

# Maden Makinaları Hidrolik Sistemlerinde Toplam Güç Kontrolü

## *Summation Power Control on Hydraulic System of Mining Machines*

Burak Çoker

*Ankatech Hidrolik (Bosch Rexroth Servis Partner)*

**ÖZET** Günümüzde, işçi sağlığı ve güvenliğinden de ödün vermeden, piyasa koşullarında rekabetçi olabilmenin şartı üretim maliyetleri düşürmekten geçmektedir. Bütün makine üreticileri, rekabetçi olabilmek için, daha düşük maliyetle üretilmiş, daha düşük enerji tüketimli ve daha az bakım gerektiren makinaları üretmek için çalışmaktadırlar. Madenlerde üretim yapan makinalar için de bu durum geçerlidir. Hareketlerinin büyük çoğunluğu hidrolik olan maden makinalarında, hem makinanın üretim aşamasında maliyetlerini düşürmek; hem de işletimi sırasındaki maliyetlerini düşürmek üreticiler için birinci hedef, kullanıcılar için birinci tercihtir.

Yaptığı ana iş yürüyüş olmayan (çalışma esnasında büyük çoğunlukla yerini değiştirmeyen), ancak esas olarak kule dönüş, kazma, kaldırma gibi diğer hareketleri yapan; özellikle ekskavatörler ve delme makinaları (fore kazık, kaya deliciler...) gibi makinalarda, hidrolik sistemde bulunan 2 pompanın aynı anda iş yapması durumunda (yükle binmesi durumunda) dizel motorun bu yükü kaldırabilmesinin 2 yolu vardır:

- Ya çok büyük ve güçlü bir dizel motor seçilmelidir – ki burumda hem üretim maliyeti artar hem de işletim maliyeti
- Ya da güç regülasyonlu hidrolik pompalar seçilmelidir. Hatta birden fazla güç regülasyonlu pompanın dizel motorun verebileceği max gücü aşmaması için toplam güç kontrollü pompalar seçilmelidir.

**ABSTRACT** Today; without compromising the health and safety of the workers, the necessity to be competitive is passing through the reducing to the both production costs and operating costs. All OEM's, work on machines for the lower production, lower operating and lower maintenance cost machines. This is same for the mining machines. And, to reduce the cost of manufacturing, operating and maintenance is the first aim for the OEM's; and the first preference of the users.

The machines, who's main movements are not the travel, (mainly stay stationary), but mainly swing, digging and doing other movements such as lifting... ( especially excavators and drilling machines), Hydraulic system consist of two or more pumps. And, during these two pumps are under pressure, power output of diesel engine can be share with the pumps via below 2 different ways:

- Very big and powerfull diesel engine can be choosen. In this case, it will increase both production and operating costs
- Power regulated; even "summated power control pumps" can be chose. Therefore, if the one of those pumps are not running, other one can take the all power output of diesel engine.

## 1 HİDROLİK SİSTEMLER

Hidrolik sistemler, mekanik enerjiyi önce hidrolik enerjiye, daha sonra da tekrar dönen (hidromotorlar), ya da doğrusal (silindirler) mekanik enerjiye çeviren sistemlerdir.

Kullanımındaki esneklik; gücün, debinin, hızın dağıtılabilmesi – paylaşılabilmesi, kontrol edilebilmesi ile tercih edilen bir enerji dönüşüm yöntemidir. Modern maden makinelerinin hemen hemen tamamında, büyük güçlerin iletilmesi, kontrol edilmesi ve işe dönüştürülmesi hidrolik sistemler sayesinde gerçekleştirilir.

### 1.1 Hidrolik Devre Elemanları

Hidrolik sistemlerin devre elemanları 3 ana gruptan oluşur:

#### 1.1.1 Hidrolik pompalar

Mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren elemanlardır. Sisteme hidrolik yağ iletirler. Dişli, paletli ve pistonlu tipleri vardır. 1,00 cm<sup>3</sup> ten 1000 cm<sup>3</sup> deplasman hacmine kadar farklı büyüklüklerde; sabit ve değişken deplasmanlı tiplerde üretilirler

#### 1.1.2 Kontrol valfleri

Hidrolik pompa tarafından sisteme iletilen hidrolik yağın yönünü, debisini ve basıncını kontrol eden – ayarlayan devre elemanlarıdır. Yağın yönü, yön kontrol valfleri; debisi debi kontrol valfleri ve basıncı da basınç kontrol valfleri ile yapılır.

Kontrol valfleri yardımı ile pompanın iletmiş olduğu yağ sistemde farklı kullanıcılara iletilebilir; kullanıcıların hızı ayarlanabilir ya da sistem basıncı kontrol edilebilir.

#### 1.1.3 Kullanıcılar

Hidrolik pompalar tarafından sisteme iletilen ve kontrol valfleri yardımı ile kontrol edilen hidrolik yağ tekrar mekanik enerjiye çeviren devre elemanlarıdır. Hidrolik enerji hidro motorlar yardımı ile döner harekete; hidrolik silindirler yardımı ile doğrusal harekete dönüştürülür

## 1.2 Hidrolik Pompalar İle İlgili Bazı Kavramlar

**Deplasman hacmi:** Pompanın büyüklüğünü tanımlayan ana kavramdır. Pompa şaftının 1 tur dönmesi ile iletilecek hacmi ifade eder. Birimi “cm<sup>3</sup>” tür

**Debi:** Pompanın birim zamanda iletileceği yağ miktarıdır. Şaft devir sayısına bağlıdır. Örneğin 100 cm<sup>3</sup> deplasman hacminde bir pompa, 1500 d/d’ da dönerse 150 lt/dak yağ basar. Aynı pompa 2200 d/d’ da dönerse 220 lt/dak yağ basar. Birimi lt/dak’dır.

**Basınç:** Sisteme basılan yağın, yük ile karşılaşması sonucu oluşan dirençtir. Birimi “bar” dır.

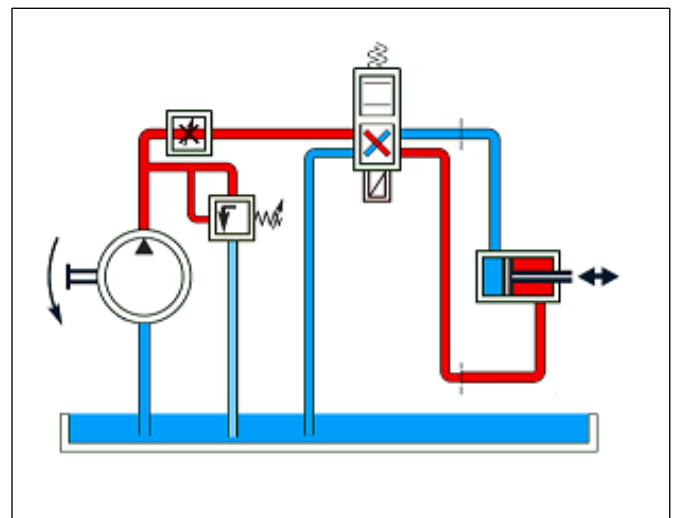
**Değişken deplasmanlı pompa:** Deplasman hacminin değiştirilebildiği pompa tipleridir

## 1.3 Çalışma Prensibine Göre Hidrolik Pompalar

Hidrolik pompalar, çalışma prensibine göre açık ya da kapalı çevrim çalışan pompalar olarak 2’ye ayrılırlar

### 1.3.1 Açık çevrim çalışan pompalar

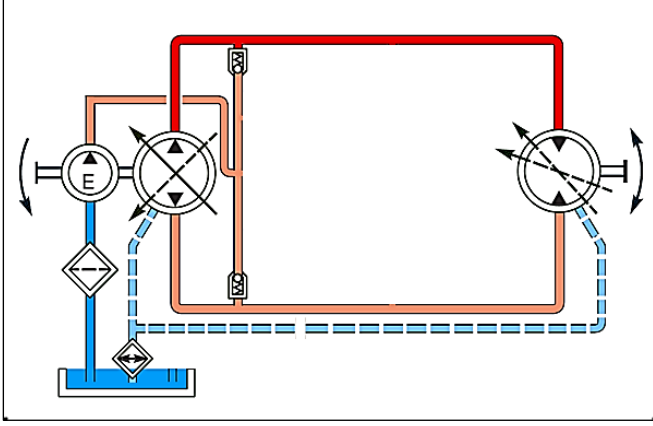
Açık çevrim çalışan pompalar, yağı tanktan emerler, kullanıcıya gönderirler. Kullanıcıdan çıkan yağ tanka geri döner. (Şekil 1)



Şekil 1. Açık çevrim hidrolik sistemler

### 1.3.2 Kapalı çevrim Pompalar

Kapalı çevrim çalışan pompalarda, pompa yağı kullanıcıya basar. Kullanıcıdan çıkan yağ, tanka değil, tekrar pompaya döner. İç kaçaıklardan dolayı eksilen yağ, sisteme şarj pompası aracılığı ile tamamlanır (Şekil 2)



Şekil 2. Kapalı çevrim hidrolik sistemler

## 2 POMPALARDA DEPLASMAN KONTROL YÖNTEMLERİ

Pompaların deplasmanlarının kontrolünde 2 yöntem vardır:

### 2.1 Dışarıdan Uyarılı Kontroller

Bu tip kontrollerde, pompanın deplasman açısını kontrol etmek için dışarıdan, harici olarak elektrik, hidrolik ya da mekanik bir uyarı verilir. Sistemde otomasyon gerektirir.

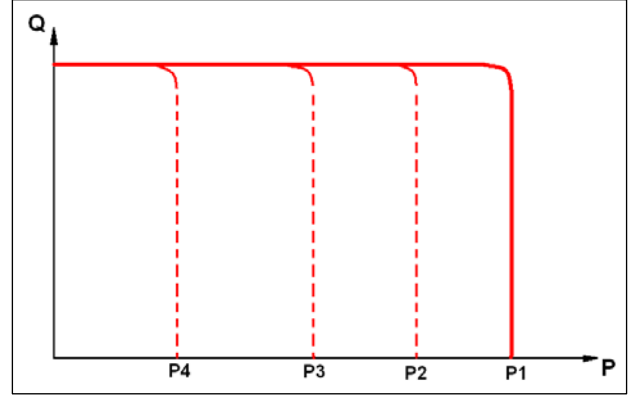
### 2.2 Regülasyonlar (otomatik kontroller)

Pompa üzerindeki regülatör, başta bir kez istenen değere ayarlanır. Sistem, bu değeri her sağladığında, dışarıdan uyarı vermeye gerek kalmaksızın regülasyon kendiliğinden gerçekleşir.

3 tip regülasyon vardır:

#### 2.2.1 Basınç regülasyonu

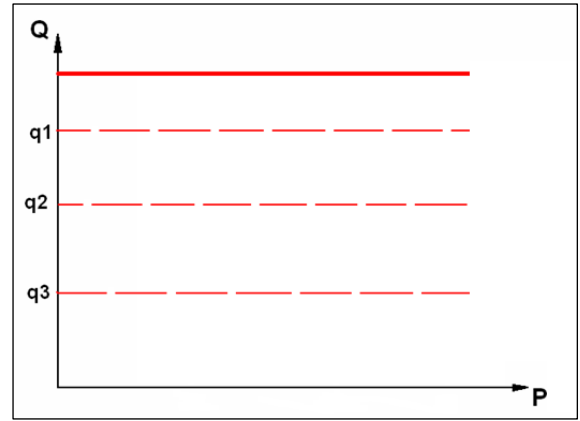
Sistem basıncı, basınç regülatöründe ayarlanan değere ulaştığında pompa açısını "0" a düşürür. (Şekil 3)



Şekil 3. Basınç Regülasyonu

#### 2.2.2 Debi regülasyonu

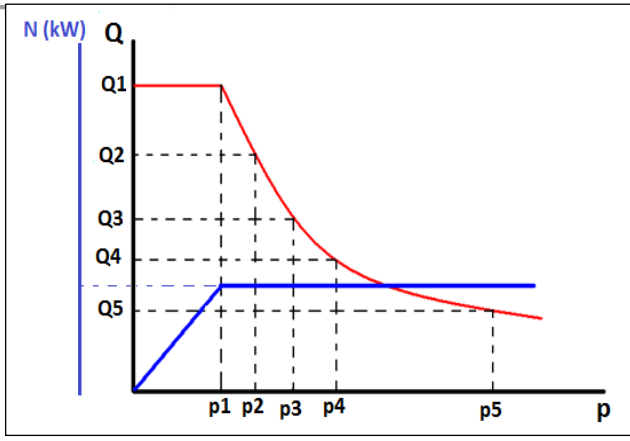
Pompa üzerindeki debi regülatörü, sistemin debi ihtiyacını algılar ve, pompanın salıncak açısını ihtiyaç kadar debi üretecek deplasman açısına getirir (Şekil 4)



Şekil 4. Debi Regülasyonu

#### 2.2.3 Güç regülasyonu

Sistem basıncının artması ile beraber pompa şaftını çevirmek için gereken güç artacağı için, güç regülasyonlu pompalarda, şaftı çevirmek için gereken güç, güç regülatöründe ayarlanan değere ulaştığında pompa deplasmanını kısarak belirlenmiş olan güç değerinin üzerine çıkmaz. Sistemin hızı azalır, ancak güç ihtiyacı sabit kalır. (Şekil 5)



Şekil 5. Güç regülasyonu

### 3 GÜÇ REGÜLASYONU

Hidrolik pompalarda, pompa şaftını çevirmek için gereken güç aşağıdaki şekilde hesaplanır

Güç - N (kW)

Basınç- p (bar)

Debi - Q (lt/dak)

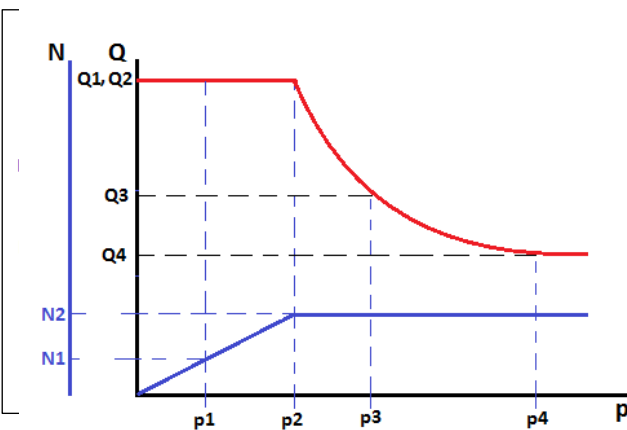
$$N = \frac{p \times Q}{600}$$

Sistemde yükün; yani basıncın artması ile beraber, şaftı çevirmek için gereken güçte artacaktır. Ancak, yapılacak işin belirli kısımlarında hızdan vaz geçilebilirse, bu durumda basıncın artmasına karşılık gereken gücün artmayacağı bir kontrol sistemi kullanılabilir: Güç Regülasyonu

#### 3.1 Güç Regülasyonu Nasıl Çalışır

Güç regülasyonu olmayan, örneğin sabit deplasmanlı bir pompada, sistemin basıncının artması ile beraber, şaftı çevirmek için gereken güçte artacaktır (Şekil 6) Şekil 6. (Sabit deplasmanlı pompada basınç-güç ilişkisi)

Ancak, güç regülasyonlu bir pompa



kullanıldığında, Regülatör üzerinden ayarlanan güç değerine ulaşıldığında, pompa deplasmanını azaltmaya başlar. Basınç artarken, pompanın deplasmanı azalır. Bu azalma rastgele bir şekilde değil, basınç (p) ile debi (Q) çarpımını her zaman aynı olacak şekilde pompa deplasmanı azaltır. (Şekil 7)

Şekil 7. Güç regülasyonlu pompada basınç-güç ilişkisi

Yukarıdaki grafikte, pompa Q1 debisi ile ve p1 basıncında çalışmaya başlar. Daha sonra basınç artar ancak, halen güç regülatöründeki ayar değerine ulaşılmadığı için pompa deplasmanını azaltmaz. p2 basıncına ulaşıldığında, güç regülatöründeki ayar değerine ulaşılmış olur ve pompa deplasmanını azaltmaya başlar. Bu noktadan itibaren, basıncın her artışına karşılık pompa deplasmanını azaltır. Ve p2 noktasından itibaren her noktada p x Q = sabit olacak şekilde sabit güç çekilir.

Güç regülatörünün ayarının değiştirilmesi ile farklı güç değerlerinde çalıştırılabilirler.

Örneğin; Bir ekskavatörde, bom, yukarıdan aşağıya doğru hareket ederken, zemine; yani kazacağı yere temas edene kadar düşük bir yükte; yani basınçta gelir (p2 basıncına kadar). Bu sırada pompanın çekeceği güçte çok fazla değildir. Ve dizel motor gücünü aşmaz.

Ancak, ekskavatör, zemini kazmaya başladığı andan itibaren zorlanmaya; dolayısı ile basıncı da yükselmeye başlayacaktır (p2 basıncının sol tarafı). Bu andan itibaren basıncın artması sebebi ile pompanın dizel motordan çekeceği gücün artmaması için güç regülasyonunun başlaması gerekir. Hidrolik sistemdeki basınç arttıkça debinin pompa tarafından kısılması ve çekilecek olan gücün dizel motor max çıkış gücünü aşmaması gerekir. Basınç arttıkça, bom hareketi yavaşlayacaktır. Ancak iş yapılacak - kazılacak mesafe çok uzun olmadığı için işin büyük kısmında hızlı, küçük bir kısmında yavaş çalışacaktır.

### 3.2 Güç Regülasyonunun Avantajları

Hareketin belirli bir kısmında, sistemin daha yavaş çalışması göze alınabiliyorsa, hem dizel motor, pompa ve valf grubu için ilk yatırım maliyetinden; hem de makinanın işletilmesi sırasında enerji tüketimi – yakıt harcamından tasarruf edilmiş olur.

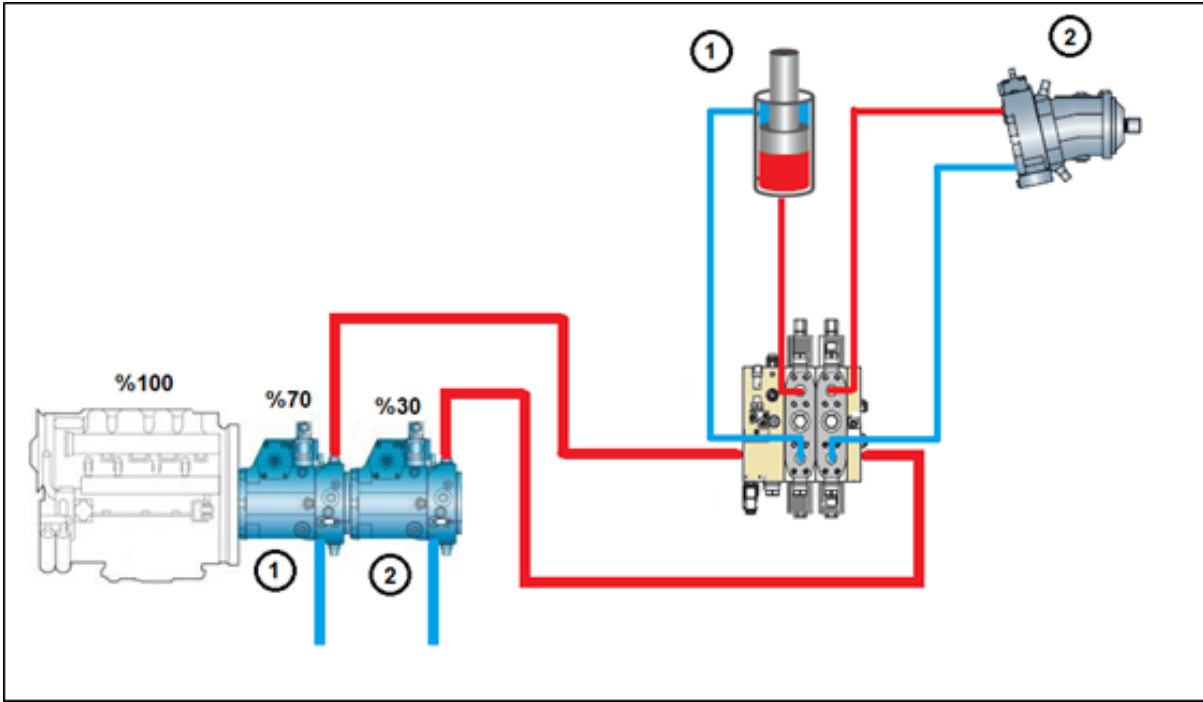
### 4 TOPLAM GÜÇ KONTROLÜ

Özellikle ekskavatör, zemin makinaları, kaya deliciler gibi aynı anda birden çok sayıda ve

bassın. Yani bu grubu hareket ettirsin. 2. Pompa ise yürüyüş ve kule dönüş grubuna yağ bassın.

Bu durumda, her iki pompanın dizel motordan çekeceği güç değerleri, dizel motorun toplam çıkış gücünü aşmayacak şekilde her iki grup arasında, önceden hesaplanan oranlarda paylaşılabilir.

Örneğin Hidrolik sistem projelendirilirken, 1.Pompa toplam dizel motor gücünün %70'ini, 2. Pompa %30 unu kullanabilecek şekilde hesaplanmış olsun. Dizel motor max



farklı hareketleri yapan maden makinalarında bu hareketler için 2 ya da daha fazla sayıda pompa bulunur.

Örneğin bir ekskavatörde tek bir dizel motor tarafından tahrik edilen 2 adet pompa olsun. 1. Pompa, bom ve kova silindirlerine yağ

çıkış gücünün 200 kW ise, 1. Pompa en çok 140 kW , 2. Pompa ise 60 kW çekecek şekilde gücü paylaşırlar. Pompaların güç regülasyon ayarları bu şekilde ayarlanır. (Şekil 8)

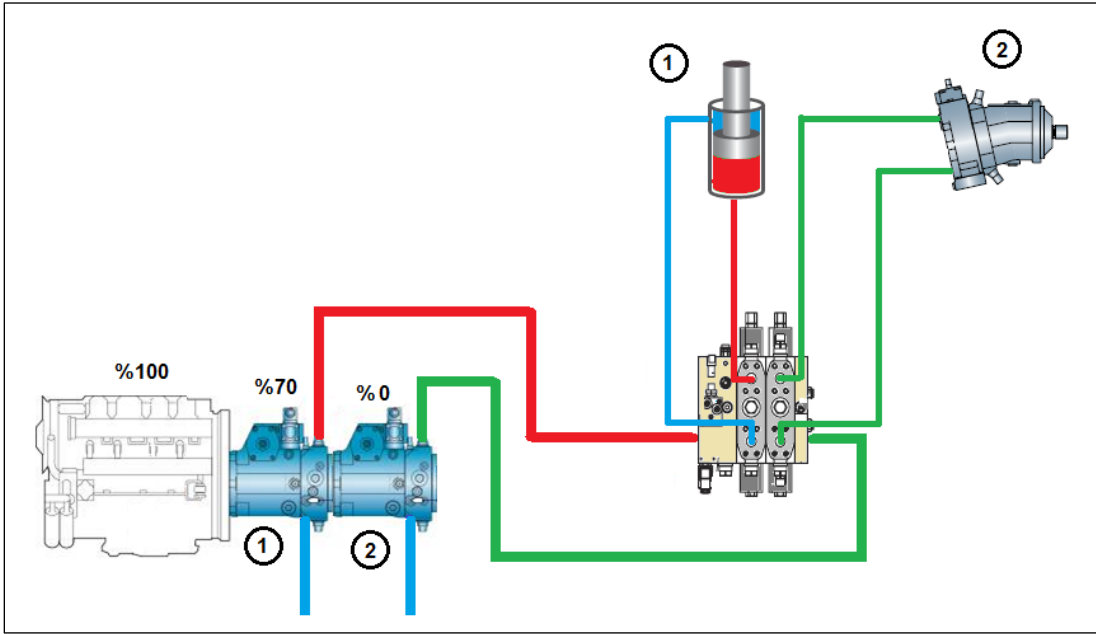
Şekil 8 (Her iki pompanın yükte olduğu durumda dizel motor gücünün paylaşılması)

Ancak, pompalardan birisinin iş yapmadığı durumda, dizel motorun verebileceği halde diğer pompanın aslında kullanmadığı, atıl bir güç kalacaktır.

Örneğin ekskavatör, sadece bom ve kova hareketini yapıp, kule dönüş hareketini

yapmadığı sırada dizel motordan çekebileceği, ancak güç regülatörünün ayarı sebebi ile alamadığı bir % 30 lık pay atıl olarak kalacaktır (Şekil 9)

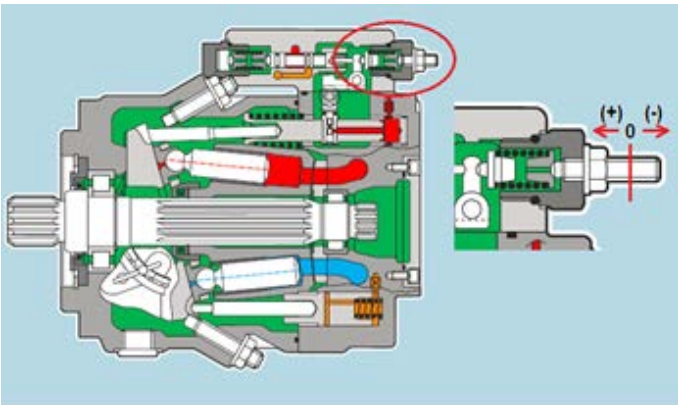




Şekil 9. (1. Pompanın yükte, 2. Pompanın boşa olduğu durum)

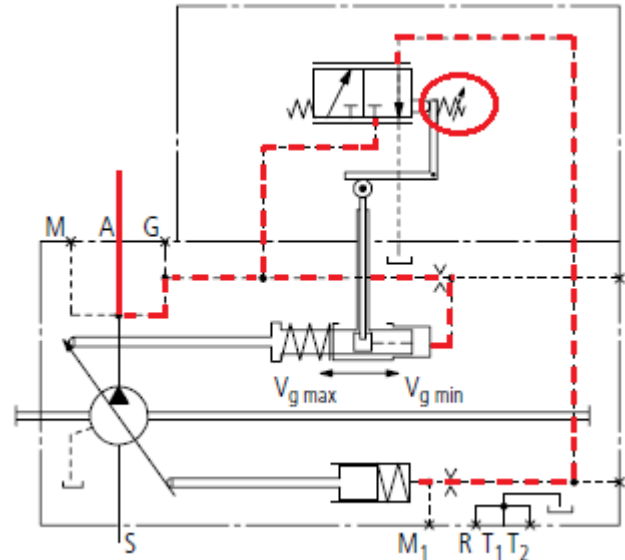
Bu durumda, gerektiğinde, her iki pompanın ayrı ayrı dizel motor çıkış gücünün %100'ünü kullanabileceği; ancak birlikte yük altında oldukları durumda gücü dizel motor gücünü paylaşabilecekleri bir kontrol – regülasyon tipi seçmek lazım: **Toplam Güç Kontrolü**

Standart, yani sadece güç kontrollü bir pompanın güç regülatörü üzerindeki ayar cıvatasının sıkılması ile, pompanın güç ayar değeri değiştirilebilir. (Şekil 10)



Şekil 10. (Güç regülatörünün Ayarlanması)

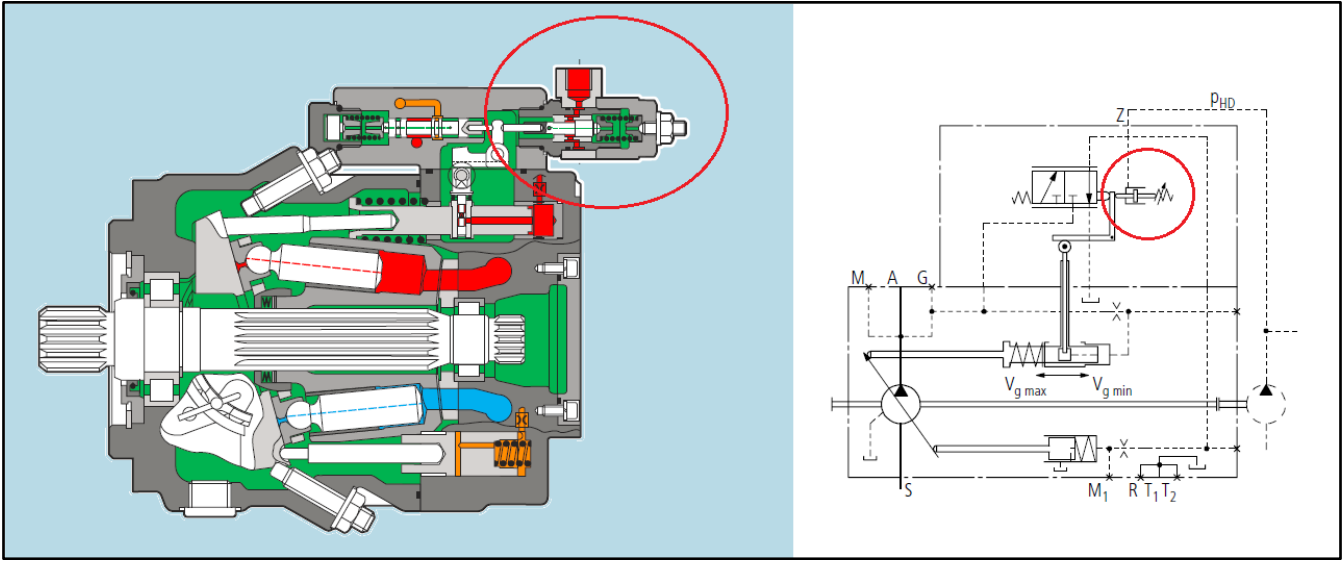
Şekil 11, güç regülasyonlu bir pompanın devre şemasıdır



Şekil 11. (Güç Regülasyonlu pompanın devre şeması)

Gerektiğinde güç ayarını, güç regülatörünün cıvatasından değil de, pilot yağ basıncı ile değiştirebileceğimiz sistem, toplam güç regülasyonunun yapan bir pompa regülatörünün temelidir.

Toplam güç regülasyonlu pompalarda, pilot yağ basıncı ile ayar yapan bir mekanizma, pilot yağ basıncına bağlı olarak güç ayarını değiştirir. (Şekil 12)



Şekil 12. (Toplam güç regülasyonlu pompanın devre şeması)

#### 4.1 Toplam Güç Regülasyonu Çeşitleri

Hidrolik sistemlerde, tandem olarak (arka arkaya bağlı) çalışan 2 hidrolik pompanın toplam güç regülasyonu için 3 farklı uygulama çeşidi vardır:

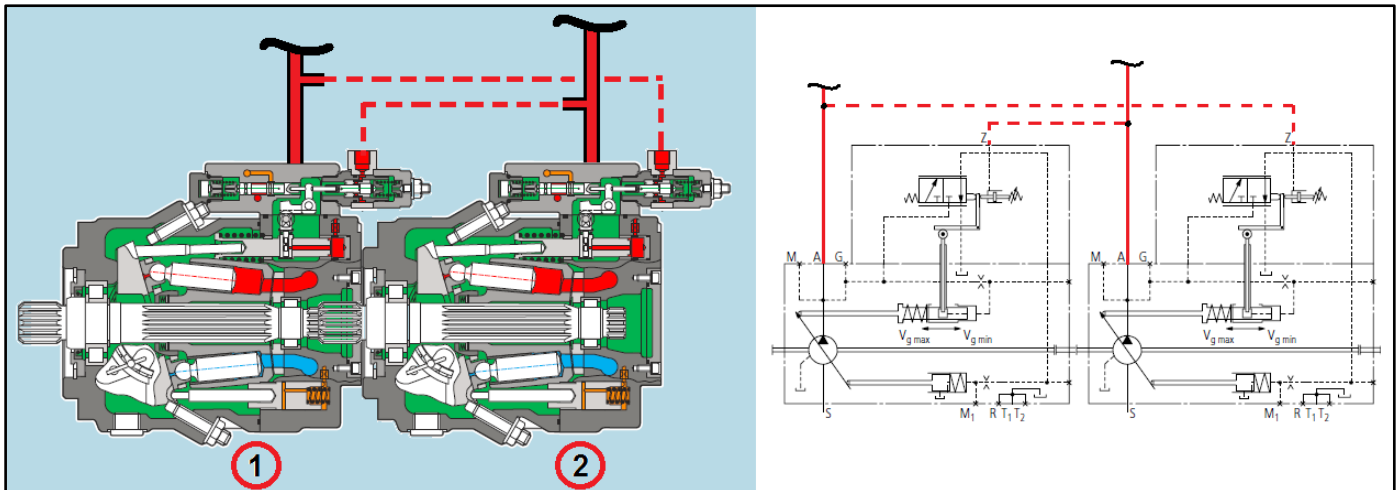
- Her iki pompanın da aynı büyüklükte ve toplam güç kontrolü yapan regülatöre sahip olduğu sistemler (TGR + TGR)

- Öndeki pompa toplam güç regülatörlü, arkadaki pompa güç regülatörlü olduğu sistemler (TGR + GR)
- Öndeki pompa toplam güç regülatörlü, arkadaki pompanın sabit deplasmanlı olduğu sistemler (TGR+ SD)

##### 4.1.1 Her iki pompa da toplam güç regülasyonlu (TGR+TGR)

Her iki pompa da aynı büyüklükte (deplasman hacminde) ve her ikisi de toplam

güç kontrolü yapan tipte regülatöre sahip ise pompaların basınç hatlarından alınan bir pilot hattı, diğer pompanın toplam güç regülatöründeki ilgili yere bağlanır. Böylece, her iki pompada diğer pompanın basıncına bağlı olarak güç ayarını değiştirebilir. (Şekil 13)



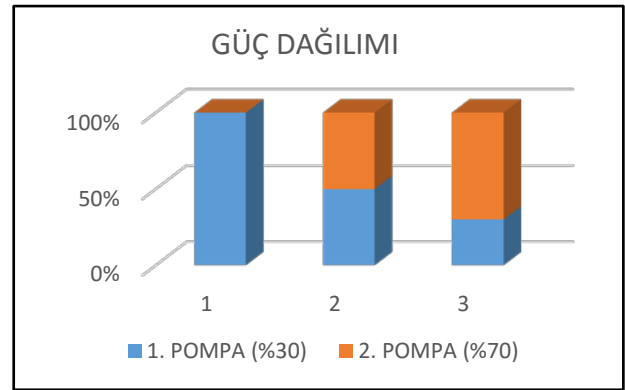
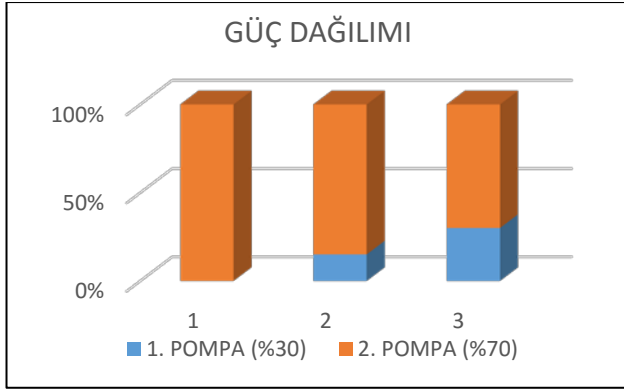
Şekil 13. (Toplam Güç Regülatörlü 2 Pompanın Bağlantısı)

Örneğin 200 kW gücünde dizel motora bağlı 2 adet pompa olsun. Bu pompalardan 1.si toplam gücün en az %30 (60kW) 2. Pompa ise en az %70 ini (140 kW) çekecek şekilde ayarlanmış olsunlar.

- 1. Pompa boşta ise, 2. Pompa dizel motor gücünün %100'ünü (200 kW) alır
- 1. Pompa güç ayar değerine (60 kW) ulaşıncaya kadar, 2. Pompanın

kullanabileceği güç değeri aynı oranda azalır (1. Pompa 30 kW güç çekerse, 2. Pompa 170 kW güç çekebilir)

- 1. Pompa güç ayar değerine (60 kW) ulaştığı zaman artık 2. kW sadece 140 kW kullanılabilir
- Aynı çalışma mantığı, 2. Pompa boşta olduğu durumda da aynı şekilde olur. (Şekil 14)

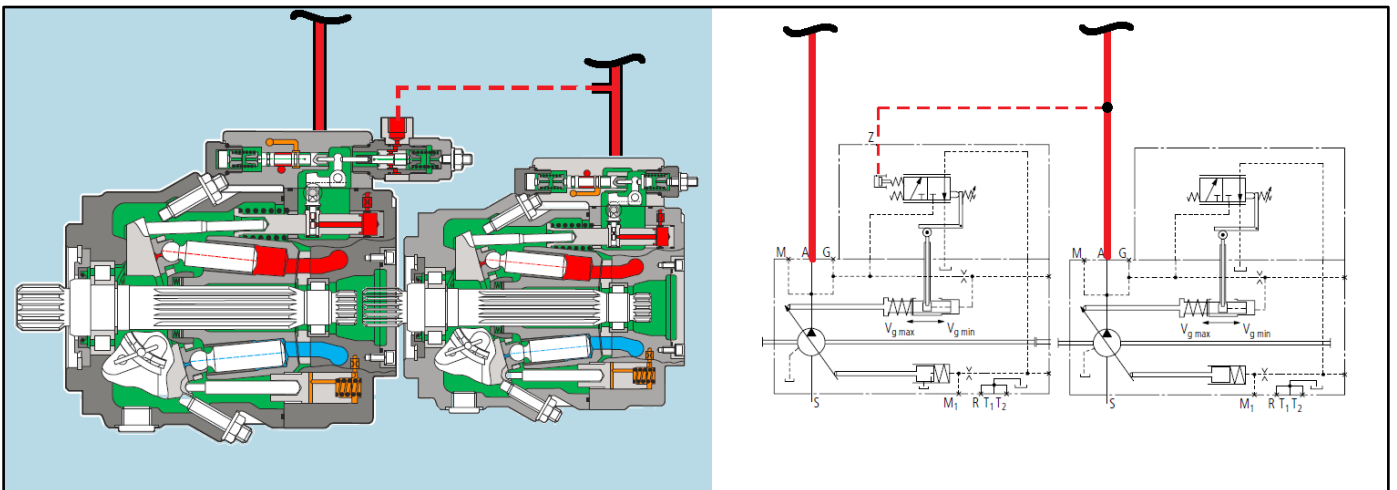


Şekil 14. (Her iki pompanın da toplam güç regülatörlü olduğu durumda güç dağılımı)

#### 4.1.2 Öndeki pompa toplam güç regüstasyonlu – arkadaki pompa güç regüstasyonlu (TGR + GR)

Bu durumda, arkadaki güç regüstasyonlu pompanın basınç hattından alınan pilot hattı, öndeki toplam güç regüstasyonlu pompanın ayar kısmında ilgili yere bağlanır. Arkadaki pompanın güç ayar değeri değiştirilemez (sadece güç regüstasyonlu olduğu için).

Ancak, arkadaki pompanın basıncı ; yani çektiği güç arttıkça, öndeki pompaya bağlı olan pilot hattı, öndeki pompanın çektiği gücü azaltır. Arkadaki güç regüstasyonlu pompa ayar değerine ulaştığında artık çektiği güç artmayacağı için basıncı artsa bile öndeki pompanın çekebileceği güç artık sabit kalır. Yani Bu tip toplam güç kontrolü yapan pompalarda, arkadaki pompanın gücü kullanmada önceliği vardır. (Şekil 15)

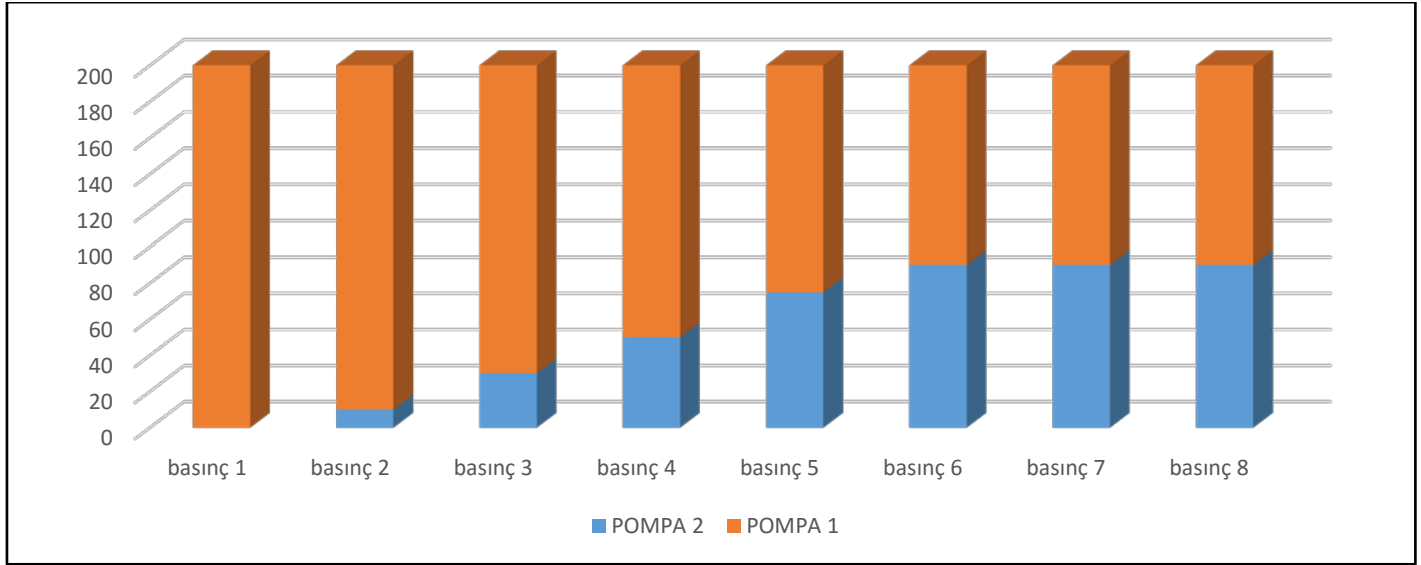


Şekil 15.



Arkadaki pompa boşta olduğu sürece, öndeki pompa, gücün tamamını kullanabilir. Ancak, arkadaki pompa yüke girmeye başladığı andan itibaren, öndeki pompanın kullanabileceği güç azalır. Arkadaki pompanın gücü kullanmak konusunda önceliği vardır. Ve ayarlandığı değerde gücü kullanır. Kalan güç öndeki pompa tarafından

kullanılır. Sadece , arkadaki pompanın güç çekmediği durumda öndeki pompa gücün tamamını kullanır. Arkadaki pompada güç regülasyonu başladığında artık basınç artsa bile çekeceği güç hep sabit kalacağı için , bu noktadan itibaren arkadaki pompanın basıncı artsa bile, öndeki pompanın çekebileceği güçte azalma olmaz. (Şekil 16)

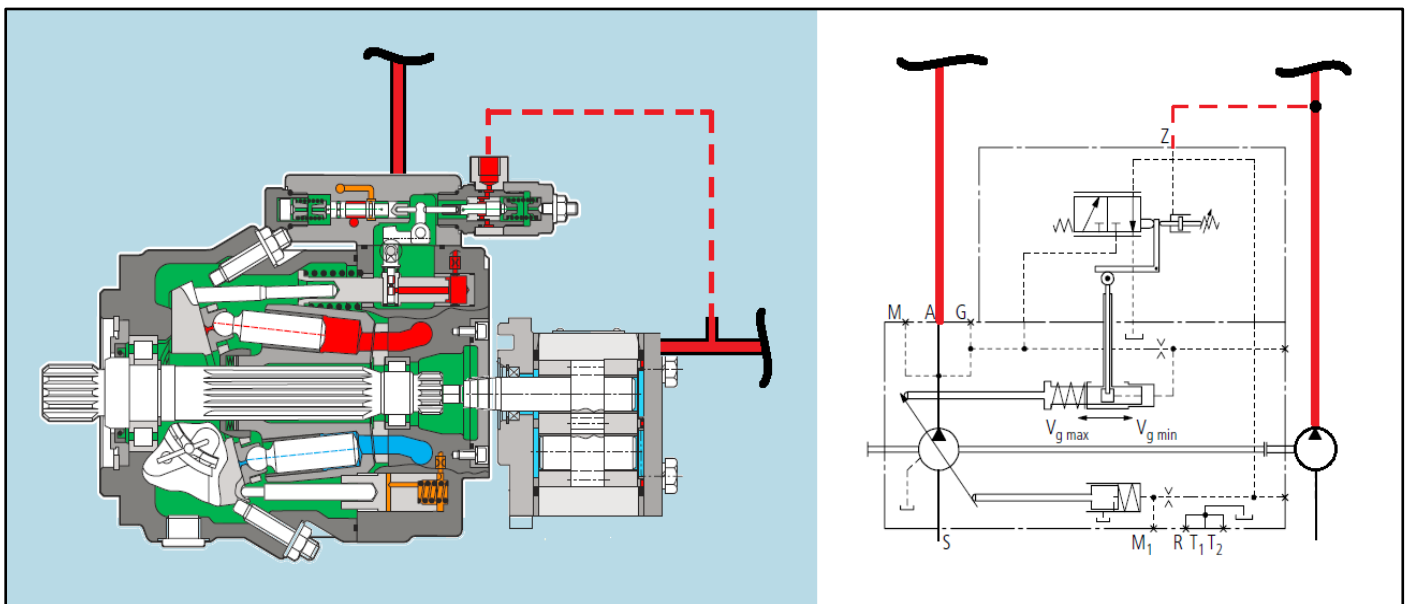


Şekil 16. (Toplam güç regülasyonlu + güç regülasyonlu pompada gücün paylaşılması)

#### 4.1.3 Öndeki pompa toplam güç regülasyonlu – arkadaki pompa sabit deplasmanlı (TGR + SD)

Öndeki pompanın toplam güç regülatörlü, arkadaki pompanın ise sabit deplasmanlı; örneğin dişli pompa; olduğu 2'li pompa grubudur. Arkadaki pompanın basıç

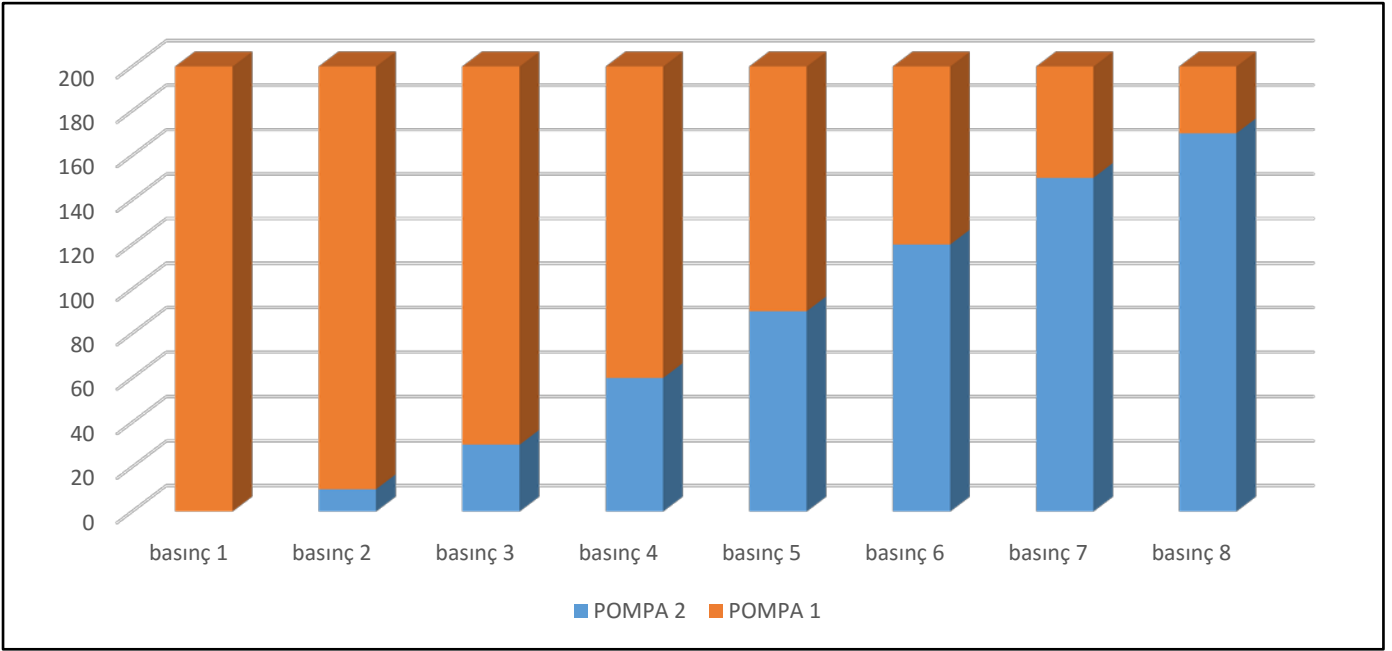
hattından alınan pilot hattı, öndeki pompanın güç regülatöründe ilgili yere bağlanır. (Şekil 17)



Şekil 17.(Toplam güç regülasyonlu ve sabit deplasmanlı pompa devre şeması)

Arkadaki sabit deplasmanlı pompa boşta çalışırken (basınç yok iken) öndeki pompa gücün tamamını kullanabilir. Ancak arkadaki sabit deplasmanlı pompa yüke girmeye başladığı andan itibaren (yani basıncı artmaya başladığı andan itibaren), öndeki pompanın çekebileceği güç azalır. Ve

sabit deplasmanlı pompanın basıncı arttığı sürece öndeki pompanın çekebileceği güç değeri azalacaktır. Bu kontrol tipinde de arkadaki sabit deplasmanlı pompanın gücü kullanma konusunda önceliği vardır. (Şekil 18)

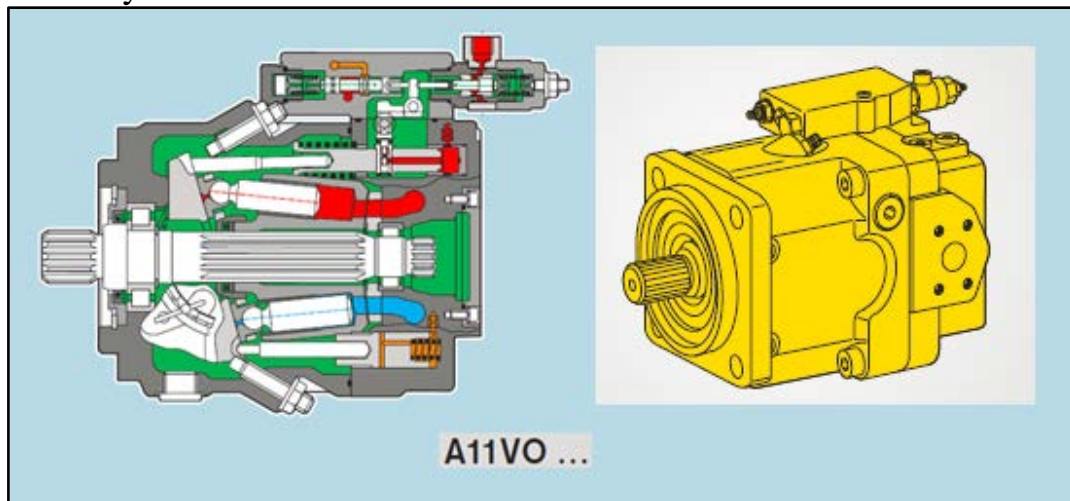


Şekil 18. (Toplam güç regülasyonu + sabit deplasmanlı pompada gücün paylaşılması)

## 5 BOSCH REXROTH TOPLAM GÜÇ KONTROLLÜ POMPALARI

Bosch Rexroth ürün grubunda yer alan

Bu pompalar, her biri üzerinde toplam güç regülatörü bulunduran ve arkasına 2. bir



toplam güç regülasyonlu yapılarına göre pompalar 2 ana gruba toplanmaktadır.

### 5.1 Toplam Güç Regülasyonuna Sahip Tek pompalar

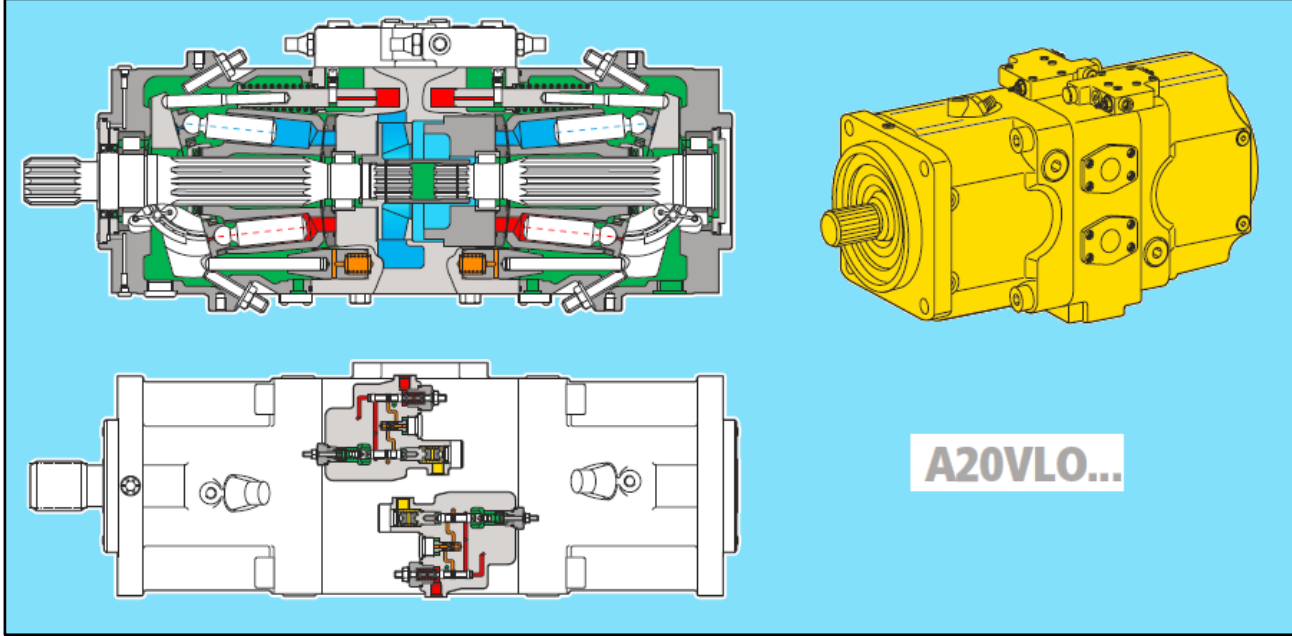
pompa tandem olarak bağlanabilen "Tek" pompalardır. Bunlar Bosch Rexroth'un A11VO.. grubunda yer alan pompalardır. Arkalarına tandem olarak bağlanana pompalardan pilot hattı olarak toplam güç kontrolü yaparlar. (Şekil 19)

Şekil 19. (Bosch Rexroth A11VO... tipindeki pompalar)

## 5.2 Toplam Güç Regülayonuna Sahip İkiz pompalar

Bu tip pompalar, tek bir gövde yapısı içerisinde 2 ayrı pompadan oluşmaktadır. Pompaların pilot hatları dışarıdan ayrı birer borulama ile bağlanmaz. Pilot hatları gövde

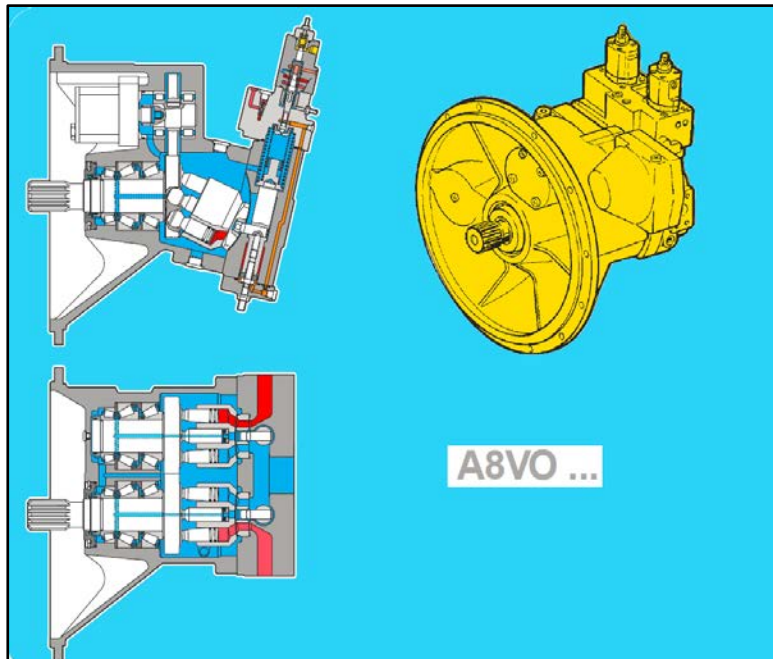
ve kapakların içerinden gelir. Aslında 2 ayrı tek pompanın tandem olarak bağlanmış halinin, tek gövde içerisine daha kompakt olarak toplanmış halidir. 2 adet A11VO.. pompanı tek gövdede toplanmış hali Bosch Rexroth ürün gamında A20VO.... Tipindeki pompalardır (Şekil 20)



Şekil 20 (Bosch Rexroth A20VO... pompalar)

Bosch Rexroth ürün gamında bulunan diğer bir toplam güç regülatörlü ikiz pompa tipi de, 2 ayrı pompanın yan yana bağlı olarak tek gövde içerisinde toplanmış hali olan A8VO... tipindeki pompalardır. Bu pompalarda dizel motor gövde içerisindeki

pompalardan birisinin şaftını çevirir. Bu pompa bir dişli mekanizması ile diğer pompanın şaftını çevirir. Bu tip pompalarda da, pilot bağlantıları, dışarıdan değil, pompanın kendi içerisinde yapılmıştır. (Şekil 21)



Şekil 21. (Bosch Rexroth A8VO... pompalar )

## 6 SONUÇ

Toplam güç kontrolü, özellikle ekskavatör gibi birden fazla hareketi yapan, 2 pompanın beraber çalıştığı; ve madenlerde de kullanılan makinalarda günümüzde sıklıkla

kullanılan hidrolik pompa kontrol yöntemi olmuştur. Bu yöntemle, minimum büyüklükte seçilmiş bir dizel motordan gerektiğinde gücün tamamını gerektiğinde paylaştırıldığı kadarını kullanan hidrolik pompalar en verimli şekilde kullanmak mümkün olmaktadır.

## KAYNAKLAR

Hidrolik Eğitimi, Cilt 1, Bosch Rexroth  
Training documents, RDE 92500-46-L/12.03, Bosch Rexroth  
Training documents, RDE 92500-13-L+B/01.98, Bosch Rexroth  
Product Data Sheet, Variable displacement Pumps, RE92500/06.09