

Makale

Atilla BIYIKOĞLU
Ümit ARI
Betül BAŞKAYA

Abstract:

In this study, the experiments were conducted for the determination of pressure drop characteristics of the non-insulated aluminum-laminated flexible air duct at 10 inch (254 mm) diameter under different compression and bending conditions. The experimental setup is constructed according to the instructions in ANSI/ASHRAE Standard 120-2008 and pressure loss data were measured based on the methodology in the same standard. The experimental data were processed using Power Law Model to form equations representing the pressure drop behavior of the flexible duct. The local loss coefficients were calculated using regression analysis for each bending condition. The results show that under stretched and all compressed conditions, the pressure loss values through the flexible duct with a diameter of 10 inch (254 mm) could be predicted via the empirical pressure loss equations derived using Power Law Model with an error less than $\pm 5\%$ in the range of volumetric flow rate of 700 and 2.250 m³/h. In the same flow rate range, the measured values of pressure drop fall into the range of 1 and 85 Pa/m for compressed cases, and 1 and 130 Pa for bended cases. The local loss coefficient varies between 0,1 and 1,5 depending on the bending angle.

Key Words:

Aluminum Flexible Air Duct, Experimental Study, Pressure Losses, Compression Effect, Bending Effect.

Sıkıştırma ve Bükülme Etkisi Altındaki Bir Alüminyum Esnek Hava Kanalının Basınç Düşüşü Karakteristikleri Üzerine Deneysel Bir Araştırma-I

ÖZET

Bu çalışmada, 10 inç (254 mm) çapında, yalıtımsız alüminyum-katmanlı bir esnek hava kanalının basınç düşüşü karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla farklı sıkıştırma ve bükülme şartları altında deneyler gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği, ANSI/ASHRAE 120-2008 Standardı'ndaki yönergeye uygun olarak kurulmuş ve basınç düşüşü verileri, aynı standarttaki metodolojiye dayalı olarak ölçülmüştür. Esnek kanal basınç düşüşü davranışını temsil eden denklemleri oluşturmak için Power Law Modeli kullanılarak deneysel veriler işlenmiştir. Bölgesel kayıp katsayıları, her bükülme durumu için regresyon analizi yapılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki; gergin ve tüm sıkıştırılmış durumlarda Power Law Modeli kullanılarak türetilen ampirik basınç kaybı denklemleri, 10 inç (254 mm) çaplı esnek kanaldaki basınç düşüşü değerlerini, 700 ila 2.250 m³/h debi aralığında maksimum $\pm 5\%$ bir hata ile tahmin edebilmiştir. Aynı debi aralığında ölçülen basınç düşüşü değerleri, gergin ve sıkıştırılmış durumlar için 1 ile 85 Pa/m aralığına, bükülmüş durumlar için 1 ile 130 Pa aralığına düşmektedir. Bölgesel kayıp katsayısı ise bükülme açısına bağlı olarak 0,1 ile 1,5 aralığında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum Esnek Hava Kanalı, Deneysel Çalışma, Basınç Kayıpları, Sıkıştırma Etkisi, Bükülme Etkisi

1. GİRİŞ

Esnek hava kanalları, ısıtma, havalandırma, hava şartlandırma ve soğutma uygulamaları için ticarî ve ikametgâh amacıyla kullanılan binalarda yıllardan beri kullanılmaktadır. Kurulum kolaylığı, dar ve kıvrımlı bölgelerde kullanılabilirliği, düşük maliyeti ve benzeri sebeplerden dolayı birçok uygulamada rijit kanallar yerine esnek kanalların kullanımı tercih edilmektedir.

Mikron mertebesinde metal ve/veya metal olmayan ince katmanların biraraya getirilmesi ile oluşturulan sargının helezon çelik tel ile takviye edilmesi sonucu elde edilen elastik yapı esnek hava kanalı olarak tanımlanmaktadır. Esnek hava kanallarının farklı tipleri, kulla-

nim amacına göre uygulama alanı bulmaktadır. Isı kaybının istenmediği durumlarda, sargı üzerine yalıtım malzemesi eklenerek, gürültünün istenmediği durumlarda, perfore edilmiş kanal üzerine yalıtım malzemesi eklenerek, tel açıklığını ayarlayarak ve dönüş sayısını/eğimini azaltarak çeşitli çözümler üretmek mümkündür.

Hava tahliyesi ve sirkülasyonunda pratik çözümler sunan esnek kanal uygulamaları, gergin montajın yanı sıra esnek yapısından dolayı farklı açılarda sıkışmış ve bükülmüş olarak da kullanılmaktadır. Bu çalışma ile esnek kanalın çeşitli sıkıştırma ve eğilme durumlarında kanal boyunca oluşacak basınç kayıplarını tahmin edecek ampirik denklemler türetilmesi mümkün olmuştur. Uygulayıcı, kuracağı esnek kanal sisteminde, işletim maliyetini mümkün olan en düşük değere nasıl indireceğini, esnek kanalları hangi sıkıştırma oranında ve hangi dönüş sayısı/eğiminde kullanması gerektiğini bu denklemleri kullanarak tahmin edebilecektir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Metalik olmayan esnek hava kanallarındaki basınç kayıpları üzerine gerçekleştirilen literatür araştırması sonucunda sınırlı sayıda çalışma olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmalar, tarihsel gelişimine uygun olarak aşağıda özetlenmiştir.

Esnek kanalların ilk uygulaması, kömür madenlerindeki havanın transfer edilmesi üzerine olmuştur. Bu uygulamalarda kullanılan esnek kanallar, günümüzdeki esnek kanallardan oldukça farklı tasarımlanmışlardır. İlk esnek kanallar, galvanizli metal helix ve mylar gövde üzerine her adımda iki dönüş ile esnek plastik sarılarak imal edilmişlerdir. Bu ilk esnek kanallar üzerinde sızıntı testleri 1958 yılında Harris [1] tarafından gerçekleştirilmiştir. Harris, 25 farklı tip esnek kanal üzerinde gerçekleştirdiği deneysel çalışma sonucunda, esnek kanalların sızıntı katsayılarını ve gözenekliliğini belirlemiştir, ancak esnek kanallarda oluşan basınç kaybı ile ilgili bir bilgi vermemiştir.

Literatürde karşılaşılan ikinci uygulama, 1965 [2]

yılında Amerikan Ordusu Sivil Savunma Departmanı tarafından başlatılan ve sığınaklardaki havalandırma sisteminde kullanılan esnek plastik boru ve bağlantı elemanlarının tasarım, imalat ve test edilmesi amacına yönelik bir çalışmadır. Bu çalışmada, 20 inç çapında, 4 mil kalınlığında, polietilen boru ve 90 derece açılı dirseklerdeki basınç düşüşü karakteristiklerini belirlemek amacıyla testler yürütülmüştür. Testler 1.300 ile 3.100 ft³/s aralığındaki hacimsel debilerde gerçekleştirilmiştir. Tam şişirilmiş durumda 20 inç çapındaki plastik boruda oluşan basınç kaybı, metal kanaldakinin dörtte üçü oranında oluşmuştur. Bununla birlikte, esnek kanal sisteminin son 50 feet'lik tam şişirilmemiş kısmında, birim uzunlukta (ft) plastik kanal sistemindeki basınç düşüşü, tam şişirilmiş plastik borudakine oranla 1.5 ila 3 kat fazla ölçülmüştür. 100 feet'ten daha uzun metal ve plastik borulardaki basınç düşüşlerinin yaklaşık aynı değerde olduğu gözlenmiştir.

Modern esnek kanalların konutlarda kullanımı 1965'li yıllardan sonra gerçekleşmiştir. Bu yüzden, kanal sistemlerinin tasarımında kullanılan ilk metotlar [3], statik basınç kayıplarının belirlenmesi ile ilgili bir prosedür içermemektedir. 1965'li yıllar ile 1995'li yıllar arasında, kanal tasarım metotlarında bir değişim olmaması sebebiyle, esnek kanal basınç kayıplarının belirlenmesi üzerine herhangi bir yayınlanmış çalışma olmamıştır.

Bu hareketsiz dönemin ardından, 1995 [4] yılında, Amerika Hava Şartlandırma Mühendisleri (ACCA)'nin gerçekleştirdiği bir çalışmada, spiral telli, helis gövdeli esnek kanallar için basınç kaybı verileri grafik olarak sunulmuştur. Bununla birlikte, bu verilerin hangi sıkıştırma oranı için elde edildiği belirtilmemiştir. Entegre Bina ve Yapı Çözümleri (IBACOS) araştırmacıları tarafından 1996 [5] yılında yürütülen Burt Hill Projesi kapsamında, düz esnek kanallarda ve esnek kanal dirseklerinde oluşan statik basınç kayıpları ölçülmüştür. 6, 8, 10 ve 12 inç çaplarındaki ve 25 m uzunluğundaki esnek kanallar, düz ve tam destekli durumda, tam gerdirilmiş ve %10 sıkıştırma oranı için test edilmiştir. Testlerden elde edilen sonuçlar, incelenen tam gerdirilmiş esnek

Makale

kanallardaki basınç kayıplarının metal kanaldakine oranla %35 ila %40 daha fazla olduğunu göstermiştir. Gerdirilmemiş-serbest durumda esnek kanallardaki basınç kayıplarının, gerdirilmiş esnek kanallardakinden çok fazla olduğu gözlenmiştir.

Abushakra ve diğerlerinin 2001 [6], 2002 [7] ve 2004 [8] yıllarında yürüttükleri çalışmalarda, sıkıştırma oranı %30'a kadar artırılmış esnek kanallar için toplam basınç kaybı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Testler, konut ve ticari tesislerdeki esnek kanalların uygulamalarına benzetilerek tasarlanmıştır. Ölçümler üç farklı esnek kanal boyutu ve farklı sıkıştırma oranları için tekrarlanmıştır.

Culp, 2011 [9] tarafından ASHRAE için gerçekleştirilen çalışmada, 6 farklı çaptaki (6, 8, 10, 12, 14 ve 16 inç) ve 5 farklı sıkıştırma oranı (%0, %4, %15, %30 ve %45) için esnek kanallar boyunca oluşan basınç düşüşü deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, esnek kanalların gövde boyunca tam destekli ve sarkmanın olduğu kiriş destekli durumlar için gerçekleştirilmiştir.

Metalik ve metalik olmayan esnek hava kanallarındaki basınç kayıpları 2011 [10] yılında Weaver tarafından incelenmiştir. Deneyler 6, 8 ve 10 inç çapındaki esnek kanallarda, akış yönünde pozitif basınç altında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen basınç düşüşü verileri, ACCA veya ASHRAE verilerinden daha yüksek değerde çıkmıştır.

3. PROBLEMİN TANITIMI

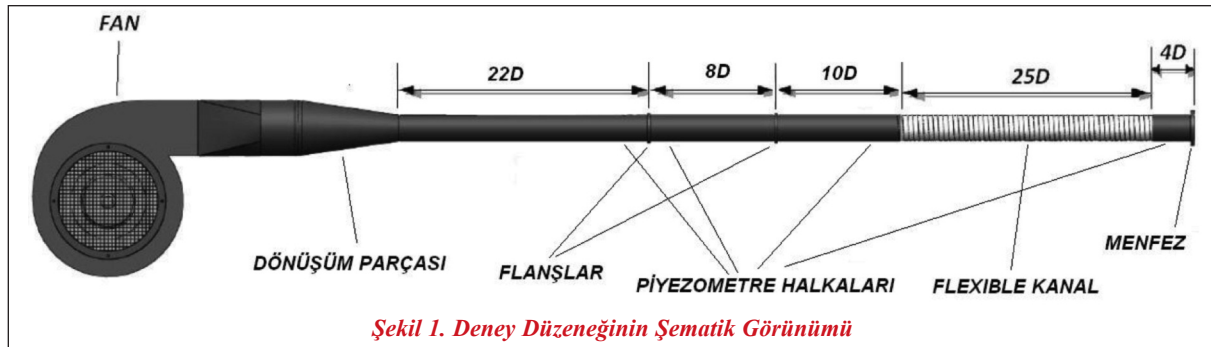
Bu çalışmada, 254 mm (10 inç) çapında, 35 mm hatveli, yalıtımsız alüminyum-katmanlı bir esnek hava kanalının basınç düşüşü karakteristiklerinin belirlen-

mesi amacıyla dört farklı sıkıştırma oranında (%5, %15, %30 ve %45) ve tam gerdirilmiş durumda beş farklı dönüş açısında (15°, 30°, 45°, 60° ve 90°) akış doğrultusunda pozitif basınç altında deneyler gerçekleştirilmiştir.

3.1. Deney Düzenegi

Deney düzenegi şematik görünümü Şekil 1'de sunulmuştur. Şekil 1'de görüldüğü üzere, deney düzenegi 254 mm çapında ve 22D, 8D, 10D ve 4D uzunluklarında dört adet rijit kanal, dört adet piezometre halkaları, bir adet 25D uzunluğunda esnek kanal ve fan'dan ibarettir. Fanın üfleme ağzı ile rijit kanal, redüksiyon elemanı kullanılarak birbirine monte edilmişlerdir. Rijit kanallar flanş kullanılarak birleştirilmiştir. 22D ve 8D uzunluğundaki rijit kanallar arasına orifis yerleştirilmiştir. Bu orifisin akış yukarı ve akış aşağısına piezometre halkaları konulmuştur. Aynı zamanda, esnek kanalın giriş ve çıkışına bağlanan rijit kanallar üzerine piezometre halkaları yerleştirilmiştir. Basınç ölçümleri bu piezometre halkaları üzerine açılan ve 90° açı ile yerleştirilmiş dört noktadan alınan örnekler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Piezometre halkaları üzerindeki iki ardışık noktadan alınan örnekler tek hortum üzerinden basınç transmitterine gönderilir. Bunun yanı sıra hız ve debi hesaplamaları, fan çıkışında, rijit kanal içerisinde ve 22D mesafede yerleştirilen orifis kullanılarak ANSI/ASHRAE 120-2008 [11] Standardı'na göre yapılmıştır. Piezometre halkaları ve bağlantı şekilleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler ANSI/ASHRAE 120-2008 [11] Standardı'nda bulunabilir.

Deneylerde, maksimum 4 kW güce sahip ve maksimum dakikada 3.100 devirde çalışabilen S&P Marka BDB serisi çift girişli santrifüj fan kullanılmıştır.



Şekil 1. Deney Düzeneginin Şematik Görünümü

Basınç kayıplarının ölçülmesinde TESTO 350 cihazı kullanılmıştır. 90° açı mesafeli dört noktadan aynı anda ölçüm alınmasını sağlayan piezometre halkaları, debi hesabında kullanılan orifis önüne ve arkasına, esnek kanal basınç kaybının ölçümü için esnek kanal giriş ve çıkışına olmak üzere dört adet yerleştirilmiştir. Fan devrini kontrol etmek için ayarlanabilir frekans sürücüsü kullanılmıştır.

254 mm çap ve tam gerdirilmiş 7,5 m uzunluğundaki flexible hava kanalı için toplam sistem uzunluğu yaklaşık 24 m olmuştur. ANSI/ASHRAE 120-2008 [11] Standardı'na uygun olarak flexible kanalların boyu en az 25D olacak şekilde seçilmiştir. Standartta uygun olarak açılı dönüşlerde en az 11D kadar mesafe uzaklıkta ölçümler alınmıştır.

3.2. Deneyin Yapılışı

Şekil 1'de görülen deney düzeneği kurulur ve ilgili numune sisteme bağlandıktan sonra fan çalıştırılır.

Fanın hızı, ayarlanabilir frekans sürücüsü ile kontrol edilerek çalışma debisine ulaşılır. Akışın kararlı hale gelmesi için belirli bir süre sistem aynı debide çalıştırılır. Akış kararlı hale geldikten sonra ölçümler alınmaya başlanır. Testo 350 ile orifis ve numune giriş/çıkışındaki toplam dört noktadan basınç ölçümleri yapılır. Fan frekansı değiştirilerek istenilen debiye ulaşıldığında ölçümler tekrarlanır. Bunun yanı sıra, debi hesabında kullanılmak amacıyla, orifis girişindeki ve ortamdaki sıcaklık ve nem değerleri ölçülür.

Deney düzeneğinin fotoğrafları, 15° ve 60° dönüş açılı durum için, Şekil 2'de sunulmuştur. Deneylerde kullanılan esnek kanal resimleri ise, %15 sıkıştırılmış ve 30° bükme açılı durum için, Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 4'te ise tam gerdirilmiş 15° bükme açılı esnek kanalın görünüşü ile basınç ölçümlerinin alındığı bağlantılar görülmektedir.

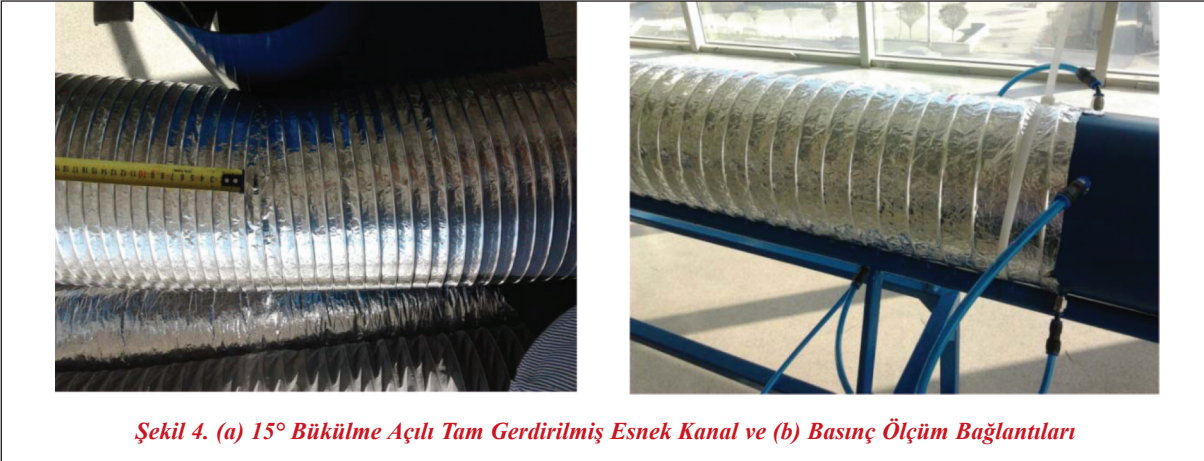


Şekil 2. (a) 15° Bükülme Açılı (b) 60° Bükülme Açılı Tam Gerdirilmiş Esnek Kanal Deney Düzeneği



Şekil 3. (a) %15 Sıkıştırılmış ve (b) 30° Bükülme Açılı Esnek Kanalların Görünüşü

Makale



Şekil 4. (a) 15° Bükülme Açılı Tam Gerdirilmiş Esnek Kanal ve (b) Basınç Ölçüm Bağlantıları

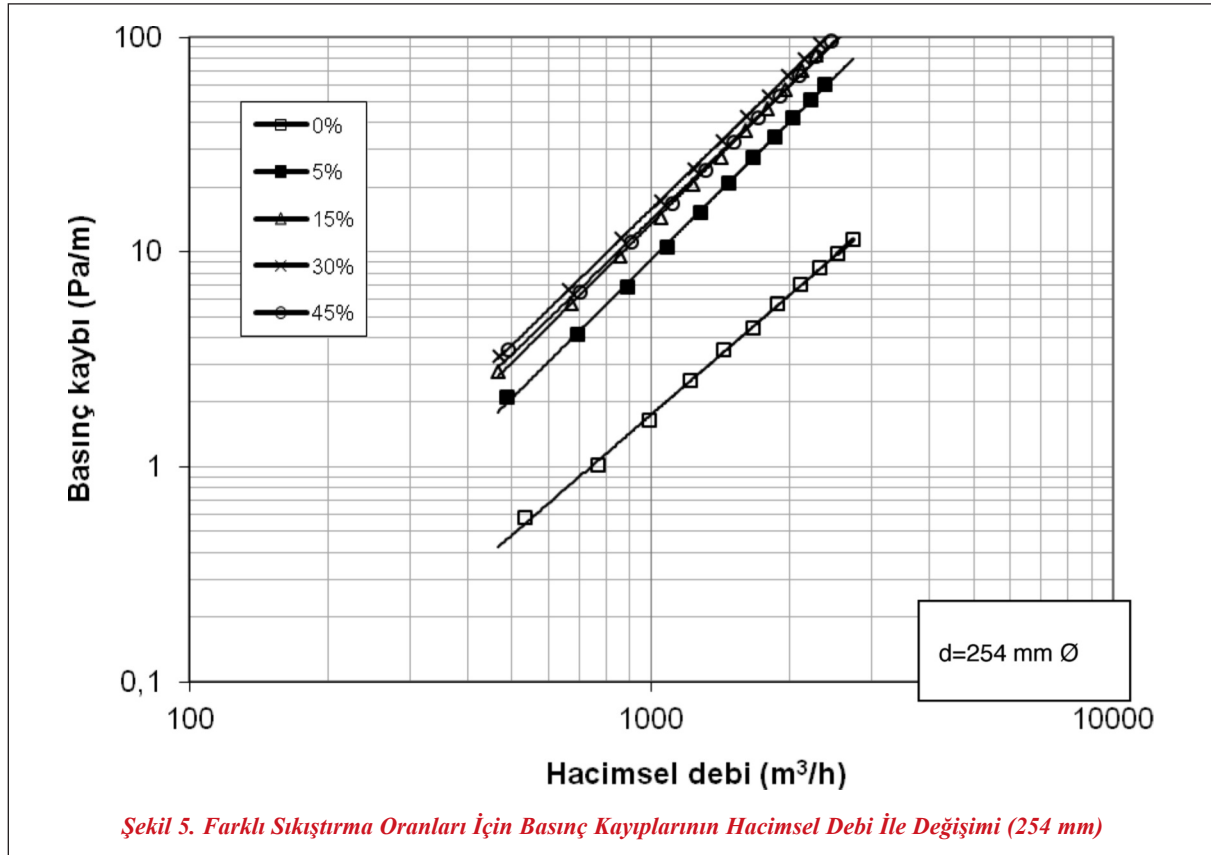
4. SONUÇ

4.1. Basınç Kaybı Ölçümleri

Esnek kanal giriş ve çıkışında, rijit kanal üzerine 90° mesafe ile açılan dört delikten çekilen hava basınç transmitterine gönderilerek esnek kanal boyunca oluşan fark basıncı ölçülür. 254 mm çapında, yalıtımsız alüminyum esnek kanal üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen basınç kaybı verilerinin hacimsel debiye göre değişimi Şekil 5’de

sunulmuştur. Deneyler, tam gerdirilmiş ve dört farklı (%5, 15, 30, 45) sıkıştırma durumları için tekrarlanmıştır.

Şekil 5’de görüldüğü üzere, tam gerdirilmiş durumda elde edilen basınç kaybı değerleri sıkıştırılmış durumlara oranla daha düşük olmuştur. Sıkıştırma oranı ve hacimsel debi arttıkça basınç kaybı değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Bununla birlikte, %45



Şekil 5. Farklı Sıkıştırma Oranları İçin Basınç Kayıplarının Hacimsel Debi İle Değişimi (254 mm)

sıkıştırma ile elde edilen basınç kaybı verilerinin %30 sıkıştırma ile elde edilenden daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

4.2. Basınç Kayıp Katsayısı

500 ila 3.000 m³/h hacimsel debi aralığında bükülme açısına göre ölçülen basınç kayıpları ve hesaplanan basınç kayıp katsayıları Tablo 2’de sunulmuştur. Bükülmeden kaynaklanan basınç kayıp katsayısı, bükülme basınç kaybının, esnek kanal girişindeki hız basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır. Basınç kayıp katsayısının hesaplanması ile ilgili ayrıntılı bilgiler ANSI/ASHRAE 120-2008 [11] Standardı’nda bulunabilir. Tablo 2 incelendiğinde, bükülme açısı arttıkça basınç kayıp katsayısının arttığı anlaşılmaktadır.

Tablo 2. Bükülme Açısına Göre Basınç Kaybı ve Katsayı Aralıkları* (254 mm, tam gerdirilmiş)

Bükülme açısı (derece)	Bükülme basınç kaybı, ΔP_{bend} (Pa)	Basınç kayıp katsayısı, C (birimsiz)
15	0.48-21.4	0.10-0.17
30	0.31-40.9	0.08-0.32
45	1.18-61.5	0.25-0.50
60	5.13-125.2	1.09-1.04
90	5.40-172.7	1.22-1.50

*500 ila 3.000 m³/h hacimsel debi aralığına karşılık gelen değerler d=254 mm Ø

4.3. Basınç Düşüşü Düzeltme Faktörü (BDDF)

Basınç düşüşü düzeltme faktörü, sıkıştırılmış esnek kanalın basınç kaybının tam gerdirilmiş esnek kanalın basınç kaybına oranı olarak tanımlanır [8] ve esnek kanallardaki statik basınç kaybının tahmin edilmesinde kullanılır. Şekil 6’da, farklı sıkıştırma durumları için BDDF’nin debi ile değişimi sunulmuştur.

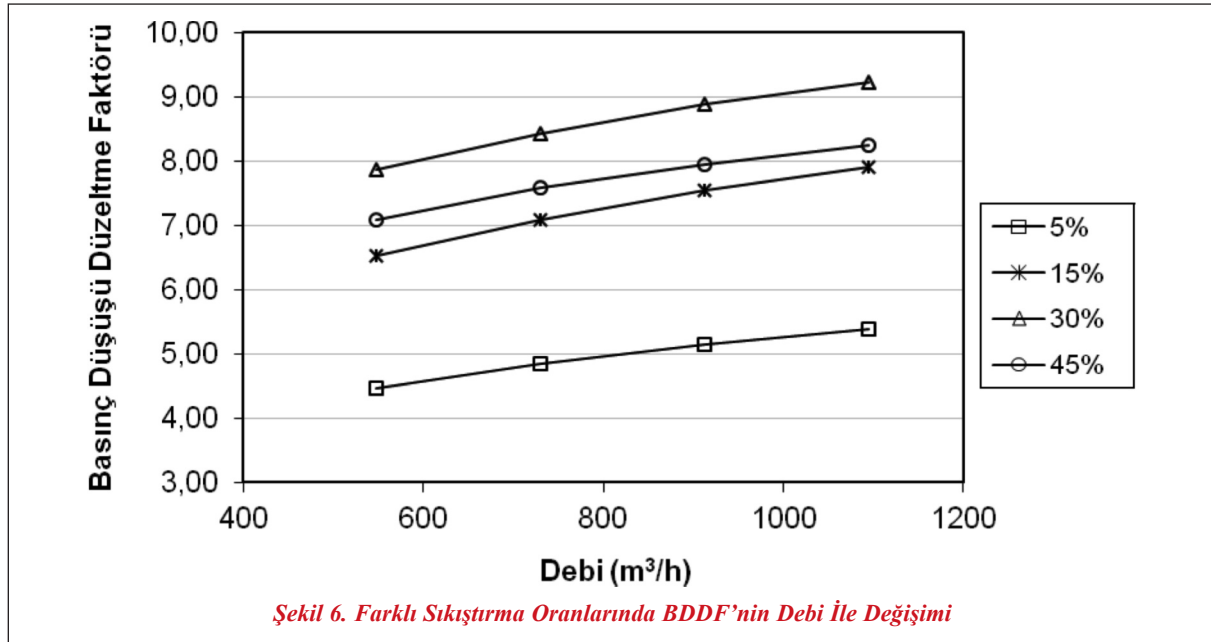
Şekil 6 incelendiğinde, araştırılan tüm sıkıştırma durumları için debi arttıkça BDDF’nün arttığı görülmektedir. Buna karşılık, %45 sıkıştırma durumu hariç, sıkıştırma durumu arttıkça, BDDF’nün arttığı söylenebilir.

4.4. Esnek-Rijit Kanal Karşılaştırması

Bu çalışmada, 254 mm (10 inç) çapında, 35 mm hatveli, yalıtımsız alüminyum-katmanlı bir esnek hava kanalında tam gerdirilmiş durumda birim metre başına gerçekleşen basınç kaybı, 4 ve 5 m/s hızları için 0.97 ve 1.47 Pa/m olarak ölçülmüş ve aynı çaplı rijit kanalda ölçülen basınç kaybı (0.8 ve 1.3 Pa/m) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, esnek kanalda oluşan basınç kayıplarının rijit kanaldakine oranla yaklaşık 1,2 kat daha fazla olduğunu göstermektedir.

4.5. Ampirik Denklemler

Ölçüm verilerine bağlı olarak denklem türetilmesinde kullanılan Power Law Modeli ($y=ax^b$) ile verilir.



Şekil 6. Farklı Sıkıştırma Oranlarında BDDF'nin Debi İle Değişimi

Makale

Bu denklem, hacimsel debi değerleri, \dot{Q} (m³/h) için ölçülen birim uzunluktaki basınç kaybı, $\Delta P/L$ (Pa/m) değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Power Law Modeli ile oluşturulan ampirik denklemlerin sıkıştırma durumuna göre, 500 ila 3.000 m³/h hacimsel debi aralığında kullanımı sonucu oluşan maksimum hata miktarları ile Power Law katsayıları Tablo 1’de sunulmuştur. Hata, hesaplanan değer ile ölçülen değer arasındaki farkın ölçülen değere oranı olarak tanımlanmıştır. Tablo 1’de görüldüğü üzere, %30 sıkıştırma durumunda Power Law Modeli’nin maksimum hata değeri %-2 olarak elde edilmiştir. Diğer sıkıştırma durumları ile karşılaştırıldığında en az hatanın gerçekleştiği sıkıştırma %30 oranında gerçekleşmiştir. En fazla hatanın olduğu durum ise %45 sıkıştırmada %-9 olarak oluşmuştur.

254 mm çaplı yalıtımsız alüminyum esnek kanal için, %30 üzerindeki sıkıştırma durumunda, esnek kanal boyunca oluşan basınç kayıplarının azalmaya başladığı gözlenmiştir. Bu olay, kanal duvar yüzeyinde oluşan, sürtünmeden kaynaklanan kuvvetlerin azaldığını göstermektedir ve kanal duvar yüzeyinde oluşan sınır tabaka kalınlığı ile ilgilidir.

Basınç tahmininde kullanılan ampirik denklemlerin doğruluğunun debi ile değiştiği gözlenmiştir. Tüm sıkıştırma durumları için elde edilen hata oranları incelendiğine, denklemlerin tahmindeki maksimum hata oranının; 500-700 m³/h debi aralığında %-9, 700-2.500 m³/h debi aralığında %+5 ve 2.500-3.000 m³/h debi aralığında %-5 olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, denklemlerin 700-2.250 m³/h debi

aralığında, basınç tahminindeki maksimum hata oranının $\pm\% 5$ değerinin altına indiği gözlenmiştir.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

254 mm (10 inç) çapında, 35 mm hatveli, yalıtımsız alüminyum-katmanlı bir esnek hava kanalı için tam gerdirilmiş ve dört farklı sıkıştırma oranında (%5, %15, %30 ve %45) gerçekleştirilen deneyler sonucunda, esnek kanalın basınç karakteristiklerini veren ampirik denklemler türetilmiştir. Bu türetilen denklemlerin hata paylarının çalışma debisine göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre, 700 ila 2.250 m³/h debi aralığında, sıkıştırma durumundan bağımsız olarak 254 mm çapında, yalıtımsız alüminyum esnek kanal için türetilen ampirik denklemlerin basınç kaybını $\pm\%5$ ’den az hata oranı ile tahmin edebildiği tespit edilmiştir.

Basınç kayıplarının, %30 sıkıştırma durumuna oranla %45 sıkıştırma durumunda daha az çıkmasının sebebi, belli sıkıştırma oranından sonra esnek kanal akış karakteristiğinin rijit kanala benzerlik göstermeye başladığı öngörülmektedir.

Buna ilaveten, tam gerdirilmiş durumda beş farklı dönüş açısında (15°, 30°, 45°, 60° ve 90°) akış doğrultusunda pozitif basınç altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda 254 mm (10 inç) çapında, 35 mm hatveli, yalıtımsız alüminyum-katmanlı esnek hava kanalı için basınç kayıp katsayıları tayin edilmiştir. Bükülme açısına göre basınç kayıp katsayılarının 0,1 ila 1,5 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Esnek-rijit kanal basınç kayıplarının karşılaştırılması sonucunda, esnek kanallarda oluşan basınç kayıplarının, rijit kanaldakine oranla, kullanıcılar arasında oluşan genel kabuldense (2,0) daha düşük mertebede (1,2) gerçekleştiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Deney verileri kullanılarak “Power Law Metodu” ile türetilen ampirik basınç kaybı tahmin

Tablo 1. Sıkıştırma durumuna göre Power Law katsayıları ve maksimum hata miktarları* (254 mm)

Power Law Parametre çifti, (y - x)	Sıkıştırma Durumu (%)	Power Law ($y = ax^b$)		Maksimum Hata ($\pm\%$)
		katsayı, a	üs, b	
$(\Delta p/L - \dot{Q})$	0	4,7464E-06	1,8555	-5 / +5
	5	3,6050E-06	2,1357	-6 / +4
	15	5,1589E-06	2,1393	-5 / +4
	30	8,2419E-06	2,0944	-2 / +1
	45	8,3269E-06	2,0767	-9 / +5

*500 ila 3000 m³/h hacimsel debi aralığına karşılık gelen değerler

denklemleri, esnek kanaldaki basınç düşüşü değerlerini, 700 ila 2.250 m³/h debi aralığında maksimum \pm %5 bir hata ile tahmin edebilmiştir. Türetilen denklemlerin yapısı aynı olmakla birlikte, katsayı ve üs değerleri değişmektedir. Üs değerlerinin, tam gerdirilmiş durum hariç, tüm sıkıştırma durumlarında 2,0 değerinden yüksek olduğu gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] HARRIS, A. D. 1958, "Examination of Flexible Duct", Colliery Engineering 35 (407), pp. 29-30.
- [2] NEVERIL, F. B. and Behls, H. F., "Friction Loss In Flexible Plastic Air Duct", GARD Report 1278-2, October 1965.
- [3] HARRISON, E. 1965, "Balancing Air Flow in Ventilating Duct Systems", IHVE Journal 33, pp. 201-226.
- [4] ACCA, 1995, Residential Duct Systems-Manual D. Air Conditioning Contractors of America, Washington, DC.
- [5] KOKAYKO, M., JOLTON, J., BEGGS, T., WALTHOUR, S., and DICKSON, B., 1996, Residential Ductwork and Plenum Box Bench Tests, IBACOS Burt Hill Project 95006-13. Integrated Building and Construction Solutions, Pittsburgh, PA.
- [6] ABUSHAKRA, B., DICKERHOFF, D. J., WALKER, I. S. and SHERMAN, M. H., 2001, Laboratory Study of Pressure Losses in Residential Air Distribution Systems, Lawrence Berkeley National Laboratory Report LBNL-49293, Berkeley, CA.
- [7] ABUSHAKRA, B., WALKER, I. S., SHERMAN, M. H., 2002, A Study of Pressure Losses in Residential Air Distribution Systems, Proceedings of the ACEEE Summer Study 2002, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington DC, Lawrence Berkeley National Laboratory Report LBNL 49700, Berkeley, CA.
- [8] ABUSHAKRA, B., WALKER, I. S., SHERMAN, M. H., 2004. Compression Effects on Pressure Loss in Flexible HVAC Ducts, International Journal of Heating, Ventilating, Air-Conditioning and Refrigeration Research, 10 (3): 275-289.
- [9] CULP, C., HVAC Flexible Duct Pressure Loss Measurements, ASHRAE RP-1333, Final Report, 2011.
- [10] WEAVER, K.D., "Determining Pressure Losses For Airflow in Residential Ductwork", MSc. Thesis, Mechanical Eng. Dept., Texas A&M University, December 2011.
- [11] ANSI/ASHRAE Standard 120-2008, "Method of Testing to Determine Flow Resistance of HVAC Ducts and Fittings", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.