

HAVALANDIRMA KANALLARINDA MEYDANA GELEN KAÇAK MİKTARININ TESPİT EDİLMESİ ve BUNU ÖNLEMeye YÖNELİK UYGULAMALAR

Çiğdem AYDIN - Sinan AKTAKKA

Kirami KILINÇ - Barış ÖZERDEM

ÖZET

Binaların en önemli işlevlerinden bir tanesi, içinde yaşayanlar için uygun bir ortam sağlamasıdır. Binaların bu işlevini yerine getirmesi için iklimlendirme yapılmaktadır. Hava kanalları ve bağlantı parçaları, yaşam alanları için gerekli temiz havanın tüm sisteme dağıtılması ve ısı konforunun sağlanması açısından klima ve havalandırma tesisatlarının önemli bileşenlerindedir. İç hava kalitesinin yükseltilmesi amacıyla yapılan çalışmalardan biri de hava kaçaklarından meydana gelen verimsiz çalışmanın ve enerji kayıplarının önlenmesidir. Hava kanal ve bileşenlerinden meydana gelen hava kaçaklarından dolayı oluşan enerji kayıplarına yönelik araştırmalar pek çok gelişmiş ülkede yapılırken ülkemizde, havanalları ile ilgili

standartlar oluşturulmasına rağmen, mevcut değildir. Bu çalışmada, Avrupa ve Türk Standartlarına uygun bir test düzeneği yardımıyla kanallardan olan hava kaçakları miktarları dört değişik kanal için ölçülmüş ve kaçak önlemeye yönelik olarak yapılması gereken uygulamalar tartışılmıştır.

1. GİRİŞ

Şartlandırılmış havanın ısıtma veya soğutma cihazlarından itibaren taşınması ve istenen ortama verilmesi için havakanalları kullanılmaktadır. Hava kanalları, ayrıca, dış ortam havasını iç hacim içeresine dağıtmak veya egzoz edilecek havayı dış ortama atmak için de kullanılırlar. Genel olarak havakanalları; bağlantı parçaları (dirsek, te, redüksiyon v.b.), çeşitli fiziksel büyüklükleri (sıcaklık,

Çiğdem AYDIN

1977 yılında Kırklareli / Pınarhisar'da doğmuştur. 1999 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. 1999 yılında tesisat sektöründe çalışmaya başlamıştır. 2001 yılında Mekanik Tesisat Uzman Mühendis ünvanını kazanmıştır. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir. Hava kanalı ve havalandırma sistem ekipmanları üretimi yapan VENCO A.Ş. çatısı altında mühendis olarak çalışmalarını sürdürmektedir.

Sinan AKTAKKA

1972 yılında Kütahya / Tavşanlı'da doğmuştur. 1989 yılında Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümünde lise eğitimini, 1993 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini ve 1997 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 1995-96 yıllarında Meltem Klima A.Ş.'de Dizayn Mühendisi, 1996-97 Ege Endüstri A.Ş.'de, 1997-2000 yıllarında Mekanik Klima A.Ş.'de Proje Mühendisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından itibaren VENCO A.Ş.'de Ar-Ge Mühendisi olarak görev yapmaktadır. TTMD ve ASHRAE üyesidir.

nem, basınç, CO₂ konsantrasyonu vb.) algılayan sensörler, ısıtma, soğutma, nemlendirme ve nem alma gibi hava şartlandırma cihazları ile birlikte klima ve havalandırma tesisatlarını oluştururlar. Bu tesisatların kullanımı da gelişen teknoloji ve konfor talepleri ile giderek artmaktadır. İklimlendirme yapılan binalarda çalışan insanların üretkenliklerindeki artış ile sağlık harcamalarındaki azalışın %5-15 arasında değiştiği belirtilmektedir [1].

Hava kanalları, kullanım yerlerine ve amaçlarına göre, galvanizli, karbon veya paslanmaz çelik, alüminyum, bakır sac gibi metal malzemelerden imal edildikleri gibi, fiberglas veya plastik malzemelerden de imal edilebilirler. Hava dağıtım sistemlerinde ağırlıklı olarak galvaniz çelik sac kullanılır. Ancak, yüksek sı

caklıklarda (200 °C) korozyon riski arttığından bu sıcaklıklarda ve aşındırıcı ürün dağıtım sistemlerinde kullanımı dezavantaj yaratmaktadır. Mutfak egzoz sistemleri gibi yüksek sıcaklıkta çalışan kanal sistemlerinde, bunun yerine karbon veya paslanmaz çelik saclar tercih edilir. Özellikle nem olduğu veya hijyenik şartların önemli olduğu mahallerde korozyon ihtimalini

minimize etmek için paslanmaz çelik kullanımı ön plana çıkar. Bazı özel egzoz ve nem yüklü kanal sistemlerinde ise tercih alüminyum ve bakır malzemelerden yana olmaktadır. Geometrileri dikkate alındığında ise hava kanalları, silindirik, oval ve dikdörtgen olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların içerisinde hava akış profili ve gürültü açısından en uygun kanallar silindirik ve oval olanlardır. Bu kanallarda ortalama basınç değerlerinde daha yüksek hava hızlarına çıkılabilmektedir. Silindirik kanallar genel olarak, spiral kenetli veya boy kenetli olarak imal edilmektedirler [2]. Silindirik hava kanallarını dikdörtgen kesitli kanallardan ayıran özellikler :

1. Montaj maliyetinin düşüklüğü,

2. Tüm ürünlerin standart ölçülerde olması,

3. Aynı sac kalınlığında, eşdeğer alanlı dikdörtgen kesitli kanallara göre daha mukavim olmaları,

4. Basınç kayıplarının düşük olması,

5. Kanal iç yüzeylerinin kolay temizlenmesi,

6. Contalı bağlantı alternatifi sayesinde hava kaçağının az olduğu sistemlerin kurulmasına imkan vermesi,

7. Estetik tercihler şeklinde sıralanabilir.

Havanın şartlandırılması ve taşınması sırasın

Kırami KILINÇ

1959 yılında Gökşun'da doğmuştur. 1988 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. 1988-89 yılları arasında HAVATEK A.Ş. bünyesinde, TOFAŞ boyahane tesis imalatı ve montajı işinde şantiye şefi olarak çalışmıştır. 1989 yılında kısa dönem askerlik hizmetinden sonra, 1990-1997 yılları arasında DESA A.Ş.'de, sırasıyla; GM-OPEL otomobil fabrikası mekanik tesisatı işi saha mühendisi, TOFAŞ A.Ş. ve OYAK-RENAULT A.Ş. fabrikaları Boyahane tesisleri imalat ve montaj işleri şantiye şefi, Büyük Efes Otel su filtreleme ve yumuşatma tesisi ve açık kapalı yüzme havuzu tesisatları işi şantiye şefi, Desa Boyahane Tesisleri Şefi olarak görev yapmıştır. 1997 yılından itibaren havalandırma ekipmanları ithalat ve satışı yapan İMCO firmasının şirket ortağı olarak çalışmalarına devam etmekte olup, 2000 yılında hava kanalı ve havalandırma sistem ekipmanları üretimi yapan VENCOCO A.Ş kurucu üyeleri arasında yer almış ve halen firmanın Genel Müdürü olarak çalışmaktadır.

Barış ÖZERDEM

1982 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini 1985, doktora eğitimini ise 1991 yılında aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladı. 1983 yılından 1991 yılına kadar Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalıştı. Araştırmalarına 1992 – 1994 yılları arasında Amerika'da bulunan "Catholic University"de devam etti. 1994-1999 yılları arasında özel bir firmada yönetici olarak görev yaptı. 1999 yılında İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde öğretim üyesi olarak göreve başladı ve 2001 yılında Doçent ünvanını aldı. Halen İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümünde Bölüm Başkanı olarak çalışmaktadır. Ağırlıklı olarak jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, termodinamik ve ısı transferi konularında çalışmalarına devam etmektedir.

da enerji kaybının minimum değerde olması için istenir. Kanallarda ortaya çıkan enerji kaybı DW/142 Standardı'na göre, hava kanalları'nın nedeni: Kanal içerisindeki hava ile çevre arasındaki basınç sınıflandırması Tablo 1'de havası arasındaki ısı geçişi ve sürtünme ile kanalın içine veya dışına olan hava sızıntısıdır. Bu kayıplar, uygun olmayan tasarım ve imalatlar yapıldığında çok büyük değerlere ulaşmaktadır. Hava sızıntılarının kanallarda doğru olarak ölçülmesi zor olmakla beraber, besleme kanallarındaki hava akışının ortalama %25'i hava kaçağı olarak kabul edilmektedir [3]. Ayrıca, diğer bir çalışmanın sonucuna göre de, değişken debili sistemlerin besleme kanallarında oluşacak %20 değerindeki hava kaçağının, besleme fanının kullandığı enerjiyi %65 ve soğutma yükünü %10 arttıracakları belirtilmektedir [4].

Basınç Sınıfı	Statik Basınç (Pa)		Ortalama Hava	Hava Kaçak
	Pozitif	Negatif		
Düşük	500	500	10	Sınıf A
Orta	1000	750	20	Sınıf B
Yüksek	2000	750	40	Sınıf C
	2500	750	40	Sınıf D

Hava kanallarının imalatı ve testleri ile ilgili başlıca standartlar, SMACNA [5], EUROVENT [6] ve DW/142 –143 [7]'dir. Ülkemizdeki bu alanda geçerli olan standartlar ise; boyutları Tablo 3'de verilmektedir.

Hava Sızıntı Sınıfı	İzin verilen sızıntı miktarları
Düşük Basınç Sınıf A	$0,027 \times p^{0,65}$
Orta Basınç Sınıf B	$0,009 \times p^{0,65}$
Yüksek Basınç Sınıf C	$0,003 \times p^{0,65}$
Yüksek Basınç Sınıf D	$0,001 \times p^{0,65}$

landırmaya yönelik olarak TSEN 1505-1506 [8] ve dayanım ve sızdırmazlık testlerine yö-

Statik Basınç (Pa)	İzin verilen sızıntı miktarları (l/sm ²)		
	Sınıf A	Sınıf B	Sınıf C
400	1,32	0,44	-
1000	-	0,80	-
1200	-	-	0,30
1500	-	-	0,35

gösterilmektedir. Tablo 2'de verilen sınır değerler uygulandığında ise, her sınıf için izni verilen hava sızıntı miktarı tespit edilir. Burada "p" pascal olarak statik basınç değeridir.

Eurovent ve TS Standartlarında, düşük basınç sınıfı (Sınıf A) 400 Pa olarak belirtilmiş ve Sınıf D tanımlanmamıştır. Buna göre belirlenen en yüksek sızıntı miktarları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3'de verilen değerler çalışılan kanal sistemlerini için geçerli olup, imalat sonrası ürünlerin laboratuvar ortamında yapılan testlerde bu değerlerin %50'si dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmanın amacı; SMACNA Standardına uygun olarak imal edilen deney düzeneğinin yardımıyla, geometrileri, boyutları ve imalat yöntemleri farklı dört hava kanalında yapılan hava kaçağı ile ilgili test sonuçlarını sunmak ve bu veriler ışığında, hava kaçaklarına karşı alınması gereken önlemleri tartışmaktır.

2. KANAL SIZINTI MODELİ

Hava sızıntısı kanal boyunca kanal içi ve

dışı arasındaki basınç farklılıkları sonucunda Ortalama hava hızı m/s cinsinden;

da oluşur. Bir menfezde veya hava sızıntısına neden olan açıklık boyunca akışkana etki eden basınç kuvvetleri, akışkanın daha düşük basınçtaki alanlara doğru gitmesine sebep olur. Açıklık boyunca herhangi bir noktadaki ortalama hız değeri, akış yönündeki basınç kuvveti ile buna ters yöndeki viskoz kuvvetin farkından hesaplanır. Sızıntı debisi ise, süreklilik denklemi kullanılarak elde edilir. Tek boyutlu, kararlı ve sıkıştırılamaz akışkan kabulleri ile iki nokta arasındaki enerji denklemi,

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + \sum \text{kayıplar} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Girişte sızıntı olmadığından,

$$V_2 = \sqrt{2 \frac{(p_1 - p_2)}{\rho} - \sum \text{kayıplar}} \quad (2)$$

eşitliği elde edilir. Burada $(p_1 - p_2)$ terimi kanal içindeki ve dışındaki basınçların farkını göstermektedir. $\sum \text{kayıplar}$ terimi ise sızıntının olduğu açıklıktaki toplam akış kayıplarını gösterir. Süreklilik denklemi kullanılarak da hava sızıntı debisi aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$Q = \int_A \dot{V}_{\text{ort}} dA = \sum_{i=1}^m V_i A_i \quad (3)$$

Burada; Q hava sızıntı debisi, A deney düzeneği kesit alanı ve V_{ort} ortalama hava hızıdır.

$$V_{\text{ort}} = \frac{\int_A \dot{V}_{\text{ort}} dA}{A_{\text{KesitAlan}}} = \frac{\sum_{i=1}^m V_i A_i}{A_{\text{KesitAlan}}} = \frac{1}{m} \sum V_i \quad (4)$$

olarak ifade edilmiştir [10,11].

Hava sızıntısı faktörü, f, birim kanal yüzey alanından olan hava sızıntı debisi olarak l/s m² cinsinden,

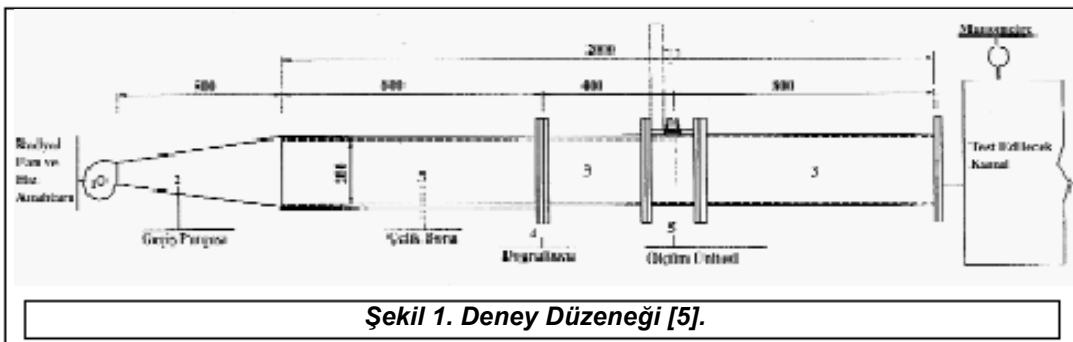
$$f = \frac{Q}{A_{\text{YüzeyAlanı}}} \quad (5)$$

olarak ifade edilmiştir.

3. DENEY DÜZENEĞİ VE YÖNTEMİ

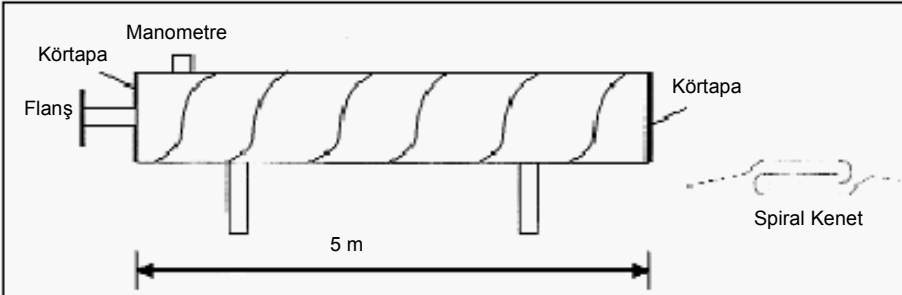
3.1. Deney Düzeneği

Hava sızıntı debileri, deneyi yapılan kanal için belirlenen iç basıncı sabit tutmak için gerekli olan ilave hava debisi ölçümleri ile belirlenmiştir. Sızıntı ölçümlerinin yapıldığı deney düzeneği SMACNA Standardına uygun olarak imal edilmiş olup Şekil 1’de gösterilmektedir. Deney düzeneği, devri hız anahtarı ile ayarlanabilir radyal bir fan dan, geçiş parçasından, hava hızının ölçüldüğü kesitte düzgün bir akış elde edebilmek için kullanılan akım doğrultusundan ve hava hızının hassas bir şekilde ölçmeye yarayan dijital anemometreden ve test edilecek kanal üzerine monte edilmiş olan manometreden oluşmaktadır. Kanal giriş ve çıkış kesitlerinin yanıl yüzeyle olan bağlantıları sızdırmaz bir şekilde kapatılmıştır. Ölçüm yapılan deney düzeneğinde sızıntı olmamaktadır.

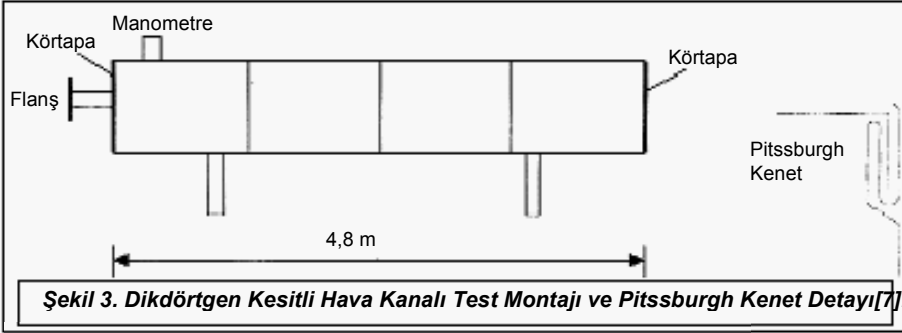


Şekil 1. Deney Düzeneği [5].

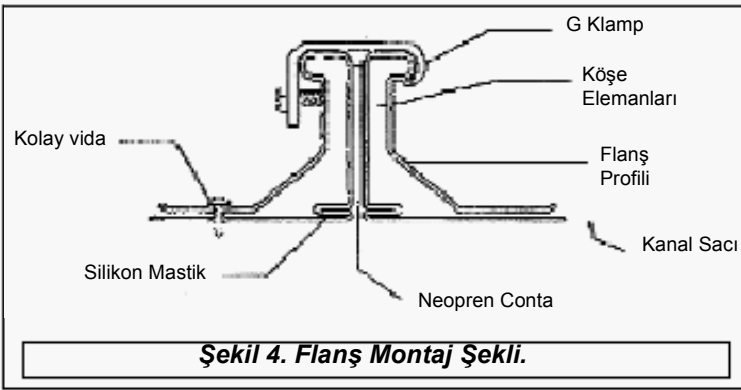
Silindirik hava kanalları imalatında spiral kenet (Şekil 2) uygulanmıştır. Bu tip kenetli birleştirme şekli



Şekil 2. Spiral Kanal Test Montajı ve Yivli Kenet Detayı [7].



Şekil 3. Dikdörtgen Kesitli Hava Kanalı Test Montajı ve Pittsburgh Kenet Detayı [7].



Şekil 4. Flanş Montaj Şekli.

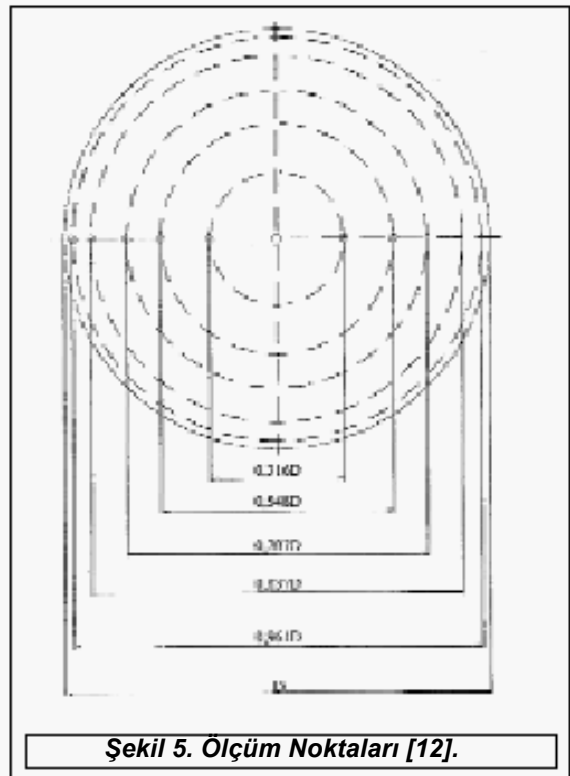
sadece fabrikasyon imalata uygundur ve tüm basınç sınıflarında sızdırmaz olarak kabul edilmiştir. Kenet ek yerlerinde herhangi bir conta, mastik uygulaması mevcut değildir. Spiral kanal 5 m uzunluğunda imal edilmiş ve kanalın her iki tarafı körtapa ile kapatılmış ve sızdırmazlığın sağlanması için mastik uygulanmıştır. Kanalın test düzeneğine montajı bir bağlantı parçası ve flanş ile yapılmıştır. Spiral kanal iki noktadan askıya alınmıştır. Kanalın üst kısmına manometre bağlantısı için manşon kaynatılmıştır (Şekil 3).

Testi yapılmış olan dikdörtgen kesitli takviyeli hava kanalları imalatında Pittsburgh kenet (Şekil 3) uygulanmıştır. Dikdörtgen kesitli hava kanallar 1200 mm'lik boylar halin

de flanşlı ve contalı bağlantı ile birleştirilmiştir. Kanalların imalatı sırasında kendinden mastikli flanş (Şekil 4) kullanılmış ve kanalların köşe birleştirme noktalarına içten mastik uygulanmıştır. Kanalın her iki tarafı körtapa ile kapatılmış ve sızdırmazlığın sağlanması için mastik uygulanmıştır. Kanalın test düzeneğine montajı bir bağlantı parçası ve flanş ile yapılmıştır. Dikdörtgen kanallar iki noktadan askıya alınmıştır. Kanalın üst kısmına manometre bağlantısı için manşon kaynatılmıştır.

3.1. Deney Yöntemi

Deney düzeneğine test edilecek kanal bağlandıktan sonra fan çalıştırılır ve hız anahtarı ayarı ile sistemin istenilen basınç değerine gelmesi sağla-



Şekil 5. Ölçüm Noktaları [12].

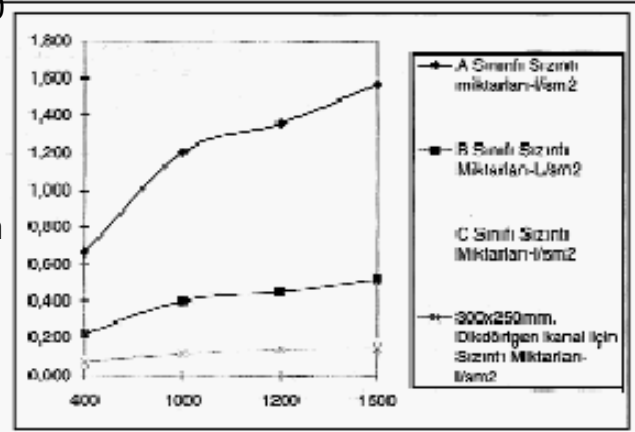
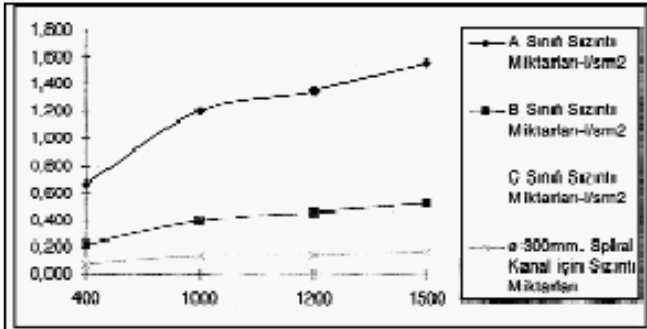
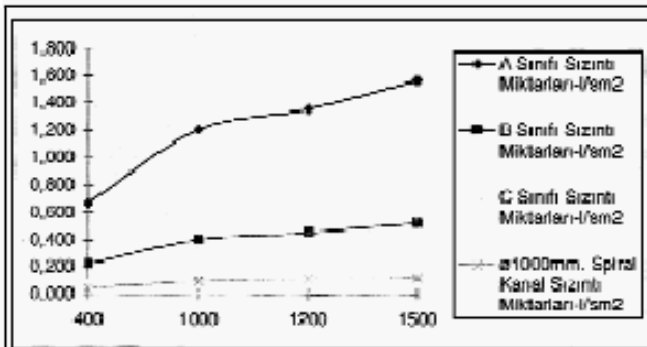
Tablo 4. Testi Yapılan Kanalların Fiziksel Özellikleri.

	Boyutlar (mm)	Sac Kalınlıkları (mm)	Kanal Boyu (m)	Yüzey Alanları (m ²)
Silindirik Hava Kanalı	Ø 300	0,65	5	4,71
Kanalı	Ø 1000	1,05	5	15,70
Dikdörtgen Hava Kanalı	300 x 250	0,55	4,8	5,28
Kanalı	1000 x 500	0,75	4,8	14,4

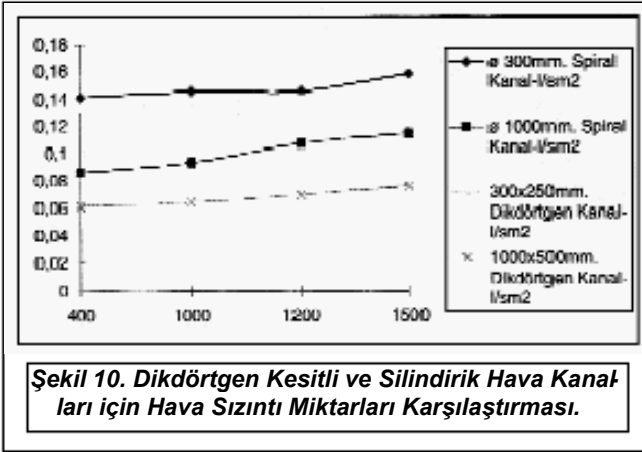
nır. Burada amaç, standartlarda belirtilen 400 Pa, 1000 Pa, 1200 Pa, 1500 Pa, değerlerine ulaşmaktır. Sistemin bu değerlerde rejime gelmesi, test edilecek kanalın üzerine monte edilmiş bulunan manometre ile kontrol edilir. Deneylerde sistemin sabit rejime gelmesi için 15 dakika beklenmiş ve daha sonra ölçümlere geçilmiştir.

Deney düzeneğinde ölçüm ünitesi olarak, hava doğrultucusundan itibaren 2D-mesafe sinde dijital anemometre kullanılmıştır. Bu noktada hava hareketinin tespit edilmesi, bir miktar havanın test edilen kanaldan sızdığı nın bir göstergesidir. Ortalama hız değerleri

nin okunabilmesi için 5 dakika boyunca (sadece bir ölçüm noktası için) değerler kaydedilmiştir. Hava hızları Şekil 5'de gös-

**Şekil 8. Dikdörtgen Kesitli Hava Kanalı (300mmx250mm) için Hava Sızıntı Miktarları.****Şekil 6. Silindirik Kanal (Ø 300mm) için Hava Sızıntı Miktarları.****Şekil 7. Silindirik Kanal (Ø 1000mm) için Hava Sızıntı Miktarları.****Şekil 9. Dikdörtgen Kesitli Hava Kanalı (1000mmx500mm) için Hava Sızıntı Miktarları.**

terilen deney düzeneği üzerindeki noktalarda okunmuştur. Yatay ve düşey eksen üzerinde toplam 16 noktaya ait hız değerleri Denklem (4)'de yerine konarak ortalama hava hızı elde edilmiştir. Deney düzeneği kesit alanı ile ortalama hız değeri çarpılarak da hava sızıntı debisi bulunmuştur. Bulunan debi değeri testi yapılan hava kanalının yüzey alanına bölünerek d , f , sızıntı faktörü hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler standartlar



da izin verilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Test edilen tüm kanalların, sac kalınlıkları belirlenirken konfor tesisatı havalandırma kanalları orta basınç sınıfı uygulama alanı olarak esas alınmıştır. Testi yapılan kanalların fiziksel özellikleri Tablo 4'de verilmektedir.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Şekil 6 'da Ø 300mm ve Şekil 7 'de Ø 1000mm çapında spiral kenetli hava kanalı için elde edilen test sonuçlarına göre sızıntı miktarları ve sınıfları görülmektedir. Tüm spiral kanallar test sonuçlarına göre C sınıfı sızdırmazlık değerlerinin altındadır.

Şekil 8'de 300mm x 250mm ve Şekil 9'da 1000mm x 500mm dikdörtgen kesitli hava kanalının sızıntı değerleri ve sınıfları görülmektedir. Tüm dikdörtgen kesitli kanallar test sonuçlarına göre C sınıfı sızdırmazlık değerlerinin altındadır.

Şekil 10'da silindirik hava kanalları ve dikdörtgen kesitli hava kanalları için test sonuç

larına göre sızıntı miktarları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Silindirik ve dikdörtgen kanallar karşılaştırıldığında; eşdeğer yüzey alanları birbirine eşit olan Ø300mm çapındaki silindirik kanaldan olan sızıntı miktarı, 300mmx250mm. dikdörtgen kesitli hava kanalından olan sızıntıdan daha fazladır. Bunun nedeni; birim yüzey alanında, kenetli birleşmenin olduğu mesafenin (Tablo 5), silindirik kanalda daha fazla olmasıdır. Başka bir deyişle, birim yüzey alanındaki silindirik kenet uzunluğu, Pittsburgh kenet ve kenar birleşme uzunluğunun 5,5 katı iken, silindirik kanalda meydana gelen sızıntı, dikdörtgen kanalda meydana gelen sızıntı miktarına göre %15 daha fazla olur. Ancak, eşit birleşme uzunluğuna sahip silindirik ve dikdörtgen kesitli iki kanal (eşdeğer yüzey alanlara sahip) dikkate alınırsa (Tablo 5), sızıntı miktarının silindirik kanalda %80 daha az olduğu görülmektedir.

Sızıntı miktarı, aynı kenet yapısına sahip kanallarda, yüzey alanı arttıkça azalmaktadır. Bu durum, dikdörtgen kesitli kanalda birim alana düşen kenet ve birleşme mesafelerindeki azalmanın bir sonucudur. Silindirik hava kanallarında ise, kenet mesafeleri sabit kalmasına rağmen, imalat yönteminden dolayı (sac kalınlığı ve sıkıştırma şekli açısından) daha sızdırmaz bir kanal elde edilmektedir..

Havalandırma kanalları, çok özel uygulamalar dışında (ortama karışması kesin olarak istenmeyen gazların nakli gibi), tam sızdırmaz değillerdir.

Kanalların işlevlerine göre, önceden belirlenen, izin verilebilir sızıntı miktarına karşılık gelen sınıfa göre imalatları ve kontrolleri yapılmalı-

Kanal Boyutları (mm)	1500Pa Test Basıncında Sızıntı Miktarları (l/sm ²)	Birim Alandaki Kenet Uzunluğu (m)	1m Uzunluktaki Kenetten Olan Sızıntı Miktarı (l/sm ²)
Ø 300	0,159	8,34	0,019
Ø 1000	0,115	8,34	0,014
300x250	0,145	1,53	0,095
1000x500	0,076	0,96	0,079

dır.

Hava sızıntı miktarının izin verilen sınırlar arasında olması;

- Gereğinden büyük kapasiteli ekipman kullanımını engellemesi,
- Gürültünün en az seviyeye indirilmesi ,
- Konfor kliması dışındaki özel amaçlı uygulamalarda kontrol sistemlerine yardımcı olunması açısından önemlidir.

Sonuç olarak, hava kaçaklarının önlemeye yönelik uygulamalar şöyle sıralanabilir:

- İmalat aşamasında standartlara uygun sac kalınlıkları kullanılmalıdır,
- Kanal bağlantı şekli olarak contalı bağlantı tercih edilmelidir,
- Kanal askı sisteminin montajı düzgün yapılmalı ve standartlarda belirtilen mesafeler korunmalıdır.
- Bir kısıtlılık olmadığı sürece hava sızıntısının daha az olduğu silindirik kanallar tercih edilmelidir,
- Dikdörtgen kanalların flanş ve köşe birleştirme noktalarına silikon uygulaması yapılmalıdır,
- Dikdörtgen kanallarda kendinden mastikli flanşlar kullanmaya özen gösterilmelidir,
- Hava kanallarının nakli, montajı esnasında işçilikten doğacak hataların sızıntı miktarlarını arttıracak hususu dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] WYON, D.P., "Healthy buildings and their impact on productivity", Proceedings of Indoor Air, 3-13,1993.

[2] ÇİMEN,F."Hava kanalları", Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi: Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı 1, Mart-Nisan2003.

[3] FISK, W.J., DELP, W., DIAMOND ,R., et al. "Duct systems in large commercial buildings: physical characterization, air leakage, and heat conduction gains", Energy and Building, 32, 109-119, 2000.

[4] FRANCOLI, E., DELP, W., MODERA, M.P., " Impact of duct air leakage on VAV system energy use", LBNL-42417, Lawrence Berkeley National Laboratory , Berkeley, CA.,1998.

[5] SMACNA, "HVAC Air Duct Leakage Test Manual", Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association, INC., 1985.

[6] EUROVENT 2/2, "Air Leakage Rate in Sheet Metal Air Distribution Systems", EUROVENT 2/3, "Sheet Metal Air Ducts", EUROVENT 2/4, "Sheet Metal Air Ducts –Standard for fittings", 1996.

[7] DW 142, "Specification for Sheet Metal Duct Work", DW 143, "Ductwork Leakage Testing", 1982.

[8] TSEN 1505, "Sac Metalden Yapılan Dikdörtgen En Kesitli Hava Kanalları", 1999, TSEN 1506, "Dairesel En Kesitli Sac Metal Hava Kanalları",1998.

[9] TSPREN 1507, "Dikdörtgen En Kesitli Sac Metal Hava Kanalları-Özellikler ve Deneyler", TSPREN -12237, "Dairesel En Kesitli Sac Metal Hava Kanalları –Özellikler ve Deneyler", 1998.

[10] SWIM, W, GRIGGS,E., "Duct Leakage Measurement and Analysis", ASHRAE Transactions, 274-291, 1998.

[11] YEĞEN,İ., "Değişik Koşullarda Çalışan Vantilatörlerin Denenmesi", Mühendis ve Makine, 17, 1973.

[12] ASME , "Test Code for Fan", 1946.