

İşletmelerde Verimsiz Pnömatik Sistemler/Hatlar ve Maliyetlere Etkisi

Hakan Eminçe

hakan_emince@festo.com

Festo Didaktik

Endüstriyel Akademi

ÖZET

Günümüzde firmalar rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilmek ve geleceğe daha güvenle bakabilmek için üretimlerindeki yapılabilecek tasarrufları araştırmaktadırlar. Dünyada basınçlı hava kullanan firmaların gereksiz kayıplardan kaynaklı yaklaşık olarak %30 luk bir enerji verimsizliği içinde olduğu varsayılmaktadır..

Bu çalışmada; pnömatikte enerji kayıpları, kaynaklandıkları yerler ve yapılabilecek tasarrufların bir kısmına değinilecektir. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında verimsiz pnömatik sistemlerdeki kayıplar ve yaklaşık maliyetleri ortaya konulacaktır. Bu çalışmayla tasarım ve bakım onarım personelin/yöneticilerin bilgilenmesi sağlanacak ve daha verimli üretim tesisleri ile çalışma adına enerji verimliliğine dikkat çekilecektir.

Unutulmamalıdır ki işyerlerinde bu çalışmaları yapacak olan insanlardır. Bu çalışmanın en önemli kısmı sadece makinelere, fabrikalara değil aynı zamanda insana yatırım yapılması gerekliliğinin anlaşılmasıdır.

Daha verimli basınçlı hava kullanımının sürekliliği için üst yönetimden makine operatörlerine kadar tüm çalışanların aynı bilinçte olması ve aynı doğrultuda bakması gerekmektedir. Çalışanların bilgi, beceri ve yetkinlikleri gerekli seviyeye yükseltilmelidir.

Anahtar Kelimeler : Pnömatikte Enerji Verimliliği, Maliyetlere Etkisi

1.Basınçlı Hava Sistemlerinde Nereelerde Tasarruf Edilebilir?

Basınçlı hava, üretimi, hazırlanması, dağıtımı ve kullanılması bölümlerinden oluşur. Enerji verimliliği çalışmaları tüm aşamalarda yapılabilir. Mümkün olduğunca çalışmalar öncesi ve sonrası ölçümler yapılır, iyileştirme projeleri hayata geçirilir. Daha verimli sistemlerle üretim kayıplarının ve enerji maliyetlerinin en düşük seviyelere indirilmesi hedeflenir.

2.Basınçlı havanın ve hava kaçaklarının maliyetleri

Basınçlı havanın m³ maliyeti bir kompresörün 1 yılda sabit ve değişken

maliyetlerinin toplamının yıl içinde toplam atmosferden aldığı hava miktarına bölümü ile bulunur.

$$\frac{\text{Sabit Giderler} + \text{Değişken Giderler}}{\text{Atmosferden Alınan Hava Miktarı}} = \begin{array}{l} \text{Basınçlı Havanın} \\ \text{Yaklaşık Maliyeti} \\ \text{Avrupa'da} \\ 1.9 \text{Cent/m}^3 \\ \text{Türkiye'de} \\ 0.03 \text{TL/m}^3 \end{array}$$

Havanın m³ maliyeti birçok parametreye bağlıdır. Elektriğin kwh maliyeti buradaki önemli unsurlardandır. Genel olarak Avrupa'da endüstride basınçlı havanın yaklaşık m³ maliyeti 1.9 cent'tir. Türkiye'de endüstride basınçlı havanın yaklaşık m³ maliyeti 0.03 TL olarak

alınabilir. Bu dokümandaki hesaplamalar 1.9 cent/m³ e göre yapılmıştır.

Yıllık sabit giderlere aşağıdakiler dahil edilir :

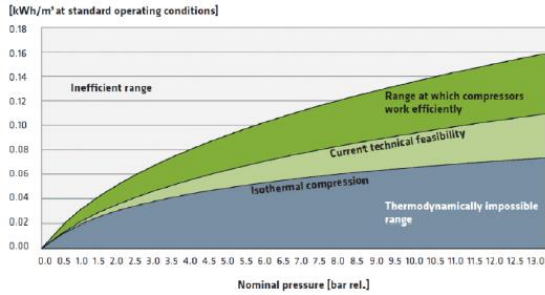
- Yatırımın amortisman maliyeti
- Faiz oranı
- Kullanım alanı ücretlendirmesi

Yıllık değişken giderlere aşağıdakiler dahil edilir :

- Kompresörün boşa ve maksimum yük altındaki enerji maliyetleri
- Çeşitli giderlerin maliyetleri (yağ, soğutma v.s.)
- Bakım/onarım maliyetleri

Kompresör giderlerinin yaklaşık %75 lik oranı elektrik enerji maliyetidir[1] 1 m³ basınçlı hava üretebilmek için modern kompresörler yaklaşık olarak 100-120 Wh enerji harcar.

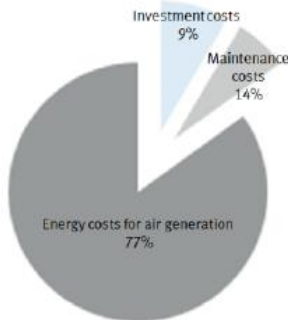
Tablo 1. Kompresör verimli çalışma bölgeleri [2]



Basınçlı hava üretim maliyetleri [3]

Kompresör Çıkışı : 160kW

Kompresörün yaşam ömrü : 15 yıl



Şekil 1. Kompresör Enerji Maliyetleri [5]

3.Basınçlı hava üretiminin hesaplanması

Basınçlı havanın ortalama m³ maliyeti 1.9 cent olarak alındıysa da bu 1.5 ct/Nm³ ile 2.7ct/Nm³ arasında değişiklik gösterebilir. Buradaki farklılıklar aşağıdakilerden kaynaklanabilecektir :

- Elektriğin KWh maliyeti
- Kullanılan kompresör çeşidi
- Kullanılabilen akıllı kontrol sistemleri
- Atmosferden alınan havanın kalitesi

Kompresörün ürettiği basınç arttıkça tükettiği enerji maliyeti de artacaktır.

Kompresörlerin ürettiği basınçlı havanın m³ maliyeti üretilen havaya (basınç x debi) karşı harcanan elektriğin ölçülmesi ile bulunabilir. Kompresör üreticileri bu verileri kataloglarında sunar. Ancak atmosferden alınan havanın kalitesi bu değerleri etkiler.

4.Hava Kaçakları Kaynakları

Hava kaçakları genel olarak bağlantı elemanları vidalarının, sızdırmazlık elemanlarının aşırı yada yetersiz sıkılmasından, mekanik hasarlardan kaynaklanır. Ayrıca kaçaklar, pnömatik ürünlerin doğru kullanılmamasından (örneğin hortumların düzgün kesilmemesinden) kaynaklanabilir. Pnömatik elemanların aşınması, yanlış seçilmiş ürünlerin verdiği zararlar da kaçaklara neden oluşturabilir.

5.Hava Kaçaklarının Maliyetleri

Hava kaçakları doğrudan enerji kayıplarıdır. Küçük çaplı kaçaklar bile toplamda işyerine büyük maliyetler getirecektir. Kaçaklar ayrıca hattan geçen toplam debi miktarını arttırdığından basınç düşümü problemlerine ve olası arızaların oluşmasına da zemin oluşturabilecektir.

Yeteri kadar pnömatik gücün tedarik edilemediği bir hatta basınç düşümleri olur. Basınç düşmesi bu hatlardan beslenen pnömatik sistemlerde kuvvet kayıplarına da neden olur. Örneğin bir tutucu basıncın düşmesi sonucu daha az kuvvetle tuttuğu bir cismi düşürebilir.

Tablo2. Hava kaçakları [4]

p1 (rel.)	Leakage rate in Nl/min					
	0.5 mm	1.0 mm	1.5mm	2.0 mm	2.5mm	3.0mm
3 bar	9	36	81	145	226	325
4 bar	11	45	102	181	282	407
5 bar	14	54	122	217	339	488
6 bar	16	63	142	253	395	569
7 bar	18	72	163	289	452	651
8 bar	20	81	183	325	508	732

Yukarıdaki tabloda farklı çaplara göre hava kaçaklarının neden olduğu hava tüketimi gösterilmiştir.

Tablo3. Hava kaçakları maliyetleri [4]

p1 (rel.)	Costs/year					
	0.5 mm	1.0 mm	1.5mm	2.0 mm	2.5mm	3.0mm
3 bar	€ 90	€ 361	€ 812	€ 1,444	€ 2,256	€ 3,248
4 bar	€ 113	€ 451	€ 1,015	€ 1,805	€ 2,820	€ 4,061
5 bar	€ 135	€ 541	€ 1,218	€ 2,166	€ 3,384	€ 4,873
6 bar	€ 158	€ 632	€ 1,421	€ 2,527	€ 3,948	€ 5,685
7 bar	€ 180	€ 722	€ 1,624	€ 2,888	€ 4,512	€ 6,497
8 bar	€ 203	€ 812	€ 1,827	€ 3,248	€ 5,076	€ 7,309

Hava kaçaklarının maliyetleri yukarıdaki tabloda verilmiştir. Burada kaçakların 24saat/365 gün olarak ve maliyet 1.9ct/Nm³ alınarak hesaplanmıştır. (Türkiye’de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır)

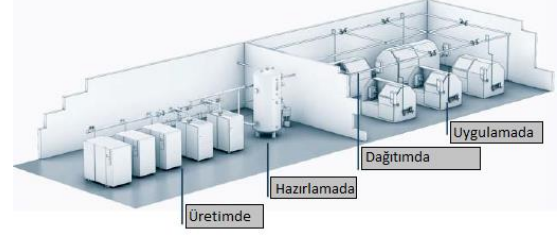
Büyük hava kaçakları duyulabilen kaçaklardır ve en kısa sürede giderilmelidir. 0.5mm ve daha küçük delik çapından olan kaçakları duymak daha zor olabilir ve hava kaçağı bulma detektörü kullanılmalıdır.

6.Basınçlı Hava Sistemlerinde Nerelerde Tasarruf Edilebilir?

Hava kaçakları birinci dereceden önemlidir.

Ayrıca havanın üretiminden tüketimine tüm aşamalarda enerji tasarrufu yapılabilir.

- Basınçlı havanın üretiminde
- Basınçlı havanın hazırlanmasında
- Basınçlı havanın dağıtımında
- Basınçlı hava uygulamalarında



Şekil 2. Basınçlı Hava Sistemi

Kompresör için doğru enerji analizinin yapılması gereklidir. Böylece işyerinin basınçlı hava tüketimi hakkında daha doğru bilgilere ulaşılabilir.

7.Kompresör Verimliliğinin İşyeri Personeli Tarafından Bilinmesi

Kompresörlerin zaman içinde oluşabilecek problemlerinden kaynaklı verimlerinin düşmesi üretilen havanın 1m³ nün daha pahalıya mal edilmesi anlamına gelir. Böylece hiç farkına varılmadan elektrik maliyetleri artacaktır. Unutulmamalıdır ki basınçlı hava üretmek için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Ortalama bir işyerinin %10-%30 arasındaki elektrik enerjisi maliyeti kompresörlerden kaynaklanmaktadır [4]

İşyerlerinde çalışan teknik personel kompresör verimliliğinin farkında olmalıdır. Deneylerle yapılan uygulamalarla pistonlu bir kompresörün üzerinde filtrenin tıkalı olmasının etkisinin kompresörün verimliliğine etkisi görülmelidir. Böylece basınçlı havanın sadece üretilmesi değil verimsiz çalışan bir kompresör ile elektrik tüketim maliyetlerinin arttığı bilinmelidir.



Şekil 3. Pistonlu Kompresör

Kompresörlerin ürettiği havanın m^3 maliyeti ölçülebilmelidir. Periyodik olarak bu ölçümler gözlemlenmelidir. Verimi düşen kompresörler teknik personel tarafından fark edilmeli ve gereken önlemler alınmalıdır.

8.Basınçlı Hava Hatlarının ve Makinelerin Tüketimlerinin Ölçülmesi ve Gözlemlenmesi

Hava kaçaklarının ve kayıpların önüne geçilmiş basınçlı hava hatlarında ve makinelerde tüketilen hava miktarı ölçülmeli ve bilgisayar(Scada) ortamında kayıt altında tutulmalıdır. Zaman içerisinde oluşabilecek hava kaçaklarının farkında olmak böylece daha kolay olacaktır.

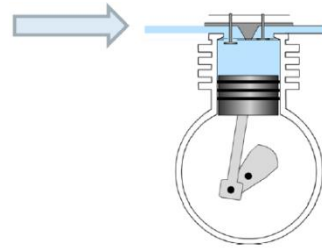
9.Kompresörlerin Daha Yüksek Basınçlarda Çalışması ile Ekstra Enerji Maliyeti

Kompresörlerin çıkış basınçları arttırılmak zorunda kalındığında daha yüksek basınçlarda ekstra enerji tüketimi olduğu bilinmelidir. Örneğin 5bar dan 6 bar a çıkılırken harcanan elektrik enerjisine göre 6 bardan 7bara çıkılırken harcanan elektrik enerjisi daha fazladır. İşyeri personeli uygulamalı eğitim ile bu farklılığı gözlemleyerek öğrenmelidir. Örneğin bir kompresörü 7 bar yerine 8 barda kullanmak yaklaşık olarak %10 extra enerji maliyeti getirir.[4] Ayrıca daha yüksek basınçlarda hava kaçaklarının daha da fazla olacağı unutulmamalıdır.

Uygulamalı bir eğitimde pistonlu bir kompresörde 6 barda 540W güç tüketimi ölçülmüşken, 7 barda kompresörün 550W tükettiği gözlemlenmiştir [5]

10.Kompresörlere Soğuk Hava Girişi Sağlanmasının Kompresör Verimine Etkisi

Soğuk hava sıcak havaya göre daha yoğundur. Dolayısıyla soğuk hava ile birim zamanda daha fazla hava kompresöre alınır.



Şekil 4. Tek Pistonlu Kompresör

Kompresöre giren havanın havanın sıcaklığının $3C^{\circ}$ düşürülmesi yaklaşık olarak %1 enerji tasarrufuna karşılık gelecektir [4]

11.Kompresörlerde Boşa Atılan Enerji'den Yararlanma

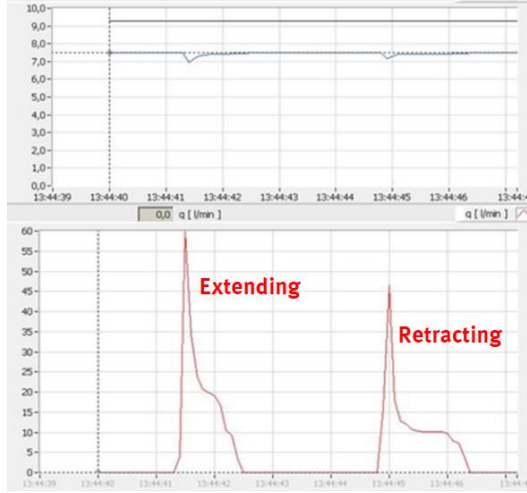
Endüstride yaygın kullanılan vidalı kompresörlerde açığa çıkan ısınn kullanılabilmesi büyük enerji tasarrufları sağlayabilecektir. Örneğin başka bir yerin ısıtılması amaçlı kullanılabilir.

12.Hatlardaki Ani Basınç Düşümleri

Hatlardaki yada pnömatik sistemlerdeki anlık tüketimlerin basınç düşümlerine neden olabilmesi üretim sistemlerinde arızalara, üretim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Aşağıdaki grafikte eğitim için kullanılan bir yazılımdan örnek verilmiştir. Bu ölçümde üstte basınç, altta

debi gösterilmiştir. Anlık debi tüketiminin basıncı etkilemesi görülmektedir.

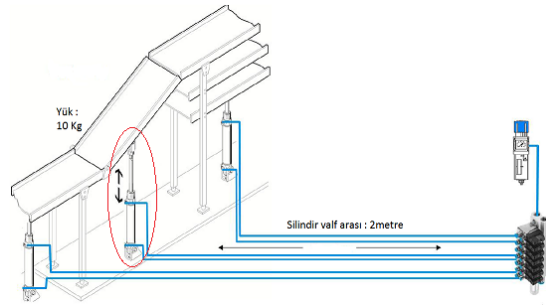
Ayrıca boru/hortum çapının yetersizliği, toplam debinin fazlalığı, kaçakların basınç düşümlerine etkisi olacaktır.



Şekil 5. Hava Tüketimi – Basınç Düşümü [4]

13.Pnömatik Uygulamalarda Verimliliğin İncelenmesi

Konuların incelenmesi amacıyla aşağıdaki deney düzeneği kurulur:



Şekil 6. Deney Düzeneği

Kullanılan silindir : Festo DSNU 20-100 PPV-A

Valf : Festo CPE14

Bağlantı elemanları : G 1/8-6

Yük : 10 Kg

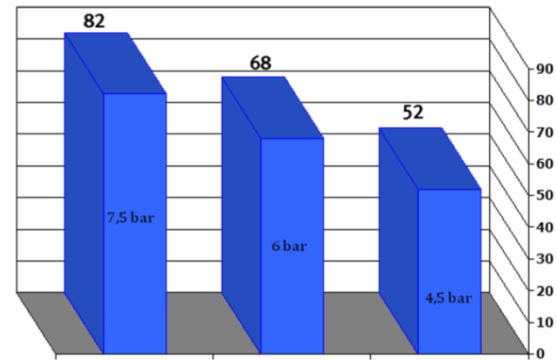
Valf Silindir arası uzaklık 2 metre

Silindir dakikada 1 kez ileri geri hareketi yapmaktadır. Yılda 7200saat çalıştığı öngörülmüştür.

Kullanılan kompresörde 1 m³ maliyeti 2.5 cent alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

14.Basınca Göre Hava Tüketimleri

4.5 Barda çalışması gereken bu sistemin 7.5barda tükettiği hava aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 7. Basınç – Hava Tüketimi [4]

1 m³ maliyeti 2.5 cent alınarak hesaplamalar yapılmıştır [4]

(Türkiye’de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır)

Hava tüketimleri şu şekildedir :

7.5 barda 3.283m³/yıl=82€/yıl,

6 barda 2.721m³/yıl =68€/yıl,

4.5 barda 2.073m³/yıl =52€/yıl

Sonuç olarak doğru basınçta çalışmak önemlidir. Olması gereken basınç aralığını gösteren manometreler bu amaçla kullanılır.



Şekil 8. TPM Manometresi

15.Hortum Uzunluęunun Hava Tüketimine Etkisi

Yukarıdaki deney düzeneğinde sistem basıncı 4.5 barda hortum uzunluğu 2m den 30cm'e indirildiğinde hava tüketimi 1.411m³ ve maliyeti 35.20€/yıl'dır. (1 m³ maliyeti 2.5 cent alınarak hesaplamalar yapılmıştır [4] (Türkiye'de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır)



şekil 9. Silindir - Valf

16.Geri Dönüş Basıncını Düşürmenin Hava Tüketimine Etkisi

Silindir hareketinde bir yöne kuvvet gerekip diğer yöne aynı kuvvetin gerekmediği bir uygulamada kuvvet gerekmeyen kısma basınç regülatörü konarak basınç düşürülebilir. Buradaki uygulamada geri dönüş hattına bir basınç regülatörü konularak ölçüm yapılmıştır.



şekil 10. İleri ve geri yönü 4.5 bar olan uygulamada hava tüketimi [4]



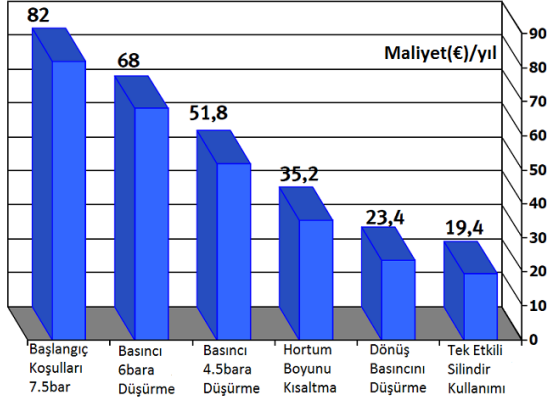
şekil 11. İleri yönü 4.5bar, geri yönünde basınç regülatörü ile 2 barda hava tüketimi [4]

Yukarıda yapılan silindir valf uygulamasında ana basınç 4.5 bar, hortum uzunluğu 30cm ve geri dönüş hattında basınç regülatörü ile 2bara düşürülmesiyle yıllık hava tüketimi 936m³ ve maliyeti 23.40€/yıl dır. (1 m³ maliyeti 2.5 cent alınarak hesaplamalar yapılmıştır [4] (Türkiye'de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır))

17.Çift Etkili Silindir Yerine Tek Etkili Silindir Kullanımının Hava Tüketimine Etkisi

Yukarıdaki deney tek etkili silindir ile yapıldığında silindirin geri dönüşü yerçekimi kuvveti ile olmaktadır. 777m³/yıl tüketime karşılık 19.40€ /yıl maliyet olacaktır. (1 m³ maliyeti 2.5 cent alınarak hesaplamalar yapılmıştır [4] (Türkiye'de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır)

Sonuç olarak yukarıdaki deneylerde yapılan uygulamalar tek bir grafik üzerinde aşağıdaki şekilde gösterilebilir :



Şekil 12. Enerji Verimliliği Uygulamaları Maliyetler [4]

(Türkiye’de endüstride bu değerlerin yaklaşık %50si alınmalıdır)

18.Hatlardaki Basınç Kayıpları

Pnömatikte kullanılan malzemeler, borular, bağlantı elemanları farklı boyutlarda basınç düşümlerine neden olurlar. Özellikle bilgisizlikten yada özen göstermemekten kaynaklı yapılan hatalar ve hava kaçakları hatlardaki basınç düşümlerini artırır. Hat sonlarında yeteri kadar basıncın gelmediği durumlarda kompresör basıncını arttırmaya gidildiğinde de daha yüksek basınçlarda çalışıldığından havanın m³ maliyeti ve sonucunda elektrik tüketimi artacaktır.

19.Sonuç ve Öneriler

Pnömatikte enerji verimliliğini etkileyen birçok parametre vardır. Bu çalışmada bazı konulara değinilmiştir. Üretim tesislerinde çalışan bakım onarım, mühendislik personeli, makine imalat sektöründe çalışan tasarım personelinin daha bilinçli olması ve daha doğru operasyonlarda bulunması işyerlerinin verimliliğini

arttıracak, daha kaliteli ve güvenli işyerlerinde çalışılmasına katkıda bulunacaktır. İşyerlerinin bu amaçlar doğrultusunda personeline yatırım yapması gerekmektedir. Çalışanların bilgi, tecrübesini ve yetkinliğini arttırmayı amaçlayan profesyonel eğitim her zaman için geri dönüşü olan bir yatırımdır.

Kaynaklar

[1] EnEffAH project " Energy efficiency in production in the drive and handling technology field", (2008-2012); Study "Compressed air systems in the European Union", Fraunhofer Institut ISI (2000)

[2] EnEffAH project (2008-2012)

[3] Study "Compressed air systems in the European Union", Fraunhofer Institut ISI 2000

[4] Saving Energy Course Book, Festo Didactic – Levent Unan, Germany (2012)

[5] “Reduce energy costs in compressed air systems by up to 60%”, Juergen Billep, Heiko Fleischhacker, Service Management, Festo AG & Co. KG, Germany