



# ROBOT UYGULAMALARINDA KULLANILAN PNÖMATİK EKİPMANLARIN BOYUTLANDIRILMASI VE YENİ TRENDLER

Halil İbrahim KARAKELLE

## ÖZET

Endüstride küresel rekabetin söz konusu olduğu günümüzde üretimde verimlilik çok önemli bir yer işgal etmektedir. Çağımızın son endüstriyel vizyonu olan "Endüstri 4.0" terimi de bu kapsamda ortaya çıkmıştır. Bu yeni imalat düzeninin en önemli işçileri de robotlardır. Robotik uygulamalarda yaşanan en büyük sıkıntılardan biri de robotların boyutlandırılmasıdır. Bilindiği üzere robotlar taşıyacakları yüklerle göre boyutlandırılır. Taşıyacakları yükler ise hem son ürün veya iş parçası hem de onun tutucularıdır. Bu noktada tutucuların ve üzerindeki ekipmanların hafif olması robotların boyutlarını da etkilemektedir. Pnömatik ekipmanlar da bir çok tutucu ekipman tasarımında sıkça kullanılan enstrümanlardandır. Pnömatik ekipman tercihiinde dikkat edilmesi gereken 2 nokta vardır. Bunlardan ilki, seçilecek pnömatik iş elemanlarının ve valflerinin gereğinden daha büyük boyutta seçilmemesidir. Boyuttan kastedilen, silindir çapı, valf geçirgenliği, hortum çapı gibi değerleridir. İkinci bir nokta ise ürün seçimidir. Ürün seçiminde ihtiyaç duyulan boyutlara göre en hafif kullanışlı ürünün seçilmesidir. Bu noktada aşağıdaki özellikler dikkate alınmalıdır.

- Daha hafif
- Daha az yer kaplayan
- Enerji verimliliğini destekleyen
- Çevreye duyarlı

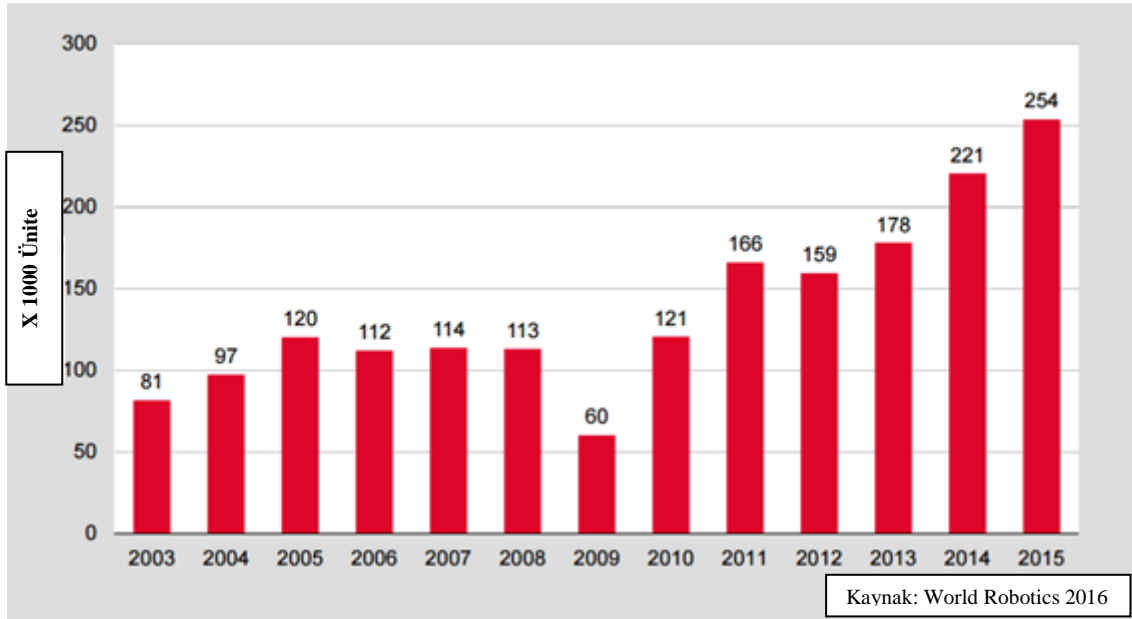
## ABSTRACT

Today, productivity and efficiency have very important place in the world where global competition is the topic of the industry. The last industrial vision of our age "Industry 4.0" came up in this concept. Robots are the most important labours of this new age. One of the biggest problem of robotic applications is sizing of robots. As known, robots are sized regarding the load on them. The load contains both work piece and grippers. At this point, weight of equipments on grippers directly effects the size of robots. Pneumatics instruments are also one of the most preferred equipments on robotic grippers. Due to this, pneumatic product selection have an important place while designing robotic grippers. There are 2 main topics while selecting pneumatic products. First of all, sizing of pneumatic equipment should have excessive values than needed. Size means bore size of cylinder and flow rate of valve. The second point is the selected products should have light weight and compact. Light weight

**Key Words:** Light weight, compact, energy saving, environment friendly

## 1 GİRİŞ

Endüstride robot kullanımı yıldan yıla artış göstermektedir. IRF'den alınan yıllık satış rakamları Şekil 1 de gösterilmiştir. Uluslararası Robotik Federasyonu (IFR)' den alınan verilere göre dünyada robot yoğunluğu her 10000 işçiye karşı 69 dur. Bu rakam endüstrileşmiş ülkelerde çok daha fazladır. Robotlar endüstrinin her sektörüne girdiği bilinmekle beraber en çok otomotiv, elektronik ve gıda sektörlerinde kullanılmaktadır. Robotların saydığımız bütün bu sektörlerde kullanılabilmesi için ve iş yapabilmesi için görevlerine uygun ekipmanların robotlara entegre edilmesi gerekmektedir. Bu ekipmanlar üzerinde, pnömatik iş elemanları çok uzun yıllardır kullanılan endüstriyel parçalardır.



Şekil 1. Dünyada robot satışlarının yıllara göre değişimleri

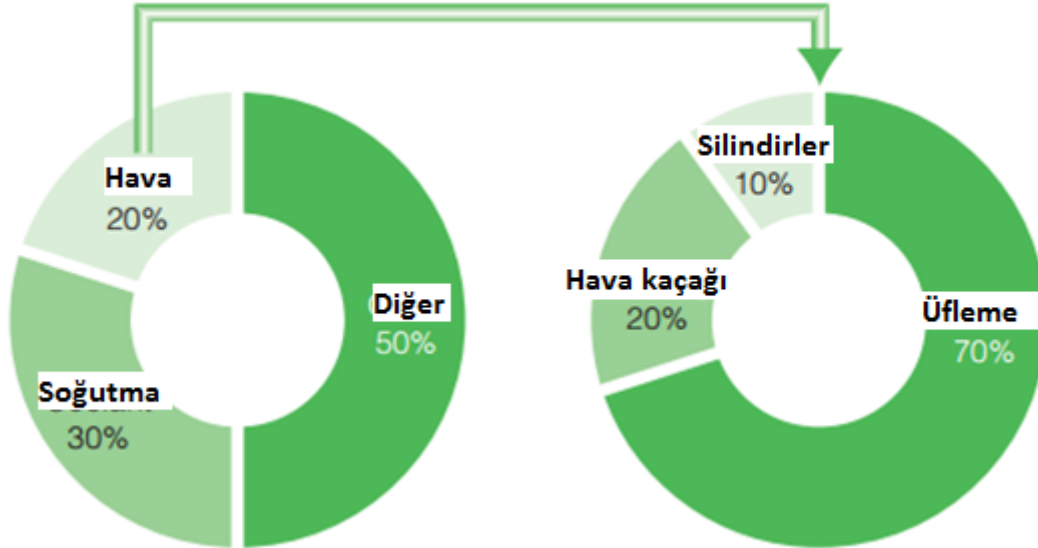
Bilindiği üzere robotların boyutlandırılması yapılırken de üzerinde iş yapacak olan ekipmanın ağırlığı ve eğer var ise iş parçasının ağırlığı en önemli iki parametredir. Genelde iş parçasının ağırlığı değiştirilemeyeceği için ekipmanların tasarımında, ağırlıklar ciddi önem arz etmektedir. Olması gerekenden daha büyük robot seçimleri, hem maliyetleri ciddi oranda artıracak hem de robotun işgal ettiği alan daha da artacaktır.

Pnömatik ekipmanlar robotlar üzerinde bazen tek başına iş yapabilmekle beraber bazen de bir bütünün parçası olarak yer alabilmektedirler. Pnömatik ekipmanların boyutlandırılmasında bilindiği üzere en etkin faktörlerden biri uygulanacak basınca göre üreteceği kuvvet veya tork değerleridir. Kuvvet veya tork değeri ise havanın basıncı ve silindir hacmi ile doğru orantılıdır. Silindir hacimleri belirlenirken, işletmelerde kolaylıkla elde edilebilecek basınçlar dikkate alınmalıdır. Bu basınçlar 2-10 bar arası değişmekle beraber yapılan araştırmalarda en sık kullanılan aralığın 4-7 bar arası olduğu gözlemlenmiştir.

Pnömatik ekipmanların boyutlandırılması, tasarımın bittiği anlamına gelmemektedir. Bundan sonraki adım ise ihtiyacı belirlenen özelliklere uygun doğru ürünün seçilmesidir. Robotik uygulamalarda bu seçimler yapılırken ürün tiplerine ve ağırlıklarına göre seçim yapılması çok önemlidir. Aynı basınçta aynı işi yapan daha hafif silindirlerin seçilmesi önce ekipmanın boyutunu etkiler, daha sonrasında da robotun boyutunu etkiliyerek, daha küçük bir robotla aynı işi yapmamıza olanak sağlayabilir.

Robotlar üzerindeki iş ekipmanlarının ve pnömatik sistemlerin tasarımında dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da enerji verimliliğidir. Basınçlandırılmış hava en pahalı enerji kaynaklarından biridir. Fabrikaların elektrik harcamalarının yaklaşık beşte biri havayı basınçlandırmak içindir. Basınçlı havanın da büyük kısmı vakum uygulamalarında kullanılmaktadır. Bununla ilgili grafiği Şekil 2 de görebilirsiniz. Ürün boyutlandırılması ve seçimlerinde gereğinden daha büyük silindirler ve hortumlar seçmek veya vakum elde etmek için kullanılacak ekipmanları enerji verimliliği uygulamalarına göre seçmemek bizim daha fazla hava harcamamıza sebep olacaktır. Bu da fabrikaların maliyetlerine bir yük olarak eklenecektir. Pnömatik sistemlerin tasarımında aşağıdaki vurgulanan noktalara da dikkat edilmesi halinde çok ciddi hava tasarrufu sağlanabilecektir.

- Basıncı olabilecek en minimum noktaya regüle et.
- Hava kalitesini uygun hale getirecek filtrasyon ve hava kurutma mekanizmalarını kullan.
- Uzun ömürlü ürünler kullan.
- Hava akışını gerekmediği zaman kes.
- Vakum uygulamalarında çok kademeli vakum üreteçleri seç.
- Mümkün olduğu kadar az hava tüketen ürünlerin kullan.
- Hava tüketiminin periyodik olarak kontrol et.
- Hava kaçaklarının giderilmesini ve azaltılmasını sağla.



Şekil 2. Basıncı hava üretiminin elektrik enerji tüketimindeki yeri ve basınçlı hava kullanım dağılımı

Hem günlük hayatımızda hem de endüstriyel uygulamalar yaparken dikkat etmemiz gereken diğer bir nokta da çevreye duyarlı olmaktır. Endüstriyel uygulamalarda çevreye duyarlı olabilmek için yukarıda bahsettiğim hususlara dikkat etmemiz gerekir. Ürünlerin doğru boyutlandırılması, daha büyük ürünler yerine ihtiyacı karşılayacak boyutlar seçilmesi ve ürün seçiminde nispeten daha az yer kaplayan daha küçük ürünlerin seçilmesi daha az atık ortaya çıkaracaktır ve bu ürünlerin üretilmesi için daha az hammadde harcanmasını sağlayacaktır. Uzun ömürlü ürünler seçilmesi, atık ürünlerin miktarını azaltarak çevremizin daha az kirlenmesini sağlayacaktır. Sistemleri tasarlarken enerji verimliliğine dikkat etmemiz enerji kaynaklarımızı daha doğru kullanmamızı sağlayacaktır.

## 2. ROBOTİK UYGULAMALARDA SİLİNDİRLERİN VE VALFLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE UYGUN ÜRÜN SEÇİMİ

Bu bölümde standart olarak bir silindir ve valf nasıl boyutlandırıl noktasına değinildikten sonra hafiflik ve kompaktlığın önemli olduğu robotik uygulamalarda ne tür ürünlere yönelmesi noktasında tesbitler yapılacaktır.

### 2.1 Robotik Sistemlerde Silindirlerin Boyutlandırılması ve Uygun Ürün Seçimi

Pnömatik sistemlerde sistemler tasarlanırken bütün sistem iş elemanına ve işe göre boyutlandırılır. İş elemanlarına en genel örnek de pnömatik silindirlerdir. Sistemin diğer elemanları, iş elemanını, yapılacak işe göre tahrik etmek için seçilir. Bilindiği üzere silindirlerin kuvvetleri de aşağıdaki forumlasyonda da belirtileceği üzere silindir çapı ve hava basıncı ile doğru orantılıdır.

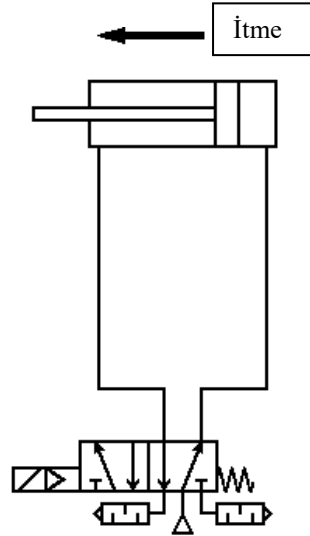
F, Teorik silindir kuvveti  
P, Silindire uygulanacak basınç  
A, Piston alanı

$$F = P \times A \quad (1)$$

Robotik uygulamalarda silindirin çapı çok doğru bir şekilde belirlenmelidir. İhtiyaçtan büyük silindirlerin seçilmesi bütün bir sistemin daha büyük tasarlanması anlamında gelecektir. Bunu aşağıda bir örnek ile açıklayabiliriz.

Örnek olarak 85 Kg bir yükü, 5 bar basınç ile dikey pozisyonda ( yük faktörü 0,5) taşımak için uygun bir silindir seçebiliriz. Hesaplama yapılırken yukarıda belirtilen formüle bir de yük faktörünü eklememiz gerekiyor. Bu durumda ihtiyaç duyulan silindir çapına daha kolay ulaşabiliriz.

Uygulamamızda şekil 3 deki gibi bir devre kullanacağız.



Şekil 3. Pnömatik devre

Fr, İhtiyaç duyulan kuvvet  
 $\mu$ , Yük faktörü

$$Fr = F / \mu \quad (2)$$

Yukarıdaki formül kullanıldığı zaman yapılan hesapta Şekil 4 de gösterildiği gibi bir tablo ile karşılaşıyoruz.

Silindir Çapı [mm]	Teorik kuvvet [N]	%50 yük faktörde çıkış yükü [kg]	Durum
ø63	1559	79.5	Kabul edilebilir değil
ø80	2513	128.2	Fazla kuvvet
<b>ø67</b>	<b>1763</b>	<b>89.9</b>	<b>Uygun</b>

Şekil 4 Örnek uygulama için farklı çaplara göre silindirlerin kuvvet tablosu

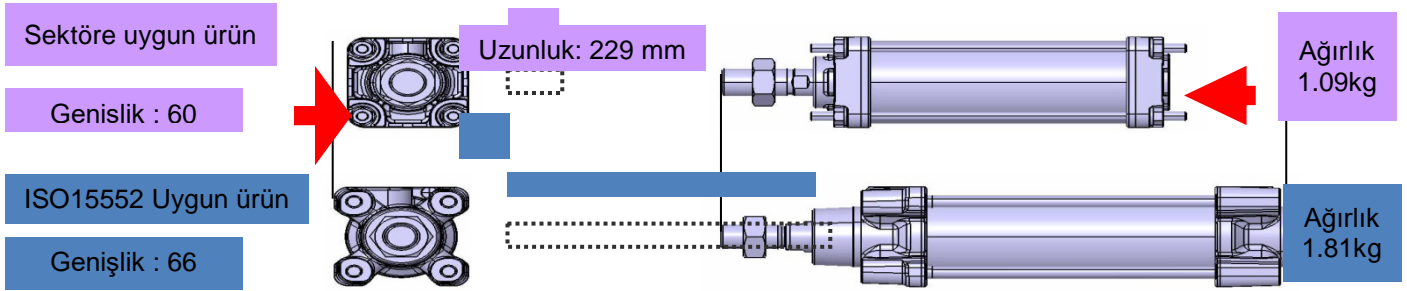
Yukarıdaki tabloda da görebileceğiniz gibi biz silindirimizi 63 mm piston çapında seçer isek yükü kaldıramayız. Standart silindirlerde bu çapın bir büyük çapı olan 80 mm piston çapında bir silindir seçersek gereğinden daha büyük bir silindir seçerek robot ucundaki pnömatik ekipmana fazladan bir

ağırlık yüklemiş olacağız. Pnömatik sektörü de robotik uygulamadaki buna benzer uygulamalar dikkate alarak farklı ürünler geliştirmiştir. Bu ürünler de standartlar dışındaki ara çaplardır. Yukarıdaki tabloda da belirtildiği üzere 67 mm, standart olmayan fakat uygulama için doğru çözüm olan ürün seçildiği zaman ekstra yükler robot üzerine binmiyor. Aşağıda Şekil 5 de benzer uygulamalar için geliştirilmiş ara çapları görebilirsiniz.

Silindir çapı [mm]	ø40	ø45	ø50	ø56	ø63	ø67	ø80	ø85	ø100
Hava tüketimi L (ANR)	1.4	1.8	2.2	2.8	3.6	4.1	5.8	6.6	9.1

Şekil 5. Robotik uygulamalar için geliştirilmiş ara çaplar

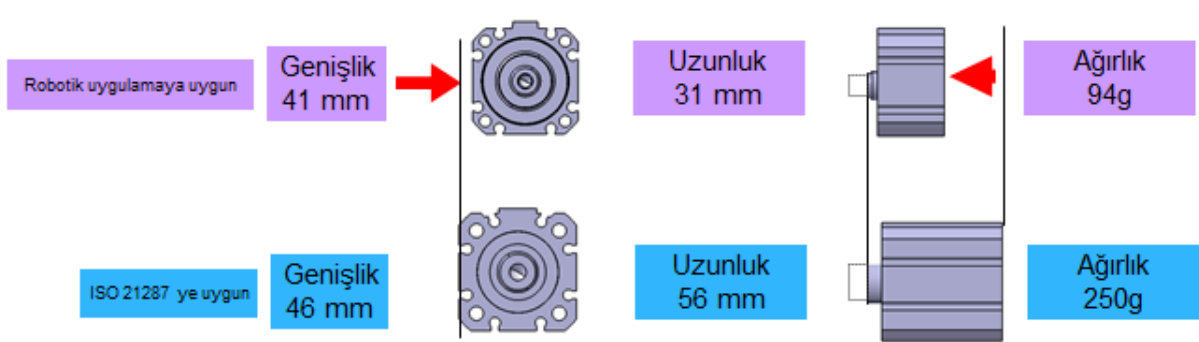
Sektöre uygun doğru ürünler seçildiği zaman seçilen ürünlerin size ne kadar hafiflik ve kompaktlık kattığını da aşağıda, Şekil 6 deki kıyaslamadan anlayabiliriz.



Şekil 6. ISO 15552 Silindir kıyaslaması

Örnek 50 mm silindir piston çapı ve 100 mm strok için yapılmıştır. Yapılan kıyaslamada da görüleceği gibi iş doğru boyutlandırıldığı ve doğru seçildiği zaman %40'a varan oranlarda hafifleme sağlanabiliyor ve aynı zamanda seçilen ürünler daha az yer kaplıyor. Silindirin daha az yer kaplaması sadece silindiri etkilemez, silindire bağlı ekipmanların da küçülmesi anlamına gelecektir. Bu durum da doğrudan robotun boyutunu etkileyecektir. Olaya bu açıdan bakıldığı zaman anlatılmak istenen çok daha iyi anlaşılacaktır.

Benzer bir örneği ISO 21287 ye uygun standart kompakt silindirler ile robotik uygulamalar için geliştirilmiş silindirler için de Şekil 7 da görebileceğiniz gibi yapabiliriz.



Şekil 7. ISO 21287 Silindir Kıyaslaması

Şekil 6 daki kıyaslama 32 mm piston çapı ve 5 mm strok için manyetik özelliği bulunmayan silindirler için yapılmıştır. Kıyaslamayı inceleyecek olursak aşağıdaki avantajları yakalamış olacağız;

- Toplam uzunluk 25 mm düşürülerek %45 oranında azaltılmıştır.
- Genişlik 7 mm düşürülerek % 11 oranında azaltılmıştır.
- Ağırlık 156 gr düşürülerek %62 oranında azaltılmıştır

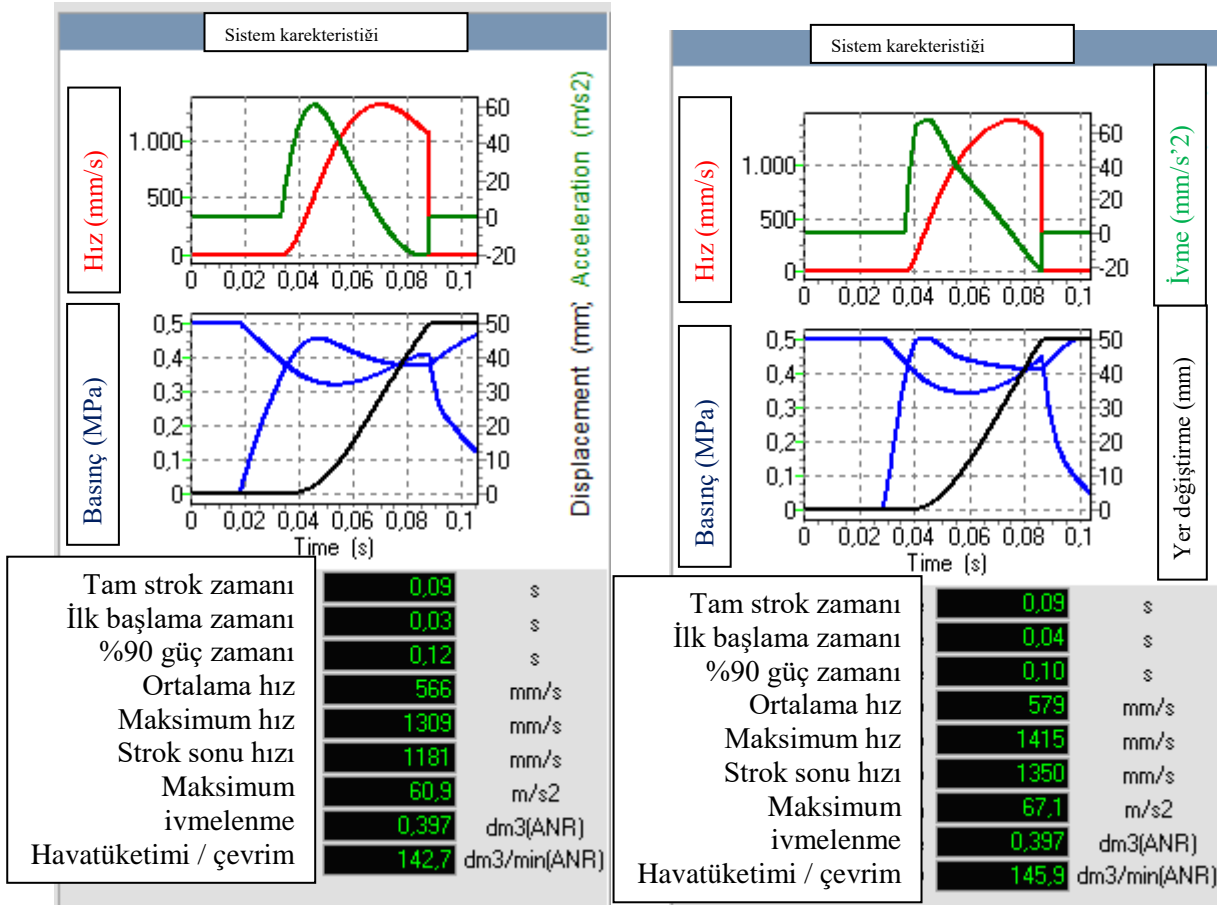
Piyasada bulunan standart silindirlerde çalışma basıncı 10 bar dır. Fakat fabrikaların büyük bölümünde işletme basınçları ise en fazla 7 bar dır. Standart silindirlerin çalışma basınçları ise maksimum 10 bar dır. Robotik uygulamalar için önerilen bu silindirlerin temel özelliği çalışma basınçlarının 7 bar olmasıdır. Bu sayede silindirler çok daha kompakt ve hafif olarak üretilebilmektedirler.

Bu ve benzeri örnekler çoğaltılabilir. Daha önce de belirtildiği gibi doğru ürün seçmek sadece boyutlandırmaktan ibaret değil, bununla beraber robotik uygulamalar için geliştirilmiş uygun ürünler seçmektir.

## 2.2 Robotik Sistemlerde Valflerin Boyutlandırılması ve Uygun Ürün Seçimi

Valflerin boyutlandırılması ve doğru ürünün seçilmesi noktasında silindir seçimine benzer bir metod izlenebilir.

Bunun için 25 çapında 50 mm stroğunda bir kalem silindire 1 Kg yükü yatayda transfer yaptırılm. Yapacağımız uygulamada valfi silindire 1 m mesafeye yerleştirelim. Bu uygulama için çok farklı valfler seçebiliriz. Şekil 8 ve şekil 9 de farklı valfler için simülasyon programından alınmış çıktıları görebilirsiniz. Şekil 7 deki valf robotik uygulamalar için geliştirilmiş dar alanda yüksek debi geçirenliğine sahip olabilecek bir valf. Şekilde 8 deki valf ise genel maksatla kullanılabilen, piyasada yoğunlukla bulabileceğimiz bir valf. Şekillerdeki grafikleri inceleyecek olursa silindir hızlarının birbirleri ile aynı olduğunu performans olarak herhangi bir fark olmadığını görebilirsiniz.



Şekil 8. Robotik uygulama için kompakt valf

Şekil 9. Diğer valf

Bu iki valfi aşağıda şekil 9 daki gibi inceleyecek olursak, ağırlık açısından robotik uygulamalar için seçtiğimiz ürünün ne kadar avantajlı olduğu görülecektir.



**Şekil 9** Valf Kıyaslaması

Ürünü doğru olarak seçtiğimiz zaman %72 'ye yakın hafiflemesi sağlayabiliyoruz.

Bu kısımda anlatmaya çalıştığım temel nokta, valf seçiminde sadece dış görünüşteki boyutu dikkate almamak doğru ürünü, yani hafif ve daha az yer kaplayan ürünü kullandığımız zaman ne kadar avantajlı durumlar yaratabildiğimizdir.

### 3. SONUÇ

Robotların boyutlandırılmasında yaşanan sıkıntıların başında robot üzerinde entegre edilecek ekipmanların ağırlığıdır. Bu çalışmada, hem robot kolları üzerinde entegre edilecek ekipmanlar üzerinde bulunan pnömatik ekipmanların boyutlandırılması hem de yeni trendler hakkında bilgi verilmiştir. Sonuç olarak hafifliğin ve kompaktlığın ön planda bulunduğu robotik uygulamalarda ihtiyacın çok iyi belirlenmesi ve bu ihtiyacı karşılamak için doğru boyutlandırma yapılması ve doğru ürün gruplarından doğru ürünlerin seçilmesi gerekmektedir.

### KAYNAKLAR

- [1] SMC Energy Saving Solutions
- [2] SMC The Pneubook
- [3] SMC J Series Katalogları
- [4] [www.ifr.org](http://www.ifr.org)

### ÖZGEÇMİŞ

#### Halil İbrahim KARAKELLE

1987 Sarıkamış doğumludur.2013 yılında Gaziantep Üniversitesi Makina mühendisliğini bitirmiştir. Üniversite yıllarında, Festo bölge bayii Özeren Dokuma Malzemeleri San. Tic. Ve LTD Şti'de 2,5 yıl kadar teknik destek ve satış mühendisliği görevinde bulunmuştur. 2014 yılında başladığı SMC Turkey Otomasyon A.Ş. de sırasıyla satış mühendisliği ve teknik destek mühendisliği pozisyonlarında çalışmıştır.