımıyla sağlandı.

Frekans konvertör cihazı elektrik motorunu besleyen şebekenin voltajını ve frekansını değiştirerek motorun hızının istenen değerde oluşmasını sağlamaktadır. Motordan ve aynı zamanda tesisat sisteminden kaynaklanan nedenlerden dolayı iklimlendirme sistemlerinde motor frekansının genelde 20 Hz'in (devir hızının nominal devir hızının %40'ının) altına inmesine izin verilmemektedir.

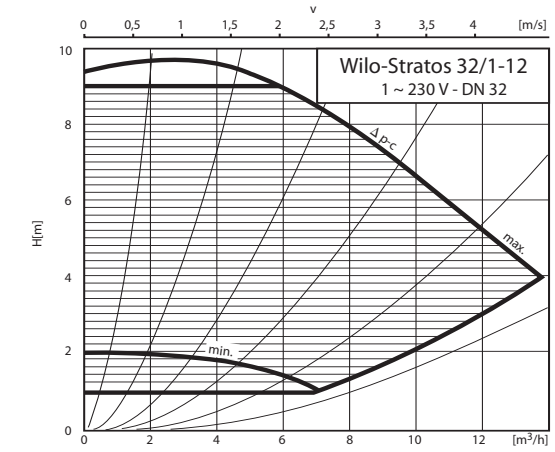
Maksimum ısı yükü en soğuk/sıcak günlere göre seçildiğinden, işletim ömrünün çok kısa bir döneminde motorlar maksimum frekansta çalışmak zorundadırlar. Pompalar işletim sürelerinin çok büyük bir bölümünde kısmi yükte çalışmaktadır.

20 yıl öncesine kadar motor devirlerinde değişiklik yapabilmek için büyük trafo üniteleri kullanılıyordu. Elektronik frekans konvertörlerinin geliştirilmesiyle birlikte, Wilo-Stratos'ta olduğu gibi pompa üzerine direkt olarak monte edilen devir hızı kontrol modülleri kullanılmaya başlandı.

Hız kontrol entegrasyonu, başlangıçta ayarlanan basma yüksekliği sabit tutulabilmekte, dış hava sıcaklığı ve diğer etkenlerle değişen debi gereksinimi basma yüksekliğini etkilememektedir.

2001 yılından itibaren, ıslak rotorlu pompa teknolojisindeki yeni gelişmelerle yüksek verimli yeni nesil pompalar üretilmeye başlandı. ECM motor teknolojisi (Elektronik Komütasyonlu motor) ile üretilen, senkron motorlu pompalar yüksek verimleriyle işletim süresince fevkalade yüksek enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Wilo-Stratos pompa karakteristik eğrisi



Frekans konvertör entegrasyonlu yüksek verimli Wilo-Stratos

Küçük pompalarda 1988'den bu yana elektronik teknolojisiyle üretilmiş değişken hızlı kontrol üniteleri kullanılmaktadır.

Sayfa 25'te "Islak rotorlu sirkülasyon pompaları" bölümüne bakınız

Kontrol modülleri - Ayar ve regülasyon seçenekleri

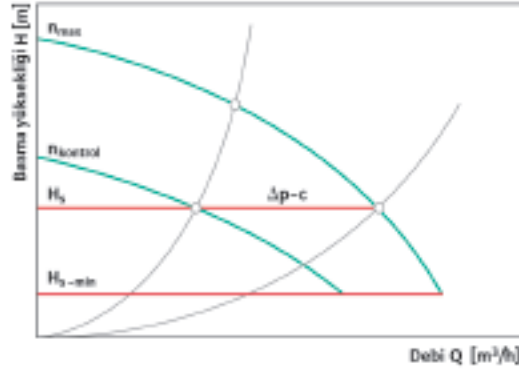
Bugün kullanılan elektronik kontrollü pompalar, çeşitli işletim ortamlarına uyum sağlayacak şekilde farklı ayar ve regülasyon seçeneklerine izin veren elektronik ünitelerle donatılmıştır.

Pompanın, harici komutları kullanılarak özel çalışma noktalarını ayarlayabileceği işletim ve kontrol seçenekleri vardır.

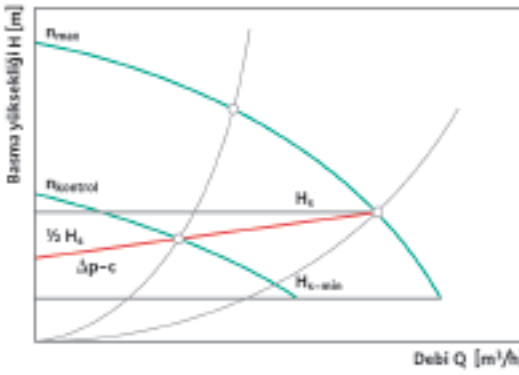
En çok kullanılan ayar ve regülasyon seçenekleri pompa karakteristik eğrileriyle birlikte takip eden sayfalarda anlatılmıştır.

Farklı regülasyon seçeneklerinde pompa karakteristik eğrileri

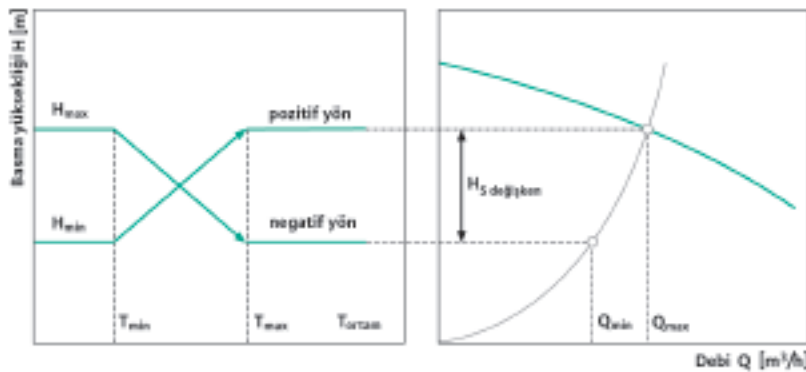
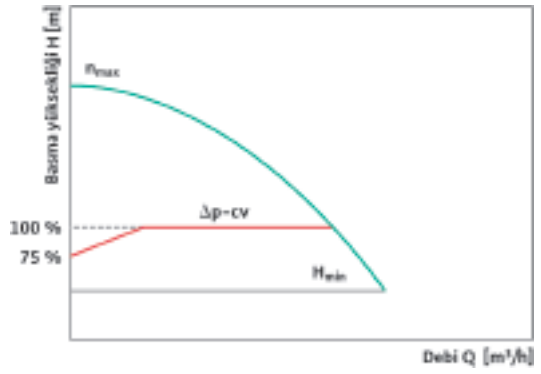
Sabit diferans basınç regülasyonu: $\Delta p-c$



Değişken diferans basınç regülasyonu: $\Delta p-v$



Sabit/değişken diferans basınç regülasyonu: $\Delta p-cv$



Sıcaklıktan bağımlı diferans basınç regülasyonu: $\Delta p-T$, debi değişimlerinden bağımlıdır

Regülasyon seçenekleri:

$\Delta p-c$ – Sabit diferans basınç regülasyonu
Bu regülasyon seçeneğinde cihaz üzerinden set edilen diferans basınç değeri H_s izin verilen debi aralıklarında pompanın devir hızı kademesiz olarak değiştirilerek sabit tutulmaktadır.

$\Delta p-v$ – Değişken diferans basınç regülasyonu
Tesisatın değişken debi gereksinimine bağlı olarak, pompa diferans basıncı set edilmiş ilk H_s değeri ile $1/2 H_s$ değeri arasında lineer olarak değiştirilmektedir.

$\Delta p-cv$ – Sabit/değişken diferans basınç regülasyonu
Bu regülasyon seçeneğinde diferans basınç değeri belli bir debi değerine kadar sabit tutulmakta sonra lineer olarak istenen bir başka değere (örneğin %75'ine) düşürülmektedir.

$\Delta p-T$ – Sıcaklıktan bağımlı diferans basınç regülasyonu
Bu regülasyon seçeneğinde pompanın set edilen diferans basıncı akışkanın ölçülen sıcaklığından bağımlı olarak iki farklı seçenekte değiştirilebilmektedir:

- Pozitif yönlü kontrol seçeneği;
Akışkanın sıcaklığı arttıkça set edilen diferans basıncı H_{min} ve H_{max} arasında lineer olarak artar. Bu regülasyon seçeneği değişken giriş sıcaklığı olan kazan sistemlerinde tercih edilmektedir.
- Negatif yönlü kontrol seçeneği;
Akışkanın sıcaklığı arttıkça set edilen diferans basıncı H_{max} ve H_{min} arasında lineer olarak azalır. Bu seçenek yoğunlaşma kazan sistemlerinde, dönüş suyu sıcaklığının yoğunlaşma için gerekli olan sıcaklığa uyum sağlayabilmesi için kullanılır. Bu seçenekte sirkülasyon pompası dönüş hattına monte edilmek zorundadır.

Ayar seçenekleri:

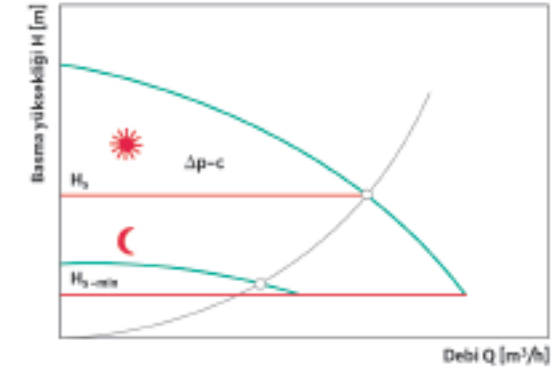
Otomatik çalışma (otopilot)
Elektronik kontrollü ıslak rotorlu sirkülasyon pompaları otomatik çalışma (otopilot) fonksiyonuyla donatılmıştır. Sistemin gidiş sıcaklığı azaldıkça debi regülasyonu yerine istenen ortalama debiyi sağlayacak sabit devirde çalıştırılır (fuzzy kontrollü düşük yükte çalışma). Bu işletim sayesinde güç tüketimi azaltılarak ek bir tasarruf sağlanmaktadır.

Otopilot işletimi ancak sistem hidrolik olarak kalibre edildiyse ayarlanabilir. Donma ihtimallerinde otopilot devreden çıkartılmalıdır.

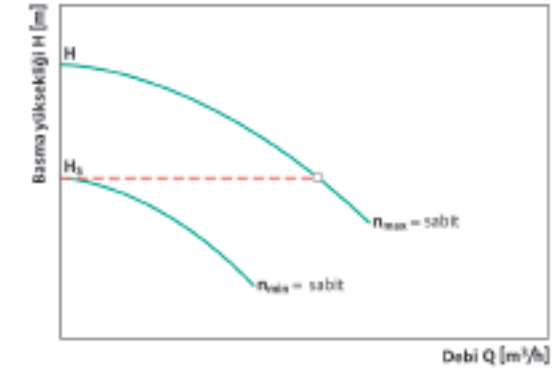
Manuel (elle) çalışma
Manuel çalışmada elektronik kontrollü pompanın elektronik modülü n_{min} ve n_{max} değerleri arasında sabit bir devirde ayarlanır. Manuel çalışma moduna geçildiğinde, diferans basınç regülasyonu devre dışı kalır.

DDC (Direkt Dijital Kontrol) ve bina otomasyon sistemine bağlantı
Bu çalışma şeklinde set edilen referans değeri ile ölçülen H_s değeri karşılaştırması bina yönetim sistemindeki harici bir regülasyon cihazı ile yapılır. Harici kontrol merkezinden pompaya 0-10 V veya 0-20 mA'lık, 2-10 V veya 4-20 mA'lık analog veya dijital (pompa PLR veya LON interface bağlantısıyla) sinyalleriyle kontrol ulaştırılır. Pompa bina otomasyon bilgi ağına bağlanmış olur.

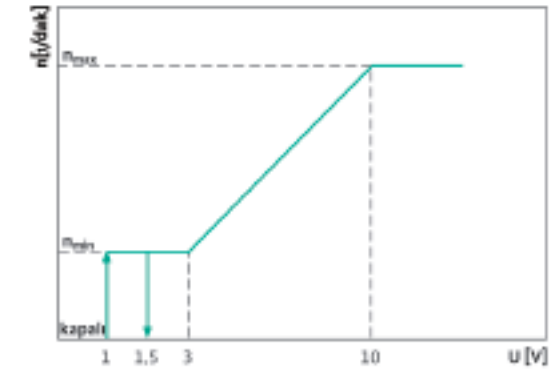
Farklı çalışma seçeneklerinde pompa karakteristik eğrileri



Otomatik çalışma seçeneği (otopilot)



Manuel çalışma seçeneği



DDC çalışma seçeneği-analog kontrol ünitesi

Isıtma sistemleri için pompa seçimi

Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompalarının debi miktarı binanın ısı yüküne bağlı olarak değişir. Pompanın basma yüksekliği ise sistemin boru sürtünmelerini ve diğer dirençleri karşılayacak şekilde hesaplanır. Yeni bir ısıtma sistemi kurulduğunda, binanın tesisat şeması ve bilgisayar yazılım programları yardımıyla basınç kayıpları kolayca hesaplanabilir. Fakat mevcut sistemin yenilenmesinde (renovasyon çalışmaları) bu hesapların yapılması çok zordur. Bu durumda gerekli pompa kapasite değerlerinin hesaplanmasında birkaç yaklaşım kullanılabilir.

Pompa debisi

Isıtma sistemlerinde kullanılacak sirkülasyon pompasının debisi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$Q_p = \frac{P}{1,163 \cdot \Delta T} \quad [m^3/h]$$

- Q_p = Pompa debisi [m^3/h]
 P = Transfer edilen ısı gücü [kW]
1,163 = Suyun $0^\circ C-100^\circ C$ arasındaki ortalama özgül ısı kapasitesi [Wh/kgK]
 ΔT = Isıtma sisteminde gidiş ve dönüş arasındaki sıcaklık farkı [K], standart sistemler için 10-20 K alınabilir.

Pompa basma yüksekliği

Akışkanı ısıtma sisteminin her noktasına taşıyabilmek için pompa, sistemdeki tüm boru kayıplarını ve diğer dirençleri yenmelidir. Mevcut bir sistemdeki boru tesisat şemasının çıkarılması ve kullanılan boruların iç çaplarının saptanması çok zor olduğundan, pompa basma yüksekliğinin hesabında aşağıdaki formül kullanılır:

$$H_p = \frac{R \cdot L \cdot ZF}{10.000} \quad [m]$$

- R = Düz borudaki sürtünme kaybı [Pa/m]
Burada, standart sistemler için binanın yaşına bağlı olarak 50 Pa/m ile 150 Pa/m arasında bir değer alınabilir (Eski evlerde doğal sirkülasyonlu sistemlerde çok büyük çaplı borular kullanıldığından sürtünme kaybı olarak 50 Pa/m seçilebilir).
- L = En uzun ısıtma hattı (gidiş ve dönüş) uzunluğu [m] veya;
(Binanın uzunluğu + binanın genişliği + binanın yüksekliği) x 2, alınabilir.
- ZF = Düz borunun dışındaki direnç kayıpları için ek faktörler;
Boru bağlantı parçaları için $\approx 1,3$
Termostatik radyatör vanaları için $\approx 1,7$
Sistemde bu parçalar da ilave olarak kullanılıyorsa $ZF=2,2$ alınabilir.
Boru bağlantı parçaları için $\approx 1,3$
Termostatik radyatör vanaları için $\approx 1,7$
Karıştırıcı vana/ağırlıklı frenleme sistemi için $\approx 1,2$
Sistemde bu parçalar da ilave olarak kullanılıyorsa $ZF=2,6$ alınabilir.
- 10.000 = Birimlerarası dönüşüm faktörü

Uygulama örneği

Çok aileli eski tip bir binanın ısı gücü hesaplamalara veya dökümanlara göre 50 kW'tır.

Sıcaklık farkı $\Delta T = 20$ K,
($T_{gidiş} = 90^\circ\text{C} / T_{dönüş} = 70^\circ\text{C}$)

Bu değerlere göre;

$$Q_p = \frac{50 \text{ kW}}{1.163 \cdot 20 \text{ K}} = 2,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

Eğer aynı bina 10 K gibi daha az ısı değişim miktarıyla ısıtılmak istenirse, gerekli ısıyı transfer edebilmek için sirkülasyon pompasının iki katı debiyi (4,3 m³/h) pompalayabilmesi gerekir.

Bizim örneğimizde, eski tip bina olduğundan borulardaki sürtünme kaybını 50 Pa/m, gidiş ve dönüş boru hattı uzunluğunu 150 m ve ek direnç kayıp faktörünü (karıştırıcı vana ve ağırlıkla frenleme sistemi olmadığından) 2,2 alıyoruz. Bu değerleri pompa basma yüksekliği formülüne yerleştirdiğimizde;

$$H_p = \frac{50 \cdot 150 \cdot 2,2}{10.000} = 1,65 \text{ m}$$

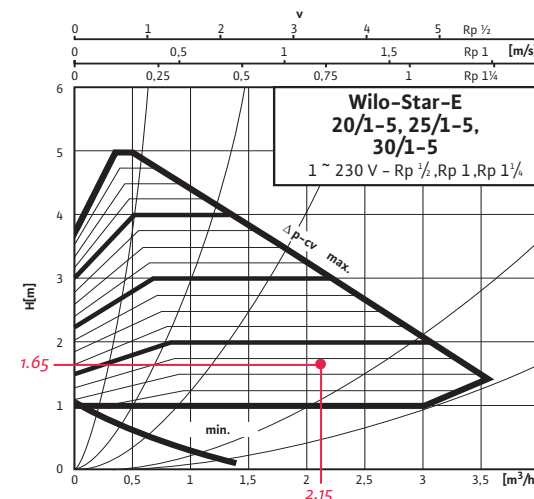


Pompa seçimi bölümünde verim eğrisinin pompa karakteristik eğrisinden bağımlı olduğu açıklanmıştı. Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompalarının en iyi toplam verimi, pompa eğrisinin orta bölümünde kalan alandadır (II no.lu bölge). Sirkülasyon pompaları ısıtma ömürlerinin %98'inde kısmi kapasiteyle çalıştıklarından, başlangıçta istenen çalışma noktası III no.lu alanda seçildiğinde bu nokta zaten ortaya kayacak ve pompa en uzun süre en yüksek verimli alanda çalışmış olacaktır.

Direnç arttıkça, tesisatın sistem karakteristik eğrisi dikleşir (örneğin, termostatik radyatör vanası kısıldığında tesisatın toplam direnci artar).

Hesaplanan debi ve basma yüksekliği bilgilerine göre katalogdan Wilo-Star-E Serisi pompayı seçebiliriz:

Wilo-Star-E pompa karakteristik eğrisi



Pompa seçiminin etkileri

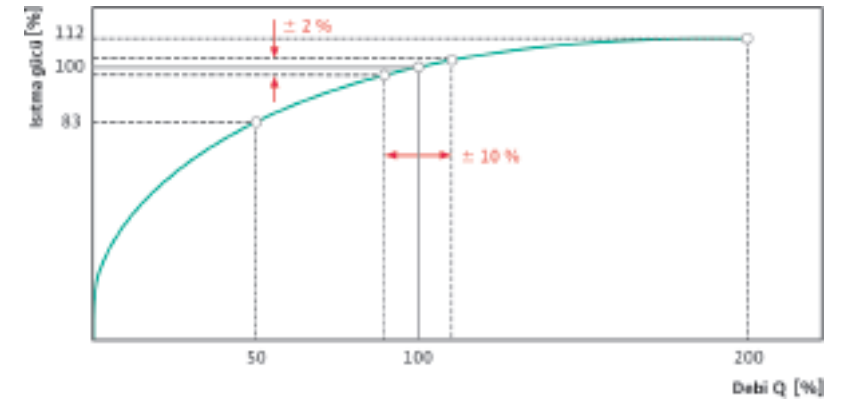
Boru tesisatını tam olarak bilemediğimiz bir ısıtma sisteminin pompasını varsayılan yaklaşımlarla hesapladığımızda bunun sisteme etkileri neler olabilir?

Isı yayan elemanlardan bir radyatörün ısı yayma karakteristiğini incelediğimizde, debinin %10 azaldığında odaya verilen ısıya sadece %2 azaldığını, ya da debinin %10 arttığında odaya verilen ısıya yalnızca %2 arttığını görüyoruz. Debinin iki katına çıktığında bile odaya verilen ısıya sadece %12 arttığını görüyoruz.

Bunun nedeni, radyatörlerin içindeki suyun hızının direkt olarak debiye bağımlı olmasıdır.

Yüksek akışkan hızı, radyatörün içinde sıcak suyun kaldığı sürenin kısılması, düşük akışkan hızı ise radyatörün içindeki suyun odaya daha uzun süre ısı vermesi anlamına gelmektedir.

Radyatörün debiden bağımlı ısı yayma karakteristiği



Bu nedenle, pratikte güvenli olsun diye gereksinim duyulandan daha büyük pompa seçilmesi tamamiyle yanlış bir uygulama olup, yüksek elektrik tüketimine sebep olur.

Sıcaklığı 20°C olan bir odada radyatör ısıtma eğrisi (90/70°C)

Radyatörün ısı yayma karakteristiğine göre pompa debisi %50'ye indirildiği durumda bile, radyatör nominal ısı yayma gücünün %83'ünü ortama aktarabilmektedir.

Pompa seçim programı - Wilo Select

Wilo-Select pompa ve ekipmanların seçiminde kullanılan komple bir programdır. Hesaplamalardan pompa seçimine, eğrilerden pompa resimlerine kadar tüm bilgi ve dökümantasyonlar programdan elde edilebilir.

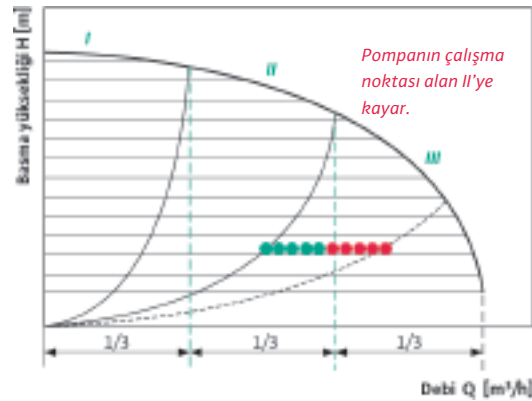
Wilo-Select Classic'te uygulamada kullanılan tüm pompa sistemleri için gerekli aşağıdaki başlıklar bulunabilir:

- Hesaplama
- Pompa seçimi
- Katalog ve konu araştırması
- Pompa değiştirme
- Dökümantasyon
- Elektrik tüketimi ve amortisman hesabı
- Ömür boyu kullanım maliyet hesabı
- Acrobat PDF, DXF, GAEB, Datanorm, VDMA, VDI, CEF formatlarına dönüştürme
- İnternette otomatik güncelleme



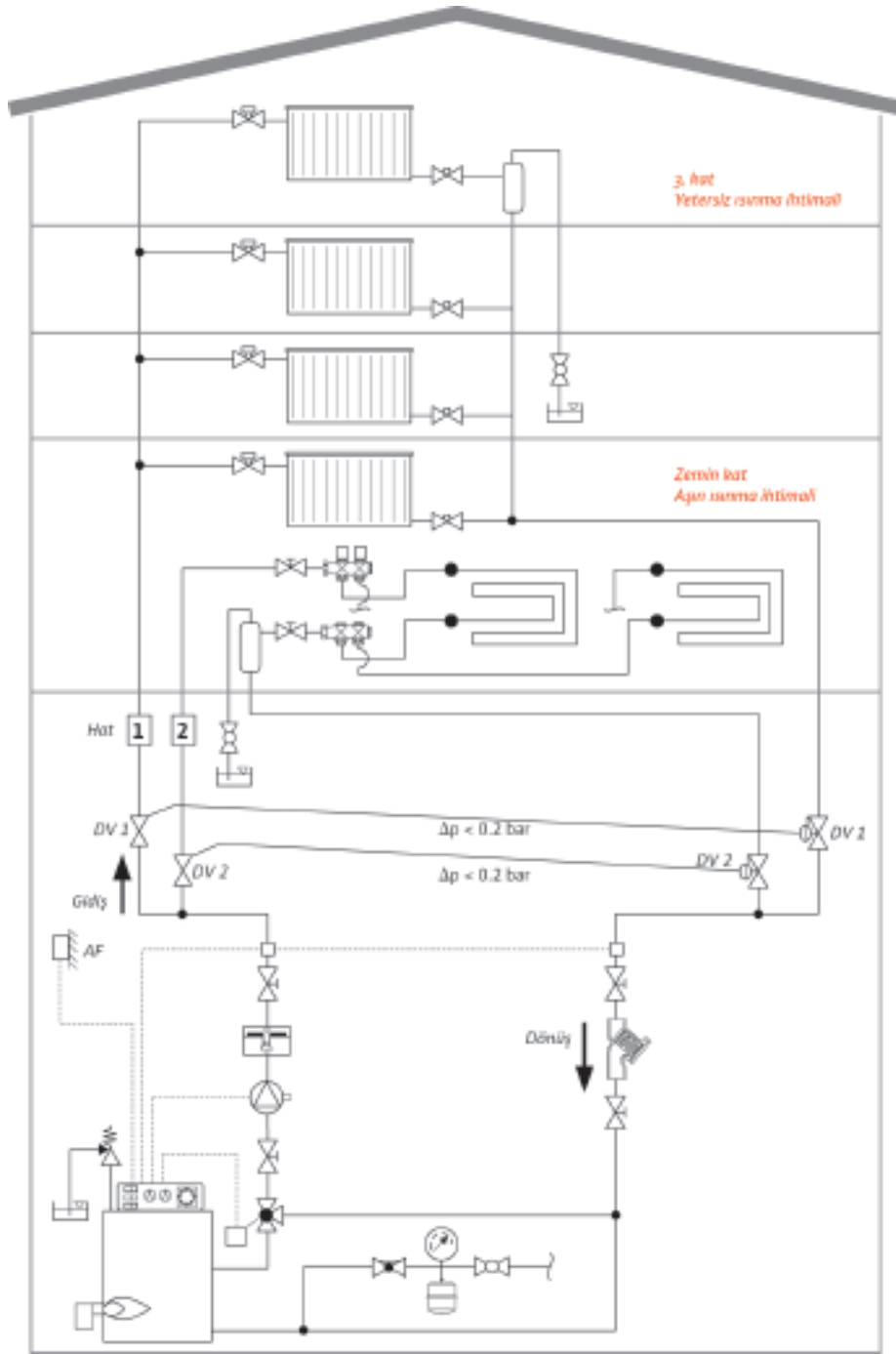
Değişken debili sistemlerde pompa karakteristik eğrisinde çalışma noktaları

- Alan I
Öngörülen pompa çalışma noktası bu bölgede ise daha küçük bir pompa seçilir.
- Alan II
Pompa çalışma ömrünün %98'inde bu bölgede çalışacaktır.
- Alan III
Çalışma noktası bu bölgede olan elektronik kontrollü pompa seçildiğinde, pompa ısıtma gereksiniminin en yüksek olduğu dönemde (çalışma ömrünün sadece %2'si) bu bölgede çalışacaktır.



Hidrolik dengelenme (balanslama) olanağına sahip bir ısıtma sisteminin şematik resmi

-  Hava tahliye purjörü (hattın en yüksek pozisyonunda)
-  Drenaj vanası
-  Termostatik vana
-  Geri dönüş vanası
-  Kesme vanası
-  Elektrik aktüatörü
-  Geri dönüş aktüatörü
-  Balans vanaları
-  Sirkülasyon pompası
-  Ağırlıklı frenleme sistemi
-  3 yollu karıştırıcı vana
-  Pislik tutucu
-  Kapalı genişleme deposu Fitting ve vanasıyla birlikte
-  Emniyet ventili
-  Drenaj



Verimli bir pompa işletimi için sistemin hidrolik dengelenmesinin (balanslama) yapılması gerekmektedir.

Isıtma sistemlerinde hidrolik kontrol (balanslama)

Isıtma sistemlerinde optimum ısı dağılımı ve mümkün olan en konforlu (minimum gürültü düzeyi vb.) işletimi sağlayabilmek için hidrolik kalibrasyon (balanslama) şarttır.

Hidrolik dengeleme sistemdeki tüketicilere giden su debisinin gereğinden daha yüksek veya daha düşük olmasını da önler.

Sirkülasyon pompası sistemin ihtiyacı olan nominal debiyi borulara ve ısı yayan elemanlara gönderir. Her kullanıcıya, örneğin bir radyatöre gelmesi gereken debi, nominal pompa debisinin sadece bir bölümüdür. Bu debi radyatörün boyutuna, termostatik ve kontrol vanalarının ayarlarına da bağlıdır.

Her ısı yayan elemanın doğru debi ve basma yüksekliği değeri ile beslenebilmesi için, tesisatta ön ayarlı termostatik vanalar, kontrol vanaları ve balanslama vanaları gibi ekipmanlar kullanılmalıdır.

Termostatik ve balanslama vanalarının ayarları üretici tavsiyelerine uygun olarak (40 ve 140 mbar basınç farkı) her kullanıcı için ayrı ayrı yapılır.

Ancak kullanıcıları aşırı pompa basıncına karşı ayrıca korumak gerekebilir. Örneğin termostatik vanaların önündeki pompa basıncı 2 m'yi geçmemelidir. Eğer sistem gereği bu basıncın üstüne çıkılması gerekiyorsa ilgili hatta diferans basıncı duyarlı kontrol vanası kullanılarak limit değerlerin aşılmaması sağlanır.

Sayfa 42'de "Uygulama örneği" bölümüne bakınız

Elektronik kontrollü sirkülasyon pompalarının ayarlanması

Günümüzde kullanılan elektronik hız kontrollü sirkülasyon pompaları bilinmeyen bir sistem için gerekli basma yüksekliğinin ayarlanmasında çok basit bir seçenek sunmaktadır:

- Önce tesisat dikkatlice balanslanır ve havası alınır. Daha sonra bütün kontrol vanaları açılır.
- Pompanın klemens kutusu üzerinde, basma yüksekliğini ayarlayabilmek için bir buton vardır. Ayarlama en düşük basma yüksekliği ile başlanır. Bu sırada tesisatın en uzak noktasındaki (kritik nokta) radyatörün başında telsizli veya cep telefonlu bir kişi bekletilir.
- Bu kişi kritik noktadaki radyatöre yeterli sıcak suyun ulaştığını rapor edinceye kadar basma

yüksekliği ayarı yavaş yavaş yükseltilir. Bu ayar yapılırken tesisatta kullanılan su hacminden kaynaklanan atalet dikkate alınmalıdır.

- En uzak noktadaki radyatör de ısındığında, set etme işlemi tamamlanır.

Birden çok pompanın seri ve paralel işletimi

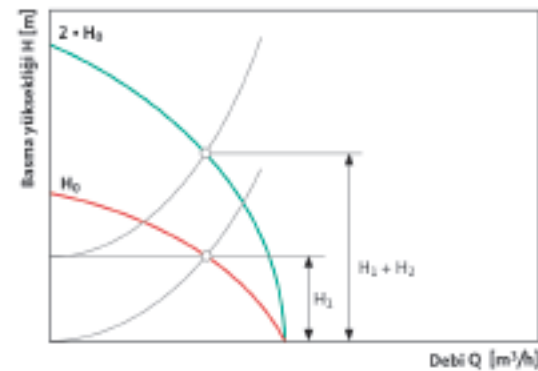
Buraya kadar tek santrifüj pompalı sistemlerden bahsettik, fakat pratikte tekli tip pompaların çalışma değerlerinin karşılamadığı sistemler de bulunmaktadır. Böyle durumlarda iki veya daha fazla pompa uygulamaya göre seri veya paralel olarak bağlanabilir.

Çok pompalı sistemlerin belirli çalışma fonksiyonlarını anlatmaya başlamadan önce, bu konuda yapılan en temel hataya dikkat çekmek gerekirse; iki özdeş pompa seri bağlandığında basma yüksekliği iki katına çıkmadığı gibi, paralel bağlandığında da debisi iki katı artmaz. Teorik olarak bu mümkün gözükse de, sistemden ve tasarımdan kaynaklanan kayıplar nedeniyle bu mümkün olmaz.

Pompaların seri bağlanması

İki pompa üst üste aynı boru hattına bağlandığında, pompa eğrileri birbirine eklenir. Başka bir deyişle pompalar kapalı vanaya karşı çalıştıklarında oluşan basınç iki pompanın basınçlarının toplamı kadardır. Aynı tip pompaların seri bağlandığı durumda, debinin sıfır ($Q=0$) olduğu noktada basma yüksekliği iki katına eşit olur.

Basma yüksekliğinin sıfır ($H=0$) olduğu noktada ise, pompalar bir pompanın transfer ettiğinden daha fazla akışkan transfer edemez.

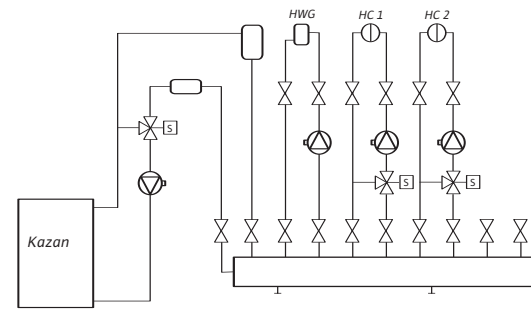
Seri bağlanan pompaların karakteristik eğrisi

Bu bilgilere göre pompaların seri bağlanmasında;

- Pompa eğrisinin dikey eksenine olan basma yüksekliği ekseninde (H), sistem karakteristik eğrisi sola kaydırsa basınç daha çok artar.
- Pompanın yatay eksenine olan debi ekseninde (Q) ise artış yok denecek kadar azdır.

Örnek uygulama: Seri bağlı çoklu pompa devresi

Kontrol teknolojilerinden kaynaklanan sebeplerle, büyük ısıtma sistemleri çok bölgeli (zonlu) ısıtma devrelerinden oluşmaktadır. Bazen sistemde birden fazla ısıtma kazanı da bulunabilir.

Çok bölgeli ısıtma devreli bir sistem örneği**Çok bölgeli ısıtma devreli sistemler**

Boyerler gibi kullanma sıcak suyu üretim cihazları (HWG) ve ısıtma devrelerinin (HC1 ve HC2) pompaları birbirlerinden bağımsız olarak çalışırlar. Sirkülasyon pompası sistem dirençlerini karşılayabilmek için tasarlanmıştır. Sistemdeki üç pompanın her biri kazan sirkülasyon pompasıyla seri olarak bağlanmıştır. Bu pompanın görevi de kazan devresinde mevcut olan dirençlerin üstesinden gelmektir.

Teorik olarak ısıtma devrelerindeki pompaların birbirleriyle özdeş olduğu varsayılsa da, her pompanın kapasitesi birbirinden farklı olabilir, bu durumda debiler birbirleriyle uyumlu olarak seçilmediyse tesisatta problem yaşanabilir. Eğer kazan devresindeki pompanın basıncı çok yüksekse, diğer dağıtıcı pompaların emiş tarafı aşırı bir giriş basıncına maruz kalabilir. Bir süre sonra pompa türbin gibi çalışmaya başlar ve sistem arızaya geçebilir veya pompada hasar oluşabilir.

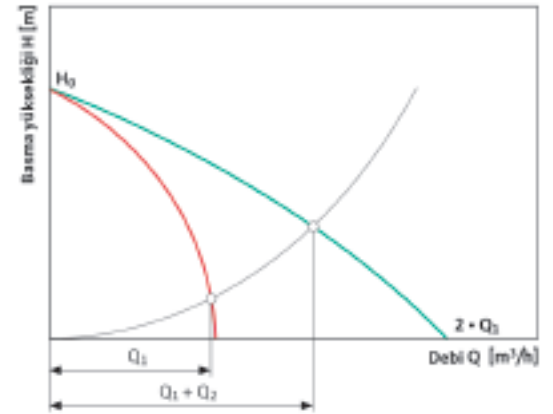
Pompaların paralel bağlanması

İki pompa paralel olarak bağlandığında, pompa eğrileri birbirine eklenir. Başka bir deyişle basıncın olmadığı ($H=0$) açık vanada çalıştıklarında toplam debi, iki pompanın debilerinin toplamı kadardır.

Yani aynı tip pompalar ise maksimum kapasite teorik olarak tek pompanın debisinin iki katı olur. Debinin sıfır olduğu ($Q=0$) olduğu noktada ise, paralel bağlı pompalar tek pompanın basma yüksekliğinden daha üst noktaya çıkamazlar.

Bu bilgilere göre pompaların paralel bağlanmasında;

- Pompa eğrisinin yatay eksenine olan debi ekseninde (Q), sistem karakteristik eğrisi sağa kaydırsa kapasite daha çok artar.
- Pompanın dikey eksenine olan basma yüksekliği ekseninde (H) en çok artış, pompa eğrisinin orta kısmındaki alanda görülebilir.

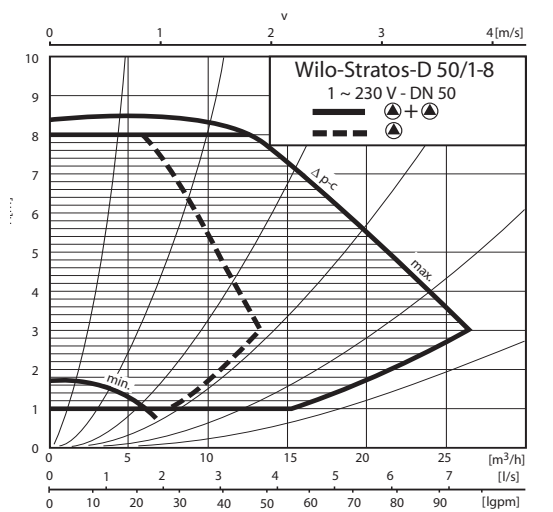
Paralel bağlanan pompaların karakteristik eğrisi

Örnek: Paralel İşletim

Isı gereksiniminin en fazla olduğu noktada, pompa I ve II paralel olarak birlikte çalıştırılır. Elektronik kontrollü modern pompalarda, paralel işletim için pompaların birbirleriyle iletişimlerini sağlayan entegrasyon modülleri mevcuttur.

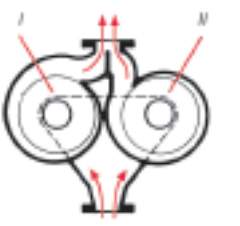
Böylece tekli tip iki adet pompa ikiz tip bir pompa sistemi gibi çalışabilmekte ve tesisatın ısı gereksinimine uygun olarak değişik hız kademelerinde elektrik tüketim optimizasyonu gerçekleştirilebilmektedir.

Aşağıdaki pompa eğrisinden de görüleceği gibi, kesikli çizgi ikiz tip pompanın tek pompasının çalışma eğrisini göstermektedir. Kalın siyah çizgi ise iki pompanın birlikte çalışma eğrisidir.

Wilo-Stratos D pompa karakteristik eğrisi

Pompalardan biri arızalandığında, debi gereksiniminin %50'sinden fazlası karşılanmaya devam eder.

Bu da daha önce gördüğümüz radyatör ısı yayma karakteristiğine göre, radyatörün çevreye gerekli ısı enerjisinin %83'ünden fazlasını yaymaya devam ettiği anlamına gelir.



İki pompa da işletimde

Aynı kapasitede iki pompanın paralel bağlanması



Aynı hidrolik kapasiteye sahip iki pompa tek gövdeye seri olarak bağlandığında sıfır debide basma yükseklikleri birbirine eklenir

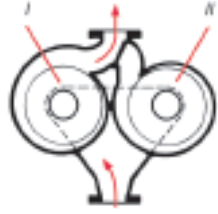


Aynı kapasitede iki pompa paralel bağlandığında debideki gerçek artış miktarı

Sayfa 43'de "Pompa seçiminin etkileri" bölümüne bakınız

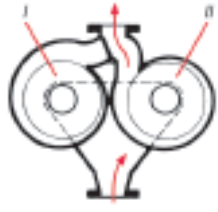
Örnek uygulama: Ana ve yedek pompalar

Isıtma sistemlerinin amacı, soğuk dönemlerde yaşama alanlarını ısıtmaktır. Bu nedenle, ısıtma devrelerinde tek pompanın arızalandığı durumlarda diğer pompanın devreye girebilmesi ve sistemin durmaması için bir asıl + bir yedek pompa kullanılması önerilir. Özellikle çok aileli binalarda, hastanelerde ve kamu kuruluşlarında bu uygulamaya geçilmiştir.



Diğer yandan tesisata ikinci bir pompa monte etmek, gerekli bağlantı elemanları ve kontrol vanalarıyla birlikte ilk yatırım maliyetini artırmaktadır.

İkiz tip pompaların kullanımıyla, iki adet pompa çarkı ve onları döndüren motorlar tek bir pompa gövdesine entegre edilmiş ve ikinci pompanın bağlantı elemanları ve vana maliyetleri ortadan kaldırılmıştır.



Pompa I veya pompa II işletimde

Otomatik yedeklemeli işletimde I. ve II. pompalar zamandan bağımlı olarak devreye girerler (örneğin her pompa 24 saatte bir rotasyona tabi tutulabilir). Ortak basınç flanşının içine yerleştirilmiş çevrim klapesi (bir nevi çek valf) yardımı ile pompalar birbirinden soyutlandırılmıştır. Bu şekilde dönüşümlü olarak çalışan pompaların kullanım ömürleri de uzamaktadır. Pompalardan birinin arızalanması durumunda diğer pompa yine otomatik olarak devreye girebilmektedir.

Çoklu pompaların azami kapasitede çalışması
Merkezi kazanlı büyük ısıtma sistemlerinde (örneğin 20 binalı bir hastane kompleksi) olduğu gibi yüksek miktarlarda debi gerektiren tesisatlarda birden çok pompa kullanılmaktadır.

Bu tip bir uygulamaya örnek olarak, aynı kapasitede 4 adet elektronik entegrasyonlu kuru rotorlu sirkülasyon pompasının birbirlerine paralel olarak bağlanmış olduğu bir pompa sistemi yan sayfada görülmektedir.

Kontrol ünitesi yardımıyla sistemin bütününde sabit diferans basıncı ($\Delta p-c$) regülasyonu gerçekleştirilebilmektedir.

Bu durumda tesisattaki tüm radyatörlerin (termostatik vanaların o anki pozisyonlarına göre) toplam debi gereksinimi pompa sistemi tarafından karşılanmaktadır. Bu debinin kaç pompanın aynı anda çalışarak sağlandığı ise herhangi bir önem arz etmemektedir.

Hidrolik balanslamanın iyi yapıldığı böyle bir tesisatta pompa grubunun örneğin $\Delta p-c$ regülasyonunu, tesisatın en kritik noktasından sinyal olarak yapmakta mümkün olmaktadır. Analog diferans basıncı algılayıcısından gelen sinyal kontrol cihazına iletilmektedir.

Pompalar sıra kontrollü bir rotasyon düzeni içinde kontrol cihazı tarafından işletime alınarak tesisatta o an için gerekli toplam debi sağlanmaktadır.

Örnekteki kontrol aşağıdaki şekilde sağlanmaktadır:
Elektronik kontrol entegrasyonlu ana pompa P_H , %100 maksimum ve %40 minimum devir hızları arasında sabit diferans basınç regülasyonu ile çalıştırılmaktadır.

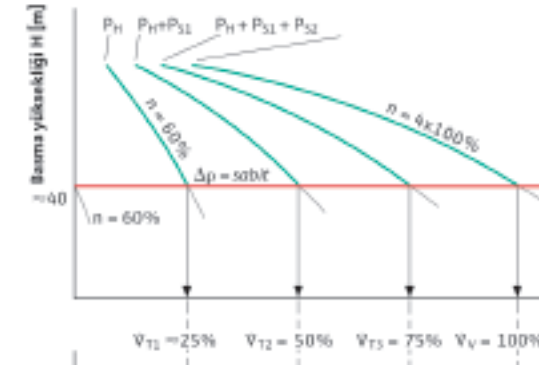
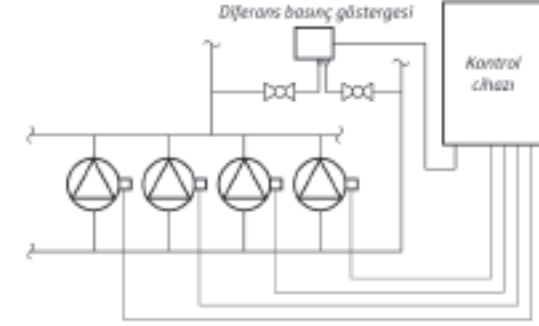
Ana pompanın, set edilen Δp değerini sabit tutmakta yetersiz kalması durumunda, kontrol ünitesi sistemdeki diğer pompaları gereksinime göre sırayla işletime almaktadır.

Sonradan devreye alınan pompalar sabit devir hızıyla nominal kapasite değerlerinde çalıştırılırken, ana pompaya devir hızı kontrolü uygulanarak, sistemin bütününde regülasyon sağlanmaktadır.

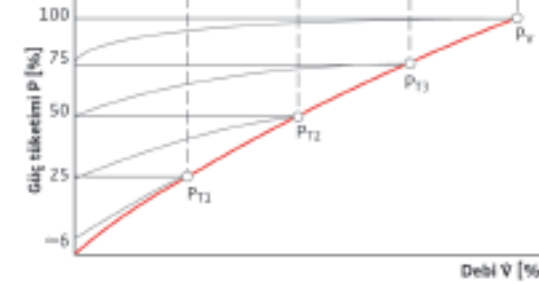
Pompalar arasında otomatik sıra kaydırması yapılarak, her pompa sırayla değişken debili ana pompa olarak işletilmektedir. Böylece toplam işletim süresi pompalar arasında eşit olarak paylaşılırak sistemin genel güvenilirliği ve işletim ömrü artırılmaktadır.

En alttaki diyagram sistemin debi-güç eğrisinde, pompaların debilerini işletim şartlarına uygun olarak çalıştırıldığında gerçekleşen enerji tasarrufunu göstermektedir.

Değişken devir hız kontrollü çoklu pompa sistemi



Açıklamalar:
 P_H = Ana pompa
 P_S = Pik-yükte pompa 1-3
 V_V = Tam-yükte debi
 V_T = Kısmi-yükte debi
 P_V = Tam-yükte güç tüketimi
 P_T = Kısmi-yükte güç tüketimi



Büyük sistemlerde, yıllarca yapılabilecek enerji tasarrufunun sağladığı düşük ömür boyu maliyetleri, bu sistemler için ödenmesi gereken ilk yatırım maliyetlerinden çok daha fazla önem arz etmektedir.

Elektronik entegrasyonlu, frekans inverter kontrollü 4 adet küçük pompanın ilk yatırım maliyeti, kontrol ünitesi olmayan bir adet büyük pompadan daha fazla olabilir. Ancak böyle bir sistem gerçekleştirdiği elektrik tasarrufuyla kendini birkaç senede amorti edebilmekte, sessiz ve konforlu bir işletim sağlamaktadır.

Böyle bir sistem kullanıcıları debi ve basınç olarak daha düzgün bir şekilde besleyebildiği için primer yakıt enerjisinden de ayrıca tasarruf sağlayabilmektedir.

Sonuçlar

İlk gelişmelerden başlayarak, en temel konular ve kompleks uygulama örnekleriyle devam ederek, “Pompa Teknolojisinin Temel Prensipleri” broşürü, pompaların nasıl ve nerede kullanılacağını anlatmayı amaçlamıştır.

Günümüzün pompalarının elektronik kontrol sistemleriyle entegrasyonunun gelişmesinin yanı sıra, pompa işletiminin ara bağlantıları ve kompleks ilişkileri de açıklanmaya çalışılmıştır.

Binalardaki ısıtma tesisatının bütünüyle kıyaslandığında, sirkülasyon pompası boyut ve satın alma maliyetleri açısından sistemin en küçük ekipmanlarından biri olmasına rağmen, diğer tesisat ekipmanlarının fonksiyonlarını gereği gibi yapmalarını sağlar. Eğer bu sistemi insan vücuduyla kıyaslarsak, hiç şüphe yoktur ki, pompa tesisat sisteminin kalbidir.

Biliyor musunuz..

“Pompa teknolojisinin temel prensipleri” hakkında bu testi cevaplandırarak bilginizi sınavabilirsiniz.

Pompa teknolojisinin tarihçesi

Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Su temini
- Atıksu uzaklaştırma
- Isıtma teknolojisi



Soru 1:

- Çok eski çağlardan itibaren pompalar kullanılıyordu. (1)
- Pompalar ısıtma sistemlerinde kullanılmak için icat edilmiştir. (2)
- Pompalar sadece su pompalamak için kullanılıyordu. (3)

Soru 2:

- Arşimet su değirmenini icat etti. (1)
- Çinliler santrifüj pompayı icat etti. (2)
- Arşimet vidasının eğimi basma kapasitesini belirliyordu. (3)

Soru 3:

- İlk kanalizasyon sistemi 1856'da yapıldı. (1)
- Cloaca Maxima Roma'da inşa edildi. (2)
- Tüm atıksu drenajlarında foseptik tahliye cihazları mutlaka olmalıdır. (3)

Soru 4:

- İlk çağlarda bile Almanlar merkezi ısıtma sistemlerini kullanıyorlardı. (1)
- Romalılar daha o zaman yerden ısıtma sistemi kurmuşlardı. (2)
- 17. yüzyılda buhar makinaları evleri ısıtmak için kullanılıyordu. (3)

Soru 5:

- “Doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemleri” terimi sistemde kullanılan güçlü pompaları vurguluyordu. (1)
- Buharlı ısıtma sistemleri 90°C ile 100°C arasındaki sıcaklıklarda çalışır. (2)
- Düşük sıcaklıkta ısıtma sistemleri ancak sirkülasyon pompalarının kullanımıyla mümkün olabilir. (3)

Soru 6:

- Asırlardır kullanılan pompa uygulaması aşağıdakilerden hangisidir?
- Su temini (1)
 - Buharlı ısıtma sistemleri (2)
 - Doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemleri (3)

Soru 7:

- 1929'da patent alınan sirkülasyon hızlandırıcı; ısıtma sistemlerinde daha önce yaygın olarak kullanılan bir pompa tipinin geliştirilmiş halidir. (1)
- Isıtma sistemlerinde boru hattına monte edilen ilk pompaydı. (2)

Soru 8:

- Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompaları insan vücudunun hangi bölümüyle kıyaslanabilir?
- Kollar (1)
 - Kalp (2)
 - Kafa (3)

Soru 9:

- Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompasının avantajları;
- Düşük ilk kuruluş maliyeti (1)
 - Kontrollü işletim maliyeti (2)
 - Hepsi (3)

Cevaplar:
Soru 1: No. 1
Soru 2: No. 3
Soru 3: No. 2
Soru 4: No. 2
Soru 5: No. 3
Soru 6: No. 1
Soru 7: No. 1
Soru 8: No. 2
Soru 9: No. 3

Su – ısı transfer aracı



Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Isı depolama kapasitesi
- Hacim artış ve azalması
- Basınç

Soru 1:

Su ne zaman genişler?

- 0°C'nin üstünde ısıtıldığında (1)
- 0°C'nin altında soğutulduğunda (2)
- +4°C'nin üstünde ısıtıldığında veya altında soğutulduğunda (3)

Soru 2:

Aşağıdakilerden hangi 3 terim aynı anlama gelir?

- İş, kapasite ve verim (1)
- İş, enerji ve ısı miktarı (2)
- İş, güç ve verim (3)

Soru 3:

Aşağıdakilerden hangisi ısıtılan su için doğrudur?

- Daha hafif hale gelir. (1)
- Daha ağır hale gelir. (2)
- Yoğunluğu değişmez. (3)

Soru 4:

Kaynama noktasına ulaştığında su sıcaklığı nasıl değişir?

- Artmaya devam eder. (1)
- Kaynama noktasında sabit kalır. (2)
- Sıcaklık düşmeye başlar. (3)

Soru 5:

Kavitasyon nasıl önlenir?

- NPSH gereksinimi daha düşük pompa seçerek. (1)
- Statik basıncı azaltarak. (2)
- Buharlaşma basıncını artırarak. (3)

Soru 6:

Aşağıdaki faktörlerden hangisi ısı enerjisinin miktarından bağımlıdır?

- Suyun ısı depolama kapasitesi. (1)
- Sirküle eden su debisinden. (2)
- Gidiş ve dönüş sıcaklık farkı. (3)
- Yukarıdakilerden hepsinden bağımlıdır. (4)

Soru 7:

Aşağıdakilerden hangisi doğal sirkülasyonlu ısıtma sistemlerinin daha iyi çalışmasını sağlar?

- Düşük boru dirençleri (1)
- Yüksek boru dirençleri (2)

Soru 8:

Aşağıdakilerden hangisi emniyet ventilinin kullanım amacıdır?

- Sistemin havalandırma ve tahliyesi için kullanılır. (1)
- Sistemi aşırı basınçtan korur (2)
- Hiçbiri, elektronik pompalı sistemlerde kullanılmasına gerek yoktur. (3)

İşletim özellikleri

Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Kendinden emişli ve kendinden emiş yapamayan pompalar
- Islak rotorlu sirkülasyon pompaları
- Kuru rotorlu santrifüj pompalar

Soru 1:

Emiş yüksekliği için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- Atmosfer basıncından bağımlıdır. (1)
- Teorik olarak 10,33 m'dir. (2)
- Basma yüksekliğini etkiler. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi doğrudur. (4)

Soru 2:

Kendinden emişli pompalar için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- Koşullara bağlı olarak emiş yapabilir. (1)
- Emiş hattı mümkün mertebede kısa olmalıdır. (2)
- İşletimden önce doldurulmalıdır. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi doğrudur. (4)

Soru 3:

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarında rotorun içinde çalıştığı pompalanan akışkanın bir fonksiyonu var mıdır?

- Motoru soğutur ve yağlar. (1)
- Basma yüksekliğini artırır. (2)
- Gerçek bir fonksiyonu yoktur. (3)

Soru 4:

Islak rotorlu sirkülasyon pompalarının avantajları nedir?

- Yüksek verim. (1)
- Yüksek ısıtma devresi sıcaklıkları. (2)
- Sessiz çalışır, bakım gerektirmez. (3)

Soru 5:

In-line pompalar için önerilen montaj şekilleri aşağıdakilerden hangisidir?

- Pompa mili dik konumda monte edilmelidir. (1)
- Pompa mili yatık konumda monte edilmelidir. (2)
- Motorun baş aşağı sarktığı konumların dışında her pozisyonda monte edilebilir. (3)

**Soru 6:**

Kuru rotorlu pompalar hangi uygulamalarda kullanılır?

- Düşük debi ihtiyaçlarında (1)
- Yüksek debi ihtiyaçlarında (2)
- Motor yağlamasının olmadığı durumlarda (3)

Soru 7:

Aşağıdakilerden hangi oran pompa verimidir?

- Basma flanş çapının emme flanş çapına oranı (1)
- Mil gücünün motor gücüne oranı (2)
- Giriş gücüyle çıkış gücünün oranı (3)

Soru 8:

Santrifüj pompa karakteristik eğrisinde verimin en yüksek olduğu alan hangisidir?

- Pompa eğrisinin en solunda kalan alan (1)
- Pompa eğrisinin orta alanı (2)
- Pompa eğrisinin en sağında kalan alan (3)

Soru 9:

Mekanik salmastralar için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- Kenevir veya sentetik liflerden oluşur. (1)
- Mil yataklarıdır. (2)
- Kuru rotorlu pompalarda kullanılır. (3)

Soru 1: No. 3
Soru 2: No. 2
Soru 3: No. 1
Soru 4: No. 2
Soru 5: No. 1
Soru 6: No. 4
Soru 7: No. 1
Soru 8: No. 2

Soru 1: No. 4
Soru 2: No. 4
Soru 3: No. 1
Soru 4: No. 3
Soru 5: No. 3
Soru 6: No. 2
Soru 7: No. 3
Soru 8: No. 2
Soru 9: No. 3

Eğriler



Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Pompanın karakteristik eğrisi
- Sistemin/tesisatın karakteristik eğrisi
- Çalışma noktası

Soru 1:

Aşağıdakilerden hangisi elektrik tahrikli enerji için doğrudur?

- Yüksek basınçta dönüşür. (1)
- Basınç artışı ve harekete dönüşür. (2)
- Hidrolik enerjiden kazanılır. (3)

Soru 2:

Aşağıdakilerden hangisi pompa karakteristik eğrisindeki eksenleri oluşturur?

- Düşey eksen basma yüksekliği, yatay eksen debiyi gösterir. (1)
- Düşey eksen debiyi, yatay eksen basma yüksekliği gösterir. (2)
- Düşey eksen enerjiyi, yatay eksen çalışma ortamını gösterir. (3)

Soru 3:

Aşağıdakilerden hangisi sistem karakteristik eğrisinde gösterilir?

- Debiden bağımlı direnç artışları (1)
- Basınçtan bağımlı debi artışı (2)
- Akış hızından bağımlı debi değişiklikleri (3)

Soru 4:

Sistemdeki boru dirençleri nasıl değişir?

- Debi arttıkça lineer olarak artar. (1)
- Debi arttıkça karesiyle orantılı olarak artar. (2)
- Debi arttıkça küpüyle orantılı olarak artar. (3)

Soru 5:

Aşağıdakilerden hangisi ısıtma sistemlerindeki sirkülasyon pompalarının basma yüksekliğinin hesaplamasında kullanılır?

- Binanın yüksekliği (1)
- Boru hattındaki dirençler (2)
- Hiçbiri (3)

Soru 6:

Aşağıdakilerden hangisi ısıtma sistemlerindeki sirkülasyon pompalarının debisinin hesaplamasında kullanılır?

- Ortalama dış hava sıcaklığı (1)
- İstenen oda sıcaklığı (2)
- Gerekli ısı miktarı (3)

Isı yüküne göre pompanın ayarlanması

Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Hava koşulları
- Pompa devir hızı seçimi
- Sonsuz değişken devirli hız kontrolü
- Ayar seçenekleri

**Soru 1:**

Aşağıdakilerden hangisi binaların ısı ihtiyacı için doğrudur?

- Her zaman aynıdır. (1)
- Mevsimlere göre değişiklik gösterir (2)
- Yıldan yıla artar. (3)

Soru 2:

Değişen ısı ihtiyacı hangi şekilde ayarlanır?

- Termostatik radyatör vanalarıyla ayarlanır. (1)
- Pencere açılıp kapanarak ayarlanır. (2)
- Sistem basıncı kendi kendini ayarlar. (3)

Soru 3:

Pompa devir hızı neden değiştirilir?

- Gerekli debi miktarını ayarlayabilmek için. (1)
- Vananın yükünü azaltmak için (2)
- Pompa seçimindeki hataları telafi edebilmek için. (3)

Soru 4:

Pompa devir hızı nasıl değiştirilir?

- Her zaman manuel olarak. (1)
- Her zaman otomatik olarak. (2)
- Ekipmanlara göre manuel veya otomatik olarak. (3)

Soru 5:

Aşağıdakilerden hangisi değişken devir hızı kontrolleri için doğrudur?

- Kademeli devir hız kontrollerinden daha iyidir. (1)
- Kademeli devir hız kontrollerinden daha kötüdür. (2)
- Kademeli devir hız kontrolleri ile aynıdır. (3)

Soru 6:

Aşağıdakilerden hangisi elektronik kontrollü sirkülasyon pompalarıyla ayarlanabilir?

- Isı gereksinimi (1)
- Servis ömrü (2)
- Basma yüksekliği (3)

Soru 7:

Aşağıdakilerden hangisi $\Delta p-c =$ diferans basınç regülasyonu için doğrudur?

- Debi miktarı sabit devir hızıyla artırılır. (1)
- Devir hızı gereken debi miktarına uyumlanır (2)
- Kapalı genleşme deposunun ön basıncı her zaman sabit kalır. (3)

Soru 8:

Aşağıdakilerden hangisi otomatik çalıştırma (otopilot) için doğrudur?

- Timerle kontrol edilir, (1)
- Oda sıcaklığından bağımlıdır. (2)
- Sadece hidrolik olarak dengelenmiş sistemlerde kullanılabilir. (3)

Soru 9:

Aşağıdakilerden hangisi yüksek verimli ECM pompa teknolojisi için doğrudur?

- Rotoru daimi mıknatıslıdır. (1)
- Klasik pompalarla kıyaslandığında %80 enerji tasarrufu sağlar. (2)
- Elektronik komütasyonlu (frekans konvertörlü) motor entegrasyonludur. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi dünyanın en yüksek verimli pompası için doğrudur. (4)

Soru 1: No. 2
Soru 2: No. 1
Soru 3: No. 1
Soru 4: No. 2
Soru 5: No. 2
Soru 6: No. 3
Cevaplar:

Soru 1: No. 2
Soru 2: No. 1
Soru 3: No. 1
Soru 4: No. 3
Soru 5: No. 1
Soru 6: No. 3
Soru 7: No. 2
Soru 8: No. 3
Soru 9: No. 4
Cevaplar:

Isıtma sistemleri için pompa seçimi



Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Pompa debisi
- Pompa basma yüksekliği
- Pompa seçimi
- Hidrolik dengeleme (balanslama)

Soru 1:

Isıtma sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompası nasıl seçilir?

- Öngörülen nominal çapına göre seçilir. (1)
- Maliyeti dikkate alınarak seçilir. (2)
- Kapasite bilgilerine göre seçilir. (3)

Soru 2:

Isıtma sistemlerinde debi miktarını %100 artırdığımızda yayılabilen ısı miktarı ne kadar artar?

- Isı miktarı yaklaşık %2 azalır. (1)
- Isı miktarı yaklaşık %12 artar. (2)
- Isı miktarı aynı kalır. (3)

Soru 3:

Aşağıdakilerden hangisi ısıtma pompası seçiminde kararsız kalınan durumlarda uygulanabilir?

- Küçük pompa seçilir. (1)
- Büyük pompa seçilir. (2)
- Daha ucuz pompa seçilir. (3)

Soru 4:

Aşağıdakilerden hangisi hidrofor sistemlerinin hesabında dikkate alınmalıdır?

- Geometrik basma yüksekliği. (1)
- Akış basıncı. (2)
- Boru sürtünme direçleri. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi. (4)

Soru 5:

Aşağıdakilerden hangisi ısıtma sistemlerinde basma yüksekliğinin hesabında dikkate alınmalıdır?

- Geometrik basma yüksekliği. (1)
- Akış basıncı (2)
- Boru sürtünme direçleri. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi. (4)

Soru 6:

Isıtma sistemleri neden kalibre edilmelidir?

- Optimum ısı dağılımı sağlayabilmek için. (1)
- Sistemin sessiz ve konforlu çalışması için. (2)
- Kullanıcıları aşırı veya yetersiz ısınma problemlerinden koruyabilmek için. (3)
- Yukarıdakilerin hepsi doğru ve önemlidir. (4)

Soru 7:

Gerekli basma yüksekliği bilinmediği zaman elektronik entegrasyonlu pompanın ayarlanma prosedürü nasıl olmalıdır?

- Gözlemleyici bir kişiyle birlikte çalışılmalıdır. (1)
- Sistemin hidrolik dengelenmesi yapıldıktan ve havası alındıktan sonra ayarlama başlanmalıdır. (2)
- Pompa ayarlama prosesine en düşük basma yüksekliği set edilerek başlanmalıdır. (3)
- En uzak noktadaki radyatör ısınana kadar ayarlama devam edilmelidir. (4)
- Yukarıdaki adımların hepsi yapıldığında ayarlama prosedürü tamamlanmış olur. (5)

Birden çok pompanın işletimi

Bu gruptaki soruların konu başlıkları:

- Seri bağlanan pompalar
- Paralel bağlanan pompalar
- Birden çok pompanın azami yükte çalışması

Soru 1:

İki pompa seri olarak bağlandığında;

- Basma yüksekliği iki katına çıkar. (1)
- Debi miktarı iki katına çıkar. (2)
- Değişiklik sistem karakteristik eğrisindeki pozisyondan bağımlıdır. (3)

Soru 2:

Seri bağlı pompalarda hangi tehlike vardır?

- Bir pompanın türbin gibi çalışması söz konusu olabilir. (1)
- Pompa kapasiteleri sıfıra düşebilir. (2)
- Yetersiz ısınmaya sebep olabilir. (3)

Soru 3:

Paralel bağlı pompalarda;

- Basma yüksekliği iki katına çıkar. (1)
- Debi miktarı iki katına çıkar. (2)
- Değişiklik sistem karakteristik eğrisindeki pozisyondan bağımlıdır. (3)

Soru 4:

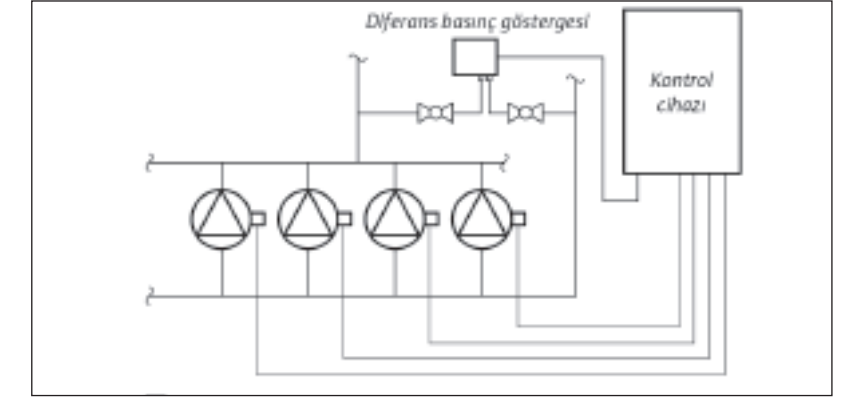
İki pompa hangi konumlarda çalıştırılabilir?

- Otomatik yedeklemeli işletimde. (1)
- Paralel işletimde. (2)
- Her iki değişik tarzda da işletilebilirler. (3)

Soru 5:

Aşağıdakilerden hangisi büyük sistemlerde toplam ihtiyacı birden çok pompaya bölmenin avantajıdır?

- Düşük işletim maliyetleri (1)
- Uzun pompa kullanım ömrü (2)
- Yukarıdakilerin hepsi (3)

**Soru 6:**

Aşağıdakilerden hangisi uzak bir noktadan sinyal göndererek pompa çalışmasını kontrol eder?

- Kuvvet kontrol merkezi (1)
- Güç kontrolü (2)
- Bina otomasyon kontrolü (3)

Soru 7:

Pompaların tek kontrol ünitesine paralel bağlanabilmesi için;

- Pompalar aynı kapasitede olmalıdır. (1)
- Pompalar düşük devir hızlı olmalıdır. (2)
- Pompalar yüksek devir hızlı olmalıdır. (3)

Soru 7: No. 5
Soru 6: No. 4
Soru 5: No. 3
Soru 4: No. 4
Soru 3: No. 1
Soru 2: No. 2
Soru 1: No. 3
Cevaplar:

Soru 7: No. 1
Soru 6: No. 3
Soru 5: No. 3
Soru 4: No. 3
Soru 3: No. 3
Soru 2: No. 1
Soru 1: No. 3
Cevaplar:

Ölçü birimleri

Fiziksel değerler	Sembol	Ölçü birimleri		Kullanılabilir ölçü birimleri	Önerilen ölçü birimleri	Notlar
		SI birimleri	Diğer ölçü birimleri			
Uzunluk	l	m	Metre	km, dm, cm,		m Temel birim
Hacim	V	m ³	mm, µm dm ³ , cm ³ , mm ³ , Litre (1 l = 1 dm ³)	cbm, cdm, ...	m ³	
Debi	Q V	m ³ /s	m ³ /h, l/s		l/s ve m ³ /s	
Zaman	t	s	Saniye	s, ms, µs, ns, ... min, h, d	s	Temel birim
Hız	n	d/s	d/dak		d/dak	
Kütle	m	kg	Kilogram	g, mg, µg, Ton (1 t = 1,000 kg)	Pound kg	Temel birim
Yoğunluk	ρ	kg/m ³	kg/dm ³		kg/dm ³ ve kg/m ³	
Kuvvet	F	N	Newton (= kg m/s ²)	kN, mN, µN, ...	kp, Mp, ... N	1 kp = 9.81 N.
Basınç	P	Pa	Paskal (= N/m ²)	Bar (1 bar = 10 ⁵ Pa)	kp/cm ² , metre su sütunu, Torr, ... bar	1 at = 0.981 bar = 9.81 · 10 ⁴ Pa 1 mm Hg = 1.333 mbar 1 mm su sütunu = 0.098 mbar
Enerji, İş, Isı miktarı	W, Q	J	Joule (= Nm = Ws)	kJ, Ws, kWh, ... 1 kW h = 3,600 kJ	kp m, kcal, cal WE	1 kp m = 9.81 J 1 kcal = 4.1868 kJ
Basma yüksekliği	H	m	Metre		M Fl. S. m	
Güç	P	W	Watt (= J/s = N m/s)	MW, kW	kp m/s, beygir gücü kW	1 kp m/s = 9.81 W 1 beygir gücü = 736 W
Sıcaklık farkı	T	K	Kelvin	°C	°K, derece K	Temel birim

Bilgi kaynakları

Sistem bilgisi



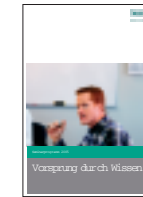
Planlama bilgisi



Ürün katalogları



Seminerler



Santrifüj pompalar



Bu bilgi kaynaklarını temin etmek veya uygulamaya yönelik seminerlerle ilgili bilgi almak için lütfen firmamıza danışınız

Bu eğitim broşürünün bütün yayın hakları Wilo AG / Wilo Pompa Sistemleri A.Ş.'ye aittir.

Broşürdeki bilgiler firmamızdan yazılı izin alınmak ve kaynak gösterilmek şartıyla kısmen kullanılabilir.

WILO AG has invested the greatest care into preparing all of the texts in this brochure. Still, the possibility of errors cannot be excluded. The publisher expressly disclaims any and all liability regardless of legal basis.

Copyright 2005 by WILO AG, Dortmund
This work and all of its parts are protected by copyright. Any kind of use outside the narrow limits of copyright legislation without the consent of WILO AG is improper and punishable by law. This applies particularly to duplication, translation, microfilming, and any other kind of processing, as well as storage and processing in electronic systems. This also applies to the use of individual illustrations and excerpts from the text.

Fourth, revised and updated edition 2005



Pumpen Intelligenz.

Wilo Pompa Sistemleri A.Ş.
Akdeniz Caddesi
30. Sokak - Samandıra
34857 İstanbul
T 0216 661 02 03
F 0216 661 02 12
wilo@wilo.com.tr
www.wilo.com.tr