

# SULU SİSTEMLERİN TASARIMI \*

**Ahmet ARISOY**

İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi

1972 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makimi Fakültesi mezunudur. Doktora çalışmasını aynı yerde tamamlamış ve yine aynı yerde doçent ve daha sonra profesör Unvanı almıştır. 1972 yılından bu yana üniversitede asistan ve öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Tesisat konusunda çeşitli yayınları bulunmaktadır. Makina Mühendisleri Odası ve Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir.

## ÖZET

Genel olarak sulu sistemler kapalı devre çevrimlerdir, Dolaşan su bir generatörde ısıtılır veya soğutulur. Buradan elde edilen sıcak veya soğuk su kullanıcı elemanlara gönderilir. Burada çevreye ısı vererek veya çevreden ısı alarak soğuyan veya ısınan su tekrar kazana veya su soğutucuya döndürülür.

Sulu sistemler başlangıçta tek boru üzerine seri olarak dizilmiş kullanıcı elemanlardan oluşan basit devrelerdir. Basit akış biçimi, kontrol elemanlarının olmayışı ve genellikle doğal dolaşımli oluşları bu sistemlerin karakteristiği olmuştur. Ancak zamanla sulu sistemlerin boyutları çok büyümüş, iki borulu sistemlere geçilmiştir. Burada kullanıcılar devreye paralel bağlanmakta ve akış kontrol elemanları kullanılabilenlerdir. Yüz yılı aşkın süredir kullanılan iki borulu sistemlerde, bu uzun tecrübeye rağmen, hala taşınan akışkanın ve dolayısı ile ısı enerjisinin kullanıcılara en uygun bir biçimde dağılımı problem olmakta ve bu konuda hatalar yapılmaktadır. Bu bildiride temel prensipler üzerinde durulacak ve çeşitli sulu sistem çözümleri anlatılarak tartışılacaktır. Bu çerçevede içinde sulu sistemlerde basınç dağılımı birinci bölümü oluşturacaktır. İkinci bölümde pompaların yerleşimi; seri, paralel ve değişken debili pompalama üzerinde durulacaktır. Üçüncü bölüm dağıtım sistemlerine ayrılmıştır. Bu bölümde paralel çift borulu ve Tischelman sistemleri; sabit ve değişken debili pompalama sistemleri; primer-sekonder devre dağıtım sistemleri üzerinde durulacaktır.

## GİRİŞ

Sulu sistemler tesisat mühendisliğinin temel çözümlerinden biridir. Gerek ısınma ve soğutma, gerekse sıhhi tesisatla sulu sistemler hemen her tesisat mühendisi tarafından kullanılsa da; uygulamada ve projelerde karşılaşılan yanlışlıklar, konunun temel bilgilerinde çoğu kişide eksiklikler olduğu kanaatini doğurmaktadır. Bu bildiride sulu sistemlerde uygulamaya dönük bazı temel kavramlar tartışılacaktır. Her şeyden önce sulu sistemlerin boyutlandırılmasında esas olan ana kriterler ve sistemin tasarımında esas olan prensipler üzerinde durulmalıdır. Sulu sistemlerin boyutlandırılmasında ana kriter ekonomidir. Eğer boru çapları büyük seçilirse ilk yatırım maliyetleri artar. Buna karşılık basınç kayıpları azaldığından suyun dolaşımı için gerekli pompalama gücü azalır. Dolayısı ile işletme maliyetleri azalır. Optimum çözüm toplama maliyeti minimum yapan boyuttur. Optimum çözümler çoğu zaman standartlar tarafından empoze edilirler. Bu optimum çözümle beraber başka kriterlerin de sağlandığının belirlenmesi gerekir. En önemli sınırlayıcı iki kriter ses ve boru aşınması ile ilgilidir. Boru içinde su akışı eğer su içinde hava veya buhar kabarcığı yoksa çok sessizdir. Örneğin içindeki hava iyice alınan kaynar su sistemlerinde 4,5-5 m/s hızlara kadar rahatlıkla çıkılabilir veya soğutulmuş su sistemlerinde hızlar ses problemi olmaksızın yüksek olabilir. Ses aynı zamanda erozyonla da iç içedir. Sistemde hava varsa, yüksek hızlarda bu aynı zamanda erozyon problemi de yaratacaktır.

Tasarımda esas olan prensip ise sistemde dirençlerin dengelenmesidir. Sistemde paralel olarak oluşturulan kolların her birinde bütün çalışma şartlarında başlangıçta belirlenen debiler geçmelidir. Pratik sistemlerin başarısı bu temel prensibe ne kadar yaklaşıldığına bağlıdır. Bu temel sorunun yanında sistemden havanın tahliyesi, basınç darbeleri, korozyon ve işletme ekonomisi gibi pek çok diğer problemin de alınacak önlemlerle çözülmesi gerekir.

## SULU SİSTEMLERDE BASINÇ DAĞILIMI

Bu bildiri çerçevesinde sadece kapalı su devreleri üzerinde durulacaktır. Su devresi atmosfere açık veya kapalı olabilir. Ancak su alt bir seviyeden, yüksekteki bir seviyeye basılmamaktadır. Sadece devrede dolaştırılmaktadır. Dolayısı ile bu sistemde kullanılan pompalara dolaşım veya sirkülasyon pompası adı verilmektedir. Dolaşım pompası sadece devrede suyun dolaşım sırasında ortaya çıkan sürtünme kaybı, yerel kayıp gibi dinamik yükleri karşılar. Su hareketi azaldıkça bu yükte azalır. Kapalı devrelerde pompa için göz önüne alınması gerekli statik yük sadece sıcaklık farkı dolayısı ile ortaya çıkan yoğunluk farkından kaynaklanır. Bu değer kayıp veya kazanç yönünde etkili olabilir ve çoğu zaman pompalı devrelerde ihmal edilir.

Sulu sistemlerdeki basınç ilişkisi Bernoulli denklemi ile verilir ki aslında bu enerjinin korunumu denklemdir. Bernoulli denklemi;

$$P_1 + \rho_1 \frac{V_1^2}{2} + \rho_1 g z_1 = P_2 + \rho_2 \frac{V_2^2}{2} + \rho_2 g z_2 = H$$

olarak verilir. Burada,

P = Basınç (Pa)

$\rho$  = Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)

V = Akışkan hızı (m/s)

g = Yerçekimi ivmesi (m/s<sup>2</sup>)

z = Yükseklik (m)

H = Toplam basınç (Pa)

1 ve 2 noktaları arasında akışkanın akışı sırasında bir enerji dönüşümü (basınç düşümü) meydana gelir. Bu düşüm,

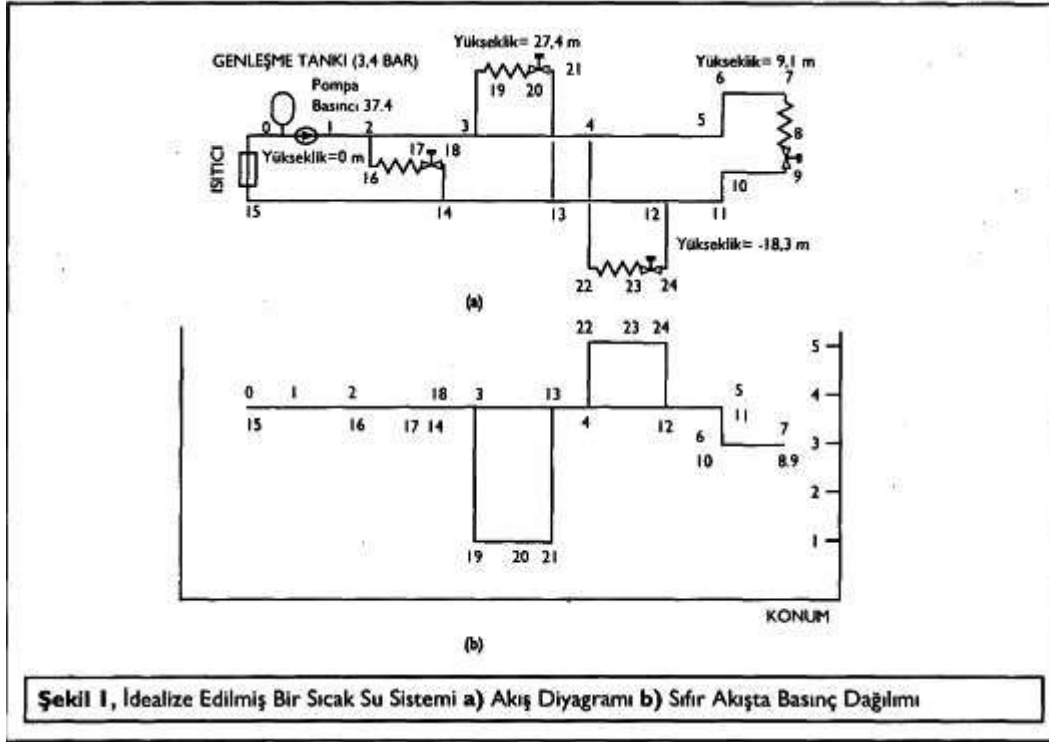
$$\Delta P = H_1 - H_2$$

olarak ifade edilebilir. Kapalı bir sistemde basınç düşümü,

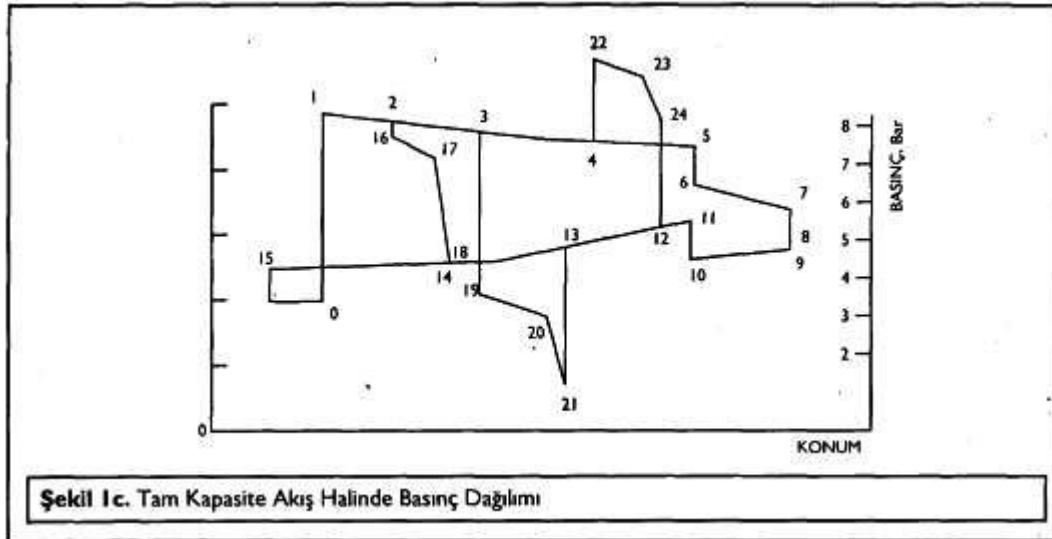
$$\Delta P = f \frac{L}{D} \rho \frac{V^2}{2} + K \rho \frac{V^2}{2} + \Delta z (\rho_1 - \rho_2) g$$

ile gösterilebilir. Burada ilk terim sürtünme kaybını, ikinci terim yerel kayıpları ve son terim düşey doğrultuda yoğunluk farkının doğurduğu kaldırma kuvvetini ifade etmektedir.

Bütün bu basınç ilişkilerinin görülebilmesi için kapalı bir devreye ait basınç dağılım diyagramı çizilebilir. Şekil 1'de böyle bir örnek kapalı devre basınç diyagramı verilmiştir. Şekil 1a'da devre şeması, b'de akış yokken statik basınç dağılımı, c'de ise pompa tam güçte çalışırken basınç dağılımı görülmektedir. Sistemde kapalı genişleme tankı bulunmaktadır. İster kapalı, ister açık genişleme tankı olsun, bu tankın sisteme bağlandığı noktada uyguladığı basınç referans noktasıdır ve değişmez. Şekildeki sistemde bu kap tarafından uygulanan basınç 3, 4 bar olup, pompa çalışmazken bu kapla aynı seviyede olan bütün noktalarda basınç aynı değerdedir. Şematik şekilde devre planda gösterilmiş olup, farklı kollarındaki noktalar rakamla ve yazı ile ifade edilmiştir. Sistemde yüksekte olan 19, 20, 21 noktalarında ve 6, 7, 8, 9, 10 noktalarında daha düşük statik basınç ve alçakta olan 22, 23, 24 noktalarında daha yüksek statik basınç görülmektedir. B durumda akış sıfır olduğundaN pompanın karşılması gereken basınç düşümü yoktur.



Şekil 1. İdealize Edilmiş Bir Sıcak Su Sistemi a) Akış Diyagramı b) Sıfır Akışta Basınç Dağılımı



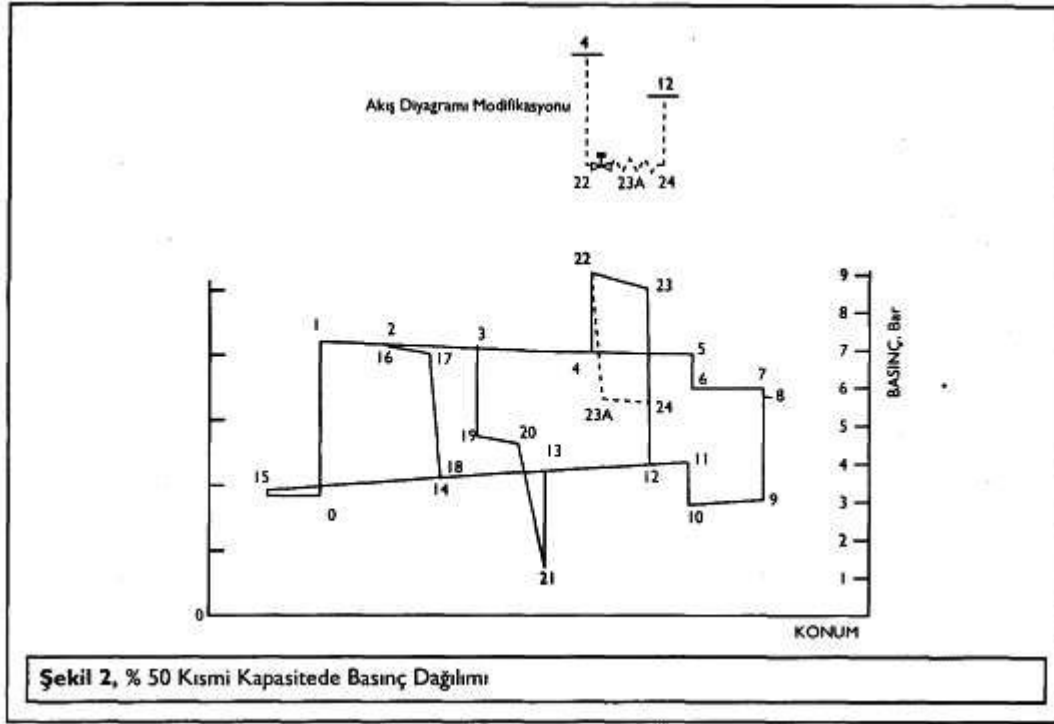
Şekil 1c. Tam Kapasite Akış Halinde Basınç Dağılımı

Pompa çalıştığında 0 noktasından itibaren pompa çıkışı olan 1 noktasına kadar pompa basma yüksekliğine eşit miktarda (37,4 mss) basınç artışı olur. Bu pompa tarafından sağlanan basınç farkı, 1'den tekrar 0 noktasına kadar olan bütün devrede sürtünme ve yerel kayıplara kullanılmaktadır.

Görüldüğü gibi aynı kotta olan ve pompa çalışmazken aynı statik basınçta olan 1, 2, 3, 4, 5 noktaları arasında, pompa çalışmaya başlayınca basınç farkları oluşmaktadır. Pompanın sağladığı basınç, 1'den 5'e boru hattında sürtünmelerle kaydedilmektedir. Sonuçta 1'den 0'a kadar devrede hep azalan eğimle ilerlemekte ve 0'da kapanmaktadır. Ayrıca aynı noktalara bağlı paralel kollarda meydana gelen basınç düşümleri birbirine eşittir. Örneğin 4, 22, 23, 24, 12 hattı ile 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 hattında eşit basınç düşümü vardır. Bu kendiliğinden oluşan bir dengedir. Bu dengenin oluşumu için her iki koldaki su debileri kendilerini ayarlar. Dolayısı ile bu kollardan herhangi birinde olacak direnç değişimi diğer kollardaki debilerin değişmesine neden olur. İşte sulu sistem tasarımında en önemli problem bu debi değişimlerinin kontrolüdür.

Şekil 2'de aynı sistemin 2 yollu kontrol vanalarını kısılması suretiyle debisinin yarıya inmesi durumunda basınç diyagramı verilmiştir. Bu durumda sabit devirli pompada debi alırken, basma yüksekliği biraz artmakta, buna

karşılık kullanım yerlerinde basınç düşümü esas 2 yollu kontrol vanalarında meydana gelmektedir. Debi düşmesi nedeniyle borudaki ve ısıtıcılardaki basınç kayıpları azalmıştır.



Şekil 2, % 50 Kısmi Kapasitede Basınç Dağılımı

## POMPALAR VE SULU SİSTEMLER

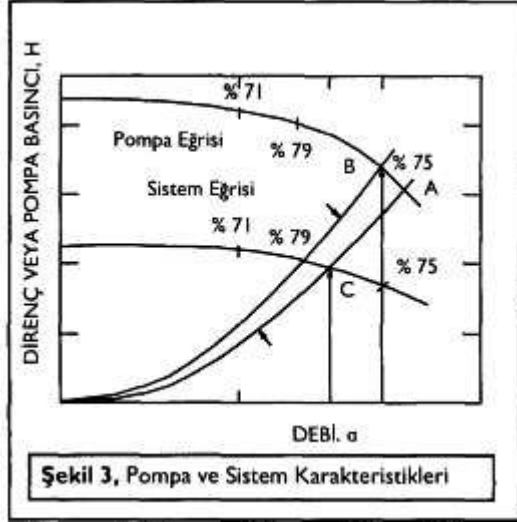
Pompalar sulu sistemlerin kalbidir. Dolayısı ile sistem dizaynının en önemli bölümünü pompaların seçimi ve yerleşimi oluşturur. Her şeyden önce günümüzde pompanın yeri kazanlardan veya soğutma gruplarından sonra olmalıdır. Genleşme kaybı kazan veya soğutma grubu dönüş hattında olduğundan bu durumda bütün boru sistemi basınç altındadır. Bu özellikle sıcak sulu ısıtma devrelerinde önem kazanır.

Santrifüj dolaşım pompalarında bilinmesi gereken aşağıdaki genel özellikler geçerlidir:

- Pompa debisi pompa devir sayısı ile orantılıdır.
- Pompa basma yüksekliği pompa devir sayısının karesi ile orantılıdır.
- Pompanın çektiği güç pompa devir sayısının kübü ile orantılıdır.

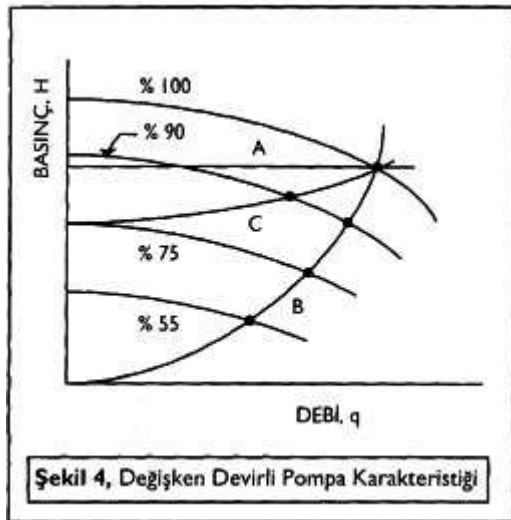
Örneğin bir pompanın devir sayısı % 50 azaltılırsa, pompaladığı su % 50 oranında azalırken, basma yüksekliği orijinal değer % 25'ine, güç ihtiyacı ise orijinal değer % 12,5'una iner.

Pompa karakteristiği denilen kapasiteye karşılık pompa basıncının değişimi, sirkülasyon pompalarında geniş bir aralıkta meydana gelir. Dolayısı ile bir dolaşım pompası çok geniş bir aralıkta çalışabilir. Şekil 3'te örnek bir pompa karakteristiği verilmiştir. Bu eğri üzerinde pompa verim değerleri de işaretlenmiştir. Sıcak sulu ısıtma sistemi devresi için aynı eksen takımında sistemin karakteristiği çizildiğinde yine Şekil 3'teki sistem eğrisine benzer bir eğri elde edilir. Bu iki eğrinin kesim noktası, (A) çalışma noktasıdır. Sistem karakterinin değişmesi (örneğin bir motorlu vananın kısılması) veya pompa karakterinin değişmesi (örneğin pompa devir sayısının azalması) halinde çalışma noktası da (sırası ile B ve C noktaları) değişecektir. Pompalar çalışma noktaları pompa eğrisinin maksimum verim bölgesinde olacak şekilde seçilmelidir.



### DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPALAR

Şekil 4'te değişken devirli bir pompanın % 100, % 90, % 75 ve % 55 hızdaki karakteristik eğrileri verilmiştir. Aynı şekilde sıcak sulu ısıtma yapılan kampus tipi bir uygulamada primer devre sistem eğrisi de görülmektedir. Isıtma ihtiyacı dış sıcaklığa bağlı olarak azaldıkça 2 yollu kontrol vanaları kısılarak debiyi azaltmakta, buna bağlı olarak pompanın devri de azalarak gerekli olacak kadar debi sağlamaktadır. Devir azaldıkça çalışma noktası sistem eğrisi boyunca aşağı kaymakta, kapasite azalırken paralel olarak çekilen güç de azalmaktadır. Bu durumda değişken devirli pompa sistem eğrisine mükemmel uymakta ve sabit devirli bir pompaya göre büyük enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Halbuki klasik sabit devirli sulu sistemlerde 3 yollu vanalarla ısıtma kontrolü yapılır. Primer devrede debi sürekli sabit kalırken, ısıtıcılardan dolaştırılan akışkanın sıcaklığı değiştirilir. Her iki sistemde de ısıtma aynı mükemmellikte kontrol edilirken, değişken debili sistemde aynı zamanda pompalama gücünden tasarruf sağlanmaktadır. Özellikle son yıllarda değişken devirli pompa fiyatları hızla düşerek makul değerlere gelirken, enerji maliyetlerinin yükselmesi bu pompaların daha fazla kullanılmasına yol açmıştır. Eğilim önümüzdeki yıllarda bu pompaların daha yaygın kullanılması yönündedir. Örneğin Almanya'da 50 kW gücün üstünde domestik ısıtma sistemlerinde bile sabit devirli veya elle ayarlanabilen kademeli devirli pompaların kullanımı 1.1.1996'da yasaklanmıştır. Hiç olmazsa 3 kademeli otomatik devir ayarlı pompa kullanımı istenmektedir. Yine Almanya için verilen rakamlara göre sabit devirli dolaşım pompalarının değişken devirli hale getirilmesi durumunda yıllık 2,5 milyar kWh elektrik enerjisi tasarrufu yapılabilecektir. Sabit devirli pompa aslında omurunun sadece % 2-5'inde tam kapasitede çalışmak zorundadır. Geri kalan zamanlarda hep düşük kapasite talebi vardır.



Ancak burada değişken devirli pompaların kullanımında sistem karakteristiğinin büyük önemi vardır. Şekil 4'te C eğrisi ile başka bir sistem karakteristiği verilmiştir. Bu bir soğutulmuş su devresi sistem karakteristiğidir. Burada

dış sıcaklık yükün değişiminde çok az rol oynamaktadır. Önemli olan güneş yükleri ve iç yüklerdir. Bazı zonlar tam yükte iken, bazıları minimum olabilir. Ayrıca soğutma grubu devresinde sabit miktarda su dolaşımı gerekir.

Soğutma gruplarında suyun dolaşımı aynı primer devre pompası ile gerçekleştiğinden, grubun direnci her kapasitede sürekli var olacaktır. Sonuç olarak değişken debi karakteristiği sadece ana dağıtım devresi için geçerlidir ve bu devrede toplam devre direncinin ancak yansına eşit olduğundan kapasite değişimi ile pompanın karşıladığı dirençte değişim azdır ve kapasite azaldıkça sifira gitmez. Bu durumda görüldüğü gibi değişken debili pompa çok fazla karlı değildir. Sistem karakteristiği nedeniyle pompa devir hızı belirli bir değerin altına inemez.

Soğutulmuş su sistemlerinde değişken debili pompalar ancak çok büyük kampus tipi uygulamalarda primer ana dağıtım devrelerinde kullanılabilir veya primer-sekonder devreli sistemlerde sekonder dağıtım devresinde kullanılabilir.

Sonuç olarak değişken debili sistemlerin uygulanmasında sistem karakteristiği mutlaka göz önüne alınmalı ve karakteristik uygunsa kullanılmalıdır. Aksi halde yatırım boşa gitmiş olacaktır.

Değişken devirli pompaların ekonomik yararları yanında iki önemli fayda bulunmaktadır : 1. Tesisattaki kontrol karakteristiğine bağlı olmakla birlikte, yüke bağlı olarak debi düştükçe ses ve titreşim problemleri de hızla azalır. Sistem daha yüksek bir konfora ulaşır. 2. Hidrolik devredeki dengenin (kapasite kontrolü cinsine bağlı olmakla birlikte) yük değişimini en aza indirilmiştir.

Değişken devirli pompalarda kademesiz hız ayarı günümüze daha çok frekans konvertörleri ile yapılmaktadır. Devir ayarı için gerekli kumanda farklı büyüklüklerden alınabilir. Hissedilebilen büyüklükler.

- Gidiş veya dönüş suyu sıcaklıkları
- Gidiş-dönüş suyu sıcaklık farkı
- Gidiş veya dönüş suyu basınçları
- Gidiş-dönüş suyu basınç farkı
- Çevre sıcaklığı
- Zaman

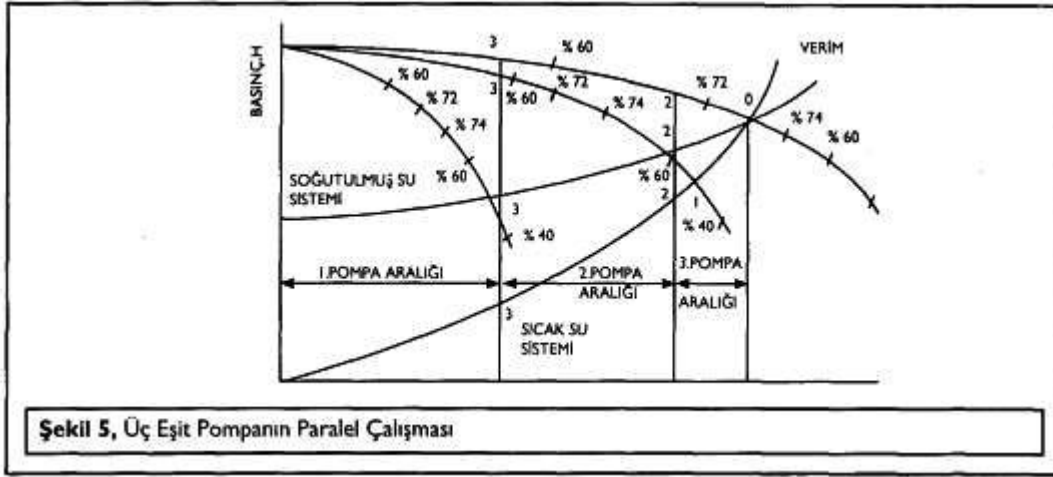
olabilir. Dolayısı ile sistem; kontrol edilecek büyüklüğü uygun bir sıcaklık veya basınç sensörü, frekans konvertörü ve pompa-motor grubundan oluşmaktadır. Kuru rotorlu santrifüj pompalarda genellikle devir hızı ayarında kullanılan sensör ve konvertörler ayrı birimler halindedir. Yeni nesil ıslak rotorlu dolaşım pompalarında ise bütün sistem pompaya entegre vaziyettedir.

Kullanılan kontrol cihazları isteğe bağlı olarak birden fazla pompaya kumanda edebilmekte, bunları sıra ile devreye alabilmekte ve çalışına noktasını serbest olarak belirleyebilmektedirler.

Değişken devirli pompalarda kapasite hiç bir zaman % 0'a kadar indirilemez. Pratikte değişken devirli pompalarda kapasite % 100-% 40 arasında değişebilmektedir.

## **POMPALARIN PARALEL BAĞLANMASI**

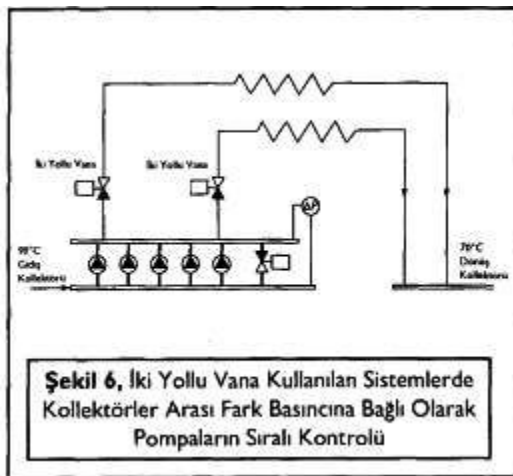
Pompalar paralel bağlandığında toplam debi pompaların her birinin aynı basma yüksekliğindeki debilerinin toplamına eşittir. Şekil 5 üç eşit pompanın paralel bağlanması halindeki tipik çalışmasını göstermektedir. Pompalar yükü kendi basınç-debi karakteristiklerine göre paylaşmaktadırlar. Kararlı bir çalışma için çalışma noktasını net olarak belirlenebilmesi gerekir. Bu nedene pompa karakteristiklerinin orta derecede dik olması gerekir. Düz karakterli pompaların paralel çalışması halinde yük paylaşım noktalarının kayması eğilimi ortaya çıkar. Çok dik karakterli pompalarda ise kararsızlık oluşabilir.



Şekilde sistem karakteristiği üçlü paralel pompa karakteristiğini O noktasında, ikili, pompa karakteristiğini I noktasında kesmekte ve tek pompayı kesmemektedir. Ancak sistemde bir vananın kısılması sureti ile basınç arttırılırsa, tek pompa 3 noktasında sistem ihtiyacını karşılayabilir. İki pompa birlikte 1 noktasında tek pompa debisinin iki mislini sağlamaktadır. Ancak üçüncü pompanın ilavesi O noktasında debiyi % 12 daha arttırabilmektedir.

Pompa verimleri şekil üzerine işaretlenmiştir. Bunun incelenmesinden optimum çalışma aralıklarını belirlemek mümkündür. Tek pompa stabil çalışma noktası 3'e kadar kullanılmalıdır. İki pompalı çalışma 2 noktasına kadar devam edebilir. 2 noktası verimlerin eşit olduğu noktadır. Bu noktada çekilen güç farklı basma yüksekliğine rağmen eşittir.

Paralel çalışan çok sayıda pompa ile kademeli olarak değişken debili sistemler yaratılabilir. Bu şekilde geliştirilmiş ticari kontrol sistemleri mevcuttur. Böyle bir sıralı kontrol Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu sistemde gidiş-dönüş arasındaki basınç farkı  $\Delta P$  sabit tutulmaktadır. Sistemi kontrol eden iki yönlü vanalar kısıldıkça kollektörler arasındaki bypass devresindeki iki yönlü motorlu vana açılmakta ve basınç farkını sabit tutmaktadır. Belirli bir noktada pompanın biri devreden çıkarken bypass vanası yeniden kısılmaktadır. Böylece pompalar sıra ile devreye sokulmakta ve çıkarılmaktadır. Basit sistemler için tek ve düz karakterli pompa yerine paralel çok sayıda pompa kullanmak düşük debiler bölgesi dışında büyük bir kazanç sağlamaz. Ancak değişken devirli pompa örneğinde incelendiği gibi, primer-sekonder devreli bölge soğutması ana dağıtım hatlarında ve benzeri uygulamalarda karşılaşılan düz karakterli sistemlerde paralel pompalar kullanmak büyük yarar sağlar.



## PARALEL DEĞİŞKEN DEVİRLİ POMPA BAĞLANTISI

Kuru rotorlu pompalar bağlanan frekans konvertörleri pompadan bağımsızdır. Dolayısı ile bir sıra eşil pompadan herhangi birine kumanda edilebilir. Öte yandan değişken devir kabiliyetini doğuran frekans konvertörleri motor gücü ile giderek daha pahalı olmaktadır. Bu nedenle büyük debili sistemlerde paralel eşit güçte pompalar kullanarak ve bunlardan sadece bir tanesini değişken devirli yaparak maliyeti düşürmek mümkündür. Ticari olarak 6 pompaya kadar paralel bağlanmış değişken devirli pompa grupları hazır paket olarak piyasada mevcuttur. Burada sıra ile pompalar devreye girmekte veya çıkmakta aradaki bölgede ise değişken devirli pompa sürekli debi kontrolünü gerçekleştirmektedir. Bu sistem sıcaklık, basınç veya bunların farkından kumanda alabildiği gibi, yukarıda sözü edilen paralel pompa karakteristiğinin avantajlarını da taşımaktadır.

## POMPARLARLA İLGİLİ PRATİK ÖNERİLER

- Pompaların mekanik salmastralı veya fitil salmastralı olması iş sahibinin seçimine bırakılmalıdır. Eğer işletmede iyi bir bakım ekibi varsa normal salmastralar tercih edilmelidir. Mekanik salmastralar daha uzun ömürlü olmalarına ve bakım gerektirmemelerine karşılık, kırıldıklarında mevcut personelle tamir edilemezler. Mutlaka ilgili servis teşkilatına gereksinim vardır. Bu da pompanın bir süre devre dışı kalmasına neden olur.

- Mekanik salmastraların en büyük düşmanı kum ve ince yabancı maddelerdir. Bu nedenle özellikle sıcak sulu sistemlerde ilk 6 aylık mertebesinde bir dönemde normal salmastra kullanmak ve yabancı maddeler çökeliş filtreledikten sonra mekanik salmastraların takılması tavsiye edilir.

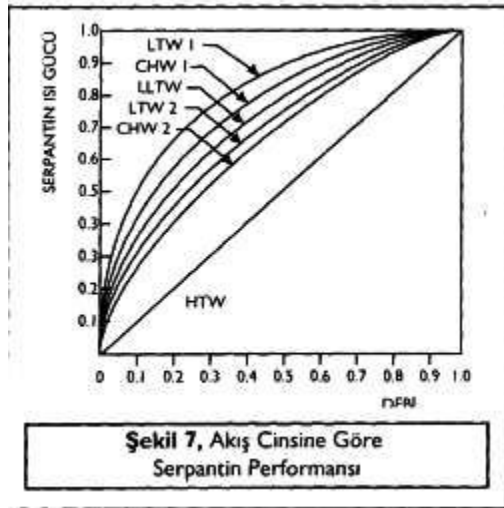
- Gelecekteki büyük yük için seçilmiş pompalar, başlangıç döneminde uzun süre düşük yüklerde çalışacaksa; bu dönem için daha küçük çaplı bir çark ile çalıştırılabilir. Tam kapasite çarkı da gerekli zamanda kullanılmak üzere depoda saklanır. Çekilen güç çark çapının kübü ile orantılı olduğundan büyük tasarruf sağlanır.

- Sabit devirli pompalar tamamen kapalı veya kapalıya yakın bir konumda uzun süre çalıştırılmamalıdır. Aksi halde su aşırı ısınır. Sistemde pompaları soğutacak kadar minimum bir bypass debisinin dolaşma imkanı sağlanmalıdır.

## ISITICI VEYA SOĞUTUCU SERPANTİN PERFORMANSI

Farklı su debilerindeki serpantin performansı ve bunun merkezi sisteme etkileri aşağıdaki tabloda verilen 6 tipik sulu sistem için Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu şekilde ısı değiştirgeci yüzeyi ve akışkan giriş sıcaklığı sabittir.

Tipik sulu sistemler kızgın su (HTW), sıcak su (LTW) ve soğutulmuş su (CHW) olarak seçilmiştir. Şekil 7'ye göre kızgın su halinde (HTW) kapasite ile debi arasında lineere yakın bir ilişki vardır. Böylece bu hal kapasitenin debi ile en kolay kontrol edilebileceği durum olarak gözükmektedir. Tam tersine LTW1 ise debi değişimine karşılık kapasite değişim cevabının en zayıf olduğu hale karşı gelmektedir. Debi tam yükün yarısına düşürüldüğünde (%50), kapasite ancak tüm yükün % 90'ına indirilebilmektedir. Kapasiteyi yarıya indirmek için debiyi % 12'ye kadar düşürmek gerekmektedir.

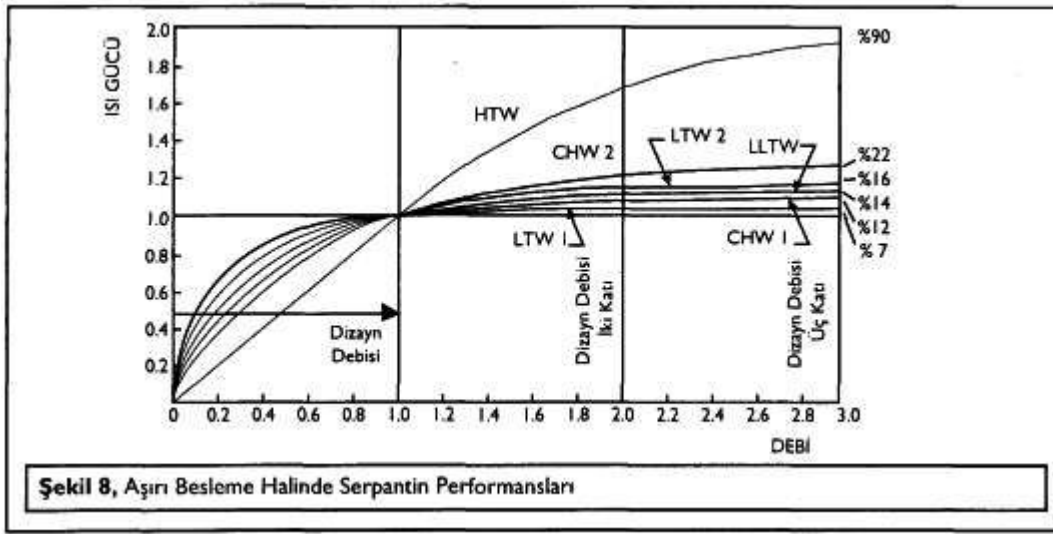


Buradan görülüyor ki ısı değiştirgeçlerin kontrol performansını etkileyen en önemli parametre  $\Delta T$  sıcaklık farkı olmaktadır. Bu farkın işlemin müsaadesi nispetinde en geniş yapılması gerekir. Doğal olarak eşanjör (veya serpantin) performansı, kontrol meselesinin bir yüzüdür. Olayın diğer yüzünde ise kontrol vanalarının karakteristiği bulunmaktadır.



İşareti	Giriş sıc. C	Dönüş sıc. C	OT
HTW	204	121	83
LTW1	82	71	11
LTW2	82	60	22
LLTW	40,6	35	5,6
CHW1	7,2	11,7	4,4
CHW2	5,6	14,4	8,9

Şekil 8'de ise aynı sulu sistemlerin karakteristiklerinin dizayn değerinin ötesindeki durumu verilmiştir. Buradan görüldüğü gibi kızgın suda (HTW) debiyi % 12 arttırınca kapasitede % 10'luk bir artış elde edilmektedir. Halbuki LTW1 sisteminde debiyi iki misli arttırmak, kapasiteyi ancak % 5 oranında arttırmaktadır.



Buradan varılan sonuç ise, HTW sisteminde serpantin seçimindeki hataların ve eksikliklerin debi değişimi ile kompanse edilebileceği ve dizayn değeri etrafında kapasitenin debi ile kolayca kontrol edilebileceğidir. Halbuki bu esneklik sıcak su (LTW) ve soğutulmuş su (CHW) sistemlerinde yoktur. Dolayısı ile mümkünse bu sistemlerde yüzeyler biraz daha emniyetli seçilmeli ve kapasite kontrolü debi değişiminden çok, sıcak değişimine dayanmalıdır.

Buradan çıkan bir diğer sonuç da sabit debili sulu sistemlerin reglajının çok zor olmasıdır. Böylece bir sistemi serpantin (veya eşanjör) gücüne bakarak dengelemek yukarıdaki açıklamalara göre çok zordur. Bu sistemlerin reglajı hesaplanan basınç düşümlerine göre yapılmalıdır. Bu nedenle sabit debili sulu sistem tasarımında devrelere otomatik debi kontrol elemanları tesis edilmelidir.

Devamı Gelecek Sayımızda

\* Bu Makale, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabından alınmıştır.