



Bu proje Avrupa Birliđi ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi

Binalarda Enerji Sistemleri ve Ölçüm Yöntemleri



NIRAS

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIđI**

Bu el kitabı,
Binalarda Enerji Verimliliğinin Arttırılması için Teknik Yardım
projesine aittir.

Proje Referans No: EuropeAid/134786/IH/SER/TR
Sözleşme No: TR2011/0315.20-01/001

Basım:
Mayıs 2016

Hazırlayanlar:

İçerik:
Gökhan Ünlü
(Konu Uzmanı)
Mahmut Ölmez
(Konu Uzmanı)

Eğitim ve Grafik Tasarım:
Bülent Kılınç
(Kıdemli Eğitim Uzmanı)

Tasarım ve Sayfa Düzenlemesi:
İDEKAF

Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km (Tepe Prime yanı) no.278 Kat: 16 Çankaya, ANKARA
Telefon : +90 (312) 410 78 00
Faks : +90 {312} 419 78 08

BİNALARDA MEKANİK TESİSAT SİSTEMLERİ ve ENERJİ VERİMLİLİĞİ YÖNTEMLERİ

Bölüm 1

İnsan, yaşamını sürdürmek ve toplumu oluşturmak için, üç unsura; enerji, madde ve bilgiye ihtiyaç duyar. Enerji; maddenin, örneğin gıdanın, üretilmesi için gereklidir.

Bunun yanında, bilgi; işlenmesi ve nakledilmesi için elektrik enerjisini gerektirir. Bilgi, aynı zamanda, enerjinin verimli kullanılması için de gereklidir. Bu üç unsur, böylece birbiriyle ayrılmaz bir bütünü oluşturur.

Ülkeler arasında siyasi sınırların değişmesi ve artan globalleşme, daha fazla uluslararası anlayışı ve işbirliğini gerektiriyor. Bunun yanı sıra, Dünya'mız, yerkürenin ısınması ve asit yağmurları gibi ciddi çevresel sorunlarla karşı karşıya kalıyor. Sağlık, çevresel ve ekonomik nedenlerden ötürü, hava kirliliğini azaltmak için stratejiler, gelişmiş ve özellikle gelişen Dünya'nın birçok şehirlerinde kritik durum gösteriyor.

Bu sebeplerden ötürü enerjinin tasarrufu ve sürdürülebilirliği gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Dünya da enerji;

- %28 Ulaşım,
 - %33 Sanayi,
 - %39 Binalar
- tarafından tüketilmektedir.

Yapılan diğer bir araştırmaya göre, kaynak kullanımından binaların rolü ise;

- %14 Su kullanımı
 - %38 Sera gazı misyonları
 - %30 Katı atık
 - %72 Elektrik kullanımı
- şeklinde.

Enerji tüketimi ve kaynak kullanımında binaların oldukça önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Bu sebepten ötürü, binalarda enerji sürdürülebilirliği ve tasarrufu gittikçe önem kazanmaktadır. En temiz ve en ucuz enerjinin tasarruf edilen enerji olduğu unutulmamalıdır.

1.1 Sürdürülebilir Yapı Nedir?

Sürdürülebilir yapı, yaşam döngüsü boyunca, dünya kaynakları ve enerji tüketimini en aza indiren, yapının insan sağlığına ve çevreye etkisini azaltırken, daha iyi bir tasarıma, yerleşime ve işletmeye imkân tanıyan yapıya verilen addır.[4]

1.2 Binalarda Enerji Tüketen Sistemler

Konut yapılarında en çok enerji tüketen sistemler;

- % 32 Isıtma
- %13 Kullanma Sıcak Suyu Isıtılması
- %12 Aydınlatma
- %10 Soğutma
- %33 Diğer

Ticari Yapılarda en çok enerji tüketen sistemler;

- %28 Aydınlatma
- %16 Isıtma
- %13 Soğutma
- %7 Kullanma Sıcak Suyu Isıtması
- %7 Havalandırma
- %29 Diğer [2]

1.3 Isıtma Sistemi-Isı Kaybı

Isıtma sistemi, kullanım mekanlarının istenen sıcaklıkta tutulabilmesi için iç ortamdan dış ortama (çevreye) olan ısı kaybının karşılanması prensibi ile çalışan sistemlerdir. Merkezi ve lokal (bölgesel) olarak iki ana başlıkta toplanabilir. [5]

Türkiye'deki mevcut binalarda yapılan araştırmaya göre ısı kayıplarının %25'i çatıdan, %25'i pencere ve havalandırma elemanlarından, %20'si bina taşıyıcı elemanlarından ve geri kalan %15'lik kısım binanın duvarlarından gerçekleşmektedir.[1]

1.4 Soğutma Sistemi-Isı Kazancı

Soğutma sistemi, ortam sıcaklığını, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının bir tür akışkan aracılığıyla alınmasına denir.

Türkiye'deki mevcut binalarda yapılan araştırmaya göre ısı kazançlarının %25-35'i çatıdan, %25-35'i pencerelerden, %15-25' i duvarlardan, %10-20' si zeminden geri kalan %5-25'lik kısım ise hava sızıntılarıyla gerçekleşmektedir. Bu değerler, yapıların konstrüksiyon, konum ve yalıtım parametrelerine göre değişkenlik göstermektedir.[6]

Soğutma sistemi, ortam sıcaklığını, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının bir tür akışkan aracılığıyla alınmasına denir.

1.5 Havalandırma Sistemi

Hava sistemleri ile ısıtma, soğutma, nemlendirme, filtreleme, taze hava sağlama, kirliliğin uzaklaştırılması, pozitif veya negatif basınçta tutma şekillerinde bir mekanın iç çevre koşulları hassas biçimde kontrol edilebilir. İlaç, bilgisayar, kağıt, matbaa endüstrileri iç mekan çevresinin üretim için çok hassas kontrol edilmesi gereken yerlere örnek olarak verilebilir.

Ofisler, hastaneler, ameliyathaneler vb. ise insanlar için konfor ve hijyenik şartların sağlanması da diğer bir örnektir.[7]

1.6 Aydınlatma Sistemi

Aydınlatma konusu, ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi başlıkları altında incelenmektedir. Işığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma, aydınlatılan yere göre iç ve dış aydınlatma, amacı bakımından fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatma olarak kendi içerisinde ayrılırlar. Işık elektromanyetik dalga (radyasyon) enerjisinin 380 ile 760 nm dalga uzunluklarında göze etki eden bir enerji şekli olup dalga veya foton şeklinde yayılır. Son yıllarda ülkemizde kullanılan alanlara göre, elektrik enerjisinin tüketiminde aydınlatmanın payı gittikçe yükselmektedir. Ülkemizde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık % 20'sine yakın kısmı aydınlatmada kullanıldığı için, aydınlatma konusunda yapılacak enerji tasarrufu ülke açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tasarruf, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden, iyi bir aydınlatmanın gereklerini yerine getirerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma ile gözün görme yeteneği artar, göz sağlığı korunur, kazalar azalır, iş verimi ve ekonomik-potansiyel artar, güvenlik sağlanır.[8]

2. Isıtma Sistemi Kaynakları

2.1 Doğal gaz

Organik teoriye göre diğer fosil yakacaklar gibi doğalgaz da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan atıklarından oluşmuştur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve sıcaklık etkisiyle, kimyasal değişikliklere uğrayarak doğalgazı meydana getirmiştir. Doğal gaz esas olarak metan (CH_4), etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) az miktarda azot (N_2), karbondioksit (CO_2) den meydana gelir.

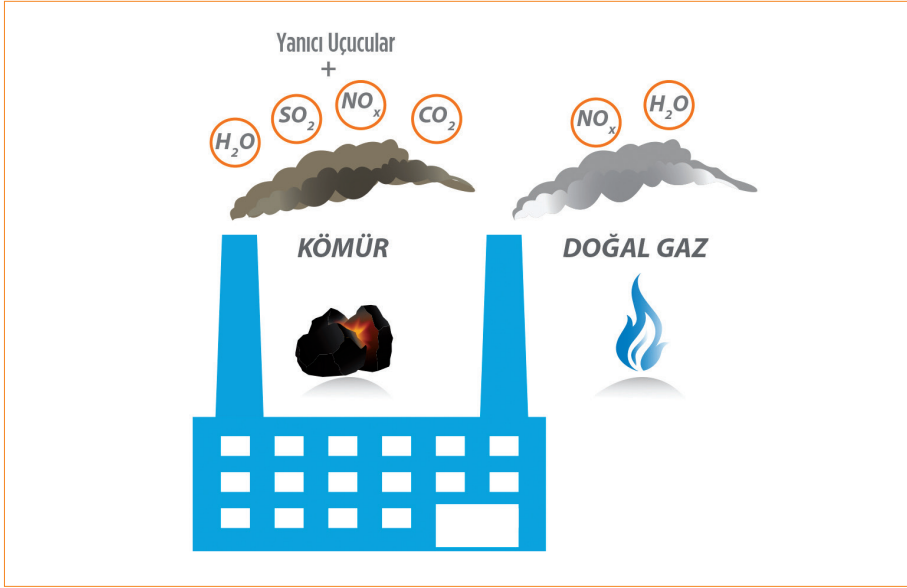
2.2 Kömür

Kömür, katmanlı tortul çökellerin arasında bulunan katı, koyu renkli ve karbon ve yanıcı gazlar bakımından zengin kayadır.

Dünyanın çoğu bölgesinde bulunan kömüre, yerin yüzeye yakın bölümlerinde ya da çeşitli derinliklerde rastlanır. Kömür çok miktarda organik kökenli maddenin kısmi ayrışması ve kimyasal dönüşümüne uğraması sonucunda oluşan birçok madde içerir. Bu oluşum sürecine kömürleşme denir. [10]

2.3 Kaynak ve Hava Kirliliği

Çevreyi kirleten üç ana faktör doğal gaz dumanı içerisinde bulunmamaktadır. Bunlardan ilki kükürt oksitleridir. Bu madde duman gazındaki ve havadaki nemle sülfirik aside (H_2SO_4) e dönüşür. Böylece asit yağmurlarının oluşumuna sebep olur. İkincisi is ve uçan kül parçacıklarıdır. Özellikle kömür yakılması halinde çevreye yayılan bu katı parçacıklar temizlik ve insan sağlığı açısından son derece zararlıdır. Üçüncü faktör ise yanmamış gazlardır. Bunlar içinde özellikle karbonmonoksit (CO_2) belirli dozlara ulaştığında öldürücü etkisi olan son derece zararlı bir maddedir. Her üç zararlı da doğal gaz yanma ürünlerinde bulunmamaktadır. Sera etkisi düşük olan karbondioksit (CO_2) emisyonu da diğer yakıtlara göre düşüktür. [9]

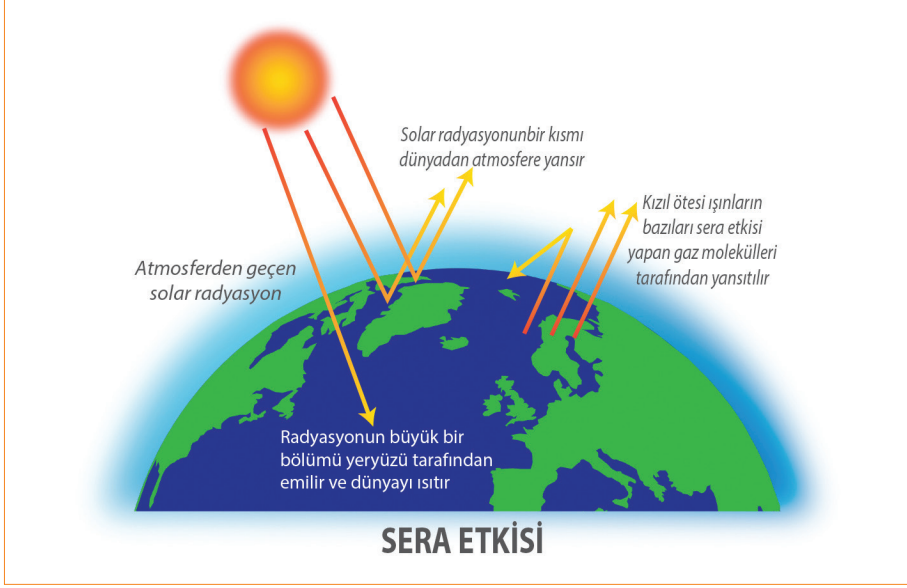


Kaynak ve Hava Kirliliği

2.4 Kaynak ve Küresel Isınma

Küresel ısınmaya, atmosferde artan sera gazlarının neden olduğu düşünülmektedir. Karbondioksit, su buharı, metan gibi bazı gazların, Güneş'ten gelen radyasyonun bir yandan dış uzaya yansımını önleyerek ve diğer yandan da bu radyasyondaki ısıyı soğurarak yerkürenin fazlaca ısınmasına yol açtığı düşünülmektedir.

Yerküre, Güneş'ten gelen kısa dalgalı ışıının bir bölümünü yeryüzünde, bir bölümünü alt atmosferde emer. Güneş ışıının bir bölümü ise, emilme gerçekleşmeden, yüzeyden ve atmosferden yansiyarak uzaya kaçar. Yüzeyde ve troposferde tutulan enerji, atmosfer ve okyanus dolaşımıyla yeryüzüne dağılır ve uzun dalgalı yer ışıını olarak atmosfere geri verilir. Yeryüzünden salınan uzun dalgalı ışıının önemli bir bölümü, yine atmosfer tarafından emilir ve daha az Güneş enerjisi alan yüksek enlemlerde ve düşük sıcaklıklarda salınır.



Sera Etkisi ve Küresel Isınma

Atmosfer’deki gazların gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınlamına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle yerkürenin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç sera etkisi olarak adlandırılmaktadır. [11]

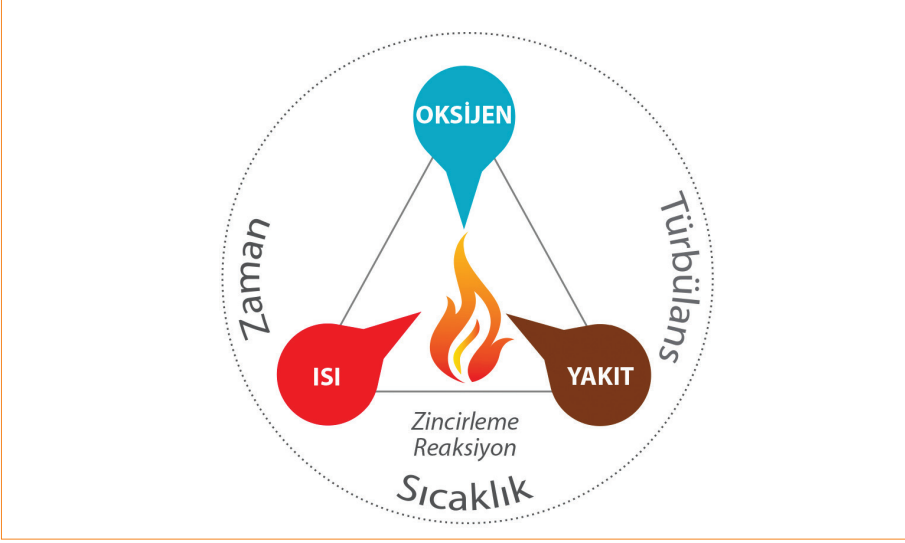
2.5 Yanma

Yanma olayının oluşabilmesi için 3 parametrenin aynı anda oluşması gerekir(yangın tetrahedronu);

- Isı
- Oksijen
- Yakıt

Yanma prosesinin devamı için ise 3T olarak bilinen diğer 3 parametrenin sağlanması gerekir;

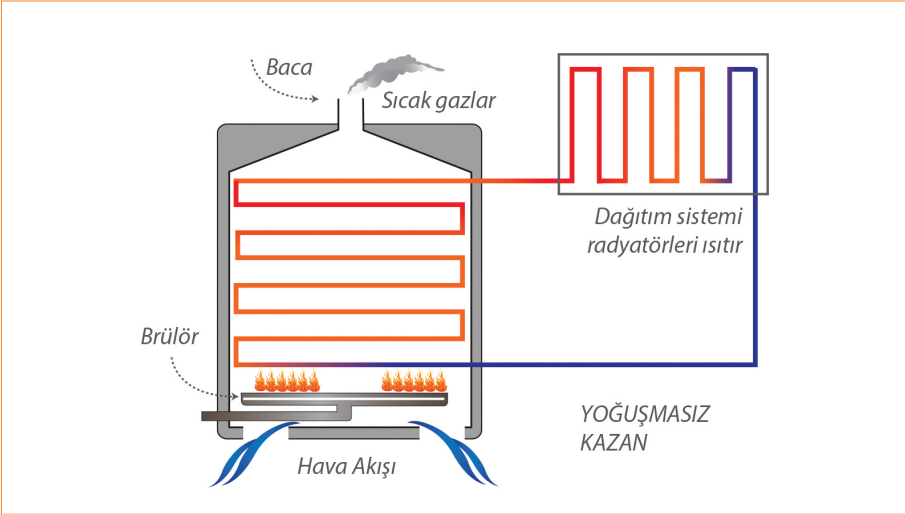
- Time (Zaman)
- Temperature (Isı)
- Turbulance (Türbülans)



Sera Etkisi ve Küresel Isınma

2.5.1 Yanma – Kazan

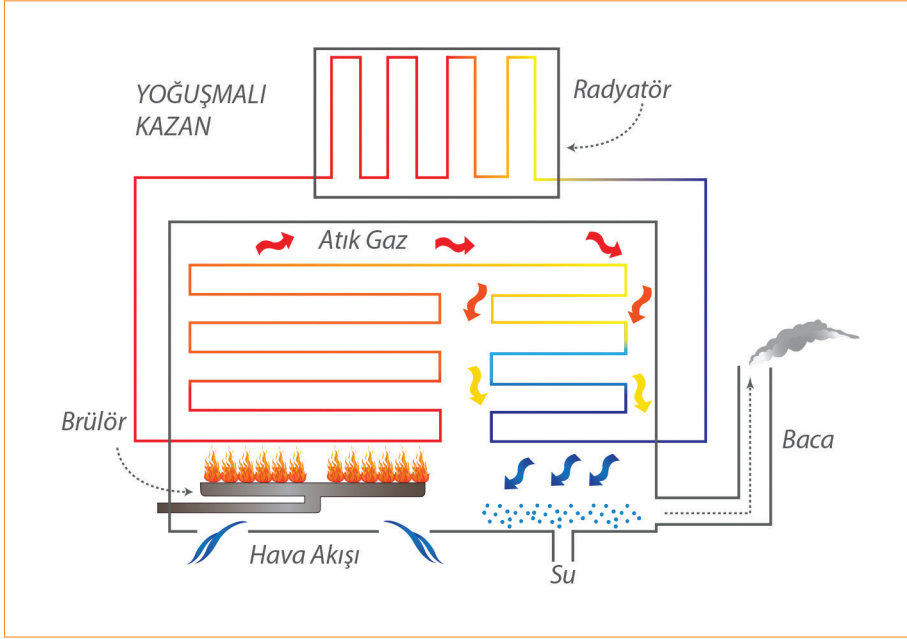
Yakıttaki kimyasal enerjiyi ısı enerjisine çeviren cihazlara kazan adı verilir. Yakıtlar (petrol veya kömür) hava ile pulverize hale getirilip yanma odasının içine püskürtülür. Yanma sonucunda açığa çıkan ısı, kazan borularının içindeki suyu buharlaştırır. Arta kalan katı atık ve cürufur kazanın altındaki su teknesine düşer, oradan da bantlarla dışarı atılır. Yanma sonucunda oluşan gazlar da ısıyı iyice alandıktan sonra 200-250°C civarında bacadan gönderilir. [12]



Yoğuşmasız Kazanlarda Yanma

2.5.2 Yanma –Yoğuşmalı Kazan

Yoğuşmalı kazanların çalışma prensibi hemen hemen normal fanlı cihazlar gibidir. En önemli fark ısı eşanjörlerinin yakıcıdan ve baca gazlarından daha fazla ısıyı absorbe edebilecek yapıda daha büyük bir alana sahip olmasıdır. Sıcaklığı 54°C altına düşürülen baca gazları içerisindeki su buharı yoğunlaşır ve su buharı içerisindeki gizli ısı geri kazanılarak kazanda kullanılır. [13]



Yoğuşmalı Kazanlarda Yanma

2.6 Enerji Transfer Aracı

2.6.1 Su

Suyun Isınma (özellik) ısısı yüksektir. 1 gr suyun sıcaklığını 1 °C arttırmak için 1 kalorilik enerji gereklidir. Bu özellik ısı, amonyak dışındaki tüm maddelerinkinden yüksektir. Böylece su sıcaklıklarda fazla artış olmadan daha fazla enerji depolayabilir ve böylece canlı sistemde sıcaklık ve metabolik olaylar daha kararlı olabilmektedir. [14]

2.6.2 Hava

Havanın Isınma (özellik) ısısı nispeten düşüktür. 1 kg havanın sıcaklığını 1 °C arttırmak için 0,24 kalorilik enerji gereklidir. Suya ve diğer sıvı akışkanlara göre daha düşük olan bu enerji taşıma kapasitesi, taşıma enerjisini (fanların çektiği enerjiyi) artırmaktadır.

2.6.3 Pompalar

Pompalar su, akaryakıt gibi akışkanları bir yerden alıp başka bir yere nakleden veya kapalı bir sistem içinde dolaştıran hidrolik makinalardır.

Pompa debisi, $V(m^3/h)$: Pompa debisi sistemin ihtiyacına göre tasarımcı tarafından belirlenir.

Pompa basıncı, (mSS): Pompa basıncı sistem sürtünme kayıpları, cihaz dirençleri varsa kot farkı dikkate alınarak hesaplanır.

Debi ve basma yüksekliği hesaplandıktan sonra pompa, karakteristik eğri üzerinde en verimli noktanın biraz solunda kalacak şekilde seçilmelidir.

Tesisat Sistemlerinde Pompa Kullanımı;

Bina mekanik tesisatlarında pompaların yaygın bir kullanımı vardır.

1. Sirkülasyon-dolaşım pompaları (kapalı devrelerde),
2. Transfer pompaları (açık devrelerde),
3. Atık su pompaları,
4. Yangın pompaları (yatık karakteristik eğrili).
5. Kullanma suyu, bahçe sulama, yangın, proses suyu hidrofor pompaları,
6. Derin kuyu dalgıç pompaları,
7. Pis su çukuru drenaj pompaları,
8. Fosseptik tahliye pompaları,
9. Kondens geri dönüş pompaları,
10. Kazan bes pompaları vb.

Sistemin esnek bir membran vasıtası ile temasta olduğu ve pompanın sadece sistemdeki sürtünme direncini yenmek zorunda olduğu sistemler **kapalı dolaşım sistemleridir**.

Pompanın sistemdeki sürtünme kaybını yenmenin yanı sıra statik kot farkı da sağlamak zorunda olduğu, dolaşım sistemleri ise **açık dolaşım sistemleridir**. [15]

2.6.4 Fanlar

Fanlar havayı bir yerden alarak bir başka yere ileten hidrolik makinalardır. Binalarda ve sanayide sıklıkla kullanılan cihazlardır.

Sanayide %20 civarındaki enerjiyi fanlar tüketir.

Fanların tasarımı, seçimi ve işletilmesinde enerji verimliliğine dikkat edilmelidir.

Fan debisi: Santrifüj fanların sağlayabileceği debi giriş çapı, devir sayısı kanat giriş açısı, aksiyal fanlarda ise gövde çapı, göbek çapı ve devir sayısı gibi parametrelere bağlıdır.

- Fanların tasarımında teorik (matematiksel) bir yöntem bulunmamaktadır.
- Literatür, deneme yanılma, geçmiş tecrübeler ve kısıtlar dikkate alınarak testler ve bilgisayar modelleri ile tasarım yapılır.
- Bu yaklaşımlarla rotor çapı, giriş çapı (aksiyal fanlarda göbek çapı), kanat sayısı, kanat açısı ve eğriliği, motor gücü, verim ve gürültü düzeyi vb. hesaplanır.

Bir fanın performansı, aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

1. Fanın tasarımı,
 2. Çalışma noktası (debi ve basınç karakteristikleri),
 3. Fanın boyutları,
 4. Rotorun devir sayısı,
 5. Fan içinden geçen gazın yoğunluğu, sıcaklığı,
 6. Sistem dirençleri,
- gibi faktörlere bağlıdır.

Fanlar değişik şekillerde sınıflandırılabilir:

1. Aksiyal fanlar,
2. Santrifüj fanlar,
3. Aksiyal-santrifüj fanlar,
4. Çatı tipi fanlar,
5. Turbo blower

Binalarda fan kullanımı:

1. Klima santralleri
2. Aspiratör ve vantilatörler
3. Mevdiven basınçlandırma
4. Otopark yangın ve havalandırma

5. Soğutma kuleleri
6. Soğutma sistemleri (split klimalar vb.)
7. Banyo, wc vb. [16]

2.7 Modülasyon

Alman yönetmeliklerine göre, 70 kW gücün üzerinde merkezi ısıtma sistemlerinde çok kademeli veya oransal brülörlü tek kazan kullanmak veya tek kademeli brülörlü çok sayıda kazan kullanmak gerekmektedir. Bu kural yoğunlaşmalı kazanlar ve katı yakıt kazanları için geçerli değildir. Buna göre pratik olarak konu, düşük sıcaklık kazanlarında kademeli (veya oransal) brülörlü tek kazan kullanmak veya tek kademeli brülörlü çok sayıda kazan kullanmak alternatifleri arasında seçim yapmaya dönüşmektedir.

Modern düşük sıcaklık kazanları için sorunun genel olarak geçerli cevabı, değişken güçlü (kademeli veya oransal brülörlü) tek kazan kullanımı şeklindedir. Her iki alternatifi değerlendirilmesinde yakıt maliyetleri ön planda gelir. Her iki durum için geçerli enerji kayıpları, baca kaybı, ısınım kaybı ve durma kaybı olmaktadır. Değerlendirme için bu kayıplar yakıt maliyetlerine indirgenmelidir.

Modern kazanlarda kademeli veya oransal brülörlü bir kazanlı ısıtma sistemi kullanmak, tek kademeli iki kazan kullanmaktan daha avantajlıdır.

Isıtma sistemleri, bilindiği gibi ısıtma periyodunun sadece çok küçük bir bölümünde tam kapasite çalışmak mecburiyetindedir. Isıtma periyodunun %94'ünde kısmi kapasiteyle çalışılmaktadır.

Sağlanan elektrik tasarrufuyla değişken debili pompalar kendilerini 2 yıl içinde amorti ederler.

Özellikle tam sulu klima sistemlerinde, yıllık elektrik tüketimine pompalar önemli paya sahiptir. Bu tür sistemlerde, pompaların HVAC cihazlarının toplam elektrik tüketimlerin içindeki payı %3-12 mertebesinde.

Binalarda mekanik tesisatta soğutma devresi, soğutulmuş su sirkülasyon pompaları, kondenser devresi, pompaları, sıcak su sirkülasyon pompaları mevcuttur. Sirkülasyon pompaları, genellikle küçük motor güçlerine sahiptir; ancak sürekli çalıştıklarından çok enerji tüketirler. Sirkülasyon pompaları sabit debili ve değişken debili olabilir. Genellikle kullanılan tipler, sabit debili pompalardır. İhtiyacın değişken olduğu yerlerde değişken debili pompaların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Devir hızının etkisi :

Pompanın debisi devir hızıyla doğru orantılıdır.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

Pompanın basma yüksekliği devir hızının karesiyle doğru orantılıdır.

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

Pompanın gereksinim duyduğu güç ise, veriminin devir hızından bağımlı olması sebebiyle devir hızının kübüyle yaklaşık olarak doğru orantılıdır.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

Binalarda mekanik tesisatta havalandırma fanları, klima santral fanları, kule fanları, hava soğutmalı chiller fanları gibi farklı amaçlarda kullanılan fanlar mevcuttur. Genellikle kullanılan tipler sabit debili fanlardır.

İhtiyacın değişken olduğu yerlerde, değişken debili fanların kullanılması büyük enerji tasarrufu sağlar.

Ancak mevcut sistemlerde her uygulamada, sabit debili fanları değişken debili fanlara döndürme imkanı yoktur. Fan debisinin değişimi, devir sayısını değiştirerek yapılmalıdır. Fan debisi değiştiğinde; debi, devirdeki değişimle doğru orantılı değişir. Fan basıncı devir değişim oranının karesiyle, fanın çektiği elektrik gücü ise devir değişim oranının kübüyle orantılı değişir.

Fanın devir sayısını değiştirerek debi %20 azaltıldığında, basınç %36 ve güç %50 azalır.

Fan seçerken değişen hava debilerindeki verim eğrisi dikkatle kontrol edilmelidir. Azalan hava debisinde elektrik tüketiminin nasıl değiştiği ve dağıtım kanallarındaki balansın nasıl etkilendiği de kontrol edilmelidir. [17]

$$V_1 = V_2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

$$P_1 = P_2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$$

$$N_1 = N_2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \right)$$

3. Soğutma Tekniği

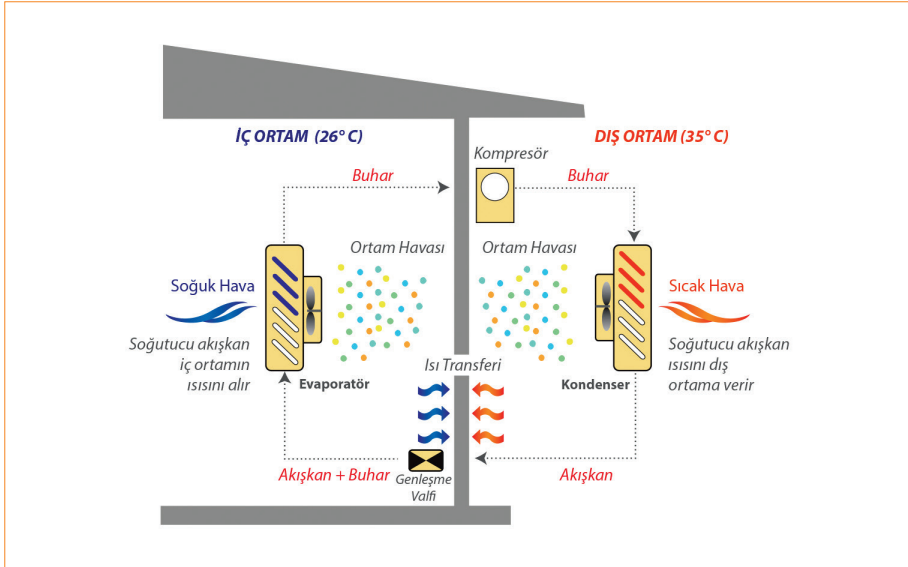
Bir soğutma çevrimi, soğutucu bir akışkanın ısıyı emmesi ve daha sonra yayması ile oluşan değişikliklerin tanımlandığı, bir soğutucu içinde gerçekleşen çevrimdir.

Çevrim döngüsü şu şekildedir:

Kompresör tarafından alçak basınçtaki soğutucu akışkan yüksek basınca çıkartılarak buradan kondensere yollarır kondenserde yoğunlaşma oluşturulur ve genişleme valfinden geçerek alçak basınç sıvı hale dönüştürülür ve buradan evaporatör vasıtası ile soğutma gerçekleştirilir.

Uygulamada, ısının düşük sıcaklıktaki kaynaktan, yüksek sıcaklıktaki ortama pompalanması ile depolama hacmi ya da yaşam alanı soğutulur. Isı normalde bunun tersi yönde bir hareket izlemektedir (yüksek sıcaklıktan, düşük sıcaklığa doğru). Uygulamada yalıtımın önemi de çok büyüktür. Bu nedenle düşük ısı iletim katsayısına sahip yalıtım malzemeleri kullanılır. Günümüz sistemlerinde sıkça kullanılanların başında Poliüretan gelir. Yalıtım, soğutulmuş alandaki düşük sıcaklığı korumak ve düşük sıcaklığa ulaşmak için gerekli enerji ve gücü düşürmek için kullanılır.

En genel haldeki soğutucu sistemler, faz değişimli ısı pompasını temel alan çevrimi kullanır. Bununla beraber absorbeli (soğurmali) ısı pompaları da uygulamaların bir çoğunda kullanılır. [18]



Soğutma Tekniği

Soğutma çevriminin çalışma prensibi, matematik olarak Sadi Carnot tarafından 1824'te bir ısı makinesi ile tanımlanmıştır. Bir soğutucu tersinir çalışan bir ısı makinesidir.

26 yıl sonra 1850 yılında Lord Kelvin'in, soğutma cihazlarının ısıtma maksadı ile kullanılabileceğini ileri sürmesiyle ısı pompası uygulamaya girdi. II. Dünya Savaşı'ndan önce ısı pompasının geliştirilmesi ve kullanılabilir hâle getirilmesi için birçok mühendis ve bilim adamı bu alanda araştırmalar ve çalışmalar yaptı. Savaş yıllarında endüstri, imkânlarını daha acil problemlere yönelttiği için ara verilen bu çalışmalara savaştan sonra tekrar başlandı.

Isı pompası endüstrisinin 1950'lerde sahip olduğu potansiyel, yüksek kuruluş maliyeti, doğalgaz ve petrole dayanan enerjinin ucuzlaması nedeniyle ısı pompasına olan güven 1960'lı yıllarda azaldı. Isı pompalarının bu duraklamadan sonra önem kazanması 1973'teki enerji krizinden sonra olmuş ve bu tarihten sonra birçok çalışma yapılmıştır.

Isı pompası, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makinedir. Kışın ısıtma maksadı ile kullanılan ısı pompası, yazın da soğutma için kullanılabilir.

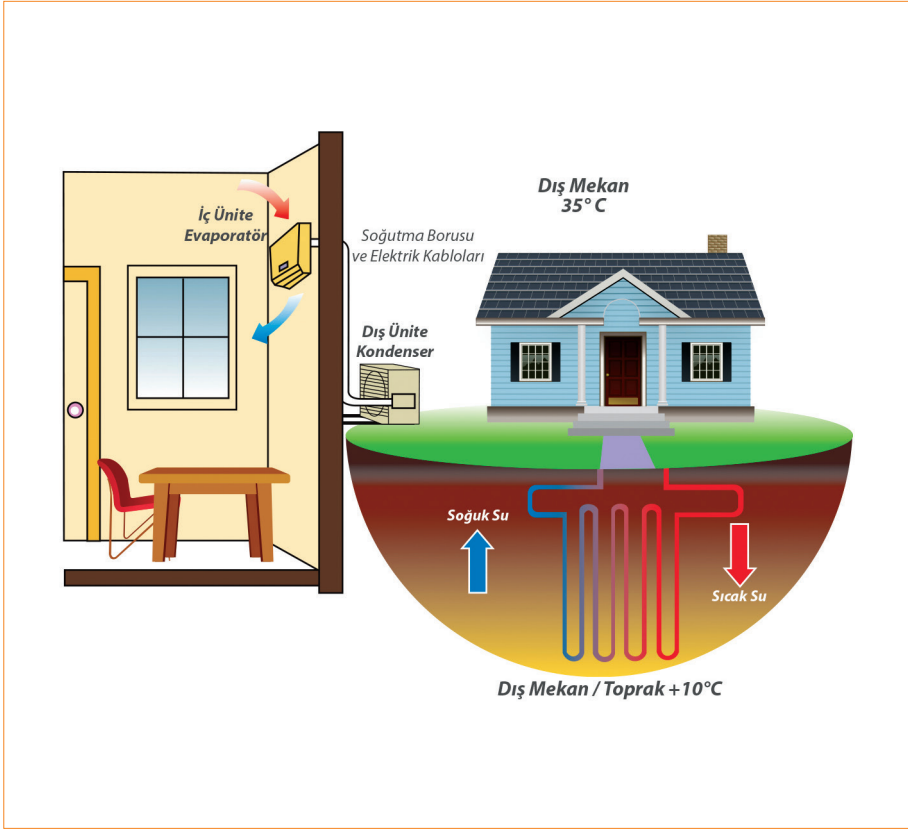
Bir ısı pompasının en önemli karakteristiği performans katsayısıdır (COP). Verimli bir sistemin COP değerleri tipik olarak 4'e eşittir, yani sisteme girilen her bir birim girdi karşılığında 4 birim enerji hasil olur. Japonya'daki COP değerleri 5'in üzerindedir. En iyi ısı pompaları 6.8 COP değerine ulaşmaktadır.

Isı pompası sistemlerinde, buharlaştırıcıların ısı çektiği ortamlara "ısı kaynakları" denir.

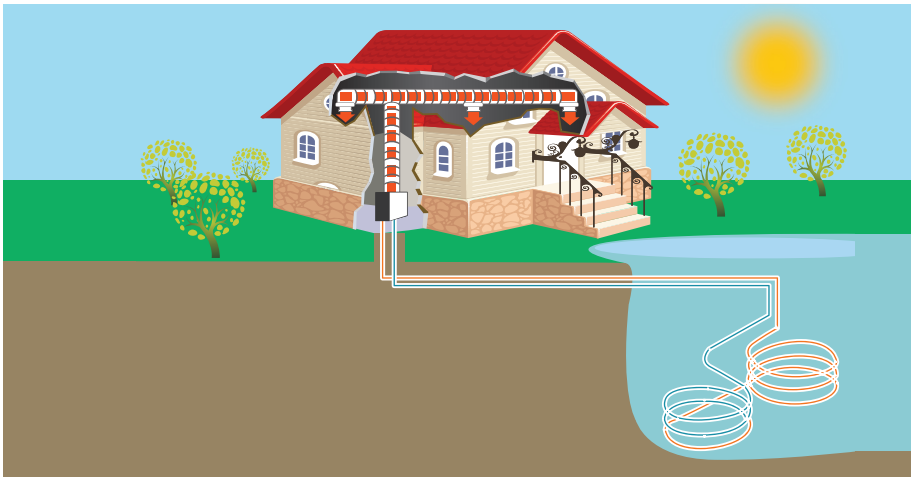
Isı pompalarında aşağıdakiler kaynak olarak kullanılabilir: [19]

- Çevre havası
- Toprak
- Deniz, nehir, göl suyu
- Yeraltı suları
- Artık sıvılar
- Artık gazlar
- Artık ısılar
- Güneş
- Kaya

kullanılabilir. [19]



Toprak Kaynaklı Soğutma Çevrimi

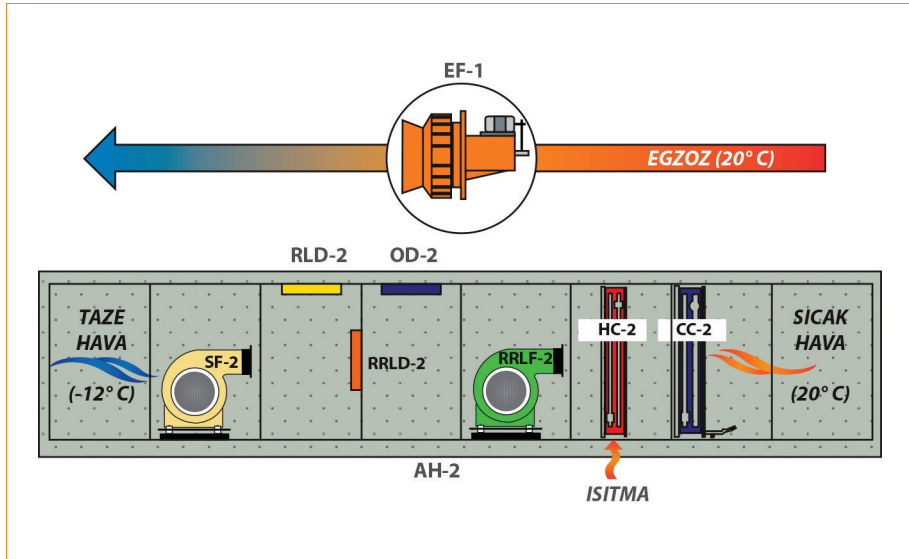


Su Kaynaklı Soğutma Çevrimi

4. Havalandırma - Neden?

Havalandırma, kapalı bir hacimdeki havanın değiştirilmesi işlemidir. Amacı;

- Ortamdaki havanın oksijen içeriğinin azalmasını önlemek,
- Ortamdaki havanın içerisindeki CO₂ gazı, vücut kokuları, sigara dumanı, nem içeriğinin aşırı artışını önlemek,
- Makinalardan, insanlardan ve aydınlatmadan kaynaklanan ortamdaki ısı kazancını dışarı atmak
- Makinalardan, pişirmelerden ve insanlardan kaynaklanan ortamdaki nem kazancını dışarı atmak
- Zehirli gazlar ve tozu ortamdaki uzaklaştırmak
- Bakteri ve zararlı mikro organizma sayılarını düşürmektir.



Havalandırma Santrali ve Enerji Tüketimi

Amaç yukarıdaki maddelerden biri veya birkaçı olabilir. Havalandırma tesisinin oluşturulmasında ana veri havalandırma miktarıdır. Bu hava miktarının belirlenmesi, insanların temiz hava ihtiyacı, belirli kirleticilerin derişiklik seviyelerinin limit değerler altında tutulması, basınç kontrolü ve sıcaklık kontrolü gibi bazı temel kriterlerden biri veya birkaçı esas alınarak yapılır. Geçmiş dönemlerde enerji maliyetleri sistemin tasarımında önemli belirleyici bir parametre oluşturmuştur. Günümüzde enerji maliyetleri yanında, iç hava kalitesi çoğunlukla birinci prensiple çatışan ikinci bir belirleyici parametre haline gelmiştir. Farklı uygulamalar için farklı standartlar değişiklik rakamlar verebilmektedir. Bu konuda Türk Standartları yeterli derinlikte ve detayda olmadıklarından belirleyici değildir. Havalandırmayı yaratan kuvvetlere bağlı olarak, havalandırmayı doğal havalandırma ve mekanik havalandırma olarak ikiye ayırmak mümkündür. Doğal havalandırmada bir binanın doğal güçlerden

yararlanarak kontrollü olarak havalandırılması söz konusudur. Mekanik havalandırmada ise, fan gücünden yararlanılır. Bir enerji tüketimi karşılığında, hava zorlanmış olarak hacimlere beslenir.

4.1 İç Hava Kalitesi

İç hava kalitesi yaşanan hacimlerde solunan havanın temizliği ile ilgilidir. Temiz hava yetkili otoriteler tarafından belirlenen zararlı derişiklik seviyelerinin üstünde bilinen hiçbir kirlетici madde içermeyen ve bu havayı soluyan insanların %80 veya daha üzerindeki oranının havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir tatminsizlik hissetmediğı hava olarak tarif edilebilir. Konutlar, işyerleri, okullar v.s. gibi endüstriyel olmayan ortamlardaki iç hacimlerde de son yıllarda giderek artan ölçüde iç havanın temizliği ile ilgili endişeler gelişmektedir. İnsanların zamanlarının %90 gibi bir kısmını iç hacimlerde geçirdikleri ve iç hacimlerdeki insan yoğunluğunun daha fazla olacağı ve bundan kaynaklanan problemler olacağı rahatça tahmin edilebilir. Yine son yıllarda yapılan çalışmalarda hasta bina sendromu gibi kavramlar ortaya çıkmış ve iç hacimlerdeki kirlilikten kaynaklanan hastalıklar teşhis edilmiştir. Konu ile ilgili çalışmalar buna paralel olarak artmış, bilimsel makaleler yayımlanmış, bilimsel toplantılar yapılmış ve yaptırım gücü olan yeni standartlar ortaya çıkmıştır. Bu standartlardan ASHRAE 62-89 numaralı olanı en geniş biçimde konuyu ele almaktadır. Bu standardın kuralları ve örneğinin enerji tasarrufu ilkeleri ile çatışması en çok tartışılan konulardan biri olmuştur.

4.1.1 Hasta Bina Sendromu

“Hasta Bina Sendromu” (HBS) görünür hiçbir hastalık nedeni olmayan bir binada, sakinlerin sadece binada geçirdikleri zamanla bağlantılı olarak sağlık ve konfor şikayetleri olmasına verilen isimdir. şikayetçiler bina içinde belli bir oda veya zon içinde bulunabilecekleri gibi, bina içine de dağılmış olabilirler. Konu ile ilişkili bir başka kavram ise, “Bina Bağlantılı Hastalık” (BBH) kavramıdır. Bu durumda, bina içerisinde teşhis edilen hastalıkların nedenleri bellidir ve binanın havalandırma sisteminden kaynaklanmaktadır.



Neden Havalandırma - Hasta Bina Sendromu

4.1.1.1 Hasta Bina Sendromu Göstergeleri

- Bina sakinleri birdenbire rahatsızlıklardan şikayet etmeye başlarlar.
- Bu şikayetler baş ağrısı, göz, burun veya boğaz rahatsızlıkları, öksürük, kuru veya kaşıntılı bir cilt, baş dönmesi, mide bulantısı, konsantrasyon bozuklukları ve kokuya karşı aşırı duyarlılık şeklinde olabilir.
- Bu hastalık belirtilerinin kaynağı tanımlanamamıştır.
- Şikayetçilerin çoğu binayı terkedişlerinden hemen sonra rahatladıklarını belirtmişlerdir.

Bina Bağlantılı Hastalık Göstergeleri

- Bina sakinlerinin çoğunluğunun öksürük, göğüs sıkışması, ateş, titreme ve kas ağrısı gibi şikayetleri görülmektedir.
- Bu bulguların nedenleri klinik olarak tamamen açıklanabilir.
- Şikayetçiler binayı terketseler de iyileşmeleri belli bir süre alır.

4.1.1.2 İç Hava Kalitesini Bozan Hasta Bina Sendromunun Nedenleri?

İç hava kalitesini bozan ve kirlilik oluşturan zararlı maddeleri gruplayarak aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Solunan havadaki karbondioksit oranı (insanların ve canlıların solunumları ve yanma kaynağıdır)
2. Koku (insan kaynaklıdır)
3. Mikroorganizmalar (çevre ve insan kaynaklıdır)
4. Nem (çevre ve pişirme gibi insan faaliyetleri kaynaklıdır)
5. Radon gazı (toprak kaynaklıdır)
6. Organik buharlar (kullanılan eşya ve bina elemanları kaynaklıdır)
7. Toz (çevre ve kullanılan eşya kaynaklıdır)
8. Alerjen maddeler ve canlılar (çevre kaynaklıdır)
9. Sigara dumanı (insan kaynaklıdır)
10. Diğer kaynaklar

(yukarıda sayılanların dışında hava kalitesine etki eden daha pek çok faktör vardır. Bunlar içinde elektronik kirlenmeden, radyasyona kadar pek çok faktör sayılabilir. [20])

4.1.2 Havalandırma – Enerji Tüketimi

Talep kontrollü Havalandırma:

Havalandırmada iç hava kalitesini bozmadan enerji tasarrufu sağlamak üzere son yıllarda gelişen tekniklerden biri, talep kontrollü havalandırma. Bu sistemde, hava kalite sensöründen veya CO₂ sensöründen kumanda alan bir havalandırma sistemi, ihtiyaç olduğunda ve talep geldiğinde devreye girmektedir. Özellikle kafe, bar gibi kirlenme kaynağı insan olan ve yoğun havalandırma ge-

reken ve büyük havalandırma enerjisi tüketimi olan, aynı zamanda havalandırma ihtiyacının gün boyunca değişken olduğu yerlerde bu sistemin uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır.

Free Cooling:

Uygun iklim şartlarında gece soğutmaya ihtiyaç olan mekanik sistemlerde “free cooling” veya “cool down” seçenekleri gece soğutması olarak kullanılır. Yaz mevsiminde ve geçiş mevsimlerinde gece, iç sıcaklıktan daha düşük iç hava gece saatlerinde sistem tam açık konuma getirilerek soğuk hava ile yapılan soğutma kütlesi bina içine depolanır ve gün boyunca kullanılır. [21]

4.1.3 Havalandırma – Isı Geri Kazanımı

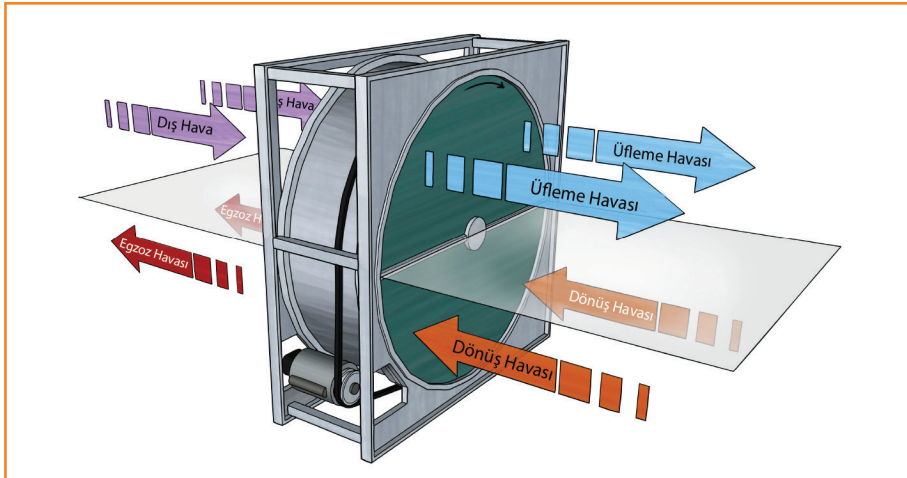
Dış hava ile istenen iç hava sıcaklıkları arasındaki ısı farkının çok yüksek olduğu zamanın yeterince uzun olduğu yerlerde kullanılır. Geri kazanım devresi önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar.

Sabit yüzeyli levha tip ısı değiştiricisi:

Sabit yüzeyli levha tip ısı değiştiricinin hareketli bir parçası yoktur. Levha tabakaları ile egzoz ve taze hava geçiş kanalları ayrılmış ve sızdırmaz hale getirilmiştir. Levhalar arası uzaklıklar 2.5 ile 12.5 mm arasında tasarım ve uygulamaya göre değişiklik gösterir. Isı direkt olarak ılık egzoz hava akımı ile soğuk taze hava akımı arasında transfer edilir. Normal olarak yoğunlaşma ile oluşan gizli ısı (ılık egzoz hava akımının çiğ noktası sıcaklığının altına düşmesi sonucu yoğunlaşması) ve duyulur ısı her ikisi soğuk (taze hava) akıma ayrılmış levhalar arasından iletilir. Böylece enerji transferi gerçekleşir, fakat nem transferi olmaz. Atık egzoz ısısının % 80'ine kadar geri kazanan üniteler gerçekleştirilebilir.

Döner Tip Hava-Hava Isı Değiştiriciler (Isı Tekerleri):

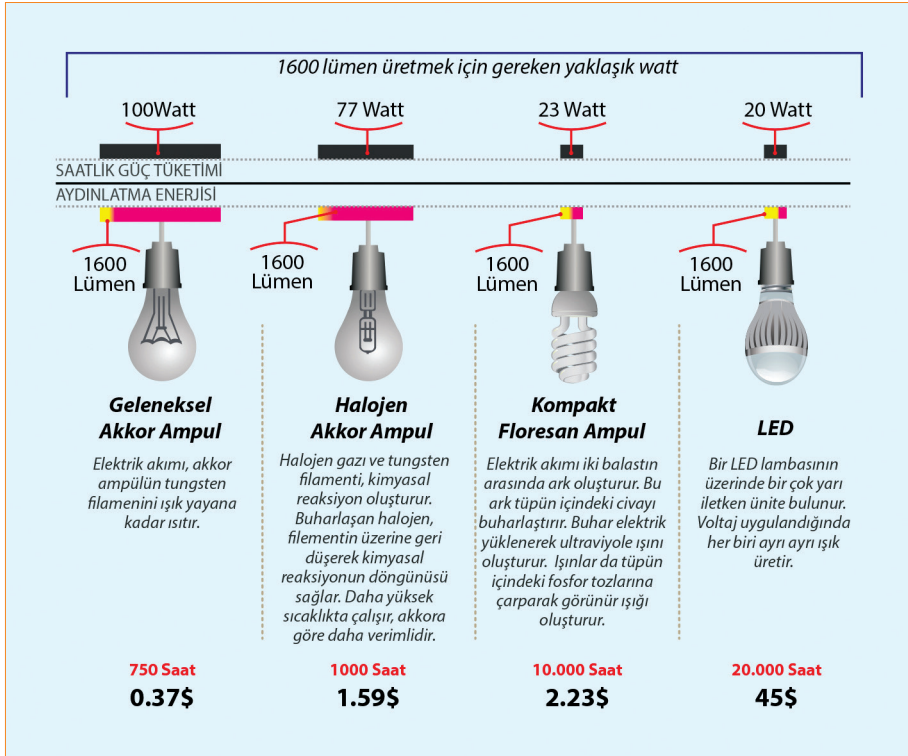
Döner tip hava-hava ısı değiştiriciler veya ısı tekerleri (veya dönen rejeneratörler), çok geniş iç yüzey alanlı hava geçirgen bir ortamla doldurulmuş döner bir silindire sahiptir. Isı tekerinde taze ve egzoz hava akımları ısı değiştiricilerin yarım kesitinin karşıt yönlü paralel akım biçiminde akar. [22]



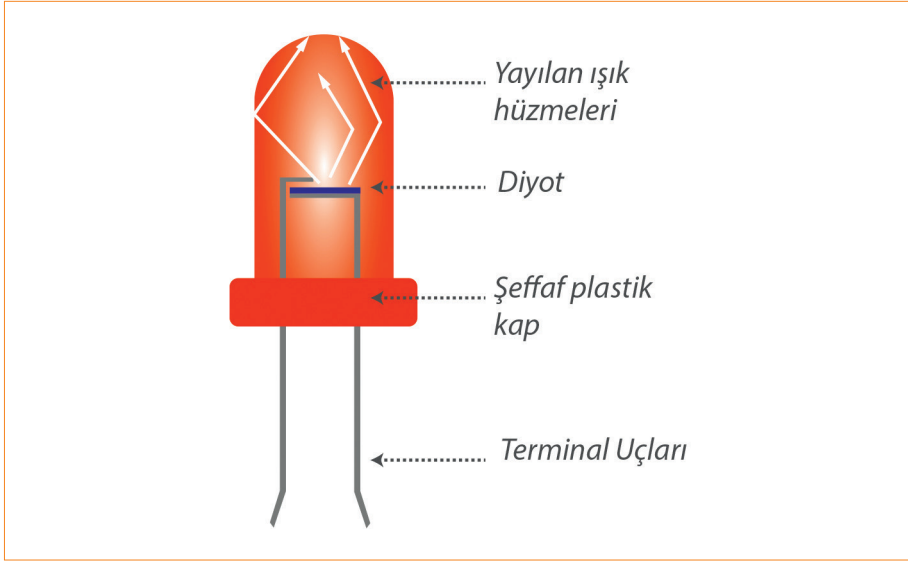
5. Aydınlatma

Aydınlatma konusu, ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi başlıkları altında incelenmektedir.

- Işığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma, aydınlatılan yere göre iç ve dış aydınlatma, amacı bakımından fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatma olarak kendi içerisinde ayrılırlar.
- Işık elektromagnetik dalga (radyasyon) enerjisinin 380 ile 760 nm dalga uzunluklarında göze etki eden bir enerji şekli olup dalga veya foton şeklinde yayılır.
- Son yıllarda ülkemizde, kullanılan alanlara göre, elektrik enerjisinin tüketiminde aydınlatmanın payı gittikçe yükselmektedir.
- Ülkemizde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık % 20'sine yakın kısmı aydınlatmada kullanıldığı için, aydınlatma konusunda yapılacak enerji tasarrufu ülke açısından büyük önem taşımaktadır.
- Bu tasarruf, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden, iyi bir aydınlatmanın gereklerini yerine getirerek yapılmalıdır.
- İyi bir aydınlatma ile gözün görme yeteneği artar, göz sağlığı korunur, kazalar azalır, iş verimi ve ekonomik-potansiyel artar, güvenlik sağlanır.



Aydınlatmada Verimler



LED - temel yapısı ve çalışma mantığı

Ayrıca aşağıda yer alan durumlara da dikkat edilmelidir:

- Yüksek verimli uygun ışık kaynağı,
- Işığı en verimli şekilde kullanan armatürler,
- Armatürün düzenli bakımı,
- Uygun aydınlatma proje tasarımı,
- Gün ışığından maksimum düzeyde yararlanabilmek için uygun kontrol sistemlerinin kullanımı,
- Duvar, tavan ve dekorasyon malzemesinin mümkün olduğunca açık renkli seçilmesi,
- Aydınlığın ihtiyaca göre seçilmesi,
- Armatürlerin ışık dağılım eğrisine kumanda eden yansıtıcısıyla verimi %10 ile %15 arasında artırılabilir. Bu nedenle tam kontrol için en verimli durum yansıtıcı-kırıcı kombinasyonları ile sağlanması ve değişikliğin ekonomik olması [23]



6 Kaynaklar

- [1] “Enerji Verimliliği Mevzuat Notları, Yrd. Doç. Koray Ülgen”
- [2] <http://newscenter.lbl.gov/2009/06/02/working-toward-the-very-low-energy-consumption-building-of-the-future/>
- [3] http://www.usgbcsc.org/site/?page_id=140
- [4] Frej 2005
- [5] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Isitma>
- [6] <https://www.solarpowerservices.com.au/power-saving-tips/72-thermal-insulation>
- [7] “Havalandırma, Dr. İbrahim Çakmanus, TTMD”
- [8] “Aydınlatma, Dr. İbrahim Çakmanus, TTMD”
- [9] “Doğal Gaz – LPG tesisatı ve Bacalar, Isısan Çalışmaları No. 345”
- [10] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kömür>
- [11] https://tr.wikipedia.org/wiki/Küresel_ısınma
- [12] <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/Kazanlar.pdf>
- [13] <http://www.alarko-carrier.com.tr/tr/TeknikDestek/NedenYogusmaliKazan.swf>
- [14] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Su>
- [15] “Pompalar, Dr. İbrahim Çakmanus, TTMD EĞİTİM Mayıs 2011”
- [16] “Fanlarda Enerji Verimliliği, İbrahim Çakmanus, TTMD Eğitim, Mayıs 2011”
- [17] “Isısan Çalışmaları No. 265 Isıtma Tesisatı”
- [18] “https://tr.wikipedia.org/wiki/Soğutma_çevrimi”
- [19] “https://tr.wikipedia.org/wiki/Isı_pompası”
- [20] “Isısan Çalışmaları No. 305, Klima Tesisatı”
- [21] “Isısan Çalışmaları No.305 Klima Tesisatı”
- [22] “Enerji Geri Kazanım Sistemleri, Ali Güngör, 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri”
- [23] “Aydınlatma, Doç.Dr. İbrahim Çakmanus, TTMD eğitim”

[illegible]

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜM TEKNİKLERİ ve CİHAZLARI

Bölüm 1

Neden ölçme ihtiyacı duyarız?

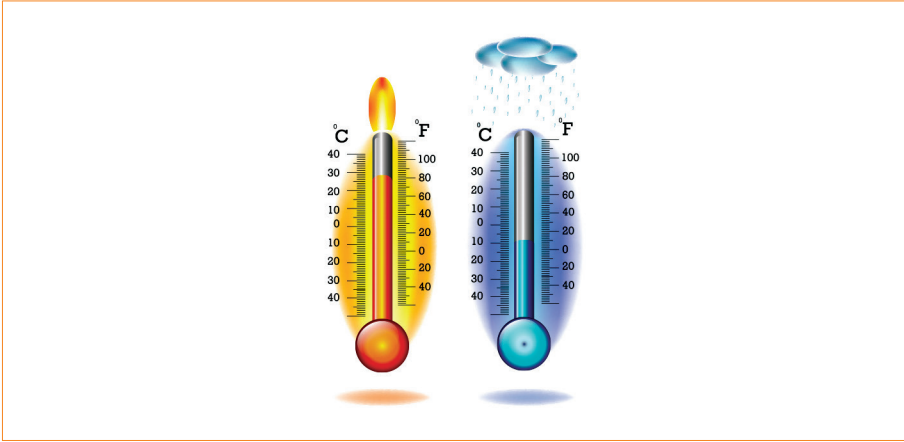
*Bu soruya şu ünlü söz ile yanıt verebiliriz;
“Ölçmek Bilmektir.” Ölçmek bilmek
ise, bilmek de yönetebilmektir. Sayısal
anlamda değeri bilinmeyen bir değişkeni
yönetmek pek de mümkün değildir.
Ölçmek için ise çeşitli araçlara ihtiyaç
duyarız. Bu araç kimi zaman bir cetvel,
kimi zaman bir termometre, kimi zaman
da bir voltmetre olabilir.*

Neden ölçme ihtiyacı duyarız?

Bu soruya şu ünlü söz ile yanıt verebiliriz; “Ölçmek Bilmektir.” Ölçmek bilmek ise, bilmek de yönetebilmektir. Sayısal anlamda değeri bilinmeyen bir değişkeni yönetmek pek de mümkün değildir. Ölçmek için ise çeşitli araçlara ihtiyaç duyarız. Bu araç kimi zaman bir cetvel, kimi zaman bir termometre, kimi zaman da bir voltmetre olabilir. Bu bölümde enerji verimliliği denetimlerinde kullanılan çeşitli ölçüm cihazlarından bahsedecek ve bu cihazların çeşitleri, kullanım amaçları, kullanırken dikkat edilmesi gerekenler ve benzeri konulara değineceğiz.

Termometreler (Sıcaklık Ölçerler)

Termometreler doğduğumuz andan itibaren hayatımızın hemen her aşamasında kullandığımız bir ölçüm ekipmanıdır. Hemen herkesin evinin duvarında ortam sıcaklığını ölçmek için kullanılan bir cıvalı termometre ya da benzeri mutlaka olmuştur. Bu da ölçmeye hayatımızın her alanında ihtiyaç duyduğumuzun bir göstergesidir. Elbette günümüzde hemen her şeyin dijital bir sürümü seri olarak üretilmektedir. Termometre ve diğer tüm ölçüm cihazları da buna dâhildir.



Termometre ve sensör çeşitleri.

Temaslı (kontak) termometreler,

Ortam (hava) sıcaklığı ölçüm cihazları

Bulunduğumuz ortamda, havalandırma kanalının içinden akan havanın ya da baca gazının sıcaklığının vb. ölçülmesi için kullanılırlar. Hava yoğunluğu nedeni ile tepki süreleri uzundur. Yani ortam havası ile dengeye gelmeleri daha fazla zaman alır. Üreticinin belirttiği T90 ya da T99 şeklinde adlandırılan tepki süresine dikkat edilmelidir. Ayrıca yine üreticinin belirttiği ölçüm aralığı da belirleyicidir. Termometre ya da herhangi başka bir ölçüm cihazının üst veya alt ölçüm limiti dışında kullanılması ölçüm doğruluğunun beklenenden fazla sapmasına ve cihazın elektronik ve fiziksel anlamda zarar görmesine neden olabilir



Ortam/Hava Sıcaklığı Ölçüm Probu

Yüzey sıcaklığı ölçüm cihazları

Yüzey termometreleri, bir kalorifer radyatörünün, gidiş/dönüş su borularının, pişirici bir mutfak aletinin, elektronik bir devre üzerindeki elemanın, duvar yüzeyinin ve buna benzer her türlü yüzeyin sıcaklığının ölçülmesinde kullanılabilir. Sensör ve prob yapıları yüzeye maksimum seviyede temas edecek ve ortam sıcaklığından en az etkilenecek şekilde tasarlanır. Tepki (T90) süreleri hava sıcaklığı ölçen termometrelere göre daha kısa olabilir. (Bu süre; prob yapısı, teknik özellikleri ve üreticiye göre farklılık gösterebilir.)



Yüzey Sıcaklığı Ölçüm Probu

Sıvı ve yarı katı sıcaklığı ölçüm cihazları

Daldırma/batırma tip termometre olarak da anılan bu cihazlar, sıvı ve yarı katı malzemelerin iç sıcaklıklarının ölçülmesi için kullanılırlar. Tepki (T90) süreleri hava ve yüzey sıcaklığı ölçen termometrelere göre daha çok daha kısadır, yani bir sıvı ya da yarı katı malzemenin sıcaklığının saniyeler içinde ölçülmesi mümkündür. Bir şişe benzeyen prob yapıları sayesinde sıvı ya da yarı katı malzemelere kolaylıkla daldırmak/batırmak suretiyle iç sıcaklıklarının ölçülmesine olanak sağlar.



Daldırma/batırma tip termometre

Kızılötesi (infrared) termometreler

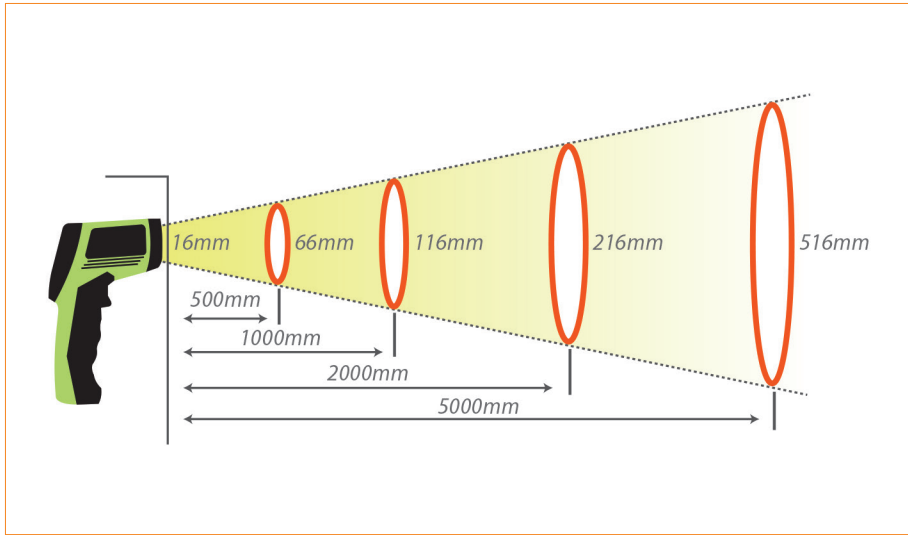
Kızılötesi (infrared) termometreler temassız bir şekilde yüzeylerden sıcaklık ölçülmesine olanak sağlar. Hızlı ve pratik olmaları nedeni ile birçok alanda kullanılmaktadır. Tepki süreleri 1 saniyenin bile altında olabilir. Mutlak sıfır olarak kabul edilen -273.15°C (0 K, -273.15°F) moleküler hareketin durduğu varsayılmaktadır. Bu da nesnenin enerjisiz kalması anlamına gelir. Mutlak sıfır elbette teorik bir değerdir. Ancak buna bağlı olarak mutlak sıfırdan daha yüksek sıcaklığa sahip her nesne moleküler harekete ve buna bağlı olarak da ısı enerjisiye sahip demektir. Kızılötesi termometreler nesnelerin yaydığı ısı enerjisiyi temassız bir şekilde algırlar.



İnfrared (Kızılötesi) Termometre

Kızılötesi termometrelerle ilgili dikkat edilmesi ve bilinmesi gereken başlıca dört önemli konu vardır.

- Kızılötesi termometreler her zaman yüzey sıcaklığını ölçerler. Bu termometreler ile hava sıcaklığı ya da bir nesnenin iç sıcaklığının ölçülmesi söz konusu değildir. Kızılötesi termometreler ışığa uyarlı olmadıkları için, ışık geçirgen olan cam ve benzeri nesnelerin arkasındaki sıcaklığı da kesinlikle ölçemezler. Kızılötesi termometre bir cam yüzeye doğru tutulduğunda ölçülen sıcaklık, camın termometreye bakan yüzeyinin sıcaklığıdır.
- Dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise; termometre üzerinde bulunan lazer işaretleyicinin -anıldığı gibi- sadece termometrenin nereye doğrultulduğunun belirlenmesi için yardımcı bir eleman olduğudur. Yani “kızılötesi termometre, lazer termometre değildir.”
- Her kızılötesi termometrenin teknik özelliğine bağlı olarak farklılık gösteren bir optik oranı vardır. Örneğin 1:10 optik orana sahip bir cihaz ile 10 metre uzaklıktan, 1 metrelik bir dairesel alan içine giren tüm nesnelerin ortalama sıcaklığı ölçülür. Sanılanın aksine bir önceki maddede bahsi geçen lazer işaretleyicinin düştüğü küçük, noktasal bir ölçülemez. Bu da 10 metre uzaklıktaki 30 cm çapa sahip bir nesnenin sıcaklığının doğru bir şekilde ölçülemeyeceği anlamına gelir.



Kızılötesi Termometrenin Optik Oranları

- Kızılötesi termometrelerle ilgili dikkat bilinmesi gereken başlıca son konu ise Emisivite- ϵ değeridir. Her nesnenin kendine has bir emisivite değeri olabilir. Hemen her kızılötesi termometrede emisivite değeri 0 ile 1 arasında ayarlanabilir. Ölçülen nesneye bağlı olarak doğru emisivite değerinin dikkate alınarak cihaza girilmesi gerekmektedir. Aksi durumlarda yüzey sıcaklığının gözle görülür seviyelerde hatalı ölçülmesi söz konusudur. Emisivite değeri 0.60'ın altında olan çok parlak yüzeylerde kızılötesi termometre ile sağlıklı sonuçlar alınması pek de mümkün değildir.

Malzeme (malzeme sıcaklığı)	Emisivite
Alüminyum, büyük ölçüde oksitlenmiş(93°C)	0,2
Alüminyum, cilalı (100°C)	0,09
Alüminyum, oksitlenmemiş (25°C)	0,02
Alüminyum, oksitlenmemiş (100°C)	0,03
Alüminyum, boş haddelenmiş (170°C)	0,04
Pirinç, oksitlenmiş (200°C)	0,61
Tuğla, morter, sıva (20°C)	0,93
Tuğla (40°C)	0,93
Dökme demir, oksitlenmiş (200°C)	0,64
Krom (40°C)	0,08
Krom, boyalı (150°C)	0,06
Kil, yanmış (70°C)	0,91
Beton (25°C)	0,93
Bakır, oksitlenmiş (130°C)	0,76
Bakır, boyalı (40°C)	0,03
Bakır, haddelenmiş (40°C)	0,64
Bakır, biraz kararmış (20°C)	0,04
Mantar (20°C)	0,7
Pamuk (20°C)	0,77
Cam (90°C)	0,94
Granit (20°C)	0,45
Alçıtaşı (20°C)	0,9
Buz, pürüzsüz (0°C)	0,97
Demir, zımparalı zemin (20°C)	0,24

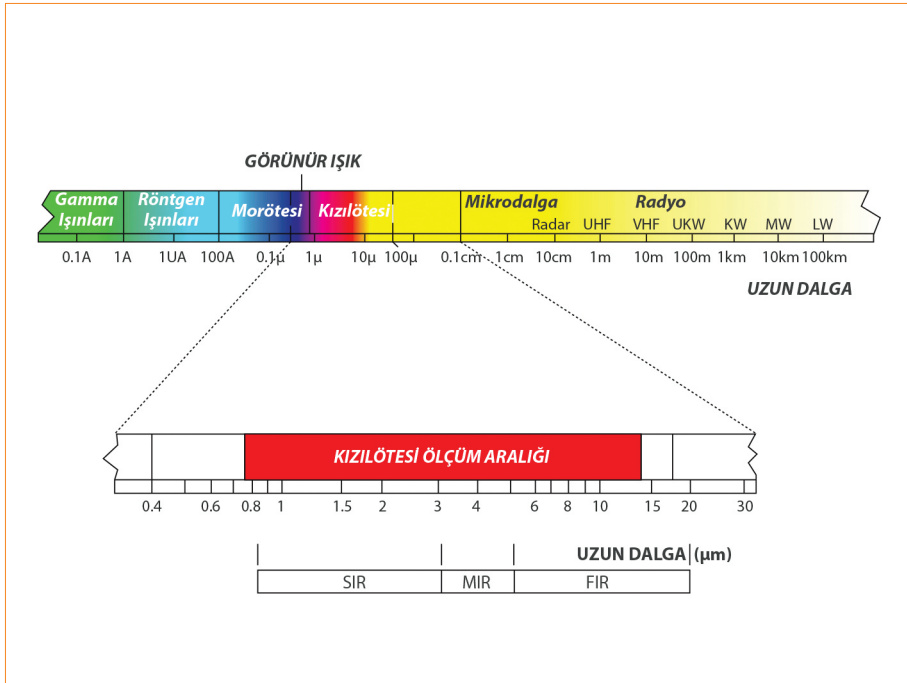
Malzeme (malzeme sıcaklığı)	Emisivite
Döküm demir (100°C)	0,8
Haddelenmiş demir (20°C)	0,77
Kurşun (40°C)	0,43
Kurşun, gri oksitlenmiş (40°C)	0,28
Kurşun, oksitlenmiş (40°C)	0,43
Mermer, beyaz (40°C)	0,95
Yağlı boya (tüm renkler) (90°C)	0,92-0,96
Boya, siyah, mat (80°C)	0,97
Boya, alüminyum folyo üzerine mavi (40°C)	0,78
Boya, beyaz (90°C)	0,95
Boya, sarı, alüminyum folyo üzerine 2 kat (40°C)	0,79
Kağıt (20°C)	0,97
Plastik: PE, PP, PVC (20°C)	0,94
Porselen (20°C)	0,92
Radyatör, siyah kaplamalı (5°C)	0,98
Kauçuk, sert (23°C)	0,94
Kauçuk, yumuşak, gri (23°C)	0,89
Kumtaşı (40°C)	0,67
Çelik, soğuk haddelenmiş (93°C)	0,75-0,85
Çelik, ısıtılmış işlem görmüş yüzey (200°C)	0,52
Çelik, oksitlenmiş (200°C)	0,79
Boyalı trafo (70°C)	0,94
Ahşap (70°C)	0,94
Çinko, oksitlenmiş	0,1

Termal Görüntüleme Cihazları (Termal Kameralar)

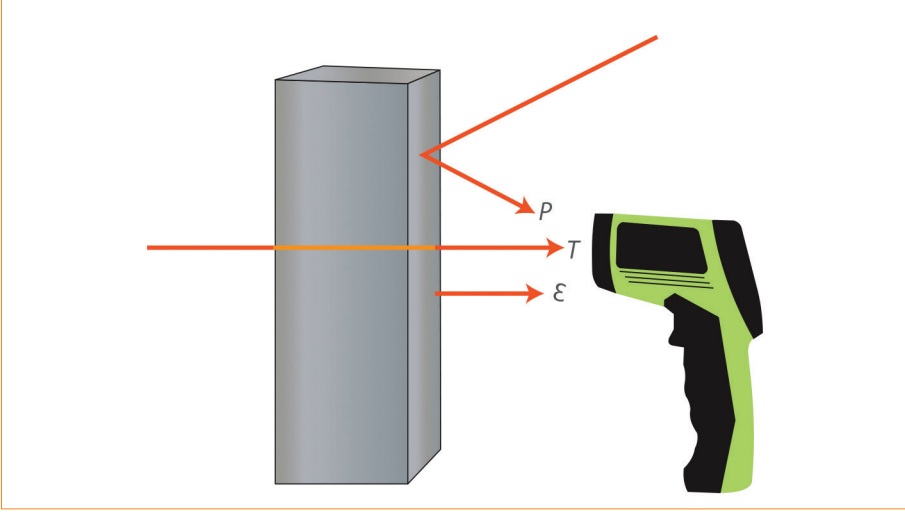
Termal kameralar, teknik açıdan yukarıda bahsi geçen kızılötesi termometreler ile aynı çalışma prensibine sahiptir. Ancak kızılötesi termometrelerden farklı olarak belli bir alanı tarayıp ortalama sıcaklık değeri vermek yerine, -cihazda kullanılan termal dedektörün çözünürlüğüne bağlı olarak- her bir piksele düşen sıcaklık verisini ayrı ayrı algılar ve ekranındaki görüntüyü bu veriye bağlı şekilde renklendirir. Örneğin 160x120 piksel dedektör çözünürlüğüne sahip bir termal kamera 19.200 farklı noktadan sıcaklık değerini ölçer ve yine dedektörün termal duyarlılığına (NETD) bağlı olarak her bir pikseli sıcaklık değerlerine göre ayrı ayrı renklendirir. Cihaz ekranı üzerinde ve/veya PC yazılımları sayesinde her pikselin sıcaklık değeri de ayrıca okunabilir. Dolayısı ile termal kameralar hem bir ölçüm cihazı hem de görüntüleme ekipmanıdır.

Bir **termal kamera**, görüş alanı içerisindeki uzun-dalga infrared ışınımı ölçer. Buradan, ölçülecek olan nesnenin sıcaklığını hesaplar. Ölçüm nesnesinin yüzeyi için **emisivite (e)** ve **yansıyan sıcaklık** (RTC) hesaplama faktörleri, manuel olarak termal kamerada ayarlanabilir. **Dedektördeki** her piksel, renkli olarak ekranda gösterilen bir termal noktayı temsil eder.

Termografi (bir termal kamera ile sıcaklık ölçümü), pasif ve temassız bir ölçüm yöntemidir. Termal görüntü, bir nesnenin yüzeyi üzerindeki sıcaklık dağılımını gösterir. Bu nedenle, bir termal kamera ile bir nesnenin içine bakamazsınız. (Kaynak: www.testo.com.tr)



Işık Tayfı



Kirchhoff kanunlarına göre ısıtım enerjisinin korunumu

Termal kamera tarafından kaydedilen infrared ısıtım aşağıdakileri içerir:

- ölçüm nesnesi tarafından yayılan ısıtım;
- ortam ısıtımının yansıması ve
- ölçüm nesnesi ısıtımının iletimi.

Bunların toplamının her zaman 1 olduğu varsayılır (100 %):

$$\epsilon + P + T = 1$$

Pratikte nadiren bir rol oynayan iletim T formülde ihmal edilebilir.

$$\epsilon + P = 1$$

Formülün basitleştirilmiş hali:

$$\epsilon + P = 1$$

Termografi için bu şu anlama gelir:

Daha düşük emisivite,

- Yansıyan infrared ısıtımının payı daha yüksek,
- Doğru bir sıcaklık ölçümü almak daha zor ve
- En önemlisi de; yansıyan sıcaklık doğru ayarlanmıştır.

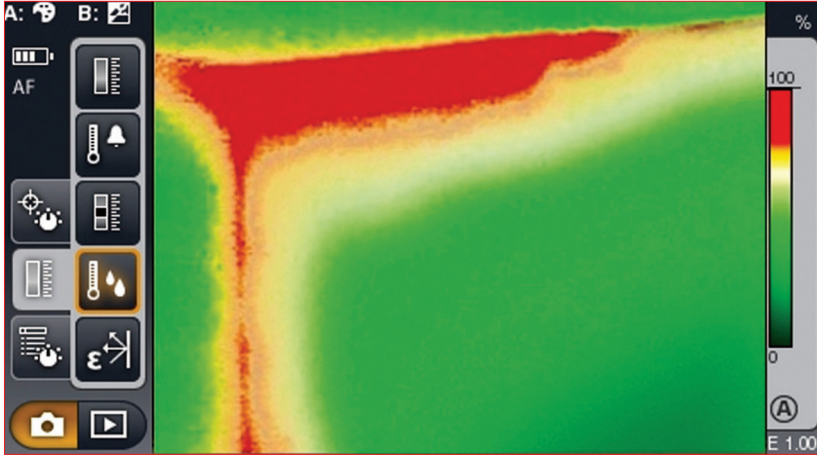
Emisyon ve yansıma arasındaki ilişki

1. Yüksek emisiviteye sahip bir ölçüm nesnesi ($\epsilon \geq 0.8$):
 - Yansıması (P) düşüktür: $P = 1 - \epsilon$
 - Termal kamera ile sıcaklığı kolaylıkla ölçülür.
2. Ortalama bir emisiviteye sahip ölçüm nesnesi ($0.6 < \epsilon < 0.8$):
 - Yansıma (P) ortalamadır: $P = 1 - \epsilon$
 - Termal kamera ile sıcaklığı kolaylıkla ölçülür.
3. Düşük emisiviteye sahip bir ölçüm nesnesi ($\epsilon \leq 0.6$):
 - Yansıma (P) yüksektir: $P = 1 - \epsilon$
 - Termal kamera ile sıcaklığın ölçülmesi olasıdır, ancak sonuçları çok dikkatli yorumlamanız gerekir
 - Sıcaklığın hesaplanmasında ana faktör olan yansıyan sıcaklığın (RTC) doğru ayarlanması önemlidir. (kaynak: www.testo.com.tr)
 - Bir termal kamera ile sadece yüzey sıcaklığını ölçebilirsiniz; herhangi bir şeyin içine bakamazsınız.
 - Cam gibi transparan bazı malzemeler, uzun-dalga infrared ışımasını geçirgen değildir. Gerektiğinde, ölçüm nesnesi üzerindeki herhangi bir kaplamayı ya da kapağı kaldırın, aksi takdirde termal kamera, nesnenin üzerindeki kaplamayı ya da kapağın yüzey sıcaklığını ölçecektir.
 - Testo termal kameraların lens ve cam korumasının yapıldığı ince plastik levhalar ve germanyum gibi birkaç geçirgen malzeme bulunur.
 - Yüzeyin altında yer alan elemanların, iletim yoluyla ölçüm nesnesinin yüzeyi üzerindeki ısı dağılımını etkilemesi durumunda, ölçüm nesnesinin iç tasarım yapısı genellikle termal görüntüde tespit edilebilir. Ancak unutulmamalıdır ki, termal kamera sadece yüzey sıcaklığını ölçer. Ölçüm nesnesi içinde bulunan elemanların sıcaklık değerleri hakkında kesin bir bildirimde bulunmak mümkün değildir. (Kaynak: www.testo.com.tr)

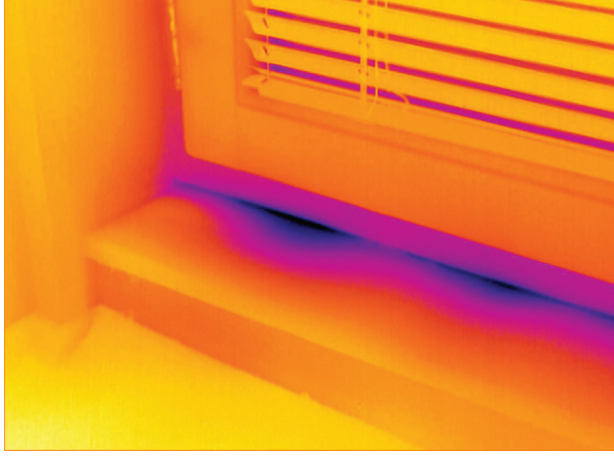
Termal kameralar oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir.



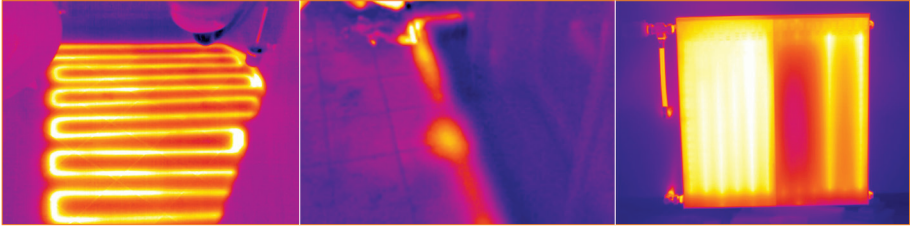
Binalarda kabuğu ve/veya iskeletindeki ısı köprüleri, izolasyon sorunları ve kaçakların tespiti.



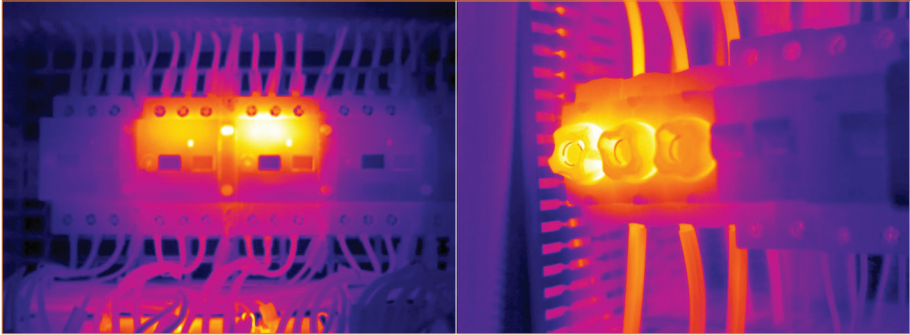
Duvar yüzeylerinde küf oluşma riski bulunan noktaların tespitinde.



Pencere, kapı vb. noktalardaki kaçakların tespiti.



Isıtma tesisatı veya sıhhi tesisatlarda tıkanıklık ve su kaçağı gibi sorunların tespiti.



Elektrik panolarında, gevşek bağlantı, dengesiz/aşırı yük vb. sorunlar nedeniyle fazla ısınan elemanların tespitinde.

Bağıl Nem Ölçüm Cihazları

Ortam Nem Ölçüm Cihazları

Mutlak nem; 1 m³ havadaki su buharı miktarıdır. Bu yüzden birimi gr/m³tür.

Bağıl nem; havanın bünyesinde su buharı halinde bulunan mutlak nemin, ortamdaki sıcaklık ve basınç şartlarına bağlı olarak tutabileceği azami su miktarına olan oranıdır. Bu nedenle birimi yüzde (%RH) cinsindendir.

Nem ölçümü, ortam şartlarının değerlendirilmesinde sıcaklık parametresi ile birlikte anılan değişkenlerin başında gelmektedir. Ortamda nem ölçümü konfor şartlarının belirlenmesinde ve havalandırma ve/veya iklimlendirme cihazının seçiminde dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biridir.



Ortam Nem/Sıcaklık Ölçüm Cihazı

Malzeme Nem Ölüm Cihazları

Bu cihazlar ahşap, beton, alçı, kireç vb. yapı malzemelerinin bünyesindeki nem miktarının ölçülmesinde kullanılırlar. Cihazlar ilgili yapı malzemelerine temas ettirilerek elektriksel iletkenliğe bağlı olarak değerlendirilir ve ekranda %RH cinsinden bağıl nem değeri okunur.



Malzeme Nemi Ölçüm Cihazı

Basınç Ölçüm Cihazları

Fark basınç ölçüm cihazları (Manometreler); hava, gaz veya sıvı basıncı ölçümlerinde kullanılırlar. Birçok farklı birimi vardır. Pa, hPa, bar, mbar, mmH₂O, mmHg vs.

Yaygın olarak gaz yakıtlı cihazların basınçlarının ölçülmesi ve buna bağlı basınç ayarlarının yapılmasında, havalandırma sistemlerinde kanal basınçlarının ölçülmesinde, temiz oda vb. uygulamalarda pozitif ve/veya negatif basınçlandırılmış alanların kontrolünde, yangın merdiveni basınçlandırılması vb. uygulamalarda, basınç düşümünden yola çıkarak kapalı tesisatlarda kaçak tespitinde ve buna benzer bir çok uygulamada kullanılır. Cihazın teknik özelliğine bağlı olarak, pitot tüpü ile kullanıldıklarında hava hız ölçümünde de kullanılmaktadır.



Manometre/Fark Basınç Ölçerler

Barometreler; atmosfer basıncını ölçmek için kullanılırlar. Teknik özelliklerine bağlı olarak birçok barometre aynı zamanda altimetre olarak da çalışmaktadır. Altimetre atmosfer basıncına bağlı olarak, (çoğunlukla) deniz seviyesine göre yükseklik (râkım) ölçer.



Barometre

Anemometreler (Hava Hızı Ölçüm Cihazları)

Anemometreler çoğunlukla havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde, hava kanalı, menfez vb. noktalardan hava hızının ölçülmesi ve buna bağlı olarak hava debisinin hesaplanması amacı ile kullanılırlar. Teknik özelliğine bağlı olarak bazı anemometrelere hava kanalı ya da menfez kesiti girilerek hava debisi hesabı yapılması sağlanabilir. Hava hızının birimi m/s (metre/saniye) ve hava debisinin birimi de genellikle (özellikle Avrupa'da) m³/h (metreküp/saat) cinsindendir. Anemometre seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken bir takım önemli hususlar vardır. Temelde kanal içi ve menfezler için üretilmiş farklı cihaz ya da problemler mevcuttur. Bu cihaz ve/veya problemleri birbirinden ayıran özellikler ağırlıklı olarak ölçüm aralıkları ve prob (çapları) boyutlarıdır. Kanal içi uygulamalar için küçük çapta ve yüksek hız aralıklarında çalışan anemometreler tercih edilmelidir. Bunun sebebi probun kanala daldırılabilmesi için kanalda bir delik açılması zorunluluğudur ve elbette kanal içinde ölçülecek hava hızları menfezlere göre daha yüksek olacaktır. Menfezlerde ise dağılan havanın toplanması için daha büyük çapta problemler kullanılmalıdır. Menfez çıkışlarında bulunan anemostat ve benzeri elemanların havanın dağılmasına ve hatta türbülans oluşmasına sebep olacağı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Diğer yandan ölçüm yapılacak ortamın sıcaklık ve nem değeri de anemometre seçiminde mutlaka dikkat edilmesi gereken değişkenlerdir. Anemometreler temelde birkaç farklı sensör ve prob yapısına sahiptir. Bunlardan en yaygın olanı pervane (vane) anemometrelerdir. Pervane anemometreler diğer anemometrelere göre daha dayanıklı olması, geniş ölçüm aralıklarına sahip olması sebebi ile çoğunlukla tercih edilirler. Pervane anemometreler yöne bağımlı çalışırlar. Bu yüzden havanın akışına sıfır derece açı ile konumlandırılmaları gerekir. Probun doğru konumlandırılmaması ölçüm sonucunda kayda değer hatalara sebep olacaktır. Pervane anemometreler geniş ölçüm aralığı seçenekleri sunmasına karşın, düşük hava hızlarının ölçülmesi konusunda pek de başarılı değildirler. Birçok pervane anemometre 0.2- 0.3 m/s gibi küçük hızları ölçemez. Bunun sebebi ise bu seviyedeki küçük hava hızlarının pervanede herhangi bir hareket etkisi oluşturmadan kanatçıkların arasından akıp gitmesidir.



Pervane anemometreler

Hot-Wire (sıcak tel) Anemetreler ise pervane anemetrelerin aksine küçük hızların ölçülmesine olanak sağlarlar ve ölçüm hassasiyetleri 0.02 m/s'ye kadar olabilir. Sıcak tel anemetreler ise fiziksel anlamda oldukça narin sensör yapılarına sahiptir. Bu yüzden kullanım esnasında özen gösterilmemesi halinde sensörün hasar görme olasılığı yüksektir. Sıcak tel anemetreler sensör yapıları nedeni ile yüksek nem ve partikül içeren ortamlarda kullanılmamalıdır. Bu anemetreler de pervane anemetrelerde olduğu gibi yöne bağımlı çalışırlar ve ölçüm esnasında doğru konumlandırılmaları önemlidir. Küçük hızları ölçebilmeleri ve yüksek hassasiyetleri sebebi ile temiz oda uygulamalarında HEPA filtre çıkışları gibi noktalarda yoğunlukla tercih edilirler.



Hot-Wire Anemometre

Hot Ball (sıcak küre) Anemetreler sensör yapıları sayesinde yönden bağımsız olarak hava hızını ölçebilirler. Ölçülen değer farklı yönlerden gelen hızların vektörel toplamıdır. Çoğunlukla probun konumlandırılmasının güç olduğu, küçük üfleme ağzlarında ve hava akış yönünün kesin bilinmediği noktalarda tercih edilirler.



Hot Ball Anemometre

Pitot Tüpleri; çoğunlukla hava kanalı, baca vb. kapalı hacimlerde fark basıncın ve hava hızının ölçülmesinde kullanılırlar. Pitot tüpü kanal içindeki toplam basınç ve statik basınç arasındaki farktan yola çıkılarak hava hızının hesaplanmasına olanak sağlar. Birçok fark basınç ölçer pitot tüpü yardımı ile m/s cinsinden hava hızını hesaplayabilmektedir. Pitot tüpü temelde iç içe geçmiş içi boş metal tüplerden ibarettir. Bu yüzden yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır, toz, nem vb. dış faktörlerden en az seviyede etkilenir. Hasar görme olasılığı düşüktür. Ayrıca 100 m/s gibi çok yüksek hızlar dahi pitot tüpü ile ölçülebilir. Bu yüzden baca gazı debisinin ölçülmesi ve yüksek sıcaklık ve yüksek hızların bulunduğu çeşitli endüstriyel uygulamalarda çok yaygın olarak kullanılır. Ayrıca havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinde kanal içi basınçlarının ölçülmesinde de kullanılırlar.



L Tipi Pitot Tüp

Baca Gazı Analiz Cihazları

Baca gazı analiz cihazları enerji verimliliği uygulamalarında kullanılan en temel ve önemli cihazlardan biridir. Zira yanma verimliliğinin ölçülmesi ve buna bağlı olarak yapılacak brülör ayarları ile yakıt sarfiyatının optimizasyonu mümkündür. Portatif baca gazı analiz cihazları genellikle O₂ (oksijen), CO (karbonmonoksit), baca gazı sıcaklığı, ortam sıcaklığı, baca çekiş basıncı gibi parametreleri doğrudan ölçer ve ölçülen bu parametrelere bağlı olarak CO₂ (karbondioksit), lambda (fazla hava katsayısı), yanma verimi gibi parametreleri hesaplar. Yanma verimliliği amaçlı baca gazı ölçümleri kazan çıkışında bacaya açılacak bir ölçüm deliğine baca gazı probunun yerleştirilmesi sureti ile yapılır. Cihazlar bacadan gazın emilmesi için kullanılan bir vakum pompasına sahiptir. Pompa yardımı ile bacadan gaz emilerek cihazın içinde bulunan (O₂, CO gibi parametreleri ölçen) elektrokimyasal sensörlere iletilir. Sensörler, oluşan kimyasal reaksiyon sayesinde gaz konsantrasyonlarını; ppm, % veya mg/m³ gibi birimler ile gösterirler. Ölçülen baca gazında CO bulunması kötü yanmaya işaret eder. Verimli bir sistemde CO değerinin mümkün olduğunca düşük, hatta sıfır olması beklenir. İdeal O₂ ve CO₂ değeri ise sistemde kullanılan yakıta bağlı olarak değişkenlik gösterir. Örneğin doğalgazlı bir sıcak su kazanında beklenen ideal O₂ değeri %3 iken, CO₂ değeri %11-12 civarındadır. Bu değerlerin pratikte tamamen temin edilmesi çoğunlukla mümkün olmayabilir. İdeal yanma verimini temin

etmek için O₂, CO, CO₂, fazla hava katsayısı, baca gazı sıcaklığı gibi birçok parametreyi aynı anda değerlendirmek ve dengede tutmak gereklidir.



Baca Gazı Analiz Cihazı



Bu proje Avrupa Birliđi ve Türkiye Cumhuriyeti
tarafından finanse edilmektedir.

Ofis / Office

Türkiye Cumhuriyeti evre ve Şehircilik Bakanlığı
Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüđü
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Devlet Yolu
(Dumlupınar Bulvarı) 9.km (Tepe Prime yanı) no.278
Kat: 16 Ankara Türkiye

beva.csb.gov.tr

beva@csb.gov.tr

Bu yayın Avrupa Birliđi'nin mali desteği ile hazırlanmıőtır. Yayının içeriğinden yalnız Niras IC Sp
z o.o. liderliđindeki konsorsiyum sorumlu olup, yayın hiçbir şekilde Avrupa Birliđi'nin görüőlerini
yansıtmamaktadır.

This publication was developed with the financial assistance of the European Union.
The contents of this publication is the sole responsibility of the Consortium led by NIRAS IC Sp.
z.o.o and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.



NIRAS

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIđI**