

Kanal Tipi Isıtma Soğutma Bataryalarında Hava Kaçaklarının İncelenmesi

Hatice TOSUN
Engin SÖYLEMEZ
Ayhan ONAT

ÖZET

Yapılan çalışmada kanal tipi ısıtıcı soğutucu bataryalarda hava kaçağı değerlerinin, kaçakların neden kaynaklandığının ve muhtemel kaçak bölgelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Batarya içinde hava kaçak miktarını ve bölgelerini belirlemek için, öncelikle kanal tipi ısıtma-soğutma bataryalarında referans bir ürün üzerinde 400, 800, 1200, 1600 ve 2000 Pa ortalama test basınçlarında, testler gerçekleştirilmiştir. Referans ürün üzerinde iyileştirmeler sırasıyla uygulanmış ve ürün yeniden test edilerek, iyileştirmelerin etkisi referans sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada uygulanan iyileştirmeler: (1) Bataryanın köşelerine silikon sıkılması, (2) Ayna-kapak birleşim bölgelerine conta yerleştirilmesi, (3) Her iki iyileştirmenin birlikte uygulanması ve son olarak (4) Ayna ve borular arasındaki boşlukların kapatılmasına ilişkin, uygun ayna malzemesi ve kalınlığının tespitidir.

Anahtar Kelimeler: Isıtma Bataryası, Soğutma Bataryası, Kanal Tipi, Hava Kaçağı.

1. GİRİŞ

Konut, ticari ve endüstriyel binalarda kullanılan klima sistemleri konusunda yapılan çalışma ve araştırmalarda, iç hava kalitesi, ısı konfor, sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması gibi kavramların yanı sıra, hava kaçaklarının neden olduğu enerji kayıplarına da odaklanılmalıdır [1]. Klima santrallerinin kanal sistemlerinde kullanılan kanallar, sac metal, esnek plastik ve kompozit malzemelerden yapılabilen, dairesel, dikdörtgen ve elips (oval) şeklinde üretilebilmektedir. Bununla birlikte çeşitli amaçlar için kullanılan, damperler, dönüş kanalları, değişken hava hacimli (VAV) kontrol üniteleri klima sistemlerinde kullanılan diğer önemli elemanlara örnek gösterilebilir [2].

Çeşitli araştırma ve çalışmalar, klima santrallerinde (AHU) ve kanallarda hava kaçaklarından dolayı meydana gelen enerji kayıplarının önemli bir düzeyde olduğunu göstermektedir. Özellikle ofis, büyük ticari ve endüstriyel binalar ve konutlarda bulunan kanal sistemlerin-

Abstract:

In this study, it is aimed to investigate the amount of the air leakages, the root of the leakages and certain leakage zones in duct type heating cooling coils.

In order to define the amount of leakages and leakage zones, first of all, the tests have been carried out on a reference coil at the average test pressures of 400, 800, 1200, 1600, and 2000 Pa. Enhancements have been applied on the reference coil alternately and the reference coil has been re-tested. Then, the effect of the enhancements is compared to the reference results. The enhancements are: (1) The corners have been closed with a multipurpose sealant (2) A rubber joint/seal have been used between the zones where casings and end-plates are combined (joints of the product), (3) Both enhancements are applied together (4) In terms of avoiding the holes between the end-plates and tubes, accurate end-plate material and thickness are defined.

Key Words:

Heating Coil, Cooling Coil, Duct Type, Air Leakage

Makale

deki kava kaçakları, uygun olmayan havalandırma kanalları ve kötü monte edilen komponentler, yeterli sızdırmazlık çalışmaları, yıpranmış bantlar ve bakım sırasındaki fiziksel hasarlardan meydana gelmektedir [3]. Hava kaçağı, kanallarda ciddi bir sorun olmasına karşın, hava kaçaklarını azaltmanın gerekliliği üzerinde yakın zamana kadar yeterince durulmamıştır. Hava kaçağı ile meydana gelen ekstra hava ihtiyacı, fan tarafından sağlanarak, artı enerji sarfiyatına sebep olur. Hava kaçaklarındaki artış fan yükünde, böylece fan güç tüketiminde bir artışa yol açar [4]. Carrie, Bossaer, Andersson, Wouters ve Liddament, kanal kaçakları üzerine Belçika ve Fransa'da 42 kanal sisteminde araştırmalar yapmıştır. Bu çalışma hava kaçak oranlarının EUROVENT 2 (Sınıf A)'de yer alan maksimum hava kaçağı sınırından üç kat daha fazla olduğunu göstermiştir [3].

Özerdem ve Aydın [2] hava kaçağının enerji sarfiyatındaki etkisi üzerine bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları deneyler, birleşme yüzeyleri ve köşelerden olan kaçak miktarının dairesel kanallarda % 92 ve dikdörtgen kanallarda ise % 86 olduğu ve bu kaçakların toplam hava kaçağı içinde en yüksek orana sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, (seam leakage) bağlantı yeri kaçakları, dairesel için en fazla % 13 ve dikdörtgen kanallar için % 20 ile toplam kaçak içerisinde önemli bir paya sahiptir. Sızdırmazlık contaları kullanarak kaçak miktarını azaltmak bir çözüm olarak önerilmiştir. Fisk [4] büyük ticari binalardaki kanal sistemleri içindeki hava kaçaklarını araştırmıştır. Araştırmada, kanalların enerji kayıplarının, hem hava kaçağı hem de iletimle tetiklendiği vurgulanmıştır. Buna ek olarak, besleme kanalında tahmin edilen hava kaçak miktarının, giriş hava debisinin % 0 ila % 30 aralığında yer almaktadır.

Klima santrallerinde kanallardaki hava kaçağı sınırlarının ve kaçak sınıflarının belirlenmesi için, Eurovent 2/2, EN 1886 ve DW/143 (kanal sızdırmazlık testi), EN 1751, SMACNA (HVAC Hava Kanal Sızdırmazlık Testi El kitabı) ve EN 15727:2010 gibi çeşitli standartlar referans alınmaktadır. Bu standartların tümü, uygulamalarda hava kaçakları sebebiyle meydana gelen fazla maliyet,

gereksiz güç kaybı ve gürültü sorunlarını önlemede zorlayıcı yönde etkide bulunmaktadır. Bu çalışmada ise, kanal tipi ısıtma-soğutma bataryalarının hava kaçaklarının, kanallar ile ortak karakteristikler göstermesi nedeniyle aynı standartlar dikkate alınmıştır.

Kanal tipi bataryalar; büyük ve yüksek kapasiteli tek klima santrali ile şartlandırma yerine; her katın kendi konfor ihtiyacını karşılayabileceği yüksek enerji verimliliğine sahip kompakt tip klima santralleri ile beraber kullanılabilirler gibi; merkezi bir santral ile birden fazla sayıda kullanılarak her zonanın ayrı ayrı şartlandırılması maksadı ile de kullanılmaktadırlar. Bunların yanında çeşitli proseslerde ve ek kapasite ihtiyacı olduğu durumlarda da ısıtıcı ya da soğutucu olarak tercih nedeni olmaktadır. Kanal tipi bataryalar ile akuple olarak çalışan yüksek enerji verimliliğine sahip ısı geri kazanım santralleri kompakt bir yapıya sahip olduklarından; ek bir alan ihtiyacını duymamaktadırlar. Dolayısı ile her katın kendi konfor ihtiyacında şartlandırılması vb esnekliklerin yanında; alandan da tasarruf sağlayarak bu alanların başka maksatlar için kullanılmasına da olanak sağlamaktadırlar.

Bununla beraber; değişken debili (VAV) sistemlerin sıkça kullanıldığı hastane, alış-veriş merkezi, toplantı salonları gibi mahallerde, hava tek bir santral ile belli bir değere kadar şartlandırılmaktadır. Daha sonra, hava, kanallarla taşınarak mahale kadar getirilmektedir. Her mahalın kendi talebine ve ihtiyacına uygun son şartlandırma ise bir debi ayarlamaya cihazı (VAV kutusu) ve kanal tipi batarya kullanılarak yapılmaktadır. Böylece sistemin tümü içindeki enerji verimliliği yanı sıra şartlandırılmış havanın uzun kanallar boyunca taşınması sırasındaki enerji kaybı da önlenmektedir. Binaların güneşte kalan bölümlerinde ek soğutma kapasitesi ihtiyacını karşılamak üzere de kanal tipi batarya kullanımı uygulama alanlarındadır.

Klima kanallarının önemli bir elemanı durumundaki kanal tipi bataryalarındaki hava kaçakları henüz, yeterince incelenmediği gibi, kaçak sınırları, klima kanalları için belirlenen standartlara tabi tutulmuştur.

Bu durum, kanallara nazaran çok daha küçük yüzey alanına sahip bataryaların, sırasıyla en iyi sızdırmazlık sınıfları olan D ve C sınıflarının sağlanmasında güçlü çıkarmaktadır. Kanal tipi batarya üreticileri, son yıllarda enerji verimliliği konusunda artan duyarlılıkla birlikte, ürünlerindeki hava kaçak miktarını azaltmakla kalmayıp, bunların hava sızdırmazlık sınıflarının tespiti için standartlara uygun ölçüm düzeneklerini kurmaktadırlar.

2. ARAÇ VE YÖNTEMLER

2.1. Malzemeler

2.1.1. Orifis Plaka ile Ölçüm Yöntemi

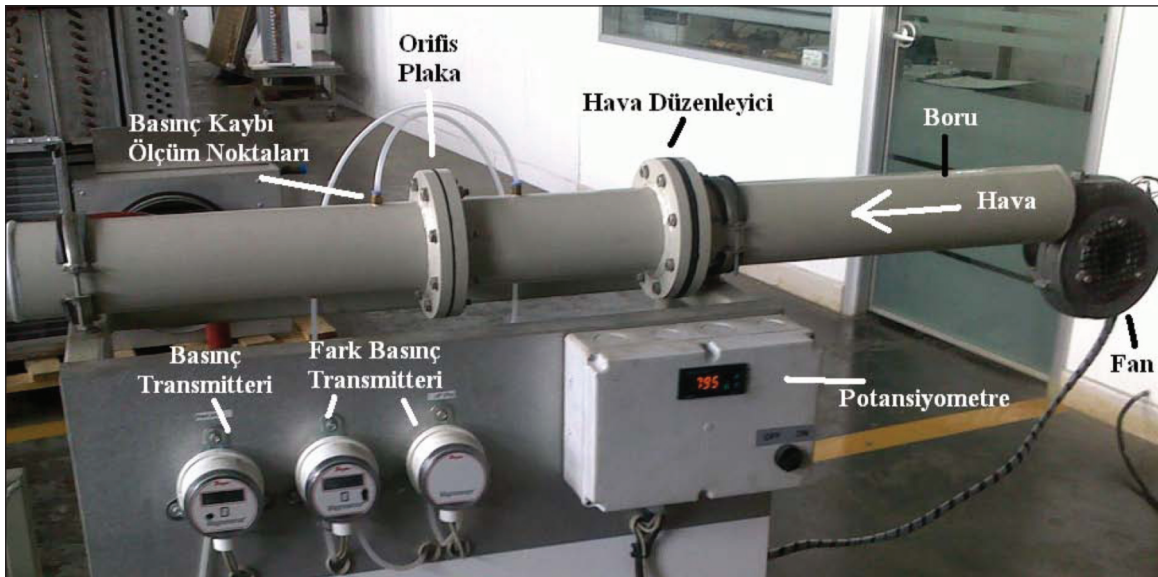
Proctor ve Srinivasan [6] kanallardaki hava kaçaklarını ölçmek için kullanılan çeşitli test yöntemlerini çalışmalarında ortaya koymuşlardır. [5] [6] Proctor ve Srinivasan [6] hava kaçağı ölçümleri için en doğru ve duyarlı yöntemin orifis plaka ile ölçüm yönteminin olduğunu ileri sürmüştür. Orifis plaka yöntemi, hava kaçakları ile ilgili yapılan bilimsel araştırmalarda ve standartlarda kabul edilebilir değerlerin bulunmasında/ölçülmesinde temel yöntem olarak kullanılmaktadır. Sabit geometriye sahip orifis plakaları, özellikle petrol ve gaz endüstrisinde sıvı akış ölçümü için kullanılan en yaygın akış ölçerdir. Basitliği, üretiminin kolaylığı ve yüksek hassasiyeti ile rakiplerine (diğer yöntemlere) göre üstünlük sağlamaktadır.

Bu çalışmada, orifis plaka ile ölçme yönteminin niteliksel olarak doğruluğu kanıtlandığı için, ölçümlerde bu yöntem tercih edilmiştir. Test düzeneği SMACNA, ISO 5167 ve EN 15727:2010 standartları referans alınarak kurulmuştur. Basınç kaybı ölçüm yöntemi ve hava debisi hesaplamalarında ise, SMACNA, EN 1886, DW 144 ve EN 15727:2010 standartları dikkate alınmıştır [8], [9], [10], [11]. EN 15727:2010 ve DW 144 standartlarına göre, her bir test basıncı en az 5 dakika boyunca belirtilen test basıncı $\pm\%$ 5 içinde tutulmalıdır. Bu çalışmada ise, test basınçları, mümkün olduğunca $\pm\%$ 2 oranında olacak şekilde testler gerçekleştirilmiştir. Çünkü bu aralık içinde kalan test basınçlarında, değişimin etkisi neredeyse sıfırdır.

Test sisteminde temel elemanlar/cihazlar, Şekil 1'de gösterildiği gibi, değişken hızlı fan (blower), potansiyometre, paslanmaz çelik boru, akış düzenleyici, orifis plaka, esnek hortum, fark basınç transmitterleri ve basınç transmitterleridir. Maksimum hava debisi 230 m³/h, max test basıncı 3500 Pa, maksimum hız (devir) 9000 min⁻¹ değerlerine sahiptir. Basınç transmitterleri $\pm\%$ 1 hassasiyete sahiptir.

2.1.2. Test Edilen Batarya

Test edilen batarya galvanik kaplamadan yapılmıştır. Uzunluğu (L) 700 mm, yüksekliği 400 mm, genişli-



Şekil 1. Deney Düzeneği Elemanları

Makale

ği 190 mm'dir. Ünitesinin iç yüzey 0,4256 m² olarak hesaplanmıştır. Test Düzenegi Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmektedir.

2.2. Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmanın amacına başarıyla ulaşması için, test düzeneginin kendisinden, bağlantıları vs., kaçak olmamasına dikkat edilmiştir. Bataryalardaki hava kaçakları, batarya içinde oluşturulan belli test basınçlarında incelenmiştir. Test basınçları sırasıyla, 400, 800, 1200, 1600 ve 2000 Pa olacak şekilde seçilmiştir.

Kanal tipi bataryalarda olası hava kaçaklarının, bataryanın köşelerinde, ayna-kapak birleşim bölgelerinde, perçin bağlantılarında ve ayna-boru birleşim

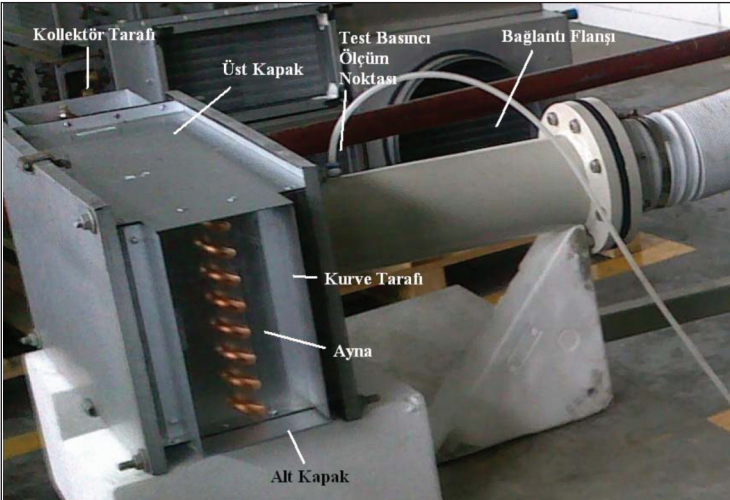
noktalarında olması beklenmektedir. Çalışmanın başlangıcında, köşe ve ayna-kapak birleşim noktalarındaki kaçakların tespiti için bataryaya aynaları deliksiz ve hiçbir iyileştirme yapılmamış bir şekilde referans ürün olarak üretilmiştir. Kaçak bölgelerinden ilki ürünün köşeleridir. Birinci iyileştirme köşelerdeki kaçakları önlemek için muhtemel kaçak noktalarının silikonla (SikaFlex-221 Grey) kapatılması olmuştur. İkinci uygulamada ayna ve kapak birleşim bölgelerine conta malzemesi yerleştirilmiştir. Conta malzemesi SikaFlex R221 RLT'dir. Sonraki uygulama ise bu iki iyileştirmenin birlikte uygulanmasıdır.

Çalışmanın diğer adımı, ayna ve boruların birleşim noktalarındaki kaçakların tespiti ve iyileştirme çalışmaları olmuştur. Çünkü bataryada bulunan boruların, aynalara şişirme yoluyla birleştirilmesi esnasında, ayna ve borular arasında boşluklar oluşabilmektedir. Bataryada boru sayısının artmasına paralel olarak bu deliklerin sayısı ve dolayısıyla kaçak miktarı da artmaktadır.

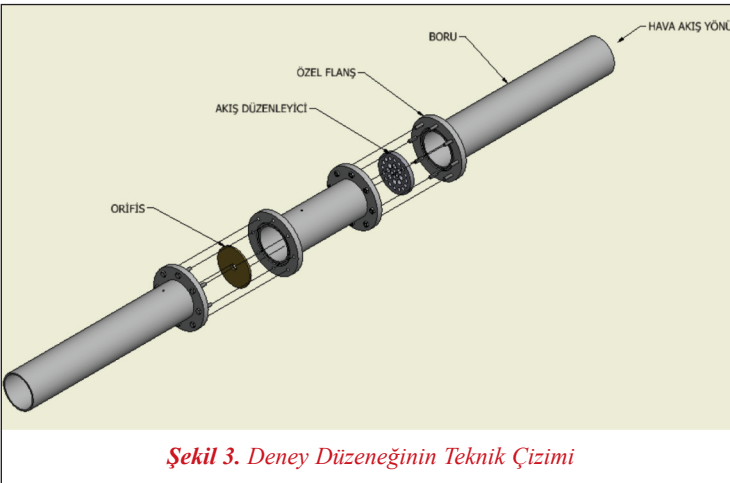
Bu bölgelerdeki kaçakları önlemek için ayna ve borular arasında boşluk oluşmamasını ekonomik ve en az işçilikle sağlayabilecek şekilde bir çözüm hedeflenmiştir. Bunun için, şişirme miktarı artırılmakla kalmamış, şişirmenin ayna dışına çıkması sağlanarak daha etkin bir birleşme sağlanmıştır. Şişirme miktarının artırılmasına bağlı olarak boruların kesilmesini önlemek için uygun ayna malzemesi ve kalınlığı üzerinde durulmuştur.

2.3. Hesaplamalar

Hacimsel debinin hesaplanmasında, SMACNA [11] tarafından keskin kenarlı orifis plaka ile ölçüm metodunda işaret edilen bağıntılar kullanılmıştır. Deniz seviyesinde ve 20 °C sıcaklıkta bağıntı, İngiliz Birim Sistemi'ne göre,



Şekil 2. Test Edilen Batarya



Şekil 3. Deney Düzeneginin Teknik Çizimi

$$Q = 21,8 \times K \times D_2^2 \times \sqrt{\Delta P} \text{ [cfm]} \quad (1)$$

1 no'lu bağıntı metrik sistem'e çevrildiğinde, bağıntı aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$Q = 21,8 \times K \times \left(\frac{D_2}{25,4}\right)^2 \times \sqrt{\frac{\Delta P}{(10 \times 25,4)}} \times 1,699 \text{ [m}^3\text{/h]} \quad (2)$$

Burada Q hacimsel debiyi (m³/h), K orifis katsayısını (bu test düzeneği için, D₂/D₁= 0,132, diğerleri için K=0.605) (EN 15727:2010). D₁ ve D₂ sırasıyla boru iç ve orifis delik çapını temsil etmektedir ve sırasıyla 82 mm ve 12,5 mm'dir.

Test prosedürü şu şekildedir: ilk olarak, basınç kaybı (ΔP, Pa) belirlenen bir test basıncında (P_{test}, Pa) ölçülmektedir. Daha sonra, havanın hacimsel debisi (Q), 2 no'lu bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır.

Hava kaçak sınırının hesaplanması için aşağıdaki 3 nolu bağıntı kullanılır:

$$f = Q/A \text{ [L/(sm}^2\text{)]} \quad (3)$$

f hava kaçak sınırı (HKS) [L/(s.m²)], Q ise L/s birimi cinsinden hacimsel debidir. A, bataryanın toplam iç yüzey alanıdır.

Yüzde olarak, kaçak miktarı ve hata oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\text{Kaçaklardaki azalma (\%)} = \frac{[\text{HKS}_{\text{RKISB}} - \text{HKS}_{\text{KISB}}]}{\text{HKS}_{\text{RKISB}}} \times 100 \quad (4)$$

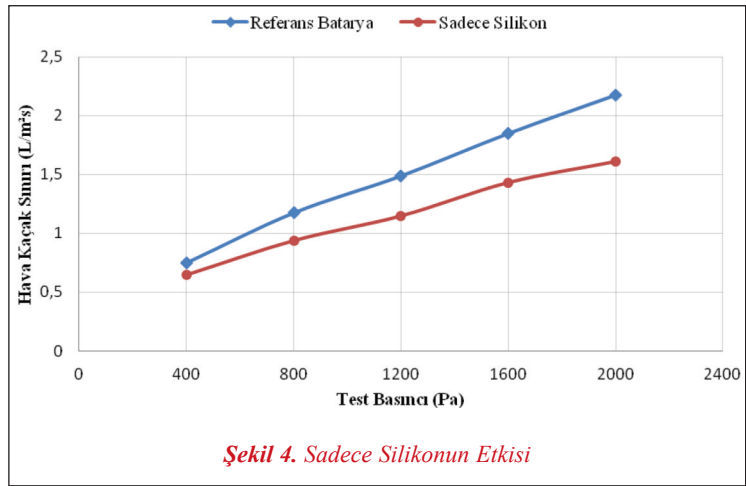
3. TEST SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Referans ürün testi ile elde edilen hava kaçaklarının ortadan kaldırılması için yapılan ilk uygulama köşelerin silikon ile kapatılmasıdır. Bu uygulama ile beraber hava kaçağında dikkate değer bir azalma görülmüştür. 400 Pa basınçta azalma oranı yaklaşık %14 iken, bu değer 2000 Pa'da %27'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 4).

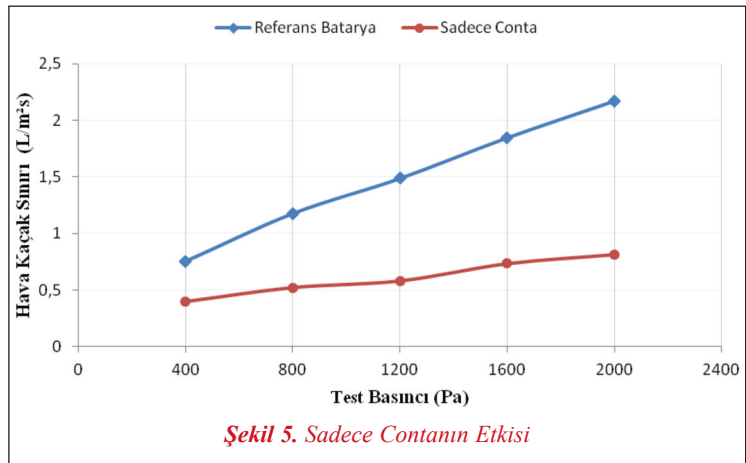
İkinci uygulama, ayna ve kapak birleşim bölgelerindeki kaçakların önlenmesi için bu bölgeye conta malzemesi uygulanmasıdır. 400 Pa basınçta azalma oranı yaklaşık %47 iken, bu değer 2000 Pa'da %60'ın civarındadır (Şekil 5).

Her iki iyileştirme adımı birlikte uygulandığında ise hava kaçak miktarı muazzam ölçülerde azaltılabilmektedir. 400 Pa ve 2000 Pa test basınçlarında, hava kaçak azalma miktarlarında sırasıyla %70 ve %80 değerlerine ulaşılmaktadır (Şekil 6).

Uygun ayna malzemesi ve kalınlığı tespiti için yapılan diğer test çalışmalarının ilkinde, 1.5 mm kalınlıkta alüminyum (Al) ve Galvaniz malzemelerden yapılmış aynalara ve referans batarya ile aynı boyutlara sahip ürünler test edilmiştir. Al aynalarla üretilen ürünün hava kaçak miktarı, galvaniz malzemeyle yapılanlara göre %35-41 oranlarında daha az hesaplanmıştır.



Şekil 4. Sadece Silikonun Etkisi

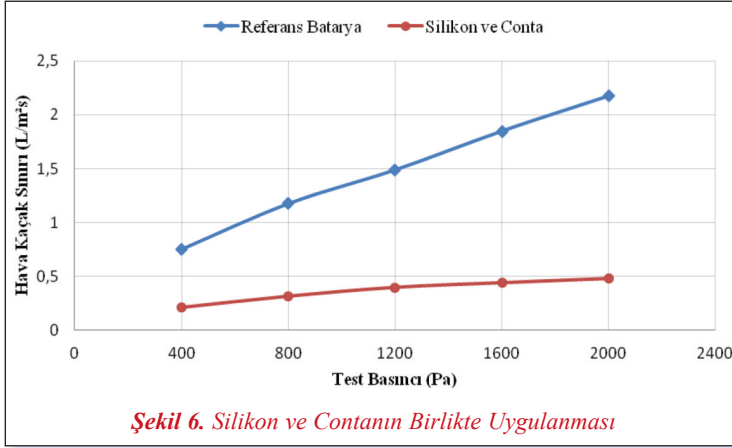


Şekil 5. Sadece Contanın Etkisi

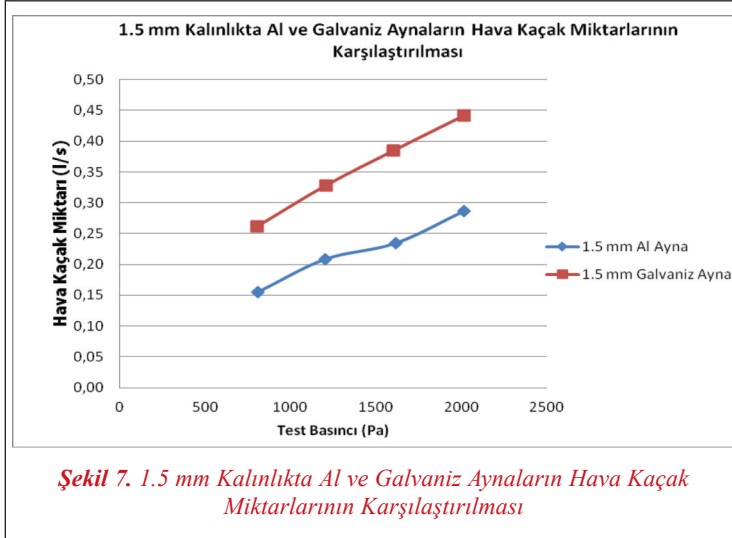
Makale

Bir diğer testte ise, 1,5 mm Al aynaya sahip ürün ile 2 mm kalınlığında bir başka Al aynaya sahip ürün

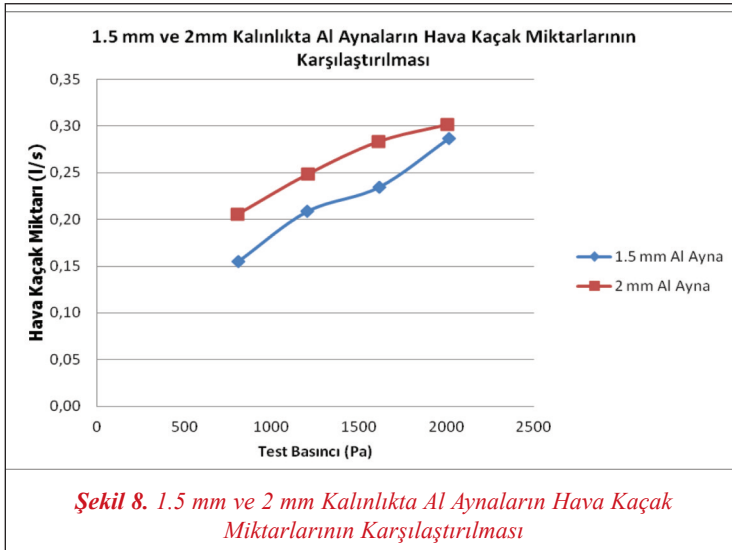
karşılaştırılmıştır. Şekil 8'e göre, ayna kalınlığını arttırdığında kaçak miktarı da artmaktadır.



Şekil 6. Silikon ve Contanın Birlikte Uygulanması



Şekil 7. 1.5 mm Kalınlıkta Al ve Galvaniz Aynaların Hava Kaçak Miktarlarının Karşılaştırılması



Şekil 8. 1.5 mm ve 2 mm Kalınlıkta Al Aynaların Hava Kaçak Miktarlarının Karşılaştırılması

SONUÇ

Kanal tipi bataryalarda hava kaçığını tetikleyen etkenler deneysel olarak incelenmiştir. Belirlenen bir ürün üzerinde farklı test basınçlarında testler gerçekleştirilerek basınç kayıpları ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar yardımıyla hava kaçak miktarları hesaplanmıştır.

1. Kanal tipi bataryaların uygulama sahaları, ciddi kullanım miktarları ve hava kaçaklarının azaltılarak enerji kayıplarının en aza indirilmesine dönük zorlayıcı yasalar sebebiyle, bu tip ürünlerde de hava kaçaklarının en aza indirilmesi hedeflenmelidir.

2. Kanal tipi bataryalarda en önemli kaçak bölgeleri, ayna-kapak birleşim bölgeleri ve köşe bağlantı noktaları ve ayna-boru birleşim bölgelerindeki delikleridir.

3. Köşelere silikon uygulanması, ayna ve kapak birleşim bölgelerindeki conta kullanılması hava kaçak miktarında ciddi azalmalar sağlamıştır.

4. Ayna-boru birleşim noktalarında boşlukların oluşmaması için uygun şişirmenin yapılması, uygun ayna malzemesi ve kalınlığının tespit edilmesi kaçakların azalmasına katkı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] ZALBA B., MARIN J.M., CABEZAL. F. MEHLING H., Review on thermal energy storage with phase change; materials, heat transfer, analysis and applications, Applied Thermal Engineering, (2003) 251-83.
- [2] AYDIN, Ç., & ÖZERDEM, B., Kanal sistemlerinde Hava Kaçaklarının Ölçülmesi ve Analizleri, Elsevier, Energy and Buildings, (2006) 207-213.

- [3] CARRIE, F. R., BOSSAER, A., ANDERSSON, J. V., WOUTERS, P., & LIDDAMENT, M. , Duct Leakage in European Buildings: Status and Perspectives, Elsevier, Energy and Buildings, (2000) 235-243.
- [4] WILLIAM J. FISK, W. D., Duct Systems in Large Commercial Buildings; Physical Characterization, Air Leakage, and Heat Conduction Gains, Elsevier, Energy and Buildings, (2000) 109-119.
- [5] J. PROCTOR, M. B., Diagnosing Ducts , Home Energy Magazine Online, 1993.
- [6] SRINIVASAN, K., Measurement of Air Leakage in Air-Handling Units and Air Conditioning Ducts, Elsevier, Energy and Buildings, (2005) 273-277.
- [7] BECK, S., & MaAZILLE, J., A Study of a Pressure Differential Flow Meter That is Insensitive to Inlet Conditions, Elsevier, Flow Measurement and Instrumentation, (2002) 379-384.
- [8] DW/143, Ductwork Leakage Testing, Heating and Ventilating Contractors' Association, 2000.
- [9] EN1886 Ventilation for Buildings-Air Handling Units-Mechanical Performance, European Committee for Standardization, 2003.
- [10] Eurovent2/2 , Air Leakage Rate in Sheet Metal, Air Distribution Systems, Eurovent Working Group 1996.
- [11] SMACNA, HVAC Air Duct Leakage Test Manual, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association Inc., 1985.
- [12] ISO 5167-2003 Part 1 and 2 Measurement of Fluid Flow by Means of Pressure Differential Devices Inserted in Circular Cross-Section Conduits Running Full (Part 1: General Principles and Requirements; Part 2: Orifice Plates)