



# ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN HİDROLİK DENGELENMESİ

Fikri AKYURT

## ÖZET

Değişken debili ısıtma/soğutma sistemlerinin hidroliği günümüzde gittikçe daha da fazla önem kazanmaktadır. Hidrolik dengesi olmayan sistemlerin, problemlili çalıştığı ve ekonomik olmadığı yapılan çalışmalarda ortaya çıkarılmıştır.

Boru şebekelerinin hidrolik dengelenmesi iki ana nedenden dolayı gereklidir:

1. Değişken işletim şartlarında boru şebekesinde yeterli su miktarı dağıtımının güvence altına alınması gerekmektedir.
2. Seslerin mümkün olduğu kadar düşük olması istenmektedir.

Boru şebekesinin doğru boyutlandırılması ve ön ayarlı termostatik vanalarının doğru seçilmesi, kolon balans vanalarının, debi kontrol vanalarının, basınç farkı kontrol vanalarının ve frekans kontrollü bir sirkülasyon pompasının maksada uygun kullanılması ile sistemde ekonomik bir su dağıtımı güvence altına alınabilir. Böylece tüm tüketicilerde her zaman gerekli enerjinin kullanıma hazır olacağı garanti edilebilir.

Bir sistemde doğru boyutlandırma ve hidrolik dengeleme yok ise; yüksek enerji harcamasının yanında, şartlara göre, aşağıdaki eksiklikler de ortaya çıkabilir:

- Bazı odalar istenilen oda sıcaklığına nadiren ulaşıyor veya odalar yeteri kadar soğutulamıyor,
- sistem parçaları ancak gecikmeli olarak yeterince ısıtılır,
- kısmi yük işletiminde değişken oda sıcaklıkları,
- termostatik vanalarda ses problemleri.

Fizik kurallarına göre, su kendine direnci düşük akış yollarını arar. Bunun sonucunda akış yönünden avantajlı sistem parçalarında yüksek bir hacimsel debi, akış yönünden avantajlı olmayan tali sistem parçalarında düşük bir beslenme ortaya çıkar. Hidrolik konumu iyi olmayan tüketiciler, ancak, hidrolik konumu iyi olan sistem parçalarında bulunan termostatların (orada oda sıcaklıklarına ulaşıldığı için) hacimsel debiyi kısması ile yeterli ısıtma enerjisi ile beslenebilirler.

Bunu düzeltmek için örneğin, tüm odalarda istenilen oda sıcaklığına zamanında ulaşılabilmesi için, sistem düşüm işletiminden sonra daha erken işletmeye alınmalıdır, veya, sistemdeki hacimsel debi yükseltilmelidir. Bu durumda dirençler aşırı yükselir, artan dirençler ancak büyük bir sirkülasyon pompası ile aşılabılır. Bu da gereksiz ilave enerji harcamasına neden olur.

Sistemin düşük maliyetle ve enerjiden tasarruf ederek çalışabilmesi doğru bir hidrolik dengeleme ile mümkündür. Böylece sistem asgari su miktarı ile yeterli derecede beslenebilir. Yeknesak ısıtma/soğutma ve vanaların ve kontrol organlarının sessiz çalışması ile ortam konforu sağlanmış olur.

Örnek armatür kombinasyonu ayarlanabilir termostatik vanalardan, ademi merkezi yerleştirilmiş basınç farkı ayar vanalarından ve frekans kontrollü sirkülasyon pompasından oluşur.

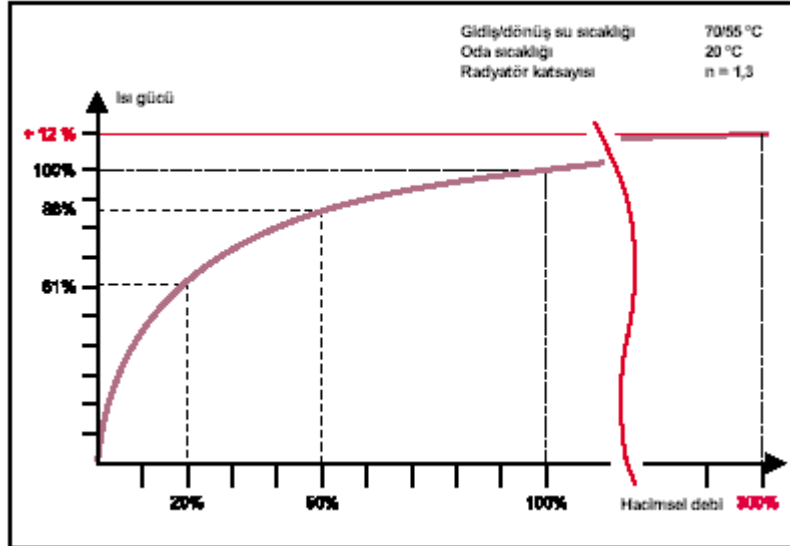
## 1. GİRİŞ

Isıtma/soğutma sisteminde; hidrolik dengelenecek, birbirinden bağımsız bir çok sistem parçaları vardır: Bunlar, çok kazanlı sistemlerde ısı üreticileri, dağıtım sisteminde kontrol grupları ve kolonlar, transferde ise ısıtıcılar (radyatör, tabandan ısıtma, hava ısıtıcıları ...) veya soğutuculardır (fan-coil, soğuk tavan ...). Hidrolik dengesi olmayan bir sistemde, hatalı çalışma, hassas ve teknolojik kontrol elemanları kullanılsa da önlenemez. Nedenleri, çoğu zaman hidrolik sistemin tasarım hatalarından dolayıdır ve aşağıda belirtilen şartların birinin veya bir kaçının yerine getirilmemesinden kaynaklanmaktadır:

- Anma debisi tüm tüketicilere ulaşmalıdır.
- Kontrol vanalarındaki basınç farkı aşırı dalgalanmamalıdır.
- Sistem geçiş noktalarındaki debi miktarları karşılaştırılabilir olmalıdır.

Isıtma, havalandırma ve soğutma sisteminde; arzu edilen oda sıcaklığına ulaşılması için, termostatik vana ile kontrol edilen oda ısıtıcılarının ısı gücü, ısıtma suyu veya soğutma suyu sıcaklığına ve debi miktarına bağlıdır. Kontrol, eğer anma debi miktarları mevcutsa mümkündür.

Çoğu zaman, projelerde yer alan debilerin boru hatlarında da dolaştığı varsayılmaktadır. Bu, hesaplara uygun malzeme temin edilemediğinden veya tesis aşamasında projede değişiklikler yapıldığından, doğru değildir. Arzu edilen debilere ulaşabilmek için bunların ölçülüp ayarlanması gerekmektedir. Hidrolik dengelemenin uzun sürmesi ve maliyetli olması, çoğu projeyi, taşıyıcı sistem olan boru şebekesi ile ilgili optimum tasarımı ele almadan sistemi işletmeye almaya yöneltmektedir. Bu, enerji tasarrufu için radyatörlere takılan termostatik vanalar için de geçerlidir. Enerji tasarrufu için kullanılan termostatik radyatör vanaları, teknik hesap yapılmadan veya ölçüm yapılmadan devreye alınmaktadır. Burada radyatörlerin "iyi davranışından" dolayı her şeyin yolunda gideceği düşünülerek hareket edilmektedir. Bu iyi davranış özelliği genelde radyatör üzerinden geçen söz konusu debi ve buna bağlı olarak ulaşılan ısı gücü ile açıklanabilir. Düşük debi düşük ısı gücüne yol açar. Radyatörün aşırı beslenmesi ile ısı gücü aynı oranda artmaz, sadece çok az bir yükselme sağlanır. Aşağıdaki resim debinin oda sıcaklığına etkisini göstermektedir.



**Diyagram 1: Debiye bağlı ısı gücü**

Yukarıdaki diyagramı incelediğimizde kütleli tasarım debisine göre % 200 daha fazla suyun geçirildiği bir radyatörün anma gücünün sadece % 10 daha fazlasını verdiğini görmekteyiz. Kütleli tasarım debisinin % 50'sine ulaşan bir başka radyatörün ise anma gücünün % 85' ini verdiğini görmekteyiz. Bunun anlamı, eski ve yeni sistemlerde, hidrolik dengelemenin yerini, kapasitesi yüksek

seçilen pompanın aldığıdır ve sistem hacimsel debilerinin genelde kütleli tasarım debilerinin % 200 – 400 üzerinde olduğudur. Eğer ısıtma sistemleri, hidrolik dengesizliğe karşı, havalandırma ve soğutma sistemleri gibi benzer hassas davranışlar gösterebilselerdi, ısıtma sistemlerinde hidrolik dengelemenin konum değeri daha başka olabilirdi.

Yukarıda yüksek kütleli debi ile dengelenen sistemler ulaşılmak istenilen oda sıcaklığı açısından genelde “çalışırlar”, çünkü hiçbir kullanıcı yüksek radyatör sıcaklıklarından şikayetçi olmaz. Fakat çoğu zaman bu yüksek kütleli debiler şikayetlerin nedenini oluşturmakta ve sistemde değişiklikler yaparak bu hataların giderilmesi istenmektedir.

Bazı radyatörlerin aşırı beslenmesi sistemdeki gidiş dönüş sıcaklık farkının düşmesine yol açar. Akış tekniği açısından konumu iyi olmayan tüketicilere su ulaşamaz.

## 2. HİDROLİK Dengeleme

### 2.1 Ayarlanabilir termostatik vanaların kullanımı

Isıtma sisteminin hidrolik balansı, bir çok, zor görünebilen faktörlere bağlıdır. Bundan dolayı, yeterli hassas bir balans, hesaplanarak, ancak ısı ihtiyacı ve boru ağı hesabı üzerinden yapılabilir.

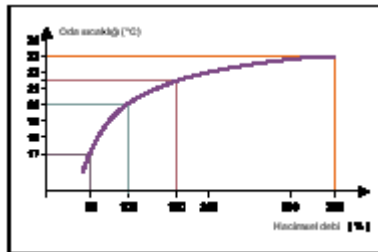
Hidrolik balans için şu hesap adımları gereklidir:

- her odanın ısı ihtiyacının belirlenmesi
- ısıtıcı alanlarının ve bunların hacimsel debilerinin, oluşan gerçek dönüş suyu sıcaklığı dikkate alınarak, hesaplanması
- elde edilen radyatör hacimsel debileri ile boru tesisatı hesabının yapılması

Her bir radyatörün hesaplanan debi ile beslenebilmesi için ayarlanabilir termostatik vanalara ihtiyacı vardır. Sistemdeki basınç farkları eşit olsa dahi, ısı gücüne bağlı su miktarlarının radyatörden geçmesi için, termostatik vanalarda ön ayar yapılması gerekmektedir.

Düşük hacimsel debi farkları yüksek ısı gücü değişiklikleri için önemsizdir ve ısı transferinde kabul edilebilir. Böyle de olsa, konumu uygun olmayan radyatörlerin güvenli beslenebilmesi için hacimsel debinin mümkün olduğu kadar hassas ayarlanması gerekmektedir.

Aşağıdaki diyagram debiye bağlı oda sıcaklıklarında hangi sapmaların ortaya çıkabileceğini göstermektedir.



**Diyagram 2:** Debiye bağlı oda sıcaklıkları

Ayarlanabilir termostatik veya dönüş vanaları kullanarak radyatör üzerinden yapılacak hacimsel debi adaptasyonu için, piyasada gelişmiş radyatör armatürleri mevcuttur. Üretici ve modele bağlı olarak, bu armatürler ile, bölümlenme basamakları üzerinden bir çok hacimsel debi alanları ayarlanabilir. Çok düşük hacimsel debilere ihtiyaç varsa kademeli ön ayarlı termostatik vanaları kullanılabilir. Eğer her

bir radyatör kendine gerekli azami hacimsel debi ile sınırlandırılırsa, ısıtma sistemi hesaplanan toplam hacimsel ile yetinir. Böylece her bir radyatör her an yeterli su ile beslenir ve tüm sistemin hacimsel debileri asgari ile sınırlandırılır.

Radyatör hacimsel debisi aşırı yükselirse, gidiş dönüş suyu sıcaklık farkı (radyatör üzerinden ve tüm sistemin) düşer. Aynı zamanda dönüş suyu sıcaklığı yükselir. Mümkün olduğu kadar düşük sıcaklıklarla çalışan sistemler (örn. yoğuşmalı kazanlarda), eğer dönüş suyu sıcaklığı baca gazının yoğuşma noktasının üzerindeyse, ilave enerji kazanımından tam olarak yararlanamazlar.

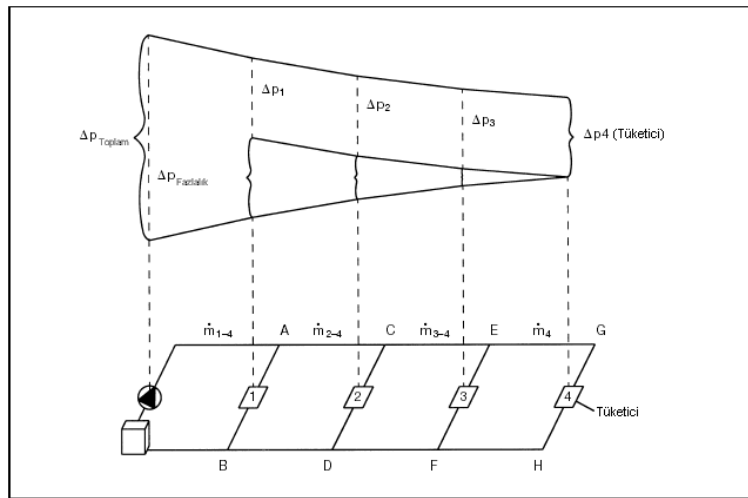
Termostatik radyatör vanalarının seçiminde vana otoritesinin yüksek olmasına dikkat edilmelidir. Bu, termostatik vana üzerinden yapılan oda sıcaklığı kontrolünün ayar kalitesini iyileştirir (örn. hassas ayarlanabilir vanalarda).

## 2.2 Boru tesisatının hidrolik balansı

Şekildeki basınç diyagramından, 4 numaralı tüketicinin de yeterli kütleli debi ile beslenebilmesi için, pompanın üreteceği basınç farkının en az  $\Delta p_{\text{toplam}}$  kadar olması gerektiği, görülmektedir. Bunun sonucunda, kaçınılmaz olarak, 1 ile 3 arasındaki tüketicilerde, çok yüksek bir basınç farkı oluşur. Bu çok yüksek basınç farkı, bu tüketicilerdeki kütleli debilerin yükselmesine ve böylece enerji tüketiminin de yükselmesine yol açar. Buna karşı etki edebilmek için buralara, kolon ayar takılır. Fazla basınç farkı, kolon ayar vanalarında yok edilir. İstenilen debi, kontrol ve ayar edilebilir. 4 numaralı tüketiciyi de kontrol edebilmek için, buraya da, bir kolon ayar vanası konulması tavsiye edilir. Böylece, her tüketicinin, doğru su miktarı ile beslenmesi emniyet altına alınmış olur.

Söz konusu kolonlarda eksik olan debi miktarları, enerji tüketiminin yükselmesine de neden olurlar. Bir taraftan, tüm tüketicileri yeterli derecede besleyebilmek için yüksek pompa gücüne ihtiyaç vardır, diğer taraftan, hidrolik konumu uygun olan tüketiciler aşırı beslenirler. Bunun sonucu, yüksek oda sıcaklıkları veya soğutma sistemlerinde çok düşük oda sıcaklıklarıdır. Bir binada, ortalama sıcaklığın nominal değerden  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  yüksek olması, enerji tüketimini yaklaşık % 6 - 10 artırmaktadır. Soğutma için,  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  daha düşük sıcaklıklar için, yaklaşık % 15 daha fazla enerji gideri hesaplamak gerekir.

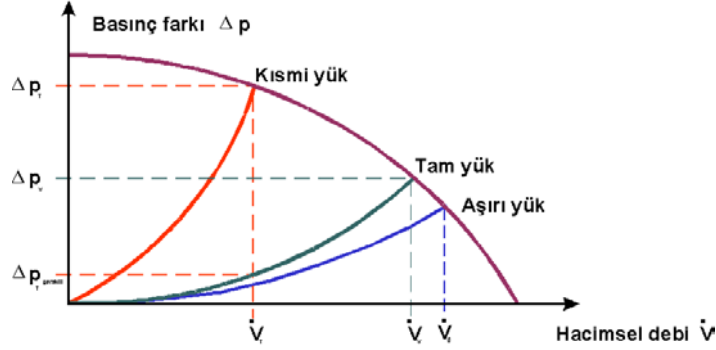
Eğer sistem, iki borulu bir kalorifer sistemi ise, tasarım durumunun yanında kısmi yük durumu da dikkate alınmalıdır. Termostatik vanalardaki basınç farkı, yaklaşık 200 mbar ile sınırlandırılmalıdır. Eğer bu değer aşılmaz ise, termostatik vanalar normalde, akış yada ısılk gibi rahatsız edici sesler çıkarmazlar. Söz konusu kolonlarda, basınç farkı kontrol vanaları kullanarak, bu koşul yerine getirilir.



**Diyagram 3:** Bir kolondaki basınç dağılımı

### 2.2.1 Bir ısıtma sisteminin işletim durumları

Hacimsel debisi sürekli değişken olan iki borulu bir ısıtma sisteminde değişik işletim şartları ile karşılaşılır.



**Sistemin çalışma noktası her zaman, pompa karakteristik eğrisi ile, her bir sistem karakteristik eğrisinin kesiştiği noktadır.**

**Tam yük işletiminde** (tasarım hacimsel debisi) sistem hidrolik dengededir. Gerekli basınç farkı gerçek basınç farkı ile aynıdır.

**Aşırı yük işletiminde** kolonun hacimsel debisi yükselir. Bunun sonucunda takip eden kolonlarda besleme problemi ortaya çıkar. Bu durum tüm termostatik vanalar tam açık pozisyonda iken söz konusu olabilir, örneğin sabahları.

**Kısmi yük işletiminde** (düşük hacimsel debi) basınç farkının yükseldiği açıkça görülmektedir, bu yüksek basınç farkının termostatik vanalar tarafından kısılması gerekmektedir. Bundan dolayı ses problemleri ortaya çıkabilir. Isıtma mevsiminde sistem genellikle kısmi yükte işletilir.

## 3. BORU HATTI ARMATÜRLERİ

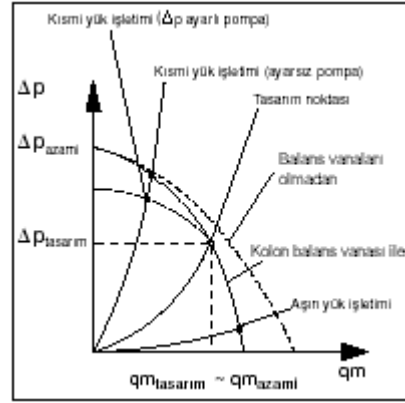
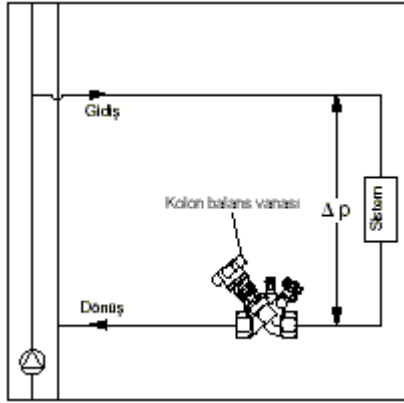
### 3.1 Kolon balans vanaları

Kolon balans vanaları, sıcak sulu merkezi kalorifer ve soğutma sistemlerinin kolon hatlarında, kolonlar arasındaki hidrolik dengenin sağlanmasında, kullanılır.

Kolon balans vanaları sistem çalışırken ayarlanabilir. Bu sayede tam yük işletiminde (tasarım alanı) gerçek debi değerleri elde edilir.

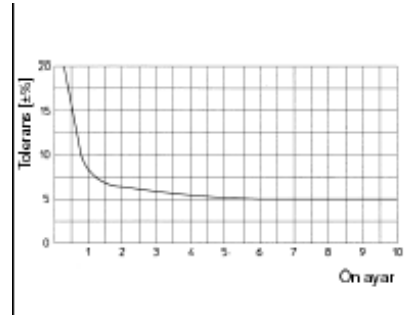
#### 3.1.1 Kolon balans vanaları ile kontrol imkanları

Aşağıdaki diyagramda, kolon balans vanalı ve kolon balans vanasız bir kolonun karakteristik eğrileri ve basınç farkı kontrollü pompanın etkisi ile karakteristik eğrinin kayması gösterilmektedir. Burada kullanılan kolon balans vanası ile, tasarım noktasında debinin azaldığı görülmektedir, bu da ön ayar yaparak her bir kolonda debinin ayarlanabileceği demektir. Örneğin tam açılmış termostatik vanalardan dolayı aşırı bir yüklenme olduğunda kolondaki debi önemsiz bir yükseliş gösterir, bu da diğer kolonların beslenmesinin emniyet altında olduğu demektir ( $q_{m\text{Tasarım}} \sim q_{m\text{Azami}}$ ). Kısmi yük durumunda (sistem üzerinden basınç farkının yükselmesi), kolon balans vanasının kolon karakteristik eğrisine sadece az bir etkisi vardır. Bu alandaki çok yüksek basınç farkı  $\Delta p$  kontrollü bir pompa ile düşürülebilir. Eğer bir ön ayar değeri hesaplanamazsa vanada ölçülen basınç farkı ile doğru ayar değeri bulma imkanı vardır. Vana seçimi armatürün işleyiş tarzı için önem taşımaktadır.



### 3.1.2 Kolon balans vanalarının seçimi

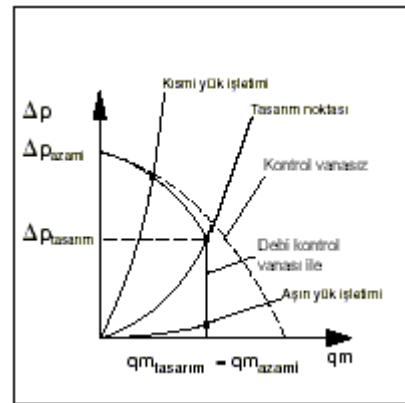
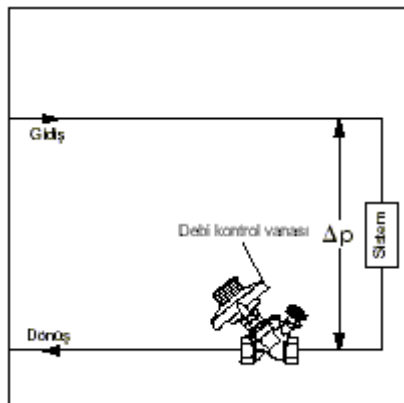
Debinin mümkün olduğu kadar hassas ayarlanabilmesi için, doğru vana seçimi çok önemlidir. Çok düşük ön ayar değerleri büyük debi toleranslarına yol açarlar. Ayar kalitesi kötüleştirilir. Enerji tüketimi yükseltilir. Diyagramda, düşük ön ayar değerlerinin ( $< 1$ ), büyük toleranslara yol açtığı görülmektedir ve bundan dolayı, bunun, önlenmesi gerekmektedir.



### 3.2 Debi kontrol vanası

Debi kontrol vanaları, yardımcı enerjiye ihtiyaç duymaksızın, oransal çalışan ayar elemanlarıdır. Bu vanalar, sıcak sulu merkezi kalorifer ve soğutma sistemlerinde, teknik açıdan gerekli oransal bant aralığında, debi akışını sabit tutmak için kullanılırlar.

Her bir kolonun azami hacimsel debisi debi kontrol vanası ile de sınırlandırılabilir. Burada, debi kontrol vanası olan ve olmayan bir kolonun, karakteristik eğrileri gösterilmektedir. Debi, aşırı yük durumunda, tasarım debisine göre önemsiz bir artış göstermektedir ( $q_{m_{Tasarım}} = q_{m_{Azami}}$ ).



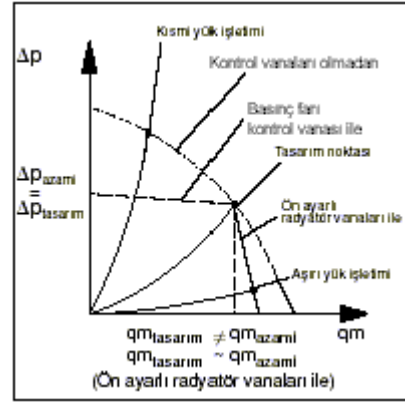
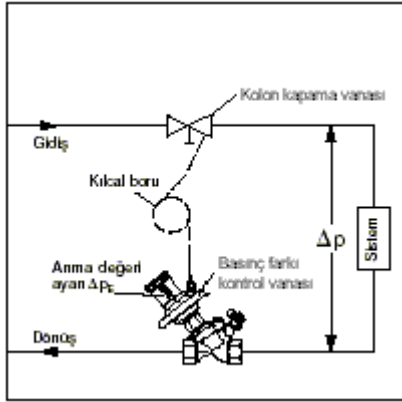
### 3.3 Basınç farkı kontrol vanaları

Basınç farkı kontrol vanaları, ayarlanan anma değerinin sabit kalmasını sağlayan, yardımcı enerjiye ihtiyaç duymaksızın, oransal çalışan, otomatik ayar elemanlarıdır

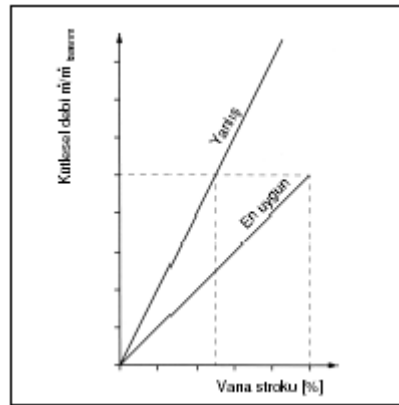
Bu vanalar, sıcak sulu merkezi kalorifer ve soğutma sistemlerinde, teknik açıdan gerekli oransal bant aralığında, fark basıncını sabit tutmak için kullanılırlar.

Burada, basınç farkı kontrol vanası olan ve olmayan bir kolonun, karakteristik eğrileri gösterilmektedir. Diyagramda, kısmi yük durumunda basınç farkının tasarım basınç farkına göre önemsiz bir artış gösterebileceği, açıkça görülmektedir. Bu da, termostatik vanaların, tasarım değeri 200 mbar' ı aşmadığı sürece, kısmi yükte de kabul edilemez basınç farkı artışlarından korunduğu demektir. Aşırı yük durumunda, basınç farkı kontrol vanalarının karakteristik eğriye önemsiz bir etkisi vardır ( $q_{m_{Tasarım}} \neq q_{m_{Azami}}$ ).

Bu alanda ön ayarlı radyatör vanalarının kullanımı etkili olacaktır, çünkü bu vanalar ile aşırı yük durumunda kolon debisi sınırlandırılır.



#### 3.3.1 Debi ve basınç farkı kontrol vanaları seçimi

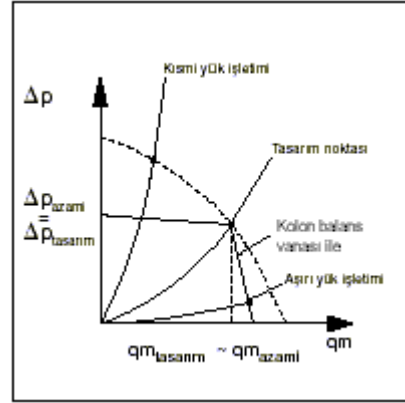
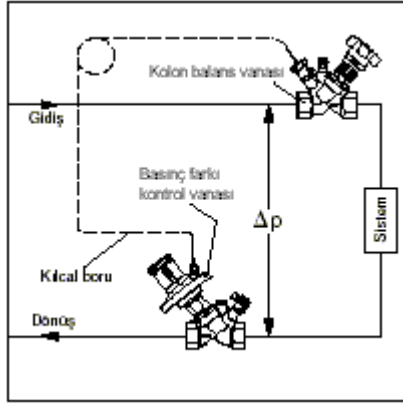


Eğri 1, yanlış seçilmiş bir ayar armatürünü göstermektedir. Burada vana strokunun sadece %50' sinden yararlanılmaktadır. Buna karşın, eğri 2 de, mümkün olan en iyi armatür seçilmiştir. İstenilen debiye maksimum vana strokunda ulaşılmaktadır. Ayar devresinin dengesi ve ayar iyileştirilir. Bundan dolayı armatürler çok dikkatli seçilmelidir. Çok küçük seçilen vanalar istenilen debiye ulaşamazlar, çok büyük seçilen vanalar kötü ayar sonuçlarına yol açarlar.

#### 4. ARMATÜR KOMBİNASYONLARI İLE HİDROLİK DENGELEME

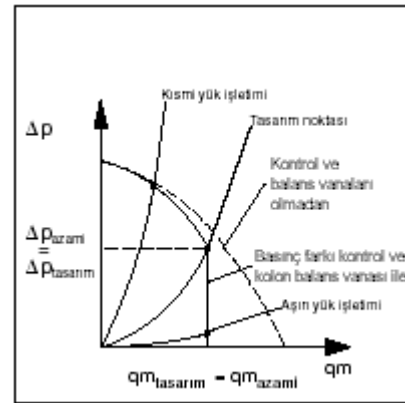
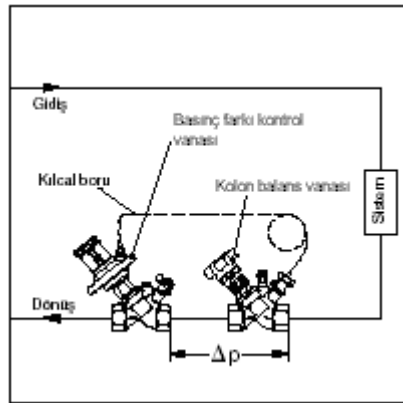
##### 4.1 Basınç farkı kontrol vanası ve kolon balans vanası kombinasyonu (basınç farkı kontrolü için)

Burada, üzerinde basınç farkı kontrol vanası ve kolon balans vanası bulunan bir kolonun karakteristik eğrisi gösterilmektedir. Kısmi yük durumunda basınç farkı, tasarım basınç farkına göre önemsiz bir artış göstermektedir. Ön ayarsız radyatör vanası kullanılan sistemlerde, kolon balans vanası kullanarak aşırı yük durumunda kolon debisi çok az yükseltilir, bu sayede diğer kolonların beslenmesi emniyet altına alınmış olur ( $q_{m\text{Tasarım}} \sim q_{m\text{Azami}}$ ).



##### 4.2 Basınç farkı kontrol vanası ve kolon balans vanası kombinasyonu (debi kontrolü için)

Burada, üzerinde basınç farkı kontrol vanası ve kolon balans vanası bulunan bir kolonun karakteristik eğrileri gösterilmektedir. Aşırı yük durumunda, debi kontrol vanası ile yapılan kontrolde olduğu gibi, kolondaki debi neredeyse sabit tutulmaktadır ( $q_{m\text{Tasarım}} = q_{m\text{Azami}}$ ), yalnız bu kombinasyonla ilave olarak daha yüksek debi değerleri ayarlanabilir. Debi miktarı, ilk önce basınç farkı kontrol vanasında ondan sonra da kolon balans vanasında yapılan anma değeri ayarı ile, ayarlanır.

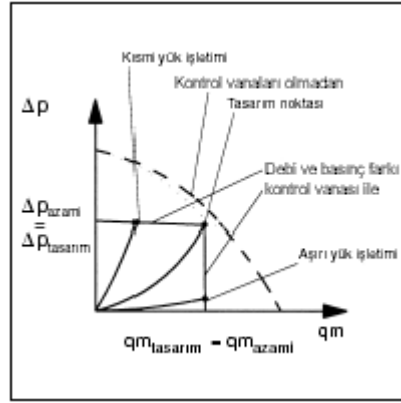
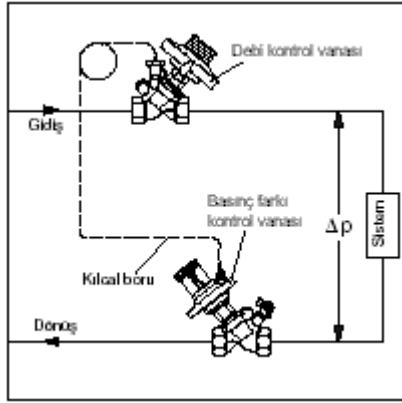


##### 4.3 Basınç farkı kontrol vanası ve debi kontrol vanası kombinasyonu

Burada, üzerinde debi kontrol vanası ve basınç farkı kontrol vanası bulunan bir kolonun karakteristik eğrisi gösterilmektedir. Bu iki kontrol vanasını kullanarak aşırı yük durumunda debi, kısmi yük durumunda da basınç farkı, tasarım değerleri ile sınırlandırılır ( $q_{m\text{Tasarım}} = q_{m\text{Azami}}$ ,  $\Delta p_{\text{Tasarım}} = \Delta p_{\text{Azami}}$ ).

Kolonun, her işletme noktasında, hidrolik dengesi sağlanmıştır. Kolonlar her zaman problemsiz beslenir).





## 5. HESAPLAMA METODLARI

### 5.1 Termostatik vanalarda ön ayar değerlerinin belirlenmesi

Esas itibarı ile, boru ağında dolaşan ısıtma suyu, ısı ihtiyacı değerleri de göz önünde bulundurularak, hesaplanmalıdır. Uygun yazılımlar bu işi kolaylaştırır. Burada, boru anma çapları ve ön ayar değerleri boru tesisatı ve radyatör armatürleri ile otomatik ilişkilendirilir.

CAD destekli yazılımlar, bunun dışında, boru ağı ve diğer sistem elemanlarının resimlendirilmesini mümkün kılarlar. Tüm armatürler ve ön ayar değerleri uygun şekilde ilişkilendirilip, toplu olarak bir tabloda gösterilir.

Eğer bir boru ağı hesabı mümkün değil ise, örn. tadilatlarda, bu durumda tahmini değerler ile de çalışılabilir.

Pompa gücü, yaklaşık 200 mbar basma yüksekliği olan küçük sistemlerde ve de kolon başına 200 mbar olan ademi merkezi basınç farkı kontrollü büyük sistemlerde, 100 mbar' lık tahmini basınç farkı ile, vanada kabul edilebilir ayar değerleri elde edilmektedir.

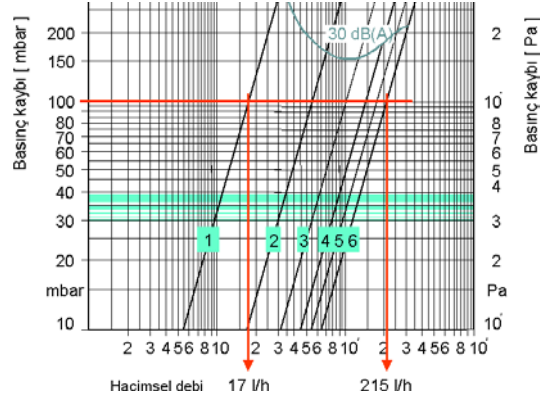
Bilinen ısı ihtiyacı ve belirlenen gidiş dönüş sıcaklık farkı ile her radyatörün hacimsel debisi ve böylece vanadaki ön ayarı bulunur.

#### Örnek 1:

Isı ihtiyacı	Q	=	1200 W
Sıcaklık farkı	$\Delta\theta$	=	20 K
Hesaplanmış spesifik ısı kapasitesi	c	=	1.163 W*h/(l*k)

$$\text{Hacimsel debi } V = Q / (c \times \Delta\theta) = 1200 / (1.163 \times 20) = 52 \text{ l/h}$$

52 l/h bir hacimsel debi ve 100 mbar basınç farkı ile diyagramdan ön ayar değeri 2 bulunur.



**Diyagram 4:** Ön ayarlı vana seçim diyagramı

Eğer odanın ısı ihtiyacı bilinmiyor ise, şartlara göre ısı ihtiyacını belirlemek mümkündür. Bunun için tek ve ikiz villalarda spesifik ısı gücünün  $100 \text{ W/m}^2$ , apartmanlarda  $70 \text{ W/m}^2$  aşmaması gerekir.

**Tablo 1:** Oda alanına bağlı hacimsel radyatör debilerinin tahmini hesabı

Isıtma sistemleri yönetmeliği spesifik ısı ihtiyacını sınırlandırmıştır:

- Tek ve ikiz villalar için azami  $100 \text{ W/m}^2$
- Apartmanlar için azami  $70 \text{ W/m}^2$

Buna göre şu hacimsel debi ortaya çıkmaktadır:

$$\dot{V} = \frac{Q}{1,163 \times \Delta\theta}$$

Apartman	Spesifik ısı ihtiyacı	m <sup>2</sup> etkin alan başına düşen spesifik hacimsel debi, gidiş dönüş su sıcaklığı farkına göre		
		20 K	15 K	10 K
	q...			
2 daireye kadar	$100 \text{ W/m}^2$	~4,3 l/h	~6,5 l/h	~8,6 l/h
2 dairenin üstünde	$70 \text{ W/m}^2$	~3,0 l/h	~4,5 l/h	~6,0 l/h

### Örnek 2:

Apartman

$$Q_{\text{spes}} = 70 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Oda alanı } A_R = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Buna göre } Q = 1680 \text{ W}$$

$$\Delta\theta = 15 \text{ K}$$

$$V = Q / (c \times \Delta\theta) = 1680 / (1.163 \times 15) = 96 \text{ l/h}$$

### Örnek 3:

Apartman

$$Q_{\text{spes}} = 70 \text{ W/m}^2$$

$$\Delta\theta = 15 \text{ K}$$

$$V_{\text{spesi}} = Q_{\text{spesi}} / (c \times \Delta\theta) = 70 / (1.163 \times 15) = 4 \text{ l/h} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{Oda alanı } A_R = 24 \text{ m}^2$$

$$V = V_{\text{spesi}} \cdot A_R = 4 \cdot 24 = 96 \text{ l/h}$$

**Vana seçimi 1:** Ön ayarlı bir termostatik vanada ön ayar değeri 3 olarak belirlenir.

**Vana seçimi 2:** Hassas ön ayarlı bir termostatik vanada ön ayar değeri 5.7 olarak belirlenir.

Yapılan hesaplarda ne kadar çok tahmini değer yer alırsa, toleranslarda da o kadar büyük olur. Fakat, gerçekçi varsayımlar ile, sistem hidrolüğünü kontrol altına alabilecek sonuçlar elde edilebilir. Bu sayede, kısmen, dolaşan su miktarının yarısından fazlası tasarruf edilebilir.

Burada önemli olan, örn. % 300 lük ya da sadece yaklaşık % 20 lik hacimsel debilerin (fazla besleme ve az besleme) sistemde ortaya çıkmamasıdır. % 90 ile % 120 arasındaki hacimsel debiler tabii ki tolere edilebilir.

## 5.2 Kolon balans vanalarında ön ayar değerinin belirlenmesi

### Örnek 1

Aranan: Kolon balans vanası ön ayarı

Bilinen:

Kolon kütleli debisi  $q_m = 2000 \text{ kg/h}$

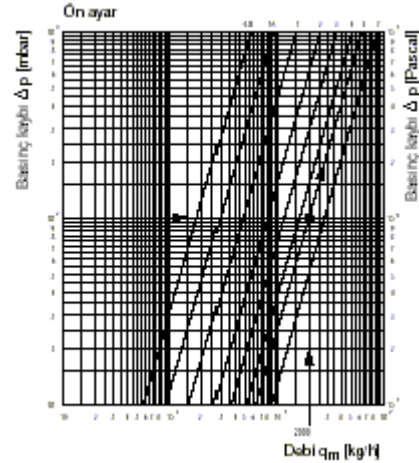
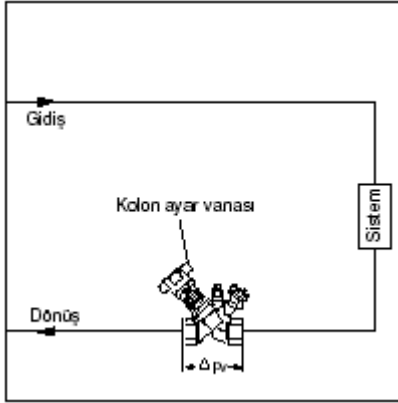
Vanadaki basınç farkı  $\Delta p_v = 100 \text{ mbar}$

Vana anma çapı DN 25

Çözüm:

Ön ayar 5.0

(DN 25 Kolon balans vanasına diyagramdan)



## 5.3 Basınç farkı kontrol vanası

### Örnek 2:

Aranan:

Basınç farkı kontrol vanası anma çapı +  $\Delta p_E$  anma değeri ayarı

Bilinen:

Kolon kütleli debisi  $q_m = 2400 \text{ kg/h}$

Sistem basınç farkı  $\Delta p = 200 \text{ mbar}$

(Basınç farkı kontrol vanasındaki  $\Delta p_E = 200 \text{ mbar}$  anma değeri ayarına karşı gelmektedir)

Vana anma çapı DN 32

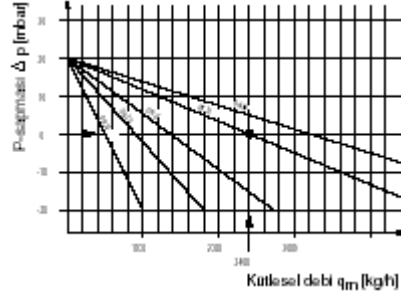
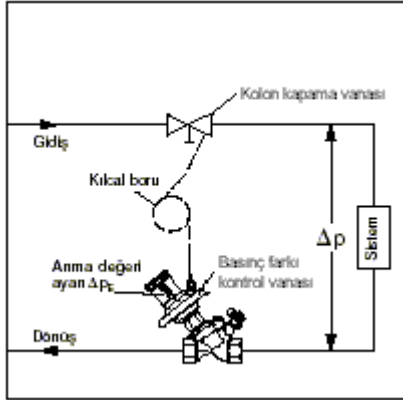
Çözüm:

Basınç farkı kontrol vanası DN 32

("P-sapması" diyagramından)

Seçim: DN 32, çünkü bu anma çapı, belirtilen kütleli debide, en az P-sapmasına sahiptir.

Basınç farkı anma değeri, bu durum için, 0 mbar P-sapmasında  $\Delta p_E = 200$  mbar olarak ayarlanmalıdır.



Not: Sistem basınç farkı = Basınç kaybı radyatör vanaları ve basınç kaybı boru hatları

bağlantıları + basınç kaybı radyatör +

#### 5.4 Debi kontrol vanası

##### Örnek 3:

Aranan:

Debi kontrol vanası çapı + kontrol vanasının basınç farkı  $\Delta p_Q$

Bilinen:

Kolon kütleli debisi  $q_m = 1000$  kg/h

Kolondaki basınç farkı  $\Delta p_O = 300$  mbar

Sistem basınç farkı  $\Delta p = 100$  mbar

Çözüm:

Debi kontrol vanası anma çapı DN 20 (DN 15 – DN 40 basınç kaybı diyagramlarından)

Diyagramlar vasıtası ile üzerinden  $q_m = 1000$  kg/h için azami kontrol vanası büyüklüğü seçilir.

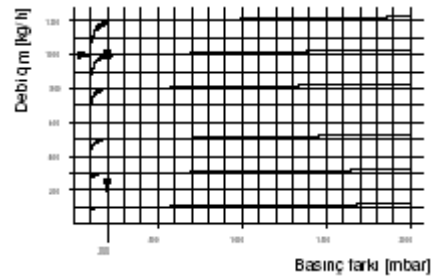
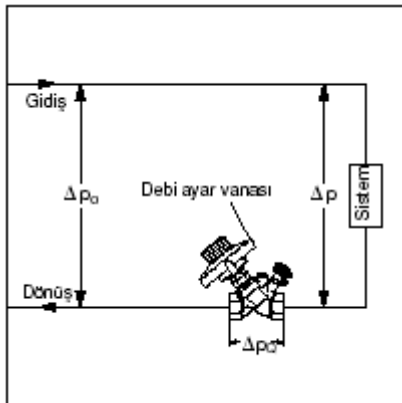
Debi kontrol vanası 1000 kg/h olarak ayarlanmalıdır.

Debi kontrol vanasının basınç farkı

$$\begin{aligned} \Delta p_Q &= \Delta p_O - \Delta p \\ &= 300 - 100 \text{ mbar} \end{aligned}$$

$$\Delta p_Q = 200 \text{ mbar}$$

Vana üzerinden düşürülmesi gereken fazla basınç  $\Delta p_Q = 200$  mbar' dır. Bu da gerekli 200 mbar minimum basınç farkının var olduğu demektir



### 5.5 Basınç farkı kontrol vanası ve debi sınırlaması için kolon balans vanası

#### Örnek 4:

Aranan:

Ön ayar kolon balans vanası

Bilinen:

Sistem basınç farkı  $\Delta p_A = 50$  mbar  
ve örnek 2 değerleri

Kolon kütleli debisi  $q_m = 2400$  kg/h

Sistem basınç farkı  
(basınç farkı kontrol vanasındaki)  
 $\Delta p_E = \Delta p = 200$  mbar  
Boru anma çapı DN 32

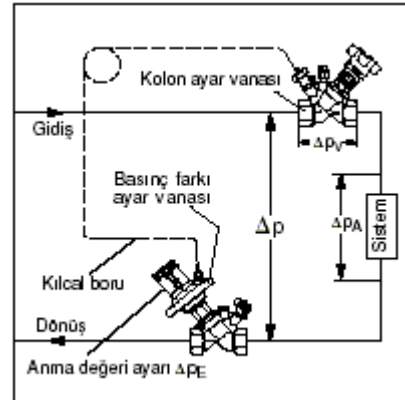
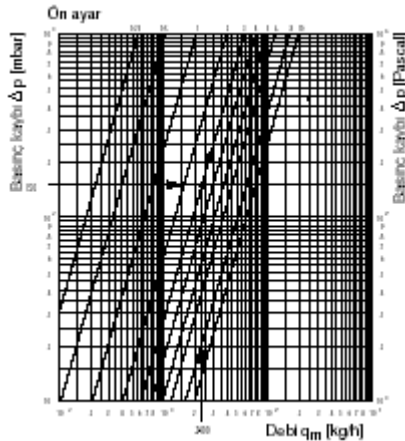
Çözüm:

Ön ayar 3.0 (DN 32 anma çaplı vanaya ait diyagramdan)

Kolon balans vanasının basınç farkı

$$\begin{aligned}\Delta p_V &= \Delta p - \Delta p_A \\ &= 200 - 50 \text{ mbar}\end{aligned}$$

$$\Delta p_V = 150 \text{ mbar}$$



Not: Basınç farkı kontrol vanası seçimi için bakınız Örnek 2

\*Yukarıda gösterilen örneklerde sadece hesaplar için gerekli armatürler dikkate alınmıştır.

### 5.6 Debi kontrolü için kolon balans vanası ve basınç farkı kontrol vanası kombinasyonu

#### Örnek 5:

Aranan:

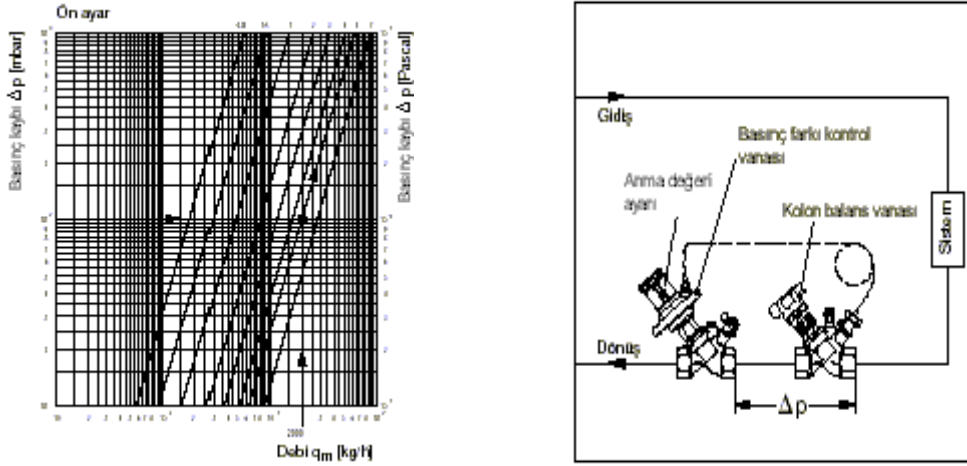
Ön ayar "Hydrocontrol R"

Bilinen:

Kolon kütleli debisi  $q_m = 2000$  kg/h

Basınç farkı kontrol vanası DN 25

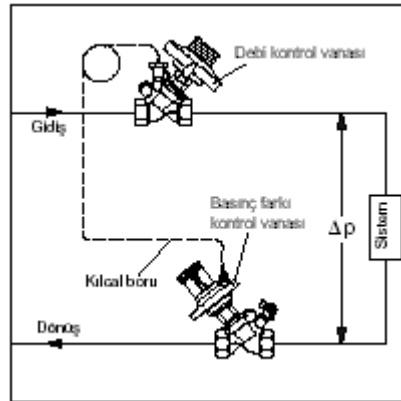
Kolon balans vanası DN 25



### 5.7 Debi ve basınç farkı kontrolü için kolon balans vanası ve basınç farkı kontrol vanası kombinasyonu

#### Örnek 6:

Basınç farkı kontrol vanası ve debi kontrol vanası Örnek 2 ve 3' de olduğu gibi seçilir.



## 6. ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE UYGULAMALAR

Isıtma ve soğutma sistemlerindeki sistem hidroliğini en uygun şekilde ayarlayabilmek için, genelde, doğru seçilmiş ısıtma veya soğutma yüzeyleri, borular, kolon balans vanaları ve pompalar yeterlidir. Basınç farkının tasarım basınç farkına göre sapmasını en az seviyede tutabilmek için, kontrol vanaları ve ayarlanabilir pompaların kullanılması tavsiye edilir.

Günümüzde, sistem hidroliği ile ilgili değerlendirmeler, yeni yapılacak ısıtma ve soğutma sistemleri için, proje safhasında yapılmaktadır. Bunun için hidrolik dengelemede kullanılan armatürlerin ayar ve çalışma aralıklarını ve boru dirençlerinden doğan kayıplar ile ilgili verileri de içeren ısı ihtiyacı ve boru şebekesi hesaplama programları kullanılmaktadır.

Bu prosedüre göre sistem hidroliğini tanımladığımızda:

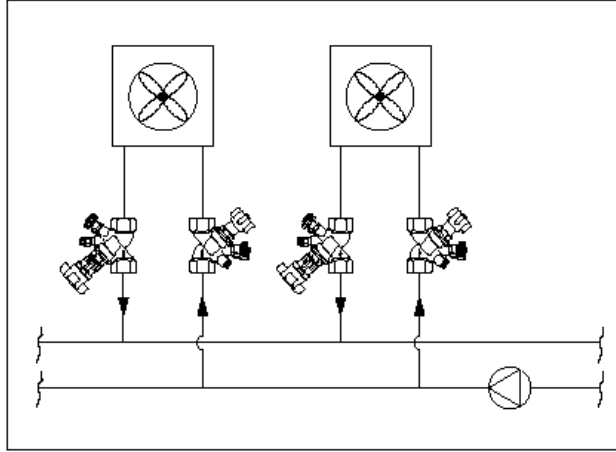
1. İlk önce ısı ihtiyacı veya soğutma yükü belirlenir,
2. verilen gidiş/dönüş sıcaklık farkını göz önünde bulundurarak ısıtıcı ve soğutucu yüzeyleri ve bunların hacimsel debileri hesaplanır,
3. devir daim edilecek hacimsel debiler için boru şebekesi boyutlandırılır, burada kolon üzerindeki basınç farkı, örneğin ısıtma sistemlerinde, mümkün mertebe 100 ile 200 mbar arasında kalmalıdır,
4. kolon balans vanalarının, basınç farkı kontrol vanalarının ve debi kontrol vanalarının seçimi yapılır ve bunların ön ayar değerleri saptanır,
5. her bir son kullanıcı için de ön ayar değerleri belirlenir (eğer öngörülmüş ise),
6. pompanın basma yüksekliği belirlenir.

Bunu takip eden tesis etme aşamasında sistem, eğer hidrolik dengeleme için kullanılacak armatürler daha önce hesap edilen ön ayar değerleri ile monte edilmiş ise, hidrolik olarak dengelenmiştir. İlave ayar önlemlerine gerek yoktur.

### Uygulama örneği:

Yük dağılımı neredeyse sabit kalan hava ısıtıcılı bir sistemin şeması.

Ön ayarı yapılmış kolon balans vanaları montaj sonrası hemen statik hidrolik dengeleme sağlar.

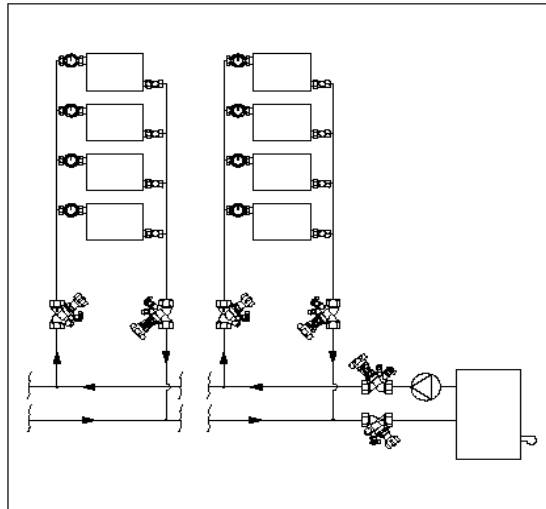


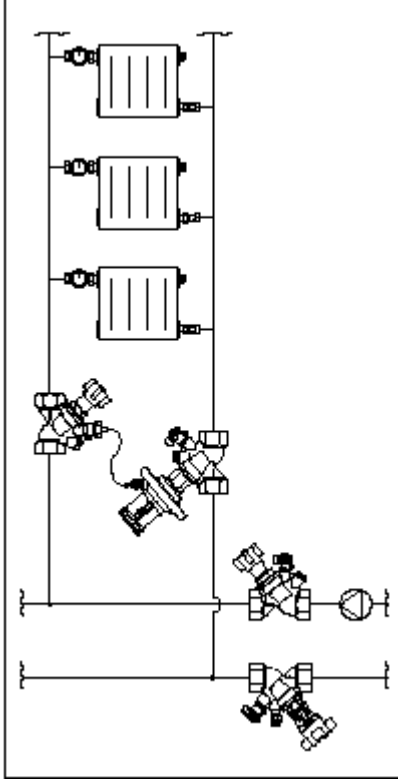
### Uygulama örneği:

Kolon balans vanası üzerinden, önceden hesaplanan bir tasarım noktasına ayarlanılacak iki borulu bir sistemin şeması.

Dengeleme:

Doğrudan ayarlanabilir kolon balans vanası üzerinden.



**Uygulama örneği:**

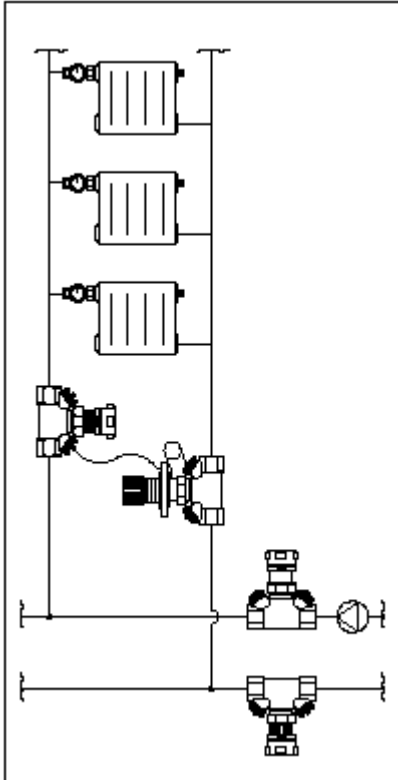
Yüke bağlı hacimsel debi dağılımı olan, fakat, basınç farkının azami değerleri aşması istenilmeyen iki borulu ısıtma sistemi şeması.  
(Basınç farkı sınırlandırması).

Ön ayarlı termostatik vanalar için boru şebeke hesabı ile belirlenen ön ayar değerleri, tasarım noktasında en uygun hacimsel debi dağılımını temsil eder. Yeterli besleme güvence altındadır.

İlave basınç farkı kontrol vanası uygulaması, eğer büyük yük değişiklikleri olacaksa, faydalıdır, örneğin cihazların büyük bir kısmı kapalı ise ve cihaz üzerindeki basınç farkı aşırı yükselir ise (örneğin 200 mbar üzeri).

Basınç farkı kontrol vanasının ön ayar değeri de, proje safhasında hesaplanarak bulunabilir.

Basınç farkı kontrol vanası ile, ayarlanan değere göre, kolonlardaki basınç farkı sürekli kontrol edilir.

**Uygulama örneği:**

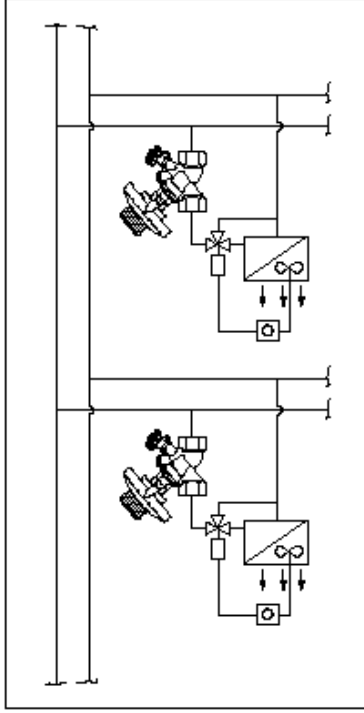
Üst bir sabit değere kadar yüke bağlı hacimsel debi dağılımı olan, fakat, kolondaki basınç farkının belirlenen azami değeri aşması istenilmeyen, ön ayarlı termostatik vanası ya da dönüş vanası olmayan iki borulu ısıtma sistemi şeması.

Bu hacimsel debi ve basınç farkı sınırlandırması kombinasyonu, gidişe takılan bir kolon balans vanası ve dönüşe takılan bir basınç farkı kontrol vanası ile mümkündür.

Optimum işletim noktası (tasarım noktası) için kolon balans vanası ve basınç farkı kontrol vanası ön ayar değerleri, burada da, projelendirme safhasında belirlenir, böylece doğrudan hidrolik denge sağlanmıştır.

Basınç farkı kontrol vanası, kolon balans vanası ile birlikte, yükselen hacimsel debi de olduğu gibi (açan termostatik vanalar) yükselen basınç farkında da (kapanan termostatik vanalar) sınırlandırma görevini üstlenir.



**Uygulama örneği:**

Soğutuculara giden hacimsel debinin sabit ve sistemin diğer bölümlerindeki yük durumlarından bağımsız çalışması istenilen (hacimsel debi sınırlandırması) bir soğutma sistemi şeması.

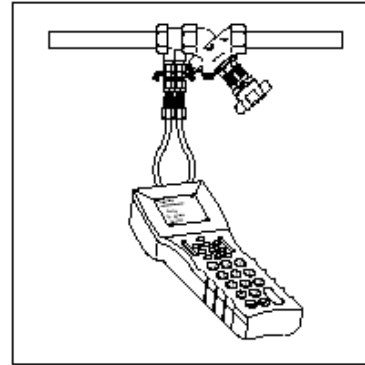
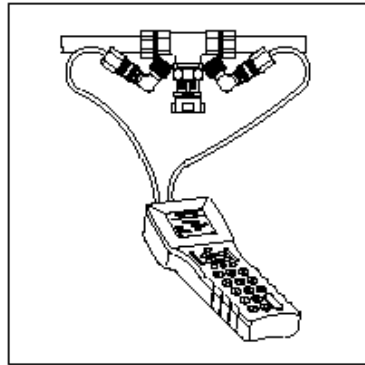
Bu tür sistemler için kolonların hacimsel debi dağılımı hesaplama programlarından saptanır. Değerler doğrudan debi kontrol vanasında ayarlanabilir.

Eğer çalışma durumunda değişkenlik var ise, otomatik çalışan hacimsel debi ayar organı ile, ayarlanan değere göre, kolonlardaki hacimsel debi sürekli kontrol edilir.

**7. ÖLÇÜM CİHAZI İLE SİSTEMİN HİDROLİK DENGELENMESİ**

Bir ısıtma veya soğutma sisteminin optimum çalışmasını da, yani pompaya uzak olan sistem parçalarının pompaya yakın olanlar gibi planlanan enerji miktarı ile beslenmesini de garanti edebilmek için, sistem devreye alındıktan sonra hidrolik dengeleme işleminin yapılması gerekli olabilir. Eğer örneğin gerçekte tesis edilen sistem ile planlanan sistem arasında fark varsa veya sistem parçalarında değişiklik yapılmış ise.

Burada debi ölçümlerini yapabilmek için ölçüm cihazı kullanılır. Cihazın belleğinde balans vanalarına ait karakteristik eğriler yüklüdür. Bu sayede örneğin vana anma çapı ve ön ayar değeri girilerek debi görüntülenir. Eğer kolon balans vanası için bir ön ayar değeri hesaplanmamış ise bu cihaz tarafından tespit edilebilir. Vana anma çapı ve istenilen debi girilerek cihaz basınç farkını ölçer istenen değer ile gerçek değeri karşılaştırır ve ekranda gerekli ön ayar değerlerini görüntüler. Ölçümlerde değişik ölçüm metotları kullanılabilir.



## 8. ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİ

### 8.1 Genel bilgiler

Isıtma sistemleri kendi aralarında karşılaştırılmazlar. Bundan dolayı bir ısıtma sisteminin enerji tasarrufu potansiyeli genel olarak ortaya konulamamaktadır. Kabul edilebilir ifadeler, tahmine ve geçmişteki tecrübelerle dayanmaktadır. Örneğin Almanya' daki binaların % 80 - % 85' i talimatlara uygun olarak ayarlanmamıştır. Bunun anlamı, yüksek hacimsel debilerin, kontrolsüz bir şekilde, sistemlerin boru tesisatlarında dolaşması demektir. Bunun sonucu da, yüksek enerji gereksinimi ve ek ısı kaybıdır.

Yaklaşık % 5 ile % 15 arası tahmini bir enerji potansiyelinde, VDI 3808 e göre, Almanya' daki mevcut binaların ortalama enerji harcama değerleri baz alındığında, apartmanlarda 10 ile 30 kWh/(m<sup>2</sup>xa) arası ve büro binalarında 6 ile 17 kWh/(m<sup>2</sup>xa) arası bir enerji tasarrufu yapılabileceğidir. Isıtma alanı 140 m<sup>2</sup> olan ve ısıtma sistemi kullanım verimliliği % 85 olan bir konutta bu senede 150 ile 450 l arası bir mazot tasarrufu demektir. CO<sub>2</sub> emisyonu olarak ifade edersek bu senede 450 ile 1300 kg arası daha az CO<sub>2</sub> demektir.

### 8.2 Hesaplanabilir enerji potansiyeli

Hidrolik balansın getirdiği enerji tasarrufunu rakamsal olarak belirlemek nerdeyse mümkün değildir. Çeşitli ısı dağıtım sistemleri üzerindeki hatalı etkenler çok değişkendir. Kullanıcı davranışı da genel olarak zor tarif edilebilir.

Pencerenin açılması ile yapılan bir sıcaklık kontrolü (çok ısıtılmış odalarda) ve gidiş suyu sıcaklığının veya pompa gücünün yükseltilmesi değer olarak önceden hesaplanamaz.

Enerji tasarrufu potansiyeli gerçekte aşağıdaki etkenler ile açıklanabilir:

#### 8.2.1 Oda sıcaklığının yükseltilmesi

Aşırı debili radyatörler daha yüksek ısı verirler. Termostatik vanalar bu yüksek debilere göre tasarlanmadığından ses oluşumuna eğilimlidirler. Kullanıcı ses oluşumunu düşürmek için çoğu zaman termostatik vanayı açar. Bunun sonucu yüksek oda sıcaklıklarıdır. Oda sıcaklığını 1 °C yükseltmek % 6 daha fazla enerji kaybına yol açmaktadır. Pencere üzerinden bir oda sıcaklığı kontrolü gerçekte çok yüksek kayıplara yol açmaktadır.

#### 8.2.2 Yüksek gidiş suyu sıcaklıkları

Gidiş suyu sıcaklıklarının yükseltilmesi ile ısı üreticisindeki ısı kayıpları da yükselir (egzoz kayıpları, yansıma kayıpları). Aynı zamanda boru ağında da yüksek ısı kayıpları vardır, bu da ısıtılmayan mekanların (kömürlük gibi) sıcaklığının yükselmesini beraberinde getirir.

#### 8.2.3 VDI 3808 e göre karakteristik değerler

VDI 3808 hesap algoritmalarına göre aşağıda tarif edilen sistem parametreleri değişikliklerine göre teorik olarak aşağıdaki enerji harcamaları değişikliği ortaya çıkmaktadır:

- Oda sıcaklığı: Her Kelvin oda sıcaklığı değişikliği % 6 daha yüksek ısı kaybı
- Egzoz kaybı:  
Egzoz sıcaklığının 20 K yükseltilmesi % 1.2 daha yüksek egzoz kayıplarına karşı gelir
- Yansıma kayıpları:  
Her 10 Kelvin kazan sıcaklığı yükseltilmesi yansıma kayıplarını % 0.25 yükseltir

- Dağıtım kayıpları:  
Boru ağındaki ortalama su sıcaklığının her 10 K yükseltilmesi % 1.5 dağıtım kaybı yükselmesine neden olur
- Pencere ayarı (pencerenin açılması):  
Kullanıcıya bağlı ısı kayıpları

Tarif edilen kayıp faktörleri ile hidrolik balans sayesinde komple ısı üretici sistem ve ısı dağıtım sistemi dahil yaklaşık % 5 ile 15 arasında bir enerji tasarruf potansiyeli mümkündür.

### 8.2.3 Yükseltilmiş sirkülasyon pompası hacimsel debisi

Balansı yapılmamış dağıtım ağında, hacimsel debinin (sıcak su) yükseltilmesi (eksikleri gidermek için), devir daim pompası enerji ihtiyacını yükseltir.

Hesap edilmiş bir anma basınç kaybı ve hacimsel debinin yarısı kadar azaltılması ile tahrik enerjisinde % 10 ile 20 arasında bir tasarruf yapmak mümkündür.

### 8.2.4 Not:

Hidrolik balans için yapılan masraflar, genel olarak bakıldığında, ek bir finansal yük anlamına gelmemektedir. Yapılan gerekli yatırımlar, kendini, sistem işletme masrafları üzerinden, çabuk amorti edecektir. Ek olarak CO<sub>2</sub> emisyonu düşümüne de katkıda bulunmaktadır.

Stuttgart Üniversitesi tarafından yapılan bir araştırmaya göre Almanya' daki mevcut sirkülasyon pompalarının ortalama 3 misli büyük seçildiği ortaya çıkmıştır.

Araştırmada yer almayan tahminlere göre kalorifer sisteminde yapılacak tadilat sonucunda hidrolik balans ve elektronik kontrollü sirkülasyon pompası kullanarak pompa enerji tüketiminin % 40 düşürülebileceği ortaya çıkmıştır.

## 8.3 Örnek projelerdeki enerji tasarrufları

Örnek: Frekans kontrollü pompa ile enerji tasarrufu potansiyeli

20 kW ısı ihtiyacı olan bir dubleks villanın ısı dağıtımını için yaklaşık 50 W bir pompa gücüne ihtiyacı vardır. Eğer 90 W bir pompa kullanılırsa, 40 W daha fazla güç kullanılmış olur. Senede 6000 saat çalışan bir sistemde 240 kWh fazla enerji kullanılır, bu da, elektrik kWh fiyatını 0.25 DM alırsak, 60,- DM daha fazla gider demektir.

Almanya' da bulunan 20 milyon sirkülasyon pompası ile bu aşağıda gösterilen enerji potansiyeli demektir:

- Elektrik tahrik enerjisi: 2.2 milyar kWh/sene
- CO<sub>2</sub> emisyonu: 1.32 milyon t/sene

## 9. SONUÇ

Binalardaki boru tesisatlarının hidrolik balansının, ekonomik ve ekolojik bir gereklilik olduğu görülmektedir. 70' li yılların başında enerji kaynaklarının azalması ve dolayısıyla da pahalılaşması (petrol krizi), Avrupa' da kalorifer sistemlerinin ve kullanım suyu sistemlerinin işletiminde enerji tasarrufu taleplerine yönelik talimatların çıkmasına yol açmıştır. Bu talimat ve bunu takip eden kalorifer



sistemleri talimatları ve bunların neticesinde ortaya çıkan kullanıma bağlı ısı gider hesaplaması, hidrolik balansın ekonomik ve konforlu yapılması için, yeni talepleri beraberinde getirmiştir. Sonuç, ısıtma sistemlerindeki hacimsel debiyi tüketiciye uygun düzenleyen yeni armatürler ve kontrol organlarının geliştirilmesidir.

Doğru yapılmış bir hidrolik dengeleme ile ısıtma /soğutma sisteminin düşük maliyetli ve enerjiden tasarruf ederek çalışması garanti edilebilir. Bu sayede asgari debilerle sistem yeterli beslenebilir. Radyatörlerin yeknesak ısı transferi, vanaların ve kontrol organlarının sessiz çalışması ile ikamet konforu güvence altına alınabilir.

#### **KAYNAKLAR:**

- [1] STICH, D., Der Hydraulische Abgleich von Heizungsanlagen, IKZ-Haustechnik, Heft 13/99, 1999
- [2] FACHBUCH, Computer in der Heizungstechnik und hydraulischer Abgleich, Oventrop, 2000
- [3] FACHINFORMATION, Hydraulischer Abgleich von Heizungs- und Kühlanlagen, Zentralverband - Sanitär Heizung Klima 1999
- [4] ENERGIEAGENTUR NRW, Hydraulischer Abgleich von Heizungsanlagen
- [5] PRODUKTUEBERSICHT, Hydraulischer Abgleich – Armaturen, Regler, Antriebe, Oventrop, 2003
- [6] BEELE, H. E., Hydraulik in Heizungsanlagen, IKZ-Haustechnik, Heft 3/2002, 2002
- [7] PETITJEAN, R., Total Hydronic Balancing, Tour & Anderson, 1994

#### **ÖZGEÇMİŞ**

##### **Fikri AKYURT**

1960 yılı Ankara doğumludur. 1986 yılında Bremen Yüksek Teknik Okulu (Hochschule Bremen) Makina Bölümünü bitirmiştir. 1986 yılından beri özel şirketlerde değişik görevlerde bulunmuştur. 1999 yılından beri F. W. Oventrop Türkiye İrtibat Bürosu'nda şirket müdürü olarak görev yapmaktadır.