



# PNÖMATİK ELEMANLARIN GÜVENİLİRLİĞİ STANDARDININ (ISO 19973) SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI TEST ÜNİTELERİ TASARIMINA ETKİSİ VE SONUÇLARI

Ozan DEVLEN  
Seçkin SEMİZ

## ÖZET

Pnömatik güç iletim sistemleri yaygın olarak kullanılan, kurulum ve işletme maliyeti hidrolik sistemlere göre çok düşük olan devrelerdir. Pnömatik silindirlere ömrünü ve çalışma performansını belirleyen başlıca faktörler metal parçaların ölçüsel toleransları ve yüzey kalitesi, yataklama ve sızdırmazlık elemanı seçimidir. Pnömatik sızdırmazlık elemanlarının mevcut tasarım kontrolleri, ömür testleri ve yeni dizayn ürünlerin performans kıyaslamaları için sızdırmazlık elemanlarının test edilme ihtiyacı oluşmaktadır. ISO19973 standardı ile Pnömatik sızdırmazlık elemanlarının sızdırmazlık performanslarının ve kabul edilebilir sızdırmazlık şartları içerisinde ömürlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pnömatik, Pnömatik silindirler, Sızdırmazlık elemanları, Sızdırmazlık elemanları testleri.

## ABSTRACT

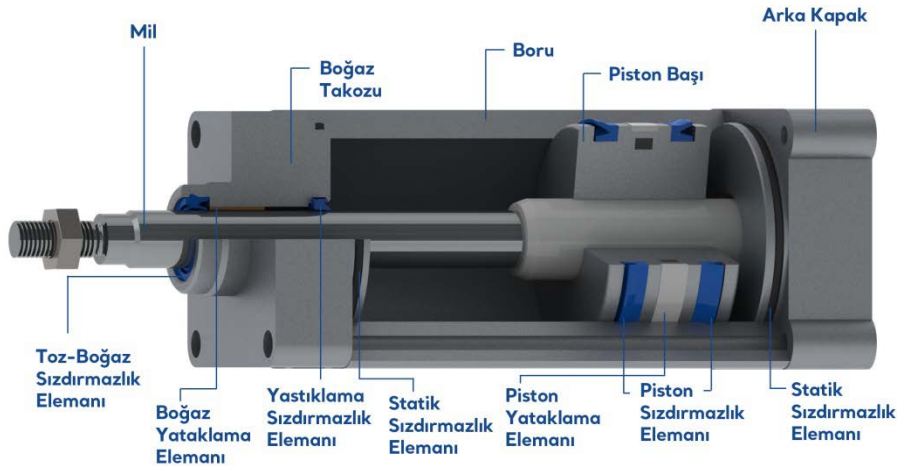
Pneumatic power transmission systems are widely used circuits those have very low cost compared to Hydraulic systems. The main factors determining the life time and operating performance of pneumatic cylinders are the dimensional tolerances and surface qualities of the metal parts, the choice of the guiding and sealing elements. It is necessary to test the sealing elements to control existing designs, compare performances of new designs and get life time of sealing elements. With the ISO19973 standard, it is aimed to determine the sealing performance of pneumatic seals and their life time in acceptable sealing conditions.

**Key Words:** Pneumatic, Pneumatic cylinders, Sealing elements, Sealing elements tests.

## 1. GİRİŞ

Basıncılı hava, insanların çeşitli uygulamalardaki fiziksel gücü arttırmak için kullandığı bilinen eski enerji iletim türüdür. İlk pnömatik uygulama Yunanlılar tarafından basınçlandırılmış hava ile mancınık yapmak için kullanılmıştır. Pnömatik, Yunanca nefes alıp verme anlamına gelen "pneuma" kelimesinden türetilmiştir.

Pnömatik silindirler farklı enerji kaynaklarıyla basınçlandırılan gazları mekanik hareket ve kuvvetlere çeviren sistem elemanlarıdır. Pnömatik silindirlerin ana bileşenleri; silindir borusu, mil, piston başı, boğaz takozu, arka kapak ve sızdırmazlık elemanlarıdır. Resim 1'de standart bir pnömatik silindir ve bileşenleri görülmektedir.



**Şekil 1.** Pnömatik Silindir ve bileşenleri.

Hidrolik veya pnömatik silindirin verimli şekilde çalışabilmesi için tüm parçaların istenilen kalite ve ölçülerde olması, çalışma ortamına göre doğru sızdırmazlık elemanı malzemesi seçimlerinin yapılması ve şartlandırılmış akışkanın kullanılması gerekmektedir. Sanayinin birçok kolunda kullanılan pnömatik silindirler dışarıdan aynı gibi görünse de kullanılan ortama, çalışma hızına ve sıcaklığına göre bir çok çeşidi vardır. Bu değişiklikler silindir mil ve borusundaki malzeme tipi ve kalitesi, sızdırmazlık elemanlarındaki malzeme seçimi olarak özetlenebilir. Silindir üreticileri müşteri taleplerini göz önüne alarak çeşitli hız, sıcaklık ve ortamda çalışabilecek pnömatik silindirleri kullanıcılara sunmaktadır.

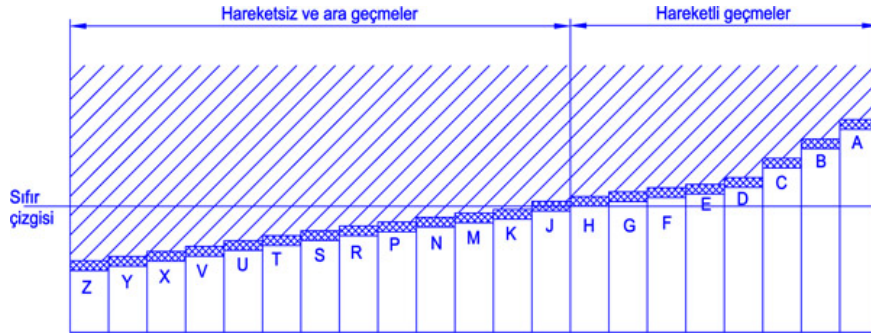
Hidrolik sistemlere göre ilk kurulumu ve işletme maliyeti çok daha cazip olan pnömatik sistemler, günümüzde enerji verimliliğinin daha da önemli hale gelmesiyle kaçakların önlenmesi ve sistem sürtünmelerinin azaltılması popüler çalışma konusu haline gelmiştir. ISO 19973:2015 Pnömatik akışkan gücü - Testlerle bileşen güvenilirliğinin değerlendirilmesi – Bölüm 3 : Silindirler standardı ile pnömatik silindirlerin bileşenlerinin test standartlarına bağlı olarak kontrol edilmesi sağlanmıştır. Bu standart sayesinde pnömatik silindirler belirlenmiş şartlar altında kontrollü olarak test edilerek, numune sayıları ve sonuçları istatistiksel olarak incelenip bir sonuca ulaşılır.

## 2. PNÖMATİK SİLİNDİR PERFORMANSINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

### 2.1 Pnömatik Silindirlerde Kullanılan Borular

Pnömatik silindirlerde piston keçelerinin ve yataklama ürünlerinin çalışma performansını belirleyen en önemli kriterlerden biri boru ölçüleri ve toleranslarıdır. H birim delik toleransının üzerindeki değerler sızdırmazlık elemanı ile boru arasında az sıkma veya boşluk olmasına, H birim delik toleransının altındaki değerler ise sızdırmazlık elemanı ve boru arasında fazla sürtünmeye, ısınmaya hatta piston başı ve boru arasında metal – metal temas oluşmasına yol açabilir. Pnömatik silindirlerde boru ölçüleri için genellikle H11 toleransı kullanılır. Çalışma yüzeyleri talaşlı imalat sonrasında honlanarak istenilen yüzey kalitesine ulaşılır.

Sızdırmazlık elemanı üreticileri belirlenmiş boru toleranslarına göre ürün tasarımları yaptıkları için tolerans aralığı dışında olan borularda kısa veya orta vadede silindir performansında problem oluşacaktır.



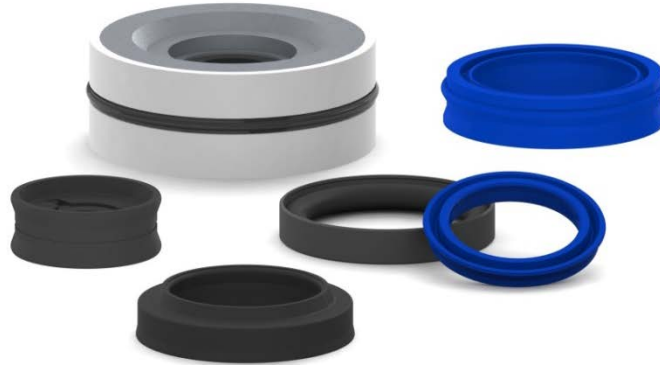
Şekil 2. Ölçüsel toleranslar gösterimi.

## 2.2 Pnömatik Silindirlerde Kullanılan Miller

Pnömatik silindirlerde oluşan kuvvet ve hareketleri silindirden dışarıya aktaran parçalar silindir milleridir. Boğaz sızdırmazlık elemanlarının çalışma yüzeyleri bu millerin yüzeyleri olduğu için yüzey kaplamaları ve pürüzlülük değerleri büyük önem taşımaktadır. Standart silindirler için 25 µm kalınlıkta sert krom yüzey kaplaması ve kullanılacak sızdırmazlık elemanı cinsine göre yüzey pürüzlülüğü değerleri sağlanmalıdır. Pnömatik sızdırmazlık elemanlarının mil üzerinde çalışabileceği maksimum tolerans f9 olarak belirlenmiştir.

## 2.3 Pnömatik Silindirlerde Kullanılan Sızdırmazlık Elemanları

Sızdırmazlık elemanlarının kullanılacağı silindirin çalışma ortamı, sıcaklığı, stroku, kullanılacak akışkanı ve hızına bağlı olarak önce sızdırmazlık elemanı tipi seçimi yapılır. Piston keçeleri için piston başına ihtiyaç duymadan direk piston başı olarak kullanılacak ürünlerin (K25, K55, K57, K58 ve K61) yanında mevcut piston başı üzerinde çalışabilecek birçok ürün çeşidi bulunmaktadır.



Şekil 3. Pnömatik sızdırmazlık elemanları.

Sızdırmazlık elemanı tipinin seçiminden sonra kullanılacak amaca uygun malzeme seçimi yapılır. 1 m/s gibi pnömatik sızdırmazlık elemanları için yüksek sayılabilecek hızlar için PTFE malzeme, yüksek sıcaklıkta çalışacak ürünler için FKM malzeme, standart ortamlar veya farklı sıkıştırılmış gazlara maruz kalacak ortamlarda ise TPU veya NBR malzeme çeşitleri kullanılabilir.

Pnömatik silindirlerin en hayati parçalarından biri sızdırmazlık elemanlarıdır. Yüzey pürüzlülüğü, ölçüsel uygunluk, şartlandırılmış hava gibi uygun çalışma şartları sağlandığı takdirde sızdırmazlık elemanları uzun bir servis ömrü sunacaktır. Ölçüsel toleransların uygulanmadığı, yüzey kaplamalarının ve yüzey pürüzlülük değerlerinin verilen aralıklar dışında olduğu durumlar gibi uygun çalışma ortamı sunulmayan pnömatik silindirlerde kullanılan sızdırmazlık elemanları hedeflenen ömür sürelerini tamamlayamadan deforme olup silindirin ve dolayısıyla da sistemin çalışmamasına yol açabilir. Bu tip durumlarda sızdırmazlık elemanının değiştirilmesinden önce sızdırmazlık elemanının deforme olmasına yol açan sebep bulunup bu durumun önüne geçilmelidir.

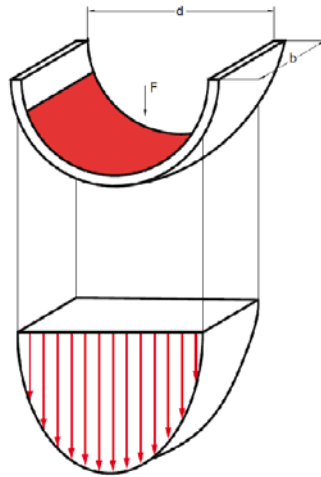


Şekil 4. Çeşitli pnömatik sızdırmazlık elemanları.

## 2.4 Pnömatik Silindirlerde Yataklama Elemanları

Hidrolik ve pnömatik sistemlerin uzun süre sorunsuz çalışmalarında, kullanılan yataklama elemanlarının önemli etkileri bulunmaktadır. Hidrolik ve pnömatik silindirlerde eksene dik gelen kuvvetler, sistem üzerinde bir takım momentler ve kuvvetler yaratacaktır. Sistemde oluşan bu moment ve kuvvetleri karşılayacak, onların olumsuz etkilerini yok edecek yataklama elemanlarına ihtiyaç vardır. Yataklama elemanları, piston başı ile boru veya mil ile boğaz takozu arasında metal yüzeylerin birbirlerine temas ederek zarar görmelerini engellerler.

Yataklama elemanının üzerine gelen radyal yükler hesaplanırken kaçıklıklar, eş merkezlilikten sapmalar, strok, açısal sapmalar, silindir parçalarının elastik deformasyonları (yataklama elemanının ezilmesi, milin bükülmesi, silindirin uzama ve kısalması) ve sistemin maksimum çalışma sıcaklıkları hesaba katılmalıdır. Bu hesaplamalar yapılırken mutlaka emniyet katsayısı (genelde 2 civarı kabul edilir) belirlenmelidir. Uzun stroklu silindirlerde radyal yükler milin bükülme dayanımı ve diğer faktörlerin izin verdiği kadar olması gerekmektedir. Radyal yükler yaklaşık olarak iş kuvvetinin %10'u ile %15'i arasında kabul edilir.

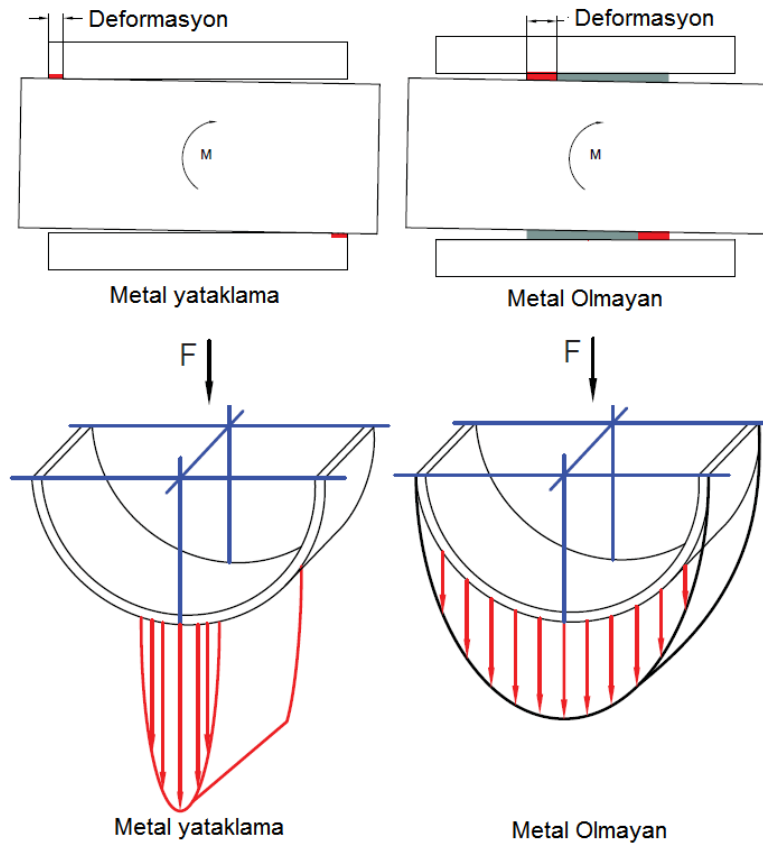


$$b = \frac{F \times f}{d \times P_t}$$

- b = yataklama bandı genişliği (mm)
- F = eksene dik yük (N)
- f = Emniyet faktörü ( f≈2)
- P<sub>t</sub> = izin verilen yüzey temas basıncı (N/ mm<sup>2</sup>)
- d = mil veya pistonun nominal çapı (mm)
- f = emniyet katsayısı

Şekil 5. Silindirlerde yataklama kuvvetlerinin hesaplanması [1].

Günümüz silindirlerinin birçoğunda metal yataklamalar yerine metal olmayan yataklamalar kullanılmaktadır. Metal olmayan yataklamalar çok düşük sürtünme katsayısı, yüksek yük taşıyabilme kapasiteleri, mükemmel yastıklama ve vibrasyonlu sistemlere uyumları, açık kanala montaj kolaylıkları ve hidrodinamik basınç yaratmama özellikleri, talaşlı imalattan gelebilecek aksenal kaçıklıkları giderebilme özellikleri ve uygun fiyatlarıyla yoğun olarak uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Metal olmayan şerit yataklamaların kullanımında kataloglarda verilen (K) boşluklarına mutlaka uyulmalıdır.



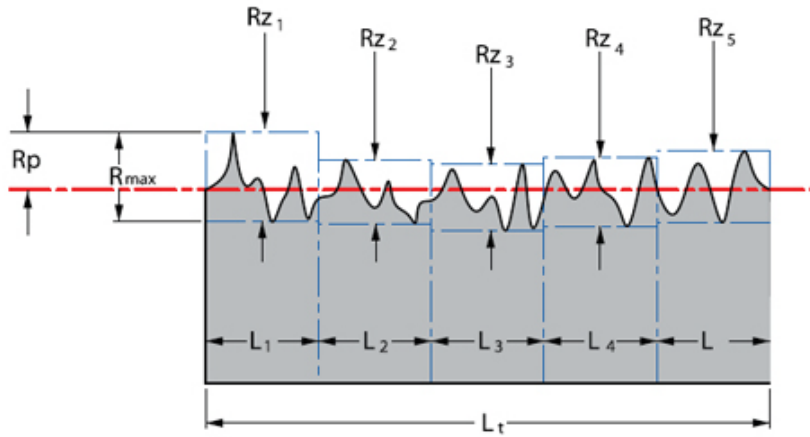
Şekil 6. Silindirlerde yataklamaların basınç dağılımları [1].

## 2.5 Pnömatik Silindirlerde Yüzey Pürüzlülüğünün Önemi

Hidrolik ve pnömatik silindirlerde sızdırmazlık elemanları ile temas halinde bulunan metal yüzeylerin, kullanılan malzemenin cinsine göre sızdırmazlık elemanı üreticisi tarafından belirlenmiş yüzey pürüzlülüğü değerlerini sağlaması gerekmektedir. Yüzey pürüzlülüğün belirlenen aralığın altında veya üzerinde olması sızdırmazlık elemanının çalışma performansını kötü yönde etkilemektedir. Düşük yüzey pürüzlülüğü değeri boru ve sızdırmazlık elemanı arasında yağlama özelliğini kötüleştirip ısınmaya, dolayısıyla da malzemenin ömrünün ksalmasına sebep olacaktır. Yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri de malzeme üzerinde aşındırıcı etki yaratıp kısa süre içerisinde malzemenin aşınmasına yol açacaktır.

Pnömatik silindirlerde sızdırmazlık elemanının ömrünü belirleyen en önemli faktörlerden biri yüzey pürüzlülüğünün maksimum değeri  $R_{max}$ 'tır.

$R_z$  değeri belli bir yüzey uzunluğunda ( $L_t$ ) birbirini takip eden 5 maksimum değer aritmetik ortalaması,  $R_{max}$  bu değerlerin en büyüğü ve  $R_p$  ise eksene göre yüzey pürüzlülüğünün yüksekliğidir.



Şekil 7. Yüzey pürüzlülüğü  $R_z$ ,  $R_p$  ve  $R_{max}$  değerleri gösterimi [1].

$$R_z = \frac{R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}}{5} \quad (1)$$

Sızdırmazlık elemanını kullanırken  $R_{max}$  değerinin sızdırmazlık elemanı üreticisi tarafından verilen değerlerinin üstüne çıkmaması ve  $R_p/R_z$  değerinin 0.5'ten küçük olması gerekir.

### 3. ISO 19973 : 2015 Pnömatik akışkan gücü - Testlerle bileşen güvenilirliğinin değerlendirilmesi – Bölüm 3 : Silindirler

#### 3.1 Genel Prosedürler

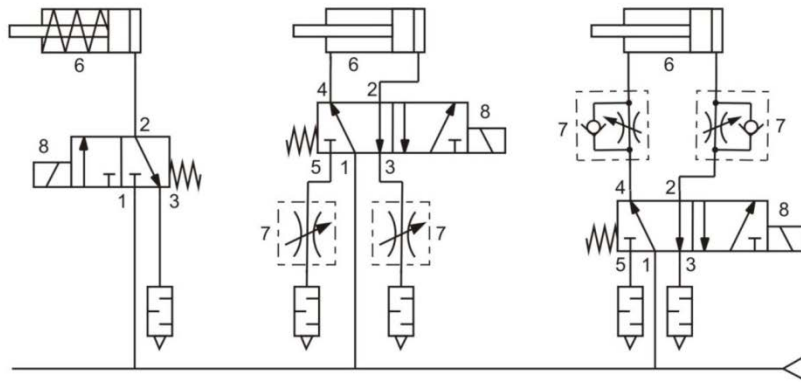
Yürütülen testler boyunca aşağıdaki test şartları sağlanmalıdır;

- 6 bar sabit test basıncı
- 5µm filtrelenmiş hava
- Kurutucu: Maksimum giriş ya da çalışma basıncı çığ noktası +7°C
- Çalışma ortamı sıcaklığı 23°C ±10°C'dir. Test silindirleri gövde sıcaklığı ±20°C kadar değişim gösterirse test frekansı yeniden ayarlanır.
- Test boyunca test üniteleri aralıksız çalıştırılmalıdır.
- Test silindiri yatay olarak pozisyonlandırılmalıdır.
- Yürütülen testlerden elde edilen verilerden tutarlı sonuçlara ulaşabilmek için metot olarak Weibull analizinin kullanılması gerekmektedir.
- Test numunesi rastgele seçilmelidir. Weibull grafiğindeki ilk veri noktası, toplam başarısızlık noktasının %10 altında olması için bir numunenin en az yedi test ünitesine ihtiyacı vardır.
- Aynı tasarım kriterlerine sahip ürün serisi için tüm ürün ölçülerini test etmeye gerek yoktur fakat test programı hız ve yük kaynaklı maksimum gerilme gibi en kritik şartları içermelidir.
- ISO 19973-3 Standardı boyunca kullanılan semboller ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

#### 3.2 Test Koşullarının Detayları

##### 3.2.1. Test Ekipmanları

Test devresi tipik olarak basınç kaynağı, selenoid valfler, akış kontrol valfleri, silindirlere ve kontrol ünitesinden oluşur. Test silindirleri rijit olarak yatay bir pozisyonda titreşimi azaltacak emniyetli bir tabanla sabitlenmelidir.



**Şekil 8.** Test devreleri örnekleri [2].

1-5: Silindir ve valf bağlantı portları  
6: Test Edilen Pnömatik Silindir

7: Ayarlanabilir Akış Kontrol Valfi  
8: Yön Kontrol Valfi

### 3.2.2. Test Silindirinin Stoklarının Belirlenmesi

Test edilecek silindirlerin strok uzunluğu silindir çapına bağlı olarak Tablo 1'e bağlı olarak belirlenir.

**Tablo 1.** ISO19973'e uygun test silindiri stokları. [2].

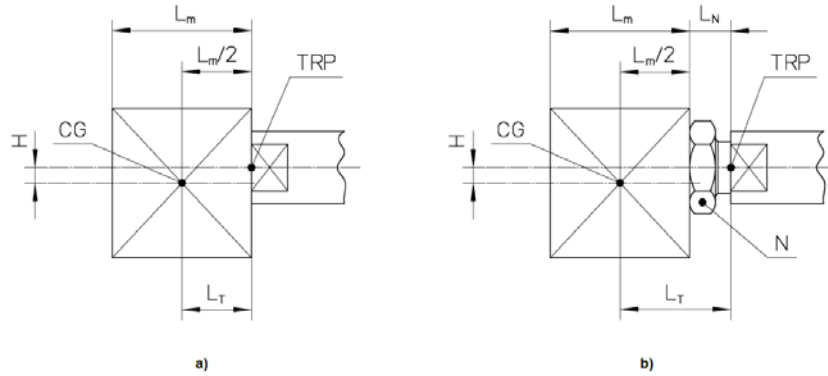
Silindir Boru Çapı (mm)	Silindir Test Stroku				
	Sınıf 1 (ISO 21287)		Sınıf 2 (ISO 6432)		Sınıf 3 (ISO 6430 ya da ISO 15552) çift etkili
	Çift etkili	Tek etkili	Çift etkili	Tek etkili	
8			20	10	-
10	-	-	25		
12			30		
16	20		40	25	
20	25		50		
25	30	10			160
32	40				
40					
50					
63	50	25			250
80					
100					
125					
160					
200	-	-			320
250					
320					

### 3.2.3. Test Silindirinin Yanal Ağırlıklarının Belirlenmesi

Pnömatik silindirlerde ISO 19973 test şartlarıncı tek etkili silindirlere yanal yük uygulanmaz. Tek etkili silindirlerde sonuçlar sadece test edilen stroka bağlı olur.

Çift etkili silindirlerde ise yanal yük şu şekilde monte edilir:

- Yanal yük, piston milinin altına kadar ( teorik referans noktası TRP) dayanıp sıkılır. Bu sabitleme şekli seçilmelidir. (Şekil 8a)
- Yanal yük gövdeleri ve teorik referans noktası arasındaki uzaklık tablo 2'ye uygun olmalıdır.
- Kontra somun gerektiği durumlarda yanal yük, teorik referans noktasından  $LN \pm 1$  mm uzağa monte edilmelidir. (Şekil 8b)
- Yanal yükün ağırlık merkezi, piston mili ekseninden H uzaklığı kadar aşağıya bağlanmalıdır. H değerleri tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 9. Yanal yüklerin konumu [2].

Tablo 2. ISO19973'e uygun yanal yük ağırlıkları [2].

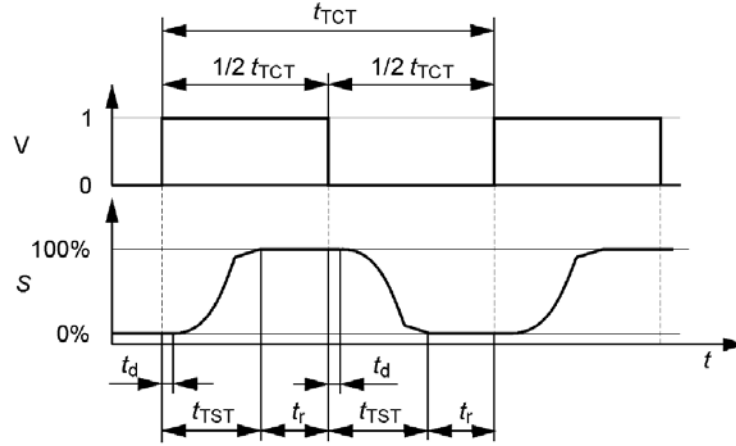
Silindir Boru Çapı	Yanal Yük (kg)			H (mm) $\pm 0,5$ mm	$(L_T)_{min}$ (mm)			
	Sınıf 1 – Hafif (ISO 21287)	Sınıf 2 – Orta (ISO 6432)	Sınıf 3 – Ağır (ISO 6430 ya da ISO 15552)					
8	-	0.03	-	1.5	20			
10		0.05						
12		0.07						
16		0.13						
20	0.2	0.2	-	3	50			
25	0.25	0.3						
32	0.4	-				5		
40	0.6							
50	1							
63	1.5							
80	2.5							
100	3.5							
125	-						-	2
160								3
200			4					
250			6					
320		9						
		12						
	16	-	5					
	20							
	30							
	40							
	50							

### 3.2.4. Test Çalışma Süresi

Silindirlerin test strok zamanları her iki yönde de şekil 10'a uygun olarak seçilmelidir. Test strok süresi ( $t_{TST}$ ), kontrol valfinin test cycle süresinin ( $t_{TCT}$ ) %50'sinden daha küçük olmalıdır. Test kalan zamanı %20 – %0 aralığında olmalıdır. Bu verilerden aşağıdaki denklem çıkar;



$$\frac{1}{2}t_{TCT} = t_{TST} + t_r \quad (2)$$



V – Kontrol valfi sinyali  
 S – Kontrol valfi sinyali  
 t – süre  
 1 – Kontrol valfi sinyali açık  
 0 – Kontrol valfi sinyali kapalı

$t_{TCT}$  – Test cycle süresi  
 $t_{TST}$  – Test strok süresi  
 $t_r$  – Test dinlenme süresi  
 $t_d$  – Gecikme süresi

**Şekil 10.** Test strok zamanı dalga biçimi [2].

Maksimum test frekansı 2 Hz'den küçük olacak şekilde test silindirlere cycle ve strok süreleri ölçülüp strok sonu test dinlenme süresi  $t_r$ , strok süresinin %0 ile %20 oranına ayarlanır. Bu adımlarla test edilecek silindirin çalışma süreleri belirlenmiş olur.

### 3.2.4. Test Prosedürleri

- **İşlevsel Kontrol:** İşlevsel kontrol, pistonun silindirin iki ucuna erdiğinin kontrolüdür. Valfin silindiri doğru çalışacak şekilde kontrol ettiği gözlenir [2].
- **Sızıntı Ölçümü:** Sızıntı oranı silindirin iki ucundaki basınçlı hava portlarında ölçülmelidir. Ölçümler iki basınç seviyesinde yapılmalıdır; 1,5 bar ve 6,3 bar [2].
- **Minimum Çalışma Basıncı Testi (Sadece Çift Etkili Pistonlarda) :** Minimum çalışma basıncını belirlemek için yanal yükler uygulanıp silindire 5 – 10 arası cycle yaptırılır. Basınç, silindir her iki yönde de sorunsuz hareket edinceye kadar artırılır. Bu basınç minimum çalışma basıncı olarak kaydedilir [2].
- **Strok Süre Testi :** Test üniteleri, maksimum strok süresinde strok sonu noktalarına ermelidir [2].

### 3.3. Test Başarısızlık Kriterleri ve Eşik Değerleri

Belirlenen test parametrelerine göre açıklanan üç sebebe bağlı olarak test başarısız olarak değerlendirilir.

#### 3.3.1. Sızıntıya Bağlı Test Başarısızlığı

Sızıntı ölçümleri tablo 3'te verilen değerlerden yüksek olması durumunda sızıntıya bağlı olarak test bitirilir.

**Tablo 3.** Silindirlerin sızıntı oranları için eşik değerleri [2].

Silindir Boru Çapı (mm)	Maksimum Sızıntı Değeri (dm <sup>3</sup> /h)
8	6
10	
12	
16	9
20	
25	
31	18
32	
40	
50	35
63	
80	
100	70
125	
160	
200	140
250	
320	
Not: Değerler silindirin her iki stroku için de geçerlidir.	

### 3.3.2. Minimum Çalışma Basıncına Bağlı Test Başarısızlığı

Minimum çalışma basıncı, tablo 4'te verilen minimum çalışma basıncını aşarsa test başarısız sayılacaktır.

**Tablo 4.** Silindirlerin minimum çalışma basıncı değerleri için eşik değerleri [2].

Silindir Boru Çapı (mm)	Minimum Çalışma Basıncı (bar)
8	3
10	2.6
12	
16	2
20	
25	1.2
32	
40	1.3
50	
63	1
80	
100	0.8
125	
160	
200	0.5
250	
320	
Not: Değerler silindirin her iki stroku için de geçerlidir.	

### 3.3.3. Maksimum Test Strok Süresinin Aşılmasına Bağlı Test Başarısızlığı

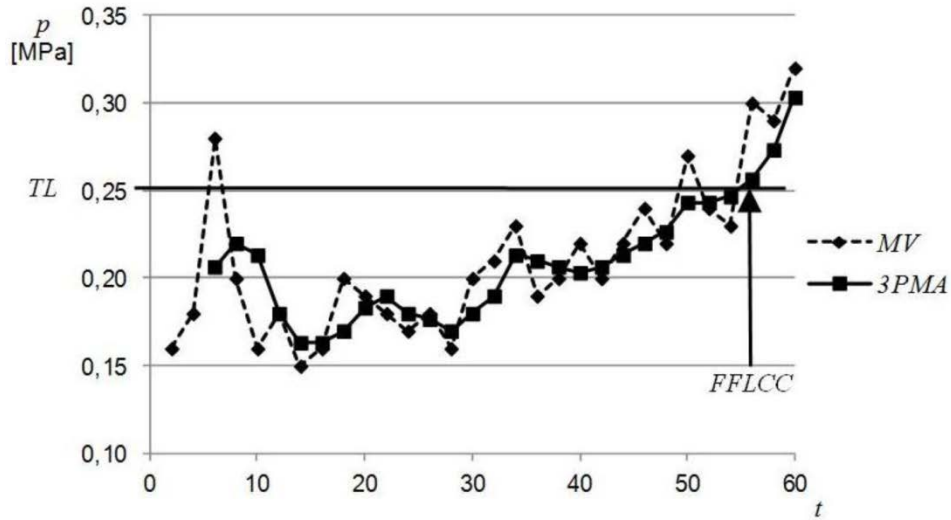
Piston cycle süresinin yarısı kadar sürede strokun bir ucundan diğer ucuna eremezse test başarısız sayılır.

### 3.4. Değerlendirme ve İstatistiksel Analiz

Ölçülen sızıntı ve minimum çalışma basıncı değerleri ayrı ayrı Weibull analizine göre incelenir. Bu analize göre; MV testte ölçülen değer, 3PMA ise ardışık üç ölçümün aritmetik ortalamasıdır.

$$3PMA_i = \frac{MV_i + MV_{i+1} + MV_{i+2}}{3} \quad \text{Formül 3. 3PMA formülü [2].}$$

Bu değerler grafiğe döküldüğünde aşağıda örneklendirilmesi yapılan grafik elde edilir.



Şekil 11. Weibull analizi değerlendirilmesi [2].

3PMA eğrisinin, eşik değeri doğrusu ile kesiştiği nokta ilk hata cycle sayısını verir. Bu noktada test bitirilir ve o numune başarısız sayılır. Test serisi, tablo 5'e göre incelenip testi tamamlanan numune sayısı maksimum hata sayısının geçildiği noktada test edilen numunelerin istatistiksel ömrü hakkında bilgi elde edilmiş olunur. Bu değer B<sub>10</sub> (Ürün grubunun %10'unun başarısız olacağını öngörülmesi zaman) kısaltması ile ifade edilir. B<sub>10</sub> değeri ISO 19973 :3 'e göre istatistiksel incelemelerle hesaplanabilir.

Tablo 5. Testlerin kesilmesi için minimum hata sayısı [2].

Numune Sayısı	7	8	9	10	>10
Minimum Hata Sayısı	5	6	7	7	Numune sayısının %70'i

Testi yukarıda belirlenmiş sebeplerden herhangi biriyle kesilmiş silindirler ve bu silindirlerin çalışma değerleri test silindirinin ortalama minimum çalışma ömrü hakkında bilgi verecektir.

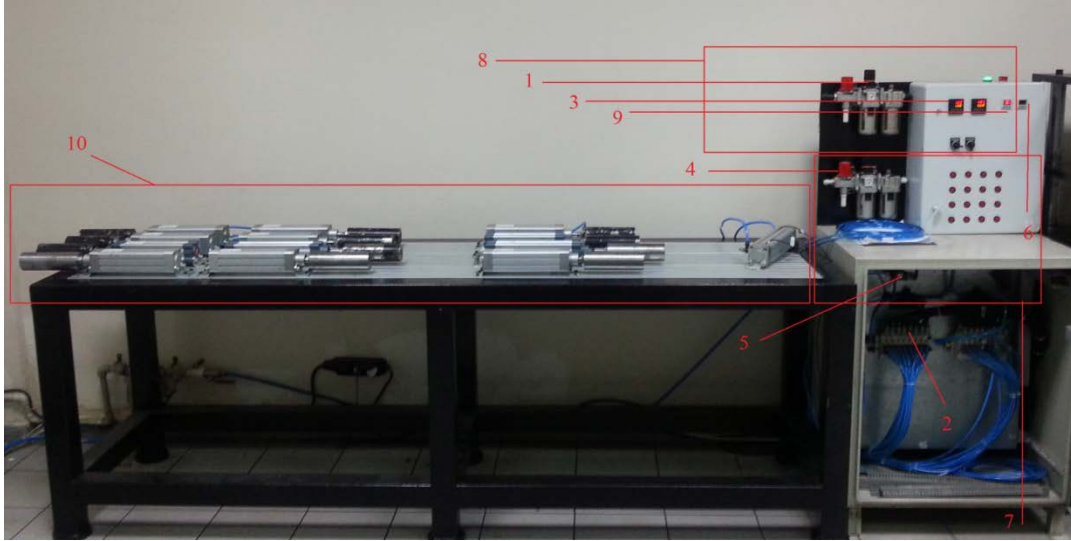
### 4. PNÖMATİK TEST CİHAZI İLE SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI TESTİ

Pnömatik sızdırmazlık elemanlarının ömür testleri, mevcut tasarım iyileştirmeleri ve yeni ürün tasarımı kontrolleri için TR012015 kodlu test cihazı kullanılmaktadır. Test cihazı tasarımı ISO 19973'e uygun şekilde, testin ölçüm ihtiyaçlarını karşılayabilecek donanımlara sahip şekilde yapılmıştır. Bu test cihazıyla pnömatik silindirler üzerinde iç kaçak ve minimum harekete geçiş basınçları ölçülebilmektedir.

#### 4.1. Test Cihazı Donanımı

ISO 19973 standardının tüm gereksinimlerini karşılayabilecek test düzeneği aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

1. Pnömatik Şartlandırıcı
2. Pnömatik Valf adası
3. Cycle Sayıcı
4. Pnömatik Şartlandırıcı
5. Non-Leak Pnömatik Kilitleme Valfi
6. Dijital Basınç Transmitteri
7. Sızıntı ve Min. Basınç Ölçüm Grubu
8. Ömür Testi Grubu
9. Dijital Basınç Transmitteri
10. Test Silindirleri



Şekil 12. TR012015 Pnömatik Sızdırmazlık Elemanı Test Cihazı.

Test cihazı üzerinde kullanılan tüm donanımlar hassas ölçüm yapabilecek nitelikte seçilmiştir. İç kaçak ve minimum hareket basıncı testleri yapılmadan önce sistemde bir kaçak olup olmadığı ölçüm hortumlarının uçları körlenerek maksimum ölçüm uzunluğunu aşan süre boyunca yapılmaktadır. Bu süre içerisinde 0.01 bar olan ölçüm hassasiyetinde bir kaçak gözlemlenirse, teste başlamadan sistem üzerindeki bu iç kaçak giderilmektedir. Test süresince yapılan cycle değeri ve test strok süreleri dijital ekipmanlarla takip edilmektedir.

#### 4.2. Test Prosedürü

Pnömatik sızdırmazlık elemanları testi için 50 mm çaplı ISO silindirler kullanılmaktadır. Bu standarda göre her bir test silindirinin ucuna 4'er kg'lık eksenlerinden 3'er mm kaçık şekilde kılavuz açılmış ağırlıklar kullanılmaktadır. Rijit bir gövde üzerine sabitlenen test silindirleri teste başlamadan önce görsel ve ölçüsel olarak kontrol edilir. Test edilecek numunelerin tüm ölçüsel değerleri kayıt altına alınıp test silindirlerinin montajı yapılır. Her bir silindir üzerinde teste başlamadan önce, 4.3 ve 4.4. maddelerinde detaylandırıldığı gibi iç kaçak ve minimum harekete geçiş basıncı testleri yürütülüp ölçülen değerler kayıt altına alınır. Bu noktadan sonra silindirler teste başlatılır. Her 500.000 cycle periyodunda test duraklatılıp bu testler gerçekleştirilir ve ölçülen değerler ofis programları üzerinde grafikler haline getirilir.

#### 4.3. İç Kaçak Testi

İç kaçak testi yapılacak olan silindir silindirinin ilgili portuna test kaçak hortumu bağlanıp test basıncı 6.00 bar'a sabitlenir. Özel sızdırmaz valfi ile test basıncı, silindir test hacmi ile dijital basınç transmitteri arasına kilitlenir. Belirli bir süre içerisindeki basınç düşüşü izlenir ve gaz denklemlerinden yararlanılarak birim zamanda oluşan kaçak miktarı hesaplanır.



#### 4.4. Minimum Harekete Geçiş Basıncı Testi

Testi yapılacak olan silindir portuna minimum harekete geçiş testi yapılan hortum bağlanır. Havanın basıncı, silindir portu, şartlandırıcı ve dijital basınç transmiyeri arasında kademe kademe arttırılır. Silindirin kesintisiz harekete geçtiği ve strok sonuna kadar ilerleyebildiği basınç minimum harekete geçiş basıncı olarak kayıt altına alınır. Bu test silindirin her iki portu için de yapılır.

#### 5. SONUÇ

ISO19973:3 standardına uygun dizaynı ve üretimi yapılmış olan TR012015 pnömatik test cihazı ile pnömatik silindir ve sızdırmazlık elemanları testleri yürütülmektedir. Yürütülen testlerde amaç, sızdırmazlık elemanlarının performanslarını kontrol etmek, yeni ürün geliştirmelerinin teyidini yapmak ve sızdırmazlık elemanlarının ömürlerini etkileyen kriterleri belirlemektir. Ömür testleri birkaç yıl süren, periyodik olarak kontrol ve ölçümler gerektiren uzun testlerdir.

Yüzey pürüzlülüğü, ölçüsel toleranslar, yataklama kalitesi ve ömrü gibi değişkenler sızdırmazlık elemanının performansına direk etki yaratmaktadır. Uygun malzeme ve ölçülerde olmayan yataklama elemanları, doğru ölçülerde işlenmemiş metal parçalar ve uygun olmayan çalışma koşulları altında sızdırmazlık elemanlarından uzun bir çalışma performansı beklemek uygun olmayacaktır. Kastaş tarafından yürütülen, ISO19973:3'e uygun koşullar altında gerçekleştirilmekte olan testlerde, pnömatik sızdırmazlık elemanları performansını belirleyen ilk etmenin yataklama elemanları olduğu, yataklama elemanlarının aşınmasını takiben sızdırmazlık elemanları ve metal yüzeylerin de aşındığı gözlemlenmiştir. İlgili standarda uygun olarak gerçekleştirilen testlerde sızdırmazlık elemanları performanslarını değerlendirmek amaçlandığında ise silindirler üzerinde yataklama elemanlarının periyodik olarak değiştirilmesine karar verilmiş ve testler bu şekilde yürütülmüştür. Yataklama elemanı haricinde oluşabilecek diğer değişkenliklerin önüne geçebilmek için ise aynı test ürünleri farklı marka pnömatik silindirler üzerinde de test edilmektedir. Böylece, ISO 19973:3 standardına göre yürütülen testlerde sızdırmazlık elemanları haricindeki değişkenler sınırlandırılmış ve sızdırmazlık elemanlarının silindirler üzerindeki performans etkileri ortaya koyulmuştur.

ISO 19973:3 standardının oluşmasında ve revizyonlarında Ozan Devlen, ISO TC 131 teknik komitesi altında yapılan çalışmalarda aktif olarak yer almaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] KASTAŞ SIZDIRMAZLIK TEKNOLOJİLERİ, "Teknik Katalog", 2009.
- [2] ISO/PWI 19973-3:2015 – ISO/TC 131 N 470

#### ÖZGEÇMİŞ

##### Ozan DEVLEN

1982 yılı İzmir doğumlu Ozan Devlen lise öğrenimi İzmir Özel Türk Koleji'nde tamamlamıştır. 2005 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Çeşitli firmalarda çalıştıktan sonra, 2008 yılında Ingolstadt University of Applied Sciences'tan Otomotiv Mühendisliği Yüksek Lisans (M.Eng.) derecesini almıştır. Almanya'da ITD ve IAF enstitülerinde çeşitli projelerde çalıştıktan sonra Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de görev almıştır.

Ozan Devlen, 2009 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de çalışmakta ve Ar-Ge Müdürü olarak görev yapmaktadır.

##### Seçkin SEMİZ

1989 yılı İzmir doğumludur. 2012 yılında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2012 yılından itibaren Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de Ar-Ge mühendisi olarak çalışmaya başlamış ve 2017 yılında İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünden Yüksek Lisans derecesini almıştır. Seçkin Semiz, 2017 yılından beri Kastaş Sızdırmazlık Teknolojileri A.Ş.'de Ar-Ge Yöneticisi görevini yürütmektedir.