

PNÖMATİK DÖNER İS ELEMANLARININ SEÇİM KRİTERLERİ

Gökselel ERTUGRUL

ÖZET

Döner is elemanlarının farklı tipleri kullanış amacına, kurulacak sisteme ve dönüş hızına göre modellenmiş olup; lineer silindir veya tutucu ile birleştirilmiş döner is elemanları mevcuttur. Pnömatikte kullanılan döner is elemanlarının seçimi; sadece döndürülecek is parçasının statik momenti ile sınırlı olmayıp dönüş hızı, dinamik moment, sönümlenme dayanımı, yataklama kontrolü ve direnç kuvvetleri de göz önüne alınarak yapılmalıdır.

GİRİS

Pnömatikte kullanılan döner is elemanları basınçlı hava enerjisinin döndürme mekanik enerjisine çevrildiği ekipmanlardır. Temel olarak iki farklı tipi mevcuttur:

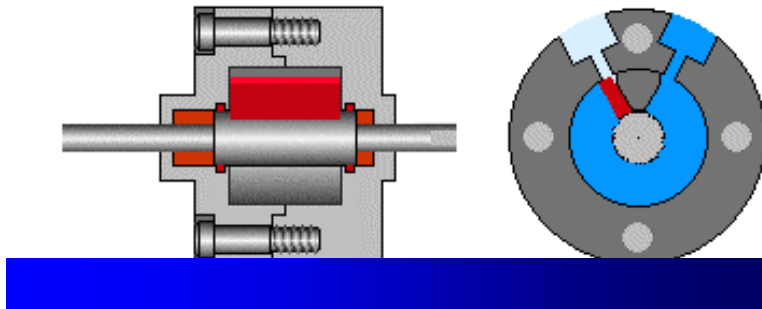
1-Kanatlı Döner Is Elemanları:Kanat veya kanatlara sabitlenmiş milin döndürülmesiyle çalışır.

Bu tipteki döner is elemanları düşük döndürme momentlerini gerektiren, hız ayarının çok önemli olmadığı, özel uygulamalar dışında 280° ye kadar dönüş açıları elde edilebilmesi, kompakt ve basit tasarım ve boşluksuz çalışmanın gerektiği basit döndürme işlerinde kullanılır. Çalışma prensibinden dolayı harici sok emici yerleştirilebilir.

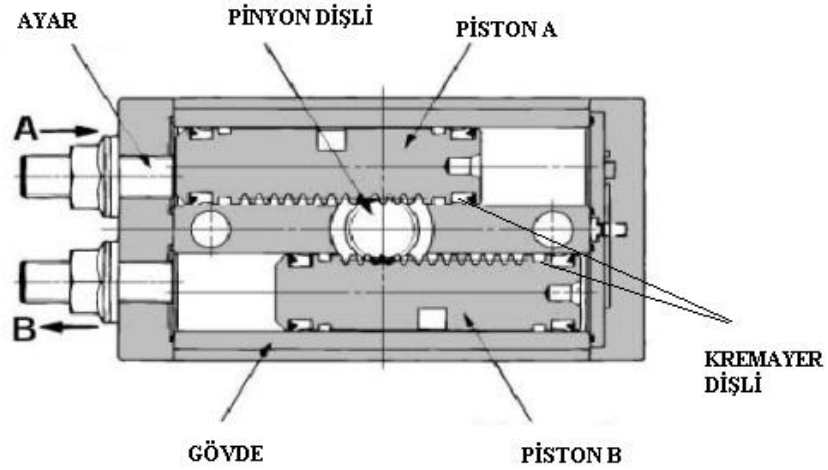
Ancak yüksek sürtünme kuvvetlerinden dolayı düşük hızlarda çalışmama ve minimum bir çalışma basıncının olması handikaplarıdır (Şekil 1).

2-Kremayerli Döner Is Elemanları:Dogrusal hareketin bir pinyon dişli kremayer mekanizması ile döndürme hareketine çevrilmesiyle çalışır.

Bu tipteki döner is elemanları ise döndürme momentinin ve sönümlenme dayanımının daha büyük olduğu ve hız ayarının önemli olduğu yerlerde kullanılır. Ürüne monte edilebilen sok emicilerle kompakt bir yapı elde edilebilir (Şekil 2).



Şekil 1. Kanatlı Tip Döner Is Elemanı

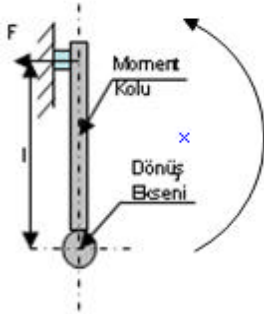
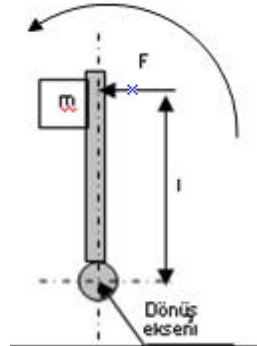
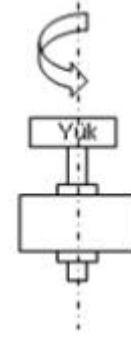
**Sekil 2.** Kremayerli Döner Is Elemanı

Döner Is Elemanlarının Seçim Kriterleri

1. Döner Is Elemanının Momentinin Belirlenmesi:

i. Statik Moment:Yükün dengeli durumda tutulabilmesi için gereken kuvvetin statik moment degerini saglamasi gerekir (Sekil 3).

F:Baski Kuvveti (N)
l: Moment Kolu (m)
 $T_s = F \times l$ (Nm)

**Sekil 3.** Statik Moment**Sekil 4.** Direnç Momenti**Sekil 5.** Atalet Momenti

ii. Direnç Momenti:Çizgisel kuvvetle döndürülen yük ağırlığından dolayı sürtünme kuvvetlerine veya yerçekimi ivmesine karşı koymak zorundadır. İstenilen hız ayarının yapılabilmesi için direnç momentinin 3-5 katı seçilmelidir. Bu tip uygulamalarda moment kolunun atalet momenti de eklenerek döner is elemanının seçimi yapılmalıdır (Sekil 4).

μ :Sürtünme Katsayısı;m:Kütle;g:Yerçekim ivmesi=9,8 m/sn²

$F_s = \mu \times m \times g$ Sürtünme Kuvveti (N)
 $T_f = F_s \times l$ Sürtünme Momenti(Nm)

iii. Atalet Momenti:Döndürülen her yük noktasal olmadığı için ve bir açısal hızı olduğundan bir atalet momenti yaratır. Dinamik momentin hesaplanmasında direnç kuvvetlerine ek olarak atalet kuvvetlerinin de ilave edilmesi gerekir. Yine istenilen hız ayarının yapılabilmesi için döner is elemanı momentinin atalet momentinin en az 10 katı seçilmelidir (Sekil 5).



? : Açısal ivme (radyan/sn²); ? : Dönüş açısı (radyan); t : Dönüş süresi (sn); I : Atalet momenti (kgm²)

$$\omega = 2\pi/t^2$$

Ta : I ω (Nm) Atalet momenti

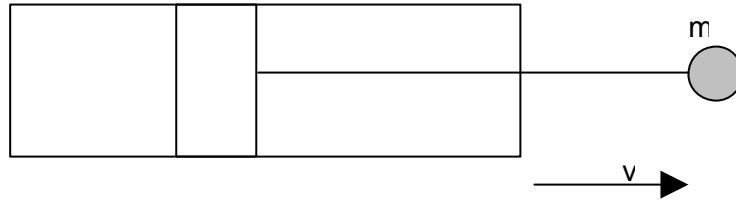
Statik ve dinamik momentleri hesap ettikten sonra çalışılacak hava basınç değerine göre döner is elemanı ön seçimi yapılır. Bundan sonraki adım sönümlenme dayanımı olmalıdır.

2. Sönümlenme Dayanımının Belirlenmesi: Döner is elemanı ve sistem bir kinetik enerjiye sahiptir. Söyle ki:

Lineer çalışan silindirlere (Sekil 6):

m : Kütle (kg); v : Lineer hız (m/sn)

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \text{ (Kinetik Enerji-Joule)}$$



Sekil 6. Lineer Silindir

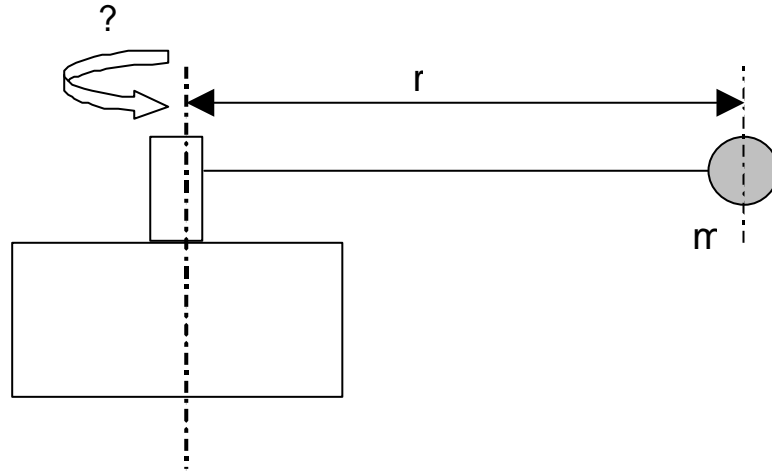
Döner is elemanlarında ise (Sekil 8):

m : Kütle (kg); r : Kütle nin dönüş eksenine uzaklığı (m); ? : Açısal ivme (radyan/sn²)

$$I = mr^2 \text{ (Atalet momenti-kgm}^2\text{)}$$

$$E = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mr^2\omega^2 \text{ (Kinetik Enerji-Joule)}$$

Pratikte atalet momenti hesaplanırken yükün dönüş eksenine göre atalet momentinin de eklenmesi gerekir.



Sekil 7. Döner is elemanı

Yukarıdaki Sekil 6 ve 7'den ve verilen eşitliklerden anlaşılacağı üzere lineer silindirlere kinetik enerji sadece kütle ve hızın karesine bağlı olarak değişmektedir. Oysa döner is elemanlarında kütle ve açısal hızın karesi yani sıra döndürülen parçanın dönüş eksenine olan uzaklığının karesiyle de artmaktadır. Burada kütle ne kadar ufak olursa olsun dönüş uzaklığının mesafesi doğrudan sönümlenme dayanımına etkimektedir.

Bunun için üreticilerin kataloglarında sönümlenme enerjilerinin de dikkatle incelenmesi ve kurulacak sisteme uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Döner is elemanlarında; lineer silindirlere olduğu gibi yastıklama üniteleri ve sok emiciler kullanılır. Bunlar:

- Elastomer Yastıklama: Dönüş hareketinin başlangıç ve bitişine (strok sonlarına) elastik bir parça yerleştirilerek yastıklama yapılabilir.
- Hava ile Yastıklama: Aynen lineer silindirlere olduğu gibi strok sonlarına ulaşmadan hemen evvel egzoz havası kısılarak direnç kuvveti yaratılır ve kinetik enerji sönümlenir.
- Dahili Sok Emiciler: Döner is elemanına yerleştirilen sok emiciler strok sonuna varmadan evvel sönümlenme yaparak dayanımın artırılması için kullanılır.
- Dahili Durdurucular: Döner is elemanına yerleştirilmiş olan durdurucu ekipmanlar özellikle hava yastığı bulunmayan veya sok emici olmayan modellerde döner is elemanının milini korumak amaçlı olarak kullanılır.

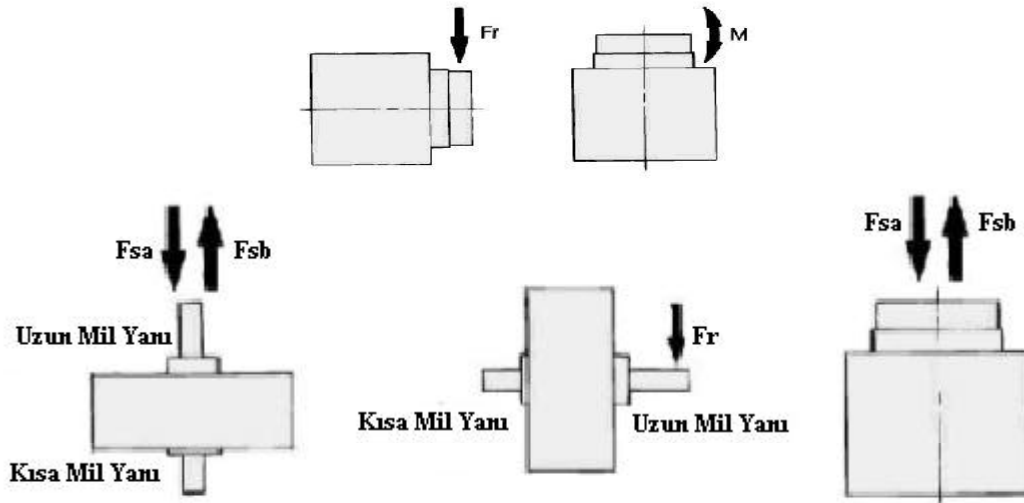
3. Yataklama Kontrolü: Döner is elemanının montaj şekli ve yükün etkiye tipine göre aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi farklı eksenel ve radyal kuvvetler ve moment etkiyebilir.

Şekil 8'de etkiyen kuvvetler ve momentler:

Fr: Radyal kuvvet

M: Döndürme momenti

Fsa, Fsb: Eksenel kuvvetler



Şekil 8. Döner Is Elemanlarına Etkiyen Kuvvet Şekilleri

Yukarıdaki şekilden anlaşılacağı üzere kurulacak sistemde etkiyebilecek kuvvetler yataklama dayanımını direkt olarak etkilemektedir. Döndürme momentini sağlamış olsa dahi yataklama dayanımının üzerinde bir yüke veya momente maruz döner is elemanı ya hemen ya da kısa bir süre sonra kullanılamaz hale gelecektir.

ÖRNEK: Şekil 10 da görülen bir sistem tasarladığımız düşünelim. Bu sistemde döner is elemanın mil eksenine dik düzlemde çalışan bir kolun ucuna yerleştirilmiş mil eksenine paralel çalışan bir pnömatik silindir ve bunun ucuna monte edilmiş bulunan bir tutucu mekanizmanın silindirik parçaları bir konveyör banttandır diğerine aktardığını düşünelim.

m1:100gr. ;m2:1200 gr. ;m3:160 gr. ;m4:200 gr.

L:30 cm. ;d1:45 cm. ;d2:5cm. ;a:4 cm. ;b:10 cm.

μ :0.05 (Konveyör bant ile parça arasında);90° yi 2 sn'de dönmesi istensin.

Döner is elemanının herhangi bir sikistirma etkisi yapmadığı göz önüne alınırsa statik moment kontrolü yapmamıza gerek yoktur.

Dinamik momentleri kontrol etmemiz gerekir. Burada sistemin atalet momentini hesap etmemiz ve parça kaldırılırken oluşan sürtünme kuvvetlerini de incelememiz gerekir. İlk önce sistemin atalet momentlerini hesap edelim.

Sekilden de görüleceği üzere dönen parçalar (Döner is elemanının ataleti ihmal edilmistir) dört kismidan olumustur. Bu dört kismın atalet momentlerini sirasiyla I1, I2, I3, I4 olarak tanımlarsak

I1: Moment kolunun dönüs eksenine göre atalet momentı

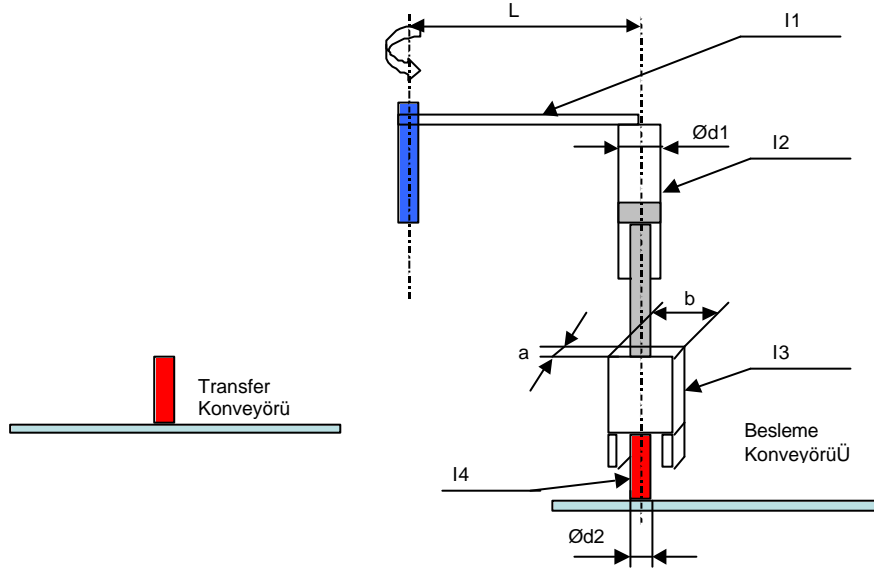
I2: Lineer silindirin dönüs eksenine göre atalet momentı

I3: Tutucunun dönüs eksenine göre atalet momentı

I4: Tasinan parçanın dönüs eksenine göre atalet momentı

Toplam atalet momentı hepsinin toplamından olumaktadır. Yani:

$$I = I1 + I2 + I3 + I4$$



Sekil 9. Örnek Düzenek

Atalet momentı formullerini kullanarak:

$$I1 = m1L^2 = 1 \times 0,3^2 = 0,003 \text{ kg. m}^2$$

$$I2 = m2 d1^2 + m2L^2 = 1,2 \times 0,45^2 + 1,2 \times 0,3^2 = 0,048 \text{ kg. m}^2$$

$$I3 = m3(a^2 + b^2)/12 + m3L^2 = 0,16 \times (0,04^2 + 0,10^2)/12 + 0,16 \times 0,3^2 = 0,014 \text{ kg. m}^2$$

$$I4 = m4 d2^2 + m4L^2 = 0,2 \times 0,05^2 + 0,2 \times 0,3^2 = 0,018 \text{ kg. m}^2$$

$$I = 0,003 + 0,048 + 0,014 + 0,018$$

$$I = 0,083 \text{ kg. m}^2$$

$$\alpha = 2\pi/t^2 = 2\pi(0,785)^2 = 0,785 \text{ rad/sn}^2$$

$$T_a = I \alpha = 0,083 \times 0,785 = 0,065 \text{ Nm.}$$

Döner is elemanının çıkis momentı en az 10 kati seçilmelidir: $10 \times 0,065 = 0,65 \text{ Nm}$ olmalıdır.

Simdi ise sürtünme kuvvetlerinden dolayi olusan Tf momentini hesaplayalım.

$$F_s = \mu mg = 0,05 \times 0,2 \times 9,8 = 0,098 \text{ N}$$

$$T_f = F_s L = 0,098 \times 0,3 = 0,029 \text{ Nm}$$

Döner is elemanının çıkis momentı en az 3 kati seçilmelidir: $3 \times 0,029 = 0,087 \text{ Nm}$ olmalıdır.

$$T = T_a + T_f = 0,65 + 0,087 = 0,737 \text{ Nm}$$



Artık toplam momenti sağlayacak döner is elemanını seçip sönümlenme dayanımını ve yataklama kontrolünü yapmamız gerekir.

Tablo 1. Efektif Moment Tablosu

BOYUT	PALET TİPİ	ÇALIŞMA BASINCI (MPa)										
		0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
10	TEK	—	—	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	—	—	—
	ÇİFT	—	—	0.07	0.13	0.19	0.25	0.31	0.37	—	—	—
15	TEK	—	0.06	0.10	0.17	0.24	0.32	0.39	0.46	—	—	—
	ÇİFT	—	0.13	0.20	0.34	0.48	0.65	0.79	0.93	—	—	—
20	TEK	—	0.16	0.23	0.39	0.54	0.70	0.84	0.99	—	—	—
	ÇİFT	—	0.33	0.47	0.81	1.13	1.45	1.76	2.06	—	—	—
30	TEK	—	0.44	0.62	1.04	1.39	1.83	2.19	2.58	3.03	3.40	3.73
	ÇİFT	—	0.90	1.26	2.10	2.80	3.70	4.40	5.20	6.09	6.83	7.49
50	TEK	—	1.20	1.86	3.14	4.46	5.69	6.92	8.14	9.50	10.7	11.9
	ÇİFT	—	2.70	4.02	6.60	9.21	11.8	14.3	16.7	19.4	21.8	24.2
80	TEK	—	4.26	6.18	10.4	14.2	18.0	21.9	25.7	30.0	33.8	37.6
	ÇİFT	—	8.70	12.6	21.1	28.8	36.5	44.2	51.8	60.4	68.0	75.6
100	TEK	—	8.60	12.2	20.6	28.3	35.9	43.6	51.2	59.7	67.3	75
	ÇİFT	—	17.90	25.2	42.0	57.3	72.6	87.9	103	120	135	150

Burada çalışma basıncimizi 0, 5 Mpa olarak belirlersek bize 20 büyüklüğünde çift kanatlı bir döner is elemanı sistemimiz için yeterli olacaktır görülmüştür.

Şimdi de oluşan kinetik enerjiyi hesap edelim.

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \times 0,083 \times 0,785^2 = 0,025 \text{ Joule}$$

Aşağıdaki tabloyu kullanarak sistemin ürettiği kinetik enerjinin ancak % 60'ını sönümleyebileceğimiz ortaya çıkıyor. Bu durumda ya harici sok emici kullanacağız ya da 50 büyüklüğünde bir döner is elemanı kullanmak zorundayız.

Tablo 2. Sönümlenme Dayanımı Tablosu

ÇAP	AÇI	ÖZELLİK	max. kin. en. (J)	hız (s/90°)
10/15/20/30	90/180/270°	Flans opsiyonu	0,015	0,03-0,3
10/15/20/30	90/180/270°	0°-240° arası açısı ayarı	0,015	0,03-0,3
50/80/100	90/180/270°	2 farklı montaj ve hava bağl.	0,6	0,1-1
10/15/20/30	90/180/270°	3 farklı montaj	0,015	0,03-0,3
10/15/20/30	90/180/270°	0°-240° arası açısı ayarı	0,015	0,03-0,3
30/50/63/80/100	90/180°	±3° açısı ayarı, hava yastığı, d. zamanı	0,54 - 2,9*(-C)	0,2-5
50/63/80/100	90/180°	akuple valf	0,54 - 2,9*(-C)	0,2-5
10/15/20/30/40	90/180°	kompakt, ±5° açısı ayarı	0,0025-0,40*(-C)	0,2-1
32/40	90/180°	liner+döner hareket, ±10° açısı ayarı	0,023-0,028	0,2-1
10/20/30/50/70/100/200	0-190°	sok emici, flanslı gövde, 0-190° açısı ayarı	0,007-2,9*(sh. abs.)	0,2-1
10/15/20/30	90/180°	Flans opsiyonu, gripper bağl. için ideal	0,3-2,9	0,2-1

**Tablo 3.** Yataklama dayanımı tablosu

BOYUT	YATAKLAMA DAYANIMI		
	Fsa	Fsb	Fr
10	9.8	9.8	14.7
15	9.8	9.8	14.7
20	19.6	19.6	24.5
30	24.5	24.5	29.4
50	196	196	245
80	490	490	490
100	539	539	588
10	9.8	9.8	14.7
15	9.8	9.8	14.7
20	19.6	19.6	24.5
30	24.5	24.5	29.4

Son olarak da baskı yönünde etkiyen kuvvetleri hesap edelim

$F_{sb}=(m_1+m_2+m_3+m_4)g=(0, 1+1, 2+0, 16+0, 2) \times 9, 8=16, 268 \text{ N}$ olarak bulunacaktır.

Tablo 3'deki tablodan 50 büyüklüğündeki döner is elemanının yataklama dayanımının yeterli olduğu görülür.

SONUÇ

Bu çalışmada pnömatikte kullanılan döner is elemanlarının seçim kriterlerinin ne olduğu konusunda ve örnek bir düzenele optimum seçimin nasıl yapılacağı konusunda durulmuştur.

Sadece statik moment hesabına göre döner is elemanının seçilemeyeceği; dinamik momentler, direnç kuvvetleri, enerji sönümlenmesi ve yataklama dayanımına göre de kontrol yapılması gerektiği örnekte olduğu gibi ortaya çıkmıştır. Bu hem optimum seçimin yapılması açısından hem de enerji tasarrufu açısından kazanç sağlayacağından yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BEST PNEUMATICS, SMC, 2000
- [2] PNÖMATİK TEKNOLOJİSİ EĞİTİM KİTABI, A. R. BAUMANN, V. T. LANCASTER

ÖZGEÇMİŞ

Göksele ERTUGRUL

1966 yılında İzmir'de doğdu. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği'nden 1988 yılında mezun oldu. Off-road inşaat makineleri, çelik sanayi, otomotiv sanayi alanında özel firmalarda çalıştı. 1998 yılından beri de akışkan gücü ve algılama sistemleri alanında firma sahibi olarak çalışmaktadır.