

**ÇİFT KABUK CEPHELERİN EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN YAŞAM
DÖNEMİ MALİYETİ ANALİZİYLE İRDELENMESİ**

Gülay ERTAN TATLI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2006
ANKARA**

Gülay Ertan TATLI tarafından hazırlanan ÇİFT KABUK CEPHELERİN EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN YAŞAM DÖNEMİ MALİYETİ ANALİZİYLE İRDELENMESİ adlı tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

Üye :

Üye :

Tarih :/...../.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orjinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Gülay Ertan TATLI

ÇİFT KABUK CEPHELERİN EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN YAŞAM DÖNEMİ MALİYETİ ANALİZİYLE İRDELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gülay Ertan TATLI

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Temmuz 2006

ÖZET

Günümüzde devamlı artmakta olan enerji ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan fosil yakıtların ve doğal kaynakların azalması, dünya enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olan bina endüstrisini daha az enerji tüketmeye ve doğal kaynaklardan maksimum düzeyde faydalanmaya olanak sağlayan yeni yapı kabuğu sistemlerinin tasarlanmasına yöneltmektedir. Ancak bu çalışmalar sonucunda oluşturulan cepheler bina enerji maliyetine ek yük getirmekte ve kullanıcılarda iklimlendirme kullanımından dolayı hasta bina sendromuna neden olmaktadır.

Enerji etkin tasarımlara duyulan ihtiyacın gitgide artmasıyla birlikte oluşturulan yeni tasarımlar, binaların değişen iklim koşullarına karşı en az enerji kullanarak optimum koşulları sağlamak üzere nasıl hareket edebileceğini tahmin edebilen sistemler olarak tasarlanmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda geliştirilen çift kabuk cepheler, ilk yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte binanın enerji tüketimini azaltarak kullanım sürecindeki enerji maliyetlerinin düşmesine ve mekanik sistemlerin kullanımını azaltması nedeniyle daha konforlu mekanlar oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada çift kabuk cephelerin enerji tüketimi ve yaşam dönemi maliyeti açısından nasıl bir etkinlik sağlayabileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu

amaçla yaşam dönemi maliyeti analizi yöntemi kullanılmış ve bu yöntem çerçevesinde kullanılabilirliğinin saptanması için İstanbul’da olduğu varsayılan bir ofis binasının güney cephesi için analiz yapılmıştır. Bu analiz çalışması tek kabuk cephelerle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak ilk yatırım maliyeti tek kabuk cephelere oranla daha yüksek olmasına rağmen enerji tüketim maliyeti ve yaşam dönemi maliyeti açısından daha etkin sistemler olduğu sonucuna varılmıştır. Şu an ülkemizde çok fazla tercih edilmemekle birlikte gelecekte yaşanması muhtemel fosil kaynakların tükenmesiyle oluşacak enerji arayışına bir çözüm olma amacındadır.

Bilim Kodu : 802.1.100
Anahtar Kelimeler : Çift kabuk cephe, çift cephe, çok katmanlı cephe, akıllı cephe, enerji korunumlu cephe
Sayfa Adedi : 132
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

**EVALUATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF DOUBLE SKIN
FAÇADES ACCORDING TO LIFE CYCLE COSTING ANALYSIS
METHOD
(M. Sc. Thesis)**

Gülay Ertan TATLI

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Temmuz 2006**

ABSTRACT

The adverse effects of growing energy demand of fossil fuel reserves and natural resources hassled the building industry to a search for new technologies that result in less energy consumption together with the maximum utilization of natural resources. But the façades that occur at the end of these studies make extra energy costs because of using mechanical ventilation.

After the need for the energy efficiency, new technologies that using to supply optimum energy are intended to be used by the construction firms. However double skin facades have higher initial costs due to their lower energy costs, these systems offer advantages for building cost.

The aim of this study is to examine the efficiency of energy use and life cycle cost of double skin façades systems. For this examine life cycle costing analyse method was used. The building for the case study was an office building in Istanbul. In this study double skin facades were compared with single skin facades.

It was concluded that, however double skin facades have higher initial cost, according to energy use costs and life cycle costs they were much more

efficiency. With the inevitable exhaustion of fossil fuels that is foreseen for the future, these systems would become an innovative solution in terms of energy conservation.

Science Code : 802.1.100

**Key Words : Double skin façade, double façade, multiple skin façade,
intelligent glass building, energy efficient building**

Page Number : 132

Advisor : Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Gülser ÇELEBİ'ye ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan değerli eşime, aileme ve hepsinden önemlisi canım anneme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ	9
2.1. Çift Kabuk Cephelerin Tanımı.....	11
2.2. Çift Kabuk Cephelerin Tarihsel Süreç İçerisindeki Gelişimi.....	12
2.3. Çift Kabuk Cephelerin Özellikleri	15
2.4. Çift Kabuk Cepheyi Oluşturan Bileşenler.....	17
2.5. Çift Kabuk Cephelerin Sınıflandırılması	26
2.6. Çift Kabuk Cephelerin Olumlu ve Olumsuz Özellikleri	34
3. EKONOMİK DEĞERLENDİRME VE YÖNTEMLERİ	37
3.1. Ekonomik Değerlendirme.....	37
3.2. Ekonomik Değerlendirme Yöntemleri	38
3.3. Yaşam Dönemi Maliyeti (YDM).....	40
3.3.1. Yaşam dönemi maliyeti bileşenleri	41
3.3.2. Yaşam dönemi maliyeti analizi (YDMA).....	43

Sayfa

3.3.3. Yaşam dönemi maliyeti hesaplamalarında simülasyon programlarının kullanılması	51
4. ÇİFT KABUK CEPHELERİN EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN YAŞAM DÖNEMİ MALİYETİ ANALİZİYLE İRDELENMESİNDE İZLENEN YÖNTEM.....	54
4.1. Problemin Tanımlanması	54
4.2. Zorunlulukların ve Genel Kabullerin Belirlenmesi	54
4.3. Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi	58
4.4. Seçeneklerin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesi ve Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması.....	59
4.5. Eskalasyon ve İndirgeme Oranlarının Belirlenmesi.....	60
4.6. Seçeneklerin YDMA'nın Yapılması ve Değerlendirilmesi.....	60
4.7. YDM Değerlerinin Bugünkü Değerlerine Dönüştürülmesi.....	61
4.8. Seçeneklerin YDM'lerinin Karşılaştırılması ve En Ekonomik YDM'ne Sahip Seçeneğin Belirlenmesi.....	62
4.9. En Ekonomik YDM' ne Sahip Seçeneğin Uygunluğunun Kontrol Edilmesi.....	63
5. SEÇENEKLERİN UYGUNLUĞUNUN KONTROL EDİLMESİ.....	64
5.1. Problemin Tanımlanması.....	64
5.2. Zorunlulukların ve Genel Kabullerin Belirlenmesi	64
5.3. Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi.....	71
5.4. Seçeneklerin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesi ve Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması.....	72
5.5. Eskalasyon ve İndirgeme Oranlarının Belirlenmesi.....	73
5.6. Seçeneklerin YDMA'nın Yapılması ve Değerlendirilmesi.....	73
5.7. Seçeneklerin YDM'lerinin Karşılaştırılması ve En Ekonomik YDM'ne Sahip Seçeneğin Belirlenmesi.....	74

Sayfa

5.7.1. Seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması.....	76
6. SONUÇ.....	78
KAYNAKLAR	81
EKLER	85
EK-1 Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması.....	86
EK-2 MIT Design Advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar.....	93
EK- 3 BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar.....	111
EK- 4 BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları.....	123
ÖZGEÇMİŞ	132

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Çift kabuk cephelerle ilgili kullanılan terimler	11
Çizelge 3.1 YDM ve YDMA yapan simülasyon programları karşılaştırılması.....	52
Çizelge 5.1.TSE Standartlarında mahallerdeki insan yoğunlukları.....	68
Çizelge 5.2. Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler ve kullanılan malzemeler.....	68
Çizelge 5.3. Bileşen özelliklerine bağlı seçeneklerinin kodlanması.....	69
Çizelge 5.4. Boşluk genişliği ve güneş kontrol elemanı konumunun U ve SHGC değerine etkisi.....	70
Çizelge 5.5. Tek ve çift kabuk seçenekleri.....	71
Çizelge 5.6. Seçeneklerin simülasyon sonucunda elde edilen enerji yükleri.....	73
Çizelge 5.7. Seçeneklerin birim maliyetleri.....	76
Çizelge 5.8. Seçeneklerin yaşam dönemi enerji tüketimi, ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi maliyetleri ve hurda değerleri.....	75
Çizelge 5.9. Seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması.....	77

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Çok katmanlı cephe kesitleri	10
Şekil 2.2. Çift kabuk cephe sistemi şematik perspektifi.....	12
Şekil 2.3. Steiff Factory ve Hooker Ofis Binası cephe örnekleri	14
Şekil 2.4. Çift kabuk cephe ve tek kabuk cephe sistem kesitleri.....	16
Şekil 2.5. Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenlerin kısmi kesit perspektifi.....	18
Şekil 2.6. Çift kabuk cepheyi ana taşıyıcılara bağlayan tespit bileşenlerinin perspektifi.....	23
Şekil 2.7. Galvanize çelik yürüme yolu düşey kesit örneği.....	26
Şekil 2.8. Doğal ve hibrid havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri çalışma ilkeleri.....	28
Şekil 2.9. Çok katlı çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı.....	30
Şekil 2.10. Koridor tipi çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı.....	31
Şekil 2.11. Şaft tipi çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı.....	32
Şekil 2.12. Kutu tipi çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı.....	32
Şekil 2.13. Hava akımının katmanlar arasından geçişine göre çift kabuk cepheler.....	33
Şekil 3.1. Sıralı simülasyon yaklaşımı.....	52
Şekil 5.1. Analizde kullanılacak olan ofis binasının şematik planı.....	65
Şekil 5.2. Analizde kullanılan çift kabuk cephe kısmi kesit ve görünüşü.....	67
Şekil 5.3. Analizde kullanılan tek kabuk cephe kısmi kesit ve görünüşü.....	67
Şekil 5.4. Seçeneklerin yaşam dönemi enerji tüketimi, ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi maliyetleri karşılaştırması.....	74

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Dusseldorfer Stadttor ve Debis Potsdamer Platz binaları havalandırma boşluğu örnekleri	24
Resim 2.2. Sparkasse Fürstentfeldbruck binası cam güneş kontrol elemanları.....	25

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
H_u	Tesiste yakılacak yakıtın alt ısı değeri, kJ/kg
Fe_2O_3	Demir oksit
M	Bir ısıtma mevsimi için gerekli olan yakıt ihtiyacı, m ³
η_k	Isı üreticisinin toplam verimi
Q_h	Binanın ısıtma yükü, W
z	Tesisin günlük çalışma süresi, saat
Z	İklim koşullarına göre tesisatın yıllık çalışma süresi, gün

Kısaltmalar	Açıklama
A_b	Cepheyi oluşturan bileşenlerin alanları
AİGO	Ayarlanan iç geri dönüş oranı yöntemi
B	Bileşen sayısı
BDF	Bugünkü değer faktörü
BGS	Basit geri ödeme yöntemi
BLCC	Building Life Cycle Costing
$\dot{C}_T$	t yılındaki nakit girişi
E_{IT}	Yıllık ısıtma enerjisi tüketimi
E_{ST}	Yıllık soğutma enerjisi tüketimi
g	Kabul edilebilir minimum geri dönüş oranı
GGs	Güncelleştirilmiş geri ödeme yöntemi
G_T	t yılındaki nakit girişi
$G_T - \dot{C}_T$	t zaman periyodundaki net nakit akışı
i	İndirgeme oranı

Kısaltmalar	Açıklama
I_t	t yılındaki kazançların işletme maliyeti
K_{BO}	Toplam bakım-onarım kazançları
K_E	Toplam enerji kazançları
K_S	Toplam su kazançları
KYO	Kazanç-yatırım oranı
M_b	Bileşenlerin m^2 'si başına işçilik+araç+malzeme maliyeti
M_{BO}	Bakım onarım maliyeti
M_E	Enerji maliyeti
M_H	Hurda değeri
M_{Hek}	Toplam gereken ek hurda değeri
M_I	Yıllık ısıtma maliyeti
M_{IB}	Isıtma enerjisi birim maliyeti
M_i	İşletme maliyeti
M_{OB}	Yaşam dönemi onarım maliyetlerinin bugünkü değeri
M_{O1}, M_{OZ}	Belli dönemlerde yapılacak onarım maliyetleri
M_S	Yıllık soğutma maliyeti
M_{SB}	Soğutma enerjisi birim maliyeti
M_T	Yıllık temizlik maliyetleri
M_Y	İlk yatırım maliyeti
M_{YBOB}	Toplam yaşam dönemi bakım-onarımın bugünkü değeri
M_{YE}	Yenileme maliyeti
M_{YEB}	Toplam yaşam dönemi enerji maliyetinin bugünkü değeri
M_{Yek}	Toplam gereken ek yatırım maliyeti
M_{Yeek}	Toplam gereken ek yenileme maliyeti
M_{YIB}	Toplam yaşam dönemi ısıtma maliyetinin bugünkü değeri
M_{YSB}	Toplam yaşam dönemi soğutma maliyetinin bugünkü değeri
M_{Yt}	t yılındaki toplam yatırım maliyeti
M_{YTB}	Yaşam dönemi temizlik maliyetlerinin bugünkü değeri
n	Yaşam dönemi (yıl)
N	Projenin faydalı ömrü (yıl)

Kısaltmalar	Açıklama
NK	Net kazanç
r	İskonto oranı (%)
s	Yeni yatırım oranı
t	Analizin başlangıç zamanı
y	İlk yatırım harcamalarının geri alınabileceği zaman değeri
YDM	Yaşam dönemi maliyeti
YDMA	Yaşam dönemi maliyeti analizi
YDM_{asıl durum}	Asıl durumun yaşam dönemi maliyeti
YDM_{alternatif}	Alternatifin yaşam dönemi maliyeti
TYDM	Toplam yaşam dönemi maliyeti

1. GİRİŞ

Devamlı artmakta olan enerji ihtiyacı sonucunda oluşan fosil yakıtların ve doğal kaynakların azalması gibi olumsuz etkiler, dünya enerji tüketimi üzerinde büyük bir paya sahip olan yapı endüstrisini daha az enerji tüketimine ve doğal kaynaklardan daha fazla faydalanmayı sağlayan yeni teknolojilerin arayışına yönlendirmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda yapı kabuğunun ısı kayıp ve kazançlarından kaynaklanan enerji yüklerinin azaltılması amacıyla önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Mekan içerisinde yaşam konfor düzeyinin artırılması, kullanıcıların mekandan beklentilerinin karşılanabilmesi amacıyla geliştirilen teknolojiler, binaların işletim aşamasındaki enerji maliyetlerinde artmasına neden olmaktadır. Enerjinin etkin bir şekilde kullanımına bağlı olarak binanın toplam maliyetinde azalma sağlanması çalışmaları özellikle yüksek binalar için önem taşımaktadır. Bu binalarda, kışın cam kabuktaki ısı kayıpları, yazın ise ısı kazançları nedeniyle artan ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri, kullanılan enerji miktarı ve dolayısıyla enerji tüketimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmaların çözümlerinde kullanılan yeni tasarımlar ile binalar değişen iklim şartlarına karşı minimum enerji kullanarak optimum koşulları sağlamak üzere tasarlanmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda geliştirilen çift kabuk cepheler, ilk yatırım maliyetleri tek kabuk cephelere oranla yüksek olmakla birlikte binanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmakta ve klima sistemlerinin kullanımını azaltması nedeniyle daha konforlu mekanlar oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Bu çalışma bağlamında, çift kabuk cephelerin enerji tüketimi ve toplam maliyet açısından binaya ne ölçüde etkinlik sağlayabileceğinin değerlendirilmesi için bir çalışma yapılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmada enerji kullanımı bağlamında ekonomik etkinlik açısından en fazla fayda sağlayan ve en az fayda sağlayan seçenekler belirlenmiştir. İlk yatırım aşamasında maliyetleri yüksek olan çift kabuk cephe sistemlerinin yıllık ne kadar enerji harcaması yapacağı, bunun sonucunda yaşam dönemi maliyetinin ne olacağı ve ne kadar sürede bu sistemlerin kendi maliyetlerini amorti edebileceği (amortisman süresi) hesaplanmıştır.

Çalışmada bina simülasyon programlarında kullanılan sıralı yaklaşım modellemesi kullanılmıştır. Sıralı simülasyon yaklaşımında tüm bir yıl için, her mekanın ısıtma ve soğutma yükleri öncelikle hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar için MIT Design Advisor simülasyon programı kullanılmıştır. Bu hesaplamalardan sonra merkezi santral tarafından beslenecek ekipmanlardaki gerekli enerji akışının hesaplandığı, ikincil sistem simülasyonu gerçekleştirilmektedir. Daha sonra kaynak enerji gerekliliklerini belirlemeye yönelik olarak, merkezi santral simüle edilmektedir. Ardından gerçekleştirilen hesaplamalarla da, kaynak enerjinin maliyeti ve YDM analizi gerçekleştirilir. Bu analizin gerçekleştirilmesi için BLCC (Building Life Cycle Costing) simülasyon programı kullanılmıştır. Her bir aşamadaki çıktı, bir sonraki aşamanın yürütülmesi için girdi verisi oluşturmaktadır. Çalışma altı bölümden oluşmuştur.

Birinci bölümde, çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesi için önerilen yaklaşımda izlenen süreçlerin sonuca ulaşması için gerekli olan bilgiler verilmiş ve ele alınan tezin amacı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, çift kabuk sistemlerin tanımı, özellikleri ve olumlu–olumsuz özellikleri belirlenmiş ve çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Saydam bileşenler
- Opak bileşenler
- Taşıyıcı elemanlar
- Tespit bileşenleri
- Havalandırma boşluğu
- Güneş kontrol elemanları
- Yürüme yolu (çift kabuk cephenin tipine bağlı olarak olabilir ya da olmayabilir)

Çift kabuk cephelerin sınıflandırılma kriterleri belirlenmiş, buna göre bu cepheler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır;

1. Hava koridorunun havalandırma sistemine göre sınıflandırılması

- Doğal havalandırmalı
- Mekanik havalandırmalı
- Hibrid havalandırmalı

2. Hava koridorunun bölümlendirilmesine göre sınıflandırılması

- Çok katlı çift kabuk cephe
- Koridor tipi çift kabuk cephe
- Şaft tipi çift kabuk cephe
- Kutu tipi çift kabuk cephe

3. Hava akımının katmanlar arasında geçişine göre sınıflandırılması

- Harici hava perdeli (outdoor air curtain) cephe
- Dahili hava perdeli (indoor air curtain) cephe
- Hava beslemeli (air supply) cephe
- Hava tahliyeli (air exhaust) cephe
- Tampon bölgesi (buffer zone) cephe

Üçüncü bölümde, önerilen proje alternatiflerinden hangisinin daha ekonomik ve hangisinin istenen kar oranını sağlayabildiği sorularına cevap aramak için kullanılan ekonomik değerlendirme kavramı açıklanmış ve yaygın olarak kullanılan ekonomik değerlendirme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Net fayda analizi
- Fayda–maliyet oranı
- İskonto edilmiş geri ödeme süresi
- İç karlılık oranı
- Yaşam dönemi maliyeti analizi

Çalışma da kullanılacak olan yaşam dönemi maliyeti (YDM) yöntemi kapsamlı olarak incelenmiş ve bileşenleri aşağıdaki gibi belirtilmiştir;

- İlk yatırım maliyeti (\$)
- Bakım, onarım, yenileme maliyetleri (\$)
- İşletme maliyeti (\$)
- Enerji maliyeti (\$)
- Hurda değeri (\$)

YDM'nin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$YDM = M_Y + M_{BO} + M_I + M_{YE} + M_E - M_H \quad (1.1)$$

Bu bölümde aynı zamanda yaşam dönemi maliyet analizi (YDMA) parametreleri açıklanmış, YDMA yöntemini tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleri belirtilmiş ve bu yöntemin uygulanması için izlenen yol aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

1. Problemin tanımlanması
2. Sınırlamaların ve olası alternatiflerin belirlenmesi
3. Genel kabullerin ve parametrelerin saptanması
4. Her bir alternatif için maliyetlerin ve sürelerin hesaplanması
5. Gelecekteki maliyet değerlerinin bugünkü değerlerine indirgenmesi
6. Her bir alternatif için YDM'lerinin hesaplanması ve karşılaştırılması
7. Gerekli olan ek ölçümlerin yapılması
8. Girdi verilerindeki belirsizliklerin hesaba katılması
9. En ekonomik YDM'ne sahip alternatifin belirlenmesi

Bu çalışmada YDM hesaplamalarında kullanılacak olan simülasyon programının belirlenmesi için diğer programlarla karşılaştırılması yapılmış ve sonuçta kullanılacak olan BLCC simülasyon programına karar verilmiştir.

Dördüncü bölümde, çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan YDMA yöntemine dayanan yaklaşım açıklanmaktadır. Bu amaçla 3. bölümde belirlenen YDM yönteminin uygulanması için izlenen yoldan yola çıkarak araştırmanın yöntemi kurgulanmaktadır. Buna göre;

- Problemin tanımlanmasında; bu analizin neden gerekli olduğunun ve hangi sistemin ya da malzemenin analiz edileceğinin belirlenmesi gerektiği anlatılmıştır.
- Zorunlulukların ve genel kabullerin belirlenmesinde; zorunlulukların, cephe kabuğunun amaçlanan etkinliğine etki eden ilgili yasa, yönetmelik ve standartlardan yararlanılarak belirlenmesi gerektiği ve analizle ilgili kabullerin belirlenmesi için cephe kabuğunun enerji ve ekonomik etkinliğine etki eden etmenlerin belirlenmesi gerektiği açıklanmıştır.

Cephenin enerji etkinliğine etki eden etmenler;

- Dış etmenler; dış iklim değişkenleri (hava sıcaklığı, hava nemliliği, rüzgar, güneş ışınlı), yapay çevre değişkenleri (binanın yeri, binanın diğer binalara göre konumu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, binanın yönlendiriliş durumu, binanın boyutları ve biçimi)
- İç etmenler

Cephenin ekonomik etkinliğine etki eden etmenler;

- Tasarım sürecindeki maliyetler
- Yapım sürecindeki maliyetler
- Kullanım sürecindeki maliyetler

olarak belirlenmiştir.

- Kabuk seçeneklerinin belirlenmesinde; YDMA'nın gerçekleştirilmesi için belirlenen seçim ögeleri çerçevesinde seçeneklerin belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir.
- Seçeneklerin enerji maliyetlerinin belirlenmesinde; yıllık enerji harcamaları kapsamında yer alan ısıtma enerjisi maliyetleri, ısıtma sisteminin gösterdiği performans sonucu ısıtma süresi boyunca tükettiği yakıt miktarına, soğutma enerjisi maliyetleri ise soğutma sisteminin gösterdiği performans sonucu soğutma süresi boyunca tükettiği elektrik enerjisi miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, ısıtma ve soğutma enerjisi maliyetlerinin toplamı yıllık enerji harcamalarını vermektedir.
- Eskalasyon ve indirgeme oranlarının belirlenmesinde; ekonomik değerlendirmenin yapılacağı süre içinde maliyetlerin her zaman dilimi içerisinde ne kadar artış göstereceğinin belirlenmesi gerektiği açıklanmaktadır.
- Seçeneklerin YDMA'nın yapılması ve değerlendirilmesinde; yaşam dönemi içerisindeki enerji maliyetlerinin, ilk yatırım maliyetlerinin ve bakım-onarım maliyetlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu değerlendirmede;

Yaşam dönemi içindeki enerji maliyetlerinin belirlenmesi; Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri ve ısıtma ve soğutma enerjisi birim maliyetleri dikkate alınmakta ve hesaplarda aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır [6]:

$$M_I = E_{IT} \times M_{IB} \quad (1.2)$$

$$M_S = E_{ST} \times M_{SB} \quad (1.3)$$

Seçeneklerin ilk yatırım maliyetlerinin belirlenmesi; kabuğu oluşturan bileşenlerin m² analizlerinin yapılması ve m² başına işçilik+araç+malzeme maliyetlerinin belirlenmesi ile hesaplanmaktadır ve hesaplamalarda aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$M_Y = \sum_{b=1}^t (A_b \times M_b) \quad (1.4)$$

Seçeneklerin bakım – onarım maliyetlerinin belirlenmesi; bina cephesini oluşturan bileşenlerin periyodik olarak onarılacağı veya yenileneceği, aynı şekilde binanın ömrü boyunca meydana gelebilecek değişimler sebebiyle yenilemeler geçireceği göz önünde bulundurularak maliyetlerin hesaplanması gerekmektedir.

Seçeneklerin toplam yaşam dönemi maliyetlerinin (TYDM) belirlenmesi; seçeneklerin TYDM’lerinin hesaplanması için ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi enerji maliyetleri ve yaşam dönemi bakım–onarım maliyetlerinin bugünkü değerlerinin toplanması gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$TYDM = M_Y + M_{YEB} + M_{YBOB} \quad (1.5)$$

YDM değerlerinin bugünkü değerlerine dönüştürülmesinde; yıllık ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak belirlenen ısıtma ve soğutma maliyetlerinin bugünkü değere dönüştürülmesini sağlayan iskonto oranını ve yaşam dönemini dikkate alan bugünkü değer faktörü (BDF) ile çarpılmaktadır [6].

$$M_{IB} = M_I \times BDF \quad (1.6)$$

$$M_{SB} = M_S \times BDF \quad (1.7)$$

$$BDF = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (1.8)$$

$$M_{YEB} = M_{YIB} + M_{YSB} \quad (1.9)$$

Seçeneklerin YDM’lerinin karşılaştırılması ve en ekonomik değere sahip seçeneğin belirlenmesinde; seçeneklerin, enerji analizleri ve YDMA’leri sonucunda elde edilen değerlerden yararlanarak enerji tüketimi en düşük ve toplam maliyeti minimum olan seçenek karşılaştırma sonucunda belirlenmektedir.

Beşinci bölümde, çift kabuk cephelerin ekonomik etkiliğinin değerlendirilmesi için uygulanacak olan analiz yönteminin uygunluğunun kontrol edilmesi için İstanbul da yapılacağı kabul edilen bir bina üzerinde analiz yapılmıştır. Analiz sisteminin uygulanabilirliğini belirlemek için tek kabuk cephe alternatifiyle karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Altıncı bölümde, tezde varılan sonuçlar özetlenmektedir.

2. ÇİFT KABUK CEPHE SİSTEMLERİ

Cephe sistemlerinin geliştirilmesi alanında yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan çift kabuk cepheler; doğal enerji kaynaklarından yararlanarak enerji tüketiminin, buna bağlı olarak enerji maliyetlerinin ve kullanıcı konforunun sağlanması için mekanik tesisatın kullanımının azaltılmasını amaçlamaktadır. Öncelikle bu amaçla geliştirilen sistemin içinde yer aldığı cephe kabuk sisteminin sınıflandırılması ele alınacaktır.

Cephe kabuğunun camlama tipine ve güneş kontrol elemanlarının yerine göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir [5];

1. Tek kabuk cepheler: Tek kabuk cephede etkin bir güneş kontrolü sağlamak için, güneş kontrol camları kullanılmalıdır. Bu cepheler güneş kontrol elemanlarının konumuna göre üçe ayrılır:

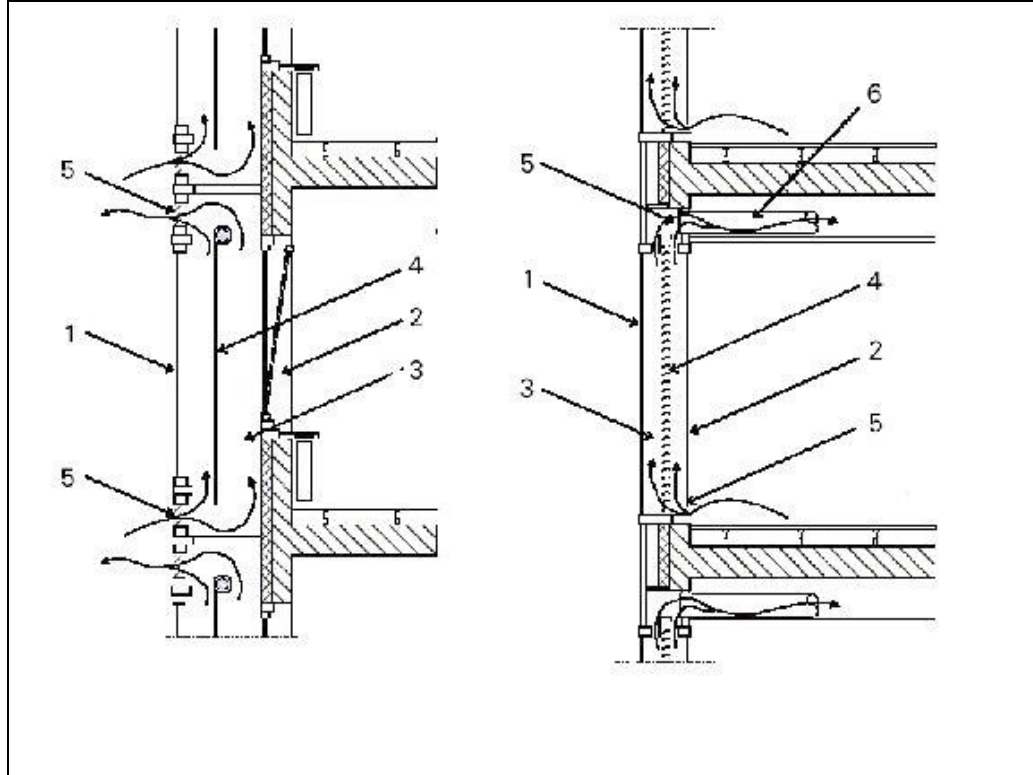
a. Güneş kontrol elemanının dışarıda olduğu cepheler: Bu tip cephelerin avantajı, ışıınımdan dolayı oluşan ısıнын cephenin dışında kalmasıdır. Dezavantajı ise güneş kontrol elemanının dış hava koşullarına karşı korunmasız olması ve temizleme-bakım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Güneş kontrol elemanları sabit ya da hareketli olabilir [6].

b. Güneş kontrol elemanlarının camlama sistemiyle bütünleştiği cepheler: Bu tip cepheler günümüzde daha az kullanılmaktadır. Cephenin temizleme maliyeti daha düşüktür, buna karşılık bakım maliyeti daha yüksektir [6].

c. Güneş kontrol elemanının içeride olduğu cepheler: Bu tip cephelerin dezavantajı güneş ışıınıını sonucunda oluşan ısıнын mekan içerisinde kalmasıdır. Diğer cephe tiplerine göre güneş kontrol elemanlarının temizlenmesi ve bakımı daha kolaydır.

2. Çok katmanlı cepheler: Güneş kontrol elemanları iki katman arasına yerleştirilir. Bu tip cepheler ikiye ayrılır (Şekil 2.1).

a. Çift kabuk cepheler: Bu tip cephelerde güneş kontrol elemanları hava şartlarından ve hava kirliliğinden korundukları iki kabuk arasındaki ara boşluğa yerleştirilir. Güneş kontrol elemanları yardımıyla geri yansıtılan güneş ışıını, ara boşluk içerisinde yayılmakta baca etkisiyle ısınmış havanın yukarıya doğru yükselmesine neden olmaktadır [5, 6].



Şekil 2.1. Çok katmanlı cephe kesitleri [5]

1. Dış kabuk 2. İç kabuk 3. Havalandırma boşluğu 4. Güneş kontrol elemanı
5. Havalandırma aralığı 6. Havalandırma kanalı

b. Mekanik olarak havalandırılmış cepheler: Bu tip cephelerin çalışma prensibi baca etkisidir. Ara boşluktaki düşük basıncın etkisiyle kirli hava odadan ara boşluğa geçer. Burada hava, ısının büyük bir kısmını güneş kontrol elemanlarından alarak ısınır ve mekanik havalandırma yoluyla emilir. Bu sistemde düşey storlar ya da kumaş storlar kullanılır. Yatay storlar uygun hava akımı sağlama açısından uygun değildir. Cam yüzeyiyle mekan arasındaki ısı farklılıklarından dolayı mekanın ısısal konfor

koşulları cam cepheye yakın yerlerde artar ve ısıtma ve soğutma enerji maliyetleri azalır [5, 6].

Bu çalışma kapsamında çift kabuk cephelerin ekonomik olarak değerlendirilmesi amaçlandığından, bu sistemlerin tanımı, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi, özellikleri, bileşenleri, sınıflandırılması, olumlu ve olumsuz özellikleri hakkında daha ayrıntılı açıklama yapılması gerekli görülmektedir.

2.1. Çift Kabuk Cephelerin Tanımı

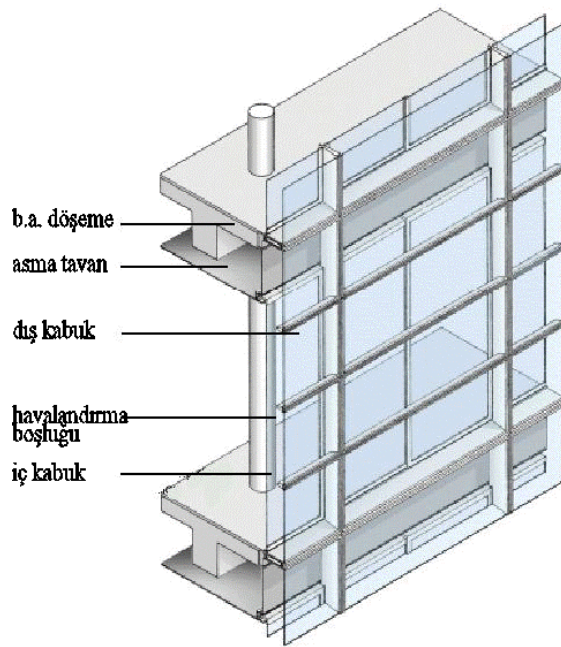
Çift kabuk cephelerle ilgili araştırma kapsamında yapılan çalışmalarda farklı yayınlar ve internet sitelerinden elde edilen bilgilerde, bu sistemler için farklı terimler kullanılmıştır. Öncelikli olarak bu terimler çizelge 2.1’de ele alınacaktır.

Çizelge 2.1. Çift kabuk cephelerle ilgili kullanılan terimler

İngilizce	Almanca	Türkçe
Double Skin Façade	Doppelfassade	Çift Kabuk Cephe
Active Façade (ara boşluk mekanik olarak havalandırılıyorsa)		Aktif Cephe
Passive Façade (ara boşluk doğal olarak havalandırılıyorsa)		Pasif Cephe
Double Façade	Doppelfassade	Çift Cephe
Double Envelope		Çift Kabuk
Second Skin System/Façade	Zweischalige Fassade	İkincil Katmanlı Sistem
Multiple Skin Facade	Mehrschaliger Glasfassaden	Çok Katmanlı Cephe
Exhaust Facade	Abluftfassade	Hava Tahliyeli Cephe
Double Skin Curtain Wall		Çift Kabuk Giydirme Cephe
Airflow Window		Hava Akımlı Pencere
Intelligent Glass Façade		Akıllı Cam Cephe
Energy Saving Façade		Enerji Korunumlu Cephe
Ventilated Double Façade		Havalandırmalı Çift Cephe
Climate Façade		İklim Cephesi

Çift kabuk cepheler, bir çift cam kabuğun hava koridoru olarak adlandırılan boşluk ile ayrılmasından oluşan cephe sistemidir. İç kabuk konvansiyonel duvar ya da

giydirmce cephenin bir parçası olarak görev yapar, genelde tek camdan oluşan dış kabuk ise dış hava koşullarına ve gürültüye karşı koruyucu bir cephe oluşturur. İki cam kabuk arasında yer alan ve dış iklim koşullarından korunmuş olan ara bölgeye güneş kontrol elemanlarının yerleştirilmesiyle, mevsime bağılı olarak güneş ışıınının denetlenmesi mümkün olmaktadır (Şekil 2.2). İç kabuktaki pencereler açılarak, bina doğal olarak havalandırılabilmekte ve soğutulabilmektedir [1, 7].



Şekil 2.2. Çift kabuk cephe sistemi şematik perspektifi [8]

İkinci bir cam kabuğun eklenmesiyle iç kabuk yüzeyindeki rüzgar basıncı azalmakta ve yüksek bir binanın en üst katında bile pencere açılmasına olanak sağlamaktadır. Doğal havalandırma imkanı sağlayan bu durum kullanıcı konforunu da arttırmaktadır.

2.2. Çift Kabuk Cephelerin Tarihsel Süreç İçerisindeki Gelişimi

1970 'li yıllardan bu yana enerji etkinlik ve sürdürülebilirlik kavramları, enerji gereksinimini minimuma indirmeyi amaçlayan ekolojik bir yaklaşımın yapılarda uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu durum bina endüstrisi alanındaki

gelişmelerin enerji kullanımını azaltacak yeni teknolojiler oluşturma yönünde ilerlemesine neden olmuştur. Artık binalar değişen iklim koşullarına karşı minimum enerji kullanarak optimum koşulları sağlayan tasarımlarla, doğal havalandırmalı, kullanıcı tarafından güneş ışıını kontrolünün yapılabildiği, mekanik sistemlerin kullanımının azaldığı konforlu ortamlara dönüştürülmeye başlanmıştır.

Yapı teknolojisindeki bu gelişmelerle birlikte ortaya çıkan akıllı bina kavramıyla artık binalar değişen iklim şartlarına karşı minimum enerji kullanarak optimum koşulları sağlamak üzere nasıl hareket edebileceğini tahmin edebilen sistemler haline gelmektedirler.

Kabuk tasarımında akıllı teknolojilerin kullanılması binaya ek bir maliyet getirmektedir. Ancak klima sistemlerini azaltması ve işletme saatlerini ayarlayabilmesi gibi faydaları, binanın başlangıç ve işletme maliyetini azaltmakta ve optimum koşulları sağlayarak üretkenliği arttırmaktadır [2]. Kabuk tasarımında akıllı sistemlerin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte hem yaz hem kış şartlarında istenen ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarına cevap verebilen, hem de diğer mevsimlerde ısıtma ve soğutmanın bir arada istenebileceği düşünülerek yapılan iklimle dengeli tasarımlar uygulanmaya başlanmıştır.

Minimum enerji kullanarak optimum koşulları sağlamak amacıyla geliştirilen iklimle dengeli cephelerin ilk örnekleri; iç tarafa bir tek cam panelin, dış tarafa bir çift cam panelin yerleştirilmesi ve iki cam panel arasında iç ortamdaki mekanik tesisatla bağlantılı bir hava boşluğu bırakılması ile oluşturulmuşlardır. Boşluk içerisine yerleştirilen cihazlar güneş kontrolüne imkan tanımakta, iç cam panel temizlik ya da bakım-onarım amaçlı olarak açılabilir. Ancak gerekli hava değişimini sağlamak için ilave enerji gerektirmesi ve mekan sıcaklığının kullanıcı tarafından ayarlanamaması olumsuz yönleridir. Bu cepheler, birbirinden farklı iki cam kabuktan oluşmaları nedeniyle çift kabuk cam cepheler olarak adlandırılmaktadırlar [1].

Çift kabuk cephelerin bilinen en eski örneklerinden biri, günümüzde de kullanılmakta olan, 1903 yılında Richard Steiff tarafından oyuncak fabrikası olarak

Almanya’da tasarlanan Steiff Factory in Giengen’dir. Kullanıcıların soğuk havalarda da gün ışığından maksimum derecede yararlanmasını sağlamak amaçlanmıştır. İç ve dış kabuk arası 25 cm’dir ve iki cephe birbirine çelik kirişlerle bağlanmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Steiff Factory ve Hooker Ofis Binası cephe örnekleri [3]

Aynı yıl Otto Wagner Viyana’da Post Office Savings Bank için açılan tasarım yarışmasında ışıklığında çift kabuk sistemin kullanıldığı projesiyle birinci olmuştur [3].

Le Corbusier 1929’da Pariste Cite de Refuge’yi ve 1930’da Immeuble Clarte’yi tasarlamıştır. Bu iki tasarım da Le Corbusier’in “mur neutralisant” adını verdiği havalandırılmış çift cam sistemiyle yapılmıştır. Bu sistem, kabuk yüzeyinde oluşan ısı geçişi ile ilgili kayıp ve kazanımların, kabukta yaratılacak boşluk yoluyla iç ortamda havayı sirküle ederek yok edebileceğini iddia ettiği bir kavramdır. Ancak bu sistem çok pahalı ve verimsiz olduğu için uygulanamamıştır [3].

Bu kavramdan yola çıkarak 1978’de Cannon tasarım ve HOK tasarım tarafından NewYork’ta Hooker Ofis Binası tasarlanmıştır (Şekil 2.3). Aynı yıl Richard Rogers and Partners tarafından Londra’da Lloyd’s Building tasarlanmıştır. Bu binada cephenin zemin katından binaya alınan hava binanın üst katından dışarıya çıkmaktadır [3].

1980’lerde çift kabuk cephe sistemleri özellikle Avrupa ülkelerinde artan biçimde uygulanmaya başlanmıştır. Bu dönemde yapılan bina tasarımlarında özellikle çevresel kaygılar öncelik taşımaktadır.

1990’larda çevresel kaygılarla tasarlanmaya başlayan ‘‘yeşil bina’’ kavramıyla çok katlı binalarda çift kabuk cephelerin kullanımı daha çok artmaya başlamıştır. Bunun en önemli nedeni bu sistem sayesinde yüksek katlarda kuvvetli rüzgar koşullarına rağmen pencerelerin açılabilen olmasıdır. 1997’de Ingenhoven tarafından tasarlanan Rwe AG Headquarters ve Foster and Partners tarafından tasarlanan Commerzbank bu sistemin kullanıldığı binalardır.

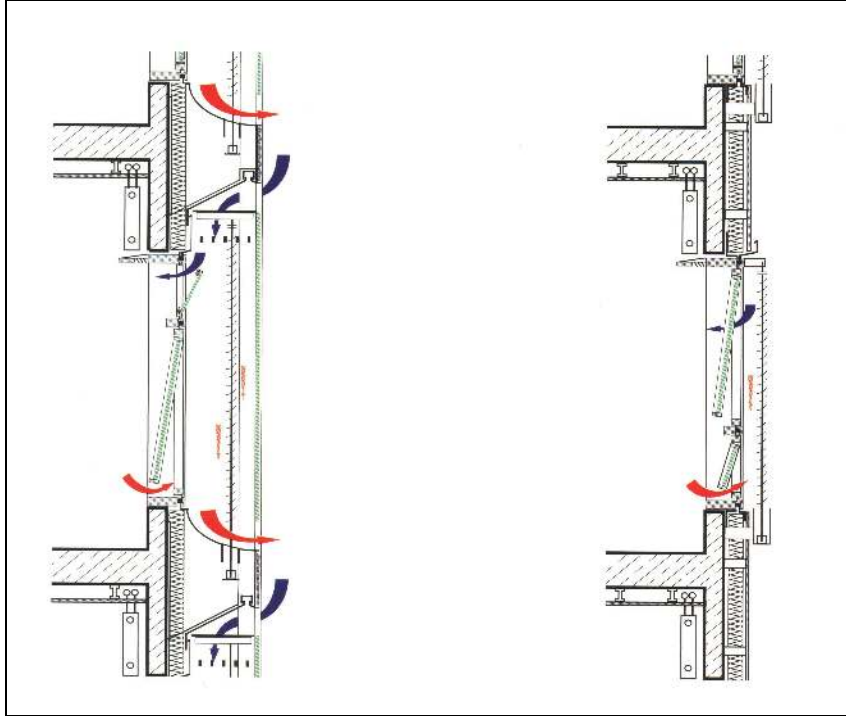
Günümüzde çift kabuk cepheler çerçevesinde enerjinin daha etkin kullanılmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Çevresel bilincin artmasıyla doğal kaynakların tüketimini azaltma ve kullanıcılar için daha konforlu mekanlar oluşturma amacıyla ki sistemin önemi artmaktadır.

2.3. Çift Kabuk Cephelerin Özellikleri

Çift kabuk cephelerin tasarımı oldukça karmaşık olup çok değişken türleri bulunmaktadır. Ancak hangi tür olursa olsun, her çift kabuk cephede iç ve dış kabuk arasında bir tampon bölge bulunmakta, güneş kontrol elemanları v.b. gibi elemanlar bu bölgeye yerleştirilmektedir. Bu elemanlar rüzgar, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz kalmadığından bina dışına yerleştirilen elemanlara oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedirler. Ara boşluk sayesinde bakım ve onarımları kolaylıkla sağlanabilmektedir (Şekil 2.4).

Çift kabuk cam cepheler, geleneksel cam cephelerden daha düşük bir ısı geçirme katsayısına sahiptir. Aradaki boşluk, yazın ısı kazancı, kışın da ısı kayıplarını azaltmaktadır. Dolayısıyla soğuk dönemde binanın toplam ısıtma yükünü azaltmaktadır. İkinci bir cam kabuğun eklenmesiyle rüzgar basıncının azalması, yüksek bir binanın en üst katında dahi pencere açılmasına ve binanın doğal olarak havalandırılmasına olanak tanımaktadır. İklimlendirme sistemlerinin kullanımını

azaltan bu durum, binanın toplam yaşam maliyetinin ve enerji tüketiminin azalmasını sağlamaktadır [9].



Şekil 2.4. Çift kabuk cephe ve tek kabuk cephe sistem kesitleri [11]

Dış iklim koşullarından korunmuş ara bölgeye yerleştirilen güneş kontrol elemanlarıyla mevsime bağlı olarak güneş ışıınının denetlenmesi mümkün olmaktadır. Güneş kontrol elemanları yardımıyla geri yansıtılan güneş ışıını, ara boşluk içerisinde yayılmakta ve ısınmış havanın yukarıya doğru yükselmesine neden olmaktadır. Bilgisayar simülasyonları ve testler, doğal hava akışı ile güneş ışıınından kaynaklanan ısıının %25'inin yükseldiğini göstermiştir [10].

Çift kabuk cephelerin, kullanıcı konforunu artırması, doğal ışıık sağlaması, doğal havalandırma sağlaması ve enerji gereksinimini azaltması gibi olumlu yönleri vardır. Bununla birlikte Avrupa dışında bu sistem pek kullanılmamaktadır. Avrupa'da bu sistemler giydirme cepheden iki kat, ABD'de dört kat daha pahalıdır. Çift kabuk cephelerin Avrupa'daki yüksek binalarda daha çok kullanılmasının nedeni, buradaki

enerji maliyetinin ABD'den yüksek olmasıdır. Bu sistem uygulandığında, kullanım süresi içinde yatırım maliyetini çıkarıp kazanç sağlamaktadır [12].

2.4. Çift Kabuk Cepheyi Oluşturan Bileşenler

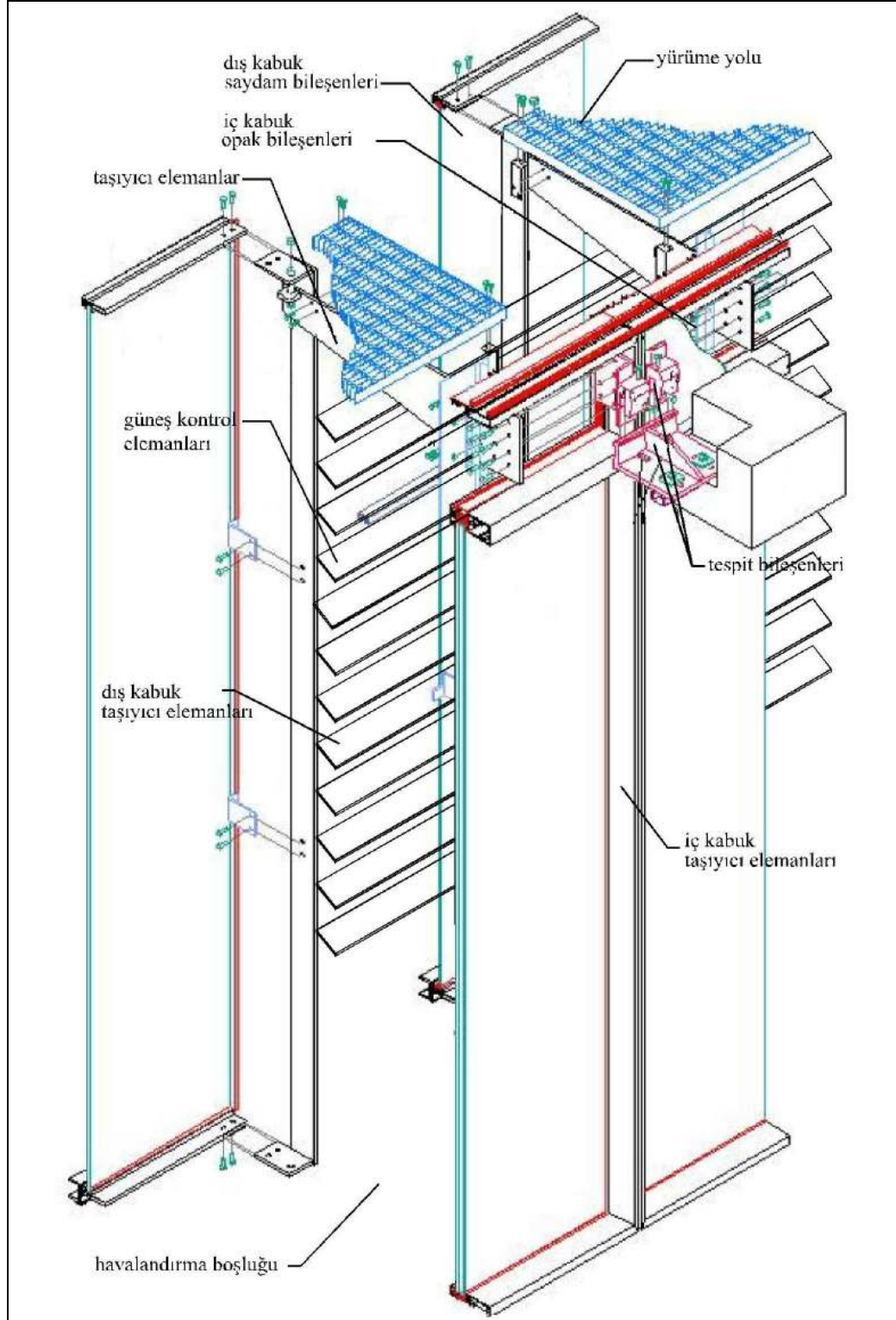
Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1. Saydam bileşenler
2. Opak bileşenler
3. Taşıyıcı elemanlar
4. Tespit bileşenleri
5. Havalandırma boşluğu
6. Güneş kontrol elemanları
7. Yürüme yolu (çift kabuk cephenin tipine bağlı olarak olabilir ya da olmayabilir)

Şekil 2.5'de çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler kısmi kesit perspektifte gösterilmektedir.

Saydam bileşenler

Çift kabuk cam cephelerde kullanılan saydam bileşenler, iç ve dış kabukta kullanılan tek cam veya ısı yalıtımlı çift cam (ikili ya da üçlü) ünitelerdir. Bu cephelerde, ses yalıtımı, ısı yalıtımı, kullanıcı konforu, rüzgar yüküne karşı korunum, güvenlik, emniyet ve maliyet pencere ve cam seçimini etkileyen etmenlerdir.



Şekil 2.5. Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenlerin kısmi kesit perspektifi

Cam endüstrisinin gelişmesiyle birlikte cam kabuğun kendinden beklenen performansı sağlayabilmesine imkan sağlayan bir çok sayıda cam tipi kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan cam türleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Float cam (clear cam), cam eriyiğinin erimiş kalay üzerinde yüzdürülmesi (floating) suretiyle üretilir. Bu işlem camın iki yüzünün birbirine paralel ve hatasız olmasını sağlar. Float camlara berrak (clear) camlarda denir. Bu tip camların güneş kontrolü ve ısı direnci özelliklerinin artırılması için özel yüzey film tabakaları kullanılmaktadır [13].

Float cam üretim sırasında renklendirilebilir. Ham maddelerin seçimine göre, az miktarda Fe_2O_3 (demir oksit) katılmasıyla float camın rengindeki yeşil azaltılmaktadır. Bu şekilde elde edilen beyaz cam diğer düz camlara göre daha şeffaf olmaktadır. Elde edilen bu şeffaflık estetik açıdan tercih edilebileceğinden çift kabuk cephelerde önem taşımaktadır. Float camlar kırıldığında ufak parçalara bölündüklerinden genellikle çift katmanlı cephelerin dış kabuğunda değil, iç kabuğunda kullanılırlar [1].

Yalıtımlı camlar (ısıcam), en az iki cam plakanın, aralarında ortam basıncına uygun kuru hava veya gazları barındıracak şekilde, fabrika şartlarında bir araya getirilmesinden oluşan yalıtım camı ünitesidir [13].

Camlar arasındaki boşluk; daha iyi ısı yalıtımı sağlanması için argon, kripton, karbondioksit gibi asal gazlarla; daha iyi ses yalıtımı için ise sülfürheksaflorid gazı ile doldurulmaktadır. Gaz dolgulu camlar; yüksek frekanslardaki seslere karşı kuru hava dolgulu camlara kıyasla daha iyi ses yalıtımı sağlamakla birlikte; düşük frekanslı seslere karşı yalıtım performansları düşüktür. Bu sebeple, düşük frekansa sahip olan trafik gürültüsüne karşı, kuru hava dolgulu camlardan daha iyi sonuç verememektedirler [14].

Güvenlik camları, cephe panellerinde kullanılan camlarda kırılmanın en az seviyede olması, kırılma sonucu oluşan parçaların daha küçük ve zararsız parçalara ayrılarak dökülmesi ya da parçaların bir arada kalmasının sağlanması için kullanılan camlardır. Havalı (temperli), kısmi havalı (kısmi temperli) ve katmanlı (lamine) camlar olarak üçe ayrılırlar.

Havalı (temperli) camlar, ölçüsüne uygun kesilmiş cam panoların yumuşama noktasına yakın bir dereceye kadar ısıtılıp hızla soğutmasıyla oluşturulur. Bu şekilde cam yüzeylerine 10.000 psi basınç ön gerilimi kazandırılır [13].

Isıl işlemsiz cama göre yaklaşık 5 kat daha dayanıklı olan temperli camlar kırıldığı zaman zar büyüklüğünde parçalara ayrılarak yaralanma riskini azalttığından güvenlik camı olarak kullanıma uygundur [13].

Kısmi havalı (kısmi temperli) camlar, temperli camlar gibi düz camların üretim aşamasında özel ısıtım işlemleri uygulanarak sertleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Temperli camlardan farkı, cam plakaların daha düşük sıcaklıklara kadar ısıtılması ve daha yavaş bir şekilde soğutulmasıdır. Bu nedenle temperli camlara göre dayanıklılığı daha azdır.

Katmanlı (lamine) camlar, özel bağlayıcı polivinil butiral (PVB) film tabakaları yardımıyla iki veya daha fazla cam plakasının ısı ve basınç altında birleştirilmesi ile üretilir. Camlar kırıldığı zaman cam plakalar arasındaki film tabakası plakaların birbirine yapışık kalmasını sağlayarak, kırılan cam parçalarının birbirinden ayrılıp etrafa dağılmasını ve parçaların düşmesini engellemektedir. Bu özelliğinden dolayı çift kabuk cephelerin dış kabuğunda kullanımı tercih edilmektedir.

Düşük yayınlı (Low-E) camlar, ince bir metal oksit kaplamanın çift cam biriminin dış tabakasının iç yüzeyine ya da iç tabakanın dış yüzeyine uygulanması ile elde edilmektedirler [1].

Oda sıcaklığı pencerelerden %70 oranında ışınlımla; %30'u ise iletimle dışarı kaçmaktadır. Low-E kaplamalar ısı kaçışının %70'lik büyük bölümünü denetleyebildiği için ısı kontrolünde etkili olmaktadır. Low-E kaplamaların ikinci önemli özelliği ise aynen güneş kolektörlerinde olduğu gibi güneşin sıcaklığından yararlanarak ısınmasıdır. Ancak bu "sera etkisi" sağlayan durum soğuk bölgelerde ve kışın faydalı iken, sıcak bölgelerde ve yazın zararlı olabilmektedir [13].

Yansıtıcı camlar (güneş kontrol camları), üretim hattında çeşitli metal veya metal oksitlerle yüzeyleri kaplanarak yüksek yansıtıcılık özelliği kazandırılmış camlardır. İnce metalik kaplamalar olmaları, yumuşak yüzeyleri ve metallerin (özellikle gümüş ve bakırda) kimyasal dirençlerinin düşük olmasından dolayı korozyon sorunları vardır.

Cam ısındığında iç mekana giren ısı miktarını azaltmak amacıyla; yansıtıcı tabaka tek cam plakada iç yüzeye, çift cam biriminde ise dış tabakanın iç yüzeyine uygulanmaktadır. Çift kabuk cephelerde bu tip camlar, güneş ışınlımını yansıtma özelliklerinden dolayı iç kabuk cephede kullanılmaktadır [1].

Fotovoltaik camlar, cephelere güneş pillerinin konulması ve bu pillerle yapının gereksinim duyduğu elektrik enerjisinin sağlanmasını amaçlayan camlardır. Tükenmez enerji kaynaklarından olan güneşin yapılarda kullanılması, çoğunlukla kolektörle sağlanırken, günümüzde güneş pillerinin uygulamaya konulmasıyla daha da yaygınlık kazanmıştır.

Fotovoltaik paneller güneş ışığını elektrik akımına dönüştürerek elektrik enerjisi üretmekte kullanılmaktadır. Fotovoltaik panellerin doğrudan kabuk sistemini oluşturabilme bağlamındaki olumlu özellikleri, binalarda elektrik üreten kabuk tasarımını etkilemektedir [7].

Opak bileşenler

Kat döşemesi seviyesinde ya da parapet yüksekliğince bina taşıyıcı sistemini gizlemek amacıyla kullanılan panellerdir. Genel olarak, iç tarafta bir galvanizli levhanın dışta bir tek cam tabakanın, ortada da ısı yalıtım levhasının kullanılmasından oluşur. Kullanılan yalıtım levhaları; genleştirilmiş polistren levhalar, poliüretan sert köpük levhalar ve cam yünü levhalardır.

Taşıyıcı elemanlar

Taşıyıcı elemanlar, cam cephenin ana taşıyıcı sisteme taşınmasını sağlayan yatay ve düşey çubuklardan oluşan bir ızgara sistemidir. Bu ızgara, kimi zaman şantiyede kimi zaman da fabrikada cam paneller ile birlikte oluşturularak bütün halinde yerine yerleştirilmektedir. Bu açıdan cam cepheler; çubuk (stick) sistem, panel sistem ve yarı panel sistem olmak üzere üç şekilde oluşturulmaktadır [1].

Çubuk (stick) sistem, bina cephesine aks aralıklarında düşey çubukların asılması ve bunların arasına yatay kayıtların ve cam panellerin monte edilmesinden oluşan sistemdir.

Çubuk sistem ülkemizde yaygın olarak tatbik edilen bir sistemdir, diğerlerine nazaran ucuz, fakat yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu zayıf, montajda hata yapılmasına müsaittir. Büyük yüzeyler için montaj hata riski da oldukça yüksek olduğundan yüksek yapılar için tavsiye edilmemektedir [15].

Panel sistem, cam panellerin taşınabilir olduğu ve bir kat yüksekliğinde elemanlar halinde fabrika da hazırlanıp şantiye de monte edildiği sistemlerdir. Çubuk sisteme göre daha pahalı bir sistemdir. Ancak aynı zamanda çok hızlı bir montaj imkanına sahiptir.

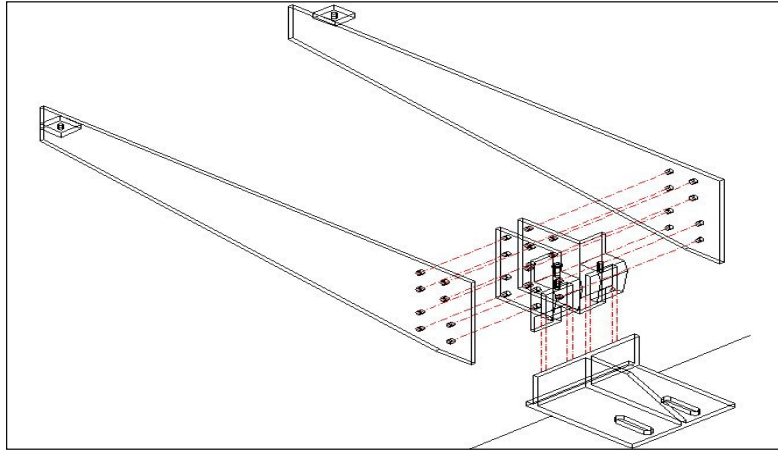
Yarı panel sistem, şantiye de monte edilmiş taşıyıcı ızgaraya fabrika da hazırlanmış cam panellerin monte edildiği sistemlerdir. Çubuk sistemin ekonomik tarafı ile panel

sistemin yüksek yapılar için önemli bir özelliği olan, bina hareketlerine uyum kabiliyetinin birleştirilmiş bir şeklidir [15].

Tespit bileşenleri

Tespit bileşenleri; taşıyıcı ızgaranın bina taşıyıcısına, saydam ve opak panelin taşıyıcı ızgaraya ve taşıyıcı ızgarayı oluşturan yatay ve düşey çubukların birbirlerine birleştirilmesi amacıyla kullanılmaktadırlar. Izgaranın ana taşıyıcıya tespitinde kullanılan bileşenler; ankraj profilleri, baskı profilleri, kenetler, perçin, vida, dübel ve civatalardır (Şekil 2.6).

Bu bileşenler, paslanmaz çelik ya da alüminyum alaşımlardan üretilmektedirler. Saydam ve opak panelin taşıyıcıyı ızgaraya tespitinde kullanılan tespit bileşenleri ise, sızdırmazlık sağlanması amacıyla kullanılan macun ve contalardır [1]. Yatay ve düşey çubukların birbirlerine birleştirilmesi için ise alüminyum ya da paslanmaz çelik köşe takozları kullanılır.



Şekil 2.6. Çift kabuk cepheyi ana taşıyıcılara bağlayan tespit bileşenlerinin perspektifi

Havalandırma boşluğu

Çift kabuk cephelerin havalandırılması, temizlenmesi ve güneş kontrol elemanlarının yerleştirilmesi amacıyla tasarlanan bir boşluktur. Boşluğun genişliği uygulandığı cephenin fonksiyonuna göre 100 mm ile 2000 mm arasında değişmektedir (Resim 2.1).

Havalandırma boşluğu dış hava ve iç hava arasında tampon bölge oluşturmaktadır. Boşluktaki havalandırma için cephenin altında ve üstünde yer alan menfezler kullanılır. Menfezler kışın ısı depolamak için kapanır, yazın ise ara boşluğu soğutmak için açılır.



Resim 2.1. Dusseldorfer Stadttor ve Debis Potsdamer Platz binaları havalandırma boşluğu örnekleri [16]

Güneş kontrol elemanları

Güneş kontrol elemanları çift kabuk cephelerin güneş enerjisi kazancını azaltmak amacıyla havalandırma boşluğu içerisine yerleştirilir. Sabit, elle kumanda edilen ve

binanın otomasyon sistemine bağılı olarak çalışan hareketli tipleri vardır. Genellikle alüminyumdan yapılmalarına rağmen, ahşap ya da cam malzemeden de üretilmektedirler (Resim 2.2).

Güneş kontrol elemanlarının havalandırma boşluğu içerisinde ki yeri ısı artışları açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla beraber bu elemanlar iç kabuğa çok yakın yerleştirilirse aşırı ısınmaya ve ara boşluğun ısı yüklenmesine neden olur. Lund Institute of Technology'nin yapmış olduğu testler sonucunda güneş kontrol elemanlarıyla dış kabuk arasındaki mesafenin en az 15 cm olması önerilmiştir.

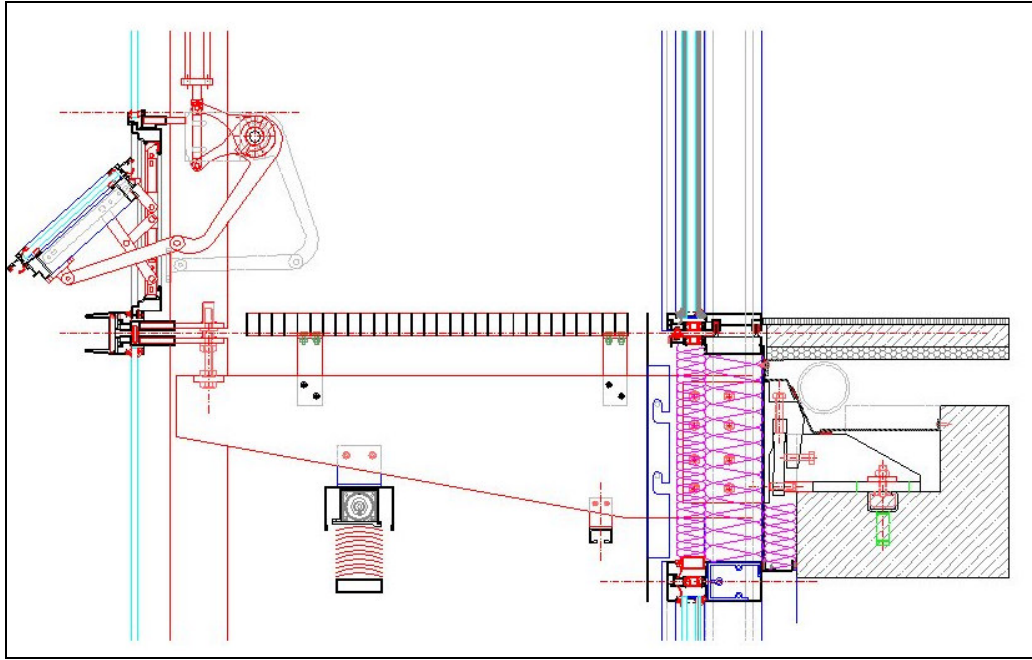


Resim 2.2. Sparkasse Fürstenfeldbruck binası cam güneş kontrol elemanları [16]

Yapı kabuğundan olan ısı kazancının engellenmesindeki en etkin prensibin güneş ışınlamını binaya gelmeden kesme gereksinmesi, güneş kontrol elemanlarını bina cephesinin oluşumunda çok önemli bir unsur haline getirmiştir. Günümüzde yapı kabuğunda tasarlanacak güneş kontrol elemanları binaların mimari cephe karakterinde söz sahibi olan bir cephe ögesi olma durumundadır [17].

Yürüme yolu

Ara boşlukta yer alan, iç ve dış kabuğu birbirine birleştiren taşıyıcı elemanların üzerine ya da doğrudan cephenin ana taşıyıcılarına monte edilen galvanize çelik ya da ahşap panellerden oluşan çift kabuk cephe bileşenidir. Aynı zamanda güneş kontrol elemanlarının boşluk içerisine monte edilmesine imkan sağlamaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Galvanize çelik yürüme yolu düşey kesit örneği

2.5. Çift Kabuk Cephelerin Sınıflandırılması

Çift kabuk cephelerin sınıflandırılma kriterleri;

1. Hava koridorunun havalandırma sistemine göre sınıflandırılması

- Doğal havalandırmalı
- Mekanik havalandırmalı
- Hibrid havalandırmalı

2. Hava koridorunun bölümlendirilmesine göre sınıflandırılması

- Çok katlı çift kabuk cephe
- Koridor tipi çift kabuk cephe
- Şaft tipi çift kabuk cephe
- Kutu tipi çift kabuk cephe

3. Hava akımının katmanlar arasında geçişine göre sınıflandırılması

- Harici hava perdeli (outdoor air curtain) cephe
- Dahili hava perdeli (indoor air curtain) cephe
- Hava beslemeli (air supply) cephe
- Hava tahliyeli (air exhaust) cephe
- Tampon bölgesi (buffer zone) cephe

Hava koridorunun havalandırma sistemine göre çift kabuk cephelerin sınıflandırılması

Doğal havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri: Doğal havalandırma rüzgar ve basınç farklılıkları sonucunda gerçekleşen bir olaydır. Havalandırma, binalarda optimum iç ortam ikliminin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. İç ortam hava kalitesi havalandırma sisteminin performansı ile doğrudan ilişkilidir [7].

Çift kabuk cephe ara boşluğundaki hava hareketlerini iki önemli faktör etkilemektedir. Bunlar rüzgar ve yoğunluk farklılıkları (baca etkisi)'dir.

Rüzgar, binanın dış yüzeyinde basınç farklılıklarına neden olmaktadır. Basınç farklılıklarının dağılımını;

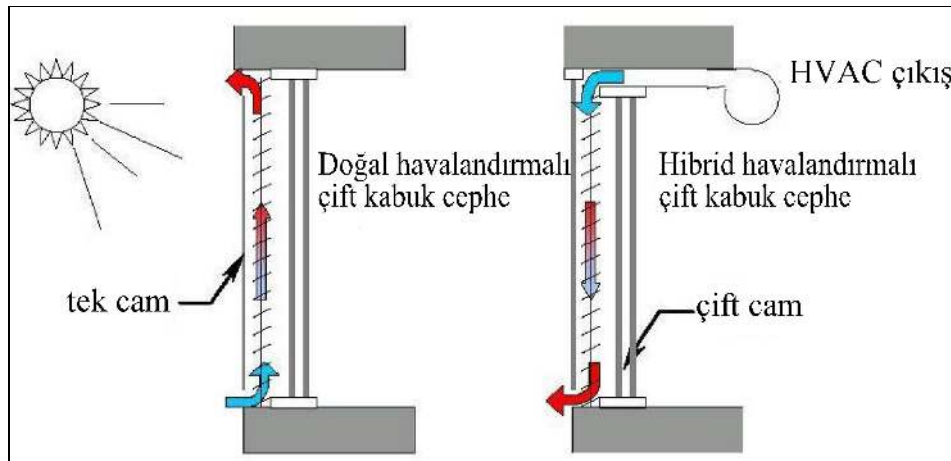
- Bina yerleşim alanı (şehir merkezi, kasaba),
- Binanın yakınındaki lokal engeller (komşu binalar, ağaç kümeleri),
- Rüzgar hızı ve yönü,

- Bina tipolojisi

gibi faktörler etkilemektedir. Bu basınç farklılıkları sonucunda bina içinde doğal havalandırma olayı meydana gelmektedir [18].

Yoğunluk farklılıkları (baca etkisi), çift kabuk cephe ara boşluğundaki hava hareketlerini etkileyen bir diğer faktördür. Bina içindeki sıcaklığın dış ortamdaki daha fazla olduğu durumlarda, basınç farklılıkları binanın alt kotunda içeride, üst kotunda ise dışarıda etki alanı oluşturmaktadır. Bu iki seviyede pencere açıklıkları olduğunda bina içindeki ılık hava, düşük yoğunluğundan dolayı yükselerek üst kotlardan dışarı çıkmakta, çıkan ılık havanın yerine daha serin ve taze hava alt kotlardan içeri girmektedir. Yoğunluk farklılığının neden olduğu bu hareket “baca etkisi” olarak tanımlanmaktadır [18].

Doğal havalandırma tümüyle kontrol edemediğimiz güçlerin etkisiyle olduğundan, iç mekanların yüzde yüz kontrolü mümkün değildir. Bu nedenle, uygun doğal havalandırma yapabilmek için bina cephesindeki açıklıklar veya pencereler dış ve iç ortam hava koşullarına göre otomatik olarak açılıp kapanabilmelidir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Doğal ve hibrid havalandırma çift kabuk cephe sistemleri çalışma ilkeleri [19]

Doğal havalandırmalı çift kabuk cephelerde kışın havalandırma boşluğu dış ortam hava dolaşımına kapalı tutularak ısı yalıtımı gibi çalıştırılmakta ve bunun sonucunda binanın ısı kayıpları ve ısıtma yükü azaltılmaktadır. Yazın ise, havalandırma boşluğu dış ortama açık bırakılmakta böylelikle bina pasif olarak soğutulmakta ve bununla birlikte soğutma yükü azaltılmaktadır.

Doğal havalandırma, uygun iç ortam hava kalitesi sağlayan ve iklim şartları için gerekli konfor gereksinimlerini yerine getiren çözümler sunduğundan tasarımcılar tarafından tercih edilmektedir. Ayrıca kullanıcıları rahatsız eden gürültü ve sağlık problemlerine neden olan, periyodik olarak bakım-onarım gerektiren ve önemli miktarda enerji tüketen mekanik sistemlere göre ilk yatırım maliyetleri daha düşüktür.

Mekanik havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri: Mekanik havalandırma doğal havalandırma için ihtiyaç duyulan hava akımının yetersiz kaldığı durumlarda, bina içine alınacak havanın filtre edilmesi ya da nemlendirilmesi, ısıtılması, soğutulması gibi işlemler gerektiğinde, bina dışında kabul edilemez düzeyde kirlilik kaynağı olduğunda tercih edilen bir yöntemdir [7].

Mekanik havalandırmada havalandırma boşluğu içindeki alçak basınç, bu aralık içindeki havanın bir kısmını çeker. Burada ısınarak yükselen hava, güneş kontrol elemanlarından gelen ısıнын çoğunu alır ve sonrasında mekanik havalandırma yöntemiyle dışarıya atılır [7].

Bu yöntemin doğal havalandırmaya göre en büyük avantajı, havalandırma hızının kontrol edilmesi ve mekan içinde havanın daha homojen bir şekilde dağıtılmasıdır [18].

Hibrid havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri: Bu tür havalandırma sistemleri doğal ve mekanik havalandırmanın birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemde doğal havalandırma mümkün olabildiğince çok kullanılır. Mekanik havalandırma ise

doğal havalandırmanın yetersiz kaldığı durumlarda ya da istenen performansların gerçekleştirilemediği durumlarda kullanılmaktadır.

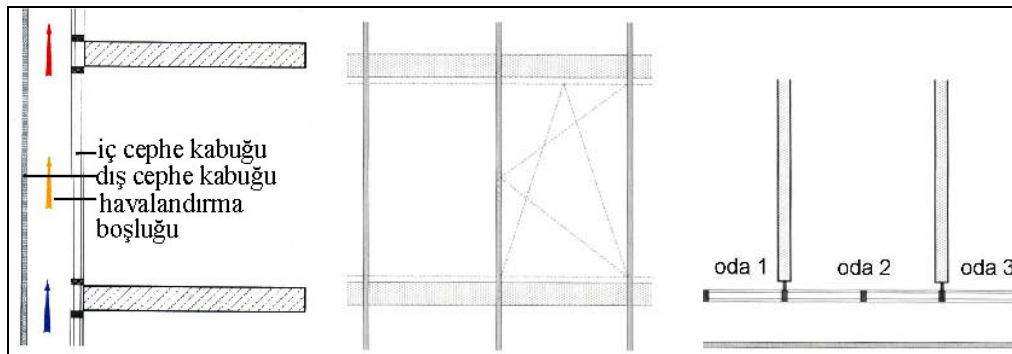
İç ortam konfor şartlarını sağlamak için kullanılan karma havalandırma yaklaşımı, bina strüktürünün ve dış kabukta yer alan hava açıklıklarının kullanımını arttırmayı ve buna bağlı olarak binanın tümünde ya da bazı bölümlerinde pasif sistemlere destek amacıyla mekanik sistemleri devreye sokmayı amaçlamaktadır [18].

Hibrid havalandırmada uygulanan doğal havalandırma, hem iç ortam konfor şartlarını yükseltmekte hem de mekanik havalandırmanın yarattığı ilk yatırım, işletme ve enerji tüketim maliyetlerinden tasarruf sağlamaktadır

Hava koridorunun bölümlendirilmesine göre çift kabuk cephelerin sınıflandırılması

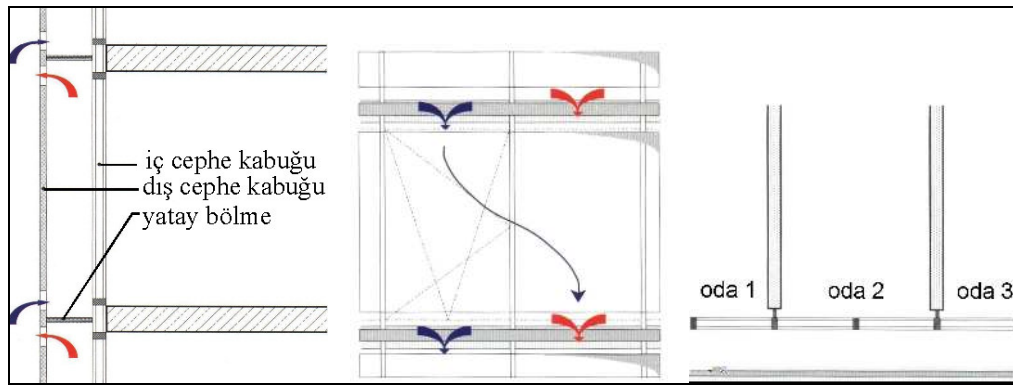
Çok katlı çift kabuk cepheler: Her katta kesintisiz olarak devam eden ara boşluk egzoz havası için bir baca niteliğindedir. Bu egzoz havası yeterli baca etkisiyle yükselir ve yapının en üst noktasındaki boşluktan dışarı atılır (Şekil 2.9).

Ara boşluk sadece çok katlı binalarda belirli aralıklarla bölünür. Ara boşluk içerine giren taze hava ya iç cephedeki açılır kanatlardan ya da havalandırma kanallarından iç mekana girer. Binanın ısıtılması sırasında alt ve üst cephe boşlukları kapatılır ve böylece sera etkisi sağlanır ve güneş enerjisi kazancı en iyi şekilde elde edilir [11].



Şekil 2.9. Çok katlı çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı [11].

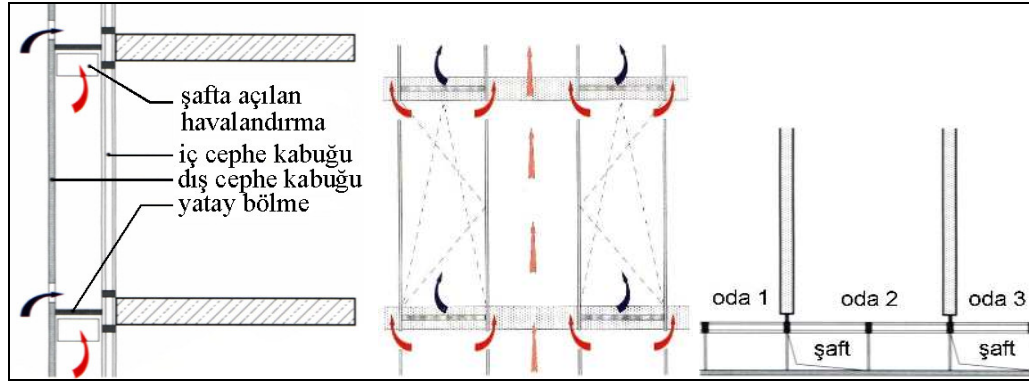
Koridor tipi çift kabuk cephe: Çift kabuk cephelerin en çok kullanılan tiplerinden biridir. Her kata taze hava alma ve kirli havayı verme kanalları yerleştirilir; her kattaki boşluklar birbirinin üzerine gelecek şekilde düzenlenir. Koridor tipi çift kabuk cephelerin yapımında, her katta olması gereken havalandırma boşlukları ve yatay bölücülerin bulunmasından dolayı çok katlı çift kabuk cephelerden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Buna karşın cephenin işlevi çok gelişmiştir. Yapının üstünde aşırı ısı, ses geçişi, duman ve yangın yayılımını azaltmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Koridor tipi çift kabuk cephe sistemi kesit, görünüş ve planı [11].

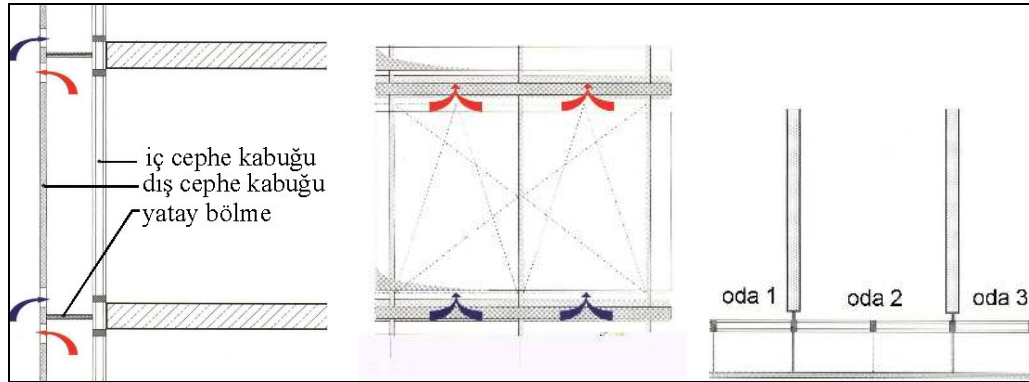
Şaft tipi çift kabuk cephe: Şaft tipi çift kabuk cepheler, düşeyde sürekli devam eden ve baca etkisi yaratan şafttan oluşan bir tür kutu çift kabuk cephedir (Şekil 2.11). Yapı yüksekliğince devam eden bu boşluk kirli hava için düşeyde merkezi bir şaft görevi görür. Bu düşey şaftın her iki yanındaki kutu cephelerin altındaki kapaklardan temiz hava girişi sağlanmaktadır. Egzos (kirli) hava düşey şaftta bulunan havalandırma kanallarından emilir. Şaftın içindeki egzos hava baca etkisiyle yükselir ve üstteki açıklıktan dışarı atılır [11].

Diğer çift cephe tipleriyle karşılaştırıldığında şaft tipi cephelerin yangın korunumu, gürültü, taze ve egzos havanın karışması gibi dezavantajları vardır [7].



Şekil 2.11. Şaft tipi çift kabuk cephe sistemi görünüş, kesit ve planı [11].

Kutu tipi çift kabuk cephe: Bu cephelerin yapımı diğer çift kabuk cephelerden daha karmaşıktır, çünkü iç ve dış cam tabakalar arasındaki boşluk düşey veya yatay olarak bölünmüştür. Bir hücre anlayışıyla oluşan sistemlerdir. Her kutu çift cephe kendi taze hava giriş ve egzoz hava çıkış açıklıklarına sahiptir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Kutu tipi çift kabuk cephe sistemi görünüş, kesit ve planı [11].

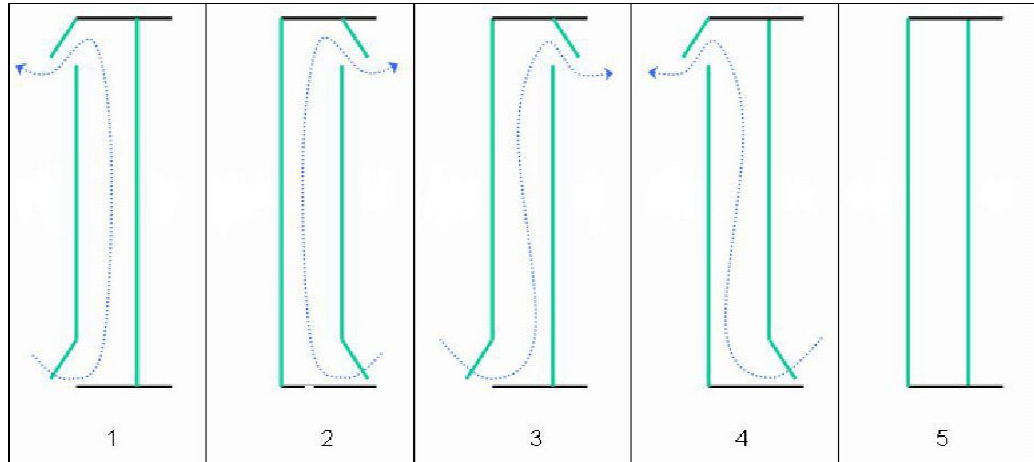
Kutu tipi çift kabuk cepheler dış gürültünün yüksek olduğu ve odadan odaya ses yalıtımı konusunda özel uygulamalar gerektiğinde kullanılır.

Hava akımının katmanlar arasında geçişine göre çift kabuk cephelerin sınıflandırılması (Şekil 2.13)

Harici hava perdeli (outdoor air curtain) cephe: Harici hava perdeli cephe türünde, dışarıdan ara boşluğuna giren hava doğrudan doğruya dışarı atılır. Bu nedenle ara boşluğun havalandırması dış cepheyi saran bir hava perdesi oluşturur [8].

Dahili hava perdeli (indoor air curtain) cephe: Dahili hava perdeli cephe türünde, iç mekandan ara boşluğa gelen hava havalandırma sistemi yoluyla iç mekana tekrar geri döner. Böylelikle ara boşluğun havalandırması iç cepheyi saran bir hava perdesi oluşturur [8].

Hava beslemeli (air supply) cephe: Bu cephe türünde dışarıdan gelen hava doğrudan ya da havalandırma sistemi yoluyla içeri alınır. Böylelikle besleme yoluyla cephenin havalandırılması sağlanır [8].



Şekil 2.13. Hava akımının katmanlar arasında geçişine göre çift kabuk cepheler [8]

Hava tahliyeli (air exhaust) cephe: İç mekandaki hava ara boşluk kanalı ile dışarı atılır. Böylelikle cephenin havalandırması havanın dışarı tahliye edilmesi yoluyla sağlanır [8].

Tampon bölge (buffer zone) cephe: Tampon bölge cepheleri diğer cephe türlerinden ayıran en önemli özelliği hava sızdırmazlığıdır. Cephe ara boşluğu dış hava ve iç hava arasında tampon bölge oluşturmakta ve ara bölgede hava kilitlenmektedir [8]. Bazı örneklerde dış hava cephe altındaki menfezlerden ara boluğa alınır cephenin üstündeki kapaktan baca etkisiyle atılır.

2.6. Çift Kabuk Cephelerin Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Çift kabuk cephelerin olumlu yönleri

- Geleneksel cam cephelerden daha düşük bir ısı geçirme katsayısına sahiptir. Dolayısıyla soğuk dönemde binanın toplam ısıtma yükünü azaltmaktadır.
- İkinci bir cam kabuğun eklenmesi ile rüzgar basıncının azalmasına, yüksek bir binanın en üst katında dahi pencere açılmasına ve binanın doğal olarak havalandırılmasına olanak tanımaktadır. İç kabuktaki pencereler açılarak, yazın bina doğal olarak havalandırılabilen ve geceleri soğutulabilmektedir [1].
- Doğal enerji kaynaklarından yararlanarak enerji tüketiminin, kullanım sürecindeki enerji maliyetlerinin ve kullanıcı konforunun sağlanmasında mekanik tesisatın kullanımının azaltılmasını sağlamaktadır.
- Çift kabuk cepheye sahip binalarda çalışanlar bulundukları mekanın iklimsel koşullarına müdahale edebilmekte, böylece “hasta bina sendromu”nun da ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır [20].

- Dış iklim koşullarından korunmuş, iki cam kabuk arasındaki ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanlarıyla, mevsime bağlı olarak güneş ışıınının denetlenmesi mümkün olmaktadır.
- Ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanları veya v.b. elemanlar rüzgar, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz olmadığından, bina dışına yerleştirilen elemanlara oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedir [21].
- Ara boşluk sayesinde cephenin bakım ve onarımı kolaylıkla yapılabilmektedir.
- Cephede iyi bir ses izolasyonu sağlamaktadır. Özellikle trafik gürültüsünün yoğun olduğu yerlerde, gürültünün çalışma alanlarına girmesini önemli ölçüde engellemektedir [7].
- Ara boşluk aynı zamanda yangın kaçışı amacıyla da kullanılabilir.
- Enerji korunumu ve iklimsel avantajlarının yanısıra bu tür cepheler binaya hafiflik ve zariflik etkisi kazandırmaktadır.

Çift kabuk cephelerin olumsuz yönleri

- Tek kabuk cephelerle karşılaştırıldığında daha yüksek yatırım, işletme ve bakım maliyetlerine sahiptir.
- Eğer çift kabuk cephe uygun bir şekilde tasarlanmamışsa ara boşluktaki hava sıcaklığı iç mekanın fazla ısınmasına neden olabilir. Bu nedenle fazla ısınmayı engellemek için iç ve dış kabuk arasında boşluk 100 mm'nin altına inmemelidir [22].
- Çoğunlukla çok katlı çift kabuk cephelerde ara boşluktaki hava akımının artması. Özellikle ara boşluk yolu ile doğal olarak havalandırılan ofisler arasında önemli basınç farklılıklarına neden olmaktadır [22].

- Binanın yapı yükünün artmasıyla birlikte yapım maliyetinin de yükselmesine neden olmaktadır.
- Çok katlı ve şaft tipi çift kabuk cephelerde ara boşluğun bölümlendirilmemesinden dolayı ses izolasyonu, yangın ve duman yayılımı problemleri oluşmaktadır.

3. EKONOMİK DEĞERLENDİRME VE YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, çalışma kapsamında önerilen proje alternatiflerinden hangisinin daha ekonomik ve hangisinin istenen kar oranını sağlayabildiği sorularına cevap aramak için kullanılan ekonomik değerlendirme kavramı açıklanmakta ve yaygın olarak kullanılan ekonomik değerlendirme yöntemleri anlatılmaktadır.

3.1. Ekonomik Değerlendirme

Bina maliyeti; yapıma ilişkin girişim işlemleriyle başlayan ve kullanım evresinin bitimiyle sona eren yapı üretim sürecinin, ön karar, tasarlama, gerçekleştirme ve kullanım evrelerinde oluşan tüm maliyetlerin toplamıdır. Bina tasarımı sürecinde maliyetin önceden verilen kararların bir sonucu olması yerine kararların yönlendiren bir tasarım aracı olarak kabul edilmeye başlanması tüm bina üretim sürecinde maliyet planlama ve kontrolü tekniklerinin geliştirilmesine yol açmıştır [23].

Günümüzde bütün üretim alanlarında olduğu gibi, inşaat sektöründe de projelerin gerçekleştirilmesinde kıt kaynakların kullanımının sözkonusu olması, kullanılacak kaynaklarla sağlanacak faydaların karşılaştırılmasını ve bu kaynakların başka kullanım yerinde daha fazla fayda sağlama olanağının incelenmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, üretim endüstrisinin diğer alanlarında geliştirilmiş olan ekonomik değerlendirme veya yatırım değerlendirme yöntemlerinin bina üretim alanında da kullanımı önem kazanmaya başlamıştır [23].

Son yıllarda, benzer özellikteki seçeneklerin çok sayıda ölçüte bağlı olarak değerlendirilmesine imkan tanıyan bilgisayar yazılım programları kullanılmaya başlanmıştır. Bu programlar ile, çok sayıda değişkenin yer aldığı bina analizleri yapılabilmektedir.

Ekonomik değerlendirme temelde önerilen projelerden hangisinin daha ekonomik olduğu ve hangisinin istenen kar oranını sağlayabildiği sorularına cevap aramaktadır.

3.2. Ekonomik Değerlendirme Yöntemleri

Ekonomik analiz amacıyla kullanılacak bu yöntemler; net fayda analizi, fayda-maliyet oranı yöntemi, iskonto edilmiş geri ödeme süresi yöntemi, iç karlılık oranı yöntemi ve yaşam dönemi maliyeti analizidir. Bu yöntemlerden iskonto edilmiş geri ödeme süresi yöntemi müşterinin yatırımının hızlı bir dönüşümünü istemesi halinde, diğerleri ise yatırımın fayda ve maliyetlerinin yaşam dönemi üzerinde değerlendirmesinde kullanılmaktadır.

Net fayda analizi

Yapılan yatırımdan sağlanan tasarruf ile yatırımın ilk maliyeti arasındaki farkı bulmak amacıyla kullanılmaktadır. Bir enerji korunumu için yatırım söz konusu ise, sağlanacak enerji tasarrufunun maliyeti, net fayda olarak tanımlanmaktadır. Yatırımın kabul edilebilir olması için elde edilen tasarrufun pozitif (+) olması gerekmektedir. Net faydalar şimdiki değerlerle ifade edilmektedir [1].

Fayda-maliyet oranı yöntemi

Projeden elde edilecek faydaların, projeye yapılacak yatırım değerine bölünmesiyle bulunur. Birbirine yakın sürede bitebilecek projelerin seçiminde önemli bir göstergedir.

Fayda maliyet oranı (F/M) 1'den büyükse projenin getirisinin, yatırımından yüksek olduğu anlaşılır. Örneğin, F/M oranının 2,5 olması, projeye yatırılan 1 YTL'nin 2,5 YTL olarak döneceğini göstermektedir. F/M oranı 1'den küçükse projenin yatırım harcamaları, getirisinden fazla olacak demektir. F/M oranı 1'se proje başabaş noktasında demektir [24].

İskonto edilmiş geri ödeme süresi yöntemi

Bu yöntemle, ilk yatırım zamanı ile yatırım tutarını karşılayabilmesi için geçmesi gerekli zaman süresinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Diğer bir deyişle, proje için yapılan yatırımların kaç yıl sonra geri alınabileceğinin hesaplanmasıdır.

Bu yöntemde birden fazla yatırım projesi arasında seçim yapılıyorsa, geri ödeme süresi en kısa olan proje seçilir. Ancak bu yöntem, geri ödeme süresinden sonra oluşabilecek fayda ve maliyetleri içermemesi nedeniyle, bir yatırımın karlılığının tam bir ölçümünü sağlayamamaktadır [1].

İç karlılık oranı yöntemi

Bu yöntemde, fayda ve maliyetleri tam olarak eşitlemek faiz oranını bulmak ve böylelikle yatırımın net bugünkü değerini sıfıra indirmek amaçlanmaktadır. Projeye yapılacak yatırımlarla, getirileri arasında yapılan matematiksel işlemlerle yüzdeli bir değer bularak, projenin getirisi analiz edilir. İç karlılık oranının 0,22 olarak değer bulunması projenin hesaplanan zaman içinde %22 oranında kazandıracağını göstergesidir. Proje seçiminde iç karlılık oranı büyük olan projenin seçilmesi doğru olacaktır [1,24].

Yaşam dönemi maliyeti analizi (YDMA)

YDMA; uzun vadede maliyet performansına dayanarak, aynı amaca hizmet edeceği düşünülen bina ya da bina sistemleri arasında seçim yapmak için bir ekonomik karar verme aracıdır [1].

YDMA yöntemi bu çalışma kapsamında kullanılacağından ayrıntılı olarak incelenecektir.

YDMA Yönteminin Tercih Edilme Sebepleri

- Karşılaştırılacak projelerin sadece ilk yatırım maliyetlerini değil, projenin ömrü boyunca ortaya çıkabilecek bakım, onarım , yenileme ve işletme maliyetlerini de, paranın zaman değerini gözönünde bulundurarak uzun vadede projenin maliyet etkinliğinin değerlendirilmesini sağlar.
- Çeşitli proje seçeneklerinin yaşam dönemi maliyetlerinin karşılaştırılması ile projenin kullanım ömürleri boyunca ortaya çıkabilecek maliyetlerde karşılaştırılabilir.
- YDMA projenin herhangi bir aşamasında yapılabileceği gibi, projenin ömrü boyunca nakit akışı gerektiren herhangi bir bileşeni için de yapılabilir.

3.3. Yaşam Dönemi Maliyeti (YDM)

Ekonomik değerlendirme yaklaşımlarından en yaygın olanı yaşam dönemi maliyeti (YDM) yaklaşımıdır. Bu yaklaşım karşılaştırılacak projelerin sadece ilk yatırım maliyetlerini değil, projenin ömrü boyunca çıkabilecek bakım, onarım, yenileme ve işletme maliyetlerini de, paranın zaman değerini gözönünde bulundurarak hesaplar.

Projenin değerlendirilmesi için öngörülen süre içinde, projeye ait olabilecek her türlü maliyet güncelleştirilerek, ilk yatırım maliyetleri ile birlikte projenin yaşam dönemi maliyetini oluşturur. Çeşitli proje seçeneklerinin yaşam dönemi maliyetlerinin karşılaştırılması ile projelerin kullanım ömürleri boyunca ortaya çıkabilecek maliyetler de karşılaştırılabilir.

Yaşam dönemi maliyeti yardımıyla bir projenin ilk yatırım maliyetinden daha ekonomik olup olmayacağı ve hangi koşullarda en ekonomik şartları sağlayacağı belirlenebilir. Çeşitli yatırım seçeneklerinden birini seçmek gerektiğinde, minimum yaşam dönemi maliyetine sahip seçenek en uygun seçenek kabul edilmektedir [25].

Yaşam dönemi maliyetinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$YDM= M_Y+M_{BO}+M_I+M_{YE}+M_E-M_H \quad (3.1)$$

3.3.1. Yaşam dönemi maliyeti bileşenleri

İlk yatırım maliyeti

Yaşam dönemi maliyet analizinin ilk aşaması, projenin ilk yatırım maliyetlerinin tanımlanmasıdır. Bina ihtiyacının belirlenmesine ilişkin işlemlerle başlayan ve fiziksel yapının gerçekleşmesi ile sonuçlanan tüm işlemlerin maliyeti yatırım maliyeti olarak tanımlanabilir.

- Tasarlama öncesi işlemlerin maliyeti: Yapılabilirlik etüdlerini içeren işlemler olarak teşebbüs maliyeti
- Arsa maliyeti
- Tüm tasarlama işlemlerinin (mimari, statik, makina, elektrik) maliyeti olarak tasarlama maliyeti
- Tüm inşaat işlemleriyle fiziksel yapının varedilmesi, gerçekleştirme (inşaat) maliyeti olarak sınıflandırılabilir [23].

Ekonomik değerlendirme kapsamında yapılan çalışma tüm üretim süreci işlemlerini kapsıyorsa, ilk yatırım maliyetleri işlemlerinin tümü için hesaplanmalıdır. İlk yatırım maliyeti hesaplamaları; örneğin bina kabuğu için yapılacaksa bina kabuğu bileşenlerinin m^2 ve m^3 cinsinden metrajının çıkarılması ve bu metraja göre bulunan toplam malzeme miktarlarının, inşaat sektöründe esas kabul edilen Bayındırlık ve İskan Bakanlığının hesapların yapıldığı seneye ait İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları ile çarpılması sonucu ortaya çıkar [36].

Bakım, onarım ve yenileme maliyetleri

Binanın fiziksel ömrüne göre bazı bileşenlerin ömrü daha kısa olacağından, bu bileşenlerin periodik olarak onarılacağı veya yenileneceği, aynı şekilde binanın ömrü boyunca fonksiyonlarında meydana gelebilecek değişimler sebebiyle yenilemeler geçirebileceği gözönünde bulundurularak, bu kalemlere ait maliyetlerin hesaplanması gerekmektedir [23].

Kullanıma geçildikten sonra, binanın ömrü boyunca yapılan, binanın ve alt sistemlerinin rutin bakım maliyetlerini ve ortaya çıkabilecek küçük tamirat işlerinin maliyetlerini kapsamaktadır.

- Bina temizliği (boya, temizlik, v.b)
- Servislere ilişkin periodik bakımlar ve kontroller
- Açık alanların düzenlenmesi v.b.

İşletme maliyeti

İşletme maliyetleri bina içinde kurulu olan çeşitli alt sistemlerin (ısıtma- soğutma, pis-temiz su, elektrik, açık alanların düzenlenmesi vb.) sürekli istenen hizmetleri sağlayabilmesi için gerekli olan ve düzenli olarak oluşan maliyetlerdir.

- Yönetim maliyetleri
- Vergiler
- İşletme maliyetleri
- Enerji maliyetleri: Elektrik maliyetleri, ısıtma-soğutma maliyetleri, sıcak su elde etme maliyetleri
- Pis su-temiz su maliyetleri
- Teknik sistemlerin işletilmesi maliyeti
- Bekçi, kapıcı, arsa ve binanın sigorta giderleri gibi diğer maliyetleri

Enerji maliyeti

Enerji verimliliği; yaşam standardında, hizmet kalitesinde, üretim miktarında düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması minimize edilmesidir. Yani bir işi daha az enerji kullanarak yapabilmektir. Enerji verimliliğini gösteren en önemli gösterge, enerji miktarı ve enerji maliyetleridir. Enerji maliyetleri;

- ısıtma
- soğutma
- aydınlatma
- havalandırma maliyetleridir.

Hurda değeri

Binanın YDMA çalışma periyodunun sonundaki net değeridir. Gelecekteki diğer harcamalardan farklı olarak, bir alternatifin hurda değeri pozitif ya da negatif olabilir. Bir binanın ya da bina sisteminin farklı beklentilere sahip proje alternatifleri olduğu zaman özellikle hurda değeri önem taşımaktadır.

3.3.2. Yaşam dönemi maliyeti analizi (YDMA)

YDMA alternatif bina sistemleri ve binanın ömrü boyunca sahip olduğu yatırım, bakım-onarım ve enerji maliyetleri üzerinde etkisi olan bina sistemleri ve bileşenleri için tasarım alternatiflerinin planlanmasında kullanılan ekonomik değerlendirme yöntemidir. YDMA tasarım evresinin herhangi bir evresinde gerçekleştirilebileceği gibi mevcut bir binanın değerlendirilmesi için de kullanılabilir [46].

YDMA yöntemi, aynı zamanda en optimum yatırımın sağlanması için kullanılır. Örneğin; eğer YDM sisteme eklenen bir yalıtım malzemesinden dolayı artarsa, daha fazla yalıtım uygulanmasının optimum bir sonuç olmayacağı anlaşılabılır. Burada optimum yalıtım düzeyi en düşük YDM'ne sahip seçenek olmalıdır [27].

YDMA'nın ilk amacı alternatiflerin karşılaştırılması olmakla birlikte, ikincil amacı ihtiyaçların değerlendirilmesi ve performans kriterlerinin kritik edilmesidir [27].

Yaşam dönemi maliyeti analizi parametreleri

İlk yatırım maliyeti: Bina ihtiyacının belirlenmesine ilişkin işlemlerle başlayan ve fiziksel yapının gerçekleştirilmesiyle sonuçlanan tüm işlemlerin maliyeti ilk yatırım maliyeti olarak tanımlanabilir [23].

Tasarlama öncesi işlemlerin maliyeti (fizibilite çalışmaları), arsa maliyet, tasarlama maliyeti, gerçekleştirme (inşaat) maliyetleri ilk yatırım maliyetleridir.

Bakım-onarım ve yenileme maliyetleri: Her yıl hizmet süresi boyunca tekrarlanan, yaklaşık olarak aynı miktarda olan ya da hizmet süresi boyunca sabit oranlarda değişen işletme ve bakım giderleridir. Hesaplanmasında iki veri girdisine ihtiyaç vardır; miktar (\$) ve yıllık artış oranı (%) [28].

Miktar (\$): Her yıl tekrarlanan işletme ve bakım maliyetlerinin yıllık ve dolar cinsinden değeridir.

Yıllık artış oranı (%): Hizmet süresi boyunca değişmesi beklenen işletme ve bakım maliyetlerinin ortalama yıllık maliyetleridir.

Enerji maliyeti: Enerji korunumlu projeler yıllık enerji harcamalarını azaltmayı hedeflemektedir ve bu nedenle binaların uzun vadeli yatırım maliyetleridirler. Ancak bu maliyetler bir projenin YDM'nin doğrudan hesaplanmasıyla kullanılmazlar. Bunun yerine her bir proje alternatifi için yıllık enerji korunumu, enerji maliyetinin bugünkü değerini karşılayacak şekilde hesaplayarak kullanılır. YDM hesaplamalarında enerji maliyetleri de yer aldığından enerji korunumları alternatifler arasındaki YDM farklılıklarında yansıtılmaktadır [29].

Su maliyeti: İki tip su maliyeti vardır; su kullanım ve su tasarruf maliyetleri. Kullanılan suyun ve korunan suyun miktarı yapı sahasında ölçülmelidir ve hesaplamalarda hizmet zamanıyla birlikte başladığı kabul edilmelidir [29, 30].

Hurda değeri: YDMA yönteminin çalışma periyodunun sonundaki bina ya da bina sistemlerinin net değeridir.

Hizmet süresi: Bina ya da bina sistemlerinin düşünülen ortalama ömrü.

Çalışma süresi: Projeyle ilgili maliyetlerin değerlendirildiği yıl/ay cinsinden süredir. Çalışma süresi işin sahibinin tercihinine göre ve binanın tasarlanan toplam ömrüne bağlı olarak belirlenir. Çalışma süresini etkileyen etkenler:

1. Tüm alternatifleri aynı çalışma süresince karşılaştırmak
2. Ekonomik değerlendirme yöntemlerini aynı çalışma süresinde hesaplamak
3. Yatırımcının isteklerini göz önünde bulundurmak
4. Farklı bina ve bina sistemlerinin beklenen yaşam sürelerine uyum gösterebilmek [30].

Eskalasyon ve indirgeme oranları: Ekonomik değerlendirme yapılması öngörülen süre içinde maliyetlerin her zaman dilimi içerisinde ne kadar artış göstereceğinin oran olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu artış oranına eskalasyon denir. Eskalasyon çalışma hangi sektör için yapılıyorsa o sektöre ait özel koşullara bağlı olduğu gibi, enflasyona göre veya çeşitli istatistik ve tahmin kuruluşlarının yapmış olduğu çalışmalara göre de belirlenebilir.

İndirgeme oranı ise gelecekteki maliyetleri tespit edilmiş olan parametrelerin bugünkü güncel değerlerine dönüştürülmeleri amacıyla, yine yukarıda sözü geçen kuruluşlarca hesaplanmış oranlar kullanılarak belirlenebilir [1].

Yaşam dönemi maliyet analizi yönteminde izlenen yol [28, 31, 32]

1. Problemin tanımlanması: YDMA sürecinin ilk aşamasında analizin yaklaşımının ve neden gerekli olduğunun tanımlanması gereklidir. Hangi sistemin ya da malzemenin analiz edileceğinin belirlenmesinin yanında analiz süresinin de saptanması gereklidir. Analiz süresi; alternatifler arasındaki maliyet farklılıklarının tespit edilmesi ve böylelikle sonuçların uygun bir şekilde karşılaştırılması için gerekli olan zaman süresidir.

2. Sınırlamaların ve olası alternatiflerin belirlenmesi: Değerlendirme için uygun alternatiflerin belirlenmesinden önce, ekonomik analize etki eden sınırlamaların belirlenmesi gerekir. Bu sınırlamalar fiziksel, fonksiyonel, emniyetle ilgili, bina kodlarıyla ilgili, bütçeyle ilgili olabilir. Örneğin; binanın konumu güneş enerjisi kullanımını engelleyebilir, doğal gaz kullanımı yapı sahasında uygun olmayabilir, tarihi bir bina olmasından dolayı dış cephe görünüşü değiştirilemeyebilir. Analize başlamadan önce sınırlamaların belirlenmesi zaman ve emeğin idareli kullanılmasını sağlamaktadır. Herhangibir YDMA'nın başarıyla gerçekleştirilebilmesi için en kritik aşama uygun alternatiflerin belirlenmesidir. Bina tipleri, sistemleri ve bileşenleri için tanımlanacak ve analiz edilecek çok sayıda alternatif bulunduğu düşünülürse uygun olanın seçilmesinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Oluşturulan tüm alternatiflerin uygun ve kabul edilebilir seçenekler olması gerekmektedir.

3. Genel kabullerin ve parametrelerin saptanması: Analizin yapılacağı bina ya da bina sistemlerine ait değişkenlere ait genel kabullerin yapılması gerekmektedir. YDMA parametreleri olan yatırım, işletme, bakım-onarım maliyetleri, enerji ve su maliyetleri, hurda değeri, enflasyon davranışı, hizmet süresi, indirgeme oranının hesaplanmasıyla analize devam edilir.

4. Her bir alternatif için maliyetlerin ve sürelerin hesaplanması: Binaların ya da bina sistemlerinin işletme, bakım ve onarımlarıyla ilgili bir çok maliyet değerleri vardır. Yapılacak olan analizin gerekliliklerine göre uygun maliyetler hesaplanır.

5. Gelecekteki maliyet değerlerinin bugünkü değerlerine indirgenmesi: Projeyle ilgili maliyetlerin YDMA'de kullanılmadan önce bugünkü değerlerine indirgenmeleri gerekmektedir.

6. Her bir alternatif için YDM'lerinin hesaplanması ve karşılaştırılması: Bina ya da bina sistemlerinin değerlendirmek amacıyla YDMA yöntemini kullanırken, iki ya da daha fazla alternatif aynı amaç için kıyaslanır ve uygulama için sadece bir tanesi seçilir. Maliyet açısından en etkin olanı bulmak için, her alternatifin YDM hesaplanmalı, birbiriyle karşılaştırılmalı ve en düşük YDM'ne sahip alternatif seçilmelidir.

7. Gerekli olan ek ölçümlerin yapılması: Analiz için gerekli olan ek ölçümler; net kazanç, kazanç-yatırım oranı, ayarlanan iç geri dönüş oranı, geri ödeme süresi değerleridir.

8. Girdi verilerindeki belirsizliklerin hesaba katılması: Bilgisayar programıyla ya da elle yapılan ekonomik ölçümlerin yapılması analizin tamamlandığını göstermez. Enerji korunumu yatırımları uzun dönemlidir ve projenin ömrü, işletme ve bakım maliyetleri ve projenin ekonomisini etkileyen bir çok etkenlerle ilgili olarak bazı belirsizlikleri içermektedir. Eğer maliyet ve süre bilgileriyle ilgili belirsizlikler varsa, YDMA'de karar verebilmek için az sayıda değer kullanılmak zorunda kalınır [10]. Bu tür belirsizlik altında karar verme durumlarında YDMA yöntemine tamamlayıcı bir teknik olarak duyarlılık analizi yöntemi uygulanır. Duyarlılık analizi ortaya çıkacak olayların olasılıklarının belirlenemediği, belirsizlik altında karar verme problemlerinin çözümünde uygulanır [23].

9. En ekonomik YDM'ne sahip alternatifin belirlenmesi: En ekonomik YDM'ne sahip alternatifin kriterleri; en düşük YDM sahip, en yüksek net kazanç değerine sahip, KYO (kazanç- yatırım oranı) >1 olan ve AİGO (Ayarlanan iç geri dönüş oranı) $> DR$ (indirgeme oranı) olduğu seçenektir.

YDMA yöntemini tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleri

Net kazanç (NK) yöntemi: Net kazanç, asıl durumla (alternatif bina ya da bina sistemleriyle karşılaştırılan durum) ilişkili olarak alternatifin uzun vadede karlılığının ölçülmesidir. NK yöntemi net fayda yönteminin bir varyasyonudur [29].

NK yöntemi kullanım amaçları:

1. Projenin ekonomik olarak etkinliğini belirlemek
2. Bina ya da bina sistemlerinin etkinlik düzeyini ve tasarımlarını karşılaştırmak
3. Birbirine bağlı bina sistemlerinin optimal kombinasyonlarını belirlemek [30].

NK, asıl durumun YDM ve alternatifin YDM arasındaki farklılıkları göstermek için YDMA'nın bir uzantısı olarak hesaplamalarda kullanılır. Buna göre NK değerinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlik kullanılır [29].

$$NK = YDM_{\text{Asıl durum}} - YDM_{\text{Alternatif}} \quad (3.2)$$

NK değeri 0'dan büyük olduğu zaman, bina ya da bina sistemi YDM açısından etkin olur.

NK asıl durum ve alternatif arasındaki tekil maliyet farklılıkları için de kullanılabilir (örn: ilk yatırım maliyetiyle enerji maliyeti ve bakım- onarım maliyeti arasındaki farklılık gibi). Tekil maliyet farklılıklarını hesaplamak için kullanılan NK değerinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlik kullanılır [29].

$$NK = \sum_{t=0}^N \frac{\dot{I}_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^N \frac{M_{Yt}}{(1+i)^t} \quad (3.3)$$

Yukarıda kullanılan formüllerde kazançların ve maliyetlerin her yıl için hesaplanması ve bugünkü değerlerine indirgenmesi istenmektedir. Bina-bağılantılı projeler için kullanılan aşağıdaki formül ise kapsamlı bir hesap gerektirmektedir.

$$NK = [K_E + K_S + K_{BO}] - [M_{Yek} + M_{YEek} - M_{Hek}] \quad (3.4)$$

Kazanç-yatırım oranı (KYO) yöntemi: KYO, bir projenin kazanımlarıyla ve artan yatırım maliyetleriyle arasındaki ilişkiyi belirleyen ekonomik performans ölçümüdür. Fayda-maliyet oranı yönteminin bir şeklidir. Hesaplamalarda hem asıl durum hem de alternatif için aynı baz zamanı, çalışma zamanı ve indirgeme zamanı kullanılmalıdır.

NK yöntemi kullanım amaçları:

1. Projenin ekonomik olarak etkinliğini belirlemek
2. Projeleri önceliklerine göre sıralamak

Proje alternatifi, eğer KYO değeri 1'den büyükse ekonomik olarak etkin kabul edilebilir. Bu durum kazançların artan yatırım maliyetlerinden büyük ve NK'larının da 0'dan büyük olmasıyla aynıdır.

KYO değeri hesaplayabilmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$KYO = \frac{\sum_{t=0}^N \dot{I}_t / (1+i)^t}{\sum_{t=0}^N M_{Yt} / (1+i)^t} \quad (3.5)$$

Bina-bağılantılı projeler için kullanılan aşağıdaki formül ise NK yöntemindeki gibi kapsamlı bir hesap gerektirmektedir.

$$KYO = \frac{K_E + K_S + K_{BO}}{M_{Yek} + M_{YEek} - M_{Hek}} \quad (3.6)$$

Ayarlanan iç geri dönüş oranı (AİGO) yöntemi: AİGO çalışma periodu boyunca projenin yatırım maliyetinin yıllık yüzdelik kazancının ölçülmesi yöntemidir. NK, KYO gibi maliyet etkinliğinin ölçülmesi için kullanılır.

AİGO yöntemi, YDMA’de kullanılan indirgeme oranına eşit olan yatırımcının kabul edilebilir minimum geri dönüş oranıyla karşılaştırılır. Eğer bu değer AİGO’dan küçükse proje ekonomik olarak etkin kabul edilir. AİGO değeri indirgeme oranına eşitse, projenin kazanımları maliyetlerine eşittir ve bu proje ekonomik olarak nötrdür. AİGO değerini hesaplayabilmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\frac{\sum_{t=0}^N I_t (1+s)^{N-t}}{(1+i)^N} - \sum_{t=0}^N \frac{M_{Yt}}{(1+s)^t} = 0 \quad (3.7)$$

Geri ödeme süresi yöntemi: İki tür geri ödeme süresi yöntemi vardır:

1. Paranın zaman değerini dikkate almayan geri ödeme süresi yöntemi- basit geri ödeme süresi yöntemi (BGS): Bu yöntemlerde, yatırım harcaması ile, yatırımdan çeşitli dönemlerde gelmesi beklenen karların farklı zaman süreleri içinde gerçekleşmesinin yarattığı değer farkları gözönünde bulundurulmaz [33].

Zaman faktörünün dikkate alınmadığı analizde, rasyonel davranan bir girişimcinin amacı kar maksimizasyonunu sağlamaktır . Basit geri ödeme süresi yöntemi bir projeye yapılacak ilk yatırım harcamalarının, projenin sağlayacağı net nakit akışları ile ne kadar bir süre içinde geri ödeneceğinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla bir projenin basit geri ödeme süresini bulmak mümkündür [23].

$$\sum_{t=0}^y G_t - C_t - M_Y = 0 \quad (3.8)$$

2. Paranın zaman değerini dikkate alan geri ödeme süresi yöntemi-güncelleştirilmiş geri ödeme süresi yöntemi (GGS): Paranın zaman değerini dikkate almayan geri ödeme süresi yöntemlerinde sadece yatırım tutarı dikkate alındığı halde, paranın zaman değerini dikkate alan geri ödeme süresi yönteminde, yatırım tutarı ve faizlerin kaç yıl sonra geri alınabileceği hesaplanmaktadır. Bu yöntemin basit geri ödeme süresi yönteminden farkı, paranın zaman içindeki değerini dikkate almasıdır. Aşağıdaki eşitlikte Y'nin minimum değerini veren çözüm güncelleştirilmiş geri ödeme süresini göstermektedir [23].

$$\sum_{t=0}^y \frac{G_t - C_t}{(1+i)^t} - M_Y = 0 \quad (3.9)$$

3.3.3. Yaşam dönemi maliyeti hesaplamalarında simülasyon programlarının kullanılması

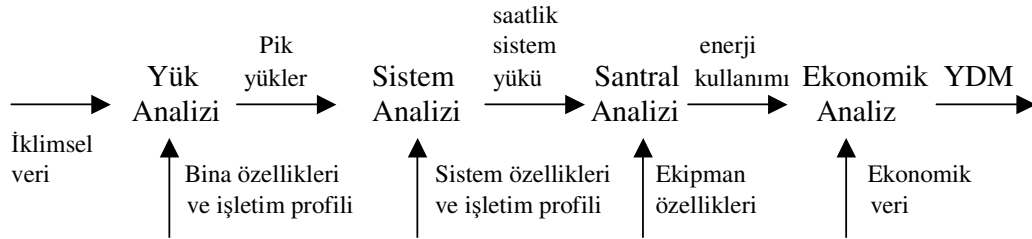
Binanın ekonomik değerlendirilmesinde kullanılan simülasyon programları günümüzde en çok kullanılan ve en esnek analiz yöntemleridir. Bu programlar, binaların tasarım aşamasında, yapının hızlı ve doğru bir modelinin yapılmasını sağlayan planlamaların ve maliyet analizlerinin yapılmasını, kullanım aşamasında tüketeceği enerjinin, işletme, bakım-onarım, yenileme maliyetlerinin hesaplanmasını, yapım aşamasında ortaya çıkacak firelerin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Binanın ekonomik değerlendirmesinde kullanılan simülasyon programları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır; [4]

1. Maliyet hesabı yapan simülasyon programları
2. Planlama ve maliyet kontrolü/analizi yapan simülasyon programları
3. Risk değerlendirmesi ve olasılık analizi yapan simülasyon programları
4. Finansal analiz yapan simülasyon programları
5. Çevresel etki analizi yapan simülasyon programları
6. YDM ve YDMA yapan simülasyon programları
7. Fireyi düşürmek için kullanılan simülasyon programları

Bu çalışmada ilk yatırım aşamasında maliyetleri yüksek olan çift kabuk cephe sistemlerinin yıllık ne kadar enerji harcaması yapacağı, bunun sonucunda yaşam dönemi maliyetinin ne olacağı ve ne kadar sürede bu sistemlerin kendi maliyetlerini amorti edebileceğinin (amortisman süresi) hesaplanması amaçlanmaktadır. Bu amaçla çalışmada bina simülasyon programlarında kullanılan sıralı yaklaşım modellenmesi kullanılacaktır.

Sıralı simülasyon yaklaşımında (Şekil 3.1.) tüm bir yıl için, her mekanın ısıtma ve soğutma yükleri öncelikle hesaplanmaktadır. Bunu, merkezi santral tarafından beslenecek ekipmanlardaki gerekli enerji akışının hesaplandığı, ikincil sistem simülasyonu izlemektedir. Daha sonra kaynak enerji gerekliliklerini belirlemeye yönelik olarak, merkezi santral simüle edilmektedir. Ardından gerçekleştirilen hesaplamalarla da, kaynak enerjinin maliyeti ve YDM analizi gerçekleştirilir. Her bir aşamadaki çıktı, bir sonraki aşamanın yürütülmesi için girdi verisi oluşturmaktadır. Kullanıcı yoğunluğu ve iklimsel koşullardaki değişimleri göz önünde bulundurmaya yönelik olarak, hesaplamalar saatlik bazda yürütülmektedir [34].



Şekil 3.1. Sıralı simülasyon yaklaşımı [34]

Sıralı simülasyon yaklaşımında analiz için gerekli olan yıllık ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesi için MIT Design Advisor programı kullanılacaktır (Bkz.EK-1). Mevcut enerji simülasyon programları içerisinde çift kabuk cepheler için enerji hesaplamaları yapabilen tek program olduğu için tercih edilmiştir. Buradan elde edilen verilerle enerji maliyetleri ve YDM analizi gerçekleştirilir. Bu analiz için BLCC simülasyon programı kullanılacaktır. Kullanılacak programın seçilmesi için Çizelge 3.1'deki programların karşılaştırmasından yararlanılmıştır.

Çizelge 3.1. YDM ve YDMA yapan simülasyon programları karşılaştırılması [23]

Yazılımın adı	Uygulama alanı	Yazılımı geliştiren kuruluş	İşletim sistemi	Maliyet değerlendirme yöntemi	Diğer özellikleri
ECO-SYS	Çevresel etki analizi, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, kamu binaları	Sandia National Laboratories	Windows	Maliyet değerlendirmesi yapılmaz, sadece çevresel etki analizi yapılır	Kütüphanesinde analiz için 400 malzeme tanımlanmıştır
Life Cycle Costing Program- Version 2.0	Finansal analiz, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, özel amaçlı binalar	Specialty Steel Industry of the United States	DOS	Kullanıcı yatırım ve işletme maliyetlerini, süre ve oranları girer program YDM hesaplar	Hassas analiz yapabilir ve nakit akışının bugünkü değerini hesaplayabilir
TEAM	Finansal analiz, çevresel etki analizi, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, özel amaçlı binalar	Ecobalance,Inc.	Windows	Tüm maliyetleri kullanıcı girer	YDM ve YDA yapar
BLCC	Finansal analiz, fire hesabı, çevresel etki analizi, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, maliyet analizi, kamu binaları, özel sektör binaları	The National Institute of Standards and Technology	DOS	YDM, enerji maliyetleri ve emisyon azaltımını içeren karşılaştırmalı analiz sonuçları rapor halinde elde edilir	enerji maliyetlerinin ne kadar sürede amorti edileceğini hesaplar, seçenekler arasında karşılaştırma yapar
ASEAM	Finansal analiz, fire hesabı, alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, kamu binaları	U.S. Department of Energy	Windows	Maliyetleri kullanıcı girer, YDM'ni hesaplamak için BLCC ile uyuşabilir	Binanın yıllık ve aylık enerji ihtiyaçlarını hesaplar ve enerji korunumu seçeneklerini değerlendirir
EE Energy/Environmental Life-Cycle Assessments	alternatif ürünlerin ve yöntemlerin karşılaştırılması, çevresel etki analizi, genel yol gösterici olarak kullanılır	Pacific Northwest Laboratory and National Renewable Energy Lab.	Windows	Maliyet değerlendirmesi yapılmaz sadece çevresel etki analizi yapılır	YDM yöntemiyle enerji sistemlerinin çevresel etki analizini hesaplar

4. ÇİFT KABUK CEPHELERİN EKONOMİK ETKİNLİĞİNİN YAŞAM DÖNEMİ MALİYETİ ANALİZİYLE İRDELENMESİNDE İZLENEN YÖNTEM

Bu bölümde çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan YDMA ile irdelenmesinde izlenen yol açıklanmaktadır.

4.1. Problemin Tanımlanması

YDMA sürecinin ilk aşamasında analizin yaklaşımının, neden gerekli olduğunun ve amaçlarının tanımlanması gereklidir. Hangi sistemin ya da malzemenin analiz edileceğinin belirlenmesinin yanında analiz süresinin de saptanması gereklidir. Analiz süresi; alternatifler arasındaki maliyet farklılıklarının tespit edilmesi ve böylelikle sonuçların uygun bir şekilde karşılaştırılması için gerekli olan zaman süresidir.

4.2. Zorunlulukların ve Genel Kabullerin Belirlenmesi

Zorunluluklar, amaçlara ulaşmada etkili olan ve doğrudan amaçlarla ilişkili olan sınır koşullardır. Cephe kabuğunun amaçlanan etkinliğine etki eden sınır koşulları; ilgili yasa, yönetmelik ve standartlardan yararlanılarak belirlenmektedir [1].

Amaçlar, gereksinimler ve zorunluluklar doğrultusunda enerji ve ekonomik etkinliklerle ilgili kabullerin yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte çift kabuk cam cepheyi oluşturan bileşenlerin kendisini oluşturan parça ve malzemelerle ilişkili olarak genel kabullerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Analizle ilgili kabullerin belirlenmesi için cephe kabuğunun enerji ve ekonomik etkinliğine etki eden etmenlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Cephenin enerji etkinliğine etki eden etmenler; dış ve iç etmenler olarak iki grupta incelenir.

1. Dış etmenler: Cephenin enerji etkinliğine etki eden dış etmenler dış iklim değişkenleri ve yapay çevre değişkenleridir.

a. Dış iklim değişkenleri: Hava sıcaklığı, hava nemliliği, rüzgar, ve güneş ışıınımı olarak incelenmektedir.

- Hava sıcaklığı

Kuru termometre sıcaklığı olarak ölçülen hava sıcaklığı, insan ile çevresi arasında taşınım (konveksiyon) yolu ile yapılan ısı alışverişi miktarını belirleyen en önemli değişkendir. Dış hava sıcaklıkları meteoroloji istasyonlarında kuru termometre ile birer saatlik aralıklarla ölçülmekte ve günün 7., 14. ve 21. saatlerindeki aylık ortalama değerleri meteoroloji bültenlerinde yayınlamaktadır [1, 23].

- Hava nemliliği

Hava içerisinde bulunan su buharı miktarı, havanın sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Hava sıcaklığı arttıkça taşıdığı nem miktarı da artmaktadır. Nemlilik; mutlak nem, gerçek buhar basıncı ve bağıl nem gibi kavramlarla ifade edilmektedir [40].

- Rüzgar

Rüzgar atmosferdeki sıcaklık ve basınç farklılaşmasından kaynaklanan bir dış etmendirdir. Rüzgarın bina yüzeyinde oluşturduğu basıncın büyüklüğü rüzgar hızına bağlıdır. Coğrafi konum, rakım, yön, mevsimsel farklar, zemin sürtünme etkisi, bina yüksekliği, bina boyutları ve topografya rüzgar hızını etkileyen faktörlerdir [36].

- Güneş ışıınımı

Yeryüzünü etkileyen güneş ışıınımı, kısa dalga güneş ışıınımı ve uzun dalga ısı ışıınım olmak üzere iki türdür. Kısa dalga ışıınım; güneşten kaynaklanan ve dalga boyu 0.3 μm ile 3 μm arasında değişen ışıındır. Sıcaklığı çevre sıcaklığına yakın olan ısı

kaynaklarından kaynaklanan uzun dalga ışıınım ise, dalga boyu 3 μm den daha büyük olan ışıınımdır [37].

Güneş ışıınımı; kışın cephe yüzeyinde oluşturduğu sıcaklık artışı ile ısı kazancına, yazın soğutma için gereken enerjinin artmasına neden olduğundan, cepheden kaynaklanan ısıtma ve soğutma yüklerinin kontrolünde dikkate alınması gereken önemli etmenlerden birisidir [1].

b. Yapay çevre değişkenleri

Yılın belirli dönemlerinde, hacim içerisinde iklimsel konforun gerçekleştirilmesi için ek yapay enerji sistemlerine gereksinme duyulmaktadır. Enerji korunumu açısından bu sistemlerin yükünün en aza indirilmesi, dış iklimsel etkenlerin etkilerini iç çevreye aktarmada rol oynayan ve dolayısıyla iç çevrenin iklimsel koşullarını belirleyen, yapısal etkenlerin, diğer bir deyişle yapay çevre değişkenlerinin optimum değerlere sahip olacak şekilde belirlenmiş olmaları ile olanaklıdır. Hacim içerisinde, gerek iklimsel konfor ve gerekse iklimsel konforu sağlamak için harcanacak yapay enerji miktarını belirlemede etkili olan hacim düzeyindeki yapay çevre değişkenleri; binanın yeri, diğer binalara göre konumu, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, yönlendiriliş durumu, binanın boyutları ve biçimi olarak sıralanmaktadır [17].

▪ Binaın yeri

Isı kayıp ve kazançlarına, diğer bir deyişle ısıtma ve soğutma yüklerine ait değişimlerin hesaplanmasında ve uygun bina kabuğunun önerilmesinde kullanılmak üzere, binanın bulunduğu yörede geçerli olan iklimsel koşulların yanı sıra, binanın yer aldığı arazinin eğimi, konumu ve yönü gibi değişkenler belirlenmelidir. Bu değişkenlere ait uygun değerler, yörelerde geçerli olan iklimsel koşullar ve insanın iklimsel ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlenirler ve yerleşmeler için uygun olan bölgeleri tanımlarlar [38, 39].

- Binanın diğer binalara göre konumu

Isı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere, hacmin dış cephesinin ne kadar direkt güneş ışınlamı aldığını belirlemek amacıyla, ele alınan binanın diğer binalara göre nasıl konumlandırıldığı belirlenmelidir [38].

- Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

Bina kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ışınlamı etkileriyle, kazanılan ve yitirilen ısı miktarının belirleyicileridir. Bina kabuğunun bu özellikleri, kabuğun toplam enerji tüketiminin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Özellikle cam cephelerde, ısı kayıp ve kazançlarının önemli bir bölümü kullanılan camın özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, cephede kullanılacak camın seçimi, enerji etkinliğe dikkate alınması gereken önemli bir konudur [1].

- Binanın yönlendiriliş durumu

Güneş ışınlamından kazanılan ısı miktarı yönere göre farklılık gösterdiğinden, ısı geçişi hesaplarında kullanılmak üzere, binanın yönlendiriliş durumunun belirlenmesi gerekmektedir.

- Binanın boyutları ve biçimi

Bina kabuğundan geçen ısı miktarını hesaplayabilmek amacıyla, binayı çevreleyen elemanların ve dolayısıyla kabuk elemanının yüzey alanını belirleyen, hacmin yatay ve dikey doğrultudaki boyutları ve bunun bir fonksiyonu olan binanın biçim faktörü belirlenmelidir. Binanın boyutu ve biçimi, kabuğun toplam dış yüzey alanının ve buna bağlı olarak da enerji kazanç ve kayıplarının değişmesine neden olmaktadır [1, 38].

1. İç etmenler: İç iklim konforunun sağlanmasında etkili olan iç etmenler; iç hava sıcaklığı, iç hava nemliliği, hava hareketi ve ortalama ışımsal sıcaklık olarak sıralanmaktadır.

Cephenin ekonomik etkinliğine etki eden etmenler; cephenin tasarım, yapım ve kullanım sürecindeki maliyetine ilişkin tüm etmenlerdir. Cephenin bu süreçlerdeki maliyetlerini oluşturan işlemlerin neler olduğu belirlenmelidir. Bir binanın tasarım sürecindeki maliyetine ilişkin işlemler; tasarlama öncesi işlemler, tasar özeti, yapılabirlik etütleri, tasarlama işlemleridir. Yapım sürecindeki işlemleri; inşaat işlemleri oluşturmaktadır. Kullanım sürecindeki maliyetine ilişkin işlemler ise; iç konfor koşullarının sağlanmasına ilişkin işlemler (ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb.), kullanım amacına ilişkin eylemler (elektrik, su, doğal gaz tüketimi vb.) ve işletme, bakım-onarıma ilişkin işlemler olarak sıralanmaktadır [40]

4.3. Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi

Herhangibir YDMA'nin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için en kritik aşama uygun seçeneklerin belirlenmesidir. Bina tipleri, sistemleri ve bileşenleri için tanımlanacak ve analiz edilecek çok sayıda alternatif bulunduğu düşünülürse uygun olanın seçilmesinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Cephe kabuğunun ekonomik etkinliğine etki eden etmenler doğrultusunda belirlenen seçim öğeleri çerçevesinde seçeneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Kabuğun ekonomik etkinliği, kendisini oluşturan değişkenlerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, kabuk değişkenlerinin belirlenmesi, olabilecek tüm seçeneklerin geliştirilmesinde önem taşımaktadır [1].

4.4. Seçeneklerin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesi ve Enerji

Maliyetlerinin Hesaplanması

Isıtma yükü, binanın zonlarında kış mevsimi koşullarında istenen konfor sıcaklığının sağlanabilmesi için, zonlarda oluşabilecek pik saatlik ısıtma yükleri dikkate alınarak hesaplanan yüklerdir. Soğutma yükü ise, binanın zonlarında yaz mevsimi koşullarında istenen konfor sıcaklığının sağlanabilmesi için, zonlarda oluşabilecek pik saatlik soğutma yükleri dikkate alınarak hesaplanan yüklerdir [41].

Bu çalışma kapsamında oluşturulan modelin ısıtma ve soğutma yüklerinin hesabı *MIT Design Advisor* simülasyon programı kullanılarak yapılacaktır.

Yıllık enerji harcamaları kapsamında yer alan ısıtma enerjisi maliyetleri, ısıtma sisteminin gösterdiği performans sonucu, ısıtma süresi boyunca tükettiği yakıt miktarına, soğutma enerjisi maliyetleri ise soğutma sisteminin gösterdiği performans sonucu, soğutma süresi boyunca tükettiği elektrik enerjisi miktarına bağlıdır. Bu nedenle, ısıtma ve soğutma enerjisi maliyetlerinin toplamı yıllık enerji harcamalarını vermektedir [21].

Isıtma ve soğutma süresi, ısınma veya serinleme ihtiyaçlarının pasif yollarla karşılanamadığı ve yapay ısıtma veya soğutma sistemlerine başvurulmuş dönemlerdir. Isıtma süresine bağlı olarak yıllık tüketilen yakıt miktarı aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır [42].

$$m = \frac{Q_h \cdot z \cdot Z}{2 \cdot H_u \cdot \eta_k} \quad (4.1)$$

Soğutmanın istendiği dönem süresine bağlı olarak günlük tüketilen elektrik enerjisi miktarı ise binanın günlük ısı kazancının üçte biri olarak hesaplanmaktadır. Bulunan bu değer yıl boyunca soğutma sisteminin çalışma süresi ile çarpıldığında yıllık tüketilen elektrik enerjisi hesaplanabilir [38].

Bu çalışmada, iç ısı kaynakları (insanlar, aydınlatma cihazları, elektrikle çalışan aletler) dikkate alınmamaktadır.

4.5. Eskalasyon ve İndirgeme Oranlarının Belirlenmesi

Ekonomik değerlendirme yapılması öngörülen süre içinde maliyetlerin her zaman dilimi içerisinde ne kadar artış göstereceğinin oran olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu oran çalışma hangi sektör için yapılıyorsa o sektöre ait özel koşullara bağlı olduğu gibi, enflasyona göre veya çeşitli istatistik ve tahmin kuruluşlarının yapmış olduğu çalışmalara göre de belirlenebilir [23].

4.6. Seçeneklerin YDMA'nin Yapılması ve Değerlendirilmesi

Amaçlanan analizin yapılması için araç olarak kullanılan YDMA'ne göre cephenin yapım ve kullanım süreçlerindeki toplam maliyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu durum, yaşam dönemi içindeki enerji maliyetlerinin, ilk yatırım maliyetlerinin ve bakım-onarım maliyetlerinin birlikte değerlendirilmesine imkan tanımaktadır.

▪ Yaşam dönemi içindeki enerji maliyetlerinin belirlenmesi: Seçeneklerin yaşam dönemi içindeki enerji maliyetlerinin belirlenmesi için; ısı kayıp ve kazançlarından kaynaklanan enerji tüketimi maliyetlerinin hesaplanması ve cephenin varsayılan yaşam dönemine bağlı olarak bugünkü değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, seçeneklerin enerji maliyetlerinin belirlenmesinde;

- Isıtma ve soğutma enerjisi tüketimleri
- Isıtma ve soğutma enerjisi birim maliyetleri

dikkate alınmakta ve hesaplarda aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır [1]:

$$M_I = E_{IT} \times M_{IB} \quad (4.2)$$

$$M_S = E_{ST} \times M_{SB} \quad (4.3)$$

- Seçeneklerin ilk yatırım maliyetlerinin belirlenmesi: YDM hesaplamalarında kullanılacak olan ilk yatırım maliyeti, bu çalışmada esas alınan çift kabuk cephelere ait ilk yatırım maliyetleri ile sınırlı olduğundan diğer elemanlara ait ilk yatırım maliyetleri sabit kabul edilmiştir. Seçeneklerin ilk yatırım maliyetleri, kabuğu oluşturan bileşenlerin m^2 analizlerinin yapılması ve m^2 başına işçilik + araç + malzeme maliyetlerinin belirlenmesi ile hesaplanabilir.

$$M_Y = \sum_{b=1}^t (A_b \times M_b) \quad (4.4)$$

- Seçeneklerin bakım–onarım maliyetlerinin belirlenmesi: Bina cephesini oluşturan bileşenlerin periyodik olarak onarılacağı veya yenileneceği, aynı şekilde binanın ömrü boyunca meydana gelebilecek değişimler sebebiyle yenilemeler geçireceği göz önünde bulundurularak maliyetlerin hesaplanması gerekmektedir.
- Seçeneklerin toplam yaşam dönemi maliyetlerinin (TYDM) belirlenmesi: Seçeneklerin TYDM’lerinin hesaplanması için ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi enerji maliyetleri ve yaşam dönemi bakım–onarım maliyetlerinin bugünkü değerlerinin toplanması gerekmektedir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$TYDM = M_Y + M_{YEB} + M_{YBOB} \quad (4.5)$$

4.7. YDM Değerlerinin Bugünkü Değerlerine Dönüştürülmesi

Hesaplanan ısıtma ve soğutma maliyetleri, yıllık ısı kayıp ve kazançlarına bağlı olarak belirlenen maliyetlerdir. Bunlar cephenin varsayılan yaşam dönemi boyunca ödenmesi gereken değerlerdir. Bu nedenle, gelecekte ödenmesi gereken enerji maliyetlerinin bugünkü değere dönüştürülmesini sağlayan iskonto oranını ve yaşam dönemini dikkate alan bugünkü değer faktörü (BDF) ile çarpılmaktadır [1].

$$M_{IB} = M_I \times BDF \quad (4.6)$$

$$M_{SB} = M_S \times BDF \quad (4.7)$$

$$BDF = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.8)$$

Ancak bu değerler ödemenin sadece bir kez yapıldığı durumlar için geçerlidir. Enerji maliyetleri her yıl düzenli olarak ödenmesi gereken değerler olduklarından toplam enerji maliyetlerinin bugünkü değerlerinin hesaplanması gerekir.

$$M_{YIB} = M_I \times \sum_{n=1}^t \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.9)$$

$$M_{YSB} = M_S \times \sum_{n=1}^t \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.10)$$

$$M_{TYB} = M_{YIB} + M_{YSB} \quad (4.11)$$

Bakım-onarım maliyetleri değerlerindeki, enerji maliyetlerinin belirlenmesinde izlenen adımlarda olduğu gibi bugünkü değerlere dönüştürülmeleri gerekir. Bu işlemler için aşağıdaki eşitlikler kullanılır:

$$M_{YTB} = M_T \times \sum_{n=1}^t \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.12)$$

$$M_{OB} = M_{O1} \times BDF + M_{O2} \times BDF + \dots + M_{OZ} \times BDF \quad (4.13)$$

$$M_{YBOB} = M_{YTB} + M_{OB} \quad (4.14)$$

4.8.Seçeneklerin YDM'lerinin Karşılaştırılması ve En Ekonomik YDM'ne Sahip Seçeneğin Belirlenmesi

Amaçlar, zorunluluklar, gereksinimler ve değişkenler doğrultusunda oluşturulan seçeneklerin, enerji analizleri ve yaşam dönemi maliyeti analizleri sonucunda elde

edilen değerlerden yararlanarak enerji tüketiimi en düşük ve toplam maliyeti minimum olan seçenek karşılaştırma sonucunda belirlenebilir.

Karşılaştırmalarda; enerji tüketimi ve YDM en fazla olan seçeneklerin hiç fayda sağlamayacakları varsayılarak etkinliklerinin sıfır olduğu kabul edilmektedir. Bu doğrultuda; diğer seçeneklerin en az etkin seçeneklere oranla ne kadar etkin oldukları belirlenerek etkinlik yüzdesi en fazla olan seçenek en faydalı seçenek olarak belirlenmektedir [1].

4.9. En Ekonomik YDM' ne Sahip Seçeneğin Uygunluğunun Kontrol Edilmesi

Çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesi için kurulan yöntemin uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bunun için örnek bir bina üzerinde uygulama çalışması yapılacaktır.

5. SEÇENEKLERİN UYGUNLUĞUNUN KONTROL EDİLMESİ

Bu bölümde, çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesi için kullanılan yöntemin uygunluğunun kontrol edilmesi için yapılacak olan uygulama çalışma açıklanmaktadır.

5.1. Problemin Tanımlanması

Çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesi için uygulanacak olan analiz yönteminin uygunluğunun kontrol edilmesi için İstanbul'da yapılacağı kabul edilen bir bina üzerinde uygulama yapılacaktır (Şekil 5.1). Bu çalışma binanın sadece güney cephesi için yapılacaktır. Bu analiz sistemin uygulanabilirliğini belirlemek için tek kabuk cephe alternatifiyle karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilecektir.

Uygulamada, çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliği cephede kullanılan camların tipine bağlı olarak değerlendirilecektir. Cephe seçeneklerinin uygunluğunun kontrol edilmesinde 4.bölümde açıklanan yöntem kullanılacaktır.

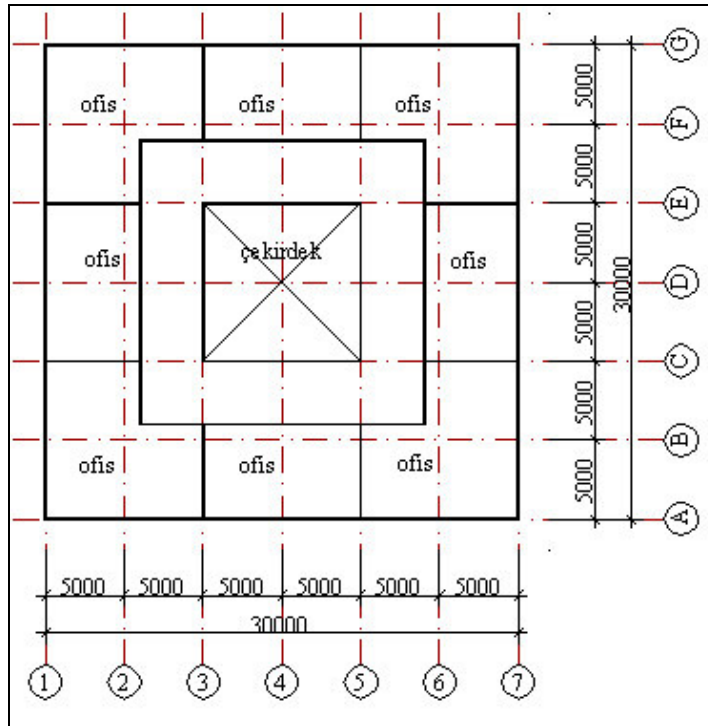
5.2. Zorunlulukların ve Genel Kabullerin Belirlenmesi

Cephe kabuğunun amaçlanan etkinliğine etki eden zorunlulukları; ilgili yasa, yönetmelik ve standartlardır. Ancak ülkemizde hem enerji hem de ekonomik etkin bir cephenin özellikleriyle ilgili şartname, standart ve yönetmelik bulunmamaktadır.

Yapılacak analiz için binaya ait bilgiler aşağıda verilmektedir:

Binanın tipi	: ofis binası
Kat adeti	: 20
Bina boyutları	: 30 m x 30 m
Kat yüksekliği	: 3.40 m
Güney cephesi alanı	: 20 kat x (30m x 3.40m)=2040m ²
Isıtma sistemi	: doğal gaz

Soğutma sistemi	: elektrik
Tek kabuk cephe alternatifi	: panel sistem
Tek kabuk cephe alternatifi	
havalandırma şekli	: mekanik havalandırma
Çift kabuk cephe alternatifi	: dış kabuk: transparan cephe, iç kabuk: panel sistem
Çift kabuk cephe alternatifi	
havalandırma şekli	: hibrid havalandırma
Çift kabuk cephe alternatifinin hava koridorunun bölümlendirilmesine göre tipi	: koridor tipi
Çift kabuk cephe alternatifinin hava akımının katmanlar arasında geçişine göre tipi	: harici hava perdeli



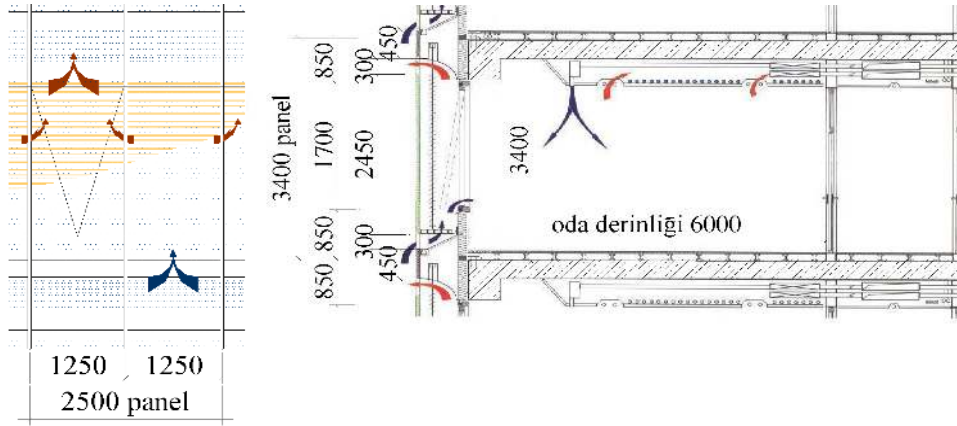
Şekil 5.1. Analizde kullanılacak olan ofis binasının şematik planı

Önerilen yaklaşım doğrultusunda analiz için belirlenen kabuller aşağıda açıklanmıştır.

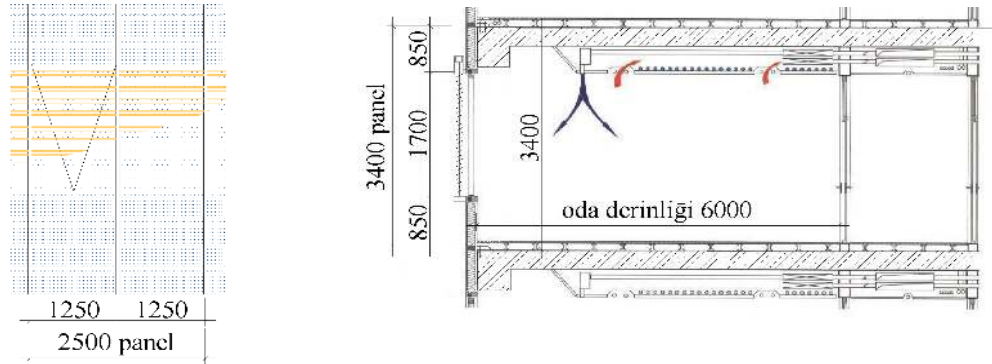
- Seçeneklerin YDMA'nin yapılması için *BLCC* simülasyon programı kullanılmıştır. Simülasyon programında kullanılan yapım maliyetine ait bilgilerde cephe uygulaması yapan Çuhadaroğlu alüminyum San. A.Ş'den alınan veriler ve kullanım maliyetlerine ait bilgiler için ise *MIT design advisor* simülasyon programından elde edilen enerji yükleri kullanılmıştır.
- Simülasyon için; bölüm 4.2.'de belirtilen yapay çevre değişkenlerinden bina kabuğunun özellikleri değişken olarak kabul edilmekte, diğerlerinin sabit olduğu düşünülmektedir. Sabit olarak kabul edilen yapay çevre değişkenleri aşağıda belirtilmiştir.

Binanın yeri	: İstanbul,Boylam:28:58Enlem:41:01
Binanın diğer binalara göre konumu	: Çevresindeki binaların uzakta olduğu varsayılmaktadır
Binanın yönlendiriliş durumu	: Kuzey yönü Şekil 5.1'de gösterilmiştir
Binanın boyutları ve biçimi	: 30m x 30m, kare

- MIT Design Advisor simülasyon programında İstanbul'la ilgili iklim verileri yer almadığından programı geliştiren kuruluşla (Cambridge Massachusetts Institute of Technology) iletişime geçilmiş, ancak İstanbul için henüz bir çalışmaları olmadığı bu nedenle en yakın iklim verilerine sahip olan Roma şehrinin verilerinin kullanılması önerisi getirilmiştir.
- Analizde kullanılacak olan güney cephesi için tek kabuk ve çift kabuk cephe alternatiflerinin kısmi kesitleri ve görünüşleri Şekil 5.2 ve Şekil 5.3.'teki gibidir.



Şekil 5.2. Analizde kullanılan çift kabuk cephe kısmi kesit ve görünüşü



Şekil 5.3. Analizde kullanılan tek kabuk cephe kısmi kesit ve görünüşü

- İç etmenlere ait değerler, simülasyon programında kabul edilen değerlerdir. ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air- Conditioning Engineers) tarafından kabul edilen değerler; iç hava sıcaklığı için konfor koşullarına uygun değer minimum 18°C, maksimum 26°C'dir.
- Mahallerdeki insan yoğunluğunun belirlenmesi için Çizelge 5.1.'deki TSE standartlarından elde edilen ofis binaları için kullanılan 0,07 kişi/m² değeri kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. TSE Standartlarında mahallerdeki insan yoğunlukları [43]

Mahal	kişi/m ² döşeme
Ofisler	0,07
Konferans salonları	0,5
Genel kurul salonları, tiyatrolar, amfiler, oditoryumlar	1,5
Çocuk yuvaları	0,5
Okullar	0,5

- Cephe sisteminin gerekliliklerine göre uygun alternatiflere karar verilmesi gerekmektedir. Çift kabuk cephe sistemleri ekonomik açıdan inceleneceğinden uygun alternatiflerin belirlenmesi için kendisini oluşturan bileşenlerin (Bakınız Bölüm 2.3.3.) ve kullanılan malzemelerin belirlenmesi gerekir. Çizelge 5.2’de bu çalışma kapsamında kullanılan çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler ve kullanılan malzemeler belirtilmektedir.

Çizelge 5.2. Çift kabuk cepheyi oluşturan bileşenler ve kullanılan malzemeler

		Cephe Bileşenleri						
		Saydam Bileşenler	Opak Bileşenler	Taşıyıcı Elemanlar	Tespit Bileşenleri	Havalandırma Boş.	Güneş Kontrol El.	Yürüme Yolu
Kullanılan Malzemeler	Berrak (clear)cam	x	x					
	Güneş kontrol camı	x						
	Düşük yayınlımlı cam(Low-E)	x						
	Alüminyum			x	x		x	
	Alüminyum levha		x					
	Paslanmaz çelik			x	x	x		x
	Galvaniz çelik levha		x		x	x		
	Cam yünü		x					
	Poliüzbütülen bant		x		x			
	Mastik+conta		x					

- Değerlendirmeler sırasında cephe bileşenlerini oluşturan değişkenlerin özelliklerinin belirtilmesi için Çizelge 5.3’de bir kodlama sistemi kullanılmıştır. Buna göre bileşen özellikleri; kabuk tipi, camlama tipi ve cam tipi olarak gruplanmıştır. Örn; İTÇ13 olarak kodlanan bir seçenek; dış kabuğu berrak (clear) cam kullanılan tek cam, iç kabuğu da düşük yayınlı cam kullanılan bir çift cam olan bir çift kabuk cepheyi tanımlamaktadır.

Çizelge 5.3. Bileşen özelliklerine bağlı seçeneklerinin kodlanması

Bileşen özellikleri	Değişkenler	Kodlar
Kabuk tipi	Tek kabuk	I
	Çift kabuk	II
Camlama tipi	Tek cam	T
	Çift cam	Ç
Cam tipi	Berrak(clear)cam	1
	Güneş kontrol camı	2
	Düşük yayınlı(Low-E)cam	3

- Tek kabuk ve çift kabuk cephe için kullanılan güneş kontrol elemanları 200 mm uzunlukta, 20 mm kalınlığında, 45° eğimle yerleştirilmiş, parlak alüminyumdan yapılmış elle kumanda edilen güneş kırıcılarıdır.
- Ara boşluk içerisinde yer alan ve aynı zamanda iki cepheyi birbirine bağlayan yürüme yolu galvanize çelik elemanlardan oluşmaktadır.
- Çift kabuk cephenin ara boşluğunun genişliğinin saptanması için, boşluğun farklı genişliklerde olması halinde cam kabuğun U ve SHGC değerlerindeki değişim ile güneş kontrol elemanının boşluk içerisindeki konumunun U ve SHGC değerlerine olan etkileri araştırılmıştır. Çizelge 5.4 ‘de dış kabuğu berrak tek cam iç kabuğu düşük yayınlı çift cam olan bir çift kabuk cephe için bu analizin sonuçları görülmektedir. Bu hesaplamalara dayanarak ara boşluk genişliğindeki değişimin U değeri üzerinde çok az bir değişikliğe neden olduğunu, SHGC değerini ise

etkilemediğini söylemek mümkündür [1]. Daha sonra *MIT Design Advisor* simülasyon programında farklı boşluk genişlikleri için değerlendirme yapılmış ve enerji yüklerinde farklılık görülmediği saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda çalışmada kullanılacak olan boşluk genişliği 600 mm olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 5.4. Boşluk genişliği ve güneş kontrol elemanı konumunun U ve SHGC değerine etkisi [1]

Boşluk Genişlik (mm)	Bileşenlerin Düzenlenmesi	Isı Geçirir Katsayısı (U) W/m ² K)	Güneş Isı Kazanç Katsayısı (SHGC)
300	Çift kabuk,dışta 6mm berrak (clear) cam, güneş kontrol elemanı yok,içte 6+12+6 düşük yayınlı cam	1,91	0,39
600		1,92	0,39
900		1,93	0,39
1200		1,93	0,39
1500		1,93	0,39
300	Çift kabuk,dışta 6mm berrak (clear) cam, güneş kontrol elemanı iç kabuğa yakın,içte 6+12+6 düşük yayınlı cam	1,85	0,16
600		1,85	0,16
900		1,86	0,16
1200		1,86	0,16
1500		1,86	0,16
300	Çift kabuk,dışta 6mm berrak (clear) cam, güneş kontrol elemanı dış kabuğa yakın,içte 6+12+6 düşük yayınlı cam	1,85	0,14
600		1,85	0,14
900		1,86	0,14
1200		1,86	0,14
1500		1,86	0,14

- Tek kabuk cephede ve çift kabuk cephenin iç kabuğunda kullanılan parapet paneller dıştan içe doğru; tek cam, taşıyıcı, galvanize çelik levha (kat döşemesine gelen yerlerde) ve alçı panel (mekan boşluğuna gelen yerlerde) kullanılmaktadır.
- Yangın çıkması halinde duman ve alev diğer katlara geçişini engellemek için kat döşemesi aralarında yangın ve duman bariyeri olarak 1 mm galvanize çelik levha kullanılmıştır.
- Bu çalışmada bakım maliyetleri çok farklı veri elde edilmesi nedeniyle hesaba katılmamıştır. Cephe sistemi için kullanılan panel sistemlerin herhangi bir bileşenin onarımı için tüm panelin çıkarılması ve parçanın değiştirilmesi zorluğu olduğundan onarıma yönelik veriler cephe firmalarından elde edilememiştir.

5.3. Kabuk Seçeneklerinin Belirlenmesi

Cephe kabuğunun ekonomik etkinliğine etki eden etmenler doğrultusunda belirlenen seçim öğeleri çerçevesinde seçeneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Kabuğun ekonomik etkinliği, kendisini oluşturan değişkenlerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, kabuk değişkenlerinin belirlenmesi, olabilecek tüm seçeneklerin geliştirilmesinde önem taşımaktadır [1].

Kabuk değişkenleri için yapılan kabullere ve seçilen bileşen özelliklerine göre tek ve çift kabuk seçenekleri belirlenmiştir. Çizelge 5.5’de YDMA yapılacak olan kabuk seçenekleri görülmektedir.

Çizelge 5.5.Tek ve çift kabuk cephe seçenekleri

No	Kod	Dış cam kabuk	İç cam kabuk
1	IÇ1	Yok	Çift cam/Berrak(clear) cam
2	IÇ2	Yok	Çift cam/Güneş kontrol camı
3	IÇ3	Yok	Çift cam/düşük yay.(Low-E)cam
4	IITÇ11	Tek cam/Berrak (clear) cam	Çift cam/Berrak(clear) cam
5	IITÇ12	Tek cam/Berrak (clear) cam	Çift cam/Güneş kontrol camı
6	IITÇ13	Tek cam/Berrak (clear) cam	Çift cam/düşük yay.(Low-E)cam

Seçeneklerle ilgili bileşenlerin belirlenmesinde enerji yük analizleri için kullanılan *MIT Design Advisor* programından dolayı sınırlamalar olmuştur. Bunlar;

- Oluşturulan seçeneklerde programın belirlediği cam tiplerinin (berrak (clear) cam, güneş kontrol camı ve düşük yayınlı cam) kullanılması,
- Dış kabukta berrak (clear) tek camın, iç kabukta çift camın kullanılması,

- Çift kabuk cephe alternatiflerinde her zaman güneş kontrol elemanının kullanılması (karşılaştırma yapılamayacağından tek kabuk cephe alternatiflerinde de güneş kontrol elemanı kullanılmıştır)

5.4. Seçeneklerin Isıtma ve Soğutma Yüklerinin Belirlenmesi ve Enerji Maliyetlerinin Hesaplanması

Seçeneklerin yaşam dönemi enerji maliyetleri hesaplamaları eşitlik 4.2, 4.3, 4.5 ' den yararlanılarak yapılır. Isı kayıp ve kazançları enerji yüklerinin hesaplanmasında kullanılan *MIT design advisor* simülasyon programıyla belirlenmiştir (Çizelge 5.6). Burada elde edilen veriler BLCC simülasyon programında kullanılmıştır. Hesaplarda kullanılan enerji yükleri, yakıt türleri, enerji birim maliyetleri ve yaşam dönemi verileri aşağıdaki gibidir.

Enerji yükleri	: Simülasyon sonucunda belirlenen yıllık enerji yükleri
Yakıt türü	: Doğal gaz ve elektrik
Doğal gaz birim fiyatı	: 0,3786425 YTL / m ³ =0,035585 YTL / kWh =0,0483956 USD/ kWh : (İGDAŞ 2005 yılı aylık doğal gaz fiyatları ortalaması)
Elektrik enerjisi fiyatı	: 151.910 TL / kWh=0,151910 YTL / kWh =0,2065976USD/kWh : (TEDAŞ 2005 yılı aylık elektrik enerjisi fiyatlarının ortalama değeri)
Hesaplanacak yaşam döneminin süresi	: 15 yıl

Çizelge 5.6. Seçeneklerin simülasyon sonucunda elde edilen enerji yükleri

No	Kod	Isıtma enerjisi yükü (KWh/m ²)	Soğutma enerjisi yükü (KWh/m ²)	Toplam enerji yükü (KWh/m ²)
1	IÇ1	7,2	78,2	85,4
2	IÇ2	26,6	51,6	78,2
3	IÇ3	9,3	62,9	72,2
4	IITÇ11	8,6	23,2	31,8
5	IITÇ12	17,5	17,9	35,4
6	IITÇ13	11,6	19,6	31,2

5.5. Eskalasyon ve İndirgeme Oranlarının Belirlenmesi

YDM'nin hesaplanmasında kullanılmak üzere, eskalasyon oranı olarak, Amerikan Enerji Bakanlığının, gelecek 20 sene içinde, dünya petrol fiyatlarında meydana gelebilecek tahmini ortalama geometrik artış oranı olan %1.12'lik değer kabul edilmiştir. İndirgeme oranı ise ülke ve proje riskleri gözönünde bulundurularak, Uluslararası Finans Birliği'nin (IFC) Türkiye'deki projelere uyguladığı indirgeme oranı olan %15 esas alınmıştır [1].

5.6. Seçeneklerin YDMA'nin Yapılması ve Değerlendirilmesi

Seçeneklerin ekonomik etkinliğinin analizinde seçeneklerin ilk yatırım ve yaşam dönemi maliyetleri belirlenmelidir. Bu çalışmada daha öncede belirtildiği gibi yeterli veri elde edilememesi nedeniyle bakım-onarım ve yenileme maliyetleri hesaba katılmamıştır.

İlk yatırım maliyetlerinin hesaplanması

İlk yatırım maliyetleri hesaplamaları için, cam cephe uygulaması yapan Çuhadaroglu Alü. San. A.Ş. firmasından cephe bileşenleri için alınan USD birim maliyet değerleri

kullanılmıştır. Bu maliyetlerde işçilik + malzeme + araç dahildir. Alınan maliyet değerleriyle oluşturulan ve bina cephesine ait bileşenlerin farklı cam türleriyle oluşturulan seçeneklerinin birim maliyetleri Çizelge 5.7 'de görülmektedir.

Çizelge 5.7. Seçeneklerin birim maliyetleri

Açıklama	Birim	Metraj	Birim Fiyat (USD)
Panel cephe teşkili (cam panel ve opak panel dahil)	m ²	2040	210
Panel cephe içi açılır doğrama teşkili	m ²	1020	189
Çelik takviyeli transparan cephe teşkili	m ²	2040	200
Güneş kontrol elemanı (tek kabuk)	m ²	1400	120
Güneş kontrol elemanı (çift kabuk)	m ²	2040	120
Galvanize çelik yürüme yolu	m ²	360	130
Berrak (clear) cam (6mm)	m ²	1468	13
Berrak (clear) cam (6mm)-spandrel	m ²	1020	13
Berrak (clear) cam (6 + 12 + 6 mm)	m ²	1020	26

Toplam yaşam dönemi maliyetleri

TYDM'nin hesaplanması için simülasyon programında eşitlik 4.5 kullanılmıştır. Simülasyon programları sonucunda elde edilen değerlere ilişkin veriler çizelge 5.8'de yer almaktadır. Bu değerler yardımıyla ekonomik açıdan etkin olan seçenek belirlenebilmektedir.

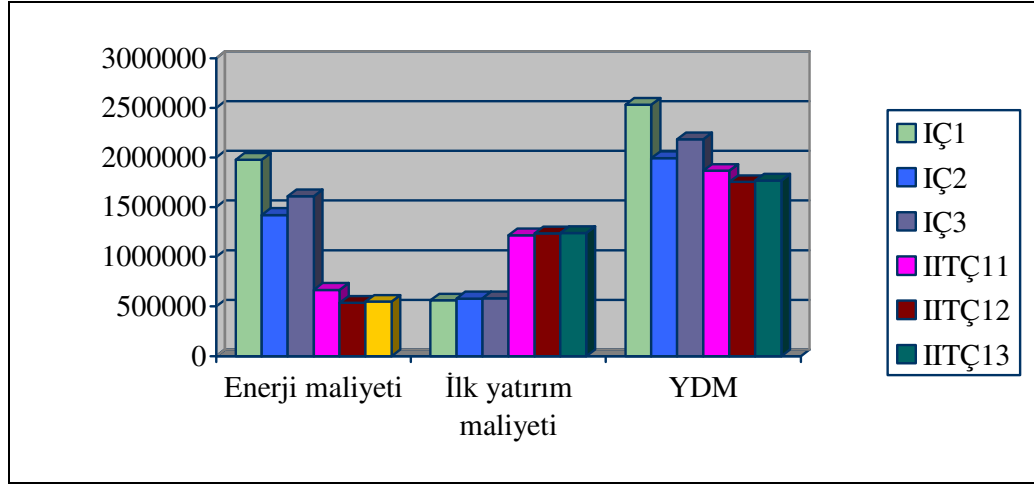
5.7. Seçeneklerin YDM'lerinin Karşılaştırılması ve En Ekonomik YDM'ne

Sahip Seçeneğin Belirlenmesi

Çizelge 5.6'dan yararlanarak elde edilen sonuçlar şöyledir;

- Enerji tüketimi açısından en etkin seçenek IITÇ12'dir ve en fazla enerji tüketen seçenek ise IÇ1 seçeneğidir (Şekil 5.4). IITÇ12 seçeneği yıllık 35,4 kWh/m² ısıtma ve soğutma enerjisi tüketimiyle IÇ1 seçeneğine göre yıllık 50 kWh/m² enerji kazancı sağlamaktadır (Bkz. Çizelge 5.6). Yaşam dönemi enerji maliyeti açısından da 15

yıllık yaşam dönemi sürecinde 1 441 759 USD’lık enerji kazancı sağlamaktadır (Çizelge 5.8).



Şekil 5.4. Seçeneklerin yaşam dönemi enerji tüketimi, ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi maliyetleri karşılaştırması

- YDM açısından en etkin seçenek IITÇ12’dir ve YDM en fazla olan seçenek IÇ1 seçeneğidir (Şekil 5.4). IITÇ12 seçeneği IÇ1 seçeneğine göre 777 409 USD’lık kazanç sağlamaktadır (Çizelge 5.8).
- Enerji tüketimi açısından çift kabuk cepheler tek kabuk cephelere göre daha etkindir. Dolayısıyla yaşam dönemi enerji tüketim maliyetleri ve TYDM’leri daha düşüktür.
- Her iki cephe tipinde de güneş kontrol camı kullanılan cepheler (IÇ2, IITÇ12) enerji etkinlik açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni bu tip camların güneşi yansıtma özelliğinin olması ve bunun sonucunda uygulandıkları cephelerdeki soğutma yüklerinin daha düşük olmasıdır.

Çizelge 5.8. Seçeneklerin yaşam dönemi enerji tüketimi, ilk yatırım maliyetleri, yaşam dönemi maliyetleri ve hurda değerleri

No	Kod	Yaşam Dönemi Enerji Tüketim Maliyeti (USD)	İlk Yatırım Maliyeti (USD)	Hurda Değeri (USD)	Yaşam Dönemi Maliyeti (USD)
1	IÇ1	1 979 522	561 676	9 114	2 532 085
2	IÇ2	1 422 856	580 588	9 421	1 994 023
3	IÇ3	1 610 961	583 289	9 464	2 184 786
4	IITÇ11	668 420	1 218 073	19 764	1 866 729
5	IITÇ12	537 763	1 236 984	20 071	1 754 676
6	IITÇ13	548 454	1 239 686	20 115	1 768 025

- Her iki cephe tipinde de berrak (clear) cam kullanılan cepheler enerji etkinlik açısından daha az etkindirler (Çizelge 5.8).

5.7.1. Seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması

Eğer iki veya daha fazla seçeneğin YDM hesaplamaları doğru yapılmışsa NK, KYO ve AİGO yöntemlerinin uygulanmasında elde edilen sonuçlarla tutarlı olması gerekmektedir.

Simülasyon programı asıl durum ve belirlenen alternatifin karşılaştırmasını yapmaktadır. İlk yatırım maliyeti düşük olan seçenek otomatik olarak asıl durum olarak seçilir. Bu nedenle burada daha düşük yatırım maliyetine sahip olan tek kabuk cephelerle çift kabuk cephe alternatiflerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Çizelge 5.9.'da seçeneklerin YDMA 'ni tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları verilmiştir (Bkz. EK-4).

Bu çizelgeye göre, örneğin IÇ1 ve IITÇ11 karşılaştırmasında, IITÇ11 IÇ1 seçeneğine göre 665 356 USD’lık net kazanç sağlamakta, kazanç-yatırım oranı 1’den büyük olduğu için (KYO = 2,01) ve aynı zamanda iç geri dönüş oranı (AİGO = 20,49) indirgeme oranından (indirgeme oranı = % 15) büyük olduğu için ekonomik olarak etkindir. Paranın zaman değerini dikkate almayan basit geri ödeme süresine (BGS) göre IITÇ11 seçeneği 3 yıl içerisinde IÇ1 seçeneğinin yatırım maliyetini amorti edebilecektir. Paranın zaman değerini dikkate alan ve faizlerin kaç yıl içerisinde geri alınabileceğini hesaplayan güncelleştirilmiş geri ödeme süresine (GGS) göre 4 yıl içerisinde yatırım maliyetlerini amorti edebilecektir.

Çizelge 5.9. Seçeneklerin YDMA’ni tamamlayıcı ekonomik değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması

Asıl durum	Alternatif	NK (USD)	KYO	AİGO (%)	BGS (YIL)	GGS (YIL)
IÇ1	IITÇ11	665 356	2,01	20,49	3	4
	IITÇ12	777 409	2,15	21,03	3	4
	IITÇ13	764 060	2,13	20,93	3	4
IÇ2	IITÇ11	127 294	1,20	16,40	5	9
	IITÇ12	239 347	1,36	17,41	4	8
	IITÇ13	225 998	1,34	17,28	4	8
IÇ3	IITÇ11	318 057	1,50	18,16	4	6
	IITÇ12	430 110	1,66	18,94	3	6
	IITÇ13	416 761	1,63	18,83	4	6

6.SONUÇ

Ülkemizde ve dünyada yeni yapı malzemeleri ve yeni yapım teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte yüksek binalarda uygulanmakta olan cam cephelerin sayısı artmaktadır. Diğer cephe sistemlerine göre görsel olarak daha hafif, estetik, hızlı yapılır olması ve yeniden kullanılabilen malzemeler kullanılması nedeniyle tercih edilmektedirler. Bununla birlikte binanın ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerine ek maliyetler getirmekte ve kullanıcı konforu açısından hasta bina sendromuna neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları çözümlmek için geliştirilen çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada cephe kabuğuna etki eden etmenlere, kullanıcı gereksinimlerine ve cepheden beklenen performans özelliklerine bağlı olarak oluşturulan cephe seçenekleri arasında İstanbul'da yapılacağı varsayılan bir ofis binasının üzerinde inceleme yapılmış ve önerilen yaklaşımın kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu uygulama çalışmasında ekonomik değerlendirme yöntemi olarak yaşam dönemi maliyeti analiz yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanması için BLCC (Building Life Cycle Costing) simülasyon programından yararlanılmıştır. BLCC için gerekli olan enerji yüklerinin hesaplanabilmesi için *MIT Design Advisor* simülasyon programı kullanılmıştır. Bu programın diğer enerji performans değerlendirme programlarından daha az karmaşık olması, çabuk çözüm vermesi ve çift kabuk cephelerin performans değerlendirmesine olanak sağlamasından dolayı tercih edilmiştir. Bu uygulama sonucunda elde edilen verilerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Enerji tüketimi açısından en etkin seçeneğin iç kabuğu güneş kontrol cam, dış kabuğu berrak (clear) tek camdan oluşan çift kabuk cephe (IITÇ12) seçeneği olduğu ve en fazla enerji tüketen seçeneğin berrak (clear) camlı tek kabuk cephe (İÇ1) seçeneği olduğu sonucuna varılmıştır (Bkz. Şekil 5.4). Bunun sonucunda iç kabuğu güneş kontrol cam, dış kabuğu berrak (clear) tek camdan oluşan çift kabuk cephe

(IITÇ12) seçeneğinin $35,4 \text{ kWh/m}^2$ enerji tüketimiyle diğer seçeneğe göre yıllık 50 kWh/m^2 enerji kazancı sağladığı saptanmıştır (Bkz. Çizelge 5.6).

- Yaşam dönemi maliyeti açısından en etkin seçenek iç kabuğu güneş kontrol cam, dış kabuğu berrak (clear) tek camdan oluşan çift kabuk cephe (IITÇ12) seçeneğidir (Bkz. Şekil 5.4). Bu seçenek yaşam dönemi maliyeti en fazla olan berrak (clear) tek camdan oluşan tek kabuk cephe (IÇ1) seçeneğine göre 777 409 USD'lik kazanç sağlamaktadır (Bkz. Çizelge 5.8).
- Enerji tüketimi açısından çift kabuk cephelerin tek kabuk cephelere göre daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla yaşam dönemi enerji tüketim maliyetleri ve toplam yaşam dönemi maliyetleri daha düşüktür (Bkz. Şekil 5.4).
- Her iki cephe tipinde de güneş kontrol camların kullanıldığı cepheler enerji etkinlik açısından berrak cam ve düşük yayımlı cam kullanılan cephelere göre daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Her iki cephe tipinde de berrak (clear) cam kullanılan cepheler enerji etkinlik açısından güneş kontrol camı ve düşük yayımlı cam kullanılan cephelere göre daha az etkindirler.
- Çift kabuk cephe seçenekleri arasında enerji maliyeti ve yaşam dönemi maliyeti açısından en etkin seçenek, iç kabuğu güneş kontrol cam, dış kabuğu berrak (clear) tek camdan oluşan çift kabuk cephe (IITÇ12) seçeneği, en fazla enerji tüketen ve en fazla yaşam dönemi maliyetine sahip seçenek iç kabuğu ve dış kabuğu berrak (clear) cam olan (IITÇ11) seçeneğidir (Bkz. Çizelge 5.8 ve Şekil 5.4).
- Tek kabuk cephe seçenekleri arasında enerji maliyeti ve yaşam dönemi maliyeti açısından en etkin seçenek, güneş kontrol camlı tek kabuk cephe seçeneği (IÇ2), en fazla enerji tüketen ve en fazla yaşam dönemi maliyetine sahip seçenek, berrak (clear) cam oluşan (IÇ1) seçeneğidir. (Bkz. Çizelge 5.8 ve Şekil 5.4).

- Çift kabuk cephelerin tek kabuk cephelerle enerji yükleri açısından karşılaştırıldığında soğutma maliyetleri açısından daha fazla etkinlik sağladığı sonucuna varılmıştır (Bkz. Çizelge 5.6). Bunun nedeni, çift kabuk cephelerde mekanik havalandırmayla birlikte doğal havalandırmanında kullanılması ve bunun sonucunda soğutma için harcanan maliyetlerin azalmasıdır.
- Yukarıda açıklanan sonuçlara dayanarak çift kabuk cephelerin ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesini amaçlayan bu çalışma sonucunda yapılması önerilen çalışmalar aşağıda şu şekilde sıralanmaktadır:
- Çift kabuk cephe sistemleri özellikle enerji maliyetleri yüksek olan kuzey ülkelerinde ve kuzey avrupa da tercih edilen bir cephe kabuk sistemidir. Bundan sonraki çalışmalarda ılıman iklim kuşağında ya da sıcak iklim kuşağında bulunan ülkeler için de uygun bir sistem olup olmadığı araştırılabilir ve bu araştırma karşılaştırmalı olarak yapılabilir.
- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu çalışmada kullanılan değişkenlerden farklı değişkenler kullanılarak (örn; güneş koruyucu elemanları için farklı malzemeler, farklı cam türleri v.b.) tek kabuk ve çift kabuk cephe sistemleri için farklı karşılaştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Çetiner, İ., “Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, Doktora Tezi, **İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 6-8, 57-58 (2002).
2. Wigginton, M., Harris, J., “The Intelligent Skin”, **Architectural Press**, New York, 27 (2002).
3. Internet: Battle Mccarthy, <http://www.battlemccarthy.com> (2006).
4. Sharma, A., Weitz, K., “Incorporating Environmental Costs and Considerations into Decision- Making: Review of Available Tools and Software, A Guide for Business and Federal Facility Managers”, **Center for Economics Research Triangle Institute**, Nort Carolina, 58-60 (1995).
5. Compagno, A., “Intelligent Glass Façades”, **Birkhäuser Publishers**, Basel-Berlin-Boston, 93-118 (1996).
6. Essiz, Ö., “Intelligent Glass Facades of Contemporary Building”, **Glass Processing Days**, İstanbul, 170-174 (2001).
7. Eşsiz, Ö., Özden, A., “Büro Yapılarında Enerji Tüketimini Azaltan Çift Kabuklu Cam Cephe Sistemleri”, **Yapı Dergisi**, 276: 97-103 (2004).
8. Loncour, X., Deneyer, A., Blasco, M., Flamant, G., Wouters, P., “Ventilated Double Facades, Classification and Illustration of Facade Concept”, **Belgium Building Research Institute, Department of Building Physics, Indoor Climate and Building Services**, Brussels, 9-14 (2004).
9. Evans, M., “Through the Glass Cylinder”, **The Architects’ Journal**, 205:12, 45 (1997).
10. Compagno, A., “Intelligent Glass Facades: Material-Practice-Design”, **Birkhauser Verlag**, Berlin, 90 (1996).
11. Oesterle, Lieb, Lutz, Heusler, “Double-Skin Facades, Integrated Planning”, **Prestel Verlag**, Munich- London- New York, 16-25, 178-187 (2001).
12. Eşsiz, Ö., “İleri Teknoloji Yapılarının Alt Sistemlerinin Bütünleştirilmesi”, Doktora Tezi, **MSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 55-57 (2001).
13. Akyürek Y., Mağgönül G., Pekışık G., “Cam Yapı Elemanları”, **Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş. Teknik hizmetler Müdürlüğü-Şişecam**, İstanbul, 3-9 (1999).

14. Unuttu, S., ‘‘Study of Current Structures in Double-Skin Façades’’, Yüksek Lisans Tezi, *Helsinki University of Technology Civil and Environmental Engineering*, Helsinki, 28-31 (2001).
15. Oktuğ, Y., ‘‘Alüminyum Giydirmce Cephe Sistemleri’’, *Çuhadaroğlu Alüminyum Sanayi A.Ş.*, İstanbul, 11-13 (1996).
16. Internet:Das Düsseldorf Stadttor, <http://www.stadttor.de/gebaeude/>(2005)
17. Timoçin, S., ‘‘Bina Cephe Oluşumu ve Bina Ekonomisi Açısından Güneş Kontrol Sistemlerinin İrdelenmesi’’, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 26-27 (2001).
18. Kayhan, S., ‘‘ Sürdürülebilir Mimarlık / Enerji Etkin Bina Tasarımı Bağlamında İç Ortam Hava Kalitesi ve Havalandırma’’, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 77-79, 84-87, 123-124 (2004).
19. Straube J.F., Van Straaten, R., ‘‘The Technical Merit of Double Facades for Office Buildings in Cool Humid Climates’’, *University of Waterloo*, Waterloo, 1-2 (2002).
20. Lang, W., Herzog, T., ‘‘Using Multiple Glass Skins to Clad Buildings’’, *Architectural Record*, New York, 6: 8, 171-182 (2000).
21. Sev, A., ‘‘Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma’’, *Yapı Dergisi*, 262: 26(2003).
22. Poirazis, H., ‘‘ Double Skin Façades for Office Building’’, *Division of Energy and Building Design, Lund Institute of Technology*, Lund, 14-18 (2004).
23. Manioğlu G., ‘‘Isıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyeti açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir yaklaşım’’, Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 14-16, 52-55, 58-60 (2002).
24. Internet: İstanbul Kurumsal Gelişim, <http://www.projeyönetimi.com> (2006).
25. Fuller, S., Peterson, S., ‘‘Energy Conservation in Building: An Economics Guidebook for Inverstment Decisions’’, *U.S.Department of Commerce*, Washington, 81-85 (1980).
26. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, ‘‘2001 Yılına Ait, İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri’’, *Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı*, Ankara, 20: 5-6 (2001).

27. Peterson, S., "Guidelines for Life-Cycle Costing on State Building Projects", *State of Wisconsin, Department of Administration, Division of Facilities Department*, Wisconsin, 22-25 (1997).
28. Petersen, S., "Building Life-Cycle Cost Program, Version 4.3 User's Guide and Reference Manual", *National Institute of Standards and Technology*, Washington, 8-19, 44-49 (1995).
29. Fuller, S.K., Petersen, S., "Life-Cycle Costing Manual For the Federal Management Program", *U.S. Department of Commerce, Technology Administration National Institute of Standards and Technology*, Washington, B1-B4, 155 (1995).
30. Fuller, S.K., Boyles, A.S., "Life-cycle Workshop For Energy Conservation in Buildings", *U.S. Department of Commerce, Technology Administration National Institute of Standards and Technology*, Washington, 121-125 (2000).
31. Barringer, H.P., "A Life Cycle Cost Summary", *A Technical Society of The Institution of Engineers*, Perth, 2-4 (2003).
32. Macit, G., "Assessment of Seismic Retrofitting by Life Cycle Costing Method", Yüksek Lisans Tezi, *The Middle East Technical University*, Ankara, 41-42 (2002).
33. Peker, A., "Modern Yönetim Muhasebesi", *Muhasebe Enstitüsü*, Ankara, 30-31 (2001).
34. Ulukavak, G., "Bina Simülasyon Programları ve Enerji Performans Değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 30-31 (2001).
35. Givoni, B., "Man, Climate and Architecture", *Elsevier Publishing Company Limited*, New York, 13 (1969).
36. Aygün, M., "Giydirme Cephe Çift Cam Ünitelerinde Rasyonel Boyut Seçimi", Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 35 (1992).
37. Duffie, J.A., Beckman, W.A., "Solar Engineering of Thermal Process", *John Wiley and Sons*, New York, 28 (1980).
38. Yolaçan, D., "Yıllık Enerji Harcamalarının Azaltılmasını Hedefleyen Bina Dış Kabuğu Alternatiflerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 21-23 (2002).
39. Yılmaz, Z., Koçalar, G., Manioğlu, G., "Isıtma Enerjisi Tasarrufu Açısından Bina kabuğu Isı Yalıtım Değerinin Bina Formuna Bağlı Olarak Belirlenmesi", *İTÜ Araştırma Fonu*, Proje No: 985, 56 (2000).

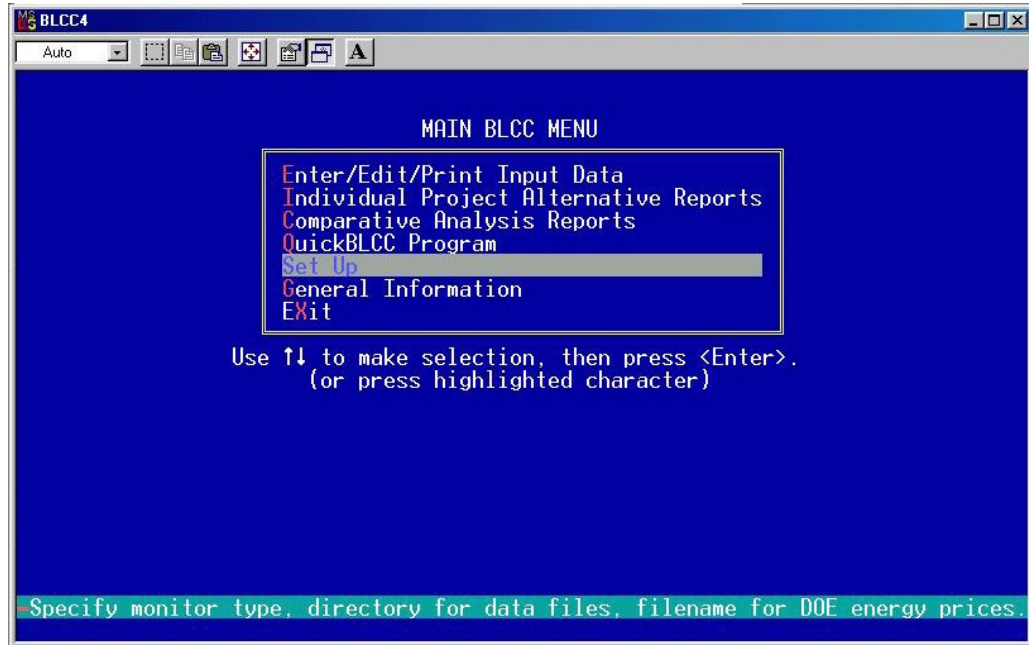
40. Okan, A., ''Bina Tasarımında Performans Yaklaşımı ile Maliyet Denetimi'', Doktora Tezi, **İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 98 (1975).
41. Türkmen, R., ''Enerji Etkin Bina Tasarımı ve Enerji Performans Değerlendirmesi'', Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 108-110, (2003).
42. TS-2164, ''Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları'', **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 5 (1983).
43. TS CR 1752, ''Havalandırma-Binalar İçin-Bina İç Ortamlar İçin Tasarım Kuralları'', **TSE Türk Standartları**, Ankara, 3-4 (2002).
44. M.A., Lehar, L.R., Glicksman, ''A Simulation Tool For The Optimization of Advanced Facades'', **Building Technology Laboratory**, Cambridge, 1-7 (2002).
45. Internet: MIT Design Advisor, <http://designadvisor.mit.edu/design/> (2006)
46. Marshall, H.E., ''Mechanical Estimating Guidebook for Construction- Chapter 27 Life Cycle Costing'', **McGraw-Hill, Inc.**, 51 (1995).

EKLER

EK-1. Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

1.1. Bina yaşam dönemi maliyeti (BLCC) bilgisayar simülasyon programı

The National Institute of Standards and Technology (NIST), Federal Energy Management Program (FEMP)'nin desteğiyle bina ya da bina sistemlerinin işletme maliyetlerini azaltmak amacıyla teklif edilen yatırımların ekonomik analizini gerçekleştirmek için kullanılan DOS işletim sistemiyle çalışan bilgisayar simülasyon programıdır (Şekil 1.1). Bu program, projenin maliyet değerlendirmesi ve enerji ve su korunumuyla ilişkili olarak tasarruf sağlaması ve en düşük YDM'ne sahip alternatifin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Tasarım çalışmaları sonucunda bina ya da bina sisteminin ilk yatırım maliyeti artıyorsa ve bununla beraber işletme maliyetleri azalıyorsa veya binanın (sistemin) ömrü uzuyorsa, gerekli olan ek yatırımları doğrulamak için bu tür simülasyon programlarını kullanmak gerekli olmaktadır [7].



Şekil 1.1. DOS işletim sistemiyle çalışan BLCC simülasyon programı [28]

EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

The National Institute of Standards and Technology'nin (NIST) BLCC (Building Life Cycle Costing) bilgisayar simülasyon programı, bina ya da bina sistemlerinin uzun vadede işletme maliyetlerinin azaltılması amacıyla önerilen ilk yatırım maliyetinin belirlenmesinde kullanılan bir karar verme aracıdır. BLCC aynı zamanda bina enerji sistemlerinin, CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonunun YDM'ni hesaplar. BLCC'de ASTM yaşam dönemi maliyeti standartları esas alınmaktadır [28].

BLCC simülasyon programı aynı anda 99 proje alternatifinin, YDM'ni değerlendirmek için kullanılabilir. Ayrıca, BLCC yaşam dönemi maliyeti esasıyla iki veya daha fazla alternatifi karşılaştırırken, projenin net kazanç, kazanç-yatırım oranları, geri ödeme süresi (payback period), yıllık enerji kazancını da karşılaştırma imkanı sağlar [28].

BLCC analizinde 6 farklı rapor oluşturulur.

Proje alternatifiyle ilgili raporlar:

- Veri girdisi listesi
- Yaşam dönemi maliyet analizi özeti
- Yıllık nakit akış analizi

Proje alternatiflerini karşılaştıran raporlar:

- En düşük yaşam dönemi maliyeti alternatifinin saptanması
- Herhangi iki alternatif arasındaki ekonomik analizin karşılaştırılması
- Kazanç-yatırım oranı, iç geri dönüş oranı, geri ödeme süresi, yıllık enerji kazançları ve hava kirliliği emisyonunun indirgenmesi.

BLCC Analizi için ön gereksinimler:

EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

BLCC analizi aynı amaç için tasarlanmış alternatif bina ya da bina sistemlerinin uzun vadeli maliyet performansına bağlı olarak değerlendirilmesini sağlayan ekonomik karar verme aracıdır. Tipik bir BLCC analizi için aşağıdaki ön gereksinimlere ihtiyaç duyulmaktadır.

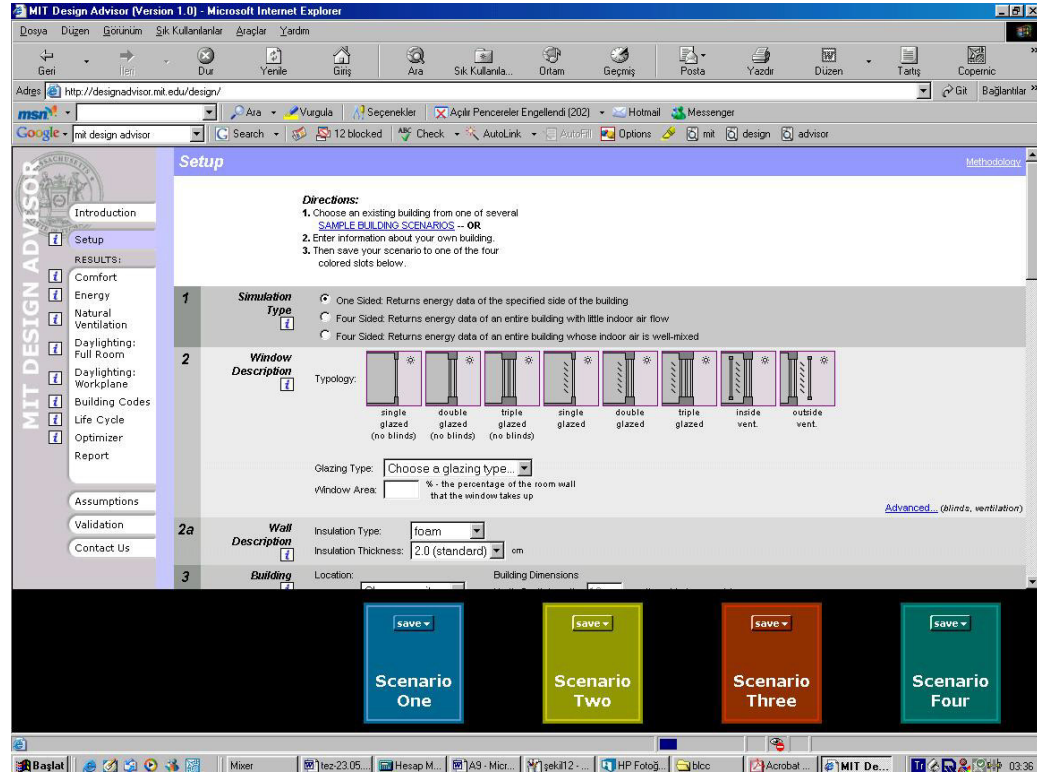
1. İlk yatırım maliyeti
2. Yenileme maliyetleri
3. Hurda değeri
4. İşletme, bakım ve onarım maliyetleri
5. Enerji ve su maliyetleri
6. Finansman ile ilgili maliyetler
7. Vergiyle ilgili maliyetler

1.2. MIT Design Advisor Simülasyon Programı

Cambridge Massachusetts Institute of Technology ve Building Envelopes Consortium sponsorluğunda geliştirilen web-tabanlı işletim sistemine sahip, Java, HTML and JavaScript program dilini kullanan bir simülasyon programıdır [45].

MIT Design Advisor simülasyon programı gelişmiş cephe sistemlerinin performanslarını değerlendirmek için tasarlanmış olan bir programdır. Mevcut enerji simülasyon programları içerisinde çift kabuk cepheler için enerji hesaplamaları yapabilen tek programdır. Otuz farklı şehrin iklimsel verileri hesaplamalarda kullanılabilir (Şekil 1.2).

EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması



Şekil 1.2. MIT Design Advisor simülasyon programının kurulum sayfası
Görünüşü [45]

1.2.1. Programı oluşturan modüller

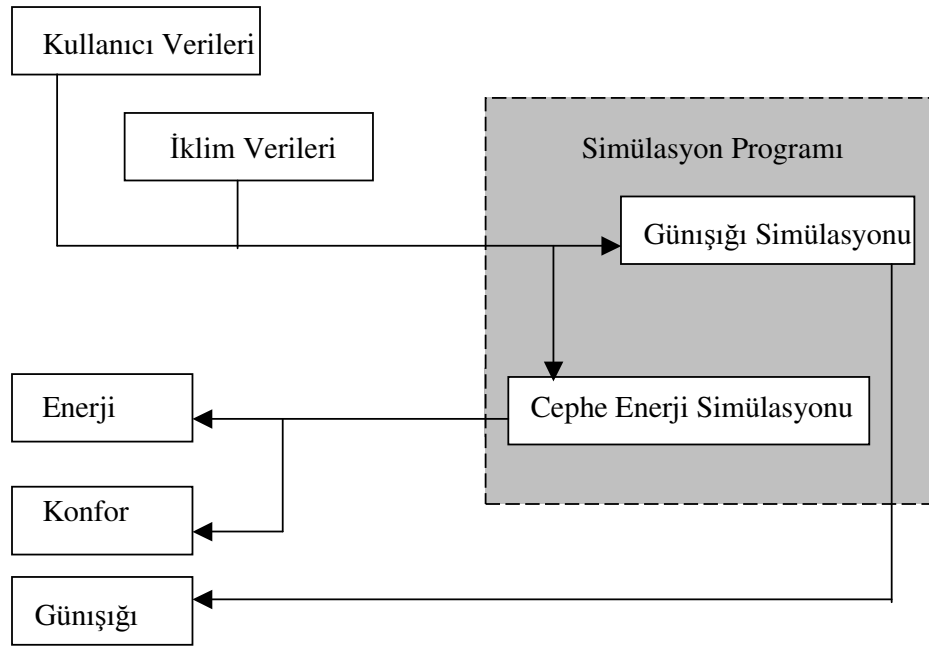
MIT Design Advisor simülasyon programı enerji, konfor ve güneşiği olarak üç ana modüle bölünmektedir. Şekil 1.3’de simülasyon programının organizasyon şeması görülmektedir [44].

Enerji modülü istenen ısıtma ve soğutma enerjilerinin yıl içerisindeki değişimlerini, konfor modülü oda içerisine düşen infra-red ışınlarının miktarını ve güneşiği modülde oda içerisine giren yıl içerisindeki ortalama güneşiği miktarı sonuçlarını verir.

EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

Isıtma ve soğutma enerjisi miktarlarını belirlemek için, simülasyonun kullanıcıdan istediği bazı veriler vardır. Bunlar; simülasyonun yapılacağı odanın boyutları, yönlendirilişi, yeri (şehir), iç yükler, hava değişim oranı ve cephe tipidir.

Program kullanıcılara hem konvansiyonel cephe sistemlerini hemde gelişmiş cephe sistemlerini değerlendirme imkanı vermektedir.



Şekil 1.3. Simülasyon programının organizasyon şeması [44]

1.2.2. Program için gerekli olan veriler

Simülasyon tipi:

- Tek cephe için
- Dört cephe için

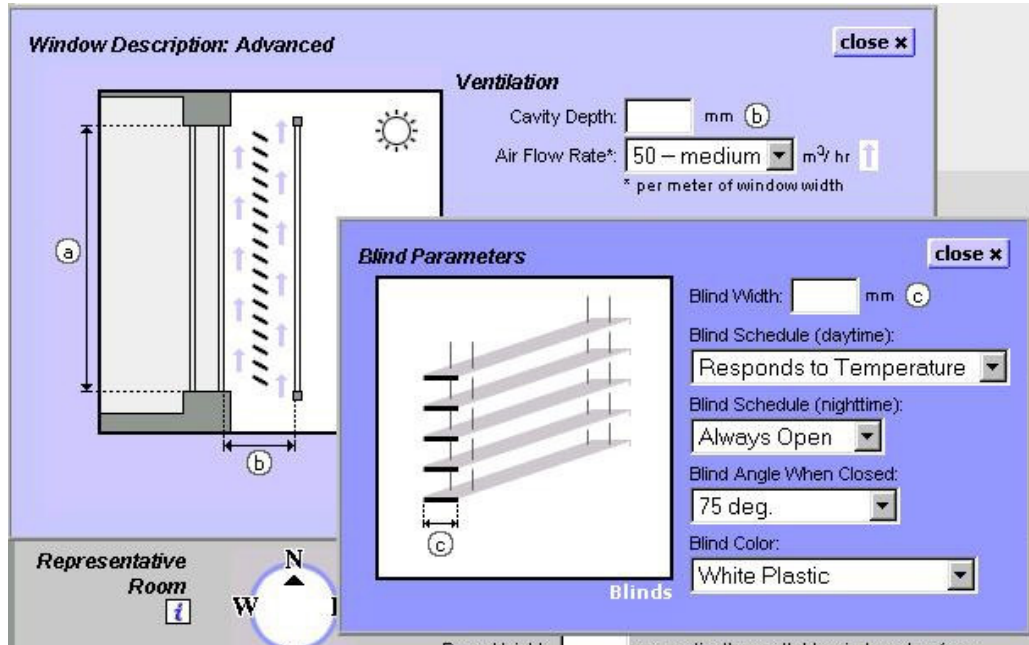
EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

Doğrama tanımı:

- Doğramanın tipi
- Camın tipi
- Cephe doluluk oranı

Güneş kırıcı parametreleri (Şekil 1.4):

- Güneş kırıcı genişliği
- Güneş kırıcı kullanımı (gündüz)
- Güneş kırıcı kullanımı (gece)
- Güneş kırıcının kapandığındaki açısı
- Güneş kırıcı rengi



Şekil 1.4. Simülasyon programındaki güneş kırıcı parametrelerinin girildiği sayfa

EK-1. (Devam) Seçeneklerin enerji yüklerinin ve yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılan simülasyon programlarının tanıtılması

Duvarın tanımlanması:

- Yalıtım tipi
- Yalıtımın kalınlığı

Binayla ilgili parametreler:

- Binanın yeri
- Kuzey-güney uzunluğu
- Doğu-batı uzunluğu

Kullanıcıyla ilgili parametreler:

- Binanın tipi
- Kullanıcı yükü
- Yapay aydınlatma gereksinimi
- Malzeme yükleri

Oda havalandırması:

- Odanın havalandırma şekli
- Hava değişim oranı / kullanıcı
- Toplam hava değişim oranı

Odayla ilgili parametreler:

- Odanın yönlendirilişi
- Odanın derinliği
- Odanın genişliği-yüksekliği

EK-2. MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ1 Seçeneği için girilen veriler:

Setup

Methodology

Directions:

1. Choose an existing building from one of several [SAMPLE BUILDING SCENARIOS](#) -- OR
2. Enter information about your own building.
3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1

Simulation Type

☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed

2

Window Description

Typology:

 Glazing Type:

 Window Area: % - the percentage of the room wall that the window takes up
 [Advanced... \(blinds, ventilation\)](#)

2a

Wall Description

Insulation Type:

 Insulation Thickness: cm

3

Building

Location:

 Building Dimensions:

North-South Length: m - (four-sided case only)
 East-West Length: m - (four-sided case only)

4

Occupancy

Office Building

 Occupancy Load: people per m²

 Lighting Requirements: lux

 Equipment Load: W/m²

[Advanced... \(air changes, lighting control\)](#)

5

Representative Room

Room Depth: m - perpendicular to windowed surface
 Room Width: m - parallel to windowed surface
 Room Height: m - vertically parallel to windowed surface

Window Orientation

6

Natural Ventilation

☒ Pure Mechanical Energy System
☐ Pure Naturally Ventilated System
☐ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System

7

Thermal Mass

☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor; concrete slab system
☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems

8

Overhang

Overhang Depth: m - (0 indicates no overhang)

Debug Data (unused):

☒ on

Debug Lighting:

Natural Vent. Air Change Rate:

roomfuls per hr

Debug Comfort Range:

Comfort Max Temp:

°C

Alert Max Temp:

°C

Alert Min Temp:

°C

Comfort Min Temp:

°C

Window Description: Advanced

Blinds

☒ Click for Blind Settings...
 (color, dimensions, schedule)

Blind Parameters

mm
 Blind Schedule (daytime):

 Blind Schedule (nighttime):

 Blind Angle When Closed:
 deg
 Blind Color:

Room Ventilation

☒ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day

☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch

☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

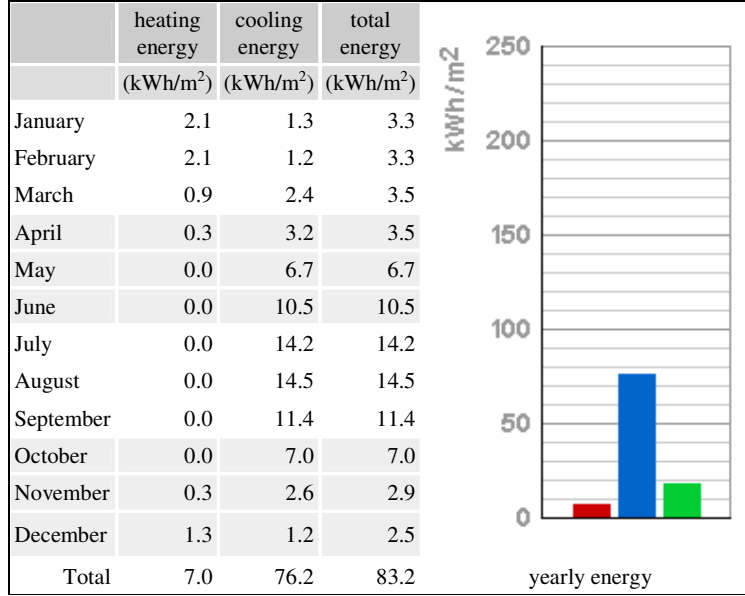
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IÇ1 Seçeneği için elde edilen veriler:

<i>Simulation Type</i>	
Simulation Type	one_sided
<i>Window Description</i>	
Typology	dgu
Glazing Type	clear
Window Area	50%
<i>Blind Parameters</i>	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always closed
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
<i>Wall Description</i>	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
<i>Building</i>	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
<i>Occupancy</i>	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
<i>Room Ventilation</i>	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
<i>Lighting Control</i>	
Lighting Control	all lights fully on/off
<i>Representative Room</i>	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
<i>Thermal Mass</i>	
Thermal Mass	high
<i>Overhang</i>	
Overhang Depth	0 m

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu IÇ1 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency

COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x
Chiller
Coefficient of Performance)

LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ2 Seçeneği için girilen veriler:

Setup Methodology

Directions:
 1. Choose an existing building from one of several SAMPLE BUILDING SCENARIOS – OR
 2. Enter information about your own building.
 3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1 Simulation Type
☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed

2 Window Description
 Typology:
 Glazing Type:
 Window Area: % - the percentage of the room wall that the window takes up [Advanced...](#) (blinds, ventilation)

2a Wall Description
 Insulation Type:
 Insulation Thickness: cm

3 Building
 Location:
 Building Dimensions:
 North-South Length: m - (four-sided case only)
 East-West Length: m - (four-sided case only)

4 Occupancy

 Occupancy Load: people per m²
 Lighting Requirements: lux
 Equipment Load: W/m² [Advanced...](#) (air changes, lighting control)

5 Representative Room

 Room Depth: m - perpendicular to windowed surface
 Room Width: m - parallel to windowed surface
 Room Height: m - vertically parallel to windowed surface
 Window Orientation:

6 Natural Ventilation
☒ Pure Mechanical Energy System
☐ Pure Naturally Ventilated System
☐ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System

7 Thermal Mass
☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor, concrete slab system
☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems

8 Overhang
 Overhang Depth: m - (0 indicates no overhang)

Debug Data (unused):
 Debug Lighting:
 Natural Vent. Air Change Rate: roomfuls per hr
 Debug Comfort Range:
 Comfort Max Temp: °C
 Alert Max Temp: °C
 Alert Min Temp: °C
 Comfort Min Temp: °C

Window Description: Advanced close x

 Blinds:
 Blind Parameters: mm,

Room Ventilation close x
 Air Change Rate Per Occupant: liters / sec per person
 Total Air Changes: per hour

Lighting Control
☐ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day
☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch
☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

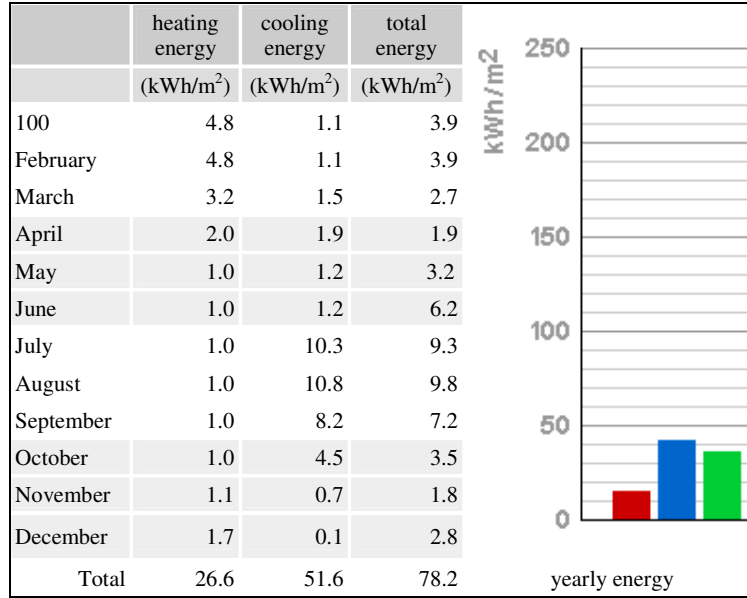
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ2 Seçeneği için elde edilen veriler:

<i>Simulation Type</i>	
Simulation Type	one_sided
<i>Window Description</i>	
Typology	dgu
Glazing Type	high performance
Window Area	50%
<i>Blind Parameters</i>	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
<i>Wall Description</i>	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
<i>Building</i>	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
<i>Occupancy</i>	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
<i>Room Ventilation</i>	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
<i>Lighting Control</i>	
Lighting Control	all lights fully on/off
<i>Representative Room</i>	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
<i>Thermal Mass</i>	
Thermal Mass	high
<i>Overhang</i>	
Overhang Depth	0 m

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu İÇ2 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency

COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x
Chiller
Coefficient of Performance)

LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ3 Seçeneği için girilen veriler:

Setup Methodology

Directions:
 1. Choose an existing building from one of several **SAMPLE BUILDING SCENARIOS -- OR**
 2. Enter information about your own building.
 3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1 Simulation Type
☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed

2 Window Description
 Typology:
 Glazing Type:
 Window Area: % - the percentage of the room wall that the window takes up [Advanced...](#) (blinds, ventilation)

2a Wall Description
 Insulation Type:
 Insulation Thickness: cm

3 Building
 Location:
 Building Dimensions:
 North-South Length: m - (four-sided case only)
 East-West Length: m - (four-sided case only)

4 Occupancy

 Occupancy Load: people per m²
 Lighting Requirements: lux
 Equipment Load: W/m² [Advanced...](#) (air changes, lighting control)

5 Representative Room

 Window Orientation:
 Room Depth: m - perpendicular to windowed surface
 Room Width: m - parallel to windowed surface
 Room Height: m - vertically parallel to windowed surface

6 Natural Ventilation
☒ Pure Mechanical Energy System
☐ Pure Naturally Ventilated System
☐ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System

7 Thermal Mass
☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor; concrete slab system
☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems

8 Overhang
 Overhang Depth: m - (0 indicates no overhang)

Debug Data (unused):
 Debug Lighting:
 Natural Vent. Air Change Rate: roomfuls per hr
 Debug Comfort Range:
 Comfort Max Temp: °C
 Alert Max Temp: °C
 Alert Min Temp: °C
 Comfort Min Temp: °C

Window Description: Advanced close x

 Click for Blind Settings... (color, dimensions, schedule...)
Blind Parameters close x
 Blind Width: mm
 Blind Schedule (daytime):
 Blind Schedule (nighttime):
 Blind Angle When Closed: deg
 Blind Color:

Room Ventilation close x
 Air Change Rate Per Occupant: liters / sec per person
 Total Air Changes: per hour

Lighting Control
☐ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day
☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch
☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

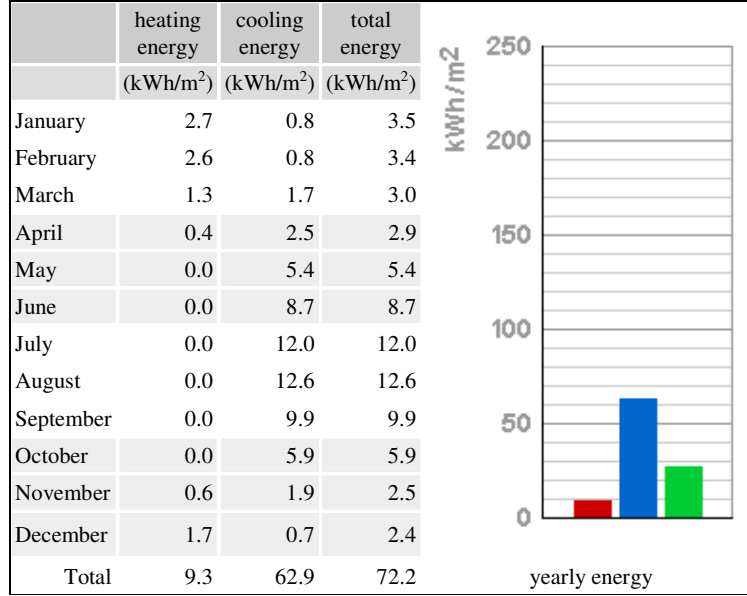
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ3 Seçeneği için elde edilen veriler:

Simulation Type	
Simulation Type	one_sided
Window Description	
Typology	dgu
Glazing Type	low-e
Window Area	50%
Blind Parameters	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
Wall Description	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
Building	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
Occupancy	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
Room Ventilation	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
Lighting Control	
Lighting Control	all lights fully on/off
Representative Room	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
Thermal Mass	
Thermal Mass	high
Overhang	
Overhang Depth	0 m

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu İÇ3 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency

COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x
Chiller
Coefficient of Performance)

LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ11 Seçeneği için girilen veriler:

Setup Methodology

Directions:
 1. Choose an existing building from one of several [SAMPLE BUILDING SCENARIOS](#) - OR
 2. Enter information about your own building.
 3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1 Simulation Type
☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed

2 Window Description
 Typology:
 Glazing Type:
 Window Area: % - the percentage of the room wall that the window takes up [Advanced... \(blinds, ventilation\)](#)

2a Wall Description
 Insulation Type:
 Insulation Thickness: cm

3 Building
 Location:
 Building Dimensions
 North-South Length: m - (four-sided case only)
 East-West Length: m - (four-sided case only)

4 Occupancy
 Office Building
 Occupancy Load: people per m²
 Lighting Requirements: lux
 Equipment Load: W/m² [Advanced... \(air changes, lighting control\)](#)

5 Representative Room

 Window Orientation:
 Room Depth: m - perpendicular to windowed surface
 Room Width: m - parallel to windowed surface
 Room Height: m - vertically parallel to windowed surface

6 Natural Ventilation
☐ Pure Mechanical Energy System
☐ Pure Naturally Ventilated System
☒ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System

7 Thermal Mass
☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor, concrete slab system
☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems

8 Overhang
 Overhang Depth: m - (0 indicates no overhang)

Debug Data (unused):
 Debug Lighting:
 Natural Vent. Air Change Rate: roomfuls per hr
 Debug Comfort Range:
 Comfort Max Temp: °C
 Alert Max Temp: °C
 Alert Min Temp: °C
 Comfort Min Temp: °C

Window Description: Advanced close x
 Cavity Depth: mm
 Air Flow Rate: - medium
 Vent Supply:
 Vent Exhaust:
 Blinds:
 Blinds:

Blind Parameters close x
 Blind Width: mm
 Blind Schedule (decline):
 Blind Schedule (nighttime):
 Blind Angle when Closed: deg
 Blind Color:

Room Ventilation close x
 Air Change Rate Per Occupant: liters / sec per person
 Total Air Changes: per hour
Lighting Control
☐ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day
☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch
☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

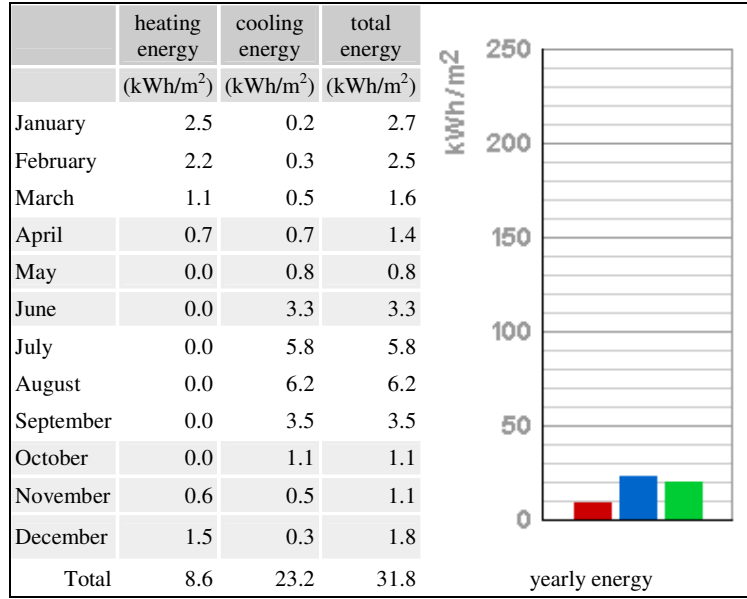
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ11 Seçeneği için elde edilen veriler:

<i>Simulation Type</i>	
Simulation Type	one_sided
<i>Window Description</i>	
Typology	outvent
Glazing Type	clear
Window Area	50%
<i>Window Ventilation</i>	
Vent Cavity Depth	200 mm
Vent Air Flow Rate	75 m ³ /hr
Vent Supply	exterior
Vent Exhaust	exterior
<i>Blind Parameters</i>	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
<i>Wall Description</i>	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
<i>Building</i>	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
<i>Occupancy</i>	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
<i>Room Ventilation</i>	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
<i>Lighting Control</i>	
Lighting Control	all lights fully on/off
<i>Representative Room</i>	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
<i>Thermal Mass</i>	
Thermal Mass	high

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu IITÇ11 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



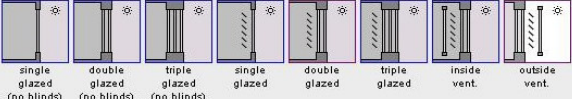
HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency
COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x Chiller Coefficient of Performance)
LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ12 Seçeneği için girilen veriler:

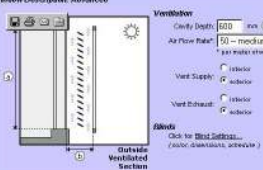
Setup [Methodology](#)

Directions:
 1. Choose an existing building from one of several [SAMPLE BUILDING SCENARIOS](#) -- OR
 2. Enter information about your own building.
 3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1 Simulation Type	☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building ☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow ☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed
2 Window Description	Typology:  Glazing Type: high performance Window Area: 50 % - the percentage of the room wall that the window takes up Advanced... (blinds, ventilation)
2a Wall Description	Insulation Type: foam Insulation Thickness: 5.0 cm
3 Building	Location: Rome Building Dimensions: North-South Length: 30 m - (four-sided case only) East-West Length: 30 m - (four-sided case only)
4 Occupancy	Office Building Occupancy Load: 0.075 people per m ² Lighting Requirements: 400 - office work (EU std.) lux Equipment Load: 3.00 W/m ² Advanced... (air changes, lighting control)
5 Representative Room	 Room Depth: 6 m - perpendicular to windowed surface Room Width: 2.5 m - parallel to windowed surface Room Height: 3.4 m - vertically parallel to windowed surface Window Orientation:
6 Natural Ventilation	☐ Pure Mechanical Energy System ☐ Pure Naturally Ventilated System ☒ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System
7 Thermal Mass	☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor, concrete slab system ☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems
8 Overhang	Overhang Depth: 0 m - (0 indicates no overhang)

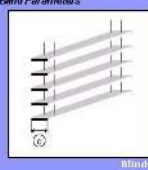
Debug Data (unused):
 Debug Lighting:
 Natural Vent. Air Change Rate: roomfuls per hr
 Debug Comfort Range:
 Comfort Max Temp: °C
 Alert Max Temp: °C
 Alert Min Temp: °C
 Comfort Min Temp: °C

Window Description: Advanced close x



Ventilation:
 cavity Depth: mm
 Air Flow Rate: m³/hr
 Vent Supply: ☐ exterior
 Vent Exhaust: ☐ exterior
 Click to Edit Settings... (opens description, schedule)

Blind Parameters close x



Blind Width: mm
 Blind Schedule (daytime):
 Responds to Temperature
 Blind Schedule (nighttime):
 Always Closed
 Blind Angle When Closed:
 45 deg
 Blind Color:
 Shiny Aluminum

Room Ventilation close x

Air Change Rate Per Occupant: liters / sec per person
 Total Air Changes: per hour

Lighting Control

☐ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day
☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch
☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

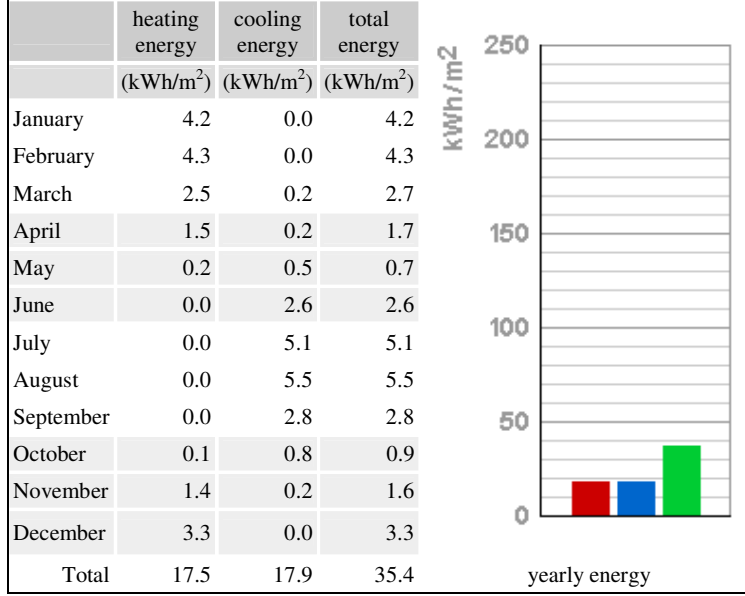
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ12 Seçeneği için elde edilen veriler:

<i>Simulation Type</i>	
Simulation Type	one_sided
<i>Window Description</i>	
Typology	outvent
Glazing Type	high performance
Window Area	50%
<i>Window Ventilation</i>	
Vent Cavity Depth	600 mm
Vent Air Flow Rate	50 m ³ /hr
Vent Supply	exterior
Vent Exhaust	exterior
<i>Blind Parameters</i>	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
<i>Wall Description</i>	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
<i>Building</i>	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
<i>Occupancy</i>	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
<i>Room Ventilation</i>	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
<i>Lighting Control</i>	
Lighting Control	all lights fully on/off
<i>Representative Room</i>	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
<i>Thermal Mass</i>	
Thermal Mass	high

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu IITÇ12 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency
COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x Chiller Coefficient of Performance)
LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ13 Seçeneği için girilen veriler:

Setup Methodology

Directions:
 1. Choose an existing building from one of several [SAMPLE BUILDING SCENARIOS](#) -- OR
 2. Enter information about your own building.
 3. Then save your scenario to one of the four colored slots below.

1 Simulation Type
☒ One Sided: Returns energy data of the specified side of the building
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building with little indoor air flow
☐ Four Sided: Returns energy data of an entire building whose indoor air is well-mixed

2 Window Description
 Typology:
 Glazing Type:
 Window Area: % - the percentage of the room wall that the window takes up [Advanced... \(blinds, ventilation\)](#)

2a Wall Description
 Insulation Type:
 Insulation Thickness: cm

3 Building
 Location:
 Building Dimensions:
 North-South Length: m - (four-sided case only)
 East-West Length: m - (four-sided case only)

4 Occupancy

 Occupancy Load: people per m²
 Lighting Requirements: lux
 Equipment Load: W/m² [Advanced... \(air changes, lighting control\)](#)

5 Representative Room

 Room Depth: m - perpendicular to windowed surface
 Room Width: m - parallel to windowed surface
 Room Height: m - vertically parallel to windowed surface
 Window Orientation:

6 Natural Ventilation
☐ Pure Mechanical Energy System
☐ Pure Naturally Ventilated System
☒ Joint Natural Ventilation and Mechanical Energy System

7 Thermal Mass
☒ High Thermal Mass: exposed ceiling and floor, concrete slab system
☐ Low Thermal Mass: carpeting/ wood, stone systems

8 Overhang
 Overhang Depth: m - (0 indicates no overhang)

Debug Data (unused):
 Debug Lighting:
 Natural Vent. Air Change Rate: roomfuls per hr
 Debug Comfort Range:
 Comfort Max Temp: °C
 Alert Max Temp: °C
 Alert Min Temp: °C
 Comfort Min Temp: °C

Window Descriptors: Advanced close x
 Ventilation:
 Air Flow Rate: m³/hr
 Vent Supply:
 Vent Exhaust:
 Blinds: (Click for Blind Settings...)

Blind Parameters close x

 Blind Width: mm
 Blind Schedule (default):
 Blind Schedule (override):
 Blind Angle When Closed: deg
 Blind Color:

Room Ventilation close x
 Air Change Rate Per Occupant: liters / sec per person
 Total Air Changes: per hour

Lighting Control
☐ Always On (least efficient):
 Sunlight is ignored and all lights are on full brightness all day
☒ Absolute (more efficient):
 All lights in room controlled by a single dimmer switch
☐ Supplemental (most efficient):
 All lights in room dimmed separately to supplement sunlight

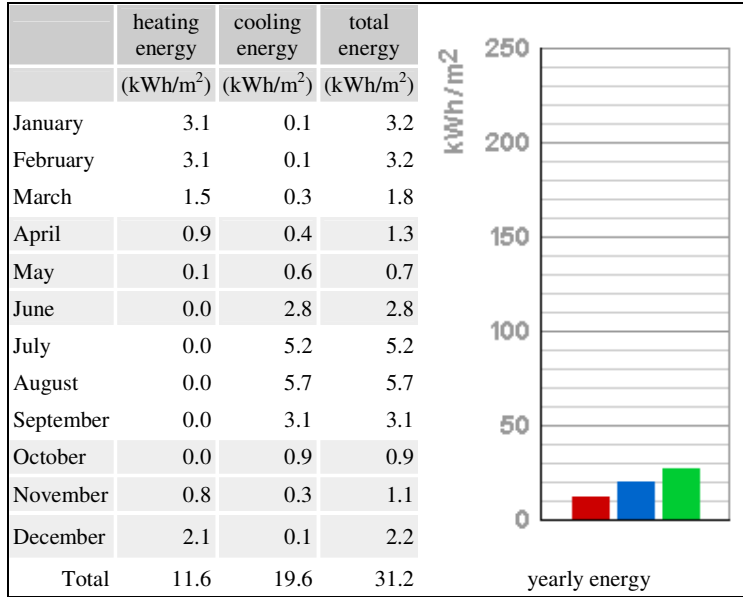
EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ13 Seçeneği için elde edilen veriler:

Simulation Type	
Simulation Type	one_sided
Window Description	
Typology	outvent
Glazing Type	low-e
Window Area	50%
Window Ventilation	
Vent Cavity Depth	600 mm
Vent Air Flow Rate	50 m ³ /hr
Vent Supply	exterior
Vent Exhaust	exterior
Blind Parameters	
Blind Width	200 mm
Blind Schedule (daytime)	responds to temperature
Blind Schedule (nighttime)	always open
Blind Angle when closed	45 degrees
Blind Color	Shiny Aluminum
Wall Description	
Insulation Type	foam
Insulation Thickness	5.0 cm
Building	
North-South length	N/A
East-West length	N/A
Occupancy	
Type	Office Building
Occupancy Load	0.075 people per m ²
Lighting Requirements	400 lux
Equipment Load	3.00 W/m ²
Room Ventilation	
Air Change Rate per Occupant	15.0 liters / sec per person
Total Air Change Rate	1.2 roomfuls per hour
Lighting Control	
Lighting Control	all lights fully on/off
Representative Room	
Orientation	south
Room Depth	6 m
Room Width	2.5 m
Room Height	3.4 m
Thermal Mass	
Thermal Mass	high

EK-2. (Devam)MIT design advisor simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyon sonucu IITÇ13 seçeneği için elde edilen enerji yükleri:



HEATING ENERGY = Heating Load / Thermal Efficiency
COOLING ENERGY = Cooling Load / (Electricity Production Efficiency x Chiller Coefficient of Performance)
LIGHTING ENERGY = Analizde hesaba katılmamıştır

EK- 3. BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ1 Seçeneği için girilen veriler:

MAIN BLCC MENU

Use **F1** to make selection, then press **Enter**.
(Or press highlighted character)

Create or edit input data file for one project alternative, print input file.

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: İstanbul'da ofis binası
Project Alternative: İÇ1
Base Date of Study (Month/Year): 1/2006 (e.g., 4/2005)
Service Date (Month/Year): 1/2006 (e.g., 4/2005)
Study Period Length (Years/Months from Base Date): 15/0 (e.g., 20/0)
Discount rate: 15.000 (real, excluding inflation) (e.g., 20/0)
End-of-year or Mid-year discounting of annually recurring costs (y/m):
Comment:

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

<F9>Start Over <F10>Skip to end of file

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (Base Year Dollars): \$636300
Expected Life (from Service Date, Yrs/Mths): 15/0
Residual Value Factor (% of Initial Cost): 10.00
Price Escalation rate before Service Date: 0.00/year
Price Escalation rate after Service Date: 0.00/year

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

*Price escalation rates should exclude general inflation.

<F9>Start Over <F10>Skip to end of file

Cost Phasing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of Initial cost incurred in each year of P/C and at service date)

Plan/Const Year	Percent
1	33.00
2	33.00
At Service Date:	33.00

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

Note: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

<F9>Start Over <F10>Skip to end of file

Energy Cost and Consumption Data
(Enter data for up to 4 energy types.)

	(A)	(B)	(C)	(D)
Energy Type Code (1-12):				
Units Code (1-12):				
Annual Consumption (units/yr):	1392920	170320		
Price/unit (base year dollars):	\$ 0.2000	\$ 0.0488		
Annual demand-related charge:				
Escalation Type Code (1-3):				

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <F1> to delete column, <F2> to insert column. Press <PgDn> when finished.

*Energy type: 1=Electric; 2=Oil; 3=Gas; 4=Coal; 5=Solar; 6=Wind; 7=Central Steam; 8=Chilled Water; 9=Other
*Units: 1=kwh; 2=gall; 3=therm; 4=barrel; 5=lb; 6=ft3; 7=gal; 8=kg; 9=ton; 10=ft3; 11=ft3; 12=ft3
**Escalation Type: 1=User Rates; 2=DOE Rates; 3=User Modifies DOE Rates

<F9>Start Over <F10>Skip to end of file

DOE Projected energy Price Escalation Rates for energy type (A) Electricity
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCOST05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-2.25	2015	0.00				
2006	-3.44	2016	0.27				
2007	-2.52	2017	0.76				
2008	-0.76	2018	0.83				
2009	-0.58	2019	0.52				
2010	-0.41	2020	0.31				
2011	-0.04						
2012	0.32						
2013	0.86						
2014	0.40						

These rates are shown for inspection only. Press <PgDn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE rates".

DOE Projected energy Price Escalation Rates for energy type (B) Natural Gas
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCOST05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-6.57	2015	0.73				
2006	-6.43	2016	0.69				
2007	-5.36	2017	1.82				
2008	-2.43	2018	2.02				
2009	-1.04	2019	1.44				
2010	-1.06	2020	1.06				
2011	0.73						
2012	1.33						
2013	2.15						
2014	1.76						

These rates are shown for inspection only. Press <PgDn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE rates".

BLCC Summary for Project: İstanbul'da ofis binası
Alternative: İÇ1

Filename: İÇ1AA.DAT Date of Analysis: 07-06-2006/02:34:41
Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Const. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.00%

	Present Value	Annual Value
Initial Cost (as of Service Date)	\$62,875	\$62,875
Energy Costs	11,979,522	138,452
Less: Remaining Value	(19,114)	(1,555)
Total LCC	\$2,532,085	\$433,030

Press <Enter> to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ1 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA

Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: İÇ1
 Run date: 06-28-2006 16:31:12
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Comment:
 Input data file: İÇ1.DAT, last modified: 06-28-2006/16:29:06
 LCC output file: İÇ1.LCC, created: 06-28-2006/16:29:12
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted)
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

Year	(Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
JAN 2006		33.0%	\$209,939	
JAN 2007		33.0%	\$212,249	
AT SERVICE DATE: JAN 2008		34.0%	\$221,086	
Total Initial Capital Asset Costs				\$643,274

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	-- Avg Annual Energy	Cost+ Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	2,392,920	\$0.207	\$494,377	\$0	\$1,941,074
Natural Gas	kWh	220,320	\$0.048	\$10,663	\$0	\$38,448

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)

Project Alternative: İÇ1	Run Date: 06-28-2006/16:31:12	
	Present Value	Annual Value
	(2006 Dollars)	(2006 Dollars)
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$394,504	\$67,467
At Service Date	\$167,173	\$28,589
Subtotal	\$561,676	\$96,056
Operating, Maintenance & Repair Costs:		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$1,979,522	\$338,532
Residual Value of Orig Capital Components	\$9,114	\$1,559
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$2,532,085	\$433,030

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ2 Seçeneği için girilen veriler:

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

MAIN BLCC MENU

Individual Project Alternative Reports
Comparative Analysis Reports
QuickBLCC Program
Set Up
General Information
Exit

Use F1 to make selection, then press <Enter>.
(On press highlighted character)

Create or edit input data file for one project alternative. Print input file.

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: İstanbul'da ofis binası
Base Date of Study (Month/Year): 1/2006 (e.g., 4/2005)
Service Date (Month/Year): 1/2006 (e.g., 4/2005)
Study Period Length (Years/Months from Base Date): 15/0 (e.g., 20/0)
Discount rate: 15.00% (e.g., excluding inflation) (e.g., 20/0)
End-of-year or mid-year discounting of annually recurring costs (E/M):
Comment:

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

<PgDn> Start Over <PgUp> Skip to end of file

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (Base Year Dollars): \$576000
Expected Life (from service date, Yrs/Mths): 15/0
Residual Value Factor (% of Initial Cost): 30.0%
Price Escalation Rate before Service Date: 0.25/year*
Price Escalation Rate after Service Date: 0.25/year*

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

*Price escalation rates should exclude general inflation.

<PgDn> Start Over <PgUp> Skip to end of file

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

Cost Spacing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of initial cost incurred in each year of P/C and at service date)

Plan/Const. Year	Percent
1	33.00
At Service Date:	34.00

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <PgDn> when finished, <PgUp> for previous screen.

Note: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

<PgDn> Start Over <PgUp> Skip to end of file

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

For electricity only: to use rate schedules from ECRATES, set annual consumption, price/unit, and annual demand-related charges to zero.
(Enter Energy Cost and Consumption Data (Enter data for up to 4 energy types.))

Energy Type Code (1-9)*:	(A)	(B)	(C)	(D)
Units Code (1-12)**:				
Annual Consumption (Units/yr):	576000	113600		
Price/Unit (Base Year Dollars):	\$0.2088	\$0.0488		
Annual Demand-Related Charge:	\$0	\$0		
Escalation type code (1-3)***:				

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <Fls> to delete column, <F2> to insert column. Press <PgDn> when finished.

*Energy type: 1-Elec; 2-Est Oil; 3-Ratio Oil; 4-Nat Gas; 5-LPG; 6-Coal;
7-Central Steam; 8-Heated Water; 9-Other
**Units: 1=kWh; 2=gal; 3=Therms; 4=MBtu; 5=kM; 6=231gal; 7=1000gal; 8=1000gal; 9=1000gal
***Escalation type: 1=User Rates; 2=DOE Rates; 3=User modifies DOE Rates

<PgDn> Start Over <PgUp> Skip to end of file

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (A) Electricity
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 1; Projection File: ECRATES

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-2.25	2015	0.00				
2006	-3.44	2016	0.27				
2007	-1.52	2017	0.76				
2008	-0.76	2018	0.93				
2009	-0.58	2019	0.52				
2010	-0.42	2020	0.31				
2011	-0.04						
2012	0.32						
2013	0.88						
2014	0.40						

These rates are shown for inspection only. Press <PgDn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "user modifies DOE rates".

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (C) Natural Gas
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 1; Projection File: ECRATES

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-6.57	2006	0.45				
2006	-6.73	2007	0.55				
2007	-5.36	2008	1.82				
2008	-2.43	2009	2.02				
2009	-2.01	2010	1.54				
2010	-1.09	2011	1.08				
2011	0.73						
2012	1.30						
2013	2.15						
2014	1.76						

These rates are shown for inspection only. Press <PgDn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "user modifies DOE rates".

BLCC4

File: IC2AA.DAT General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes

BLOC Summary for Project: İstanbul'da ofis binası
Alternative: IC2

Filename: IC2AA.DAT Date of Analysis: 07-06-2006/11:48:49
Analysis type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (Jan 2006 through Dec 2020)
Plan/Const. Period: 2.00 years (Jan 2006 through Dec 2007)
Service Period: 13.00 Years (Jan 2008 through Dec 2020)
Discount Rate: 15.00%

	Present Value	Annual Value
Initial Cost (as of Service Date)	\$550,388	\$550,388
Energy Costs	\$1,422,656	\$249,535
Less: Remaining Value	< \$8,421>	< \$1,611>
Total LCC	\$1,954,023	\$341,012

Press <Enter> to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ2 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA

Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: İÇ2
 Run date: 06-29-2006 21:23:03
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Comment:
 Input data file: İÇ2.DAT, last modified: 06-29-2006/21:22:11
 LCC output file: İÇ2.LCC, created: 06-29-2006/21:22:15
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted)
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

	Year (Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
	JAN 2006	33.0%	\$217,008	
	JAN 2007	33.0%	\$219,395	
AT SERVICE DATE:	JAN 2008	34.0%	\$228,530	
Total Initial Capital Asset Costs				\$664,933

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	Avg Annual Cost+ Energy	-- Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	1,578,960	\$0.207	\$326,213	\$0	\$1,280,811
Natural Gas	kWh	813,960	\$0.048	\$39,396	\$0	\$142,045

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)

Project Alternative: İÇ2	Run Date: 06-29-2006/21:23:03	
	Present Value (2006 Dollars)	Annual Value (2006 Dollars)
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$407,786	\$69,738
At Service Date	\$172,801	\$29,552
Subtotal	\$580,588	\$99,290
Operating, Maintenance & Repair Costs:		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$1,422,856	\$243,333
Residual Value of Orig Capital Components	\$9,421	\$1,611
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$1,994,023	\$341,012

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ3 Seçeneği için girilen veriler:

MAIN BLCC MENU

Individual Project Alternative Reports
Comparative Analysis Reports
QuickBLCC Program
Set Up
General Information
EXIT

Use **↑** to make selection, then press **<Enter>**.
(or press highlighted character)

Create or edit input data file for one project alternative. Print input file.

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: İstanbul'da ofis binası
Project Alternative: İÇ3
Base Date of Study (Month/Year): 1/2008 (e.g., 4/2005)
Service Date (Month/Year): 1/2008 (e.g., 4/2005)
Study Period Length (Years/Months from Base Date): 15/0 (e.g., 20/0)
Discount Rate: 15.00% (real, excluding inflation)
End-of-year or mid-year discounting of annually recurring costs (C/P):
Comment:

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (Base Year Dollars): \$8000000
Expected Life (from Service Date, Yrs/Mths): 15/0
Residual Value Factor (% of Initial Cost): 10.00%
Price Escalation Rate Before Service Date: 1.1%/year*
Price Escalation Rate after Service Date: 1.1%/year*

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

*Price escalation rates should exclude general inflation.

Cost Phasing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of Initial cost incurred in each year of PAC and at service date)

Plan/Const Year	Percent
1	33.00
2	33.00
At Service Date:	34.00

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

Note: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

Energy Cost and Consumption Data
(Enter data for up to 4 energy types.)

	(A)	(B)	(C)	(D)
Energy Type Code (1-9)*:				
Units Code (1-12)**:				
Annual Consumption (units/yr):	1034740	284580		
Price/unit (Base Year Dollars):	0.1058	0.0424		
Annual Demand-Related Charge:	\$	\$		
Escalation Type Code (1-3)***:				

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **** to delete column, **<F2>** to insert column. Press **<PgDn>** when finished.

*Energy type: 1=Electric; 2=Oil; 3=Natural Gas; 4=Gas; 5=LPG; 6=Coal;
7=Central Steam; 8=Chilled Water; 9=Other
**Units: 1=kwh; 2=gal; 3=therm; 4=Mcf; 5=bbl; 6=MMBtu; 7=kg; 8=kg; 9=ton; 10=ton; 11=ton; 12=MWh
***Escalation type: 1=User Rates; 2=DOE Rates; 3=User Modified DOE Rates

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (A) Electricity
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCO5T05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-2.23	2015	0.00						
2006	-3.44	2016	0.27						
2007	-2.32	2017	0.76						
2008	-0.76	2018	0.93						
2009	-0.58	2019	0.32						
2010	-0.41	2020	0.31						
2011	-0.04								
2012	0.32								
2013	0.86								
2014	0.40								

These rates are shown for inspection only. Press **<PgDn>** to continue.
To modify these rates press **<PgUp>** to return to energy data screen and change escalation type code to "User modified DOE rates".

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (B) Natural Gas
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCO5T05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-6.57	2015	0.23						
2006	-6.73	2016	0.55						
2007	-5.36	2017	1.82						
2008	-2.43	2018	2.02						
2009	-2.01	2019	1.54						
2010	-1.09	2020	1.58						
2011	0.73								
2012	1.33								
2013	2.16								
2014	1.76								

These rates are shown for inspection only. Press **<PgDn>** to continue.
To modify these rates press **<PgUp>** to return to energy data screen and change escalation type code to "User modified DOE rates".

BLCC Summary for Project: İstanbul'da ofis binası
Alternative: İÇ3

Filename: İÇ3AA.DAT Date of Analysis: 07-06-2006/12:06:03
Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Plan/Const. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.00%

	Present Value	Annual Value
Initial Cost (as of Service Date)	\$583,288	\$89,752
Energy Costs	\$1,610,981	\$275,302
Less: Remaining Value	(39,464)	(51,610)
Total LCC	\$2,154,805	\$313,444

Press **<Enter>** to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda İÇ3 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA
 Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: İE3
 Run date: 06-28-2006 16:36:54
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Comment:
 Input data file: İE3AA.DAT, last modified: 06-28-2006/16:35:47
 LCC output file: İE3AA.LCC, created: 06-28-2006/16:35:51
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

	Year (Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
	JAN 2006	33.0%	\$218,018	
	JAN 2007	33.0%	\$220,416	
AT SERVICE DATE:	JAN 2008	34.0%	\$229,593	
Total Initial Capital Asset Costs				\$668,027

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	-- Avg Annual Energy	Cost+ Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	1,924,740	\$0.207	\$397,651	\$0	\$1,561,298
Natural Gas	kWh	284,580	\$0.048	\$13,774	\$0	\$49,662

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS

Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 Project Alternative: İE3 Run Date: 06-28-2006/16:36:54

	Present Value (2006 Dollars)	Annual Value (2006 Dollars)
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$409,684	\$70,063
At Service Date	\$173,606	\$29,690
Subtotal	\$583,289	\$99,752
Operating, Maintenance & Repair Costs:		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$1,610,961	\$275,502
Residual Value of Orig Capital Components	\$9,464	\$1,619
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$2,184,786	\$373,636

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ11 Seçeneği için girilen veriler:

MAIN BLCC MENU

Individual Project Alternative Reports
Comparative Analysis Reports
QuickBLCC Program
Set up
General Information
EXIT

Use [↑] to make selection, then press [enter].
(Or press [h]:highlighted character)

Creates or edit input data file for one project alternative, print input file.

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: **Istanbul'da ofis binası**
Project Alternative: **IITÇ11**
Base Date of Study (Month/year): **7/2006** (e.g., 4/2005)
Service Date (Month/year): **7/2006** (e.g., 4/2005)
Study Period Length (Years/Months from Base Date): **15/0** (e.g., 20/0)
Discount rate: **15.00%** (real, excluding inflation)
End-of-year or Mid-year discounting of annually recurring costs (E/M): **E**
Comment:

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <Pgdn> when finished, <PgUp> for previous screen.

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (Base Year Dollars): **\$137004.00**
Expected Life (From Service Date, Yrs/Mths): **15/0**
Residual Value Factor (% of Initial Cost): **10.0%**
Price Escalation Rate before Service Date: **1.1%/year**
Price Escalation Rate after Service Date: **1.1%/year**

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <Pgdn> when finished, <PgUp> for previous screen.

Price escalation rates should exclude general inflation.

Cost Phasing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of Initial cost incurred in each year of PAC and at service date)

Plan/Const Year	Percent
1	33.00
2	33.00
At Service Date:	34.00

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <Pgdn> when finished, <PgUp> for previous screen.

Note: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

Energy Cost and Consumption Data
(Enter data for up to 4 energy types.)

	(A)	(B)	(C)	(D)
Energy Type Code (1-9):	1	2	3	4
Units Code (1-2):	1	2	3	4
Annual Consumption (units/yr):	60000	60000		
Price/unit (base year dollars):	\$ 0.2000	\$ 0.0400		
Annual Demand-related Charge:				
Escalation Type Code (1-3):	1	2	3	4

Use Tab and Shift-Tab to move forward and backward.
Press <rl> to delete column, <r2> to insert column, Press <Pgdn> when finished.

*Energy type: 1=Elec; 2=Dist Oil; 3=Resid Oil; 4=Nat Gas; 5=LPG; 6=coal; 7=Central Steam; 8=Chilled Water; 9=Other
**Units: 1=kwh; 2=gal; 3=therm; 4=Mbtu; 5=lb; 6=M; 7=G; 8=L; 9=kg; 10=ft3; 11=m3; 12=MWh
***Escalation type: 1=User Rates; 2=DOE Rates; 3=User Modifies DOE Rates

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (A) Electricity
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCDST05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-2.25	2015	0.00				
2006	-3.44	2016	0.22				
2007	-2.52	2017	0.76				
2008	-0.76	2018	0.93				
2009	-0.58	2019	0.52				
2010	-0.41	2020	0.31				
2011	-0.04						
2012	0.32						
2013	0.88						
2014	0.40						

These rates are shown for inspection only. Press <Pgdn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE Rates".

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (B) Natural Gas
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCDST05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-6.57	2015	0.23				
2006	-6.73	2016	0.89				
2007	-5.36	2017	1.82				
2008	-2.43	2018	2.02				
2009	-2.01	2019	1.54				
2010	-1.09	2020	1.08				
2011	0.73						
2012	1.38						
2013	2.15						
2014	1.76						

These rates are shown for inspection only. Press <Pgdn> to continue.
To modify these rates press <PgUp> to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE Rates".

BLCC Summary for Project: Istanbul'da ofis binası
Alternative: IITÇ11

Filename: IITÇ11A.DAT Date of Analysis: 07-08-2006/11:40:07
Analysis type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 35.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Const. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.00%

	Initial Cost (as of Service Date)	Present Value	Annual Value
Energy Costs	\$1,218,072	\$668,420	\$104,311
Less: Remaining Value	< \$19,764	< \$3,380	
total LCC		\$1,866,725	\$107,942

Press <enter> to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ11 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA

Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: IITÇ11
 Run date: 06-28-2006 16:45:26
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Comment:
 Input data file: IITÇ11.DAT, last modified: 06-28-2006/16:43:49
 LCC output file: IITÇ11.LCC, created: 06-28-2006/16:43:53
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted)
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

	Year (Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
	JAN 2006	33.0%	\$455,283	
	JAN 2007	33.0%	\$460,291	
AT SERVICE DATE:	JAN 2008	34.0%	\$479,456	
Total Initial Capital Asset Costs				\$1,395,029

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	-- Avg Annual Energy	Cost+ -- Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	768,060	\$0.207	\$158,681	\$0	\$623,030
Natural Gas	kWh	260,100	\$0.048	\$12,589	\$0	\$45,390

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)

Project Alternative: IITÇ11	Run Date: 06-28-2006/16:45:26	
	Present Value (2006 Dollars)	Annual Value (2006 Dollars)
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$855,535	\$146,311
At Service Date	\$362,537	\$62,000
Subtotal	\$1,218,073	\$208,311
Operating, Maintenance & Repair Costs:		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$668,420	\$114,311
Residual Value of Orig Capital Components	\$19,764	\$3,380
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$1,866,729	\$319,243

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ12 Seçeneği için girilen veriler:

MAIN BLCC MENU

Individual Project Alternative Reports
Comparative Analysis Reports
QuickBLCC Program
Set Up
General Information
EXIT

Use **↑** to make selection, then press **<Enter>**.
(or press highlighted character)

Create or edit input data file for one project alternative. Print input file.

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: **Istanbul'da ofis binası**
Project Alternative: **IITÇ12**
Base Date of Study (Month/Year): **7/2006** (e.g., 4/2005)
Service Date (Month/Year): **7/2006** (e.g., 4/2005)
Study Period Length (Years/Months from Base Date): **15/0** (e.g., 20/0)
Discount Rate: **15.00%** (real, excluding inflation)
End-of-year or Mid-year discounting of annually recurring costs (\$/Y):
Comment:

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (base Year Dollars): **\$140,000.00**
Expected Life (from Service Date, Yrs/Mths): **15/0**
Residual Value Factor (% of Initial Cost): **100.0%**
Price Escalation Rate before Service Date: **1.1%/year***
Price Escalation Rate after Service Date: **1.1%/year***

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

*Price escalation rates should exclude general inflation.

Cost Phasing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of initial cost incurred in each year of PAC and at service date)

Plan/Const Year	Percent
1	33.00
2	33.00
At Service Date	34.00

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

None: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

Energy Cost and Consumption Data

For electricity only: use rate schedules from E&AT&S, set annual consumption, price/unit, and annual demand-related charges to zero.
(Enter data for up to 4 energy types.)

Energy Type Code (1-9):	(A)	(B)	(C)	(D)
Unit Code (1-12):				
Annual Consumption (units/yr):	347740	335500		
Price/unit (base year dollars):	\$ 0.2065	\$ 0.0484	\$	\$
Annual demand-related charges:	\$	\$	\$	\$
Escalation Type Code (1-3):				

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<F1>** to delete column, **<F2>** to insert column. Press **<PgDn>** when finished.

*Energy type: 1=Electric; 2=Oil; 3=Natural Gas; 4=Gas; 5=Coal; 6=Coal; 7=Central Steam; 8=Chilled Water; 9=Cooling
*Units: 1=kWh; 2=gal; 3=therm; 4=Mbtu; 5=(lb; 6=H); 7=cc; 8=l; 9=kg; 10=ft³; 11=m; 12=mm
***Escalation Type: 1=User Rates; 2=DOE Rates; 3=User Modifies DOE Rates

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (B) Natural Gas
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential; DOE Region = 3; Projection File: ENCO5T05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-6.57	2015	0.23				
2006	-6.73	2016	0.69				
2007	-5.96	2017	1.82				
2008	-2.43	2018	2.02				
2009	-2.01	2019	1.54				
2010	-1.09	2020	1.08				
2011	0.73						
2012	1.33						
2013	2.15						
2014	1.76						

These rates are shown for inspection only. Press **<PgDn>** to continue.
To modify these rates, press **<PgUp>** to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE rates".

BLCC Summary for Project: Istanbul'da ofis binası
Alternative: IITÇ12

Filename: IITÇ12AA.DAT Date of Analysis: 07-06-2006/13:11:40
Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Const Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.00%

	Present Value	Annual Value
Initial Cost (as of Service Date)	\$1,736,984	\$211,545
Energy Costs	\$537,763	\$91,067
Less: Remaining Value	(\$20,074)	(\$3,433)
Total LCC	\$1,754,676	\$300,080

Press **<Enter>** to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ12 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA

Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: IITÇ12
 Run date: 06-28-2006 23:13:06
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Input data file: IITÇ12AA.DAT, last modified: 06-28-2006/23:11:53
 LCC output file: IITÇ12AA.LCC, created: 06-28-2006/23:11:58
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted)
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

	Year (Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
	JAN 2006	33.0%	\$462,351	
	JAN 2007	33.0%	\$467,437	
AT SERVICE DATE:	JAN 2008	34.0%	\$486,899	
Total Initial Capital Asset Costs				\$1,416,688

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	-- Avg Annual Energy	Cost+ Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	547,740	\$0.207	\$113,163	\$0	\$444,312
Natural Gas	kWh	535,500	\$0.048	\$25,918	\$0	\$93,451

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)

Project Alternative: IITC12	Run Date: 06-28-2006/23:13:06	
	Present Value (2006 Dollars)	Annual Value (2006 Dollars)
	-----	-----
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$868,818	\$148,583
At Service Date	\$368,166	\$62,963
	-----	-----
Subtotal	\$1,236,984	\$211,545
Operating, Maintenance & Repair Costs:		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
	-----	-----
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$537,763	\$91,967
Residual Value of Orig Capital Components	\$20,071	\$3,433
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$1,754,676	\$300,080

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ13 Seçeneği için girilen veriler:

MAIN BLOC MENU

- Individual Project Alternative Reports
- Comparative Analysis Reports
- QuickBLOC Program
- Get Up
- General Information
- EXIT

Use **↑** to make selection, then press **<Enter>**.
(or press highlighted character)

Create or edit input data file for one project alternative. Print input file.

GENERAL PROJECT DATA:

Project Name: **Istanbul'da ofis binası**
 Project Alternative: **IITÇ13**
 Base Date of Study (Month/Year): **7/2008** (e.g.: 4/2005)
 Service Date (Month/Year): **7/2008** (e.g.: 4/2005)
 Study Period Length (Years/Months from Base Date): **15/0** (e.g.: 20/0)
 Discount Rate: **15.00%** (real, excluding inflation)
 End-of-year or mid-year discounting of annually recurring costs (E/Y): **■**
 Comment: **■**

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

<F3>=Start Over <F10>=Skip to end of file

CAPITAL INVESTMENT DATA:

Initial Cost (Base Year Dollars): **\$120,134,488**
 Expected Life (from Service Date, Yrs/Months): **15/0**
 Residual Value Factor (% of Initial Cost): **10.0%**
 Price Escalation Rate before Service Date: **1.2%/year***
 Price Escalation Rate after Service Date: **1.2%/year***

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

*Price escalation rates should exclude general inflation.

<F3>=Start Over <F10>=Skip to end of file

Cost Phasing of Initial Costs during Planning/Construction Period
(Percent of Initial cost incurred in each year of PAC and at service date)

Plan/Const Year	Percent
1	33.00
2	33.00
At Service Date:	34.00

Use **Tab** and **Shift-Tab** to move forward and backward.
Press **<PgDn>** when finished, **<PgUp>** for previous screen.

Note: Initial costs are incurred at beginning of each year shown.
Unallocated costs before service date will be added at service date.

<F3>=Start Over <F10>=Skip to end of file

DOE Projected Energy Price Escalation Rates for Energy Type (A) Electricity
(Annual percent, net of general inflation)
Rate type = Residential, DOE Region = 3, Projection File: ENCO5T05

Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate	Year	Rate
2005	-2.25	2015	0.00						
2006	-3.44	2016	0.27						
2007	-2.52	2017	0.76						
2008	-0.76	2018	0.92						
2009	-0.68	2019	0.52						
2010	-0.41	2020	0.21						
2011	-0.24								
2012	0.17								
2013	0.88								
2014	0.40								

These rates are shown for inspection only. Press **<PgDn>** to continue.
To modify these rates press **<PgUp>** to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE rates".

<F3>=Start Over <F10>=Skip to end of file

BLOC Summary for Project: Istanbul'da ofis binası
Alternative: **IITÇ13**

Filename: **IITÇ13AA.DAT** Date of Analysis: **07-08-2008/13:19:35**
 Analysis Type: **General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes**
 Study Period: **15.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)**
 Plan/Const. Period: **15.00 Years (JAN 2008 through DEC 2007)**
 Service Period: **15.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)**
 Discount Rate: **15.00%**

	Present Value	Annual Value
Initial Cost (as of Service Date)	\$1,239,688	\$121,007
Energy Costs	1348,454	103,795
Less: Remaining Value	(\$20,155)	(\$3,440)
Total LCC	\$1,768,025	130,262

These rates are shown for inspection only. Press **<PgDn>** to continue.
To modify these rates press **<PgUp>** to return to energy data screen and change escalation type code to "User modifies DOE rates".

Press **<Enter>** to return to menu.

EK- 3. (Devam)BLCC simülasyon programında girilen veriler ve elde edilen sonuçlar

Simülasyonda IITÇ13 Seçeneği için elde edilen veriler:

PART I - INITIAL ASSUMPTIONS AND COST DATA

Project Name: istanbul'da ofis binası
 Project Alternative: IITÇ13
 Run date: 06-28-2006 23:21:45
 Run type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
 Comment:
 Input data file: IITÇ13.DAT, last modified: 06-28-2006/23:14:46
 LCC output file: IITÇ13.LCC, created: 06-28-2006/23:14:51
 Base Date of Study: JAN 2006
 Service Date: JAN 2008
 Study period: 15.00 years (JAN 2006 through DEC 2020)
 Plan/constr. period: 2.00 years (JAN 2006 through DEC 2007)
 Service Period: 13.00 years (JAN 2008 through DEC 2020)
 Discount rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
 End-of-year discounting convention

Initial Capital Asset Costs (not discounted)
 (Adjusted for Price Changes during Plan/Const. Period, if any)

	Year (Beginning)	Cost Phasing	Yearly Cost	Total Cost
	JAN 2006	33.0%	\$463,361	
	JAN 2007	33.0%	\$468,458	
AT SERVICE DATE:	JAN 2008	34.0%	\$487,963	
Total Initial Capital Asset Costs				\$1,419,782

Energy-Related Costs

Energy Type	Units	Avg Annual Usage	Price+ (\$/Unit)	-- Avg Annual Energy	Cost+ Demand	Total P.V. Cost
Electricity	kWh	599,760	\$0.207	\$123,910	\$0	\$486,510
Natural Gas	kWh	354,960	\$0.048	\$17,180	\$0	\$61,944

+Energy price as of base date (not adjusted for price escalation)

PART II - LIFE-CYCLE COST ANALYSIS Discount Rate = 15.0% Real (exclusive of general inflation)

Project Alternative: IITÇ13	Run Date: 06-28-2006/23:21:45	
	Present Value	Annual Value
	(2006 Dollars)	(2006 Dollars)
Capital Requirements as of Service Date:		
During Construction	\$870,716	\$148,907
At Service Date	\$368,970	\$63,100
Subtotal	\$1,239,686	\$212,008
Operating, Maintenance & Repair Costs		
Annually recurring Costs (non-energy)	\$0	\$0
Non-Annually Recurring Costs	\$0	\$0
Subtotal	\$0	\$0
Energy Costs	\$548,454	\$93,795
Residual Value of Orig Capital Components	\$20,115	\$3,440
Residual Value of Capital Replacements	\$0	\$0
Total Life-Cycle Project Cost	\$1,768,025	\$302,363

**EK- 4. BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları**

İÇ1 ve IITÇ11 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS

Project: istanbul'da ofis binasi
Base Case: İÇ1
Alternative: IITÇ11

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ1.LCC
Alternative LCC File: IITÇ11.LCC

Comparison of Present-Value Costs:

	Base Case: İÇ1	Alternative: IITÇ11	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$561,676	\$1,218,073	-\$656,397
	-----	-----	-----
Subtotal	\$561,676	\$1,218,073	-\$656,397
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,979,522	\$668,420	\$1,311,102
Residual Value at End of Study	-\$9,114	-\$19,764	\$10,651
	-----	-----	-----
Subtotal	\$1,970,409	\$648,656	\$1,321,753
	-----	-----	-----
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,532,085	\$1,866,729	\$665,356

Net Savings from Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ1'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$1,321,753
- Increased Initial Invest.	\$656,397

Net savings:	\$665,356

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ1'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 2.01$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ1'

Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 20.49%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 3

Discounted Payback occurs in year 4

**EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları**

İÇ1 ve İİTÇ12 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS (ver. 4.9-05)

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ1
Alternative: İİTÇ12

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ1.LCC
Alternative LCC File: İİTÇ12.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ1	Alternative: İİTÇ12	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$561,676	\$1,236,984	-\$675,308
Subtotal	\$561,676	\$1,236,984	-\$675,308
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,979,522	\$537,763	\$1,441,759
Residual Value at End of Study	-\$9,114	-\$20,071	\$10,957
Subtotal	\$1,970,409	\$517,692	\$1,452,717
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,532,085	\$1,754,676	\$777,409

Net Savings from Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ1'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$1,452,717
- Increased Initial Invest.	\$675,308
Net savings:	\$777,409

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ1'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 2.15$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ1'
(Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 21.03%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 3
Discounted Payback occurs in year 4

EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları

İÇ1 ve IITÇ13 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ1
Alternative: IITÇ13

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 200
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ1.LCC
Alternative LCC File: IITÇ13.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ1	Alternative: IITÇ13	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$561,676	\$1,239,686	-\$678,010
Subtotal	\$561,676	\$1,239,686	-\$678,010
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,979,522	\$548,454	\$1,431,068
Residual Value at End of Study	-\$9,114	-\$20,115	\$11,001
Subtotal	\$1,970,409	\$528,339	\$1,442,070
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,532,085	\$1,768,025	\$764,060

Net Savings from Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ1'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$1,442,070
- Increased Initial Invest.	\$678,010
Net savings:	\$764,060

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ1'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 2.13$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ1'
Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 20.93%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 3
Discounted Payback occurs in year 4

EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları

İÇ2 ve IITÇ11 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS

Project: istanbul'da ofis binası

Base Case: İÇ2

Alternative: IITÇ11

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ2.LCC
Alternative LCC File: IITÇ11.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ2	Alternative: IITÇ11	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$580,588	\$1,218,073	-\$637,485
Subtotal	\$580,588	\$1,218,073	-\$637,485
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,422,856	\$668,420	\$754,436
Residual Value at End of Study	-\$9,421	-\$19,764	\$10,344
Subtotal	\$1,413,435	\$648,656	\$764,779
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$1,994,023	\$1,866,729	\$127,294

Net Savings from Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ2'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$764,779
- Increased Initial Invest.	\$637,485

Net savings:	\$127,294

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ2'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.20$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'IITÇ11' compared to Base Case 'İÇ2'
(Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 16.40%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 5

Discounted Payback occurs in year 9

**EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA’ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları**

İÇ1 ve İİTÇ12 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ2
Alternative: İİTÇ12

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ2.LCC
Alternative LCC File: İİTÇ12.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ2	Alternative: İİTÇ12	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$580,588	\$1,236,984	-\$656,396
Subtotal	\$580,588	\$1,236,984	-\$656,396
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,422,856	\$537,763	\$885,093
Residual Value at End of Study	-\$9,421	-\$20,071	\$10,651
Subtotal	\$1,413,435	\$517,692	\$895,743
Total P.V. Life-Cycle Cost	1,994,023	\$1,754,676	\$239,347

Net Savings from Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ2'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$895,743
- Increased Initial Invest.	\$656,396
Net savings:	\$239,347

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)
For Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ2'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.36$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)
For Alternative 'İİTÇ12' compared to Base Case 'İÇ2'
Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 17.41%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 4
Discounted Payback occurs in year 8

EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları

İÇ2 ve İİTÇ13 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C : C O M P A R A T I V E E C O N O M I C A N A L Y S I S

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ2
Alternative: İİTÇ13

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ2.LCC
Alternative LCC File: İİTÇ13.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ2	Alternative: İİTÇ13	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$580,588	\$1,239,686	-\$659,098
Subtotal	\$580,588	\$1,239,686	-\$659,098
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,422,856	\$548,454	\$874,402
Residual Value at End of Study	-\$9,421	-\$20,115	\$10,694
Subtotal	\$1,413,435	\$528,339	\$885,096
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$1,994,023	\$1,768,025	\$225,998

Net Savings from Alternative 'İİTÇ13' compared to Base Case 'İÇ2'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$885,096
- Increased Initial Invest.	\$659,098
Net savings:	\$225,998

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'İİTÇ13' compared to Base Case 'İÇ2'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.34$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'İİTÇ13' compared to Base Case 'İÇ2'

Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 17.28%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 4

Discounted Payback occurs in year 8

**EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA’ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları**

İÇ3 ve İİTÇ11 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS

Project: istanbul'da ofis binası

Base Case: İÇ3

Alternative: İİTÇ11

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ3.LCC
Alternative LCC File: İİTÇ11.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ3	Alternative: İİTÇ11	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$583,289	\$1,218,073	-\$634,784
Subtotal	\$583,289	\$1,218,073	-\$634,784
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,610,961	\$668,420	\$942,541
Residual Value at End of Study	-\$9,464	-\$19,764	\$10,300
Subtotal	\$1,601,497	\$648,656	\$952,841
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,184,786	\$1,866,729	\$318,057

Net Savings from Alternative 'İİTÇ11' compared to Base Case 'İÇ3'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$952,841
- Increased Initial Invest.	\$634,784

Net savings:	\$318,057

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'İİTÇ11' compared to Base Case 'İÇ3'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.50$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'İİTÇ11' compared to Base Case 'İÇ3'

Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 18.16%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 4

Discounted Payback occurs in year 6

**EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları**

İÇ3 ve IITÇ12 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C : C O M P A R A T I V E E C O N O M I C A N A L Y S I S

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ3
Alternative: IITÇ12

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ3.LCC
Alternative LCC File: IITÇ12.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ3	Alternative: IITÇ12	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$583,289	\$1,236,984	-\$653,695
Subtotal	\$583,289	\$1,236,984	-\$653,695
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,610,961	\$537,763	\$1,073,198
Residual Value at End of Study	-\$9,464	-\$20,071	\$10,607
Subtotal	\$1,601,497	\$517,692	\$1,083,805
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,184,786	\$1,754,676	\$430,110

Net Savings from Alternative 'IITÇ12' compared to Base Case 'İÇ3'

Net Savings =	P.V. of Future Cost Savings	\$1,083,805
	- Increased Initial Invest.	\$653,695

	Net savings:	\$430,110

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'IITÇ12' compared to Base Case 'İÇ3'

$$SIR = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.66$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'IITÇ12' compared to Base Case 'İÇ3'
(Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 18.94%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 3
Discounted Payback occurs in year 6

EK- 4. (Devam)BLCC programı kullanılarak seçeneklerin YDMA'ni tamamlayıcı
değerlendirme yöntemleriyle karşılaştırılması sonuçları

İÇ3 ve IITÇ13 seçeneklerinin karşılaştırılması sonuçları:

N I S T B L C C: COMPARATIVE ECONOMIC ANALYSIS

Project: istanbul'da ofis binası
Base Case: İÇ3
Alternative: IITÇ13

Principal Study Parameters:

Analysis Type: General LCC Analysis--Non-Federal, No Taxes
Study Period: 15.00 Years (JAN 2006 through DEC 2020)
Plan/Constr. Period: 2.00 Years (JAN 2006 through DEC 2007)
Service Period: 13.00 Years (JAN 2008 through DEC 2020)
Discount Rate: 15.0% Real (exclusive of general inflation)
Base Case LCC File: İÇ3.LCC
Alternative LCC File: IITÇ13.LCC

Comparison of Present-Value Costs

	Base Case: İÇ3	Alternative: IITÇ13	Savings from Alt.
Initial Investment item(s):	-----	-----	-----
Capital Requirements as of Serv. Date	\$583,289	\$1,239,686	-\$656,397
	-----	-----	-----
Subtotal	\$583,289	\$1,239,686	-\$656,397
Future Cost Items:			
Energy-related Costs	\$1,610,961	\$548,454	\$1,062,507
Residual Value at End of Study	-\$9,464	-\$20,115	\$10,651
	-----	-----	-----
Subtotal	\$1,601,497	\$528,339	\$1,073,158
	-----	-----	-----
Total P.V. Life-Cycle Cost	\$2,184,786	\$1,768,025	\$416,761

Net Savings from Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ3'

Net Savings = P.V. of Future Cost Savings	\$1,073,158
- Increased Initial Invest.	\$656,397

Net savings:	\$416,761

Note: the SIR and AIRR computations include only differential initial costs as investment costs.

Savings-to-Investment Ratio (SIR)

For Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ3'

$$\text{SIR} = \frac{\text{P.V. of Future Cost Savings}}{\text{Increased Capital Investment}} = 1.63$$

Adjusted Internal Rate of Return (AIRR)

For Alternative 'IITÇ13' compared to Base Case 'İÇ3'
(Reinvestment Rate = 15.00%; Study Period = 15 years)

AIRR = 18.83%

Estimated Years to Payback (from beginning of Service Period)

Simple Payback occurs in year 4

Discounted Payback occurs in year 6

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERTAN TATLI, Gülay
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 01.07.1973 Ankara
 Medeni hahi : Evli
 Telefon : 0 (216) 361 84 01
 Faks : 0 (216) 573 90 44
 e-mail : g.ertan@ttnet.net.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mim.Fak.Mim.Böl.	2006
Lisans	YTÜ / Mim. Fak.Mim.Böl.	1996
Lise	İSTEK Vakfı Bağlarbaşı Belde Öz.Den.L.	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2000-2004	ÇUHADAROĞLU Alüminyum San. A.Ş.	Sistem Tas. Mim.
1997-2000	TEPE Yapı San. A.Ş.	Uygulama Pr.Mim
1996-1997	TEMTES Mimarlık	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce