



# HİDROLİK DEVRELERDE ARIZA ANALİZİ

Yaşar PANCAR  
H.Sevil ERGÜR

## ÖZET

Son 40 yıldır hidrolik sistem kullanımı oldukça gelişmiştir. Daha güçlü, hızlı ve çok yönlü kullanım, gelişmiş hidrolik çeviriciler ve sistem kontrolleri sayesinde gerçekleşmektedir. Bilineceği üzere ağır yükler, hızlı çevrimler büyük kapasiteli ve yüksek basınçlara çıkabilen pompalar gerektirirler. Ancak yüksek basınçta çalışan sistem elemanları yüksek gerilmeye maruz kalır. Bundan dolayı arıza sayısını azaltmak ve çalışma ömrünü artırmak için hidrolik sistem dolayısıyla hidrolik pompa bakımı, her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. En çok karşılaşılan pompa arızalarının % 80'i hatalı çalıştırma ve bakımdan oluşmaktadır.

## ABSTRACT

The application of Hydraulic System has shown multi developments in last forty years. More powerfull, fast ve multi discipline applications can fulfilled by advanced hydraulic drives and system controllers. As known, heavy loads and fast cycles require pumps with high capacity and pressure. However with high pressure operation, system elements may come across high strenght. Therefore, inorder to decrease the breakdown number and the increase the operation time will require more attension on pumps and hydraulic systems. % 80 pump failures may be due to wrong operation and maintanance.

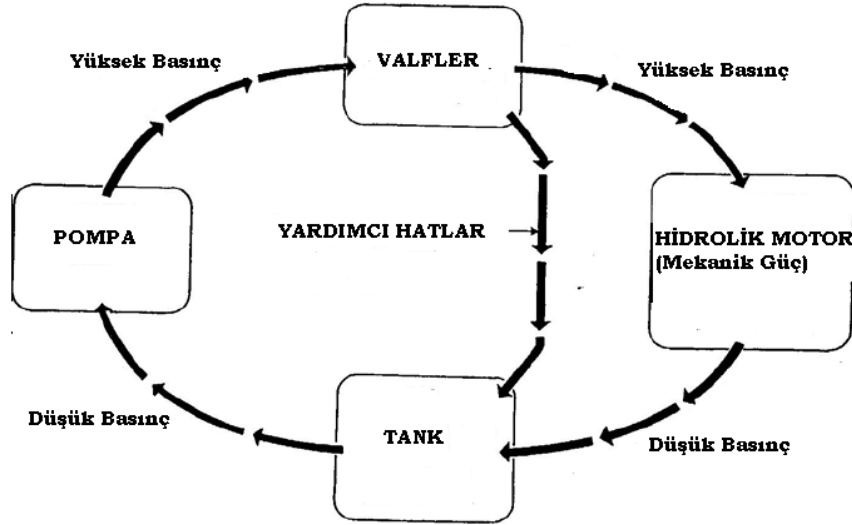
## 1. GİRİŞ

Hidrolik sistemlerde arıza arama karmaşık olabilir. Bilgi ve el becerisi gerektirir. Hatalı arıza tespiti, süre uzamasına ve gereksiz onarım ve parça değişimine neden olabilir. Oldukça pahalıya mal olacak hatalardan kaçınmak için, doğru ekipman seçimi ve mantıksal yaklaşım şarttır. Arıza aramaya, kolay işlemlerin kontrolü ve bunların ortadan kaldırılmasıyla başlanmalıdır. Çizelge 1' de en çok karşılaşılan arıza türleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Hidrolik Pompa Arıza Dağılımları [8]

Arıza Kaynağı	Arıza Yüzdesi (%)
Dizayn	— 2
İmalat	— 6
Montaj	— 12
Çalıştırma ve Bakım	— 80

Hidrolik devreler bir anda arızalanmaz. Genellikle çok önceden kendini belli eden sorun, tavsiye edilen aşamalarla çözümlenemiyorsa, mutlaka bir uzmana danışmak gereklidir. Doğru takım kullanılarak, bakım ve onarımı yapılacak hidrolik sistem elamanlarının iyice tanınması gerekir. Bunun için, verilmiş tavsiyelere uymanın yanı sıra devre elemanlarının iyice anlaşılması gerekir.



Şekil 1. Bir Hidrolik Devre Çevriminin Gösterimi

Birçok endüstriyel kuruluş, bakım onarım grubunda hidrolik sistemlerin arıza tespiti ve giderilmesi için yüksek maliyetlere katlanırlar. Çalışmalar, koruyucu sistem arızalarına yönelik olduğunda, arıza tespiti için daha düşük maliyet ve süre ortaya çıkar. Hidrolik sistem arızalarıyla karşılaşıncı, sorunu baştan incelemek yerine daha önceki tecrübelerle göre hazırlanmış mevcut kayıtların incelenerek çözüm aranması uygun olacaktır. Hidrolik sistemlerde bakımın yetersizliği eleman ve sonuçta sistem arızasına yol açacaktır. Hidrolik sistemde doğru bakım iki alanda yapılabilir. Birincisi koruyucu bakım ikincisi ise onarıcı bakımdır.

Hidrolik devrelerde arıza belirlenmesinde koklama, temas, gözleme ve dinleme yöntemleriyle çözüme daha çabuk ulaşılabılır. Sistemde hissedilen rahatsız edici sıra dışı bir kokunun sebebi, sistemin herhangi bir noktasında oluşan kuru sürtünme olabilir. Temas, sistem sıcaklığını belirlemede en güzel metottür. Çünkü insanın (çalışan elemanın) eliyle dayanabileceği sıcaklık bellidir. Aşırı bir sıcaklık artışı, sistemdeki herhangi bir arızanın belirtisi olabilir. Sistem arızasına neden olabilecek sıvı kaçağı, dokunma ve dinleme yöntemiyle alışılmamış sesler yardımıyla tespit edilebilir.

Hidrolik sistemlerdeki arıza tespiti ve bakımı ile ilgilenen birçok kurumda çalışan kişilerin hangi seviyede bilgi sahibi olmaları gerektiği bilinmemektedir. Bu durum iki grupta ele alınabilir. Birinci grup, hidrolik arızalarla ilgilenenler olup bakım konusunda kalifiye olmaları gereken ikinci grup ise sistemin yaklaşık % 90'nını içeren genel bakım/onarımla ilgilenmelidir. Hidrolik sistemde % 10'luk arıza tespit grubundaki elemanların bilgi ve kalifiye yeterlilikleri açısından, Çizelge 2'de özetlenen donanımlara sahip olmaları gerekir.

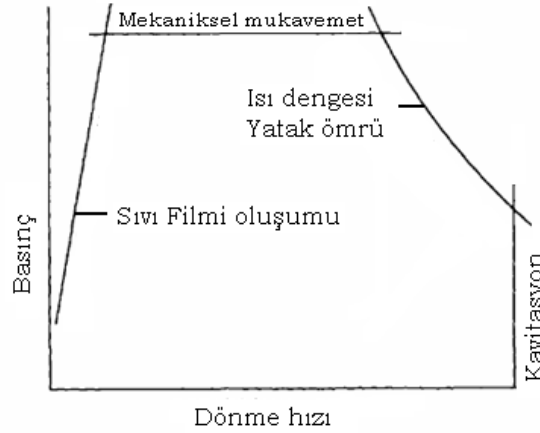
Tablo 2. Hidrolik Sistem Elemanlarının Bilgi-Tecrübe Düzeyleri [8]

GRUP	BİLGİ DONANIMI	KALİFİYE DÜZEYİ
I. GRUP	1) Mekanik prensipler (Kuvvet, iş, debi, basit makineler).	A) Hidrolik devre %100 profesyonellikle takip edilebilmelidir.
	2) Matematik (Basit ve karmaşık matematiksel işlemler).	B) Basınç dengeli pompada basınç ayarı yapabilmelidir.
	3) Hidrolik ekipmanlar (Hidrolik ekipmanların yaptıkları işlemler ve uygulama alanları).	C) Hidrolik sistemde arıza tespit edilmelidir.
	4) Hidrolik semboller (Sembollerin tanınmaları ve sistemle ilişkileri).	D) İmalatçı tavsiyelerine uygun eleman kullanımını sağlayabilmelidir.
	5) Debi, basınç ve hız hesabı. Öngörülen standartlara uygun filtreleme sisteminin saptanması.	E) Hidrolik sistem için koruyucu bakım programı geliştirebilmelidir.

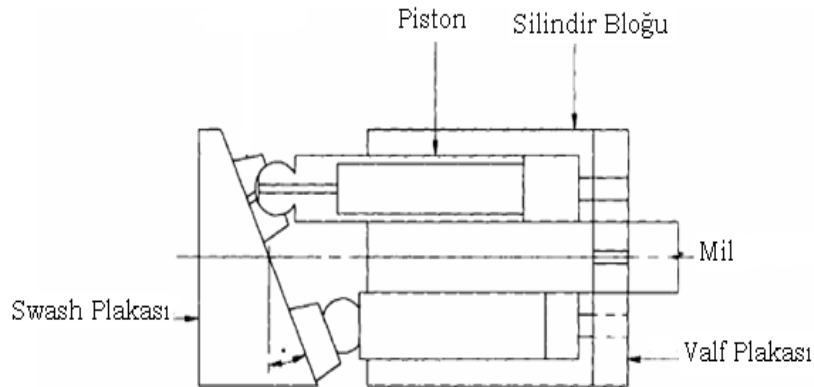
**Tablo 2. (Devam) Hidrolik Sistem Elemanlarının Bilgi-Tecrübe Düzeyleri [8]**

<b>II. GRUP</b>	1) Filtre tipleri (Fonksiyonları, uygulama alanları ve montaj şekilleri).	A) Filtre ve diğer elemanların değiştirilmeleri.
	2) Tank tipleri (Fonksiyonları, uygulama alanları).	B) Tankın temizlenmesi.
	3) Basit bir hidrolik sistemin çalıştırılması.	C) Hidrolik sistemde koruyucu bakımın uygulanması.
	4) Hidrolik sistem elemanlarının temizlenmeleri.	D) Hidrolik pompada süzgeç değişimi, hortum, ekleme parçaları ve boru değişimi
	5) Hidrolik yağlama prensipleri.	E) Hidrolik sisteme sıvı takviyesi.
	6) Hidrolik sistemlerde koruyucu bakım teknikleri konularına sahip olmaları gerekir.	F) Hidrolik sistemlerde oluşabilecek problemlerin tanınması konularına sahip olmaları gerekir.

Yetersiz yağlama, hidrolik pompa arızalarının en başta gelen nedenleri arasındadır. Sıvı film yağlamasının, malzeme mukavemeti, sıvı filminin ısı dengesi, yatak ömrü ve kavitasyon üzerindeki etkisi Şekil.2' de gösterilmiştir.

**Şekil 2. Hidrolik Pompa ve Motor Çalışma Sınırları [11]**

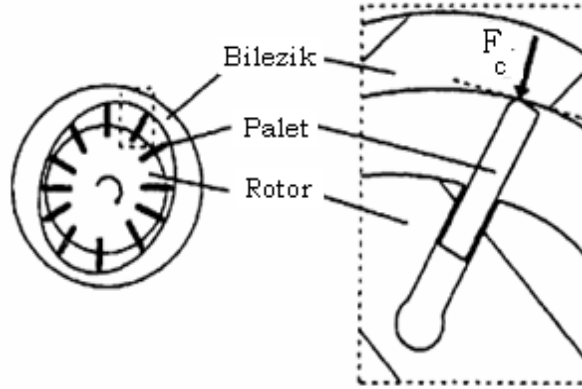
Pistonlu ve paletli pompalardaki birçok eleman doğrudan temas halinde çalışırlar. Pistonlu pompadaki kayar yüzeylere örnek olarak; valf plakası, silindir bloğu, piston, silindir cidarı ve swash plaka yüzeyleri gösterilebilir (Şekil.3). Valf plakası-silindir blok yüzeyindeki kayma aşınması, swash plakası ve eğik eksenli pistonlu pompa performansını etkileyecektir. Ara yüzeydeki bu aşınma kaçığa neden olacaktır. Söz konusu kaçık, düşen sıvı viskozitesiyle artacaktır. [1]

**Şekil 3. Swash Plakalı Pistonlu Pompada Kayar Temas Yüzeyleri [1]**



Kayıcı-swash plakasındaki aşınma, pompa performansını doğrudan etkiler. Şekil.3'de gösterildiği üzere, kayıcı-piston teması küresel yatak gibi düşünülebilir. Temas yüzeyi küçük olduğu için, yağ film tabakası oluşur. Silindir bloğu üzerinde etken kuvvet, mil ve valf plakasındaki sıvı film basıncıyla taşınabilir. Bu yükün taşınması için kaymalı yatak kullanmak da mümkündür.

Piston ve silindir cidarlarında da kayar temas söz konusudur. Birçok swash plakalı pistonlu pompalarda, pistonlar üzerinde etkili kuvvetlerden dolayı metal-metal temasından kaçınmak mümkün değildir. Bu yüzeylerdeki yağlama için hidrostatik yağlama seçilerek aşınmanın önüne geçilebilir. Paletli pompalarda da santrifuj kuvvetin etkisiyle gövde iç cidarına savrulan palet ucu ile gövde iç cidarı arasındaki aşınmadan dolayı oluşan kaçak nedeniyle, gerekli sistem basıncına ulaşmak oldukça zordur (Şekil.4).



Şekil 4. Palet ve Gövde İç Cidarı Arasındaki Temas Noktası [2]

## 2. HİDROLİK POMPA ARIZASI

### 2.1. Hidrolik pompada görülecek arıza nedenleri

Pompa, hidrolik sistemin kalbidir. Pompa arızalarının imalat hatalarından kaynaklandığını söylemek genelde doğru olmaz. Pompa arızaları çoğu zaman sistemdeki bir başka elemana ait arızanın belirtisi olabilir. Arızalardan korunma, pompa ve sistem verimini artıracaktır. Pompa arızalarının yaklaşık %85÷95'i aşağıdaki nedenlerin bir veya daha fazlasının bir araya gelmesiyle oluşur. Bunların önem sırasıyla analizinde yarar vardır. [5]

- Köpüklenme ve havalandırma
- Kavitasyon
- Kirlilik
- Sıvıdaki oksidasyon
- Aşırı basınç artışı
- Hatalı sıvı viskozitesi

#### 2.1.1. Köpüklenme ve havalandırma

Bir miktar köpüklenme kabul edilebilir olmakla birlikte aşırı köpüklenme, pompa girişine hava aktarılmasına ve böylece hidrolik sıvıdaki basıncın düşmesine neden olur. Düşen sıvı basıncı, sistem içerisinde çalışan elemanların hareket hızını da düşürecektir. Sonuçta kavitasyon oluşumu da görülebilir. Köpüklenmeye neden olan etkenler aşağıda özetlenmiştir.



### 2.1.2. Geri dönüş hattının hatalı yerleştirilmesi

Köpüklenmeyi azaltmak için geri dönüş hattı mutlaka tank sıvı üst seviyesinin altına kadar indirilmelidir. Bunun yerine geri dönüş hattının eğik bir plaka veya bir elek üzerine döşenmesi tavsiye edilir. Tanka geri dönen sıvının taşıdığı havayı atabilmesi için belirli bir zaman gereklidir. Bu süreyi kazanmak için, geri dönen sıvının pompa emme borusuna ulaşmaması gerekir. Bu da geri dönüş ile emme hattı arasına baffle plakaları (setleri) yerleştirilerek sağlanır. [10]

### 2.1.3. Hatalı boyutta tank seçimi

Tank küçük ve yeterince derin değilse, sıvının taşıdığı havayı atabilmesi için zaman sorunu ortaya çıkacaktır. Bunun için sisteme uygun tank hesabının yanı sıra, sıvı seviyesi ile tank üst kapağı arasında % 15' lik hacimsel boşluk bırakılmasına da dikkat edilmelidir.

### 2.1.4. Hızlı basınç tahliyesi

Yüksek basınç şartlarında eriyebilir olmasından dolayı hava tercih edilmekle beraber, hızlı basınç tahliyesiyle havanın erimesi de duracağından dışarıya atılması zorlaşacaktır. Borudaki keskin köşeler, pompa girişindeki ölçüm valflerinin çıkış hattı ile orifislerdeki vakum ve basınçlı tanktan gelen giriş hattındaki aşırı basınç düşümü, hızlı basınç tahliyesine neden olmaktadır. Hızlı basınç tahliyesinin engellenmesi için, bazı durumlarda negatif emme yüksekliğinin ortadan kaldırılması gerekir. Hatta giriş basıncını artırmak için, aşırı doldurma pompasından da yararlanılmaktadır. Hızlı basınç tahliyesi ve girişteki akış sorunlarını azaltmak için, belirtilen boyutların dışına mümkün olduğunca çıkılmamalıdır.

### 2.1.5. Tank içerisindeki sıvı seviyesinin yetersiz olması

Tanktaki sıvı seviyesi düşükse sisteme geri dönüşe kadar havanın serbest kalması için süre yeterli olmayabilir. Ayrıca, düşük sıvı seviyesi vorteks oluşumuna da neden olabilir.

### 2.1.6. Hidrolik sistem kaçaqları

Salmastra ve emme hattındaki bağlantılardan ve akümülatördeki gaz kaçaqlarından dolayı hidrolik sıvıya hava emilmektedir. Böylece, sıvı tanka geri döndüğünde aşırı köpüklenme gözlemlenmektedir.

### 2.1.7. Hareketli parçalar

Krank, çark dişleri ve kaplinlerin çok derin veya kısa olması, sıvı içine havanın emilmesini kolaylaştırır.

### 2.1.8. Sıvı viskozitesi

Yüksek viskoziteli sıvılar düşük köpüklenme eğilimi göstermelerine rağmen, genelde köpüklenmeye karşı büyük kararlılık gösterirler. Yüksek sıcaklıklarda/düşük viskoziteli sıvı kullanımı köpüklenme kararlılığını azaltarak, hava tahliyesini kolaylaştırır.

### 2.1.9. Hidrolik sıvının oksidasyonu

Viskozite artışından başka, oksitlenmeye sebep olan bazı ürünler, sistemin köpüklenmeye karşı daha kararlı hale gelmesini sağlarlar.



### 2.1.10. Kirlilik

Sıvının kirlenmesi köpüklenme nedenidir. İyi dağılmış pas ve kabuk, köpüklenme eğilimini artırır. Mineral esaslı hidrolik sıvılara deterjan ilavesi, suyun kirlenmesiyle köpüklenmeyi daha kararlı hale getirebilir. Diğer sıvılarla oluşacak kirlilik de köpüklenmeye neden olur.

## 2.2. Havalandırma ve hava girişi

Köpüklenme kaynaklarına ek olarak, sisteme herhangi bir şekilde katılacak hava, sıvıya havanın girişini hızlandıracaktır. Bu nedenle aşağıda belirtilen dört özellik özenle incelenmelidir. [5]

1. Havanın eriyebilirliği (Hava hidrolik sıvı içinde eriyebilir. Havanın eriyebilirliği sıcaklık ve basınçla artar.)
2. Mekanik katkı (Sisteme hava giriş basıncının negatif olduğu noktalarda artar.)
3. Sistemde hatalı tahliye (Sıkışmış havayı tahliyede sorun olduğu sürece, sıvıya hava emilmesi kolaylaşır. Hava sıkışması, sistemin doldurulması sırasında da oluşabilir.)
4. Uygun olmayan sıvı takviye düzeni (Tanka takviye edilecek sıvı, çalkantılara sebep olacak ve sonuçta hava emilmesini kolaylaştıracaktır.)

### 2.2.1. Kaviteasyon

Kullanılan sıvının çok soğuk ve oldukça yüksek viskoziteye sahip olması durumunda sıvı içinde oluşan boşlukların artması nedeniyle sistemde "kaviteasyon" oluşur. Ayrıca, düşük pompa kapasitesi ve tesisat elemanlarındaki daralmaların da kaviteasyona neden olacağı bilinmelidir.

### 2.2.2. Sıvıdaki oksidasyon

Sıvıların çalıştıkları süre içerisinde oksitlenmeleri nedeniyle çamur oluşturmaları olağandır. Yüksek sıcaklık oksitlenmeyi artırır. Hidrolik sıvılarda çalışma sıcaklıkları kullanıma göre değişeceğinden, bazı konuların ana hatlarıyla bilinmesinde yarar vardır. Hidrolik devrelerde maksimum çalışma sıcaklığı 65°C civarında tutulmalıdır. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda (80°C÷90°C) yapılan çalışmalar da tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda çalışan sıvının çabuk bozulduğu için sıkça değiştirilmesinde yarar vardır. Kullanılacak ısı değiştirgecinin görevini yapmadığı hallerde sıvıda yapışkanlık artacağından valf görevini yerine getiremeyecektir. Bu durumda sistem duracak ya da düzensiz çalışacaktır. Hidrolik sistem problemlerinin başında, pompa ömrünü yarıya düşüren, sıvı oksitlenme atıklarının birikmesi ve dolayısıyla emme süzgecinin tıkanması gelir.

### 2.2.3. Aşırı basınç artışı

Hidrolik pompaların çalışma basınçları dizayn değerlerinin dışında çıkmamalıdır. Aşırı basınç elemanlar üzerine ek yük getirerek erken arızalara neden olacaktır. Basınç artışı, elemanlardaki arızalardan oluşabilir. Bunlar genellikle relief valfte görülecek arıza veya relief valfin yüksek basınca ayarlanması şeklindedir. [5]

### 2.2.4. Hatalı sıvı viskozitesi

Viskozite akışa karşı gösterilen dirençtir. Tavsiye edilen değerlerin dışında yüksek viskoziteli sıvı kullanımı, kaviteasyona, sistemde aşırı basınç düşümüne ve verim düşüklüğüne neden olabilir. Sıvı viskozitesi çok düşükse, kaçak artacağı için volumetrik verim düşecektir. Basınç dengesinde kararsızlık belirecek, kontrol zorlaşacak



### 2.2.5. Kirlilik

#### **Kirlilik**

Pislik

Su

İmalat atıkları

Kimyasal maddeler

Aşınma atıkları

Hatalı sıvı kullanımı

#### **Oluşacak Hasar**

\* Yağ filmi oluşumuyla katıların karışmasına,

\* Sert partikül aşınmasına,

\* Küçük partiküllerin parlatma aşınmasına,

\* Yuvarlanan elemanlı yataklarda yorulma arızasına neden olur.

\* Üniform olmayan sıvı filmi oluşturur.

\* Paslanmaya neden olur.

\* Metal talaşlar yağ filmine girmektedir.

\* Korozyona ve yağın bozulmasına neden olur.

\* Atıklarının birikimi sıvının bozulmasını hızlandırır.

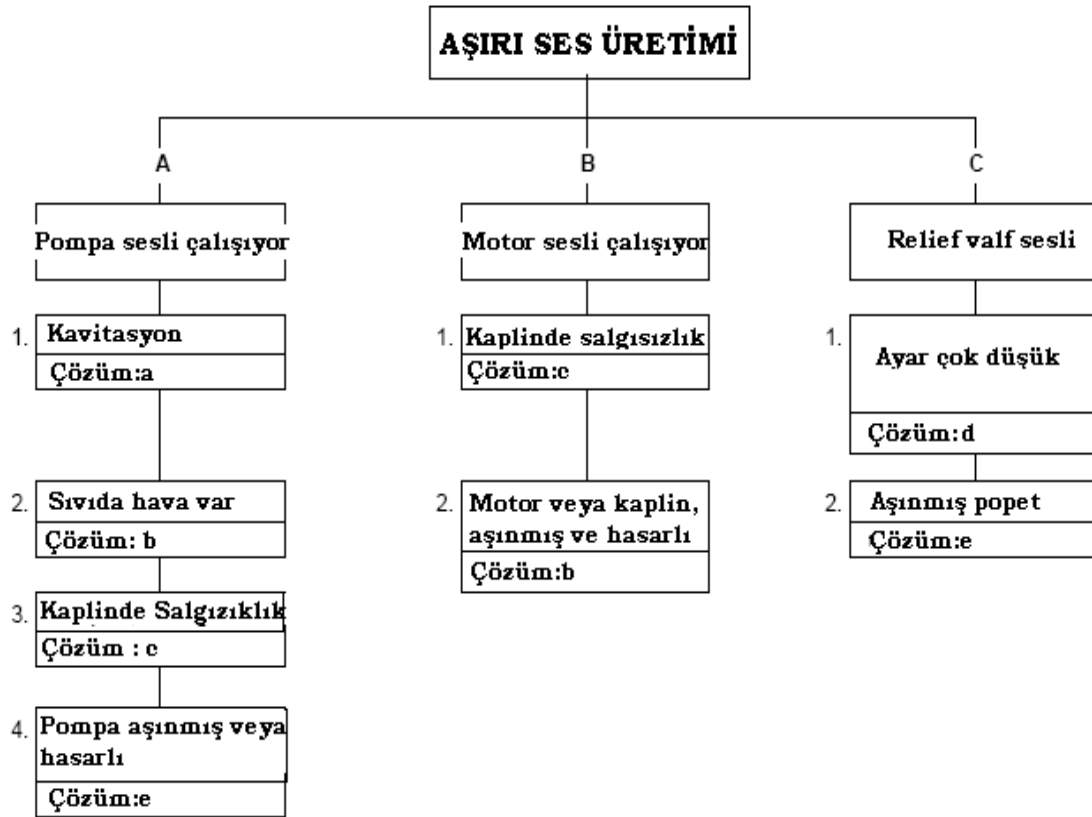
\* Yatak yüzeylerini bozabilir.

\* Viskosite düşükse yağ filmi çok ince olacaktır.

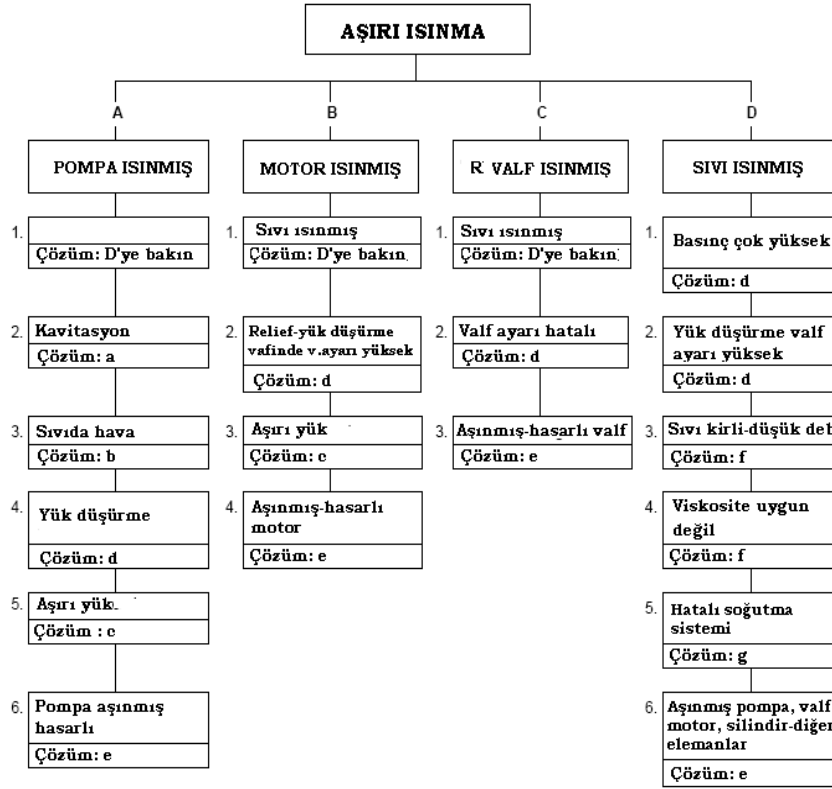
\* Viskosite yüksekse pompa verimi düşecektir.

\* Katkı maddeleri kimyasal yönde aktif ise korozyon oluşur.

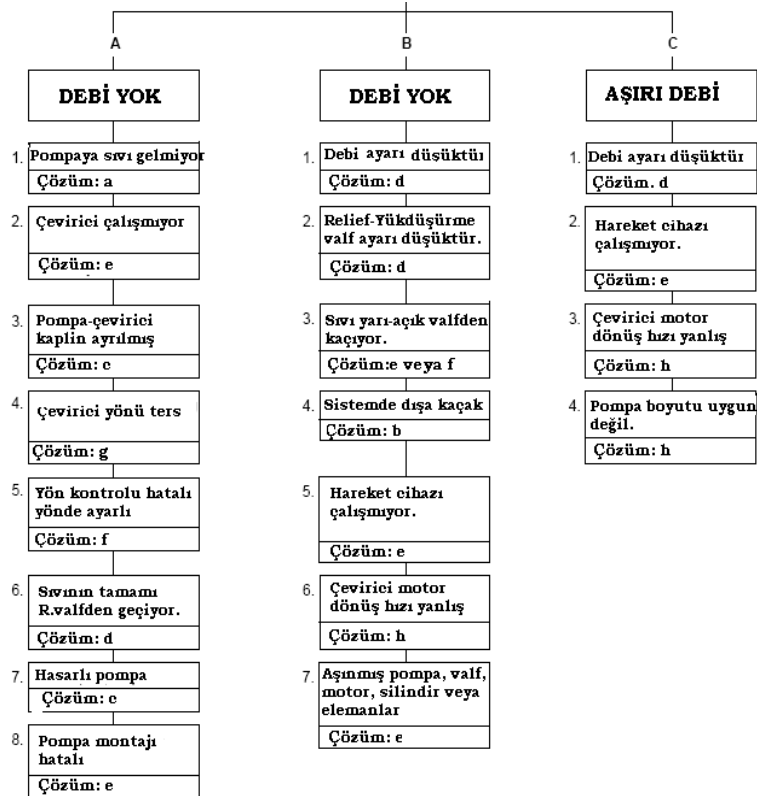
Hidrolik devrelerde, aşırı ses üretimi, aşırı ısınma, düşük debi/basınç ve hatalı çalışmaya ilişkin arızaları tespit etmek için akış diyagramlarından da yararlanılmaktadır. Farklı arıza durumları için oluşturulan akış diyagramları aşağıda özetlenmiştir. Çizelge 3'te verilen öneriler, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 için geçerlidir.



Şekil 5. Aşırı ses üretimi için oluşturulan akış diyagramı [2]

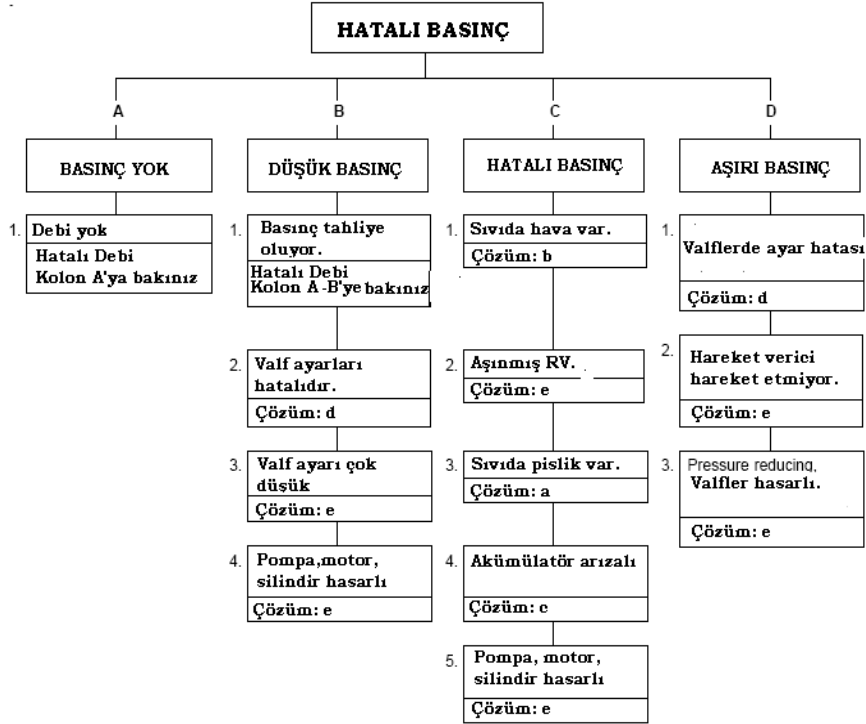


Şekil 6. Aşırı ısınma için oluşturulan akış diyagramı [2]

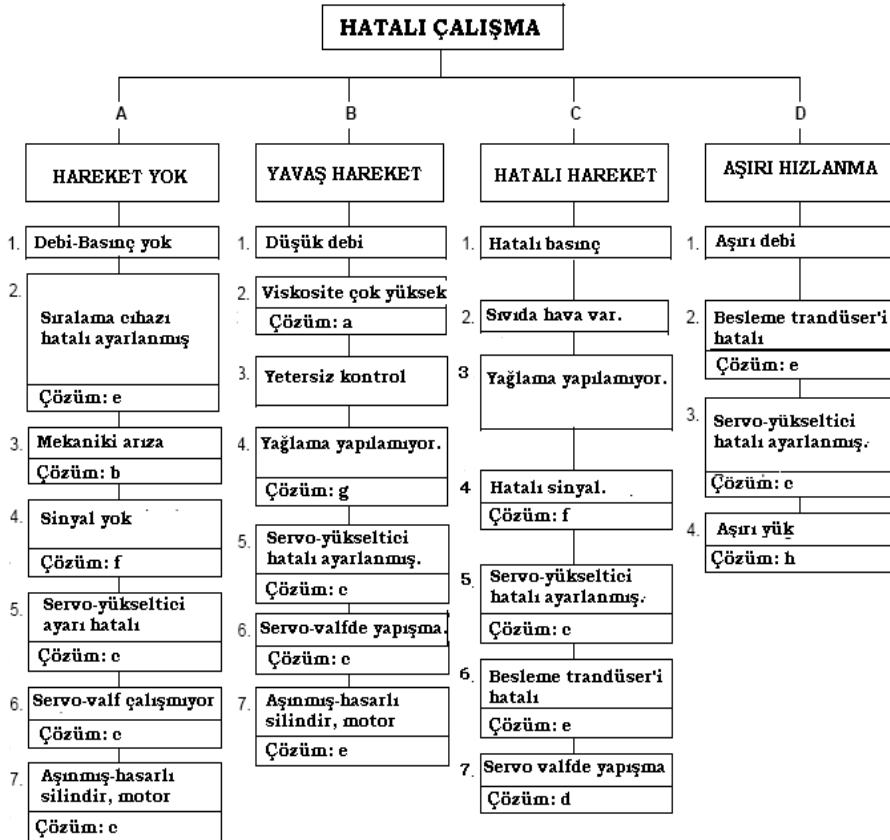
**HATALI DEBİ**

Şekil 7. Hatalı debi kullanımı için oluşturulan akış diyagramı [3]





Şekil 8. Hatalı basınç dağılımı için oluşturulan akış diyagramı [3]



Şekil 9. Hatalı çalışma için oluşturulan akış diyagramı [7]

**Tablo 3.** Hatalı çalışma nedeniyle oluşan hasarların çözümlerine ilişkin öneriler [9]

<b>a</b>	Sıvı çok soğuk olmalı veya uygun viskozite seçilmelidir.
<b>b</b>	Onarım yapılmalıdır.
<b>c</b>	Ayarlayınız, onarım veya değiştirme yapınız.
<b>d</b>	Temizleyiniz, gerekli ayarları yapınız, sistem şartlarını ve filtreleri kontrol ediniz.
<b>e</b>	Genel bakım ve onarım
<b>f</b>	Kumanda konsolunu onarınız.
<b>g</b>	Yağlayınız.
<b>h</b>	Dengeleme valfini ayarlayınız, onarınız veya değiştiriniz.

## SONUÇLAR

Kademeli veya ani basınç düşümünün neden olacağı güç veya silindirlerdeki hız düşümü gibi hidrolik sistemlerin çoğunda arıza belirtileri aynıdır. Aslında silindir ağır yük altında durabilir veya hiç hareket etmeyebilir. Çoğu kez güç kaybını duyulacak ses şiddetinin artmasına neden olacaktır. Ana elemanlarda, örneğin relief valf, yön valfi veya silindirde hata olabilir. Gelişmiş sistemlerde diğer elemanlarda hatalı olabileceğinden tespiti için kalifiye teknisyene ihtiyaç duyulacaktır. Kademeli test işlemleriyle problem ortama çekilerek elemanlar tek tek test edilerek yenilenme imkânı bulunabilir. Birçok kuruluş arıza tespiti ve başarılı bakım onarım için maliyeti yüksek harcamalar yapmaktadırlar. Sistem veya elemanlarda arızadan korunmaya daha fazla önem verildiğinde arıza arama için daha az emek ve para harcanacaktır. Ayrıca sistemlere gereken bakımın yapılmaması eleman ve sistem arızalarına neden olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Eaton, Hydraulic Hints and Trouble Shooting Guide, General Product Support, 08/1996
- [2] Caterpillar Inc., Fundamentals of Applied Failure Analysis, Module 4, Analyzing Wear, Caterpillar Inc, Peoria IL
- [3] Caterpillar Inc., Hydraulic Pumps and Motors, Applied Failure Analysis, Analyzing Wear, Caterpillar Inc, Peoria IL
- [4] Danfoss Fluid Power, Failure Analysis-Hydraulic Gear Pumps, Danfoss, Racine
- [5] Ergür H.S., Pancar Y., Hidrolik Makinalar ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, 2007, ISBN 978975511485-9
- [6] Gofrey D., Recognition and Solution of Some Common Wear Problems Related to Lubricants and Hydraulic Fluids, Society of Lubrication Engineers, Park Ridge, IL, UK, 1996
- [7] Lemberger S., Totten E.G., John Crane N.A., Groove, Illinois-Union Carbide Corporation, Tarrytown, Newyork, 1996
- [8] Pancar Y., Hidrolik Devreler I,II, OGÜ, Müh.Mim.Fak. Koruma Derneği tarafından Basılmış, Ders Notları, İlk Baskı.1996
- [9] Vickers, Inc, Pump Failure Analysis, Troy, MI
- [10] Vickers, General Product Support, EATON, Logical Troubleshooting in Hydraulic Systems, 2006
- [11] Yamaguchi A.,Tribology of Hydarulic Pumps, American Society for Testin and Materials, 1996



## ÖZGEÇMİŞLER

### **Yaşar PANCAR**

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde, Hidrolik Makineler, Hidrolik Devreler, Pnömatik, Hidrolik Makine Tasarımı ve Hidrolik Transport Derslerini yürütmektedir.

### **Hayriye Sevil ERGÜR**

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden 1997’ de “Makine Mühendisi”, 2000’ de “Makine Yüksek Mühendisi”, 2007 yılında ise “Doktora” unvanlarını almıştır. Halen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde “Araştırma Görevlisi” olarak görev yapmaktadır. Çalışma alanları Hidrolik Makineler, Hidrolik ve Pnömatik Devreler ve Akışkanlar mekaniğidir. Ayrıca ANN, fuzzy ve neuro-fuzzy sistemlerine ilişkin uygulamalar yapmaktadır.