



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.



Binalarda Enerji Verimliliğinin Artırılması İçin Teknik Yardım Projesi

Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri



NIRAS

**T.C.
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIğI**

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:
Yrd. Doç. Dr. Gülsu Ulukavak Harputlugil
(*Kıdemli Bina Sertifikasyon 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

GENEL KAVRAMLAR ve DİSİPLİNLERARASI PAYLAŞIM

Bölüm 1

2. gün (1 saat)

Tasarım, içinde pek çok parametre barındıran ve sürekli geri dönüşlerle beslenerek yürüyen “yinelemeli” bir süreçtir. Mimari tasarım, çoğunlukla tasarımcının deneyimine bağlı olarak gelişmektedir. Tasarımı formüle etmek olası değildir. Aynı gereklilikler için, aynı arsa koşullarında, aynı tasarımcı, her seferinde farklı bir tasarım gerçekleştirebilir.

Tasarım, içinde pek çok parametre barındıran ve sürekli geri dönüşlerle beslenerek yürüyen “yinelemeli” bir süreçtir. Mimari tasarım, çoğunlukla tasarımcının deneyimine bağlı olarak gelişmektedir. Tasarımı formüle etmek olası değildir. Aynı gereklilikler için, aynı arsa koşullarında, aynı tasarımcı, her seferinde farklı bir tasarım gerçekleştirebilir.

Binayı, bina strüktürü, kullanıcıları, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri ve etkin dış ortam koşullarını kapsayan bir sistemler bütünü olarak ele almaya, yani entegre bir yaklaşıma olan gereksinim, çevresel etkenler/gereklilikler, binaların gittikçe karmaşıklaşması, geleceğe yönelik esneklik arayışları, kalite anlayışının yükselmesi, inşaat sektörünün gittikçe daha büyük bir oranda endüstriyel ve uluslararası bir konuma oturması, bina üretim sürecindeki sorumlulukların birbiriyle ilişkili bir zincir oluşturması gibi bir çok bir biriyle ilişkili ekonomik, teknik, politik ve sosyal gelişmelere bağlı olarak gittikçe önem kazanmaktadır.

Bugüne dek, bina tasarım süreci ardışık aşamalardan oluşmakta; önce binanın tasarımının gerçekleştirildiği, ardından binanın ısıtma/soğutma/havalandırma sistemlerinin eklendiği bir sıra izlenmekteydi. Burada binanın dinamik ısıl etkileşimi çoğunlukla tamamen göz ardı edilmekteydi. Isıl konfor gereklilikleri, sadece gereken hava sıcaklığının ayarlanmasına yönelik düşünülmekte; ısınsal sıcaklık ve hava hareket hızı gibi önemli termofiziksel parametreler göz ardı edilmekteydi. Sistem tasarımı için ise göz önünde bulundurulmuş sadece ekstrem koşullardı. Oysa ki, hem ısıl konfor açısından, hem de enerji tüketiminin minimizasyonu açısından bu yaklaşımın bugün artık kabulü mümkün değildir.

Bina enerji performansı (iç ortam konfor koşulları, fosil tabanlı yakıt tüketimi, zararlı emisyonlar, vb. bağlamında), sadece tekil bina bileşenlerine (iç ve dış duvarlar, pencereler, döşemeler, vb.) veya tesisat sistemine (ısıtma, havalandırma, iklimlendirme, aydınlatma, vb.) dayalı değil, bunların entegre bir bütünü olarak dinamik etkileşimine dayalıdır. Bu nedenle, bugün artık tasarım sürecinin bütüncül yapı tasarımı esaslarına dayalı ele alınması gerektiği kabul edilmektedir.

1.1. Bütüncül Yapı Tasarımı Yaklaşımı (Whole Building Design Approach)

Bütüncül yapı tasarımı, disiplinler arası paylaşımı esas alan, “bütünleşik tasarım (integrated design)” ve “bütünleşik ekip (integrated team)” gibi iki temel kavrama dayalı yürütülen bir süreçtir. Bütünleşik tasarım yaklaşımı, tasarım sürecinin tüm paydaşlarına ve planlama, tasarım, inşaat aşamasındaki teknik ekibe; projenin hedeflerine, malzeme, sistem ve bileşenlerine pek çok farklı perspektiften bakabilmelerini söyler. Bu yaklaşım, aynı zamanda, tasarım süreci boyunca söz sahibi olan çeşitli uzmanların, süreç boyunca birbirlerinden ayrı şekilde yürüttükleri geleneksel tasarım anlayışının yön değiştirmesi /evrilmesi anlamına gelmektedir.

Bütüncül yapı tasarımı pratikte, bütünleşik ekip çalışmasını da getirmektedir. Tasarım sürecine dahil teknik ekip ve tüm paydaşlar sürecin en başından itibaren birlikte çalışarak, maliyet, yaşam kalitesi, esneklik, çevresel etki, üretkenlik, yaratıcılık ve kullanıcı konforu açısından tasarımı sürekli değerlendirilmelidir.

Bina tasarımında, tam anlamıyla bütüncül bir yaklaşım gösterebilmek için, tasarım hedefleri birbirleri ile tam bir uyum ve denge içerisinde olacak şekilde ele alınmalıdır. Tasarım sürecinde gözetilmesi gereken başlıca hedefler şunlardır:

Erişebilirlik: Engelliler için özel gereksinimleri kapsayan bina eleman, boyut ve açıklıkların gözetilmesi

Estetik: Bina bileşenlerinin ve mekanların fiziksel görünüşü ve imajı

Maliyet-etkinliği: Seçilen bina bileşenlerinin temel maliyet hesabı yanında yaşam döngüsü maliyetinin de gözetilmesi

İşlevsel/İşletimsel: İşleve uygun programlama- mekânsal gereklilikler, bina bileşenlerinin sağlamlığı ve etkin bakım-onarımı kadar sistem performansının da gözetilmesi

Tarihsel Koruma: Tarihi bir gölgedeki özel uygulamalarda veya tarihi bir binada bina bileşenleri ve tasarım stratejilerinde gözetilmesi gereken dört yaklaşım: koruma, rehabilitasyon, restorasyon veya rekonstrüksiyon.

Üretkenlik: Bina bileşenlerinin hava dolanımı, aydınlatma, çalışma alanları, sistemleri ve teknolojileri ile kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunun gözetilmesi

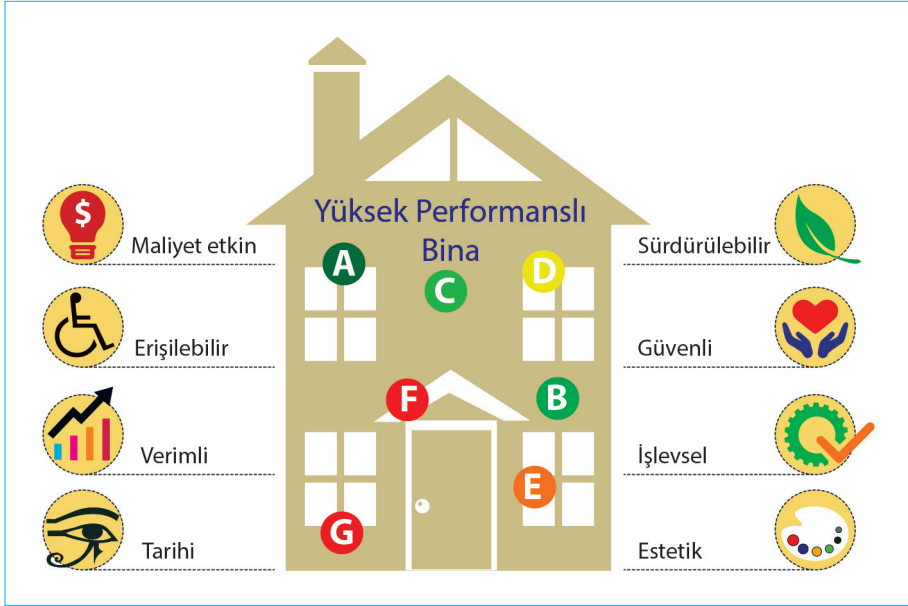
Güvenlik: Doğal ve doğal olmayan tüm afetlerden kaynaklanacak zararlardan kullanıcıların fiziksel olarak korunması

Sürdürülebilirlik: Bina elemanları ve stratejilerinin belirlenmesinde çevresel performansın gözetmesi

Her tasarım çalışmasında, yukarıda sözü edilen hedeflerden bazıları öncelikli önem kazanabilmektedir. Ancak tasarım süreci boyunca tümüne ait hedeflerin gözetilmesi şarttır. Tasarım sürecinin başından itibaren, sürecin tüm paydaşları tarafından, her bir hedefe ilişkin beklentilerin net olarak belirlenmiş olması gerekir. Bina bileşenlerinin seçilmesinde, değerlendirilmesinde ve uygulanmasında gözetilecek disiplinler arası koordinasyonun dengeli bir şekilde gerçekleştirilebilmesinde bütünlük tasarım yaklaşımının benimsenmesi, yüksek performanslı bina elde edebilmenin yegane yoludur.

‘Bütünlük Bina Tasarım Yaklaşımı’ ile ilgili detaylı bilgileri Birleşmiş Milletler Küresel Çevre Fonu tarafından fonlanan UNDP tarafından yürütülen, faydalanıcının Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olduğu, ana paydaş olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın yer aldığı çalışma sonucunda;

- 1. Türkiye Ortamı ve koşullarına Uyarlama Süreci,***
 - 2. Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu,***
 - 3. Bina Performansına Yönelik Öncelik ve Hedefler,***
- başlıkları altında hazırlanan 3 farklı kitapta bulabilirsiniz.***



Bütünleşik tasarımda gözetilen hedeflerle ilişkili olmak üzere, beş temel alt sistemden söz edilebilir. Bu sistemler;

Yapı kabuğu – iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran yapı bileşenleri

Servis sistemleri – HVAC, elektrikli sistemler, sıhhi tesisat, düşey sirkülasyon ve güvenlik

Taşıyıcı sistemler – binanın düşey ve yatay, durağan ve hareketli yüklere karşı stabilitesini sağlayan bina bileşenleri

İç yerleşim – bölmeler, bitirmeler, aydınlatma, akustik, mobilya, vb.

Arazi – peyzaj ve bina çevresi destek hizmetleri (otopark, drenaj, bitki örtüsü, vb.)

Bu bina sistemlerinin entegrasyon potansiyelini analiz ederken, her bir sistemin ve alt sistemlerinin tüm tasarım yaklaşımı içerisinde nasıl bir rol oynayacağını iyi anlaşılmış olması gerekir. Burada söz konusu olan, sistemler ile ilişkili bazı teorik veya kitabi bilgiler bütünüünün bilinmesi değildir. Sonsuz sayıdaki sistem kombinasyonu, sonsuz sayıdaki tasarım alternatifleri ile yine sonsuz sayıdaki yollarla entegre edilebilir. Burada söz konusu olan bu beş temel sistemin belirleyici biçimde bina performansının iyileştirilmesinde /yükseltilmesinde etkin olması ve bu nedenle bir arada ele alınmak zorunluluğunda olunmasıdır.

1.2. Performansa Dayalı Yaklaşım

Bina performansı için geliştirilen pek çok tanımlama var olmakla birlikte, Uluslar Arası Mimarlar Birliği-AIA (Association of International Architects) tarafından deklare edilen ve bina performansı hedefini veya amacını belirleyen tanımlamalar şöyledir:

“...binalarda fonksiyonel ve çevresel kaliteye dayalı (örn. ısı konfor, iç ortam havası, akustik, görsel kalite gibi) **bireysel etkinliği** sağlamak,

...binalarda bütünlüğe dayalı (örn. esneklik, dayanıklılık, strüktürel ve yangın güvenliği gibi) **organizasyonel etkinliği** sağlamak,

...bina yakın çevresinin kaynak dağılımı ve entegrasyonuna dayalı (örn. malzeme, arazi, su, enerji, atık, alt yapı gibi) **toplumsal etkinliği** sağlamak.”

Binalarda performansa dayalı yaklaşım denildiğinde, International Council for Research and Innovation in Building and Construction-CIB tarafından 1982 yılında hazırlanan, “Working with the Performance Approach in Building” başlıklı raporda en net ifadesini bulan tanım aşağıda yer almaktadır:

“Performans yaklaşımı yöntemden ziyade sonuç bazında düşünme ve çalışma pratiğidir. Bir binanın ya da bina ürününün, nasıl inşa edileceğinin tarifi ile değil; neye gereksinim duyduğu ile ilgilenir.” Bir başka deyim ile, kabul edilebilir çözümleri tanımlamak/tariflemek yerine; bireysel veya toplumsal amaçlara yönelik olarak belirlenen gerekliliklerinden hareketle, gereken performansı tarifler. Performans-bazlı bina, amaçlanan işlevi barındırmalıdır. Bu bağlamda tasarım aşaması son derece önemlidir, çünkü binanın kullanım sürecindeki performansını belirleyecek pek çok karar bu aşamada alınmaktadır. “Yüksek performanslı bir bina” tasarlayabilmek için, binanın amaçlanan kullanımı tam karşılaması, bir başka deyişle tasarımcıların kullanıcı gerekliliklerini tam olarak anlaması son derece önemlidir, ancak yeterli değildir. Tasarımcı aynı zamanda binanın kullanıcı gerekliliklerini karşılamak için hangi özelliklere sahip olması gerektiğini de anlamış olmalıdır. Bu gereken özellikler, çözümden bağımsız, hesaplanabilir terimler halinde ifade edildiğinde, “performans gereklilikleri”nden söz ediliyor demektir.

Bir kullanıcı ihtiyacı, bir kaç performans gereksinimi karşılanmasını gerektirebilir. Spekkink (2005) tarafından hazırlanan tabloda (Tablo 4.1) kullanıcı ihtiyacı ile performans gereklilikleri arasındaki fark örneklenmektedir.

KULLANICI İHTİYACI	PERFORMANS GEREKSİNİMİ
En fazla 25 kişi ile farklı oturma düzeninde (yuvarlak masa veya derslik) toplantıyapabilme imkanı sağlayacak bir mekan	• Gereken mekan: 3m²/kişi • Mekan biçimi: en/ boy oranı <1.5:1 • Havaalandırma: her bir kişi ve her saat için 30 m³ taze hava • İç ortam hava sıcaklığı: 19°C < t < 21°C • Arka plandaki gürültü düzeyi (dış ortam kaynaklarıyla oluşan): en fazla 35dB(A) • Reverberasyon süresi: 0.8 – 1.0 sn • Masa üstü aydınlatma düzeyi: en az 500 lux

Tablo 4.1. Bir kullanıcı ihtiyacı, bir kaç performans gereksinimi karşılanmasını gerektirebilir.

Burada iki farklı dilden söz edilebilir. Kullanıcı ihtiyacı dili, kullanıcının iyi anladığı ve çoğunlukla işleve yönelik gerekliliği ortaya koyan bir dildir. Diğer yandan performans gerekliliği sıradan bir kullanıcı için bir anlam ifade etmeyen, uzmanlık dilidir ve kullanıcı ihtiyacını performans gerekliliğine çevrilmesi uzmanlık gerektiren bir iştir.

Performans gerekliliği binanın kullanımı sırasında gereken kalite düzeyi için farklı yaklaşımları tanımlamakta ancak herhangi bir çözüm önermemektedir. Bu, tasarım ve mühendislik sürecinde yaratıcı çözümlere olanak sağlamaktadır. Bu çözümlerin performans gerekliliklerini karşıladığından emin olabilmek için, bunları değerlendirmek gerekmektedir. Bu “performans göstergeleri (PG)” temeline dayandırılarak yapılmaktadır. Bu göstergeler, ölçme, hesaplama veya simülasyon yöntemi yardımıyla önerilen tasarım çözümlerinden çıkartılabilir.

Hitchcock’un (2003) tanımına göre, performans göstergeleri bir bina projesinin performans hedeflerini, dinamik ve strüktre edilmiş bir formatta nicel kriterler kullanarak net olarak ortaya koyma çalışmasıdır. Bu bağlamda performans göstergeleri (PG) binanın performans hedeflerinin daha açık ve nicel olarak belirlenmesi için kullanılır. Performans verilerinin belgelenmesi, binanın planlanma aşmasından başlayarak tasarım ve inşaa aşamaları sonrası kullanım ve işletimine kadar binanın tüm yaşamı boyunca “değer (value)” sağlar. Performans kriterleri, doğrudan bina performans simülasyonu ile ilişkilenen birkaç değerlendirme göstergesine dayalı olarak sınırlandırılabilir.

1.4. Performansa Dayalı Yaklaşım Çerçevesinden Mevcut Standart ve Yönetmelikler

Bina performansına dayalı standart ve yönetmelikler, söz konusu ülke ve bölgenin özel şartları ve yasalarını da gözetenek, minimum gerekliliklerin belirlenmesini hedefler. Bu bağlamda, bina enerji performansının tanımına dayalı yönetmelikler, en genel çerçevesi ile, yapı kabuğu, mekanik sistemler ve aydınlatma tasarımı ve kurulumu hakkında belirleyici kuralları içerir.

Yönetmeliklerin gerekliliklerinin belirlenmesinde, temelde iki yöntemden söz edilebilir: Tanımlayıcı veya performansa dayalı. Genellikle yaygın olarak tanımlayıcı yöntem izlenmekte, performansa dayalı yöntem ise alternatif olarak uygulanmaktadır. Her iki yöntem ile ilgili olumlu ve olumsuz yönleri ile karşılaştırmalar aşağıda yer almaktadır.

1.4.1. Tanımlayıcı Yöntem

Tanımlayıcı yönetmelikler, binayı daha yüksek verimliliğe ulaştıracak belirgin ve farklı eylemleri tanımlar. Bu yönetmeliklerde, tasarımcının veya bina sahibinin seçebileceği, çeşitli bina bileşenlerinin minimum veya maksimum değerlerine ait alternatifler listelenmektedir. Genellikle, çoğu tanımlayıcı önlemler, yapı kabuğu bileşenleri için U-değerleri (veya R-değerleri), kabul edilebilir sızdırmazlık oranları, HVAC sistemi veya su ısıtıcıları için verimli mekanik sistem gereklilikleri olarak sıralanabilir.

TANIMLAYICI YÖNETMELİKLER	
AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
Bilindik olma Genellikle kullanılan bir yaklaşım İşveren ve tasarımcı ne beklediğini bilir	Bitmemişlik Sürece ait yükler dikkate alınmamıştır, ancak bunlar önemli bir etki yaratabilir.
Basitlik Kabul edilebilir enerji verimliliği önlemlerinin net tanımlarını içerir	Sıgılık Bütünleşik bina yaklaşımından yararlanmaz İlk yatırım maliyeti en düşük ürünü seçmeye yönlendirir
Kolaylık Denetleyiciler için uygunluğu değerlendirmek kolaydır	İndirgeyici Sadece kolay tanımlanabilir kalemleri içerir
	Fazla iyimser Herhangi bir ekipmanın kurulur kurulmaz mükemmel çalışacağını varsayar
	Yenilenmesi zor Verimlilik hedefleri hızla değiştiğinden, tanımlayıcı yönetmelikler sıklıkla gözden geçirilmeli ve yenilenmelidir

1.4.2. Performansa Dayalı Yöntem:

Performansa dayalı yönetmelikler, çoğu zaman uygunluğu bilgisayar modelleri ile sınanan, daha geniş, kalitatif enerji etkinliği hedeflerini içermektedir. Performansa dayalı yönetmelikler bazen, “modellenen performans” yönetmelikleri olarak da anılır. Bu ayrım, “performansın” her zaman garantili olmadığını; daha ziyade tasarımcılar ve enerji modelleme uzmanlarınca simülasyona dayalı tahmin edildiğini açıkça belirtmek için yapılır. Performansa dayalı yönetmeliklerde, enerji korunumuna dayalı bir karşılaştırma tabanı olarak bir referans bina tanımına gereksinim vardır. Modelleme sürecinde, öneri bina ve taban model (referans bina) enerji kullanımları için bir derecelendirme önerilir. Performansa dayalı yönetmeliklerde yeni binaların, referans binayla aynı veya daha az enerji tüketmesi beklenir. Yönetmelikte, referans bina taban modeli oluşturularak, enerji kullanımında “iyileştirme oranı” ifadesi ile uygunluğu tanımlar. Bina enerji tüketimi, malzemelere, sistemlere, iklime ve tahmin edilen kullanıma (kullanıcı yoğunluğu ve içsel kazançlar) dayalı girdi verileri ile bilgisayar yazılımları aracılığı ile belirlenir. Binaya ait veriler uygun bir yazılıma yüklenir, bileşenler ve sistemler, istenen verimlilik elde edilene kadar değiştirilir, böylece yönetmeliğe uygunluk sağlanmış olur.

PERFORMANSA DAYALI YÖNETMELİKLER	
AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Esneklik Bütünleşik bina yaklaşımını benimser En az maliyetli ve en yüksek enerji korunumu sağlayacak önlemlerin değerlendirilmesini destekler	Bitmemişlik Kontrol dışı yükler dikkate alınmaz Bina modelini anlamlı şekilde inceleyecek özel uzmanların çalıştırılmasını gerektirir Binayı modellendiği (simüle edildiği) şekilde işletmeye zorlayacak bir mekanizma mevcut değildir
Yenilikçi Yeni teknolojiler tasarımın daha erken aşamalarında entegre olabilir Tasarım stratejilerine daha esnek bir yaklaşımı olanaklı kılar	İyimser Ekipman kurulum ve düzgün çalışır olduğunu varsayar
Şeffaflık Hedefleri ve amaçları net olarak tanımlar	Sınırlılık Modelden elde edilen sonuçlar sadece girilen veri kadar iyidir.
	Pahalılık Genellikle özel yazılım kullanılmasını ve enerji modelleme uzmanı gerektirir

1.5. Bina Enerji Performansı Değerlendirme Çerçevesi

Bina performansının değerlendirilmesinde söz konusu olan enerji performansı olduğunda, binanın hangi kriterlere dayalı olarak enerji etkinliğinin belirleneceğinin, standartlarca tanımlanması, yönetmelik ve yönergelerle de uygulama koşullarının açıklanması gerekir. Enerji etkin bina kavramı çerçevesinde, her ülkenin kendi yerel koşulları içinde geliştirdiği standart, yönetmelik ve yönergeleri vardır.

Bina enerji yönetmelik ve standartları, binalarda enerji korunumu potansiyelinin farkına varılmasına ve binalarda enerji etkin tasarıma ilişkin talebin artmasına yardımcı olacaktır. Bu aynı zamanda enerji etkin politikaların geliştirilmesi için bir temel oluşturulmasını sağlayacaktır.

Bina enerji yönetmelik ve standartları, bina tasarımı üzerinde belirli düzeyde bir kontrolü ve binalarda enerji bilinçli tasarımın geliştirilmesini ve yenilenmesini sağlamak üzere, pek çok ülkede kullanılmakta ve geliştirilmektedir.

Türkiye de, son on yıldır, Avrupa Birliği Ülkeleri ile benzer yaklaşımlar içinde, Avrupa Birliği'ne uyum süreci içerisinde, yeni yasal düzenlemeler getirmekte, mevcut yasalarını revize etmekte, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin düzenlenen yeni standart ve yönetmelikleri uygulamaya sokmaktadır.

Bu yasal düzenlemelerin en önemlisi “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”ni yürürlükten kaldıran “Binalarda Enerji Performansı (BEP)Yönetmeliği”dir. Avrupa Birliğinin 2002/91/EC sayılı çerçeve direktifi doğrultusunda Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği 05 Aralık 2008 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanarak 05 Aralık 2009 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

BEP Yönetmeliği’nin amacı, “dış iklim şartlarını, iç mekan gereksinimlerini, mahalli şartları ve maliyet etkinliğini de dikkate alarak bir binanın bütün enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve karbondioksit emisyonu açısından sınıflandırılmasını, yeni ve önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans gereklerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemek” olarak belirtilmiştir.

Burada söz konusu olan birincil enerji için, binaların ısıtma enerjisi tüketimi, soğutma enerjisi tüketimi, aydınlatma enerjisi tüketimi ve sıhhi sıcak su üretimi için harcanan enerjinin toplamından söz edilmektedir. Bu yönetmeliğin bir gereği de her bina için “Enerji Kimlik Belgesi” hazırlanmasıdır. Enerji Kimlik Belgesinin hazırlanmasında kullanılacak olan Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi, binanın enerji tüketimine etki eden tüm parametrelerin, binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve enerji performans sınıfını belirlemek için konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller ile alışveriş ve ticaret merkezleri gibi yönetmeliğin kapsamındaki mevcut ve yeni tüm bina tipleri için enerji performansını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuştur.

Bina Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi;

1. Binanın ısıtılması ve soğutulması için ihtiyacı olan net enerji miktarının hesaplanması,
2. Net ısıtma ve soğutma enerji ihtiyacını karşılayacak sistemlerden olan kayıpları ve sistem verimlerini de göz önüne alarak binanın toplam ısıtma ve soğutma enerji tüketiminin belirlenmesini,
3. Havalandırma enerjisi tüketiminin belirlenmesini,
4. Binalarda güneşiği etkileri göz önüne alınarak, güneşiğinden yararlanılmayan süre ve güneşiğin etkili olmadığı alanlar için aydınlatma enerji ihtiyacının ve tüketiminin hesaplanması,
5. Sıhhi sıcak su için gerekli enerji tüketiminin hesaplanmasını kapsamaktadır.

Bu hesaplama yöntemine dayalı olarak, Türkiye şartları için uygun ulusal bir yazılım da (BEP-tr) geliştirilmiştir. Bu yazılımın, binalarda enerji kimlik belgesinin düzenlenmesini öngören ilgili yönetmelikte, kimlik belgesi vermekle yetkilendirilmiş uzmanlar tarafından kullanılması zorunlu kılınmıştır. BEP-tr ulusal yazılımında, binaların ısıtılması ve soğutulması için ihtiyaç duyulan enerjinin hesaplanmasında temel alınan standart, TS EN ISO 13790’dır.

ENERJİ ETKİN BİNA TASARIM STRATEJİSİ¹

Bölüm 2

2. gün (1,5 saat)

Dünyada enerji tüketimi ve buna bağlı politikaların kaynağında iki temel konu/sorun yer almaktadır. İlki mevcut yaygın tüketim biçimlerine yönelik enerji kaynaklarındaki azalmadır. Diğeri ise fosil bazlı enerji kaynaklarının çevre ile olan etkileşimidir.

1. Çelebi, G., Gültekin, A. B., Ulukavak Harputlugil, G., Bedir, M., Tereci, A., tarafından TMMOB Mimarlar Odası, **Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi eğitimleri için** hazırlanan, "Yapı-Çevre İlişkileri" Eğitim Notları'ndaki ilgili bölümden alıntıdır.

Dünyada enerjinin temin edildiği kaynakların ortalama yarısını oluşturan fosil yakıtların önümüzdeki yüzyıl tükenmeye başlayacağı tahmin edilmektedir. Kaynağı sınırlı ve dünyada ancak belirli bölgelerde bulunan enerji ham maddelerinin rezerv durumları; dünyadaki güç odaklarının politik tutumlarını belirleyen asıl etmen olmakta, ekonomik ve siyasal tavırların alt yapısını oluşturmaktadır.

Fosil tabanlı enerji kaynaklarının kullanımı ile karbon emisyonlarının atmosfere salınımının insan ve çevre üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ozon tabakasında incelleme, mevsimlerin ve yıl içerisinde yerleştiği dönemlerin değişmesi, iklim kuşaklarındaki kaymalar ve iklim karakterlerinin değişmesi gibi pek çok olgu gözlenmektedir.

Çevrenin korunması düşünülmeden ekonomik gelişmenin gerçekleşmeyeceği de kabul edilmiştir. Sanayileşmiş ülkelerde enerji tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında, sanayi ve ulaşımın ardından yapı sektörü üçüncü sırada gelmektedir. Bu iki noktadan hareketle bundan sonra çevreye verilecek en az zararı sağlamak için planlama, bina tasarımı, yapımı, kullanımı ve dönüşümü sürecinde yer alan tüm aktörlerin sorumluluğunu yerine getirmesi öngörülmektedir.

Bu bağlamda, **enerji etkin tasarım stratejisi** ile amaç enerji etkin tasarım yaklaşımına yönelik genel bir algı geliştirmek olarak açıklanabilir. İnşa kararı verilen binanın planlama, tasarım, kullanım ve dönüşüm parametrelerinin enerji performansına olan etkisi planlama aşamasından itibaren hesaplanmalıdır.

Mimari tasarım sürecinde örneğin iklim verilerini göz önüne alan bir yaklaşım yapının enerji verimliliğini yükseltecektir. Bina inşasında kullanılacak malzemelerin üretim sürecinde, hafriyat ve bina yapımında ve kullanım aşamasında ısıtma, havalandırma, aydınlatma ve donanım kullanımında tüketilen enerjinin yeniden kazanılması söz konusu değildir. Ancak malzemelerin seçimi, yapım sürecinin hızı ve kalitesi ile sistemlerin tasarımı ve seçimi doğrudan tasarım ekibinin sorumluluğundadır.

Tasarım sürecinin en başından itibaren alınan kararların binanın kullanım aşamasındaki enerji etkinliği profilini belirlemede olduğunda açıktır. Bu nedenle, tasarımcının sürecinin en başından itibaren alacağı kararlarını bilinçlendirmek üzere, mimari tasarım süreci ve bunun enerji performansı üzerindeki etkisi incelemek önemlidir.

Enerji etkin bina;

- tasarım aşamasında alınan önlemlerle daha az enerjiye ihtiyaç duyan,
- ihtiyaç duyduğu enerjiyi yenilenebilir kaynaklardan karşılayan,
- sağlanan enerjiyi en verimli şekilde kullanarak minimum salınım yapan bina olarak tanımlanabilir.

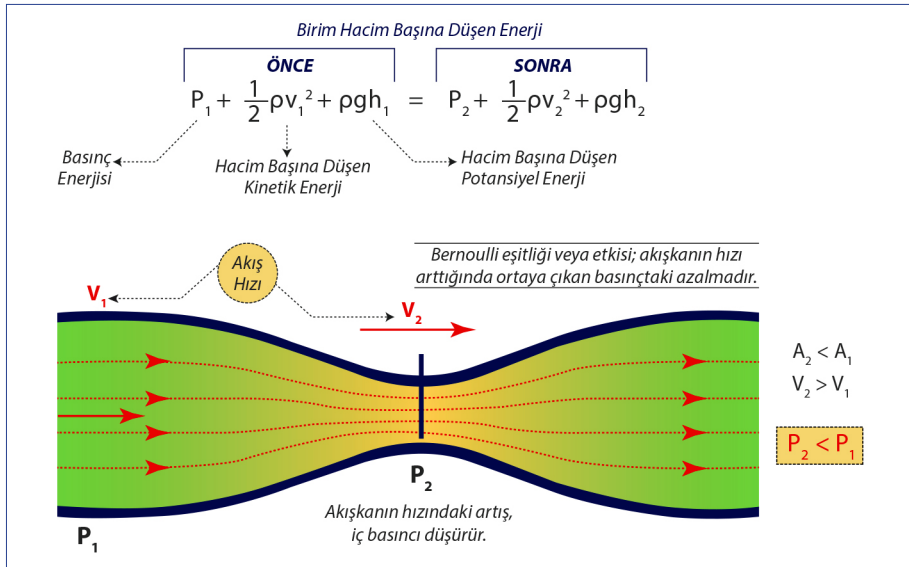
Enerji performansı ve tasarımı bağlamında bakıldığında, bina dış çevresini saran mikro-klimatik özellikler ve arazi koşulları, iç ortam konfor koşullarının belirleyicisi olan bina tipi ve kullanıcı profili yanı sıra, bina alt sistemleri olarak da sıralanabilecek kabuk ve servis sistemleri ile mekânsal organizasyon, çeşitli düzeylerdeki bina katmanları olarak değerlendirilmektedir.

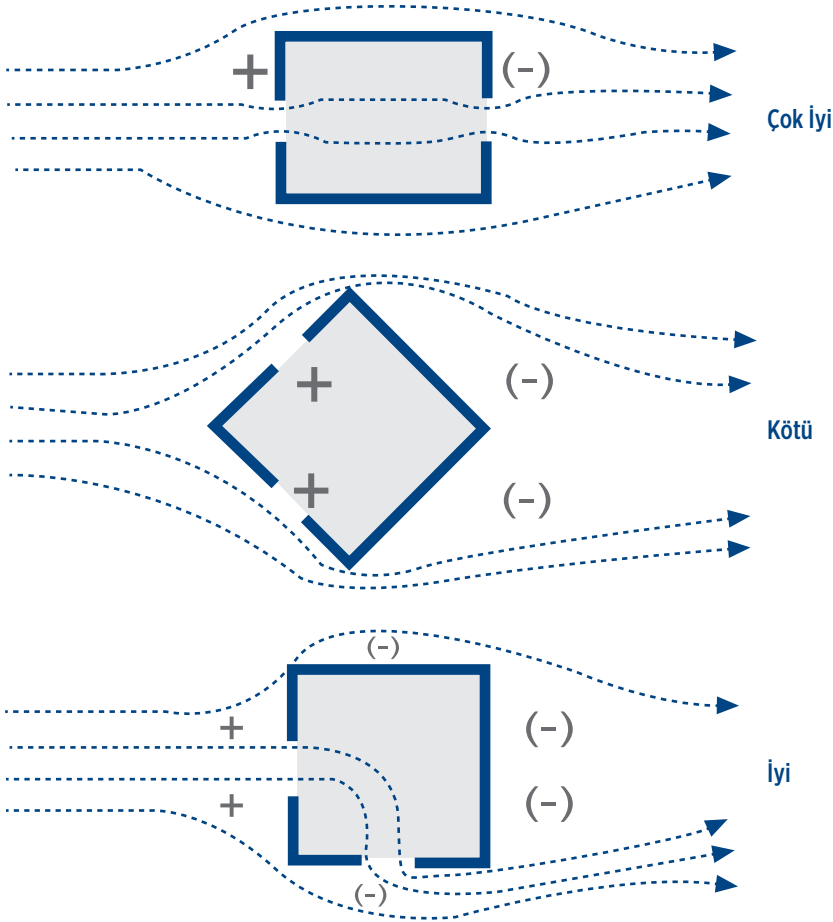
2.1. Yerleşim Planlaması ve Mikroklima Denetimi

Yerleşim planlaması ve mikroklima denetiminin enerji etkinliğini sağlamak bağlamında temel amacı, ısıtma, soğutma ve havalandırmanın pasif yöntemlerle sağlanmasına yardımcı olarak iklimlendirmede aktif enerji desteğine duyulacak ihtiyacı azaltmaktır. Yerleşim planlamasının iki temel ögesi, binanın konumlanacağı arazinin tasarımı ile birlikte binanın arazide yerleşeceği noktanın belirlenmesi ve bu sayede mevcut mikroklimanın denetlenmesidir. Mikroklima, aynı iklim bölgesinde, arazinin yakın çevresinin özgün iklimsel özellikleri ile ortaya çıkan lokal bir olgudur. Makroklimatik iklim bilgileri, örneğin, Ankara iline ait meteoroloji istasyonundan alınan ortalamalara dayalı bilgileri içerirken, Ankara'nın merkezinde bitişik nizam bir parselde tasarım yapmak ile, Elmadağ eteklerinde bir tasarım yapmak arasındaki farkı belirleyen mikroklimatik özelliklerdir. Bina tasarımı, makroklimatik iklim özelliklerinden çok, mikroklimatik özellikler bağlamında şekillenmelidir. Mikroklima denetiminin elemanları, iklim özellikleri; güneşlenme miktarı ve süresi, ortalama sıcaklık, rüzgar, nem, bitki örtüsü özellikleri (bitkilerin türü, sıklığı), yakın çevredeki coğrafi elemanlar (tümsek ve çukurlar, su kütlesi) olarak sıralanabilir. Yerleşim ve mikroklima denetimini sağlayarak kullanılabilecek pasif tasarım dinamikleri doğal havalandırma ve güneş kontrolü/doğal aydınlatmadır.

2.1.1. Doğal havalandırma

Dış ortam rüzgar akımının iç-dış ortam arasında yarattığı basınç farkı ve iç ortam ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkının yarattığı basınç farkından yararlanarak sağlanır. Baca etkisi ile kot farkına dayalı basınç farkı ile de havalandırmanın (hava sürüklenmesinin) güçlendirilmesi mümkündür. Mimari tasarımda doğal havalandırmayı etkileyecek faktörler: Rüzgar yönüne göre pencerelerin konumu, Pencerelerin büyüklüğü, Pencerelerin düşeyde konumlanışı, Pencerelerin açılış biçimleri ve iç duvarların organizasyonu, olarak sıralanabilir.





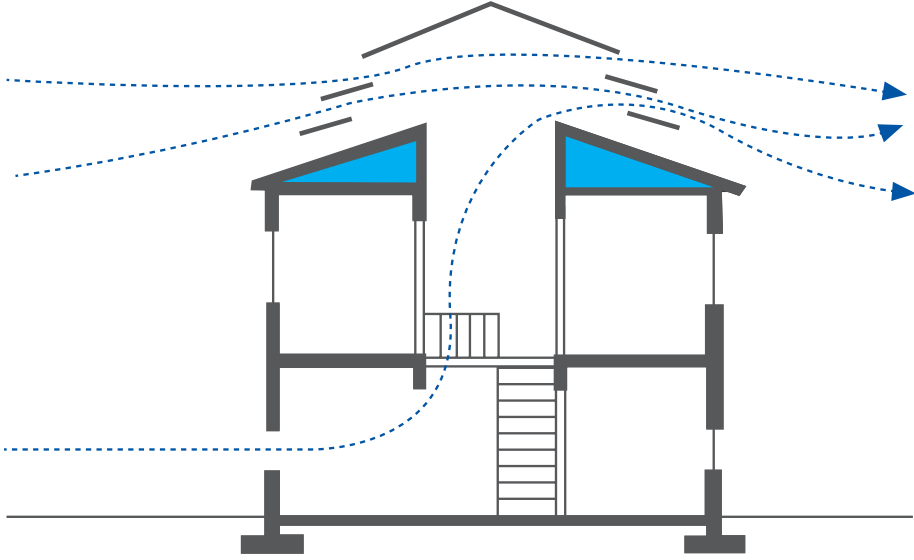
Şekil 2.1.

En basit şekli ile “ısınan hava yükselir” prensibi ile özetlenebilecek, sıcak ortam havasının soğuk ortam havasından daha hafif olması nedeniyle gerçekleşen konvektif akım yardımıyla mekanlar arasında yaz ve kış koşullarında olmak üzere hava dolanımı pasif ısıtma ve serinletme amaçlı kullanılabilir.

Yazın rüzgar yönüne ve nispeten serin olan kuzey yönlerine açılan alt kotlardaki açıklıklardan havanın alınması, mekanlar arasında ve düşeyde doğal dolanımının sağlanması ve üst kotlardaki açıklıklardan ısınmış havanın dışarı bırakılması yolu ile doğal havalandırma mümkündür.

Bu prensibe dayalı olarak havalandırmayı güçlendirmek üzere tasarlanmış özel güneş bacaları yardımı ile baca etkisinden yararlanarak serinletmeye yönelik daha güçlü bir hava akımı sağlanabilir. Kışın ise, sera etkisine dayalı olarak güneş bacası içinde ısınan havanın mekanlara yine doğal dolanım yolu

ile ulaştırılması sağlanabilir. Hatta dōřeme aralarında dolaştırılan serin veya ılık havanın ısıtma veya soğutmayı desteklemek amaçlı kullanılması de mōmkōndōr (şekil.2.2).



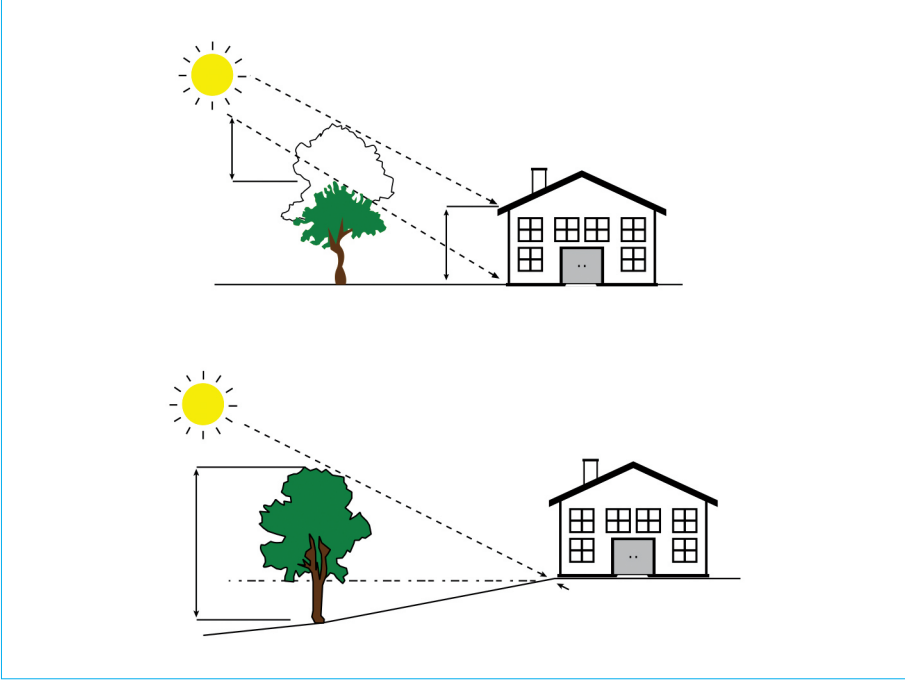
şekil 2.2. Doğal havalandırma ve baca etkisi

2.1.2. Güneş kontrolō/doğal aydınlatma ilkeleri de aşağıdaki gibi sıralanabilir:

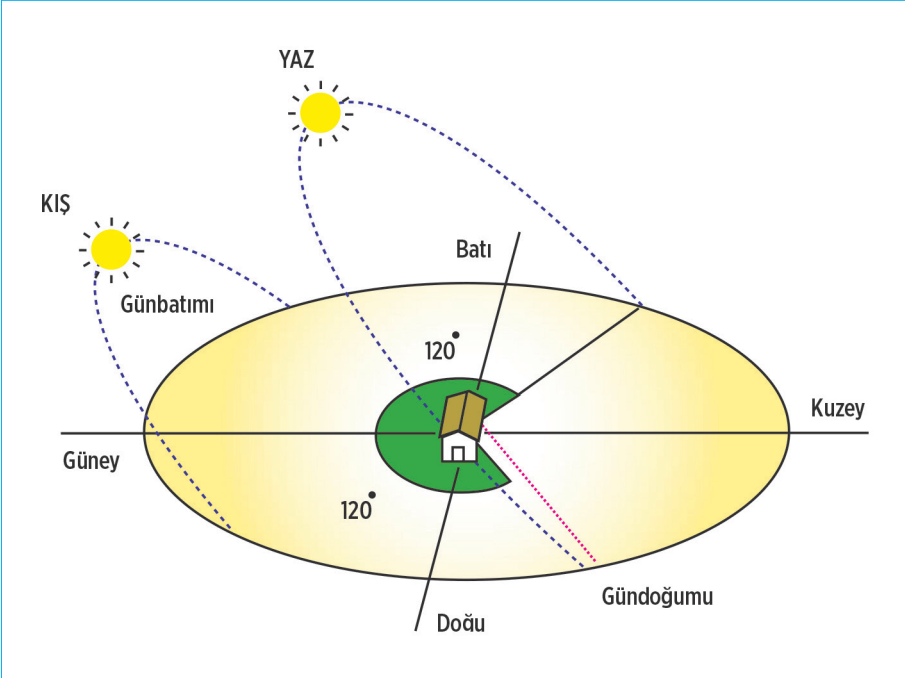
- Sıcak dōnemde güneş ısınımından korunup, soğuk dōnemde faydalanarak binanın aktif enerji ihtiyacının azaltılması,
- Bu bağlamda bina tasarımı ve peyzaj tasarımının dikkatle 'birlikte' ele alınması,
- Tasarımda uygun aydınlık seviyesinin ve gün ışığının uygun dağılımının sağlanması ve kamaşmanın önlenmesi.

Camlı yōzeylerde güneş kontrolōnō destekleyici uygulamalar;

- **Uygun yōnlenme: gōlgelenme ve güneş kontrolō açasından önemlidir.**
- **Camlı yōzeylerin alanı: toplam camlı yōzey alanı bina toplam alanının %10-15'ini geçmemelidir.**
- **Kullanılan cam tipi ve özellikleri (solar özellikleri, gōlgelenme katsayısı, vb.)**
- **Gōlgelenme ve güneş kontrol elemanlarının tasarımı ve kullanımı**



Şekil 2.3. Doğal aydınlatma ve güneş kontrolü



Şekil 2.4. Kuzey yarımkürede yaz ve kış dönemlerinde güneş yörüngesi.

Bilindiği gibi, güneş dünyanın kuzey yarım küresinde kışın daha eğik bir açı ile ve doğunun güneyinden doğup, batının güneyinden batarak daha kısa bir yörünge izlemekte; yazın ise, daha dik bir açı ile ve doğunun kuzeyinden doğup, batının kuzeyinden batarak daha uzun bir yörünge izlemektedir (Şekil 2.4). Bu durum, yaz ve kış koşullarında güneş kontrolü için önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin peyzaj tasarımında, kışın yapraklarını döken, yazın ise yapraklanan ağaçların binanın güneş/gölge durumu da dikkate alınarak yerleştirilmesi halinde bina bileşenlerine ihtiyaç duymadan da kontrol sağlanabilmektedir (Şekil 2.3).

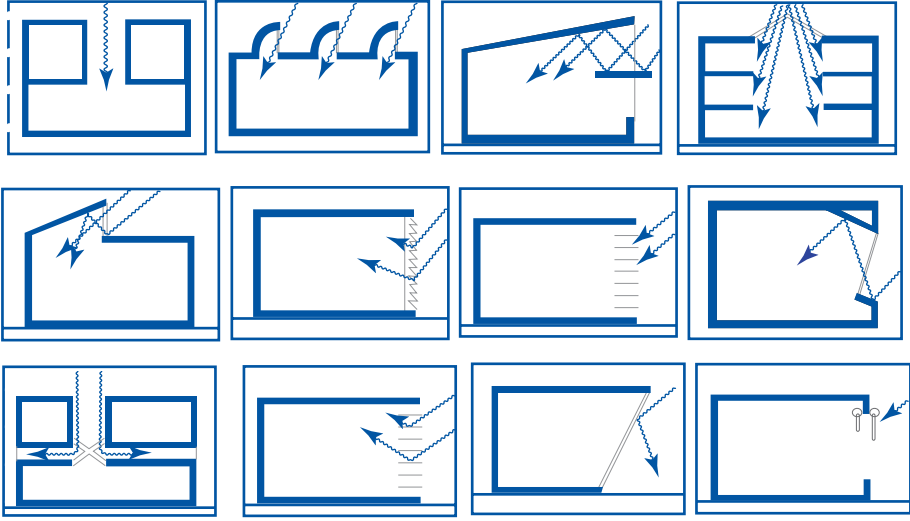
Güneşten pasif anlamda ısıtma amaçlı yararlanabilmenin birincil yolu pencereleri güneş toplacı olarak kullanmaktır. Camların ısı ışınımına karşı gösterdiği davranışa dayalı, “sera etkisi”nden yararlanılarak pasif ısıtma gerçekleştirilebilir.

Sera etkisi, güneşin kısa dalga kızıl ötesi ışınımına karşı tamamen geçirgen davranış gösteren camların, iç ortamda yüzeyler tarafından emildikten sonra, ortama uzun dalga olarak yayılan ışınlara karşı geçirimsiz davranış göstermesidir. Bu durum camlardan içeri giren ışınları içeride kilitleyerek sürekli bir ısıtma sağlamaktadır. Isıtma ihtiyacı gerektiren dönemler için oldukça yararlı olan bu durum, gereksiz ısı kazançlarını önleyebilmek için dikkatli bir kontrol gerektirir.

Pasif güneş tasarımında camlı yüzeylerin yoğunluklu olarak güney ve güneye yakın yönlerde yer alması ile (güneş yörüngesi ve yaz-kış yüksekliği de dikkate alındığında) kontrolün kolay, kazançların yüksek olduğu görülür. Doğal aydınlatma ve gün ışığı alma olanaklarından bir kaç Şekil 2.5’de görülmektedir.

Doğal aydınlatma ilkeleri

- 1. Yazın iç ortamda yeteri günışığı sağlayarak, elektrikli aydınlatmanın kapalı tutulması sağlanmalıdır. Günışığı iyi bir şekilde dağıtılarak alınırsa, iç ortamdaki aydınlık düzeyini gerekenden çok daha yükseltebilir.***
- 2. Kışın, özellikle ısıtma gerektiren binalarda güneş ışığının mümkün olduğunca içeriye alınması sağlanmalıdır. İç ortamda parlama veya kamaşma oluşturmadığı sürece günışığında herhangi bir sınırlama gerekmez.***
- 3. Isıtma gerektirmeyen binalarda ise, birinci sıradaki kural, yaz dönemi kadar kış dönemi için de geçerlidir.***
- 4. Eğer pencerelerde güneş spektrumunun belirli dalga boylarına karşı seçici geçirgen camlar kullanılırsa, güneş ışığının verimliliği önemli oranda artar.***



Şekil 2.5. Doğal aydınlatma ve gün ışığı alma olanakları.

İklimsel veriler dikkate alındığında, bina formunun ve en-boy oranlarının oldukça önem taşıdığı görülür (Şekil 2.6). Örneğin, sıcak nemli bir iklimde mümkün olduğunca yaygın, çok yüzeyli, yerden koparılmış, geçirgen ve hafif konstrüksiyonlu bir planlama söz konusu iken, sıcak kuru iklim için daha içe dönük, avlulu, küçük açıklıklı ve ağır konstrüksiyonun tercih edilmesi gerekecektir. Türkiye'deki iklim özellikleri dikkate alındığında, farklılıklar gözlenmekle birlikte genel prensip, mümkün olduğunca binaların doğu-batı doğrultusunda uzanmasını sağlamak, güney cephesini genişleterek güneş kazançlarını ve kontrolü kolaylaştırmaktır.

Pasif güneş tasarımı

Pasif güneş teknolojisine dayalı bina tasarımında öncelikle o binanın tasarlanacağı iklim bölgesinin özellikleri iyi bilinmeli ve tasarım o iklim bölgesinin özel koşullarına uygun olarak geliştirilmelidir. Örneğin, sıcak nemli bir iklimde mümkün olduğunca yaygın, çok yüzeyli, yerden koparılmış, geçirgen ve hafif konstrüksiyonlu bir planlama söz konusu iken, sıcak kuru iklim için daha içe dönük, avlulu, küçük açıklıklı ve ağır konstrüksiyonun tercih edilmesi gerekecektir. Pasif binanın, özel bina bileşenlerinin tasarımıyla, güneşten doğrudan kazanç (örn. camlı yüzeyler aracılığı ile), dolaylı kazanç (örn. güneş odası veya Tromb duvarı ile) ve ayrık kazanç (örn. termosifon sistem) sistemlerine dayalı olarak enerji tüketimini en aza indirecek oldukça etkin sonuçlara ulaşması sağlanabilir.

2.2. Mekansal organizasyon

Mekansal organizasyon kullanıcı gereksinimleri ve tercihleri ile estetik kararların bileşiminden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin her biri bina enerji performansı ve çevresel etkisine yönelik önemli girdiler sağlamaktadır. Bu anlamda, açık, yarı açık ve kapalı alanların kullanımı, bu mekanların yönlendirmeleri, mekanların sınırlarını belirleyen iç ve dış yüzeydeki ısı kayıp ve kazançları mekansal örgütlenmenin enerji kullanımına olan etkisini belirlemektedir.

Enerji performansını yükseltmek amacıyla mimari program kurgulanırken;

- Aynı tip aktiviteyi barındıran, gün içerisinde kullanım zamanları çakışan ve kullanıcı yoğunluğu birbirine yakın mekanların beraber düşünülmesi ile bina ısıl zonlara ayrılmalıdır.
- Konfor sıcaklığının daha düşük olabildiği servis hacimlerinin kuzeye, yaşama mekanları güneye yerleştirilmelidir.
- Kullanım şeması incelendiğinde yakın aktivitelerin mekanlarının yakın tipte ve boyutta olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.
- Güneş ışığından optimum faydalanmak için doğru yönlendirilmiş geçiş mekanları (sera, limonluk, güneş evi gibi) tasarlanmalıdır. Bunun temel amaçları, ısıl tampon bölge elde etmek, doğal havalandırma için sıcaklık farkı yaratmak, iç kapıları açıp kapatarak gün içerisinde gerektiğinde iç ortamın sıcaklığını yükseltmek ve/veya gece iç ortam sıcaklığındaki düşüşü azaltmaktır.

2.3. Bina Kabuğunun Tasarımında Temel İlkeler

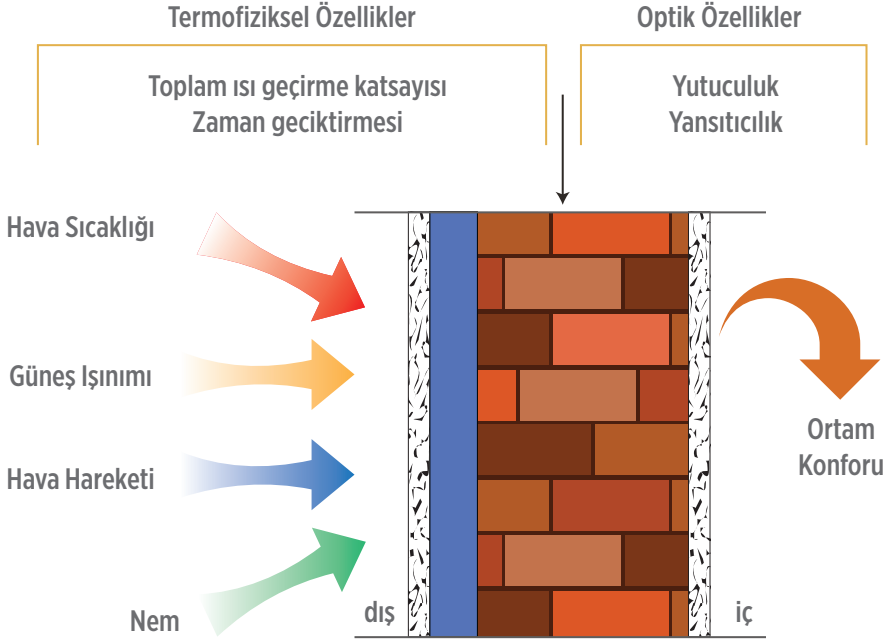
Bina kabuğunun tasarımı, ısı, ışık ve hava transferinden kaynaklanan enerji tüketiminin optimizasyonu açısından önemlidir.

- **Kabuğun ısı geçirme özelliği:** Isı geçirgenlik katsayısı (U), veya ısı aktarım direnci (R)
- **Kabuğun ışınlara verdiği tepki:** Yutuculuk(a), Yansıtıcılık(r), Geçirgenlik(t), Emissivite (yayınım)(e)
- **Kabukta hava sızıntıları**
- **Kabuğun su geçirme özelliği:** su buharı geçirgenliği, nem ve su yalıtımı

Yapı kabuğunu oluşturan tüm bileşenlerde ısı korunumunun sağlanabilmesi ve ısı kayıplarının minimize edilebilmesi önem taşır. Bu amaçla bileşenlerin ısı geçirgenlik katsayılarının belirli sınırların altında kalması gereklidir. TS 825 Isı Yalıtım Standardı'nda Türkiye dört derece gün bölgesine ayrılmış ve her yapı bileşeni için izin verilecek maksimum ısı geçirgenlik katsayısı bölgelere göre ayrı ayrı belirtilmiştir.

Tasarımda, hesaplamalar sonucunda elde edilen kabuk bileşenlerine ait U değerinin, TS 825'te belirtilen, binanın yer aldığı derece gün bölgesine ait değerlere uygun olup olmadığı, o bölge için verilen tablo değerleri ile karşılaştırılarak belirlenmelidir. Kabuk bileşenine ait U değeri standartta ilgili derece gün bölgesi için verilen değerden büyük

ise, kabuk tasarımında bileşenin ısı geçirgenlik direncini arttırmaya ve dolayısıyla U değerini düşürmeye yönelik çözümlere gidilmelidir. Bu amaçla bileşenin standarda göre sağlaması gereken U değeri elde edilene dek, kabuğu oluşturan katmanların kalınlıklarının, ya da kabukta yer alan ısı yalıtım malzemesinin kalınlığının artırılması yolu ile, kabuğun ısı geçirgenlik direnci yükseltilmelidir.



Şekil 2.7. Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

Bina kabuğunda ısı transferi kondüksiyon (dokunum), konveksiyon (dolanım) ve radyasyon (ısı-nım) yolları ile gerçekleşir. Kondüksiyon ve konveksiyon kabuk bileşeninin ısı geçirgenlik katsayısı ile doğru orantılıdır. Radyasyon, kabuk bileşeninin yüzey özelliği ile ilgilidir. Bina kabuğundan ısı kütlesi olarak yararlanmak ise, sıcak saatlerde depolanan ısıya gece havanın soğuması ile tekrar iç mekana verilmesi ve duvar yüzey sıcaklığının iç ortam hava sıcaklığından yüksek olması yolları ile sağlanabilir. Kabuğun termofiziksel özellikleri içinde yer alan zaman gecikmesi ve genlik küçülme faktörü, doğrudan ısı kütlesi özellikleri ile ilgilidir.

Kabukta ısı korunumu, ısı yalıtımı ile sağlanırken, ısı depolama yeteneği ısı kütlesi ile belirlenir. ısı korunumu ve ısı kütlesi özelliklerini bir arada barındıran tek bir malzemeden söz etmek mümkün olmadığı için, kabuk katmanlarının malzeme seçimi ve sıralanışı, bu iki özellik dikkate alınarak belirlenmelidir.

Kabuk katmanlarının sıralanışında bir diğer önemli özellik, higrotermik denetim kuralıdır. Kabuk katmanları içinde yer alan malzemelerin ısı dirençleri ile birlikte su buharı geçişine karşı gösterdikleri dirençlerin de göz önünde bulundurulmasına dayalı olan bu kural çerçevesinde, ısı direnci en yüksek olan malzemelerin kabuğun soğuk kesimine en yakın yerde yer alması, buhar geçişine direnç gösteren malzemelerin ise, kabuğun sıcak kesimine en yakın yerde yer alması gerekmektedir. Bir diğer deyiş ile, kabukta ısı direnç sıcaktan soğuğa doğru artmalı, buhar geçişine karşı direnç ise sıcaktan soğuğa doğru azalmalıdır. Özellikle ısı yalıtımı içeren kabuk bileşenlerinde, yalıtım kabuk katmanlarını keskin bir biçimde iki ayrı sıcaklık bölgesine ayırdığı için, bu kural son derece önem kazanmaktadır. Kabuk katmanlarının higrotermik denetim kuralına uygun yerleştirilmesi ile, bünyesinde su buharı taşıyan havanın çeşitli sızıntı noktalarından (derz araları, malzeme birleşim noktaları, vb.) geçerken, soğuk yüzeyle karşılaşması halinde yoğunlaşarak “terleme”ye ve, küflenme, mantarlanma, korozyon, vb. erken yapı hasarlarına neden olmasının önlenmesi; malzemelerin bünyesinden geçen su buharının ise, malzemenin ara kesitinde (çoğunlukla ısı yalıtım malzemesi kesitinde oluşan ani sıcaklık değişimine dayalı olarak ve eğer malzeme buhar geçişine izin veren açık gözenekli bir yapıya sahip ise) yoğunlaşması ile malzemenin ıslanarak hasara uğraması ve görevini yerine getiremez hale gelmesinin önüne geçilmesi sağlanmış olur.

2.3.1. Isı yalıtımı

Isı yalıtımı, kabuk bileşeninin ısı geçirgenliğini azaltarak, binanın ısı korunumunu yükseltmektedir. Kabuk tasarımında ısı transferinin kontrol edilmesi bakımından;

- Dolgu ve kaplama malzemesinin seçimi,
- Kabukta hava katmanı kullanımı,
- Isı yalıtımı malzemesi seçimi,
- Cam yüzeylerin tasarımı (şeffaf yüzey oranı ve pencere özellikleri) önemli faktörlerdir.

Isı yalıtımı tasarım stratejileri aşağıda sıralanmaktadır:

- Isı yalıtımı katmanı soğuk kesime en yakın yerde, çoğunlukla dışarıdan zarflama şeklinde, hiçbir ısı köprüsüne izin vermeyecek detaylandırma ile uygulanmalıdır,
- Tesisat kanalları ısı yalıtımının sıcak kesiminde yer almalıdır,
- Çatı, duvar ve döşemede yalıtım miktarı optimum seviyede olmalıdır,
- Isı köprülerinin oluşması engellenmelidir,
- Uygun yalıtım sistemi ile beraber uygun ısıtma sistemi kullanılmalıdır.

Isı yalıtımı malzemesi seçiminde göz önüne alınacak temel faktörler aşağıdaki gibidir:

- Uygulama kolaylığı,
- Konstrüksiyon tipi,
- Binada kullanılan ısıtma tipinin gereksinimleri,
- Kullanılacak yalıtımın tipi,

- Enerji geri ödeme miktarı,
- Estetik gereksinimler,
- Yapının yaşam döngüsüne etkisi,
- Bakım-onarım gereksinimleri

2.3.2. Isıl kütle

Yapı malzemeleri özgül ısı değerleri ve kalınlıkları oranında bünyelerinde ısı depolama kapasitesine sahiptirler. Taş, tuğla, beton gibi özgül ısı yüksek malzemeler yapıda ısıl kütle olarak yer alır ve bu özellik, gece-gündüz arasında sıcaklık farkı olan iklim bölgelerinde pasif tasarımda ısı depolama amacıyla sıklıkla kullanılır. Aynı ısı geçirgenlik direncine sahip iki kabuktan, ısıl kütlesi olan ağır konstrüksiyonlu bir kabuğun, diğerine oranla önemli üstünlükleri vardır. Kabuğun termofiziksel özellikleri içinde yer alan “zaman gecikmesi” ve “genlik küçültme faktörü” kabukta ısıl kütlenin varlığına bağlıdır. Isıl kütlenin dış ortam sıcaklık salınımlarını yumuşatarak (genliğini küçülterek) iç ortama aktarması genlik küçültme faktörü ile ilgili; dış ortam sıcaklığının önce kendi bünyesinde depolanması ve belirli bir zaman sonra, iç ortam sıcaklığının, kütlenin iç yüzey sıcaklığı altına inmeye başlaması ile iç ortama ısı akışının başlaması ise zaman gecikmesi ile ilgilidir.

Her ne kadar çoğu kabuk ısıl performansı hesaplamalarında, ısıl kütle özelliği göz önünde bulundurulmasa da, pasif tasarımda bina bileşenlerinden yararlanma söz konusu olduğunda ısı depolama amaçlı ısıl kütleden yararlanmak esastır.

2.3.3. Isı Köprüleri ve Hava sızdırmazlık

Yapı kabuğunda, ısı ve nem korunumu açısından zayıf kesimler, ısı ya da nem köprüleri olarak tanımlanırlar. Bu kesimler; yapı kabuğunda, ilgili yalıtım katmanında oluşan kesintiler, dışarıdan içeriye doğru korunumsuz devam eden yapı bileşenleri veya ısı iletim dirençleri birbirinden farklı bileşenler nedeni ile oluşan, iç-dış ısı iletiminin fazla olduğu bölgelerdir. Isı ve nem köprüleri, ısı enerjisi kaybı açısından olduğu kadar, buhar geçişi için de dış-ıç ortamı birbirine bağlayan bir köprü gibi çalışırlar. Böylece hem ısı kaybı, hem de erken yapı hasarları yaratırlar. Yapı bileşeninin kesitinde, katmanlardan kaynaklı olabildiği gibi, farklı yapı bileşenlerinin bir araya geldiği bağlantı yerlerinde de ortaya çıkabilirler. Kaçınılmaz türden küçük ısı köprüleri (kelepçeler, köşebentler, gibi bağlantı elemanları ile) toplam ısı kaybı veya kazancına fazla etki yapmaz. Bu nedenle sadece yoğunlaşma ve dolayısı ile korozyona maruz kalma ihtimallerini en aza indirecek şekilde tasarlanıp yerleştirilmeleri mümkündür. Bunlardan daha ciddi problem yaratanlar; strüktürel döşeme-duvar birleşimleri, içeriden dışarıya doğru kesintisiz uzanan hatıl, kiriş, lento, kolon gibi bağlantılar, döşemenin çıkma şeklinde uzanarak balkon oluşturması, doğramalarla tavan arasındaki bağlantılar gibi daha geniş kesitli ısı köprüleridir. Y

apı kabuğuna ısı yalıtımının girmesi ile ısı ve nem köprülerini engelleyecek şekilde yalıtım sürekliliğinin sağlanması çok önemlidir. Isı yalıtım katmanlarının ek yerlerinin binili yapılması, binili yapılması olanaksız ise ısı yalıtım katmanı sayısını artırarak ek yerlerinin şaşırtmalı yerleştirilmesi gerekir.

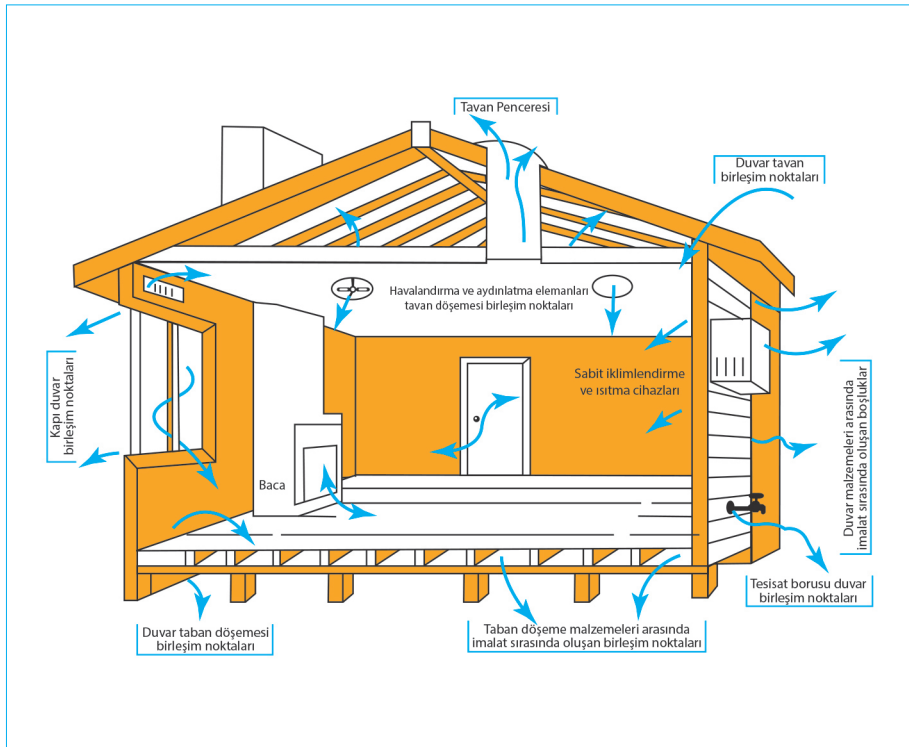
Yapı kabuğunda, iç-dış ortam arasında rüzgardan kaynaklı basınç farkına dayalı veya iç-dış ortam arasında sıcaklık farkının yarattığı basınç farkına dayalı olmak üzere hava sızıntıları söz konusudur. Yapı kabuğunun hava sızdırmazlığının sağlanmasının amacı, enerji performansının yükseltilmesi, yoğuşmaya dayalı yapı hasarlarının önlenmesi, iç ortam hava kalitesinin sürdürülmesidir. Binalarda ısı kayıplarının % 20-% 50'ne hava sızıntıları neden olmaktadır.

Binada hava sızıntısının gerçekleştiği noktalar:

- Malzemelerin içindeki kılcal boşluklar
- Pencere-kapı duvar birleşim noktaları
- Başka malzemelerle birleşim noktaları
- Mekanik ve elektrik tesisatı gereçleriyle birleşim noktaları

Hava sızdırmazlık kapasitesini etkileyen en önemli faktörler:

- Prefabrikasyon-işçilik kalitesi,
- Malzeme birimlerinin yan yana geldiği ve
- Mekanik ve elektrik servis elemanlarıyla çıktığı detay çözümleri



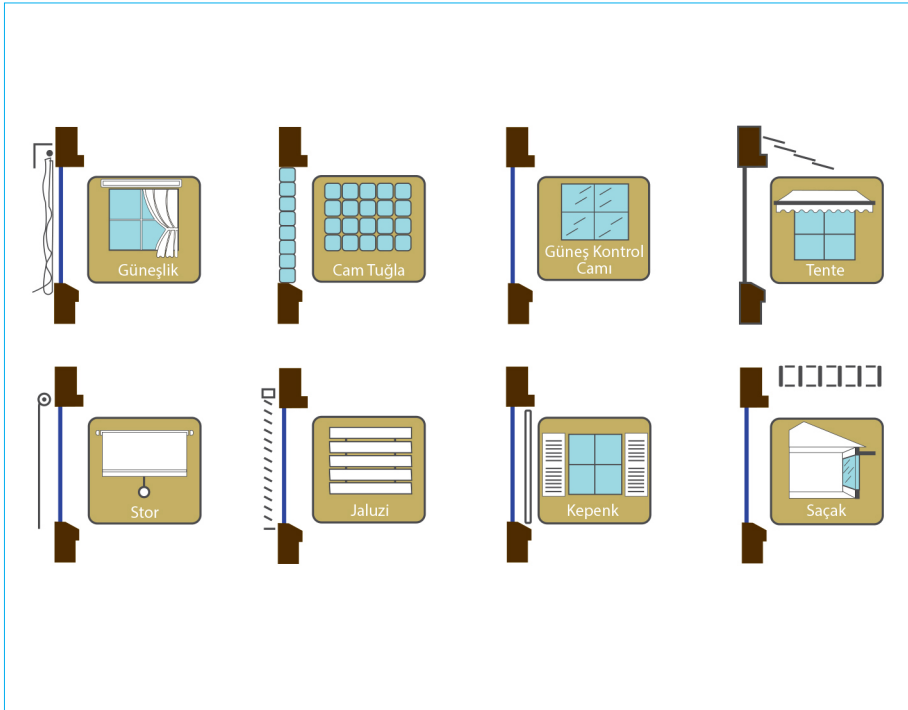
Şekil 2.8. Binada hava sızıntısının gerçekleştiği noktalar

2.3.4. Pencere ve gölgeleme elemanlarının tasarımı

Pencerenin binadaki işlevleri, dış ortamla görsel teması, gün ışığının içeri alınmasını, doğal havalandırmayı sağlamak olarak sıralanabilir. Pencerelelerdeki camlı yüzeyler hem camın ısı direncinin düşük olması nedeniyle ısı kaybına, hem de sera etkisi nedeniyle fazla ısınmaya neden olabilir. Bu bakımdan, pencere sayısı ve boyutlarının optimizasyonu bina enerji performansı açısından çok önemlidir ve mimari tasarımla sağlanabilir. Küçük pencereler ya da daha az sayıda pencere kullanımı, bununla birlikte pencerelerin binada yerleşimi ısı iletimi ve güneşten ısı kazancı ilişkisini etkileyecektir.

Pencere elemanları ve enerji performansını etkileyecek özellikleri:

- Pencere camının özellikleri: Camın türü (boyalı, yansıtıcı, ısı emici), camın ısı iletim katsayısı, gölgeleme katsayısı, katman sayısı, katmanlar arası dolgu maddesi
- Pencere doğrama malzemesi: Doğramanın kalınlığı, doğramadaki boşlukların dolgu maddesi
- Pencere için doğru gölgeleme aracı tasarımı (Şekil 2.9), güneşin yaz dönemindeki pozisyonu, güneş ısınımının istenmediği saatleri dikkate alarak güneş diyagramının kullanımıyla gölgeleme elemanlarının boyut bilgileri hesaplanarak yapılır.



Şekil 2.9. Gölgeleme elemanlarına örnekler.

2.4. Isıl Konfor ve Kullanıcı Faktörü

Bütünleşik tasarım yaklaşımına dayalı bakıldığında, bina enerji performansının, planlama ve tasarım aşamalarından itibaren alınacak önlemlerle yükseltilebileceği anlaşılmaktadır. Binanın fiziksel ve mekansal özellikleri yanında kullanıcı davranışı binanın tükettiği enerji üzerinde önemli etkiye sahiptir. Burada, kullanıcı konforunun enerji tüketimi ile optimizasyonu ve servis sistemlerinin kullanıcı dostu olması vurgulanması gereken iki konudur.

Kullanıcı konforu açısından ölçütler

- kullanıcı yoğunluğu
- kullanıcı profili (yaş, cinsiyet, giysi durumu, vb.)
- kullanım düzeni
- işlev, olarak sıralanabilir.

Kullanıcı profili doğrudan iç ortam sıcaklık düzeyi, aydınlatma gerekliliği ve havalandırma gerekliliklerini etkiler.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME ÖRNEK UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Bölüm 3

3. gün (45 dakika)

Bina simülasyonu için farklı pek çok model (ölçekli mimari maketlerden, test hücrelerine kadar değişen çeşitlilikte) oluşturmak mümkün ise de, burada söz konusu olan bilgisayar simülasyonlarıdır.

3.1. Bina Performans Simülasyonu

“Benzeşim” olarak da türkçeleştirilebilen simülasyon, karmaşık bir sistemin basitleştirilmiş bir modelini oluşturarak, gerçek sistemin davranışını tahmin etmek ve analiz etmek üzere bu modeli kullanma süreci olarak tanımlanabilir. Gerçek sistemleri tüm karmaşıklıkları içinde analiz etmek çok zor, hatta imkansızdır ve genellikle bunu, bu karmaşıklık içinde gerçekleştirmek gereksizdir. Simülasyonun temel amacı, gerçek sistemden dikkatlice çekip çıkartılarak, sadece belirli gereklerle ilgili elemanların dikkate alınması ve görelî olarak daha önemsiz olanların göz ardı edilmesi ile, gerçek sistem davranışını doğru olarak tahmin etmek üzere kullanılabilen bir model geliştirmektir.

Bina simülasyonu için farklı pek çok model (ölçekli mimari maketlerden, test hücrelerine kadar değişen çeşitlilikte) oluşturmak mümkün ise de, burada söz konusu olan bilgisayar simülasyonlarıdır. Bina simülasyon programları, genellikle hesap yöntemlerine, modelleme düzeylerine, kullanım alanlarına göre sınıflandırılabilir. Hendricx (2000), bina simülasyonlarını binanın tasarımı sırasındaki boyut, biçim, vb. bilgilerinin değerlendirilebildiği **modelleme araçları**, tasarım alternatiflerinin geliştirilmesine yardımcı **tasarım araçları** ve bina performansı yaklaşımlarını (enerji akışı, strüktürel dayanım, akustik, vb.) değerlendiren **analiz araçları** olarak üçe ayırmaktadır.

Binaların performansa dayalı tasarımı söz konusu olduğunda, her üç kategori de önem kazanmakta ve tasarım süreci boyunca entegre bir bütün olarak çalışmaları ve değerlendirmeye dahil edilmeleri gerekmektedir.

Modelleme, tasarım ve analizi bir arada bulunduran, büyük, çok zonlu binalar ve bunların ısıtma, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerinin değerlendirilebilmesini sağlayan, genellikle saatlik bazda ve her mekan için ayrı hesaplamalar gerçekleştirebilen detaylı simülasyon programları, binanın entegre bir bütün olarak performansını analiz edebilen bina performans simülasyon programlarıdır.

Bina simülasyonu yinelemeli bir süreçtir ve aşağıda sıralanan adımlardan biri veya bir kaçını içermektedir:

- Problemin veya tasarım gereklerinin analizi,
- Modelden beklentiyle örtüşecek uygun simülasyon yazılımının seçilmesi,
- Binanın ve sistemlerinin gerçeğe uygun, ilgili elemanlarına ve niteliklerine dayalı modelleme gerçekleştirilmesi,
- Modelin yazılım gereklerine uydurulması (modelin kalibrasyonu),
- İlgili koşulların (iç ortam konfor koşulları, iklim verisi, vb.) düzenlenerek simülasyonun gerçekleştirilmesi,
- Bir çok değişken (enerji gerekliliği, maksimum yük, konfor parametreleri, emisyonlar, vb.) yardımıyla simülasyon sonuçlarının analizi,
- Sonuçların ilgili tasarım bilgisine dönüştürülmesi.

Bina simülasyonunun etkinliğini ve sonuçların güvenilirliğini sağlamak için üç temel gerekliliğin yerine getirilmesi gerekmektedir:

1. Model, karmaşıklık ve beklenen çözüm düzeyine uyumlu olmalı,
2. Yazılım geçerliliğini kanıtlamış ve model yazılıma uyumlu hale getirilmiş (kalibre edilmiş) olmalı,
3. Simülasyonlar alternatif çözümleri ve tasarım seçeneklerini karşılaştırmak üzere kullanılmalıdır.

Bugün, bina performans simülasyonunun tasarımcılara uzmanlıklarını daha etkin kullanma, genişletme ve iyileştirme olanağı sunduğu kabul edilmektedir. Simülasyon, tasarımcılar için sadece fikirlerin test edilmesinde değil, aynı zamanda yeni fikirlerin geliştirilmesi ve sunulmasında da önemlidir.

Bu bağlamda, bugün bina performans simülasyonunun kullanımında önemli bir eksiklik vardır. Simülasyon genellikle tasarım sürecinin son evresinde, “performans kanıtlayıcı” olarak kullanılmaktadır. Oysa tasarımın erken evrelerinde, kolay geri dönüşlerle kararların test edilmesi ve çok daha fazla seçeneğin sınanabilmesi mümkün olmaktadır. Simülasyonu, tasarım sürecinin erken evrelerine çekebilmeye yönelik araştırmalar halen devam etmektedir.

Bina ve sistemlerinin entegre tasarımının disiplinler arası bir ekiple yürütülmesi şarttır ve simülasyon, farklı disiplinler arasındaki iletişimi sağlamaya yönelik oldukça önemli bir teknoloji olarak da düşünülmelidir.

3.2. Bugün Kullanılmakta Olan Mevcut Programlar ve Kullanım Alanları

Bina enerji analizine yönelik pek çok simülasyon programı vardır ve basitten detaylı ve kapsamlıya kadar geniş bir yelpaze içinde yer almaktadırlar. Simülasyon programlarını kategorize etmek çok zordur çünkü pek çoğu çoklu işlevler içermektedirler ve programların kendisi sürekli değişmekte, gelişmektedir.

BLAST, e-Quest, ESP-r, Energy-Plus, gibi güncel programlar bir binayı detaylı bir şekilde modelleyebilirler, ancak aynı zamanda kullanıcının çok çaba sarf etmesine ve oldukça yüklü veri girişi gerçekleştirmesine neden olurlar.

Bazı ticari kurumlara ait programlar tasarım ofislerince daha rağbet görmektedir, çünkü kullanımı daha kolay ve kullanıcı arabirimi ve varsayılan belirleyicileri vardır; ancak, bağımsızlıkları çoğu kez soru işareti olarak kalmıştır.

Bir konuya ilişkin bir simülasyon programının seçimi, projenin gereklerine, analizin maliyeti ve süresine, kullanıcının deneyimine ve uygun simülasyon aracı verilerinin olanaklarına bağlıdır. En önemli etmen, uygulamanın gerekleriyle ilişkili programın yeteneğidir.

Tam ve kesin sınıflandırmanın gerçekleştirilebilmesi oldukça zor olsa da, kullanım alanlarına göre, en çok kullanılan uygulamalar içinde;

- Aydınlatma analizi ve simülasyonu,
- Akustik performans analizi,
- Güneş ve gölgeleme analizi,
- Isıl performans analizi,
- Hesaplanabilir akışkan dinamiği
- Maliyet analizi ve standartlara uyum,
- Yeşil bina tasarımı ve sürdürülebilirlik,
- Kabuk performansı analizi, vardır.

Aşağıda basit modelleme araçları ve detaylı analiz araçları arasından seçilen bazı programlar tanıtılmaktadır. Bu programlar dışında uygulama alanları ve detay düzeyleri farklı pek çok program vardır. Bu programlara ait en geniş listeye aşağıda yer alan adresten erişmek mümkündür.

http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/

3.3. Simülasyon Programları İşleyiş Süreci

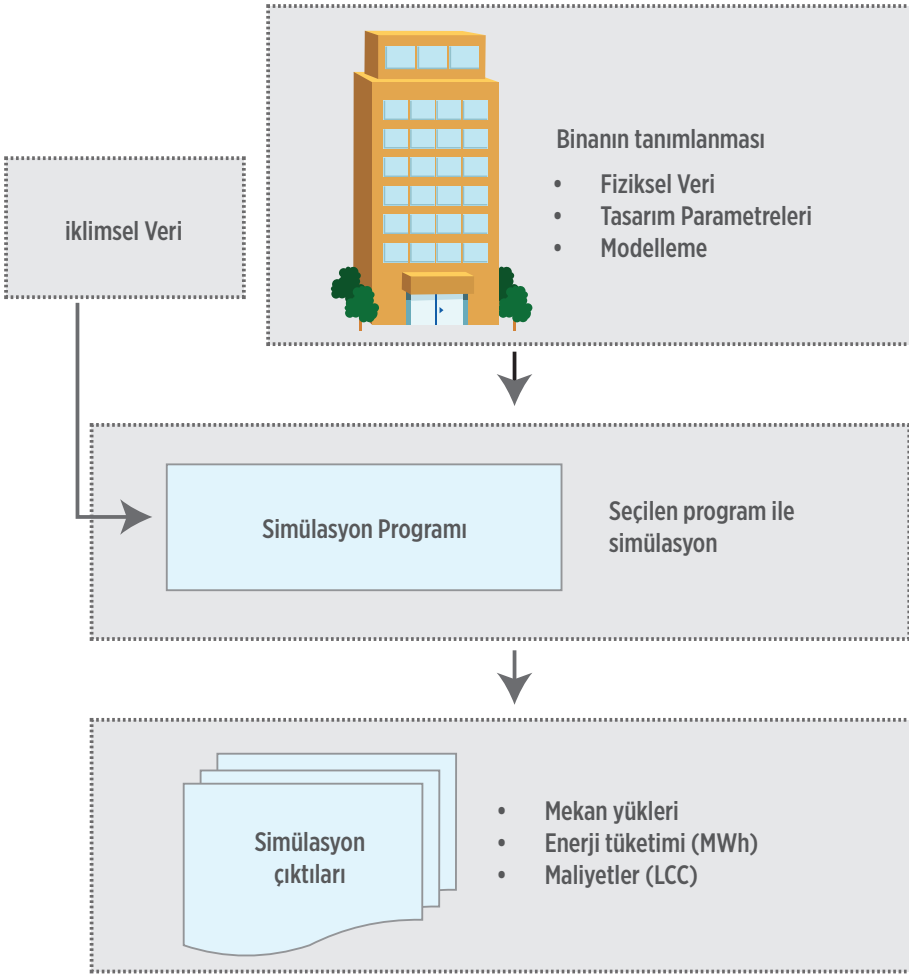
Bina enerji simülasyonu tekrarlanarak adım adım yürüten bir süreçtir ve aşağıda sıralanan adımlardan biri veya bir kaçını içermektedir:

- Problemin veya tasarımın ne tür gerekleri olduğunun belirlenmesine yönelik analiz,
- Bu gereklere bağlı olarak oluşturulan modelden beklenen performans verilerini tam olarak sağlayacak uygun simülasyon yazılımının seçilmesi,
- Binanın ve sistemlerinin gerçekçi, ilgili elemanlarına ve niteliklerine uygun modellenebilmesinin sağlanması,
- Modelin, yazılımın gereklerine uydurulması (modelin kalibrasyonu),
- İlgili koşulların (iç ortam konfor koşulları, iklim verisi, vb.) düzenlenerek simülasyonun gerçekleştirilmesi,
- Bir çok değişken (enerji gerekliliği, maksimum yük, konfor parametreleri, emisyonlar, vb.) yardımıyla simülasyon sonuçlarının değerlendirilmesi,
- Sonuçların ilgili tasarım bilgisine dönüştürülmesi.

Bina enerji simülasyon programları, öncelikle binanın modellenmesini gerektirir. Burada tasarıma ilişkin verilerin tanımlanması söz konusudur. Bu, bazen sadece kütle formu, boyut, bileşen ve malzemelerle sınırlı kalabildiği gibi, detaylı simülasyon programları için, saatlik kullanım zaman cetvellerinden, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme sistemlerinin özellikleri ve işletim stratejilerine kadar ayrıntılı pek çok bilginin tanımlanmasını da gerektirir. Bu tasarım parametrelerinin bina biçimine yönelik olan kısmı için çoğu enerji simülasyon programı CAD (Computer Aided Design/Drafting) verilerini (çoğunlukla DXF-Data Exchange File- olarak) kabul edebilmektedir ya da program içinde binanın iki ya da üç boyutlu modellenmesinin gerçekleştirilebilmesi söz konusu olabilmektedir.

Programın çalıştırılabilmesi için ikinci en önemli veri, binanın yapılacağı bölgeye ait iklimsel verinin elde edilebilmesidir. Bu verileri, bazı programlarda, programın içine manual olarak girebilmek mümkün olabildiği gibi, çoğu program bir kaç farklı formatta (TRY, TMY, BIN, WYEC, vb.) elde edilebilen paket iklim verilerini de kabul edebilmektedir.

Gerekli verilerin girilmesi ile simülasyon çalıştırılır. Elde edilen veriler, genellikle, binanın veya mekanların ısıtma ve soğutma yükleri ile bunları karşılayacak yıllık enerji tüketimleridir. Programların özelliklerine ve girilen veri düzeyine bağlı olarak, enerji maliyetleri veya binanın toplam maliyeti, binanın çevresel zararları (CO2 emisyonları gibi), yaşam boyu maliyeti (life cycle cost) gibi sonuçlar da elde edebilmek mümkündür (Şekil.4.2).



Şekil.4.2. Enerji simülasyon programlarının işleyiş süreci.

3.4. Örnek Simülasyon Programı – e-QUEST

DOE-2 (eQuest) [<http://www.doe2.com>]: Son birkaç yıldır, özellikle kişisel bilgisayarların kullanımının yaygınlaşması sonrası ivme kazanarak artan ve piyasada yer alan pek çok performans analiz programları içinde, yaygın kullanım olanağına sahip bir kaçı (DOE-2, BLAST, TRNYSYS, SERI-RES, ESP-r, vb.), oldukça detaylı modelleme gerektirmekte, performans tahmininde doğruya en yakın değerleri sunabilmektedir. Ancak, kullanımları oldukça zor, binayı tanımlarken, text formatında, oldukça karmaşık veri girişi gerektiren ve elde edilen çıktıların yine text formatında ve oldukça karmaşık, nümerik tablolar içermesi nedeniyle anlaşılması güç olması, bu programların kullanımının bina endüstrisinde yaygınlaşmasını engellemiştir.

Bu programlardan biri olan DOE-2, binanın iklimi, mimarisi, işletim zaman cetveli ve HVAC ekipmanının tanımlanmasıyla, binanın enerji tüketimini ve enerji maliyetini saatlik bazda simüle eden bir programdır. ABD Enerji Departmanı (DOE) `nın sponsorluğunda geliştirilen DOE-2, enerji etkin binaların tasarımına, yeni teknolojilerin etkisinin analiz edilebilmesine ve enerji korunumu standartlarının geliştirilebilmesine yönelik olarak ABD ile birlikte, dünyada kırktan fazla ülkede geniş kullanım olanağına sahiptir.

İlk kez 1979 `da Lawrence Berkeley Laboratuvarında Simülasyon Araştırma Grubu tarafından geliştirilerek kullanılmaya başlayan DOE-2 `nin daha geniş kullanım olanağına sahip olması kişisel bilgisayarların gelişimiyle paraleldir. DOE-2 bugün, PC-tabanlı kullanılabilecek şekilde geliştirilerek, ticari kullanıma dönük olarak, sadece bir simülasyon motoru haline gelmiş, grafik kullanıcı arabirimi geliştirilen çeşitli versiyonları piyasada yer almaktadır (Visual-DOE, Power-DOE, gibi).

Binalarda enerji kullanımının ve pik taleplerin denetimi gerekliliği, DOE-2 bina enerji analiz programının Windows `a dayalı grafik kullanıcı arabirimi (GUI) ve çeşitli algoritmik ve veritabanı iyileştirmeleri içeren yeni bir versiyonunu, Power-DOE `yi geliştirme yönünde harekete geçirmiştir. Veri hazırlanması ve veri girişi ile çıktıların izlenebilmesi için gerekli sürenin azaltılmış olması ve kulanımdaki kolaylık nedeniyle Power-DOE, bina tasarımında yer alan tasarımcı ve mühendislerce, DOE-2 `ye oranla çok daha yaygın kullanıma sahip olmuştur.

Power-DOE, 2000 yılından sonra geliştirilmemiş, J. J. Hirsch ve arkadaşları, bu noktadan sonra, eQUEST'i geliştirmeye devam etmişlerdir. Şu anda 5.2 sürümü kullanılmakta olan eQUEST, yine DOE-2 simülasyon motorunu kullanan bir programdır. Yeni olarak eQUEST, bazı kullanıcı sihirbazları ile uzmanlık gerekliliğini büyük ölçüde ortadan kaldırırken, özellikle bina tanımında ciddi sınırlılıklar getirmekte ve deneyimsiz kullanıcıyı programın kabullerine zorlamaktadır.

KAYNAK LİSTESİ

- Baker, N., Steemers, K., 1999, Energy and Environment in Architecture, A Technical Design Guide, E&FN Spon, London, UK.
- Bayram, M., "BEP-tr Hesaplama yönteminde Referans Bina Kavramı ve Enerji Sınıflandırması", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir (2011).
- BEP, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Bayındırlık Bakanlığı (2010).
- Blok, K., 2005, "Improving Energy Efficiency by Five Percent and More per Year?" Massachusetts Institute of Technology and Yale University, Journal of Industrial Ecology, 8 (4): 87-99.
- Briggs, R. S., Brambley M. R., "Whole Building Energy Targets: A Methodology for Future Performance-Based Standards", Proc. of Building Simulation '91 Conference, IBPSA, August, 20-22, Sophia-Antipolis, Nice, France, 631-637 (1991).
- Bullen, D., "Building Performance: Past, Present and Future", The AIA Journal of Architecture, Vol. January, [http://info.aia.org/nwsltr_aiaj.cfm?pagename=aiaj%5Fa%5F20051020%5Fpast%5Fpresent\(2006\)](http://info.aia.org/nwsltr_aiaj.cfm?pagename=aiaj%5Fa%5F20051020%5Fpast%5Fpresent(2006)).
- Çelebi, G., Gültekin, A. B., Harputlugil, G., Bedir, M. ve Tereci, A., "Yapı Çevre İlişkileri", ISBN / ISSN: 978-9944-89-645-0, Çizgi Basım Yayın Ltd. Şti., Türkiye, İstanbul, (2008).
- E-Quest, <http://www.doe2.com/equest/> (last accessed: April 2016)
- Givoni, B., 1998, "Climate Considerations in Building and Urban Design" John Wiley & Sons, Inc., New York, USA.
- Goulding, J.R., Lewis, J.O., Steemers, T.C., 1992, "Energy in Architecture, The European Passive Solar Handbook", Commision of the European Communities, Luxembourg.
- Hagemann, I., 2005, "Solar Design and Urban Planning in Architecture" JSPS Symposium, 'Urban Planning, Sustainable Cities' Tokyo, Japan, 1-10.
- Harputlugil, G. U., An Assessment Model Addressed to Early Phases of Architectural Design Process Prioritised by Energy Performance, PhD dissertation, Gazi University Institute of science and Technology, Ankara, Türkiye. (2009)
- Harputlugil G.U., Hensen, J.L.M., "Relation Between Building Assessment Systems and Building Performance Simulation", International Build & Human Environment Research Week Proceedings, 3-7 April, Delft University of Technology, Netherlands, 333-343 (2006).
- Hawkes, D. Foster, W., 2002, "Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering and Environment", W.W. Norton & Company, NY, USA.
- Hensen, J.L.M. "Simulating building performance: just how useful is it?", REHVA Journal, nr. 4, Federation of European Heating, Ventilating and Air-conditioning Associations - REHVA, Brussels, 18-24 (2003).
- Hitchcock, R.J., (2003), "Standardized Building Performance Metrics – Final Report", Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory Report, USA, 3-9
-

- Hui, S. C. M., (2002), "Using Performance-based Approach in Building Energy Standards and Codes", In Proc. Of the Chongqing-Hong Kong Joint Symposium 2002, 8-10 july, Chongqing, China, A52-61.
- Hui, S. C. M., "Using Performance-based Approach in Building Energy Standards and Codes", In Proc. Of the Chongqing-Hong Kong Joint Symposium 2002, 8-10 july, Chongqing, China, A52-61 (2002).
- Johnston D., Miles S. D., Wingfield J., Bell M. 2004, "Airtightness of UK Dwellings: Some Recent Measurements", Centre for the Built Environment, Leeds Metropolitan University, RICS COBRA Conference at Leeds Metropolitan University, RICS Foundation Publication, Leeds, UK, 3-15.
- Kim, J. Rigdon, B., 1998, "Introduction to Sustainable Design" University of Michigan, Michigan, USA.
- Lechner, N., 2014, Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects, Wiley-inter-science Publication, Canada.
- Lowe, R., 2002, "Reducing Carbon Emissions from the Building Sector - A Review of Technical Potential, Barriers to Change and Policy Instruments", Centre for the Built Environment, Leeds Metropolitan University, OECD/IEA Joint Workshop on the Design of Sustainable Building Policies, OECD Publication, Paris, France, 42-60.
- Markus, T. Morris E., 1980, "Buildings, Climate and Energy" Pitman Pub., USA.
- Martinez, V. 2004, "Improving energy efficiency and temperature control in a passive-solar housing development" Yüksek Lisans Tezi, University of Texas, Texas, USA.
- Müller, D. 2002, "Sustainable Architecture & Urbanism: Concepts, Technologies, Examples" Birkhauser Publishers, Birkhauser, Sweden.
- Nielsen, T. R. 2002, "Optimization of buildings with respect to energy and indoor environment", PhD Thesis, BYG DTU, Technical University of Denmark, Denmark.
- Olgyay, V., 1973, "Design with Climate", Princeton University Press, Princeton, USA.
- RIBA, 2004, "The Green Light" Architects'Journal issue 11, 7.
- Roaf, S., 2003, "Ecohouse 2: A Design Guide", Architectural Press, London, UK.
- Shaw, A., 1989, Energy Design for Architects, The American Architectural Foundation, The Fairmont Press, USA.
- Spataro, K., Bjork, M., Masteller, M., 2011, "Comparative Analysis of Prescriptive, Performance-Based, and Outcome-Based Energy Code Systems" Report to Alaska Housing Finance Corporation.
- Thomas, R. (Ed.) 2001, 'Sustainable Urban Design: An Environmental Approach' Spon Press, London, UK
- Torcellini P., Pless, S., Deru, M. Crawley, D. (NREL), 2006, "Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition" ACEEE Summer Study, California.
- TSE, 2008, "TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vale, R. B., 1991, "Green Architecture: Design for a sustainable future" Thames & Hudson Publication, London, UK.
- Whole Building Design Guide, https://www.wbdg.org/wbdg_approach.php, (last accessed: April 2016)



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir.

Ofis / Office

Türkiye Cumhuriyeti evre ve Şehircilik Bakanlığı
Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
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 Birliği'nin mali desteği ile hazırlanmıştır. Yayının içeriğinden yalnız Niras IC Sp z o.o. liderliğindeki konsorsiyum sorumlu olup, yayın hiçbir şekilde Avrupa Birliği'nin görüşlerini 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
BAKANLIğI**