



Bu bir MMO yayınıdır

# ÖNCELİKLİ AKIŞ KONTROL VALFİNİN HİDROLİK SİSTEM SİMÜLASYON YAZILIMI İLE MODELENMESİ VE SİMULE EDİLMESİ

Turgay KOLCUOĞLU<sup>1</sup>  
Taner DOĞRAMACI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HEMA Endüstri A.Ş.

# ÖNCELİKLİ AKIŞ KONTROL VALFİNİN HİDROLİK SİSTEM SİMÜLASYON YAZILIMI İLE MODELLENMESİ VE SİMÜLE EDİLMESİ

Turgay KOLCUOĞLU<sup>1</sup>, Taner DOĞRAMACI<sup>2</sup>

HEMA Endüstri A.Ş. Organize sanayi bölgesi 59501 Çerkezköy/Tekirdağ/Türkiye

<sup>2</sup>tanerdogramaci@hattat.com.tr <sup>1</sup>turgaykolcuoglu@hattat.com.tr

## ÖZET

Mobil yön kontrol valfleri, hidrolik yağın kontrollü bir şekilde iş yapacak hareketlendiriciye ulaştırılmasını sağlayan hidrolik sistem elemanlarıdır. Traktör, bekoloder, forklift vb. mobil araçlarda kullanılır. Valf sürgülerinin ileri veya geri hareketi ekipmanın hareket yönünü ve hızını belirler. Ancak bazı durumlarda hareketin hızını belirlemek için sadece sürgülerin oransallığını kullanmak yeterli olmaz. Böyle durumlarda ekipmanın hızını belirlemek için mutlaka akış kontrol valflerinden faydalanılması gerekmektedir. Birden fazla hareketlendiriciye sahip bir traktör ekipmanında bir hareketlendiriciye yükten bağımsız düşük debi gerektiği hallerde öncelikli akış kontrol valflerine sahip yön kontrol valflerinin kullanılması gerekir. Bu bildiride öncelikli akış kontrol valfinin bir boyutlu simülasyon yazılımında modellenmesi ve simüle edilmesinden bahsedilecektir. Ayrıca gerçek test sonuçları ile simülasyon sonuçları karşılaştırılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Öncelikli akış kontrol valfi, Akış kontrol valfi, Orifis hesabı, simülasyon

## ABSTRACT

Mobile directional control valves are used to direct hydraulic oil to desired points in a hydraulic system. Mobile directional control valves are generally used at mobile vehicles like tractors, backhoe-loaders, forklift etc.. Shifting the valve spool in or out determines direction and speed of actuators of equipment. However in some situations metering does not enough to control speed. In this situation flow control valves must be used to control the speed.

If the tractor equipment has more than one actuators and if it needs to be controlled independently

from load with low flow rate, the mobile valve including priority flow control valve must be used. In this article, to model and simulate a priority flow control valve in one dimensional simulation software will be stated. Also real test results and simulation results will be compared.

**Key Words:** Priority flow control valve, Flow control valve, Orifice calculation, simulation

## 1. AKIŞIN KONTROL EDİLMESİ

Tüm makine sistemleri ilettikleri enerjiyi kontrol etmek için bir yöntem ihtiyacı duyarlar. Hidrolik sistemlerde bu kontrol, iletilen debinin miktarının ve yönünün kontrol edilmesi ile sağlanır.. Bir hidrolik sistem için işi yapacak elemana (hidrolik silindir, hidrolik motor vs.) gönderilen akışın ayarlanması ve bu ayarlı akışın fonksiyonu yerine getirmeye yeterli olması gerekir. Sistemin her hangi bir noktadaki basınç, sistemin iç kayıplarına ve hareketlendirilen yüke bağlıdır. Yani sistemin ihtiyacı olan güç, basınç ve debiyi bağlıdır[1].

## 2. AKIŞ KONTROL YÖNTEMLERİ

Bir hidrolik sistemde debiyi kontrol etmenin birden fazla yöntemi vardır.

- Sabit deplasmanlı bir pompayı tahrik eden elemanın (dizel motoru, elektrik motoru vs.) devrini değiştirmek
- Değişken deplasmanlı bir pompa kullanarak sistemin ihtiyacına göre debiyi değiştirmek
- Yön kontrol valfinin açıklığını kontrol ederek debiyi değiştirmek
- Bir öncelikli akış kontrol valfi kullanarak sistemin ihtiyacı olan debi miktarını ayarlamak
- Servo sistemler veya kapalı çevrim sistemler ile sensörlerden faydalanıp hareketlendirici hızından ya da debiden geri bildirim alıp ayarlamak.

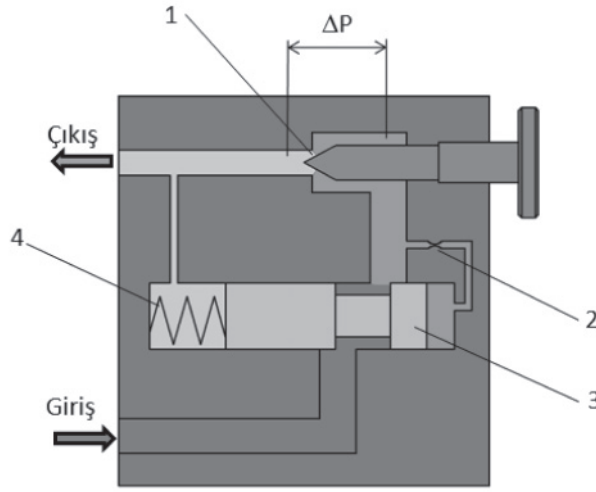
Sabit deplasmanlı bir pompanın debisini değiştirmenin tek yolu devrini değiştirmektir. Fakat her güç sağlayıcısı, devrini etkili bir şekilde değiştirmek için tasarlanmamıştır. Bunun yanında değişken hız kabiliyetini elde etmek için gerekli kontrol sistemi de karmaşık ve pahalıdır. Akışı ve hareketlendirici hızını kontrol etmek için değişken deplasmanlı bir pompa kullanmak da çok ucuz bir çözüm değildir. Çünkü bu pompalar sabit deplasmanlı pompalardan daha pahalıdır ve birden fazla hareketlendiriciyi aynı anda farklı hızlarda kullanımı gerektiğinde tek başına bunu yapmaya yeterli kabiliyete sahip değildir. Bunu valfler kullanarak yapmak da sürekli olarak kontrol gerektirmektedir. Servo sistemler ya da kapalı çevrim sistemler kullanmak ise yüksek teknoloji kullanımı gerektirmektedir ve çok karışık sistemlerdir. Ayrıca kontrol edilecek eleman sayısı arttıkça maliyetler de çok yükselmektedir.

Bu sebeplerden dolayı birçok uygulamada farklı debilerle iş yapmak gerektiğinde akış kontrol valfleri kullanılmaktadır. Basitçe düşünecek olursak bir akış kontrol valfi, akışı bir orifis yardımı ile kontrol eder. Akış kontrol valfleri, orifisin karakterine göre ve kısılma miktarına göre akış miktarını belirler. Daha gelişmiş akış kontrol valflerinde kısıcı sadece akıştaki değişiklik miktarını belirlemede kullanılır, buradaki basınç düşümü değişikliklerine göre çalışan bir kısıcı da akışı kontrol eder.

İstenen akış kontrolüne ve devrede bağlanacağı yere göre geniş bir akış kontrol valfi yelpazesinden seçim yapılabilir. Sabit orifisli tip, iğne tipi, basınçla dengelenmemiş tip ve basınç dengeli tip olmak üzere çeşitleri vardır[1].

### 3. BASINÇ DENGELİ AKIŞ KONTROL VALFLERİ

Akışı hassas bir şekilde ayarlamanın yolu, kontrol orifisi üzerinde sabit bir basınç düşümü( $\Delta P$ ) oluşturmak ve akışkanın sıcaklık değişimlerinin sebep olduğu viskozite değişikliğinin etkilerini en aza indirmektir. Basınç dengeli akış kontrol valfleri bu fonksiyonu, orifisin her iki tarafındaki basıncı dengelemek için kullanılan bir basınç dengeleme valfinin (basınç düşürücü valf) dahil edilmesi ile yerine getirirler (Şekil-1). Kontrol orifisi(1) ile basınç dengeleme valfi birbirlerine seri olarak bağlıdırlar. Bu dengeleme valfinin sürgüsü(3) kontrol orifisinde, giriş ve yük basıncından bağımsız sabit bir basınç düşümü sağlar.

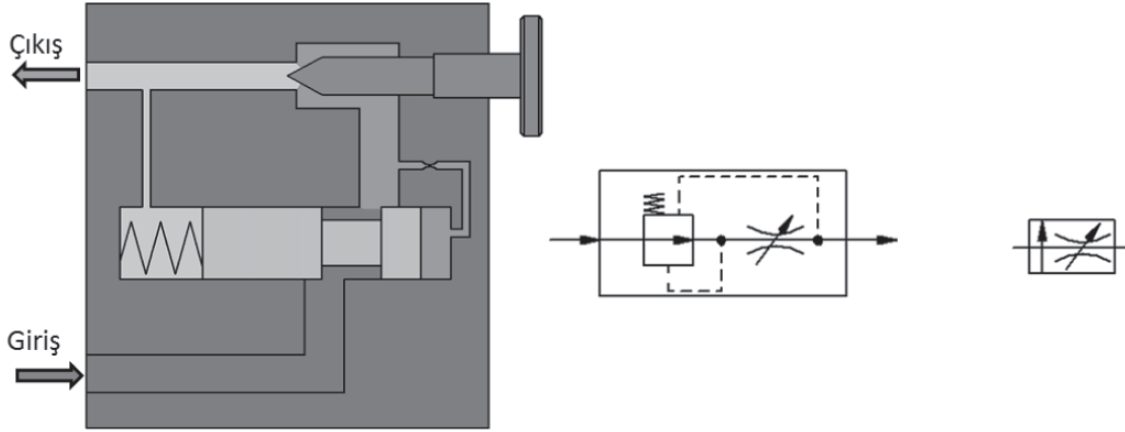


Şekil-1. Basınç dengeli akış kontrol valfi

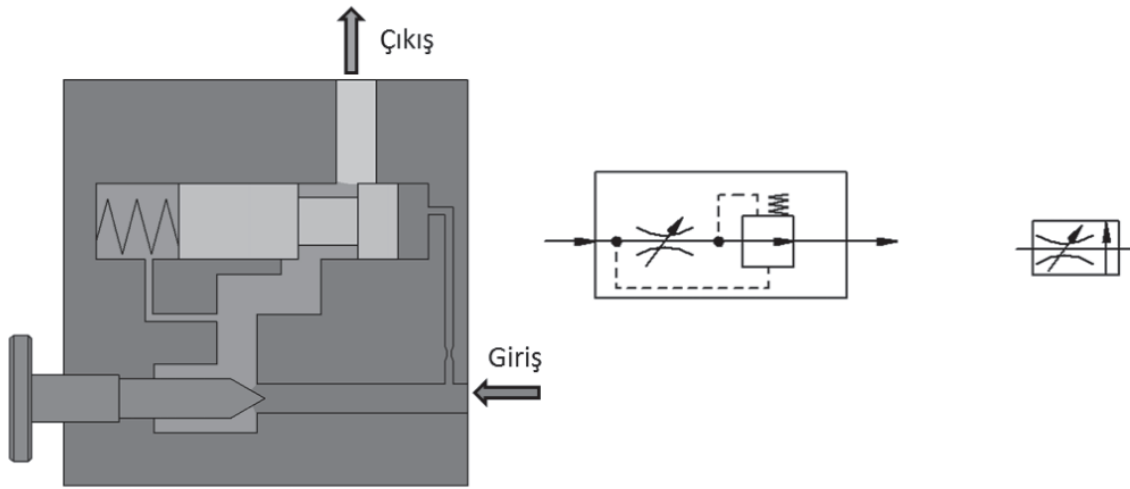
Valf çalışmadığı zaman dengeleme valfi açık konumdadır. Akışın görülmesi ile beraber kontrol orifisi üzerinde bir basınç düşümü meydana gelir. Orifisin giriş tarafındaki basıncın valfi kapatmaya çalışmasına rağmen orifisin çıkış tarafındaki basıncın ve yay kuvvetinin(4) valfi açmaya çalışması ile sürgü dengelenir. Bu durumda sürgünün kısmen kapanması ile bu açıklıkta da bir basınç düşümü oluşur. Bu şekilde Şekil-1'de görülen sönümlenme orifisi(2) dengeleme sürgüsünün kararlı bir şekilde çalışmasını ve basınç dalgalanmalarını önler.

Sistemdeki pompa, kontrollü debiden daha fazla yağ gönderdiği için ayarlanan debiden fazlası emniyet valfi üzerinden tanka gider. Dolayısıyla bu kontrollü debinin sağlanması için sistemin sürekli emniyet valfi basıncında çalışması gerekir.

Basınç dengeli akış kontrol valfleri, dengeleme valfi akış kontrol orifisinden önce ve sonra olacak şekilde iki çeşittir. Bu iki tip sırasıyla Şekil-2 ve Şekil-3'te gösterilmiştir.



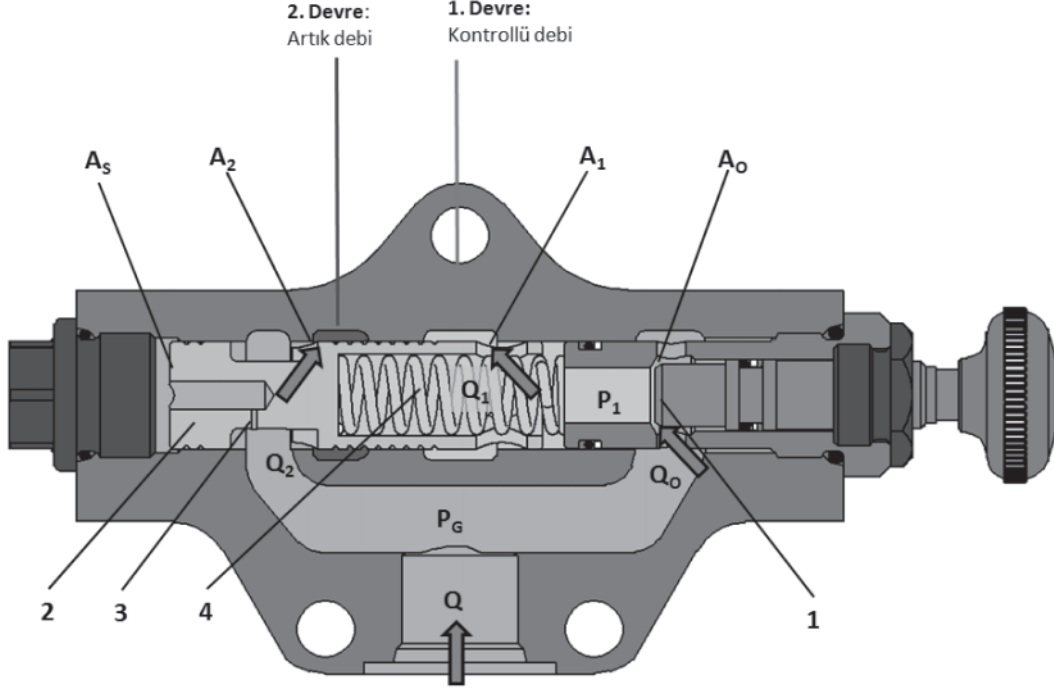
Şekil-2. Dengeleme valfi, kontrol orifisinden önce olan akış kontrol valfi (Girişten kontrol)



Şekil-3. Dengeleme valfi, kontrol orifisinden sonra olan akış kontrol valfi (Çıkıştan kontrol)

### 3. ÖNCELİKLİ AKIŞ KONTROL VALFLERİ

Şekil-4'te gösterilen öncelikli akış kontrol valfleri, ikinci bir devrenin beslenmesine izin verecek bir yapıya sahiptir. Bunun için sistemdeki pompanın birinci devreye gönderilmek istenen debiden daha fazla debi sağlaması gerekir. Bu valflerde öncelikli debi, ayarlanabilir bir orifis(1) ile ayarlanır. Kontrol orifisi açıklığından(AO) geçen kontrollü debi birinci devreye gider. Bu geçiş sırasında kontrol orifisindeki basınç düşümü normalde açık olan valf sürgüsüne(4) etkimesiyle yay(4) sıkışır ve kontrollü debinin geçeceği kadar bir açıklık(A1) kalana kadar valf sürgüsü sağa doğru hareket eder. Bu sırada pompanın bastığı debinin fazlası(artık debi) valf sürgüsü üzerindeki açılan açıklıktan(A2) geçerek ikinci devreye gider. Dengeleme sürgüsündeki sönmülme orifisi dengeleme valfinin kararlı bir şekilde çalışmasını ve basınç dalgalanmalarını önler.



Şekil 4. Öncelikli akış kontrol valfi

### 3.1 Öncelik Kontrol Valfi ile İlgili Hesaplamalar

Şekil 4'teki basınç dengeleme valfi sürgüsüne etkiyen toplam kuvvet denge konumu için sıfır'dır. Akış kuvvetleri de göz ardı edildiğinden (Şekil-5);

$$P_G \times A_S = P_1 \times A_S + F_{yay} \quad (1)$$

$$F_{yay} = A_S \times (P_G - P_1) \quad (2)$$

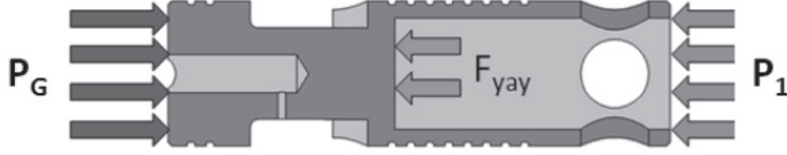
$$F_{yay} = A_S \times (\Delta P) \quad (3)$$

bulunur.

Denklem-3'te görüldüğü gibi sürgü alanı ile istenen basınç farkının,  $\Delta P$ , çarpımı gerekli yay kuvvetini verir. Sistemdeki basınç kaybını arttırmamak amacı ile  $\Delta P$ , 6-10 bar aralığında bir değer olarak tercih edilir. Aksi halde sistemdeki enerji kaybı artar.

Kontrol orifisinden geçen debinin karakteristiği kütle ve yoğunluğun sabit olduğu bir boyutlu, kararlı, viskoz olmayan ve izotermal kabul edildiğinde;

$$Q_o = C_d \times A_o \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_G - P_1)} \quad (4)$$

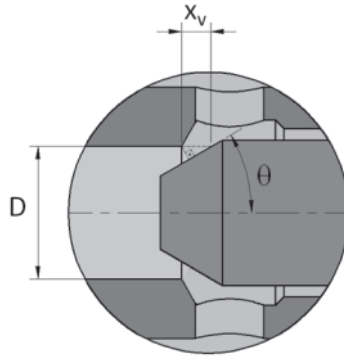


Şekil-5. Basınç dengeleme sürgüsüne etkiyen kuvvetler

Bu denklemde  $C_d$  katsayısı iki şekilde bulunabilir;

- 0.6 olarak kabul edilebilir.
- Reynolds sayısına ve orifis geometrisine göre hesaplanabilir.

İkinci yöntem daha doğrudur. Ancak hesaplamada Reynolds sayısına karşı detaylı ve kontrollü testler yapılması gerekmektedir[2].



Şekil-6. Orifis alan hesabı

Ayarlanabilir kontrol orifisinde belirli bir  $x_v$  açıklığı için orifis alanı[3] (Şekil-6)

$$A_o = \pi \times D \times x_v \times \sin\theta \quad (5)$$

Bu durumda kontrol orifisinden geçen debi miktarı, seçilen bir  $\Delta P$  için aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$Q_o = C_d \times \pi \times D \times x_v \times \sin\theta \sqrt{\frac{2}{\rho}(\Delta P)} \quad (6)$$

Pompanın bastığı debi valf içinde ikiye ayrıldığı için;

$$Q = Q_o + Q_2 \quad (7)$$

denklemden  $Q$  ve  $Q_o$  belli olduğundan artık debi devresine gönderilen debi miktarı  $Q_2$  hesaplanır.  $A_2$  orifisinden geçen  $Q_2$  debisi için denklem;

$$Q_2 = C_d \times A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_G - P_A)} \quad (8)$$



Denklem-8'deki bilinmeyenler,  $A_2$  ve  $P_G$ 'dir.  $A_1$  orifisinden geçen debi için ilgili denklem;

$$Q_1 = C_d \times A_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_K)} \quad (9)$$

Kontrol orifisinden geçen debi  $Q_0$  ile 1. devreye giden  $Q_1$  eşit olduğuna göre ve  $P_1$ 'i  $\Delta P$  ve  $P_G$  cinsinden yasarsak

$$Q_0 = Q_1 = C_d \times A_1 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_G - \Delta P - P_K)} \quad (10)$$

elde edilir. Denklem-10'deki bilinmeyenler,  $A_1$  ve  $P_G$ 'dir.

Sistemdeki enerji kaybını gereksiz yere arttırmamak için valfeki toplam basınç kaybı 8-15 bar aralığında olduğundan seçilen  $P_G$  basıncı için Denklem-8 ve Denklem-9 çözülerek tasarım yapılır.

### 3.2 Öncelikli Kontrol Valfinin Modellenmesi ve Simülasyonu

Kontrollü debi devresi ile artık debi devresindeki yüklerin değişiminin ayarlanmış debiye etkisini görmek ve sanal ortamda bir çok testi simüle etmek amacıyla bir boyutlu hidrolik simülasyon yazılımı kullanmak tasarımda büyük avantaj sağlamaktadır. Ayrıca yukarıdaki hesaplamalarda sönümlenme orifisinin, akış kuvvetlerinin ve ani yük değişimlerinin dinamik etkileri görmek için simülasyon yazılımı kullanmak doğru bir ürünü kısa sürede elde etmede büyük fayda sağlamaktadır.

#### 3.2.1. Örnek bir uygulama

Öncelikli akış kontrol valfinin modellenmesi ve sanal testlerle simülasyonu için Şekil-7'deki test devresi çizilmiştir. Bu devrede çeşitli yük koşullarında ayarlanmış debinin toleranslar içinde kalıp kalmadığı incelemek için bu iki hat yükleme valfleri ile yüklenecektir. Yapılan 3D tasarımdan kesit alan, çentik ölçüleri, bindirme miktarları, eşleşme boşluğu, ön yüklü yay kuvveti, sürgü çapı vs. parametreler yazılımın kütüphanesindeki ilgili fonksiyonel model simgelerinin veri kısımlarına girilmesi ile Şekil 8'deki gibi bir boyutlu modellenir.

Şekil-9'da tüm valfin 1D modelde hangi simgelerle modellendiği gösterilmiştir. Şekil-9'da sürgü ile ilgili simgelere girilen değerler;

Simge-1: Dengeleme sürgüsünün ağırlığı ve çalışma mesafesi

Simge-2: Sürgü çapı, bindirme miktarı. Rod çapı için sıfır.

Simge-3: Sönümlenme orifisinin çapı.

Simge-4: Sürgü çapı, boyun çapı, bindirme mesafesi.

Simge-5: Sürgü çapı, boyun çapı, bindirme mesafesi, eşleşme boşluğu, çentik parametreleri.

Simge-6: Sürgü çapı, bindirme miktarı, Delik çapı ve sayısı. Rod çapı için sıfır.

Simge-7: Yay katsayısı ve ön yüklenmiş yay kuvveti

şeklindedir. Seçilen 8 bar'lık basınç farkı Denklem-3'de yerine konulduğunda;

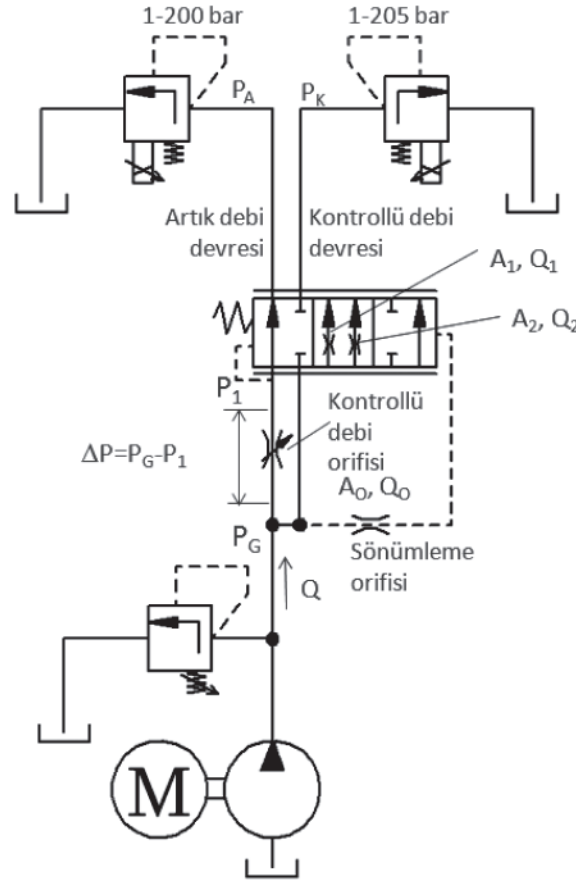


$$F_{\text{yay}} = 254.5 \text{ mm}^2 \times (8 \text{ bar} - 0 \text{ bar})$$

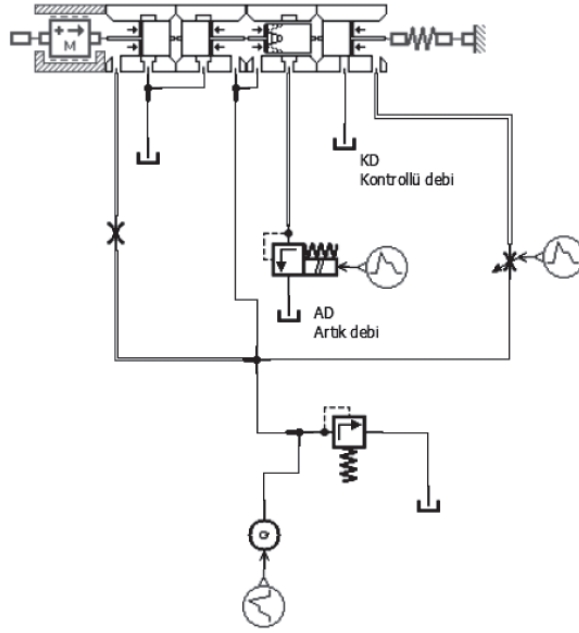
$F_{\text{yay}} = 203.6 \text{ N}$  bulunur ve Simge-7'de yerine yazılır.

Bu devrede sabit deplasmanlı dişli pompa sisteme 100 l/dak yağ göndermektedir. Ayar topuzunun döndürülmesi ile valfin minimum 0 l/dak, maksimum 60 l/dak 1. devreye(kontrollü debi devresi) yağ gönderilmesi istenmektedir. Böylece traktöre bağlanacak ekipmanın hızı yükten bağımsız olarak ayarlanabilecektir. Artık debi ise 2. devreye gönderilecektir.

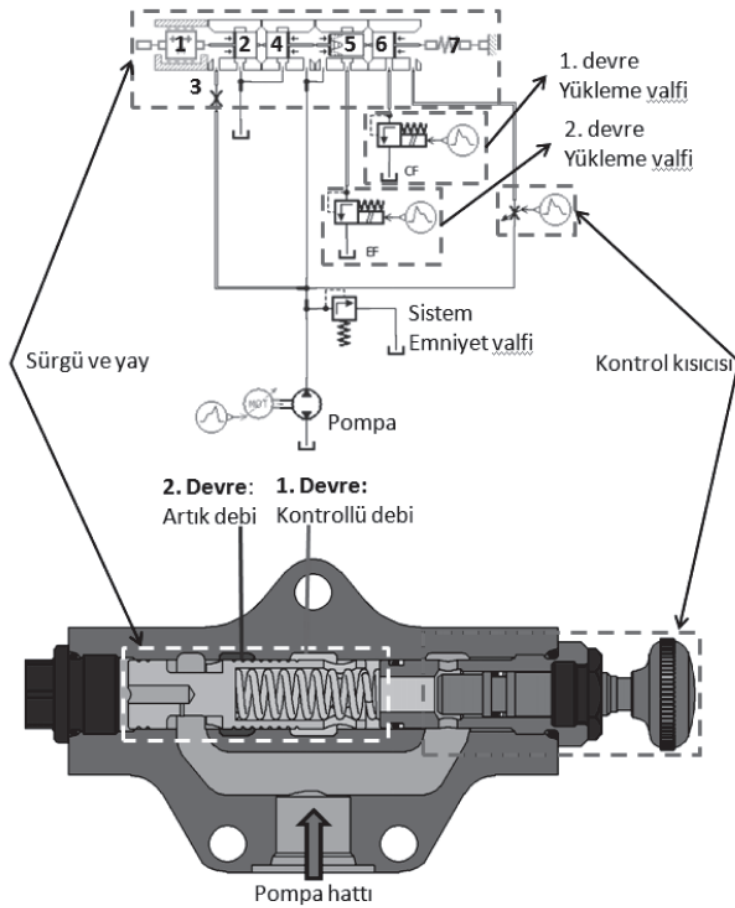
Ayar topuzu sona kadar gevşetildiğinde maksimum 60 l/dak sağlayacak kontrollü orifis çapının belirlenmesi için iki yükleme valfi ile yükleme yapılmadan bir simülasyon yapılır. Bunun için 0.5 sn'de 0 l/dak'dan 100 l/dak'ya çıkılacak şekilde sisteme yağ sağlanır. İlk önce kontrollü orifis çapının 6.5 mm olduğu kabul edilerek bir simülasyon yapılır. 6.5 mm'lik orifis çapı, Denklem-4'ten yararlanılarak hesaplanmıştır.



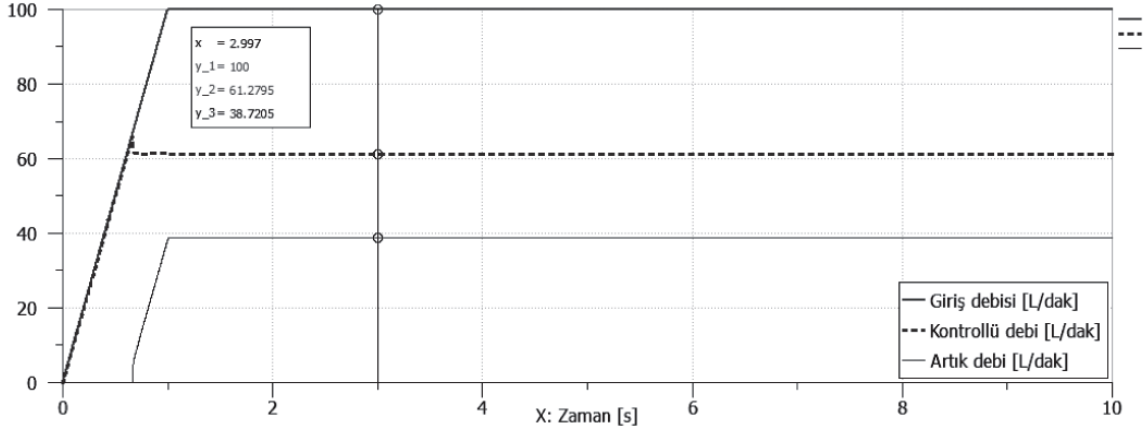
Şekil-7. Modellemede ve sanal testlerde kullanılacak test devresi



Şekil-8. Öncelikli akış kontrol valfi ve test devresi için bir boyutlu model.



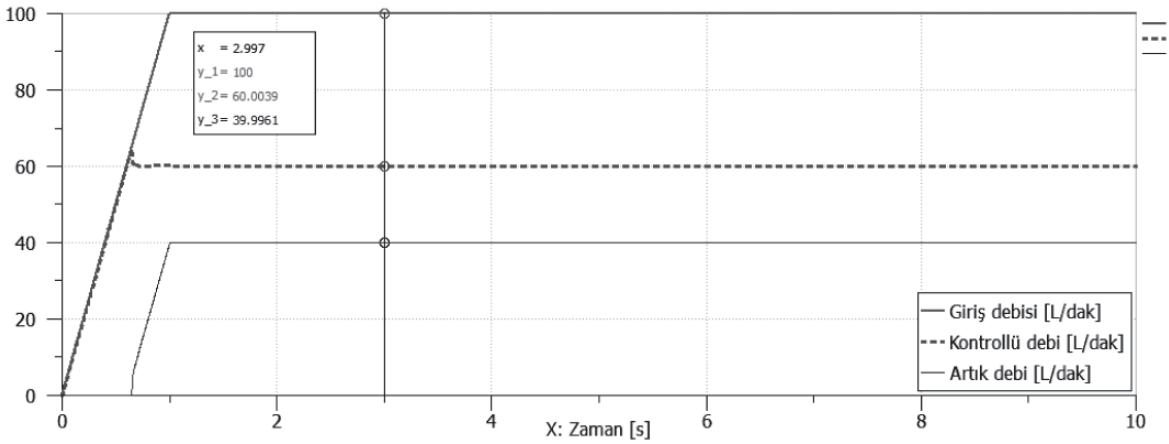
Şekil-9. Öncelikli akış kontrol valf ile modelin karşılaştırılması



Şekil-10. Kontrollü orifis çapı 6.5 mm

Şekil 10'da görüldüğü gibi simülasyon sonucunda kontrollü debi 61.3 l/dak, artık debi 38.7 l/dak bulunmuştur.

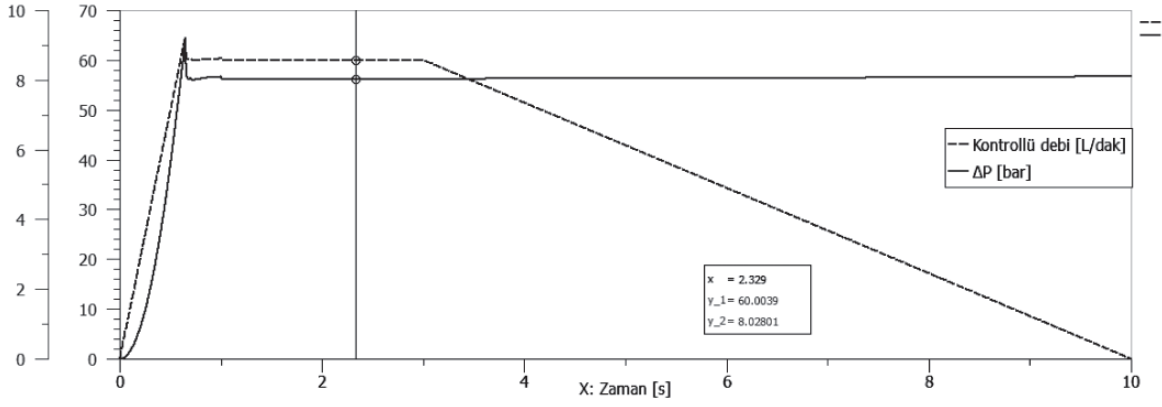
60 l/dak'dan daha fazla olmasının sebebi sistemdeki diğer kayıplar ve akış kuvvetleridir. Tam 60 l/dak'lık debiyi verecek orifis çapı yapılan iterasyon ile 6.4 mm bulunur (Şekil-11).



Şekil-11. Kontrollü orifis çapı 6.4 mm

### Senaryo 1:

Valfin ayar topuzu ile kontrollü orifis açıklığını maksimumdan sıfıra 3. saniyeden başlayıp 7 saniyede düşürüldüğünde Şekil 12'deki grafik elde edilir. Burada görüldüğü gibi kontrollü debi 3 sn'de 60 l/dak'dan itibaren düşmeye başlamasına rağmen  $\Delta P$ 'nin, 8 bar'da sabit kaldığı ve değişmediği görülür.

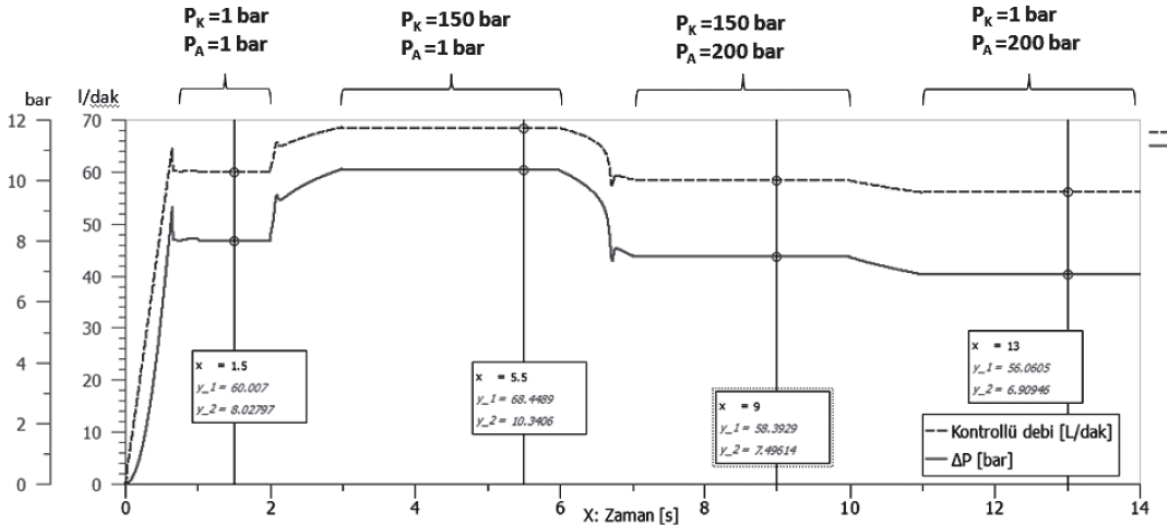


Şekil-12. Kontrol orifis alanı değişiminin  $\Delta P$ 'ye etkisi

### Senaryo 2:

Tablo-1'deki gibi kontrollü debi hattı ve artık debi hattı basınçları 1 bardan sırasıyla 150 bar ve 200 bar'a artırılır. Daha sonra da kontrollü debi hattı basıncı 150 bar'dan 1 bar'a düşürülür. Böylece Tablo -1 ve Şekil 14'te görüldüğü gibi 4 durum için kontrollü debinin ve  $\Delta P$  değişimi görülür.

Şekil-13 incelendiğinde  $\Delta P$ 'nin her iki hattaki yük basıncı değişimine göre akış kuvvetlerinin etkisi ile bir miktar değiştiği ve buna bağlı olarak ta kontrollü debinin maksimum -%6, +%13'lük bir bant aralığında kaldığı görülür.

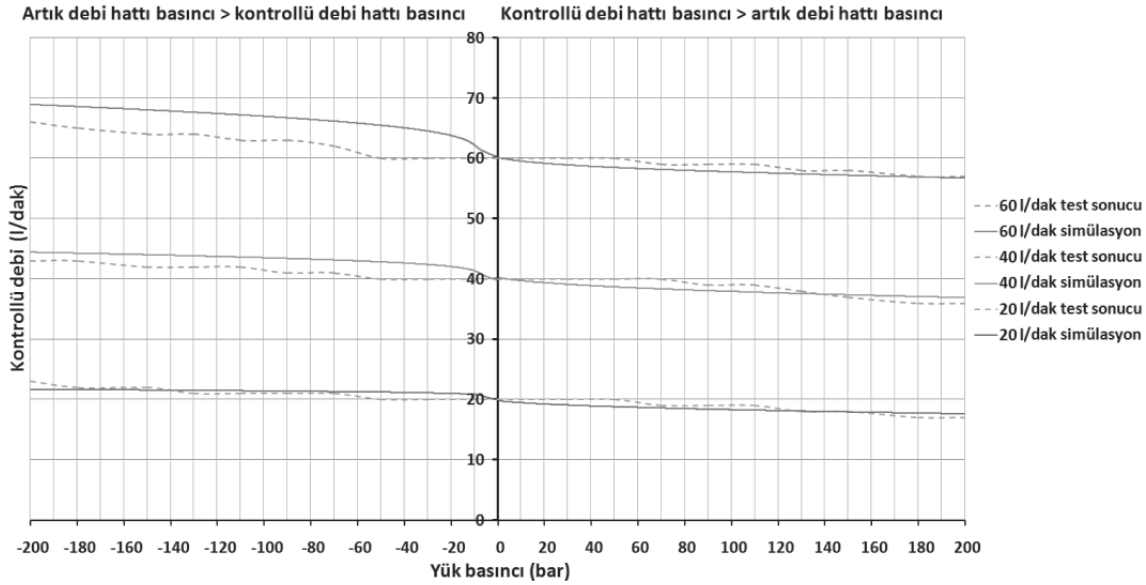


Şekil-13. Kontrollü debi ve artık debi hatlarındaki basınç değişimlerine valftekisi etkisi

**Tablo-1.** Senaryo 2 için iki hatta uygulanan yük basınçları ve simülasyon sonuçları

	0 sn	2 sn	3 sn	6 sn	7 sn	10 sn	11 sn	14 sn
Kontrollü debi hattı basıncı	1 bar	1 bar	150 bar	150 bar	150 bar	150 bar	1 bar	1 bar
Artık debi hattı basıncı	1 bar	1 bar	1 bar	1 bar	200 bar	200 bar	200 bar	200 bar
$\Delta P$ (bar)	8.0		10.3		7.5		6.9	
Kontrollü debi (l/dak)	60		68		58.4		56	

Valfin performans eğrilerini çıkarmak için valf yüksüz durumda iken simülasyon ortamında 20 l/dak, 40 l/dak ve 60 l/dak'ya ayarlanır. Daha sonra her ayar debisi için kontrollü debi hattı ile artık debi hattı 0'dan 200 Bar'a kadar artırılır. Bunun sonucu olarak basınca karşı debi grafiği elde edilir. Bu simülasyon sonuçları ile tasarlanan valfin gerçek test sonuçlarının karşılaştırılması Şekil-14'te gösterilmiştir.


**Şekil-14.** Öncelikli akış kontrol valfinin performans eğrilerinin simülasyon sonuçları ile karşılaştırılması

## SONUÇ

Bir akış kontrol valfi tasarlanırken nasıl bir çalışma karakteristiğine sahip olacağı ve farklı çalışma şartlarında nasıl tepkiler vereceği valfler üretilmeden simülasyon yazılımları sayesinde önceden tespit edilerek olası şartname dışı durumlar valfler üretilmeden tespit edilerek prototip sayısı ve deneme yanılgıları azaltılmış olunur. İstenildiği gibi çalışan bir ürüne en kısa sürede ulaşılır.



## KAYNAKLAR

- [1] FITCH, E.C, HONG, I.T., “Hydraulic System Modeling and Simulation”, BarDyne, Inc. 2004
- [2] LMS ENGINEERING INNOVATION, “LMS Image.Lab. Amesim -Hydraulic Library Manual”, LMS, 2011
- [3] DOĞRAMACI, T., Direk uyarılı emniyet valfinin hidrolik sistem simülasyon yazılımı ile modellenmesi ve simüle edilmesi, VI Ulusal hidrolik pnömatik kongresi bildiriler kitabı, 2011

## ÖZGEÇMİŞ

### Turgay KOLCUOĞLU

1983 yılında Çorlu/Tekirdağ'da doğdu. Lise öğrenimini Çorlu Ticaret Borsası Anadolu Lisesinde yaptı(1996–2000). 2006 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Ağustos-Şubat 2006'da kısa dönem askerlik görevini tamamladı. 2007 yılında Çorlu'da Canlar Makine A.Ş.'de Tasarım Mühendisi olarak işe başladı. 2009 yılında Çorlu'da Dilmender Makine A.Ş.'de yine tasarım mühendisi olarak işe başladı. Çalışma hayatına 2010 yılında Tasarım Mühendisi olarak Hema Endüstri A.Ş.'de çalışmaya başladı ve halen aynı firmada, aynı görevde çalışmaktadır.

### Taner DOĞRAMACI

1978 yılında Çerkezköy/Tekirdağ'da doğdu. Lise öğrenimini Çerkezköy Anadolu Teknik Lisesi Makine bölümünde yaptı(1991–1996). 2001 yılında bölüm birincisi olarak Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. 2002 yılında Çerkezköy'de Hema Endüstri A.Ş.'de Ürün Geliştirme Mühendisi olarak işe başladı. 2 sene çalıştıktan sonra Nisan-Eylül 2004'te kısa dönem askerlik görevi yapıp tekrar aynı firmada Ar-Ge Mühendisi olarak işe başladı. 2005 Şubat ayında “CNC İşleme Merkezi Seçimi için Bir Uzman Sistemin Geliştirilmesi” tezi ile Makina Yüksek Mühendisi unvanını aldı. Halen aynı firmada “Valf Pompa Proje Yöneticisi” olarak çalışmaktadır.