

# Mekanik Tesisat ve Binalarda Hava Geçirgenliği, Enerji Verimliliğine Etkisi

Prof. Dr. Hasan Heperkan  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Makine Fakültesi

## Özet

Yaklaşık 160 milyon bina stoku ile KYOTO protokolüne göre karbondioksit yayılımını azaltmayı taahhüt etmiş olan Avrupa Birliği, 2002 yılında yayınlanan Binaların Enerji Performansı Yönergesi'nde, EPBD, Energy Performance of Buildings Directive, bina sızdırmazlığının önemine değinmiştir. 2010 yılında yeniden düzenlenen direktif, 2020 yılı için daha iddialı hedefler koymuş, bina kabuğunun yalıtım özelliklerine oldukça sıkı kısıtlamalar getirmiş, birlik sınırları içerisinde yaklaşık sıfır enerjili binaların kullanılmasını öngörmüştür. Bu hedefin gerçekleştirilmesinde genel olarak binanın hava geçirgenliği yanında, kullanılan mekanik tesisatın, havalandırma sisteminin, özellikle hava kanallarının kaçakları da etkili olmaktadır. Hava kanalı kaçakları standartlarda belirtilen yöntemlerle tespit edilebilmektedir. Bina kabuğunun geçirgenliği, iç ortamlar arasındaki sızdırmazlık şimdiye kadar çok üzerinde durulmayan bir husus olmuştur.

## Giriş

Avrupa Birliği 17 Aralık 2008'de 20-20-20 "Yenilenebilir Enerji Direktifi"ni kabul ederek önümüzdeki 10 yıl için iklim değişikliği hedefleri koydu. Buna göre 2020'ye kadar;

- Sera gazları emisyonları, 1990 seviyesinden %20 azaltılacak
- Enerji verimliliğinde yapılacak geliştirmelerle enerji tüketimi %20 azaltılacak
- Yenilenebilir enerji kullanımı %20 arttırılacak

2005 yılında hidrolik, güneş, rüzgâr, biokütle ve jeotermal enerji kaynaklarından oluşan yenilenebilir enerji, Avrupa'nın toplam enerji tüketiminin %7 sini karşılıyordu. Yeni yönerge bu amaçla, elektrik, ulaşım, ısıtma ve soğutma sektörlerinde yenilenebilir enerji kullanımının desteklenmesi ve arttırılması için zorlayıcı ulusal hedeflerin konulmasını öngörmektedir.

20-20-20 hedefi, aslında Avrupa ülkelerinin enerji güvenliğini ve rekabet gücünü de arttıracaktır. Avrupa Birliği ülkelerinde inşaat sektörü GSYH de %10 paya ve yaklaşık 20 milyon iş gücüne sahiptir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılmasının 417.000, enerji verimliliğini iyileştirme faaliyetlerinin de 400.000 yeni iş yaratacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu hedeflere ulaşabilmek için, karbon ticaretinin ve emisyon ticaret sisteminin hem birlik, hem de birlik dışı ülkelerde oturtulması ve organize edilmesi, ülkelerin emisyonlarına sınır değerler koymasının sağlanması, bu sınır değerlerin takip edilmesi ve raporlan-

ması, karbon tutma ve depolama teknolojilerinin desteklenmesi ve geliştirilmesi düşünülmektedir. İklim ve enerji paketinde enerji verimliliği doğrudan ele alınmamıştır. Bu konu 2011'de yayınlanan enerji verimliliği planı ve enerji verimliliği direktifinde işlenmiştir.

Avrupa enerji hedeflerine göre, kamu binaları 2018/2019, diğer binalar da 2020/2021 yılına kadar sıfır enerjili binalar olacaktır. Sıfır enerjili binalar popüler bir kavram olup, net enerji tüketimi ve karbon emisyonu olmayan binalardır. Ancak pratikte bunu, çeşitli verimlilik artışlarıyla enerji gereksinimi en aza indirilmiş konut ve ticari bina olarak algılamalıyız. Binalar için konulmuş olan çok sıkı enerji tüketim değerleri, binaların gittikçe daha hava sızdırmaz şekilde inşa edilmelerine neden olmuştur. Bu tip binalarda havalandırma ve iç hava kalitesi sorunu ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda yayınlanan bina kodları sonucu binaların yalıtımları ve sızdırmazlıkları ısı kayıplarını azaltmak ve enerji tasarruf etmek için sürekli iyileştirilmiştir.

Avrupa'da çıkartılan enerji ve çevre ile ilgili yasaların sayısında büyük artma olmuş, yirmi yıl öncesine göre bu sayı yaklaşık üç katına çıkmıştır. Bu yasaların önemli bir kısmı doğrudan veya dolaylı bina hizmetleri ve HVAC sistemleriyle ilişkilidir. HVAC, iklimlendirme, farklı ülkelerde değişik anlamlar alabilmektedir. Soğuk iklim bölgelerinde iklimlendirme ısıtma, soğutma, havalandırma olarak algılanırken, sıcak iklim bölgelerinde, örneğin Akdeniz ülkelerinde sadece soğutma ve havalandırma anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalar, soğuk iklim bölgelerinde (2.500 derece-gün) bina sızdırmazlığına bağlı olarak m<sup>2</sup> de 10 kWh enerji kaybı olduğunu bildirmektedir. Aynı değer, hava kanalı kaçakları ve ilişkili olarak harcanan fan gücü ile beraber 0 - 5 kWh olmaktadır. Sıcak ve ılıman iklimlerde de benzer kayıplar söz konusudur.

Binalarda Enerji Performansı Direktifi (EPBD), konutlara ve ticari binalara minimum performans kriterleri getirmiş ve sertifikalandırma suretiyle şeffaflığı sağlamıştır. "Ecodesign" ve "Energy Labelling" yönergeleri binalarda kullanılan bileşenleri düzenlemiştir.

2011 yılında Tight Vent Europe ([www.tightvent.eu](http://www.tightvent.eu)) platformu oluşturulmuş, Air Infiltration and Ventilation Center, AIVC kurulmuştur. Merkez 1979 yılında Uluslararası Enerji Ajansı, IEA tarafından açılmıştır. Bu organizasyonlar TightVent Konferansları'nı düzenlemektedir. 2012 yılında Kopenhag'da yapılan toplantıda, özellikle sızdırmazlık, talep kontrollü havalandırma ve soğutma, iç hava kalitesi - sağlık ilişkisi konuları öne çıkmıştır.

## Binaların Hava Geçirgenliği

Binaların ısı dengelerinin dört önemli doğal unsuru vardır, dış kabuk, güneş ışınımı kazancı, yapı elemanlarının geçirgenliği (eski terminoloji ile enfiltrasyon) sonucu hava değişimi ve iç kazançlar. Mekanik ısıtma ve soğutma ise yapay unsurları oluşturur. Bu iki grup etkinin dengesi ısı konfor şartlarını belirler ve enerji tasarrufunu yönlendirir. Hava değişiminin esasını da havalandırma oluşturur. Havalandırmanın amacı mahalde oluşan kirlenmeleri uzaklaştırmak ve iç havayı belirli bir kalitede tutmaktır. Binaların enerji performanslarında katkısı fazladır. Bu etki bazen olumlu bazen de olumsuz yönde olur. Mevsim geçişlerinde "free cooling" gibi faydalı olabilmeyen soğuk iklimlerde ısıtma ihtiyacını olumsuz etkiler. Genellikle ilave enerji tüketimine neden olur. Son yıllarda gelişen teknoloji sonucu ucuzlayan ve ekonomik hale gelen ısı geri kazanım sistemleri, talep kontrollü havalandırma gibi çözümler bile bu ön yargıyı silmemiştir. Aslında bu değerlendirme çok da haksız değildir, çünkü iklim şartları, çözümleri bazen faydalı kılarken bazen de düşünülen fayda sağlanamaz. Örneğin ısı geri kazanımı ve "free cooling" ısı enerji tüketiminden tasarruf sağlarken, sistemi çalıştıran cihazlar ve özellikle fanlar elektrik enerjisi tüketir. Sonuç olarak sistemlerin artı ve eksileri iyi hesaplanmalıdır.

Binanın iç ortamının basıncı azaldıkça, iç mekânlar negatif basınçta tutuldukları için dışarıdan hava girişi de artar. İçeriye sızan taze havanın miktarı kullanılan havalandırma sistemine ve binanın sızdırmazlığına bağlı olarak değişecektir. Bina, nem ve koku kontrolü amacıyla belirli mekânlardan sadece egzoz sistemleriyle çalışıyorsa binaya taze hava girişinin yaklaşık %70'i enfiltrasyon ile gerçekleşir. Bina sızdırmazlığının artması iç hava kalitesini olumsuz etkileyecektir. Mekanik havalandırma kullanıldığında etkileşim azalacak ancak tamamen yok olmayacaktır (%24 daha az). Bina sızdırmazlığı, sadece iç hava kalitesi değil, EPBD'ye göre binanın enerji performansı değerlendirilirken ve enerji sınıfı belirlenirken de dikkate alınmaktadır.

Bu nedenle tasarımcılar, bina sızdırmazlığına daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Fransa gibi bazı ülkeler, pazarı hazırlamak amacıyla mevzuat değişiklikleri yaparak yeni binaların sızdırmazlığının ölçülmesini istemektedir; böylece yasal sınırlara uyum kontrol edilebilmektedir. Ancak uygulamada iyi bir sızdırmazlık için sınır değerler koymak yeterli olmamaktadır. İnşaat sırasında işçilikte oluşan farklılıklar etkili olmaktadır. Kuzey Avrupa ülkelerinden birinde yapılan bir çalışmada aynı binanın farklı daireleri arasında yapılan sızdırmazlık ölçümleri %47 farklılık göstermiştir. Problemin çözülebilmesi için tasarım, uygulama ve işletme sırasında dikkatli bir planlama gerekmektedir. Örneğin İsveç'te bu konuyla ilgili kalite yönetim sistemleri geliştirilmiş ve eğitim programları açılmıştır. Almanya'da FLiB, Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen, sistem ve malzeme seçimi ve uygulaması ile ilgili yönergeler yayınlamıştır.

Binaların hava geçirgenliğinin ölçülmesinin değişik amaçları olabilir; Bu kapsamda, bina kodları ile uyumun tespiti, uygulanan yeni inşaat tekniklerinin etkinliğinin belirlenmesi, bina enerji per-

formansının saptanması, kaçak noktalarının bulunması ve onarımı gibi hususlar sayılabilir. Ölçümler bütün binayı kapsayabileceği gibi, sadece belirli bölümlerine de uygulanabilir. Bina ölçümlere hazırlanması, ISO 9972:2006 ve EN 13829:2000 normlarında ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Ölçme amacına göre farklı yöntemler kullanılır. Yöntemlerin hepsinde dış kabukta yer alan bütün kapı ve pencereler kapatılır; bina içerisindeki bağlantı kapıları ise açık tutulur. Testler sırasında binanın HVAC sistemi de kritik bir rol alır. Öncelikle sistemin kapatılması gerekir. Dış ortamdan hava alan, dış ortama hava tahliye eden, yanma için iç ortamdan hava alan (soba, kombi, vb.) cihazlar, mutfak davlumbazları ve benzer diğer sistemler gözden geçirilir. Ölçümler sırasında dış kabuğa 50 ile 100 Pa basınç uygulanacağından mahaller arasında baca gazlarının veya kirlenici, zararlı gazların dolaşımı engellenmelidir. Özellikle binanın bir bölümünün test edilmesi sırasında diğer bölümlerde kullanılan cihazlar tehlike arz edebilir. Sadece test edilen bölge değil binadaki bütün yanma sistemleri kapatılmalıdır (ortak bayağına bağlı cihazlara dikkat edilmelidir).



Şekil 1 Bir binanın inşaat sırasında bir bölümünün test edilmesi [3]

Bir binanın sızdırmazlığının iyileştirilmesi, bina tamamlandıktan sonra çok zordur. Bu nedenle son yıllarda Avrupa'da, inşaat sırasında ön testlerin yapılması yaygınlaşmaktadır. Test edilecek bölge geçici olarak diğer bölümlerden ayrılır, izole edilir, bir fan ile basınçlandırılır ve ölçümler alınır (Şekil 1). Bu tip uygulamalar GMP kuralları arasında düşünülebilir.

Bir binanın sızdırmazlığının iyileştirilmesi, bina tamamlandıktan sonra çok zordur. Bu nedenle son yıllarda Avrupa'da, inşaat sırasında ön testlerin yapılması yaygınlaşmaktadır. Test edilecek bölge geçici olarak diğer bölümlerden ayrılır, izole edilir, bir fan ile basınçlandırılır ve ölçümler alınır (Şekil 1). Bu tip uygulamalar GMP kuralları arasında düşünülebilir.

## Hava Kanallarının Sızdırmazlığı

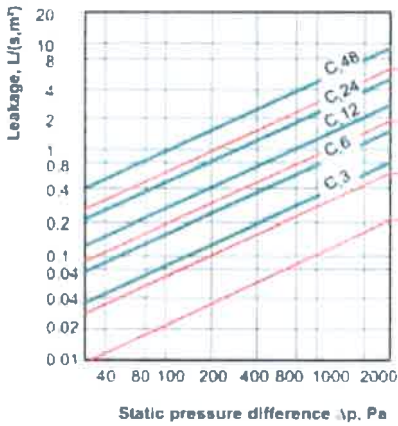
Klima santrallerinde üretilen temiz havanın bina içerisinde dağıtım sırasında hava kanallarında kayba uğramaması ve kullanım noktalarına tasarım değerlerinde ulaşması, hem iç hava kalitesi, hem de enerji verimliliği açısından çok önemlidir. Günümüzde insanlar zamanlarının büyük çoğunluğunu konutlar, halka açık binalar (okul, hastane vb.), kamu binaları, işyeri ve ticari binalar gibi kapalı ortamlarda geçirmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO-World Health Organization) yapmış olduğu çalışmalar, insanlar tarafından hem yaşam hem diğer amaçlar için kullanılan binalardaki iç havanın, insan sağlığına zarar verebilecek şekilde çeşitli gazlarla ve parçacıklı ölçülebilir kirlendiğini göstermektedir.

Hava kanal kaçaklarının azaltılmasının sağlayacağı birçok fayda sıralanabilir. Mahallere verilen ve mahallerden çekilen hava miktarı, ısı yükleri ve ortama karışan çeşitli kirlenicilerin belirli sı-

nırlar altında tutulmasını garanti eder. Hava kaçakları rahatsız edici seviyelerde gürültüye neden olabilir. Birçok yapıda egzoz ve besleme kanalları aynı shaft içerisinden geçer; kaçaklar şartlandırılmış havanın mahallere gitmeden dışarı atılmasına neden olur. Şartlandırılmış havanın kanaldan sızması veya istenmeyen havanın kanal sistemi tarafından emilmesi, şartlandırılmış hava (enerji) ihtiyacını arttırmakta ve mahallerde basınç dağılımlarını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenden ötürü uluslararası standartlar bu kaçaklara bir sınır getirmiştir. Avrupa ülkelerinde yapılan bir tarama çalışması kuzey ülkeleri dışında hava kanallarının, tanımlı sızdırmazlık sınıflarının altında kaldığını ortaya koymuştur.

Konuyla ilgili SMACNA, HVCA, Heating and Ventilating Contractors Association tarafından yayınlanmış olan DW144, DW143 ve DW142, EUROVENT 2/2 (Air Leakage in Ductwork), ASHRAE gibi bazı standartlar vardır. Sınıflar ASHRAE tarafından farklı tanımlansalar da testlerin ana prensipleri aynıdır. Testlerin nasıl yapılacağı son derece net bir şekilde açıklanmıştır. Testler sırasında kanalların hangi basınçta tutulması gerektiği, hangi sınıf için ne kadar hava kaçacağına izin verildiği belirlidir. Hava kanalları dışında hava santralleri, plenum kutuları, susturucular, ısı değiştiriciler, son kullanım noktası bağlantıları gibi sistem parçaları için de farklı testler öngörülebilir. Kaçak testlerini büyük sistemlerde yapmak zordur, kanalların bölünmesi, kısımlara ayrılması, testlerin parça parça yapılması gerekir, çünkü ölçebileceğiniz hassasiyet sınırları, o kanalın içinde bulunan hacimle doğrudan doğruya orantılıdır. Testler en sonunda belgelendirilir.

Hava kanallarının sızdırmazlık sınıfları A - D Avrupa Standardı, EN 12237'de yuvarlak kanallar, EN 1507'de dikdörtgen kanallar için tanımlanmıştır (Şekil 2 ve Tablo 1). Sızdırmazlık sınıflarını tanımlayan bir başka standart 2010 yılında yayınlanan EN 15727'dir. "A" sınıfı kaliteli anlamı taşısa da kanal sızdırmazlığında tam tersi, en kötü sınıftır. Kaçak testi yöntemi, EN 12599'da anlatılmaktadır. Klima santrallerinin sızdırmazlık sınıfları EN 1886'da L1 - L3 olarak verilmektedir. L1 en iyi sınıf olup kanallardaki C sınıfına eşdeğerdir.



| Hava Sızdırmazlık Sınıfı | İzin Verilen Kaçak Miktarı ((litre/s)/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--|
| A - En kötü              | < 1.32   |
| B                        | < 0.44   |
| C                        | < 0.15   |
| D - En iyi               | < 0.05   |

Tablo 1. EN 14239'a göre belirlenen kanal alanında 400 Pa için sınıflar

1950'li yıllarda İskandinav ülkelerinde başlatılan kaçak sorunu 1966'da AMA'da A ve B olarak iki sızdırmazlık sınıfının tanımlanmasıyla sonuçlanmıştır. A sınıfı temel gereksinim olup kanal sistemindeki damper, filtre, ısı değiştirici gibi bileşenleri de içermektedir. B sınıfı ise havalandırma sistemi günde 8 saatten fazla kullanılıyorsa veya hava şartlandırılıyorsa önerilen sızdırmazlıktır.

A en düşük sınıftır; B ondan 3 kat, C 9 kat ve D 27 kat daha sızdırmaz anlamına gelir. Sızdırmazlık birim kanal yüzeyinden l/s olarak kaçan hava debisi ile belirlenir. AMA da debi 400 Pa basınçta tanımlanmıştır. ASHRAE standardı ise 2'nin katlarını kullanır. CL48 en kötü sınıftır. CL24 iki kat, CL3 16 kat daha sızdırmazdır. AMA ya 1983 de C sınıfı ve 1998 de D sınıfı eklenmiştir. Son zamanlarda hava kanallarının temizliği de gündeme taşınmış ve EN 12097 yayınlanmıştır. Finlandiya ise E sınıfını bazı özel uygulamalarda önermektedir.

Sızdırmazlığın sağlanması fabrikada uygulanan contalarla sağlanabilir. Tek conta genelde C sınıfına yetmekte, D sınıfı için çift conta gerekmektedir. Sızdırmazlık testleri kuzey Avrupa ülkelerinde müteahhitler tarafından mal sahibinin kontrolörü gözetiminde, AMA gereği standart uygulama olarak gerçekleştirilmektedir. Testler yuvarlak kanallarda toplam alanın %10 una, dikdörtgen kanallarda %20'sine uygulanmaktadır. Sorun çıkması durumunda bu oran artırılmaktadır. Test edilecek kanal bölümü sistemin geri kalan kısmından ayrılır. Bu amaçla ana kanallardaki flanşlardan ayrılarak körlenir. Küçük kanallarda ise şişirilmiş torbalardan yararlanılabilir. Testler yapılmadan önce contaların oturması ve stabilize olması için montajı takiben yeterli bir zaman bırakılır. Test sırasında, kanal sisteminin diğer kısmından izole edilecek kısmın büyüklüğü, kullanılan test cihazının debi aralığına göre tespit edilir. İzin verilecek sızdırma miktarının test cihazında ölçülebilecek kadar büyük olması gerekir. Projede verilen sızdırmazlık sınıfı için geçerli basınçlar ve kaçak miktarları esas alınır. Cihazın hassasiyeti verilen debinin  $\pm$  %10 ya da 0.4 litre/saniye den az, basınç için verilen statik basıncın  $\pm$  %5 i olmalıdır. Test cihazı, hızı frekans değiştirici ile ayar edilebilen bir radyal fan, debi ölçme tertibatı, statik basıncı ölçmek için bir lüle yardımıyla emme tarafında ölçülür. Düşük basınçlı bölümlerde menfezler gibi son kullanım parçaları testten geçirilmez, sadece gözle kontrol edilir.

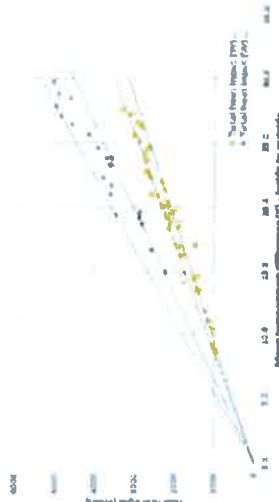
### Sonuç

Binalar, ülkelerin toplam enerji tüketimlerinin tahminen % 30 - 40'mı oluşturlar, bu oranın yaklaşık üçte biri de havalandırma ile ilgilidir. Kuzey ülkelerine, soğuk iklim kuşaklarına gittikçe oranın arttığı gözlenmektedir. Binalar için konulmuş olan çok sıkı enerji tüketim değerleri, binaların gittikçe daha hava sızdırmaz şekilde inşa edilmelerine neden olmuştur. Bina enerji kayıplarında binanın çevresi ile yaptığı hava alış veriş önemli bir paya

sahiptir. Şekil 3'te, bina geçirgenliğinin  $15.78 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{saat})$  değerinden (mavi noktalar)  $4.88 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{saat})$  değerine (sarı noktalar) düşürülmesinin binanın toplam enerji tüketimine etkisi görülmektedir.

### Kaynaklar

1. ISO 9972:2006
2. EN 13829:2000
3. T. Aurlien, Performing intermediate checks and early-stage testing of airtightness. REHVA European HVAC Journal, Vol. 50, Issue 1, Ocak 2013
4. ASHRAE 2012 ASHRAE Handbook-Fundamentals, Chapter 34 Duct Design, Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc
5. EN 1237
6. EN 1507
7. EN 15727
8. EN 12599
9. EN 1886
10. EN 14239
11. EN 12097
12. R. Coxon., Reseach into the effect of improving airtightness in a typical UK dwelling, REHVA European HVAC Journal, Vol. 50, Issue 1, Ocak 2013
13. <http://www.rehva.eu/en/eu-regulations>
14. <http://www.tightvent.eu>



Şekil 3 Bina sızdırmazlığının toplam enerji tüketimine etkisi [12]