

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA
DEĞİŞKEN YAPI KABUKLARI İÇİN BİR TASARIM
DESTEK SİSTEMİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mimar N. Volkan GÜR**

Anabilim Dalı : MİMARLIK

Programı : YAPI BİLGİSİ

NİSAN 2007

**MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA
DEĞİŞKEN YAPI KABUKLARI İÇİN BİR TASARIM
DESTEK SİSTEMİ**

**DOKTORA TEZİ
Y. Mimar N. Volkan GÜR
502012053**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Ocak 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Nisan 2007**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Murat AYGÜN

Diğer Jüri Üyeleri Doç.Dr. Bilge IŞIK (İ.T.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Ayşin SEV (M.S.G.S.Ü.)

Prof. Aydan ÖZGEN (M.S.G.S.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Aslıhan TAVİL (İ.T.Ü.)

NİSAN 2007

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında beni yönlendiren ve bu tezin ortaya çıkmasında payı olan tez danışmanım Doç. Dr. Murat Aygün'e,

bugüne kadarki eğitimimde katkısı olan saygıdeğer tüm hocalarıma,

tüm çalışma arkadaşlarıma,

özellikle de,

hayatım boyunca beni desteklemiş olan değerli aileme,

ve biricik eşim Hande'ye

teşekkür ederim...

Nisan 2007

N. Volkan Gür

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	xii
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Çalışmanın Yöntemi	2
2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1. Mimaride Sürdürülebilirlik	4
2.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı ve Gelişimi	4
2.1.2. Mimaride Sürdürülebilirliği Sağlama Yolları	8
2.1.2.1. Ekoloji	8
2.1.2.2. İnsan Sağlığı ve Konforu	13
2.1.2.3. Yapılabilirlik	16
2.1.3. Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi	17
2.1.3.1. Çevre Değerlendirmesi	17
2.1.3.2. Ekonomik Değerlendirme	19
2.2. Yapı Alt Sistemleri ve Bir Yapı Alt Sistemi Olarak Yapı Kabuğu	19
2.2.1. Yapı Kabuğuna İlişkin Parametreler ve Tasarımın İç Ortam Konforu Üzerindeki Etkisi	26
2.2.1.1. Konfor ve Enerji ile İlgili Parametreler	26
2.2.1.2. Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji Tüketimi ve İç Ortam Konforu Üzerindeki Etkisi	27
2.2.2. Cam Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması	31
2.2.3. Tek Kabuklu Cephe Sistemleri	32
2.2.3.1. Dış Tarafa Yer Alan Güneş Kontrol Elemanları	32
2.2.3.2. Entegre Güneş Kontrol Elemanları	38

2.2.3.3. İç Tараftа Yer Alan Güneş Kontrol Elemanları	39
2.2.4. Birden Fazla Kabuklu Cephe Sistemleri	39
2.2.4.1. Mekanik Havalandırılmalı Boşluklu Cepheler	41
2.2.4.2. Çift Kabuklu Cepheler	43
2.2.5. İklim Holleri	56
2.3. Değerlendirme Yöntemleri	57
2.3.1. Değerlendirmenin Tanımı	57
2.3.2. Değerlendirme Yöntemlerinin Sınıflandırılması	59
2.3.2.1. Fayda Teorisine Dayalı Yöntemler	59
2.3.2.2. Alternatiflerin Maliyetleri Üzerine Kurulu Yöntemler	68
2.3.2.3. Çok Kriterli Değerlendirme Yöntemleri	70
2.4. Değişkenlik	75
2.4.1. Değişkenliğin Tanımı	75
2.4.2. Dış Ortam Koşullarındaki Değişkenlik	76
2.5. Bölüm Sonucu	80
 3. MİMARİDE BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİSİ OLARAK YAPI KABUĞUNDA DEĞİŞKENLİK	 81
3.1. Yapı Kabuğunda Değişkenlik İhtiyacı	81
3.2. Yapı Kabuğundaki Değişkenlik Alanları	82
3.3. Yapı Kabuğundaki Değişkenlik Türleri	86
3.4. Değişken Yapı Kabuğu Uygulamaları	86
3.5. Değişken Yapı Kabuğu Uygulamalarının İncelenmesi	87
3.6. Bölüm Sonucu	90
 4. DEĞİŞKEN YAPI KABUKLARI İÇİN BİR TASARIM DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ	 91
4.1. Cephe ile İlgili Fonksiyonlar ve Gereksinimler	91
4.2. Cephe ile İlgili Kriterler	94
4.2.1. Isıl konfor	94
4.2.2. Enerji Korunumu	95
4.2.3. Aydınlatma/ Gün Işığından Maksimum Düzeyde Faydalanma	96
4.2.4. Güneş Kontrolü Sağlanması	96
4.2.5. Havalandırma/ Doğal Havalandırmanın Sağlanması	96
4.2.6. İhtiyaçlar Doğrultusunda Değişkenlik	97
4.2.7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yararlanma	97

4.2.8. Su/ Nemden Korunma	97
4.2.9. Mukavemet ve Denge/ Kararlılık/ Yüklere Karşı Dayanım	98
4.2.10. Yangından Korunma	99
4.2.11. Güvenlik	99
4.2.12. Estetik	99
4.2.13. Kokusuzluk	99
4.2.14. Ses Kontrolü	99
4.2.15. Temizlik	100
4.2.16. Geri Dönüşümlü/ Doğaya Etkisi Az Olan Malzemelerin Kullanımı ..	100
4.2.17. Boyutsal Uyum	100
4.2.18. Kalıcılık	101
4.2.19. Ekonomi	101
4.3. Tasarlama Metotları	101
4.4. Model Kurma	112
4.5. Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi	116
4.5.1. Değişkenlik/ Esneklik Seçeneklerinin/ Çözümlerinin İlgili Alanlara Yönelik Ayrı Tablolar Halinde Gösterilmesi ve Puanlandırılması	128
4.5.2. İlgili Amaçlara/ Fonksiyonlara Bağlı Ağırlıkların Verilmesi	130
4.5.3. Seçeneklerin/ Çözümlerin Ortak Bir Tabloda Toplam Değerlerinin Bulunması	132
4.6. Bölüm Sonucu	133
5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULANMASI	134
5.1. Değişkenlik/ Esneklik Seçeneklerinin/ Çözümlerinin İlgili Alanlara Yönelik Ayrı Tablolar Halinde Gösterilmesi ve Puanlandırılması	134
5.2. İlgili Amaçlara/ Fonksiyonlara Bağlı Ağırlıkların Verilmesi	151
5.3. Seçeneklerin/ Çözümlerin Ortak Bir Tabloda Toplam Değerlerinin Bulunması	152
5.4. Bölüm Sonucu	154
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	155
6.1. Sonuçlar	155
6.2. Öneriler	158
KAYNAKLAR	160
EKLER	168
ÖZGEÇMİŞ	179

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Çevresel etki ve iklim değişikliği için bir kontrol listesi	12
Tablo 2.2 Kullanıcı sağlığı ve konforu için bir kontrol listesi	14
Tablo 2.3 Cephenin konstrüktif kriterlere göre sınıflandırılması	23
Tablo 2.4 Cephe kullanıma olasılığı gösteren güneş/ ışık kontrol sistemleri	29
Tablo 2.5 Cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesi	30
Tablo 2.6 Arası boşluklu malzemelerde ek ses geçirimsizlik değerleri	31
Tablo 2.7 İkili karşılaştırma metodu	67
Tablo 2.8 İstanbul'da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$)	77
Tablo 2.9 İstanbul'da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen ortalama güneşlenme süreleri (saat)	77
Tablo 2.10 İstanbul'da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen yağış, rüzgar ve kar uç değerleri	77
Tablo 2.11 Dış etmenlerin değişkenlik periyotları ve aralıkları ile bu etmenlerle ilgili iç ortamdaki konfor aralıkları	79
Tablo 3.1 Cephenin fonksiyonel kriterlere göre sınıflandırılması	85
Tablo 3.2 Farklı cephe sistemlerinin enerji, doğal havalandırma ve değişkenlik alanları yönünden karşılaştırılması	87
Tablo 4.1 Tasarım aşamaları ve bu aşamalara yönelik metotlar	106
Tablo 4.2 İki farklı tasarımcı düşünce yapısının gruplandırılmış özellikleri	111
Tablo 4.3 Kriterler- değişkenler arası olası etkileşimler	117
Tablo 4.4 Yapı kabuğu ile ilgili sistemler ile dış ortam ve kullanıcının konfor parametreleri arasında olası ilişkiler	118
Tablo 4.5 Esnek olan ve olmayan ürünler için bazı örnekler	125
Tablo 4.6 Değişim durumları ve etkileri analizi tablosunun ana başlıkları ..	126
Tablo 4.7 Onbir dereceli ve beş dereceli skalalar ve değerlendirmeye karşılık gelen puanlar	129
Tablo 4.8 Seçeneklerin/ çözümlerin belirli amaçlar/ fonksiyonlar yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	130
Tablo 4.9 Amaçların bağıl ağırlıklarını belirleyebilmek üzere kullanılan ikili karşılaştırma metodu	131

Tablo 4.10	Amaçlar/ fonksiyonlar, değişkenlik ve amaç/ fonksiyon ağırlıklarına bağlı olarak ara değerlerin ve toplam değerin elde edilmesi	132
Tablo 5.1	Seçeneklerin/ çözümlerin enerji korunumu/ kazanımı yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	135
Tablo 5.2	Seçeneklerin/ çözümlerin güneş kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	138
Tablo 5.3	Seçeneklerin/ çözümlerin doğal aydınlatma/ ışık kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	141
Tablo 5.4	Seçeneklerin/ çözümlerin doğal havalandırma yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	144
Tablo 5.5	Seçeneklerin/ çözümlerin ses kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu	148
Tablo 5.6	Amaçların/ fonksiyonların bağlı ağırlıklarını belirleyebilmek üzere kullanılan ikili karşılaştırma metodu	151
Tablo 5.7	Amaçlar/ fonksiyonlar ve amaç/ fonksiyon ağırlıklarına bağlı olarak alternatiflerin ara ve toplam değerlerinin elde edilmesi ...	153
Tablo A.1	Farklı alanlarda değişkenlik özellikleri gösteren seçilmiş bazı uygulamalar	168

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	Yapı alt sistemlerinin birbiri ile ilişkisi	19
Şekil 2.2	Yapıda farklı düzeydeki sistemler	21
Şekil 2.3	Yapı kabuğunun sınıflandırılması için kriterler	22
Şekil 2.4	Yapı kabuğu parametreleri	24
Şekil 2.5	Çok farklı türleri olan cam cephe sistemlerinin beş ana kategoride sınıflandırılması	31
Şekil 2.6	Cam cephe sistemlerinin sınıflandırılması	32
Şekil 2.7	Dış tarafta yer alan belirli açıda yerleştirilmiş sabit lameller etkin güneş kontrolü sağlarken aşağıya bakışı engellemiyor (Hongkong ve Shanghai Bankası cephe sistemi)	33
Şekil 2.8	Güneş kontrolünün eğimli cephe ve dış ortamdaki cam lamellerle sağlandığı bir örnek	33
Şekil 2.9	Güneşin değişen açılarına ve hava koşullarına göre ayarlanabilen lamellerin yer aldığı Seele binası	34
Şekil 2.10	Büyük boyutlu, eksenleri üzerinde dönebilen lameller etkin güneş kontrolü sağlamaktadır	34
Şekil 2.11	Eksenleri üzerinde dönebilen özel yansıtıcı cam lameller	35
Şekil 2.12	Hologramlı cam lameller doğrudan gelen ışığı yansıtırken yayınlık ışık iç ortama geçebiliyor	35
Şekil 2.13	Hologramlı camın doğrudan gelen ışığı yansıtması	35
Şekil 2.14	Fotovoltaik hücrelerin entegre edildiği hareketli cam lamellerin güneşin hareketini izlediği bir cephe sistemi	36
Şekil 2.15	Hareketli boru ızgara sisteminin gün ışığı geçişini kontrol etmesi	36
Şekil 2.16	Yapı yüksekliğindeki güneş kontrol elemanlarının eğrisel yapının etrafında yatay yönde hareket ederek güneşin pozisyon değişimlerini izlemesi (İspanya Expo '92 Siemens pavyonu)	37
Şekil 2.17	Prizmatik akrilik panellerden oluşan hareketli güneş kontrol sistemi detayı (İspanya Expo '92 Siemens pavyonu)	37
Şekil 2.18	Cam ünite ile entegre, manyetik olarak kontrol edilebilen hareketli güneş kontrol elemanları	38
Şekil 2.19	Cam ünitenin ara boşluğunda yer alan delikli, sabit alüminyum lamelli entegre güneş kontrol elemanları	38

Şekil 2.20	Güneş kontrolünün iç taraftan; yatay lameller, açık kablo yolları ve havalandırma kanalları ile sağlanması	39
Şekil 2.21	Dış tarafta tek cam, iç tarafta çift cam ünite ve aralarında güneş kontrol elemanlarının yer aldığı, birden fazla kabuklu cephesi olan bir büro binası	40
Şekil 2.22	İki kabuk arasında yer alan diyafram mekanizmalı güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı Paris Arap Enstitüsü binası	40
Şekil 2.23	Açılıp kapanarak gün ışığı geçişini kontrol altında tutan diyafram mekanizmaları	41
Şekil 2.24	Mekanik havalandırmalı boşluklu cephelerde yukarı (a) veya aşağı (b) yöndeki hava akışı	42
Şekil 2.25	Ofis katında hava akışı ve ışık yönlendirme sistemini gösteren kesit (Londra'daki Yeni Parlamento Binası)	42
Şekil 2.26	Dışa doğru eğimli olarak uygulanmış bir mekanik havalandırmalı boşluklu cephe	43
Şekil 2.27	Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; hava giriş ve çıkış açıklıkları atık havanın tekrar içeri girmemesi için diyagonal olarak yerleştirilmiştir	45
Şekil 2.28	Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı bir örnek (RWE Binası)	46
Şekil 2.29	Cephe ara boşluğunun havalandırma biçimini ifade eden kesit detayı (RWE Binası)	46
Şekil 2.30	İç tarafta yer alan kabuk üzerinde yer alan kat yüksekliğinde yatay sürme doğramalar (RWE Binası)	47
Şekil 2.31	Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephesi olan Düsseldorf Stadttor	47
Şekil 2.32	Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış bir çift kabuklu cephe sisteminin yakın görünüşü (Düsseldorf Stadttor)	48
Şekil 2.33	Doğal havalandırmanın mekanik yolla kapanabilen özellikteki kapakçıklar tarafından sağlanması ve havalandırma şemasını gösteren şekil (Düsseldorf Stadttor)	48
Şekil 2.34	Yürünebilen ara boşluğa açılan eksenli kapılardan oluşan iç kabuğun ve dış kabuk üzerinde yer alan korkuluğun görünüşü (Düsseldorf Stadttor)	49
Şekil 2.35	Dış kabuğu oluşturan hareketli cam lamellerin ara boşluktan ve dıştan görünüşü (Debis Binası)	49
Şekil 2.36	Dış kabuğu oluşturan cam lamellerin kışın kapanarak ısıl tampon bölge yaratması (a), yazın ise açık durumda doğal havalandırma görevini yapması (b) (Debis Binası)	50

Şekil 2.37	Yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; ara boşluk kesintisiz ve serbestçe havalanmaktadır	51
Şekil 2.38	Yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı Victoria Ensemble binası	52
Şekil 2.39	Yapı yüksekliğinde çift kabuklu bir cephenin kesit detayı ve havalandırma şeması (Victoria Ensemble)	52
Şekil 2.40	Doğal baca etkisi ile batı cephesindeki boşlukta yükselen sıcak hava alçak basınç yaratarak doğu cephesinden temiz havanın içeri çekilmesini sağlıyor	53
Şekil 2.41	Şaft tipi çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; oklar hava akımlarının yönünü göstermektedir	54
Şekil 2.42	Şaft tipi çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı Düsseldorf'taki ARAG binası	55
Şekil 2.43	ARAG binasının şaft tipi çift kabuklu cephesinin havalandırma prensibinin kesit ve görünüş üzerinde gösterimi	55
Şekil 2.44	ARAG binasında katların havalandırma biçimini gösteren kesit .	56
Şekil 2.45	Bir şaft tipi çift kabuklu cephede, kullanılmış havanın şafta girerek bunun içinden yükselmesi sonucunda üst kısımdan dış ortama atılması	56
Şekil 2.46	İklim holü prensibinin uygulandığı atriumlu bir yapıda havalandırma stratejisi	57
Şekil 2.47	Yılın farklı ayları için ısı kazanç ve kayıplarının karşılaştırılması	78
Şekil 3.1	Değişken cephe kavramının sınıflandırması	83
Şekil 4.1	Cephe ile ilgili gereksinimler; fonksiyonlar; tamamlayıcı önlemler ve yapı teknolojisi	92
Şekil 4.2	Tasarım sürecinin aşamaları ve bunların ilişkileri	105
Şekil 4.3	Karar verme süreci	115
Şekil 4.4	İç ortamda farklı kriterler yönünden istenen konfor düzeylerini kapsayan konfor uzayının şematik gösterimi	119
Şekil 4.5	Farklı cephe elemanlarının, veya aynı cephe elemanının değişen dış koşullar karşısında gösterdiği performans değerlerindeki değişimin şematik gösterimi	119
Şekil 4.6	Zamana bağlı olarak sıcaklığın değişimi ve üst-alt limitler arasında kalan konfor bölgesi	120
Şekil 4.7	Bir bina için enerji gereksinimi- hava sıcaklığı ilişkisi	120
Şekil 4.8	Kısıtlama sınırı dışında kalan alternatifin yapılacak değişiklikler ile olabilir alternatifler bölgesine çekilmesi	121

Şekil 4.9	Değişen dış koşullar karşısında iç ortam konforunu sağlayabilmek için cephe sistemindeki değişkenlik olanaklarının değerlendirilmesine yönelik bir akış çizgesi	122
Şekil 4.10	Ürün tasarımı için bir uzman model	123
Şekil 4.11	Değişken alternatiflere (cephe sistemlerine) yönelik bir tasarım destek sisteminin uygulama süreçleri	127
Şekil A.1	Daimler Benz Binası, Berlin	169
Şekil A.2	Daimler Benz Binası Cephe Kesiti	169
Şekil A.3	Mediothek Binası Cephesi, Sendai	170
Şekil A.4	Mediothek Binası Cephe Kesiti	170
Şekil A.5	Enstitü Binası Cephesi, Grenoble	171
Şekil A.6	Enstitü Binası Cephe Kesiti, Grenoble	171
Şekil A.7	Yönetim Binası Cephesi, Würzburg	172
Şekil A.8	Yönetim Binası Cephe Kesiti, Würzburg	172
Şekil A.9	Yönetim Binası Cephe Yenilemesi, Stuttgart	173
Şekil A.10	Yönetim Binası Cephe Kesiti, Stuttgart	173
Şekil A.11	Stadttor Cephe Görünüşü, Düsseldorf	174
Şekil A.12	Stadttor Cephe Kesiti, Düsseldorf	174
Şekil A.13	Messehochhaus, Hannover	175
Şekil A.14	Messehochhaus 1.Cephe Kesiti	175
Şekil A.15	Messehochhaus 2.Cephe Kesiti	175
Şekil A.16	RWE Cephe Görünüşü, Essen	176
Şekil A.17	RWE Cephe Kesiti	176
Şekil A.18	Arap Enstitüsü Binası, Paris	177
Şekil A.19	Arap Enstitüsü Cephe Kesiti	177
Şekil A.20	Yönetim Binası, Wiesbaden	178
Şekil A.21	Hareketli Cephe Elemanları, Wiesbaden	178
Şekil A.22	Yönetim Binası Cephe Kesiti, Wiesbaden	178

MİMARİDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAPSAMINDA DEĞİŞKEN YAPI KABUKLARI İÇİN BİR TASARIM DESTEK SİSTEMİ

ÖZET

Bu çalışmada, kullanıcıların farklı gereksinimlerine ve dış etmenlerin dinamik karakterine uyum sağlayabilen değişken yapı kabuklarına yönelik bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Yöntemin hedef kitlesini, yapı kabuğu tasarımı yapan mimar ve mühendisler oluşturmaktadır. Tasarımcı, önerilen yöntemi kullanarak, kendi tasarımını uygulanmış örnekler ile birlikte değerlendirebilme olanağına sahiptir.

Yapıların yaşam dönemi dört ana safhaya ayrılmıştır, bunlar; üretim, kullanım, yenileme/ geri kazanım ve yıkım safhalarıdır. Çalışmada önerilen yöntemin, yapının kullanım safhasına odaklanarak, tasarım aşamasında kullanılması öngörülmüştür.

Altı bölümden oluşan çalışmanın adımları aşağıda özetlenmiştir.

İlk bölümde, problemin tanımı yapılmış, çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde, çalışmaya temel oluşturan ilgili kavramlar açıklanmış ve bunlarla ilgili bilgi aktarılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramının tanımı ve gelişim süreci özetlenmiş, mimaride sürdürülebilirliği sağlayabilme yollarından bahsedilmiştir. Bu bağlamda, ekoloji ile insan sağlığı ve konfor şartları üzerine bilgi verilmiştir. Sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi için kullanılan araç ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Bundan sonra, çalışmanın odak noktasını oluşturan yapı kabukları üzerine bilgi verilmiştir. Yapı kabuklarının bir türü olan, özellikle büro yapılarında görülen cam cephe sistemlerinin sınıflandırılması yapılmış ve sistemler örneklerle açıklanmıştır. Yapı kabuğunun enerji ve konfor ile ilgili parametreleri, tasarımın iç ortam konforu üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Değerlendirme üzerine bilgi verilen kısımda, tanım ve yöntemlerin sınıflandırması yapılmıştır. Fayda değerine dayalı, maliyetler üzerine kurulu, çok kriterli değerlendirme yöntemleri ve teknikleri açıklanmıştır. Çalışmada, yapı kabuklarındaki değişkenlik üzerinde durulduğundan, kavramın anlaşılması için ilgili tanım ve açıklamalar yapılmıştır. Yapı kabuğu üzerinde etkin olan dış koşulların değişken özelliği ifade edilmiştir.

İlgili kavramların açıklanmasını ve gerekli bilgilerin aktarılmasını izleyen *üçüncü bölümde*, sürdürülebilir mimarlığın yapı kabuğu alanında uygulanma stratejilerinden biri olarak ele alınan değişkenlik üzerinde durulmuştur. Yapı kabuklarında ortaya çıkan değişkenlik ihtiyacı açıklanmıştır. Değişkenliğin yapı kabuğunda görüldüğü alanlar ve bu alanlardaki değişkenlik türleri açıklanmıştır. Fonksiyonel değişkenlik alanları; hava ve ses geçirgenliği, enerji korunumu/ kazanımı, güneş kontrolü, doğal

aydınlatma olarak belirlenmiştir. Yapı elemanında meydana gelebilecek değişkenlik ikiye ayrılmıştır:

1. Bileşenin başkası ile değiştirilmesi yoluyla değişkenlik
2. Bileşen başkası ile değiştirilmeden olabilecek değişkenlik

Bileşen, başka biri ile değiştirilmeden meydana gelebilecek değişkenlik türleri; ekleme, çıkarma, kalınlaştırma, inceltme ve pozisyon/ durum değişikliği olarak sayılabilmektedir.

Çalışmanın Ek A kısmında fotoğraf, çizim ve açıklamaları ile verilmiş olan, değişkenlik gösteren bazı yapı kabuğu uygulama örneklerinin farklı özellikleri özetlenmiştir.

Çalışma konusuna temel oluşturan ilgili bilgilerin önceki bölümlerde aktarılmasından sonra, *dördüncü bölümde*, değişken özellikler gösteren yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Öncelikle cephe ile ilgili gereksinimler, fonksiyonlar ve kriterler üzerine bilgi verilmiştir. Tasarlama metotlarından bahsedilen kısmı takiben model kurma üzerine bilgi aktarılmıştır. Bu aşamaları izleyen kısımda, çalışmada geliştirilmiş olan, “değişken cephe sistemleri için bir tasarım destek sistemi”nde takip edilmesi gereken adımlar açıklanmıştır.

Değişken yapı kabukları için kullanılabilecek tasarım destek sisteminin ilk adımını, uygulamalardaki farklı alanlara ait değişkenlik/ esneklik seçeneklerinin/ çözümlerinin ayrı birer tabloda listelenmesi ve puanlandırılması oluşturmaktadır.

Yapı kabuğu uygulamalarında incelenebilecek, değişkenlik gösterme potansiyeli olan seçenek/ çözüm alanları;

- enerji korunumu/ kazanımı,
- güneş kontrolü,
- doğal aydınlatma/ ışık kontrolü,
- doğal havalandırma,
- ses kontrolü

olarak belirlenebilir.

Çalışmada beş dereceli (0-4) bir skala kullanılmıştır. Puanların karşılık geldiği anlamlar, incelenen alana bağlı olarak çözüm düzeyi veya konfor düzeyi olarak ifade edilebilir. Tüm örneklerde uygulanmış olan çözümler/ seçenekler her alan için ayrı tablolarda listelenmeli ve puanlandırılmalıdır. Tablo 1’de, değişkenlik potansiyeli olan seçeneklerin/ çözümlerin belirli amaçlar/ fonksiyonlar yönünden değerlendirilmesi için yararlanılabilecek inceleme tablosunun ana hatları verilmiştir.

Tablo 1: Seçeneklerin/ çözümlerin belirli amaçlar/ fonksiyonlar yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Amaç/ fonksiyon için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun amaç/ fonksiyon yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun amaç/ fonksiyon yönünden değerlendirilmesi					Amaç/ fonksiyon puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
U.A	U.A.1								P _{U.A.1}
	U.A.2								P _{U.A.2}
	U.A.3								P _{U.A.3}
U.B	U.B.1								P _{U.B.1}
	U.B.2								P _{U.B.2}

...

...

...

Herhangi bir yapı elemanının karşılamakla görevli olduğu fonksiyonların/ alt amaçların önem dereceleri aynı düzeyde olmayabilir. Öncelik gösteren fonksiyonlara/ alt amaçlara bağlı ağırlık değerlerinin atanması, yöntemin ikinci adımını oluşturmaktadır. Ağırlık verme işlemi için ikili karşılaştırma metodundan yararlanılabilir. Amaçlara/ fonksiyonlara kendi aralarında ağırlık verme işlemi, hedeflenen üst amaçla ve içinde bulunulan koşullar ile doğrudan ilişkilidir. Cephe elemanı için geçerli olan alt amaçlar/ fonksiyonlar; dış koşullara, ihtiyaca ve cephenin yönlenmesine bağlı olarak farklı ağırlıklar alabilmektedir. Tüm bu faktörlerin değerlendirilmesi en doğru ağırlıkların verilmesinde etkili olmaktadır.

Önceki iki adımda elde edilen verileri kullanarak sistemin toplam değerinin ortaya çıkarıldığı bu aşamada; tüm alt amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları bir tabloda gösterilmelidir (Tablo 2). Her amaç/ fonksiyon değeri bu veriler kullanılarak elde edilir.

Tablo 2: Amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıklarına bağlı olarak ara ve toplam değerlerin elde edilmesi

Uygulama örneği	1.Amaç/ fonksiyon puanı	1.Amaç/ fonksiyon ağırlığı	1.Amaç/ fonksiyon değeri	2.Amaç/ fonksiyon puanı	...	...
U.A	$P1_{U.A}$	A1	$D1_{U.A}$	$P2_{U.A}$	...	...
U.B	$P1_{U.B}$	A1	$D1_{U.B}$	$P2_{U.B}$	...	...
...	...	...	...	...	...	...

$$D1_{U.A} = P1_{U.A} \times A1 \quad (a)$$

$$\Sigma D_{U.A(1,n)} = D1_{U.A} + D2_{U.A} + \dots + Dn_{U.A} \quad (b)$$

(a) denkleminde $D1_{U.A}$ 1. amaç/ fonksiyon değerini, $P1_{U.A}$ 1. amaç/ fonksiyon puanını (min.-maks.), A1 ise 1. amaç/ fonksiyon ağırlığını ifade etmektedir. 1. amaç/ fonksiyon puanının 1. amaç/ fonksiyon ağırlığı ile çarpımı sonucunda 1. amaç/ fonksiyon değeri bulunmaktadır. Bu işlem, birinci uygulama için diğer tüm amaçlar/ fonksiyonlar için tekrar edilmelidir. Diğer uygulamalar için aynı adımlar tekrarlanmalıdır.

Birinci uygulamaya ait “n” sayıdaki amaçların/ fonksiyonların değerlerinin toplamı sonucunda elde edilen toplam değer ($\Sigma D_{U.A}$) (b) denklemi ile ifade edilmiştir. Bu işlem, ele alınan diğer uygulamalar için tekrar edilmelidir.

Beşinci bölüm, çalışmada geliştirilmiş olan tasarım destek sisteminin, gerçekleştirilmiş cephe örnekleri üzerinde uygulamasını kapsamaktadır.

Aşağıda yer alan (3) ve (4) denklemlerinde, toplam amaç/ fonksiyon değerlerine erişmek için yapılan işlemler gösterilmiştir.

$$D_T = D_E + D_G + D_A + D_H + D_S \quad (3)$$

$$D_T = (P_E \times A_E) + (P_G \times A_G) + (P_A \times A_A) + (P_H \times A_H) + (P_S \times A_S) \quad (4)$$

- D_T : Toplam amaç/ fonksiyon değeri
 D_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon değeri
 D_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
 D_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
 D_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon değeri
 D_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
 P_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
 A_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
 P_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
 A_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
 P_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
 A_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri

- P_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
 A_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
 P_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
 A_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri

Sistemlerin alt amaç/ fonksiyon (D_E , D_G , D_A , D_H , D_S) ve toplam amaç/ fonksiyon değerlerindeki (D_T) sapma (iki değer arasındaki fark), sistemlerdeki değişkenlik özelliklerinden dolayı ortaya çıkmaktadır. Değer sapma miktarının az olması, sistemde amaç/ fonksiyon yönünden uygulanan değişkenliğin alt düzeyde, fazla olması ise üst düzeyde olduğunu göstermektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki farkın miktarı, sistemin belirlenen amaçları karşılamaya yönelik potansiyel değişkenlik kapasitesini göstermektedir.

Çalışmada önerilen yöntemin örnekler üzerinde denenmesi ile ortaya çıkan sonuçlar ve öneriler *altıncı bölümde* açıklanmıştır.

A DESIGN SUPPORT TOOL FOR VARIABLE BUILDING SKINS IN THE SCOPE OF SUSTAINABLE ARCHITECTURE

SUMMARY

In this study, a design support tool for variable building skins, which can be adapted to the dynamic character of external conditions and user requirements has been developed. The target users of this method are architects and engineers who design the building envelope. The designer has the possibility to direct his/ her design with the information which is obtained from the evaluation of the applied examples. Any building has four phases; that are production phase, occupancy phase, renovation/ regain phase and destruction phase. In this study, the proposed method has been developed for the use in the design stage focusing the occupancy phase.

The study consists of six chapter which are summarized as follows.

In the *first chapter*, the definition of the problem, the objective, scope and method of the study have been explained.

In the *second chapter*, relevant fundamental concepts are clarified and information has been given about these concepts. The definition and development of the concept sustainability have been summed up and the methods of achieving sustainability in architecture have been mentioned. In this context, information has been given about ecology, human health and comfort conditions. The tools and methods that are used for the evaluation of sustainability have been discussed. After that, information has been given about the building skin, which is the focus point of the study. Glass facade systems have been classified and illustrated, which are a type of the building skins and can be seen particularly in the office buildings. Energy and comfort relevant parameters of the building skin, and the effects of the design on the internal comfort have been explained. The definition has been given and methods have been classified in the section which is about evaluation. Because in the study the variability of the building skin is focused, relevant definitions and information have been given in order to understand the concept. The dynamic properties of the external factors have been mentioned that affect the building skin.

In the *third chapter*, the variability has been focused, which is considered as the strategy of the application of sustainable arhitecture on the building skin. The variability of the building skins and the need for the variability have been researched. The functional variability areas of the building envelopes can be classified as the permeability for air and sound, energy conservation/ gain, solar control and natural light.

There can be two types of variability for any building element; the first one is the variability by which a component is replaced with another one, and the second one is

the variability by which no replacement is occurred. The second one is divided into five groups; which are addition, removal, thicken, thinning and position/ condition change.

A summary has been made for the variable properties of some selected applied examples that have been given in Appendix A with relevant information, photographs and drawings.

In the *fourth chapter* of the study, after the required information has been given in the previous sections, a design support tool for building skins with variable properties has been developed. At first, information has been given about the needs, functions and criteria of building skins. After the design methods have been mentioned, information has been given about the model establishment. In the following part, a design support tool for variable building skins has been developed.

The proposed design support tool for variable building skins consists of three phases:

In the first phase, variable alternatives/ solutions for the objectives/ functions have to be listed and scored in separated tabels. The alternatives/ solutions areas of the building envelopes that have the potential for variability are;

- energy conservation/ gain
- solar control
- control of natural light
- natural ventilation
- sound control

A five point scale (0-4) is used to give score for the alternatives/ solutions according to the objectives/ functions. The scores can be translated to solution or comfort level related to the inspected alternatives/ solutions areas of the building envelopes. All variable alternatives/ solutions of the building skin for every area should be listed and scored. In Table 1, main features of the inspection table for the evaluation of the variable alternatives/ solutions according to relevant objectives/ functions are given.

Table 1: Inspection table for the evaluation of the variable alternatives/ solutions according to relevant objectives/ functions

Example	Applied potential variability for the objective/ function (response of building skin)		Potential effects of the applied variability according to the objective/ function	Evaluation of the variability according to the objective/ function					Score for the objective/ function
	Code number	Explanation of the condition		Inadequate solution/ very uncomfortable	Weak solution/ poor comfort	Satisfactory solution/ average comfort	Good solution/ good comfort	Perfect solution/ extremely comfortable	
U.A	U.A.1								P _{U.A.1}
	U.A.2								P _{U.A.2}
	U.A.3								P _{U.A.3}
U.B	U.B.1								P _{U.B.1}
	U.B.2								P _{U.B.2}
...	...								...

In the second phase, because the priority of the objectives/ functions differ generally, every objective/ function has to be weighted and given relative weighting scores. For giving relative weighting scores, each objective/ function has to be compared against each other. The weights of the objectives/ functions depend on the main aim and the conditions. The objectives/ functions for the building skin can gain different weightings depending on the external factors, requirements and the direction of the building skin. For giving the suitable weights, all of the factors should be evaluated.

In the last phase, the scores of the alternatives/ solutions for the objectives/ functions have to be multiplied by the relative weighting scores of the objectives/ functions. In this manner, the sub- and total values of the alternatives/ solutions according to the objectives/ functions can be attained. All data that have been achieved in the previous phases should be listed in a table. In Table 2, main features of the table used to achieve the sub- and total values related to the objective/ function scores and weighting scores are given.

Table 2: Achieving the sub- and total values related to the objective/ function scores and weighting scores

Example	1.Objective/ function score	1.Objective/ function weight	1.Objective/ function value	2.Objective/ function score	...	...
U.A	$P1_{U.A}$	A1	$D1_{U.A}$	$P2_{U.A}$	...	...
U.B	$P1_{U.B}$	A1	$D1_{U.B}$	$P2_{U.B}$	...	...
...	...	...	...	...	...	...

$$D1_{U.A} = P1_{U.A} \times A1 \quad (a)$$

$$\Sigma D_{U.A(1,n)} = D1_{U.A} + D2_{U.A} + \dots + Dn_{U.A} \quad (b)$$

In the equation (a), $D1_{U.A}$ is the 1.objective/ function value, $P1_{U.A}$ is the 1.objective/ function score (min.-max.), and A1 is the 1.objective/ function weight. 1.objective/ function score has to be multiplied by the 1.objective/ function weight to attain 1.objective/ function value. This operation should be repeated for other objectives/ functions in the first example. For other examples, the operation should be repeated.

The total objective/ function value of the first example ($\Sigma D_{U.A}$) that has been achieved with addition of all objective/ function values with “n” number has been indicated in the equation (b). For other examples, the operation should be repeated.

In the *fifth chapter*, the proposed method has been tested with ten built façade examples. The examples have been chosen from different countries and have different variable properties in point of the functional criteria of the building skin.

In the equations (3) and (4), the operations are indicated for attaining the total objective/ function value of the examples.

$$D_T = D_E + D_G + D_A + D_H + D_S \quad (3)$$

$$D_T = (P_E \times A_E) + (P_G \times A_G) + (P_A \times A_A) + (P_H \times A_H) + (P_S \times A_S) \quad (4)$$

- D_T : Total objective/ function value
- D_E : Objective/ function value for energy conservation/ gain
- D_G : Objective/ function value for solar control
- D_A : Objective/ function value for controlling natural light
- D_H : Objective/ function value for natural ventilation
- D_S : Objective/ function value for sound control
- P_E : Objective/ function score (min.-max.) for energy conservation/ gain
- A_E : Objective/ function weight for energy conservation/ gain
- P_G : Objective/ function score (min.-max.) for solar control
- A_G : Objective/ function weight for solar control
- P_A : Objective/ function score (min.-max.) for controlling natural light
- A_A : Objective/ function weight for controlling natural light

- P_H : Objective/ function score (min.-max.) for natural ventilation
 A_H : Objective/ function weight for natural ventilation
 P_S : Objective/ function score (min.-max.) for sound control
 A_S : Objective/ function weight for sound control

The difference of the values of the objectives/ functions (D_E , D_G , D_A , D_H , D_S) and total (D_T) have been occurred because of the variability of the systems. The amount of the value differences points out the capacity of the potential variability of the system for meeting the objectives/ functions.

In the *sixth chapter*, the outcomes derived from testing the proposed method with the selected examples and suggestions for future studies have been explained.

1. GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyıl, cephe mimarisinde önemli değişim ve teknolojik yenilikler getirmiştir. Bilim ve teknolojideki büyük ivme, yeni inşaat malzemelerinin keşfine ve inşaat yapım teknolojilerinde gelişmelere yol açmıştır. 20. yüzyılın ilk çeyreğinde yüksek yapıların ortaya çıkması ile, yapım hızı ve hafif malzemeler daha fazla önem kazanmıştır. Paslanmayan, hafif ama dayanıklı, kolay işlenebilen bir metal olması alüminyumun, temperleme yönteminin keşfi ile sertleştirilerek emniyetli bir hale getirilmesi ise camın cephe sistemlerinde birlikte kullanılmasında önemli rol oynamıştır. Bundan sonraki dönemde, günümüze gelinceye dek cephe sistemleri alanında büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

Günümüzde her alanda “şeffaflık”, “değişkenlik” ve “sürdürülebilirlik” kavramları öne çıkmaktadır. Yapıların biçimlenmesinde bu kavramların etkisi hissedilmeye başlanmıştır. Yapı kabuğunu tasarlarken amaç; gün ışığından maksimum düzeyde yararlanırken, iç ortama temiz hava girişine imkan veren, zaman içinde değişen çevresel etmenlere ve kullanıcı gereksinmelerine uyum sağlayan, aynı zamanda enerji etkin sistemlerin ortaya konmasıdır.

1.1. Problemin Tanımı

Yapı kabuğu, iç ortamdaki kullanıcının gereksinme duyduğu konfor şartlarının sağlanarak korunmasında önemli fonksiyonlar üstlenmektedir. Dış ortam koşulları durağan özellikte değildir ve sürekli bir değişim söz konusudur; hava sıcaklığı, güneş ışınlarının geliş açısı, gökyüzünün açıklık durumu, yağmur, rüzgar, vb. gibi birçok çevresel etmen zaman içinde değişkenlik göstermektedir. Günümüzde uygulamaları görülen cephe sistemleri genellikle değişmez, sabit özellikler taşımaktadır. İç ortamda belirli bir dengenin sağlanıp sürdürülmesinde görevli olan yapı kabuğunun değişen çevresel etmenler ve kullanıcı gereksinimleri karşısında değişmez özellikler taşıması ve değişken koşullara uyum özelliğinin bulunmaması, konfor koşullarının sağlanmasında sorunlara ve fazla enerji tüketimine yol açabilmektedir. Bunun sonucunda da, iş verimi düşük kullanıcılar ve daha fazla çevresel kirlenme ortaya

çıkılmaktadır. Bu nedenle, yapı kabuğunun değişime adaptasyon özelliği, yapı kabuğu tasarımında önemli bir kriter olarak göz önüne alınmalıdır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yapılarda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran yapı kabukları çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada, tasarımcılara tasarım sürecinde yardımcı olması hedefi ile, sürdürülebilirlik ilkesine bağlı kalınarak kullanıcıların farklı gereksinimlerine ve çevresel etmenlerin dinamik yapısına uyum sağlayan değişken cephe sistemlerine yönelik bir tasarım destek sisteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bir yapının yaşam dönemi dört aşamada incelenebilmektedir (Williamson ve diğerleri, 2003, s.94):

- Yapının tasarım ve inşaa sürecini kapsayan *üretim aşaması*
- Yapının işletim ve bakımını kapsayan *kullanım aşaması*
- Yapının üretim sürecine paralellik gösteren *yenileme, iyileştirme ve geri kazanım aşaması*
- Malzemelerin ve bileşenlerin yeniden kullanımını veya atılmasını kapsayan yapının *yıkım aşaması*

Sürdürülebilirlik, çok geniş kapsamlı bir kavram olduğundan ve yapının ve yapı elemanlarının her aşamasını kapsayan bir çalışmanın olası büyük boyutunun sınırlandırılabilmesi amacı ile, çalışmada, yapı kabuğunun kullanıcılar tarafından kullanım sürecini hedef alan bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Yürütölen çalışma aşağıda belirtildiği şekilde planlanmıştır:

- Öncelikle çalışmanın nedenini oluşturan problem alanının belirlenmesi ve çözüme yönelik olarak çalışma amacı ve kapsamının açıklanması
- Çalışmada yararlanılan bazı temel kavramların açıklanması
- Yapı kabuğunda değişkenlik kavramını açıklayabilmek üzere, değişken özellikler gösteren cephe sistemi örneklerinin verilmesi ve açıklanması

- Yapı kabuğu üzerinde etkin olan çevresel etmenlerin, fonksiyonel gereksinmelerin belirtilmesi, kriterlerin bu gereksinmeler doğrultusunda açıklanması
- Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında, kullanıcıların farklı gereksinmelerine ve çevresel faktörlerin dinamik yapısına uyum sağlayacak değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sisteminin geliştirilmesi
- Önerilen yöntemin uygulanması
- Elde edilen sonuçların ve önerilerin açıklanması

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Mimaride Sürdürülebilirlik

2.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramının Tanımı ve Gelişimi

Sürdürülebilirlik kavramı ilk defa 1972 yılında, Stockholm’de yapılan İnsan Çevresi Konferansı sırasında kullanılmaya başlanmış, konferans sonunda Stockholm Çevre Bildirgesi yayımlanmıştır. Bunu 1976’daki Barcelona Sözleşmesi izlemiştir. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan, Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) olarak adlandırılan ve Bruntland Raporu olarak bilinen rapor ise sürdürülebilirliğin günümüzde de kullanılan tanımını ortaya koymuştur: “Sürdürülebilir kalkınma, günümüzün ihtiyaçlarını karşılarken, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını tehlikeye atmadan yapılan kalkınmadır.” (Bruntland, 1987). Bruntland Raporu’ndan sonraki gelişme 1992 yılında gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’dır. Konferansta yağmur ormanlarının ve biyolojik çeşitliliğin korunması, CO₂ emisyonunun azaltılması ve sürdürülebilir gelişme için yeni stratejiler geliştirilmesi konularında kararlar alınmıştır. Rio Bildirgesi, Orman İlkeleri Bildirgesi, İklim Değişikliği Sözleşmesi, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi ve Gündem 21 (Agenda 21) belgeleri kabul edilmiştir. Bundan sonra, 1997 yılında Kyoto şehrinde, atmosfere salınan sera gazlarının azaltılmasını konu alan Birleşmiş Milletler Küresel Isınma Konferansı düzenlenmiştir.

Sürdürülebilirlik son yıllarda üzerinde önemle durulan bir kavramdır. Sürdürülebilir tasarım ve kalkınmada karşılanması beklenen gereksinimler aşağıdaki maddelerle açıklanabilmektedir (<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/info.cfm>, 2006):

- Günümüzün ihtiyaçlarını gelecek kuşakların yaşam kalitesini tehlikeye atmadan sağlamalı
- Ekonomik büyümeyi, çevresel kirlenmeyi minimum düzeyde tutarak sağlamalı, az atık üretmeli, sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre sağlamalı

- İnsan gereksinimlerini; gelişme, sosyal eşitlik, ekoloji ve ekonomi arasında bir denge sağlayacak şekilde karşılamalı
- Çevresel etki, enerji kullanımı, doğal kaynaklar, ekonomi ve yaşam kalitesi konularını göz önüne almalı
- Bir projenin planlama, programlama, tasarım, yapım, kullanım ve yok olma aşamalarını içeren tüm yaşam döngüsü kapsamında optimum yarar sağlamalı

Yüksek performans, yeşil ve sürdürülebilir yapım, mimarlık literatüründe artık sıklıkla karşılaşılan ifadelerdir. Buna karşın, *sürdürülebilir yapım* tanımı, ekolojik, sosyal ve ekonomik konularda daha kapsamlı bir çerçeve oluşturmaktadır. Uluslararası bir yapım araştırma organizasyonu olan CIB (Conseil International du Batiment), 1994 yılında, sürdürülebilir yapımın amacını; “kaynakların etkin kullanımını ve ekolojik tasarımı temel alarak sağlıklı çevrelerin yaratılması ve yönetilmesi” olarak tanımlamıştır (Kibert, 2005, s.9).

Sürdürülebilir mimari; içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde çevreye duyarlı, doğaya en az düzeyde zarar veren, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür. İnsan gereksinimlerini, doğal kaynakların varlığını ve geleceğini tehlikeye atmadan karşılamayı esas alır. Sürdürülebilir yapılar; kullanıcıların sağlığı ile konforunu korur ve geliştirir, yapımı ve kullanımı sırasında doğayı ve doğal kaynakları korur, yıkımından sonra diğer yapılar için kaynak, ya da doğaya zarar vermeyecek şekilde atık oluşturur.

Mimaride sürdürülebilirlik, insan sağlığı ve ekolojik dengeye duyarlılığı vurgulayan bir kavramdır. Ekolojik dengeye saygı, binaların daha az enerji tüketmesi, geri dönüşümü olan malzemelerin kullanımı, doğal enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanmak gibi çözümler ile olabilmektedir. Tüm yapı elemanlarının sürdürülebilirlik ilkesi doğrultusunda uygulanması, doğaya verilen zararın minimize edilmesi için bir gereklilik olarak gözükmektedir.

Enerjinin etkin kullanımı ve doğal çevreyi koruma, mimarlıkta sürdürülebilirliğin önemli amaçlarındanıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemli ilkelereindir. Bunlar; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, deniz kökenli enerjilerdir. Ortaya çıkan ürünün doğa ile

uyumu önceliklidir. Sürdürülebilir mimarlığın ilkeleri arasında kullanıcı sağlığının korunması ve konforunun artırılması da bulunmaktadır.

1998 yılında askeri teşkilata bağlı mühendis ve mimarlarla yapılan, tesislerin planlama, tasarım, yapım ve kullanım sürecinde enerji korunumunu sağlama yollarının tartışıldığı bir toplantıda ortaya çıkan fikirlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır (<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/Discussion.cfm>, 2006):

- Enerjinin kullanımında verimli işletme ve bakımın teşvik edilmesi
- Enerjinin verimli kullanıldığı yapıların yayımlanması/ pazarlanması/ ödüllendirilmesi
- İyi tasarım ve işletmelerin ödüllendirilmesi
- En verimli tasarım için yarışmaların yapılması. Kazanan tasarımın özelliklerinin yayımlanması
- Tasarımcıların işbirliğinin artırılması
- Bina sahibi ve kullanıcılardan tasarımcıya performans geri beslemesi sağlanması
- Kullanıcılarla daha fazla koordinasyon
- Mimar, elektrik mühendisi ve makine mühendisi arasında daha fazla koordinasyon
- Isıtmada güneşten yararlanma
- Kullanılmış havadan ısının geri kazanımı
- Enerjiyi verimli ve tutumlu kullanan donanım
- Aydınlatmada gün ışığı kullanımı
- İç mekanlara ışık sağlamak üzere çatı feneri, ışık tüpü kullanımı
- Ofis kullanıcılarının kontrol edebildiği ışıklandırma
- Işıklandırma için kullanıcı sensörleri
- Pencereye olan uzaklığa göre bölgesel ışıklandırma
- Pasif güneş tasarımı
- Pasif güneş ısıtması

- Gerekli cephelerde güneş kontrol elemanı kullanımı
- Binaların/pencerelerin yönlendirilmesinde hakim rüzgarın dikkate alınarak doğal havalandırma imkanından yararlanma
- Isı depolama
- Aktif güneş ısıtması
- Aktif güneş tasarımı
- PV (fotovoltaik paneller)
- Rüzgar enerjisinden güç üretilmesi
- Havayı ısıtmak için vantilatör destekli tromb duvarı kullanımı
- Isının bina içinde tutulması için gece kepenkleri/ısı tutucu perdeler
- Güney cephesinde güneş ısısından yararlanma
- Elektro kromik cam
- Low-e cam
- Pencere gölgeleme elemanları

Yine aynı toplantıda, tasarım kalitesi ve enerji korunumu karşısındaki engellerin neler olduğu konusunda ortaya çıkan fikirlerden bazıları ise aşağıda sıralanmıştır (<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/Discussion.cfm>, 2006):

- Tasarımcıların enerji korunumundan bir yarar elde etmemeleri
- Ekonomi sonucunda bir sonraki yılın bütçesinden para kaybı
- Bina sahibi/kiracıda enerji koruma konusunda güdü eksikliği
- Kullanımdan sonra kullanıcılardan geri besleme olmaması
- Politik direnç
- Bakım eksikliği
- İyi eğitilmiş bakım personeli eksikliği
- Tasarımın maddi limitleri
- Yeni olan bir şeyi denemede çekingenlik
- Yeni teknolojilere adaptasyonda tasarım kriterlerinde esneklik olmaması

- Tasarıma yetersiz geri besleme
- Bakım maliyeti
- Tasarım maliyeti
- Yapım maliyeti
- Yeni ürünler hakkında bilgi eksikliği
- Tasarım sürecinde disiplinler arası işbirliğinin yetersizliği
- Müşteri direnci
- Yüklenicilerin yapım sürecinde yaptığı hatalar (ısı köprüleri, vb.)

2.1.2. Mimaride Sürdürülebilirliği Sağlama Yolları

Sürdürülebilirliği mimarlık alanında uygulayabilme yollarını, ekoloji, insan sağlığı ve konforu, yapılabirlik gibi farklı yönlerden ele alarak açıklamak, konunun boyutlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

2.1.2.1. Ekoloji

Ekolojinin tanımı Türk Dil Kurumu sözlüğünde, “canlıların hem kendi aralarındaki hem de çevreleriyle olan ilişkilerini tek tek veya birlikte inceleyen bilim dalı” şeklinde geçmektedir.

Ekoloji ile ilgili tanımlamalardan bir kısmı aşağıda verilmiştir (Tönük, 2001):

Ekoloji, “insan ve diğer canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalıdır”.

Ekoloji, “doğa ve insan kaynaklarının rasyonel kullanımı ile ilgilidir”.

Ekoloji, “bir ürünün üretiminden yok oluşuna kadar geçen süreçte çevre sistemlerinin olumsuz etkilenmesini en aza indireyecek sistemlerin bilimsel olarak araştırılıp uygulanmasının yollarını arayan bilim dalıdır”.

“Gün ışığı kullanımı, doğal havalandırma ve enerjinin tutumlu kullanımı ekolojik mimarlığın bileşenleridir”.

“Ekolojik binalar çevre sistemlerini maksimum derecede korumayı esas alırken, bina içinde de insanlar için en uygun mikroklimatik ortamı sağlamalıdır”.

Tönük, sürdürülebilirliğin bir bileşeni olan ekolojik mimarlığın ilkeleri olarak aşağıdaki maddeleri sıralamıştır:

- Tasarımda ekolojik ilgi, ekolojik bakış ve yaklaşım ilkeleri
- Çevre sistemlerini korumak, doğa ile uyum içinde tasarlamak ve yaşamak
- İnsan ve doğaya saygı
- Kaynakların tutumlu kullanımı
- Planlamanın ve uygulamada kullanılacak malzemelerin geri dönüşümlü olması
- Enerjinin tutumlu kullanılması. Binanın yapım ve kullanım aşamalarında gerekli olan enerjinin akılcı kullanım ile minimize edilmesi
- Güneş, su ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik verilmesi
- Yeni binaların yanında eski binaları da enerji ve ekolojik ilkeler açısından iyileştirme
- Tasarımların esneklik ve değişkenlik kriterlerine imkan sağlaması
- Enerji korunumlu yapı kabuğu
- Yapı kabuğunda güneş kolektörleri
- Gün ışığından maksimum düzeyde faydalanma
- Doğal havalandırmanın mümkün olduğunca ön planda tutulması
- Üretim, uygulama, kullanım ve yok olma aşamalarında doğaya en az zarar veren malzemelerin seçimi
- Dayanıklı ve bakım maliyeti düşük malzemelerin kullanımı
- Geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı

Tükenmeyen doğal enerji kaynaklarından en önemlileri rüzgar, su ve güneş enerjileridir.

Rüzgar enerjisini mekanik enerjiye çevirerek fayda sağlamak eski çağlardan beri bilinmektedir. Rüzgar enerjisinin ilk kullanımı rüzgar ile çalışan değirmenlerdir.

Rüzgar enerjisi ile çalışan elektrik santralleri de günümüzde geliştirilerek kullanılmaktadır.

Tükenmeyen enerji kaynaklarından biri de su enerjisidir ve bu enerji de rüzgar enerjisi gibi mekanik enerjiye dönüştürülebilmektedir. Havaya kıyasla, suyun yoğunluğunun daha fazla olması nedeniyle, su enerjisi rüzgar enerjisine göre daha avantajlıdır. Akarsular üzerinde kurulan baraj ve santraller elektrik enerjisi üretiminde çok büyük bir öneme sahiptir.

Güneş, dünyanın ana enerji kaynağıdır. Güneşin üzerindeki hidrojenin helyuma dönüşmesi nedeniyle $70.000-80.000 \text{ kW/m}^2$ ışınsal enerji oluşurken, dünya üzerine gelen miktar 1.35 kW/m^2 dir. Güneş ışınlarının oluşturduğu enerjinin miktarı yörenin iklimsel özelliklerine, deniz seviyesinden yüksekliğine v.b. kriterlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Güneş enerjisinin mimarlıkta kullanımı üzerine çeşitli alternatifler söz konusudur. Bunların en önemlileri aşağıda sıralanmıştır (Tönük, 2001):

- Pasif solar sistemler yoluyla güneşten enerji kazanılması (kış bahçeleri, güneyde tasarlanan büyük cam yüzeyler, v.b.)
- Aktif solar sistemler yoluyla güneşten enerji kazanılması (kollektörler)
- Fotoelektrik değişim yoluyla elektrik enerjisi kazanılması (PV paneller)

Cevre Sorunları ve Ekoloji

Sürdürülebilir mimarlık için çevresel etkilerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Bu etkiler çeşitlilik göstermektedir. İnsanların yapılar ile ilişkili aktivitelerinden ortaya çıkan ve çevreye salınan emisyonların etkileri olarak şunlar gösterilebilmektedir (Williamson ve diğerleri, 2003, s.86):

- Sera etkisi: Yeryüzünden yansıyan kızıl ötesi ışınlamaları bloke eden gazlar sebebiyle oluşmaktadır. Sera etkisi, ısı dengesinin değişmesine ve tehlikeli iklimsel değişikliklere sebep olabilmektedir.
- Ozon tabakasının incelmesi: Atmosferdeki ozon tabakası mor ötesi ışınlamayı (UV ışınları) emmektedir. Fazla miktarda mor ötesi ışınlam, bitki, hayvan ve insan yaşamına zarar verme potansiyelindedir; örneğin deri kanserinin oluşumunda bir faktördür. Ozonu tüketen maddeler arasında en iyi bilinenleri kloroflorokarbonlar (CFCs) olarak adlandırılan kimyasallardır ve 1920'lerden beri yapılarda; plastik

köpüklerin üretiminde, buzdolaplarında ve klimalarda, yangın söndürme sistemlerinde ve temizlik için çözücü olarak kullanım alanı bulmaktadır. Bu kimyasallar bir kere atmosfere salındıktan sonra, yaklaşık olarak 20 yıl sonra, güneşin etkisi ile bozularak serbest klor açığa çıkmakta ve ozon tabakasını tahrip etmektedir. 1987 yılında Montreal’de yapılan uluslararası bir protokol, ozona zarar verici kimyasalların kullanımını önlemeyi amaçlamıştır.

- Kirli hava (smog): Yazın, havadaki nitrojen oksit ve karbonhidratın güneş ışığı ile kombinezonu sonucu oluşan kirli havanın insanlar, flora ve fauna için zararlı etkileri bulunmaktadır. Kışın, küçük partiküler maddelerin konsantrasyonu ve sülfür dioksit (SO₂) insanlarda solunumla ilgili problemlere sebep olabilmektedir.
- Toksinler: Yapıların üretim ve işletimi sırasında havaya, suya ve toprağa salınan birçok madde, insanlar, hayvanlar, bitkiler ve onları destekleyen ekosistemleri için zehirlidir. İç ortamdaki hava kalitesine bağlı olarak ortaya çıkan hastalıklar artan bir ilgi ile incelenmektedir. Toksinler vücuda nefes alma ve tensel temas yoluyla girebilmektedir. Yapılarda bulunan birçok malzeme havaya kimyasal gazlar salmaktadır. Yapıştırıcılar ve boyalar belirgin uçucu madde kaynaklarıdır. Daha az belirgin olan kaynaklar olarak; işlenmiş ahşaplar, laminatlar, halılar, duvar kaplamaları ve mantar ile küf sporları sayılabilir. Toksinlere maruz kalınması, mukozada ve ciltte tahriş gibi hastalıklara, veya çoğunlukla baş ağrısı, yorgunluk, konsantrasyon güçlüğü gibi daha genel rahatsızlıklara sebep olmaktadır.
- Atık imhası: Birçok ülkede katı atık imhası için elverişli alan eksikliği bulunmaktadır. Atık ürünlerin uygun olmayan şekilde yok edilmesi havanın, toprağın veya su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilmektedir.
- Radyoaktivite: Nükleer güç tesislerinde olabilecek kazalar ve radyoaktif atıkların depolama riskleri insanlığın karşı karşıya olduğu en zararlı potansiyel tehditlerdendir.

Ekolojik Tasarım ve Yapım İlkeleri

Çevresel etki ve gelecekteki iklim değişikliği, sürdürülebilir mimarlıkta göz önünde bulundurulması gereken unsurlardandır. Bunun için aşağıda verilmiş olan Tablo 2.1, bu konu ile ilgili özet liste olarak incelenebilir.

Tablo 2.1: Çevresel etki ve iklim değişikliği için bir kontrol listesi (Williamson ve diğerleri, 2003, s.139)

Konu	İlgililer	Amaçlar	Başlıca aktif ilgililer	Mimarın mümkün yaklaşımları	Ürün için mümkün yaklaşımlar	Notlar
Çevresel etki-İklim değişikliği	Birçok ekosistem, şimdiki ve gelecekteki nesiller	- Yaşam dönemi boyunca gerçekleşen sera gaz emisyonları azaltılabilir - Karbon kullanımı azaltılabilir - Olası iklim değişikliği etkileri azaltılabilir	Tasarımcılar, müşteriler, kullanıcılar, devlet, müteahhitler, ürün üreticileri	- Yaşam dönemi sera gaz analizi yapılabilir - Yapının gelecekteki işletmesi üzerine müşteri ve kullanıcılarla çalışılabilir - Yapının içinde yer aldığı üst sistem, müşteri ile birlikte çalışarak dikkate alınabilir - Müteahhitler ve ürün üreticileri ile birlikte kaynaklar ve süreçler üzerine çalışılabilir	- Yapı formu, malzemeler ve kontrol sistemleri ile ısıtma ve soğutma gereksinimleri azaltılabilir - Yapının işletmesi için sera gazları üretmeyen enerji türleri kullanılabilir - Enerji etkin aygıtlar, su ısıtma, mekan ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılabilir - Üretiminde ve taşınmasında sera gazlarının az miktarda oluşmasına imkan veren malzeme ve süreçler kullanılabilir	- Yaşam dönemi sera gaz analizi için güvenilir lokal veri bulunması zor olabilir - Enerji kullanan ısıtma ve soğutma sistemlerine olan ihtiyacın azaltılması için birçok strateji geliştirilmiştir: gölgeleme, yönlendirme, yalıtım, tromb duvarları, havalandırma şaftları, jeotermal sistemler, çift kabuklu cepheler, vb. - Gelecekteki iklim değişiklikleri yağmur, rüzgar, sıcaklıklar, vb. üzerinde etkili olabilir

Ekolojik mimarlığın tasarım ilkeleri olarak, Tönük'ün çalışmasında aşağıdakiler maddelenmiştir (Tönük, 2001):

- Yapma çevrenin tasarımında ve kullanımında doğal kaynakların zarar görmesini en az seviyeye indirme
- Mevcut topoğrafyaya uygun, toprak zenginliklerine, suya, havaya, mevcut yeşil dokuya saygılı bir yaklaşım ile binanın konumlandırılması
- Doğa ile uyumlu tasarlama, iklim şartlarına ve topoğrafik özelliklere uyumlu tasarım
- Fonksiyonel mekan gruplarının yataydaki tasarımında sirkülasyon elemanlarını ve sulu hacimleri mümkün olduğu kadar kuzey yönde tasarlamak
- Bina içinde yatay dağılımda olduğu gibi düşey dağılımda da ekolojik ilkeleri göz önüne almak

- Tasarımın esneklik ve değişkenlik kriterlerine imkan sağlaması ve mekanların çok fonksiyonlu olması
- Güneş enerjisini kullanmaya yönelik tasarımlar
- Modern teknolojinin ağırlıklı olarak yer aldığı disiplinlerarası bir tasarım çalışması olan akıllı binaların tasarım ilkelerini geliştirmek

Yapı kabuğu- bina formu ve yapı fiziğine yönelik ilkeler

- Kompakt bina formları
- Isı yalıtımlı dış duvarlar ve camlar
- Yapı kabuğunda güneş kollektörleri
- Güney cephelerinde geniş, kuzey cephelerinde ise mümkün olduğu kadar az pencere boşluğu kullanımı. Fonksiyonel mekan gruplarının planda buna uygun olarak planlanması
- Gün ışığından maksimum düzeyde yararlanma
- Doğal havalandırmanın mümkün olduğu kadar ön planda tutulması
- Doğal havalandırma ve aydınlatmanın yeterli olmadığı durumlarda yapay havalandırma ve aydınlatma için çevreye en az zarar veren ileri teknoloji ürünlerinin kullanımı

2.1.2.2. İnsan Sağlığı ve Konforu

Kullanıcı konforu, sağlığı ve güvenliği, sürdürülebilir mimarlığın başlıca amaçlarından biridir (Williamson ve diğerleri, 2003, s.91). Bu nedenle tasarımların, kullanıcı ihtiyaçlarının gözetilerek yapılması gerekmektedir. Tablo 2.2’de sürdürülebilir mimarlığın önemli bileşenlerinden biri olan kullanıcı sağlığı ve konforu için tasarımda yararlanılabilecek bir kontrol listesi verilmiştir.

Tablo 2.2: Kullanıcı sağlığı ve konforu için bir kontrol listesi (Williamson ve diğerleri, 2003, s.142)

Konu	İlgililer	Amaçlar	Başlıca aktif ilgililer	Mimarın mümkün yaklaşımları	Ürün için mümkün yaklaşımlar	Notlar
Kullanıcı sağlığı	Kullanıcılar ve komşular	Sağlıklı insanlar	Tasarımcılar, müşteriler, devlet	Tasarım kararlarının potansiyel sağlık etkileri değerlendirilebilir	• Temiz hava değişim oranını yüksek tutan tasarımlar yapılabilir (min. gereksinimlerin üzerinde) • Toksik olmayan malzemeler kullanılabilir • Kolay temizlenen ve bakımı yapılan tasarımlar yapılabilir	• Öngörülen bakımların yapılmadığı durumlarda sağlık problemleri ortaya çıkabilir- bakımların aksamasının olasılığı ve etkileri göz önünde bulundurulabilir
Kullanıcı konforu	Kullanıcılar	• Isıl konfor • Görsel konfor • Akustik konfor	Tasarımcılar, müşteriler, devlet	Konfor için tercihler belirlenebilir	• Kabul edilebilir limitler içinde kalan iç ortam koşullarını sağlayan yapılar tasarlanabilir • Yalnızca diğer sürdürülebilir konularla ilgili ise enerji tüketen sistemler kullanılabilir	• Konfor seviyeleri için algılama ve tercihler çok çeşitlilik gösterir • Konfor ve diğer kaliteler (örneğin iç-dış bağlantısı) arasında yapılan tercihler de çeşitlilik gösterir • Koşullardaki kabul edilebilir değişiklikler, kullanıcıların kendilerini rahatsız hissettiklerinde aktivitelerini ve konumlarını değiştirebilme imkanına kısmen bağlıdır

Yapı kabuğu, çevre ve sürdürülebilir yaşam biçimleri konularında artan bilinç ile birlikte, son yıllarda araştırma ve geliştirme alanlarında giderek artan bir önem kazanmıştır. 1960'ların sonlarında ve 1970'lerin başlarında iç ortam konforu çoğunlukla yüksek performanslı iklimlendirme sistemleri ile sağlanmaktaydı. O zamandan günümüze, dış kabuğun enerji korunumundaki önemi artmıştır. Enerji tüketimi ve “hasta bina sendromu” konusundaki tartışmalar bakış açısını değiştirmiştir. Günümüzde yapı kabuğunun performansının optimize edilmesi amacıyla gün ışığı, enerji, aerodinamik gibi farklı konulardaki uzmanlar birlikte çalışmalar yapmaktadırlar.

Yapı kabuğunun öncelikli görevleri arasında dış ortam şartlarını kontrol ederek iç ortamda konfor koşullarını sağlamak gelmektedir. Konfor koşullarının sağlanmasında başlıca faktörler iç ortamdaki hava sıcaklığı, ortalama yüzey

sıcaklıkları, hava değişim oranı, iç ortamdaki bağıl nem, aydınlık düzeyi ve parlaklıktır. Bu konfor parametreleri birbirlerinden bağımsız değildir ve aralarında sıkı bir bağ vardır. Konforlu olarak algılanan iç ortam hava sıcaklığı, iç ortamdaki bağıl neme, yüzey sıcaklıklarına ve ortamdaki hava hareketine bağlıdır; ayrıca giyim ve fiziksel aktivite gibi bireye bağlı faktörlerden de etkilenmektedir (Schittich, 2001, s.30).

İç ortamdaki bağıl nem oranı dışındaki tüm konfor parametreleri, uygun yapı kabuğu tasarımı ile doğrudan kontrol edilebilmektedir. Hava değişimi, havalandırma açıklıklarının sayısı ve boyutu ile ayarlanabilmektedir. Parlaklık ve aydınlık düzeyi de, yapı kabuğundaki açıklıkların türü, pozisyonu ve boyutundan etkilenmektedir. Gözlemlere dayanarak, iyi tasarlanan bir yapı kabuğunun, iç mekanda konforlu bir ortam yarattığı söylenebilmektedir (Schittich, 2001, s.31).

İç Ortamdaki Hava Sıcaklığı

İç ortamdaki hava sıcaklığı için konfor bölgesi 20-25 °C arasında değişmektedir. Yaz için 27 °C sıcaklık kabul edilebilir üst değerdir. İç duvar yüzey sıcaklıkları ve iç ortamdaki bağıl nem uygun olursa 18 °C sıcaklık konforlu olarak algılanabilmektedir.

Ortalama Yüzey Sıcaklıkları

Bu sıcaklıklar ile iç ortam hava sıcaklığı arasında 2-3 K değerinden fazla farklılık olmamalıdır; ortamdaki çeşitli yüzey sıcaklıklarının arasındaki fark da 3-4 K değerini aşmamalıdır.

Hava Değişimi ve Hava Hareketi

Kullanıcının bulunmadığı oda için minimum hava değişim oranı olarak 0.3/saat yeterli sayılırken, bu değer çalışma saatlerinde 1.1/saat oranına kadar yükselmelidir. Bu, kişi başına 40-60 m³/saat taze hava girişine karşılık gelmektedir. Doğal havalandırmada, havalandırma açıklıkları için genellikle 200 cm²/m² döşeme alanı değeri yeterli olmaktadır. Aynı zamanda hava cırcıyanını önlemek üzere hava hızının 0.15 m/sn değerini geçmemesi önemlidir (Schittich, 2001).

İç Ortamdaki Bağıl Nem

Oda sıcaklığına bağlı olarak, iç ortamdaki bağıl nem oranı için konfor bölgesi %30-70 arasındaki değerlerdir. Bazı kaynaklarda bağıl nem için konfor aralığı %40-60 arasında kabul edilmektedir.

Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi birimi lx'tür. Çalışma ortamındaki aydınlık için gereken değerler aktiviteye, oda yerleşimine ve pencereye yakınlık durumuna bağlıdır. Genellikle ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyleri, pencere kenarındaki çalışma ortamı için 300 lx, standart ofis odası için 500 lx, yüzey yansımaya değeri yüksek olan açık planlı ofislerde 700 lx, yüzey yansımaya orta değerlerde olan açık planlı ofislerde ise 1000 lx dolaylarındadır (Schittich, 2001, s.31).

Parlaklık

İç ortamdaki aydınlık kalitesi yalnızca aydınlık düzeyinden değil, parlaklıktan da etkilenmektedir. Parlaklık birimi cd/m^2 'dir. $3 cd/m^2$ 'den büyük parlaklık değerlerinde gündüz görme gerçekleşir. Gece görme eyleminin gerçekleşmesi için $0,001 cd/m^2$ 'lik bir parlaklık değerine ihtiyaç vardır (Manav, 2005, s.9). Parlaklık $10^4 cd/m^2$ veya daha büyük değerlere ulaşırsa geçici görme kaybına neden olan mutlak kamaşma oluşur (Manav, 2005, s.14).

2.1.2.3. Yapılabilirlik

Yapılabilirliğin iki ayrı başlık halinde ele alınması gerekmektedir; ekonomik yönden ve teknolojik yönden yapılabilir olma durumu söz konusudur.

Ekonomik Yapılabilirlik

Yapı sistemlerinin ve ürünlerin üretim ve kullanım aşamalarında ortaya çıkan maliyet yükü, sistem veya ürünün ekonomik yönden yapılabilir olup olmamasını belirlemektedir. Alternatifleri ekonomik yönden değerlendirebilmek için maliyetler üzerine kurulu değerlendirme yöntemlerinden yararlanılır.

Teknolojik Yapılabilirlik

Yapı alanında kullanılan teknoloji, ekonomik yapılabilirliği de etkilemektedir. Yapım sistemleri; geleneksel ve endüstriyel olarak iki ayrı sınıfta ele alınabilmektedir. Endüstrileşmiş yapım sistemleri geleneksel sistemlerden dört

alandan ayrılmaktadır. Bunlar; makineleşme, rasyonelleşme, standartlaşma ve prefabrikasyondur.

Makineleşme; yapının üretim, taşıma ve montaj gibi aşamalarında geleneksel olandan daha fazla makine gücüne yer verilmesidir.

Rasyonelleşme; yapım sisteminin ve uygulamaların tüm ayrıntıları ile önceden düşünülp hesap edilmesini, yapıda planlı olmayı ifade etmektedir.

Standartlaşma; yapı elemanlarının sayısının en aza indirilmesi yoluyla kalıptan kazanç, montaj hızı ve kolaylığı, zamandan kazanma gibi avantajlar sağlamaktadır.

Prefabrikasyon; yapım sürecine hız kazandırmak üzere, yapıda ön üretimli yapı elemanlarının kullanımını ifade etmektedir.

Sürdürülebilir yapının amaçlarından biri de en az malzeme ve atık ile en fazla ürünü elde etmektir. Bu sebeple, yapıda ileri teknolojinin kullanımının sağlayabildiği avantajların göz önünde tutulması iyi bir yaklaşım olabilmektedir.

2.1.3. Sürdürülebilirliğin Değerlendirilmesi

Bir yapının sürdürülebilirliğinin her yönüyle değerlendirilebilmesi için tüm yaşam dönemi süreçleri göz önüne alınmalıdır. Sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi için bazı teknikler geliştirilmiştir. Değerlendirme genellikle çevre ve ekonomi ağırlıklı olarak yapılmaktadır (Williamson ve diğerleri, 2003, s.97-98).

2.1.3.1. Çevre Değerlendirmesi

Çevresel değerlendirme için Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Yaşam Dönemi Değerlendirmesi olarak iki ana metot vardır. Yapının çevresel değerlendirmesi için uygulanan tüm yöntemler bu iki yaklaşımdan yararlanılması yoluyla elde edilmektedir. İki yaklaşım da çevre değerlendirmesi için kullanılsa da temelde farklılıkları vardır. Çevresel Etki Değerlendirmesinde belirli bir yapının belirli koşullar altında değerlendirilmesi söz konusu iken, Yaşam Dönemi Değerlendirmesinde yapının nerede, ne zaman, kimin tarafından kullanılacağından bağımsız bir değerlendirme vardır (Williamson ve diğerleri, 2003, s.98).

Yapının Çevresel Değerlendirmesi

1970’lerde başlayan bilgisayar çağının başlangıcından günümüze kadar, yapıların karmaşık davranışlarını taklit eden birçok simülasyon (benzetim) programı

geliştirilmiştir. Çoğu yapı performans değerlendirme programı, sadece bir kriter (örneğin enerji kullanımı) ile ilgilenirken, birkaç program değişik faktörleri birleştirerek tek bir ölçü şeklinde, performans olarak ifade etmeye çalışmıştır (Williamson ve diğerleri, 2003, s.100).

Tasarım kararlarının sürdürülebilirliğini değerlendirmek üzere birçok ülkede farklı bilgisayar programları kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; ABD- LEED, BEES, Green Building Advisor, Fransa- COMFIE, PAPOOSE, EQUER, Kanada- ATHENA, Hollanda- ECO-it, Avustralya- EnerRate olarak sayılabilir.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), ilk olarak 1990 yılında İngiltere’de tanıtılmıştır. BREEAM çalışması, yapı sahiplerini ve işletmecilerini çevreye duyarlı uygulamalara uyum sağlamaya gönüllü olarak teşvik etme amacı ile kullanılmaktadır. Yapının çevresel etkisinin değerlendirilebilmesi amacıyla bir araç olarak yararlanılmaktadır. Değerlendirme dokuz alanda olmaktadır: sağlık ve konfor, enerji, ulaştırma, su tüketimi, malzemeler, arazi kullanımı, ekoloji ve kirlilik. Farklı performanslara karşılık gelen kredi puanları toplanarak son olarak ağırlık metoduyla sınıflama yapılmaktadır. Sonuç; *yeterli, iyi, çok iyi ve mükemmel* olarak çeşitli kategorilerde ifade edilmektedir.

IISBE (International Initiative on a Sustainable Built Environment) organizasyonunun üstlendiği GBTool adlı bilgisayar programı, enerji performansını, tahmini emisyonları, ısı konforu ve hava kalitesini simüle eden başka yazılım araçları ile birlikte çalışmaktadır. Veriler girildiğinde dört performans faktörü değerlendirilmektedir- kaynak tüketimi, çevresel yükleme, iç ortam çevre kalitesi ve servis kalitesi. GBTool, bir ofisin, okulun veya konutun tahmini veya potansiyel performansını tasarım aşamasında değerlendirmek amacıyla kullanılabilmektedir (Williamson ve diğerleri, 2003, s.101).

Bu programlar yararlı olmakla birlikte, tasarımcıya tasarım sürecinde yardımcı olmak yerine genellikle tamamlanmış tasarımları değerlendirmektedir. Tasarımların sürdürülebilirliğinin sağlanmasında faydalı olması beklenen bir araç sadece çoklu kriter kararlarının verilmesinde değil, tasarım sürecinin henüz başında, problemin anlaşılması sürecinde yardımcı olmalıdır.

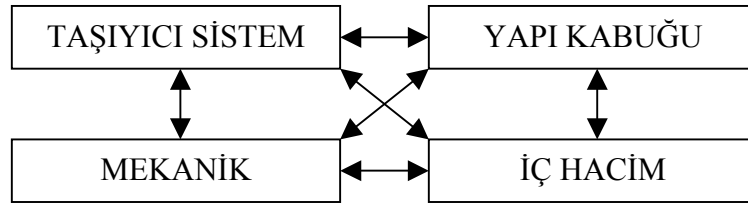
2.1.3.2. Ekonomik Değerlendirme

Ekonomik performans, genellikle Yaşam Dönemi Maliyeti tekniği kullanılarak değerlendirilmektedir. Yaşam Dönemi Maliyeti tekniğinde amaçlanan, bir yapının yaşam dönemi boyunca yapılan masrafların dengede ve minimumda olmasıdır (Williamson ve diğerleri, 2003, s.99).

2.2. Yapı Alt Sistemleri ve Bir Yapı Alt Sistemi Olarak Yapı Kabuğu

Bir yapı sistemi, başlıca dört alt sistemden meydana gelmektedir. Bu sistemler şu şekilde ifade edilmektedir (Rush, 1986, s.318):

- Strüktür (Taşıyıcı Sistem)
- Yapı kabuğu
- Mekanik (Teknik Servisler)
- İç hacim



Şekil 2.1: Yapı alt sistemlerinin birbiri ile ilişkisi

Şekil 2.1, bir yapı sisteminde bulunan alt sistemlerin birbiri ile ilişkisini ifade etmektedir.

Taşıyıcı sistem, bir yapıyı farklı yükler karşısında sürekli denge halinde tutan sistemdir. Yerçekimi, rüzgar, sismik hareketler gibi doğal yüklerin yanında yapının kullanımından kaynaklanan programlı yükler de bulunmaktadır. Tüm yükler, sistemde denge konumunu korumak üzere strüktürel elemanlara dağıtılmaktadır.

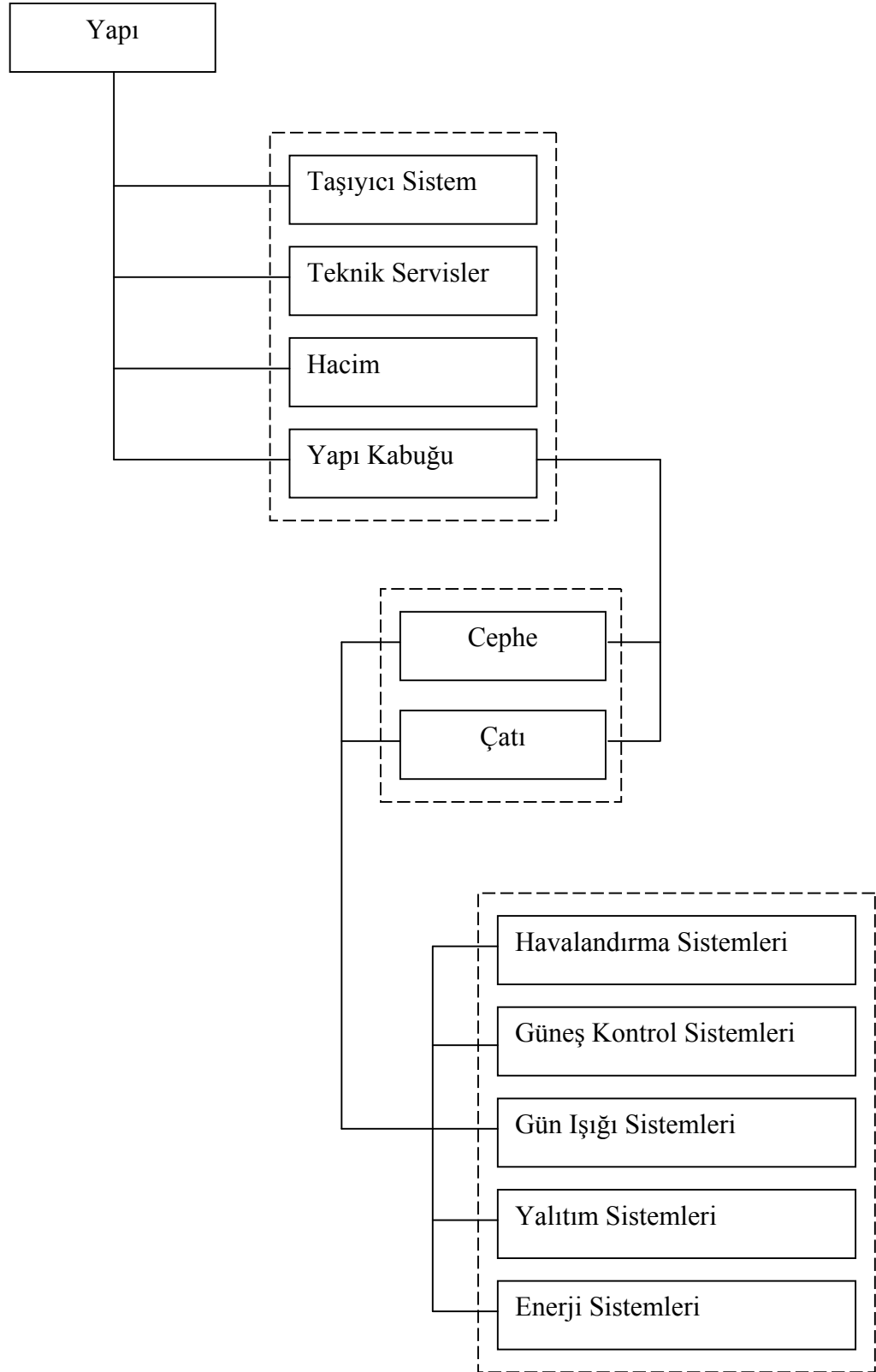
Yapı kabuğu, bir yapıda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, iç ortamda kullanıcılar için gereksinilen konfor şartlarının yaratılması, sürdürülmesi ve çevresel etmenlerin kontrolü için uygulanan yapı elemanlarıdır. Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda iç ortamda belirli bir dengenin kurulması ve devamı amaçlanmaktadır. Bunun için yapı kabuğu, iç ve dış ortamlar arasında bir dengeleme fonksiyonu üstlenmektedir.

Mekanik sistem, kabuk ile birlikte ısı, akustik, ışıklandırma, güvenlik gereksinmelerini karşılamaktadır. Mekanik alt sistemler enerji ve su sağlanması, atıkların uzaklaştırılması, malzeme ve insan taşınması alanlarında görev üstlenmektedir. Mekanik sistem; ısıtma-soğutma-havalandırma sistemleri, elektrik ve tesisat sistemleri, asansör, yürüyen merdiven, güvenlik ekipmanı, yangın güvenliğini kapsamaktadır.

İç hacim; tavan, duvar, ince yapı, eşyalar ve ekipmanı kapsamaktadır ve kullanıcının taleplerine, konfor şartlarını sağlayarak çözüm getirmelidir. İç hacimle ilgili sağlanması gereken performanslar şunlardır (Rush, 1986, s.318):

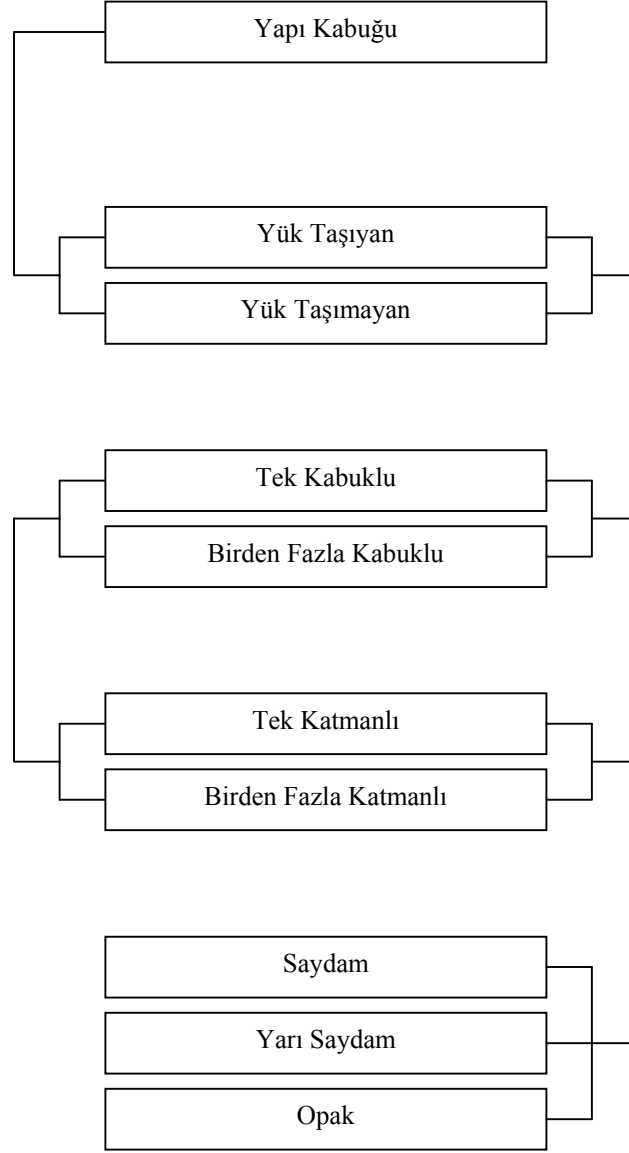
- Mekansal performans
- Isıl performans
- Hava kalitesi
- Akustik performans
- Görsel performans
- Bina bütünlüğü

Şekil 2.2, bir yapıda farklı düzeydeki sistemleri hiyerarşik bir yapıda sıralayarak açıklamaktadır.



Şekil 2.2: Yapıda farklı düzeydeki sistemler (Schittich, 2001, s.30)

Şekil 2.3, yapı kabuğunun sınıflandırılması için yararlanılan kriterleri göstermektedir.



Şekil 2.3: Yapı kabuğunun sınıflandırılması için kriterler (Schittich, 2001, s.40)

Konstrüktif kriterler:

Taşıyıcı sistemle ilgili

Taşıyıcı olmayan cephe sistemleri yapının taşıyıcı sistemine katkı yapmamakta ve taşıyıcı sistemden üzerine yük gelmemektedir.

Katmanlaşma ve kabuk yapıları

Farklı özellik ve strüktürdeki düzlemler belirli amaçlar yüklenmesi için yapı fiziği ve konstrüktif prensipler dahilinde fonksiyonel bir bütünü oluşturan cephe kuruluşuna eklenebilmektedir. Bu şekilde pek çok kombinezon oluşturmak mümkün olabilmektedir. Tek bir fonksiyon düzleminin konstrüksiyon kalınlığı bir milimetreden daha küçük boyutlardan (örn. Low-E kaplama) bir metreden daha fazlasına kadar (örn. çift kabuklu cam cephelerdeki hava katmanı) çeşitlilik gösterebilmektedir. Katmanlar (tabakalar) kendilerini taşıma özelliği olmayan fonksiyon düzlemleridir. Bir kabuk ise pek çok katmandan meydana gelebilmektedir ve konstrüktif olarak kendisini taşıyabilen özelliğe sahiptir (Herzog, 2004, s.28).

Cephe havalandırması

Cephe havalandırılmalı sistemlerde yoğunlaşma ve ısıyı havalandırma yoluyla ortadan kaldıran bir veya daha fazla hava katmanı yer almaktadır. Bu tür sistemlerde birden fazla sayıda kabuk bulunmaktadır.

Ön üretim düzeyi

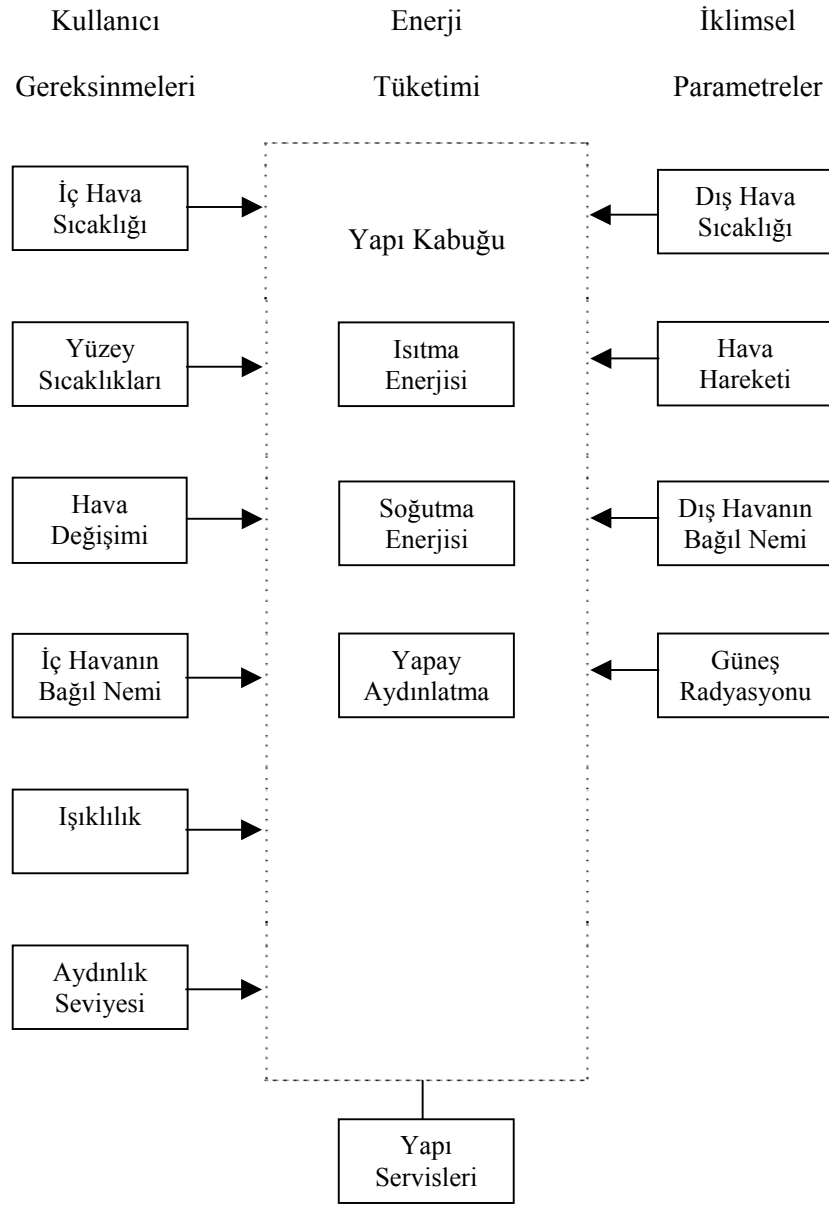
Hedeflenen ön üretim derecesi konstrüksiyon prensibini, eleman boyutunu, montaj ve olası demontaj şartlarını önemli ölçüde belirlemektedir.

Konstrüktif kriterlere göre cephe sistemlerinin sınıflandırılması Tablo 2.3'te görülebilmektedir.

Tablo 2.3: Cephenin konstrüktif kriterlere göre sınıflandırılması (Herzog, 2004, s.27)

Taşıyıcı sistem parçası	taşıyıcı olmayan
	taşıyıcı
Katmanlaşma yapısı	tek katmanlı
	birden fazla katmanlı
Kabuk yapısı	tek kabuklu
	birden fazla kabuklu
Cephe havalandırması	havalandırmasız
	havalandırılmalı
Ön üretim düzeyi	düşük
	yüksek

Şekil 2.4, yapı kabuğu ile ilgili parametreleri göstermektedir. Yapı kabuğu, hem kullanıcı gereksinimlerinden hem de iklimsel parametrelerden etkilenmektedir.



Şekil 2.4: Yapı kabuğu parametreleri (Schittich, 2001, s.31)

Çevresel etmenler sürekli bir değişim halindedir. Buna karşın, kullanıcı gereksinimleri nedeniyle iç ortamdaki konfor koşullarının değişmemesi istenmektedir. Bu noktada, sabit kalması istenen iç ortam dengesi ve sürekli bir değişim halindeki dış ortam etmenleri, iki ortam arasında yer alan ve filtre görevi üstlenen yapı kabuğunun da duruma göre değişken özellikler göstermesini gerektirmektedir. Başka bir deyişle, çevresel etmenlerin yapı üzerindeki değişen

etkisi, yapı kabuğunun sabit özellikler taşımamasını ve şartlara göre değişken olmasını gerektirmektedir.

DOE (U.S. Department of Energy) öncülüğünde 2001 yılında yapılmış olan bir çalışmaya göre, 2020 yılında yapı kabuklarının aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir:

- Enerji korunumlu- enerji kullanımını minimize eden; ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyaçlarına katkıda bulunan; fazla elektriği depolayan veya sisteme geri kazandıran.
- Kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda değişken- kullanıcıların değişen ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik hareketli duvarlar, değişebilir odalar, esnek sistemler ve yeni teknolojiye uyum sağlayan.
- Ekonomik- ilk yatırım, bakım, yaşam dönemi maliyetleri yönünden avantajlı.
- Uzun ömürlü- nem, yangın, felaketler gibi doğal zararlara karşı gelişmiş güvenlik ve dayanım sağlayan.
- Çevreci- doğal çevreye zararsız, kaynakları etkin kullanan.
- Sağlıklı ve konforlu- uygulamacılar ve kullanıcılar için zararsız olan, iyi hava kalitesi ve akışı, ısı ve görsel konfor, doğal havalandırma ve ışık sağlayan, yangına, neme, kimyasallara ve gürültü kirliliğine karşı korunumlu.
- Akıllı- kaynakların etkin kullanımını, konforu, maliyet etkinliğini, esnekliği, kalıcılığı, çevreyle olan uyumu artırmak üzere gelişmiş sensörleri, monitörleri, kontrolleri ve iletişim teknolojilerini kullanan.

Yukarıda sıralanmış olan kriterler ve açıklamaları incelendiğinde, sürdürülebilir mimarlık anlayışının dış kabuk sistemlerine uyarlanmasının öngörüldüğü anlaşılabilmektedir.

İdeal yapı kabuğu, dış ve iç ortamlardaki değişiklikler karşısında, kullanıcı için sürekli optimum şartların yaratılması için reaksiyon göstermelidir; bu da gölgeleme, ışıklandırma, soğutma, ısıtma, iklimlendirme v.b. için pahalı ve karmaşık ekipman kullanmadan olmalıdır. Dış ve iç ortam şartlarının sürekli değişmesinden dolayı yapı kabuğu sabit fiziksel özelliklere sahip olmamalıdır. Işık geçirgenliği, ses, ısı ve hava için değişen ihtiyaçlara, aynı zamanda enerji kullanımını minimize ederek uyum sağlayabilmelidir (Sobek, 2001).

Böyle bir yapı kabuğu çok işlevli komponentlerden inşa edilemez; bunlar komplike ve hataya elverişlidir. Bunun yerine, her bir elemanın belirli bir işlevi karşıladığı bir elemanlar bütününden oluşmalıdır. Bu bakımdan her eleman özel ve tek işlevlidir. Elemanların pozisyon ve kullanım sıklığı bina tipi, elemanın yeri ve işlevine bağlıdır. Yapı kabuğunun özelliğinde sonradan olan değişimler elemanların değiştirilmesi ile mümkündür (Sobek, 2001).

2.2.1. Yapı Kabuğuna İlişkin Parametreler ve Tasarımın İç Ortam Konforu Üzerindeki Etkisi

2.2.1.1. Konfor ve Enerji ile İlgili Parametreler

U-değeri

Isı geçirgenliği (U-değeri) dış duvardan geçen ısı miktarını W/m^2K cinsinden göstermektedir. Opak duvar veya çatılarda 12-16 cm kalınlığında standart bir yalıtım malzemesi ile $0.3 W/m^2K$ değerine kolaylıkla erişilebilmektedir. Cam ünitelerde ise argon, kripton gibi bazı dolgu gazlar ile $1.1 W/m^2K$ değerine ve daha azına ulaşılabilir. Saydam ve yarı saydam dış duvar konstrüksiyonları için güneşten ısı kazanımının genel enerji dengesinde olumlu etkisinin olabileceği hesaba katılmalıdır (Schittich, 2001, s.32).

g-değeri

Toplam güneş enerjisi geçirgenliği (g-değeri) saydam veya yarı saydam dış duvarlardan iç ortama geçen toplam güneş radyasyonu (dalga boyu 320-2500 nm) yüzdesini ifade etmektedir. Bu değer, doğrudan geçen radyasyon ile kabuktan içeri yayımlanan radyasyonun toplamından oluşmaktadır.

Gün Işığı Geçirgenlik Faktörü

Gün ışığı geçirgenlik faktörü camdan geçen gün ışığının (dalga boyu 320-780 nm) yüzdesini ifade etmektedir. Dış koşullardaki günlük ve yıllık periyotlarda gerçekleşen sürekli değişimin yol açtığı farklı ve kısmen birbiri ile çelişen ihtiyaçlara karşı, yapı kabuğu da iç ortam konfor koşullarını sağlamak için bu değişime tepki göstermelidir (Schittich, 2001, s.32).

2.2.1.2. Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji Tüketimi ve İç Ortam Konforu Üzerindeki Etkisi

Isıtma enerjisi ihtiyacı konut yapılarında öncelikli konumda yer almaya devam ederken ofis ve yönetim yapılarında soğutma enerjisi ihtiyacı artmaktadır. Yazın aşırı ısı kazanımından, kışın ise ısı kayıplarından koruyan elemanlar önem kazanmaktadır. Ofis yapılarında, tüketilen enerjinin yaklaşık %40'ı ısıtma için, bir diğer %40'ı havalandırma ve soğutma için kullanılmaktadır. Geriye kalan %20'lik oran yapay aydınlatma için kullanılmaktadır (Schittich, 2001, s.33). Konforun artırılması ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi için, optimum güneş koruması ve gelişmiş gün ışığı sistemleri ile soğutma yükleri azaltılmalıdır. Bundan başka, aşırı ısı kazanımına karşı yapı kabuğu tasarımı ile birlikte uygulanabilen gece soğutma çözümleri düşünülmelidir. Bu ihtiyaçların karşılanabilmesi için elemanlar tasarım ve kullanım sırasında esnek çözümlere imkan vermelidir. Şartlara bağlı olarak, mekan içindeki ısı kazanımı veya cephedeki ısı geçirgenlik kayıpları, gölgeleme, yalıtım ve gün ışığı yönlendirme sistemleri ile minimize edilebilmektedir.

Günümüzde, gelişmiş yalıtım ve gölgeleme sistemleri ile yazın yapılardaki enerji tüketimi etkin şekilde azaltılabilmektedir. 1970'li yıllara kadar inşa edilen yapılardaki ısıtma enerjisi ihtiyacı yaklaşık olarak 260 kWh/m^2 iken, yeni yapılarda bu değer 60 kWh/m^2 a dolaylarındadır (Schittich, 2001, s.34).

Yapı Kabuğunda Güneş Kontrol Sistemleri

Dış ortamda uygulanan güneş kontrol elemanları, yapılarda soğutma enerjisi kullanımını, güneş kontrolü yapılmayan cam cephe sistemlerindeki kıyasla yarı yarıya azaltabilmektedir. İç ortamda uygulanan kontrol ise soğutma enerjisi ihtiyacını %20'den daha fazla azaltmamaktadır (Schittich, 2001, s.34). Özellikle büro yapıları gibi cam oranının fazla olduğu yapılarda aşırı ısı yüklemesine karşı güneş kontrolü yapılmalıdır. Sabit elemanlar ile kontrolün gün ışığı kullanımında fonksiyonel dezavantajları ortaya çıkabilmektedir. Hareketli sistemler ise ayarlama yapabilme olanakları ile güneş kontrolü ve doğal ışıktan maksimum yararlanma arasında optimum bir çözüm getirebilmektedir. İçten yapılan güneş kontrolünde elemanlar güneşten soğurdukları enerjiyi iç ortama verdiklerinden yazın istenmeyen ek soğutma yükü ortaya çıkmaktadır. Dış ortam etkilerinden korunaklı şekilde yerleştirilebilen güneş kontrol elemanlarının kirlenmeye karşı dayanıklı olmasından

dolayı, bu elemanların gün ışığını yönlendirmek üzere yüksek yansıtıcılık özelliğinden maksimum düzeyde yararlanılabilmektedir. Çift kabuklu cephe sistemlerinde ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanlarının bakım ve temizliği kolay olabilmektedir. Dıştan uygulanan sistemlerin etkinliği daha fazladır, ancak dış ortamın etkilerine dayanıklı elemanlar seçilmelidir.

Yapı Kabuğunda Gün Işığı Kontrol Sistemleri

Fazla miktardaki gün ışığının kontrol edilebilmesi için farklı türde sistemler kullanılabilmektedir. Bu sistemler aşağıda verilmiştir (Schittich, 2001, s.35):

- Perdeler
- Yatay lameller
- Düşey lameller
- Jaluziler
- Yarı saydam camlar
- Elektrokromik camlar

Gün ışığı kontrol sistemlerinin kullanımında dikkat edilecek nokta, gün ışığı geçişinin yapay aydınlatmayı gerektirecek derecede düşürülmeden ve iç-dış arasındaki görsel bağlantıyı koparmadan uygulanmasıdır.

Yapı Kabuğu ve Gün Işığı Kullanımı

Doğal ışığın kullanımı, hem kullanıcının görsel konforu, hem de yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyacın azaltılması yönlerinden önemlidir. Gün ışığı düzeyine bağlı yapay aydınlatma sistemleri elektrik enerjisinden tasarruf sağlayabilmektedir. Gün ışığından yararlanma ve güneş kontrolü sağlama arasındaki optimum dengeyi sağlayabilmek üzere aşağıdaki sistemler kullanılabilmektedir (Schittich, 2001, s.35):

- Seçici kaplamaların uygulandığı camlar
- Gün ışığını iç mekanın derinliğine doğru yönlendiren reflektörler
- Yüksek yansıtıcılı kaplamaların uygulandığı mikro-ızgara sistemler
- Prizma sistemleri
- Işığı dağıtan/ yayan camlar
- Cam lamelli sistemler
- Holografik kırıcı sistemler

Tablo 2.4, cephede kullanılma olasılığı gösteren güneş/ ışık kontrol sistemlerini ve dış duvara göre pozisyonlarının uygunluğunu belirtmektedir.

Tablo 2.4: Cephede kullanılma olasılığı gösteren güneş/ ışık kontrol sistemleri (Schittich, 2001, s.37)

- √ eleman belirtilen fonksiyon için ideal
- o eleman belirtilen fonksiyon için az uygun
- eleman belirtilen fonksiyon için uygun değil

Sistem	Tanım	Dış duvara göre pozisyonu	
		içte	dışta
Sabit sistemler			
Opak sistemler	Saçak, ıııklık, lameller	o	√
	Izgara sistemler	o	√
Saydam/yarı saydam sistemler	Yansıtıcı cam	o	√
	Işık emici cam	-	√
	Işık kırıcı cam	√	√
	Prizma sistemler	√	o
	Holografik optik elemanlar	√	√
Hareketli sistemler			
Opak sistemler	Kepen	o	√
	Menteşeli kepen	o	√
	Sürme kepen	o	√
	Katlanır kepen	o	√
	Perde	o	-
	Lameller (ahşap, metal, plastik)	o	√
Saydam/yarı saydam sistemler	Cam lameller	√	√
	Prizma sistemler	√	o
	Holografik optik elemanlar	√	√

Yapı Kabuğunda Isı Yalıtım Sistemleri

Isı yalıtımı için genel olarak ısı iletkenlik katsayısı düşük malzemeler kullanılmaktadır. Yalıtım ile ısı kayıpları düşürülürken dış duvarın iç yüzey sıcaklığında artış sağlanabilmektedir. Opak kısımlarda kullanılan 12-16 cm kalınlığındaki bir yalıtım malzemesi ile U-değeri 0.3 W/m²K değerin altına çekilebilmektedir. Saydam kısımlarda ise saydam veya yarı saydam ısı yalıtım sistemleri kullanılabilir.

Tablo 2.5'te, cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesinin yolları ve çözümlerin dış duvara göre pozisyonunun uygunluğu gösterilmiştir.

Tablo 2.5: Cephenin ısı özelliklerinin geliştirilmesi (Schittich, 2001, s.37)

- √ eleman belirtilen fonksiyon için ideal
- o eleman belirtilen fonksiyon için az uygun
- eleman belirtilen fonksiyon için uygun değil

<i>Sistem</i>	<i>Tanım</i>	<i>Dış duvara göre pozisyonu</i>	
		içte	dışta
Sabit sistemler			
Opak ısı yalıtımı	Entegre ısı yalıtım sistemi	√	√
	Havalandırılmalı cephe, yalıtımlı	-	√
Saydam/ yarı saydam yalıtım	Güneş duvarı ısıtması	-	√
Saydam/ yarı saydam kabuk	Kış penceresi	√	√
	Kış bahçesi	-	√
	İkincil kabuk cephe	-	√
	Güneşle ısınan hava kolektörü	-	√
Hareketli sistemler		içte	dışta
Opak yalıtım elemanları	Kepenک	√	√
	Menteşeli kepenک	√	√
	Sürme kepenک	√	√
	Katlanır kepenک	√	√
	Perde	√	-
	Lameller	√	√
Saydam yalıtım elemanları	Pencere kanatları (örn. çift pencere)	√	√
	Film, folyo	√	√

Yapı Kabuğu ve Doğal Havalandırma

Yapılarda enerji dengesinin sağlanmasında olduğu gibi, doğal havalandırmanın sağlanması da yapı kabuklarının karşılaması gereken önemli bir unsurdur. Havalandırma yoluyla enerji kayıplarının minimize edilebilmesi için soğuk havalarda yeterli düzeyi aşmadan hava değişimi sağlanmalıdır. Serbest havalandırmanın yeterli olabilmesi için mekan derinliğinin yüksekliğinin 2.5 katından fazla olmaması uygundur. Mekan derinliğinin fazla olduğu ortamların doğal yoldan etkin şekilde havalandırılması için baca etkisinden yararlanılabilmektedir.

Yapı Kabuğu ve Ses Yalıtımı

Kullanıcı için iç ortamdaki akustik konforun sağlanması da önemlidir. Yapı kabuğu, dış ortamdan kaynaklanan sesi iç ortamda konfor seviyesine kadar düşürebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Ses geçirimsizlik değerinin genel anlamda malzemenin m² ağırlığı, tespit şekli, yüzeyi, kalınlığı, homojenlik ve titreşim faktörleri ile ilişkisi vardır. Ancak bu değer daha basit olarak sadece malzeme kitlesinin ağırlığına bağlı olduğunu söylemek mümkündür. Ayrıca, iki malzeme arasında bir boşluk varsa ses geçirimsizlik değeri olumlu yönde farklılık gösterir (Eriç, 1994, s.118). Arası

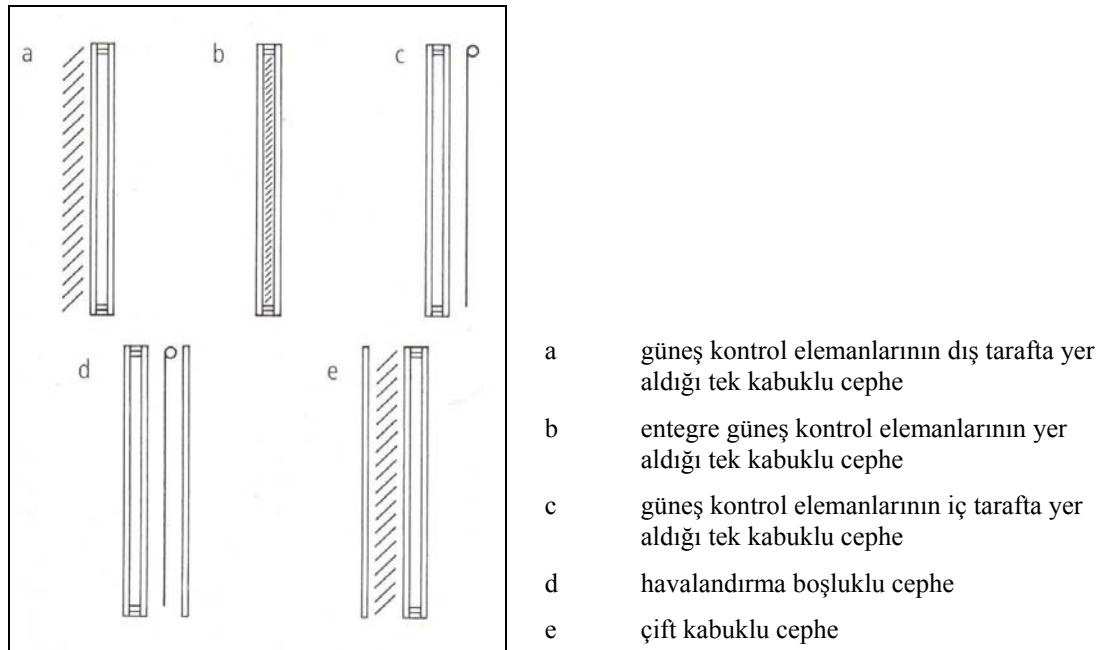
boşluklu malzemelerde ek ses geçirimsizlik değerlerinin boşluk genişliğine bağlı olarak değişimi Tablo 2.6’da gösterilmiştir.

Tablo 2.6: Arası boşluklu malzemelerde ek ses geçirimsizlik değerleri (Eriç, 1994, s.119)

Ara boşluk (cm)	1	2	3	4	5	7	8-12	14	16	18	20
Ek geçirimsizlik değeri (dB)	3	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7

2.2.2. Cam Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması

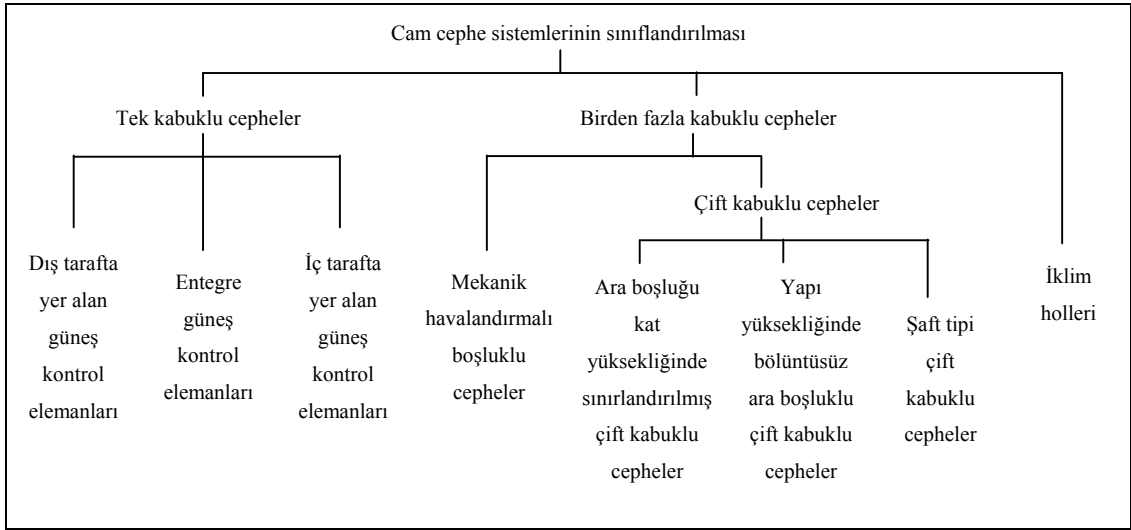
Günümüzde, özellikle ofis yapılarında yaygın kullanımı olan cam cephe sistemlerini kabuk yapılarına göre başlıca iki kategoride sınıflandırmak mümkündür. Tek kabuklu cephe sistemleri ve birden fazla kabuklu cephe sistemleri olarak sınıflandırılabilen cam cephe sistemlerinin bir diğer sınıflandırma kriteri güneş kontrol elemanlarının pozisyonudur. Tek kabuklu cephe sistemlerinde iç veya dış tarafta yer alabilen güneş kontrol elemanları cephe ile entegre biçimde de olabilmektedir. Havalandırılmalı ve çift kabuklu cephe sistemlerinde güneş kontrol elemanları genellikle ara boşlukta yer almaktadır (Compagno, 2002, s.93). Şekil 2.5, farklı tür ve biçimlerde görülebilen cam cephe sistemlerini beş ana kategori olarak ifade etmektedir.



Şekil 2.5: Çok farklı türleri olan cam cephe sistemlerinin beş ana kategoride sınıflandırılması

(Compagno, 2002, s.93)

Şekil 2.6, cam cephe sistemlerine ait bir sınıflandırmayı göstermektedir.



Şekil 2.6: Cam cephe sistemlerinin sınıflandırılması

2.2.3. Tek Kabuklu Cephe Sistemleri

Belirli bir düzeyde güneş kontrolü sağlayabilmek için tek kabuklu cephe sistemlerinde cama özel kaplamaların uygulanması bir çözüm yoludur. Ancak bu kaplamalar sabit özellik gösterdiğinden kış günlerinde güneşten ısı enerjisi kazanımı ve gün ışığının geçişi de sınırlanmaktadır. Bu sebepten cam cepheli yapılarda ayarlanabilir güneş kontrol elemanlarının kullanımı gerekebilmektedir.

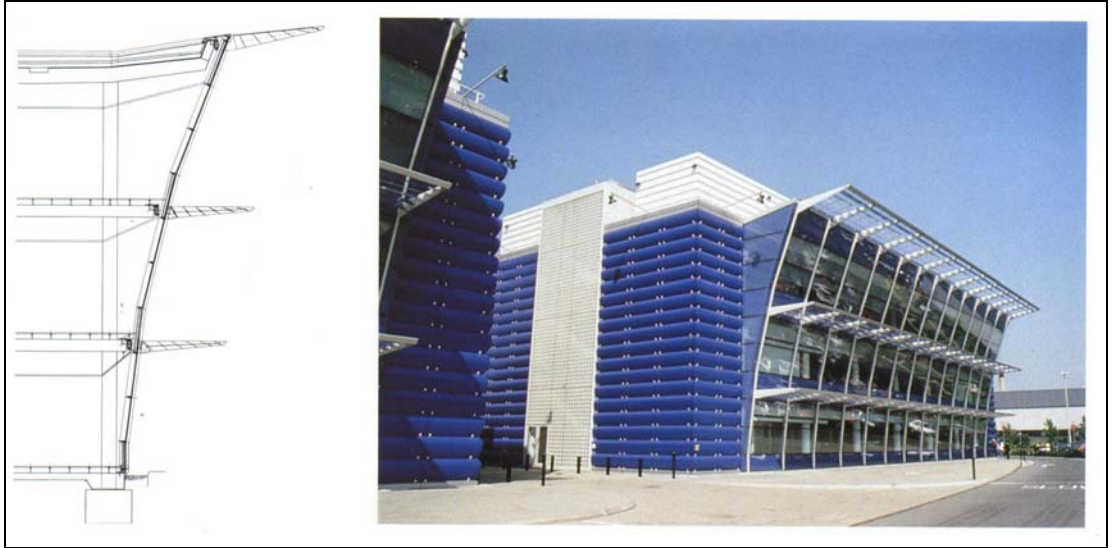
2.2.3.1. Dış Tarafta Yer Alan Güneş Kontrol Elemanları

Dış tarafta yer alan güneş kontrol elemanlarının avantajı, elemandan ortaya çıkan ısının yapı dışında kalmasıdır. Avantajının yanında, güneş kontrol elemanları dışta yer alan cephelerde bir dezavantaj, bu elemanların iklim etkilerine açık olmasıdır. Bu da temizlik ve bakım maliyetlerinde artışa neden olabilmektedir. Güneş kontrol elemanları sabit veya hareketli olabilmektedir (Compagno, 2002, s.94). Şekil 2.7’de, Foster ve ortakları tarafından yapılan Hongkong ve Shanghai Bankası binasının, dış tarafta sabit güneş kontrol elemanları bulunan cephe sistemi görülmektedir.



Şekil 2.7: Dış tarafta yer alan belirli açıda yerleştirilmiş sabit lameller etkin güneş kontrolü sağlarken aşağıya bakışı engellemiyor (Hongkong ve Shanghai Bankası cephe sistemi)

Şekil 2.8’de görülen, İngiliz havayolları için Nicholas Grimshaw ve ortakları tarafından Londra Heathrow’da yapılmış olan binada güneş kontrolü, eğimli cephe ve dış tarafta yer alan cam lameller ile sağlanmıştır.



Şekil 2.8: Güneş kontrolünün eğimli cephe ve dış ortamdaki cam lamellerle sağlandığı bir örnek

Güneşin değişen açılarına ve hava koşullarına göre ayarlanabilen lameller, Almanya Gersthofen bölgesinde Seele firması için yapılmış büro ve fabrika yapısında kullanılmıştır (Şekil 2.9).

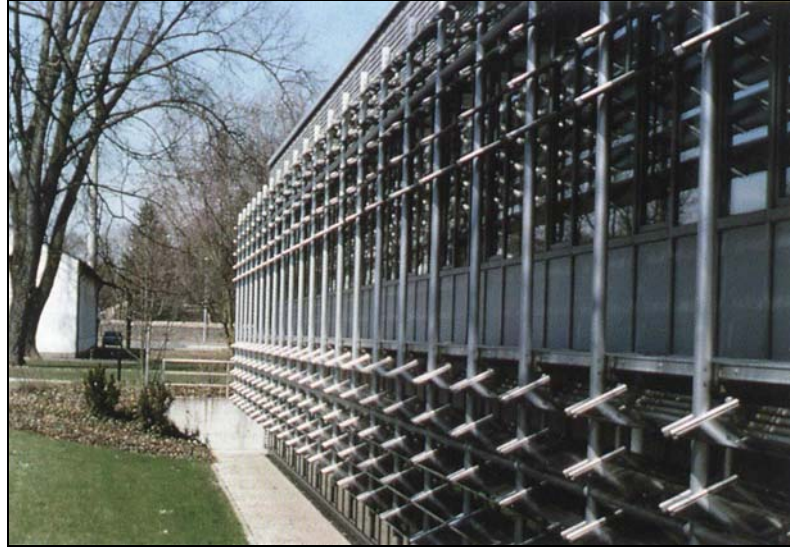


Şekil 2.9: Güneşin değişen açılarına ve hava koşullarına göre ayarlanabilen lamellerin yer aldığı Seele binası

Eksenleri üzerinde dönebilen lamellerle etkin güneş kontrolünün sağlandığı Milan-Lainate'deki TAD büro binasının cephesi Şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10: Büyük boyutlu, eksenleri üzerinde dönebilen lameller etkin güneş kontrolü sağlamaktadır
Almanya'nın Gundelfingen bölgesinde yapılmış olan Gartner & Co tasarım ofisinin cephesinde kullanılmış olan, eksenleri üzerinde dönebilen, özel yansıtıcı cam lameller dış ortama doğru olan görüşe kısıtlama getirmeyen özelliğe sahiptir (Şekil 2.11).

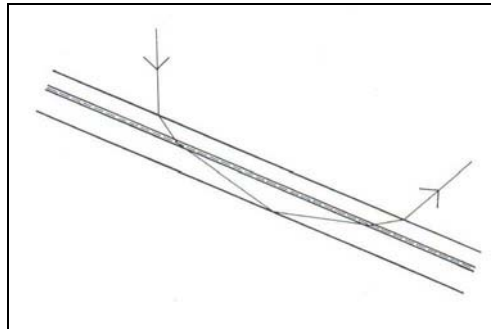


Şekil 2.11: Eksenleri üzerinde dönebilen özel yansıtıcı cam lameller

Köln’de bulunan REWE binasının yenilenmesinde kullanılmış olan hologramlı cam lameller, doğrudan gelen ışığı yansıtırken yayınlık haldeki ışığın içeriye girmesine izin vermektedir (Şekil 2.12 ve 2.13).

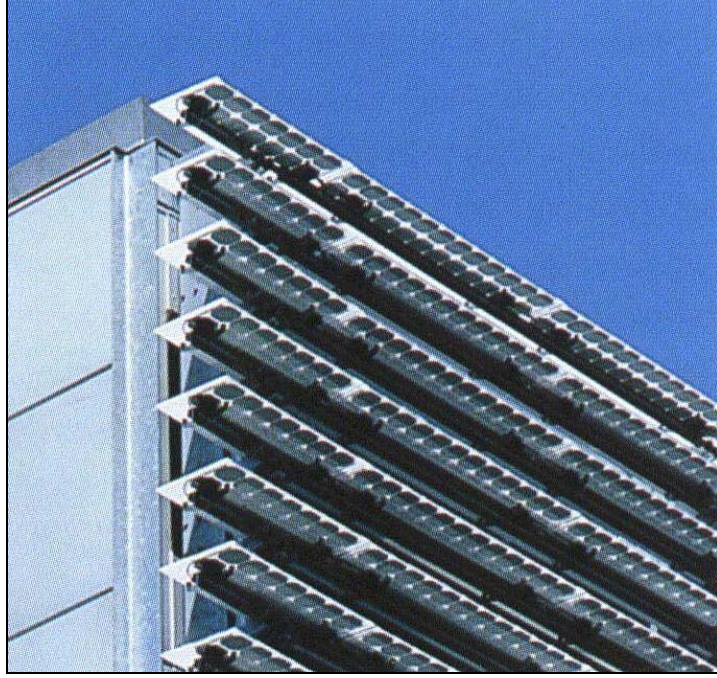


Şekil 2.12: Hologramlı cam lameller doğrudan gelen ışığı yansıtırken yayınlık ışık iç ortama geçebiliyor



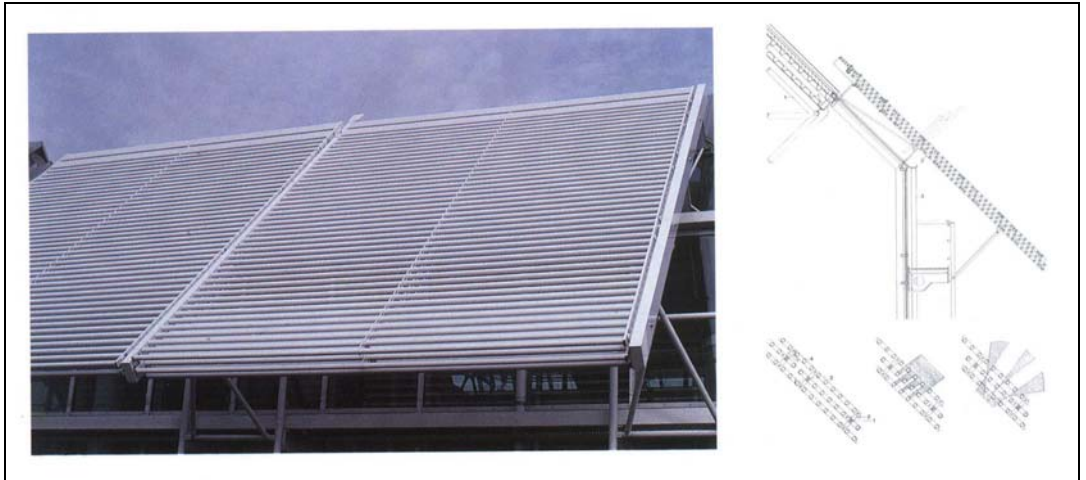
Şekil 2.13: Hologramlı camın doğrudan gelen ışığı yansıtması

İsviçre Winterthur bölgesinde inşa edilmiş olan binada, fotovoltaik hücrelerin entegre edildiği dönebilen cam lameller, güneşin hareketini izleyerek maksimum düzeyde elektrik üretimini sağlayabilmektedir. Şekil 2.14’te bu yapının cephesine ait detay görülmektedir.



Şekil 2.14: Fotovoltaik hücrelerin entegre edildiği hareketli cam lamellerin güneşin hareketini izlediği bir cephe sistemi

Şekil 2.15’te detayı görülen, Münih havalimanında kullanılmış olan hareketli alüminyum borulardan meydana gelen üç kademeli ızgara sistemi gün ışığının geçişini kontrol edebilmektedir.



Şekil 2.15: Hareketli boru ızgara sisteminin gün ışığı geçişini kontrol etmesi

İspanya Expo'92 Siemens pavyonunda yapı yüksekliğinde yapılmış olan güneş kontrol sistemi, eğrisel yapının etrafında yatay yönde hareket ederek güneşin pozisyonundaki değişimi izleyebilmektedir. Şekil 2.16 ve Şekil 2.17, bu yapıya ait genel ve detay görüşleri vermektedir.



Şekil 2.16: Yapı yüksekliğindeki güneş kontrol elemanlarının eğrisel yapının etrafında yatay yönde hareket ederek güneşin pozisyon değişimlerini izlemesi (İspanya Expo '92 Siemens pavyonu)



Şekil 2.17: Prizmatik akrilik panellerden oluşan hareketli güneş kontrol sistemi detayı (İspanya Expo '92 Siemens pavyonu)

2.2.3.2. Entegre Güneş Kontrol Elemanları

Cam ünite içine entegre edilmiş güneş kontrol elemanlarının kullanımı çok yaygın değildir. Temizlik maliyetinin az olmasına karşın bakım maliyeti -özellikle elektrikli motor iki camın arasında yer alıyorsa- fazla olabilmektedir. Bunun bir alternatifi, cam ünite dışından manyetik olarak kontrol edilebilen sistemlerdir (Compagno, 2002, s.104).

Şekil 2.18’de görülen Hollanda’daki Mors binasında, cam ünite dışından manyetik olarak ayarlanabilen entegre durumdaki hareketli lameller uygulanmıştır.



Şekil 2.18: Cam ünite ile entegre, manyetik olarak kontrol edilebilen hareketli güneş kontrol elemanları

Fransa’da uluslararası bir okulda kullanılmış olan entegre güneş kontrol elemanı, cam ünite içindeki boşluğa yerleştirilmiş delikli ve sabit alüminyum lamellerden oluşmuştur (Şekil 2.19).



Şekil 2.19: Cam ünitenin ara boşluğunda yer alan delikli, sabit alüminyum lamelli entegre güneş kontrol elemanları

2.2.3.3. İç Tarafı Yer Alan Güneş Kontrol Elemanları

Güneş kontrol elemanlarının iç tarafta yer aldığı çözümlerin etkinliği azdır, çünkü güneşin ısıttığı elemanların yaydığı ısı iç ortamda kalmaktadır. Temizlik ve bakımları önceki iki gruba göre daha kolaydır. Bu gruptaki elemanlar tekstil malzemeden üretilen jaluzi, stor gibi elemanlardır (Compagno, 2002, s.105).

Paris'teki büro binasında güneş kontrolü iç ortamda yer alan farklı elemanlardan yararlanılarak sağlanmıştır. Şekil 2.20'de bu yapıya ait cephe sistemi görülebilmektedir.



Şekil 2.20: Güneş kontrolünün iç taraftan; yatay lameller, açık kablo yolları ve havalandırma kanalları ile sağlanması

2.2.4. Birden Fazla Kabuklu Cephe Sistemleri

Güneş kontrol elemanlarının dış tarafında koruyucu olarak görev yapan bir kabuk, temizlik ve bakım maliyetlerini azaltmaktadır. Birden fazla kabuklu cephe sistemlerine; mekanik havalandırılmalı boşluklu cepheler ve çift kabuklu cepheler örnek olarak gösterilebilir (Compagno, 2002, s.110).

Şekil 2.21'de görülebilen Paris'teki büro binasında güneş kontrolünü, cepheyi oluşturan dış taraftaki tek cam ile iç taraftaki çift cam ünite arasında bulunan sert tekstilimsi mikrolameller sağlamaktadır.

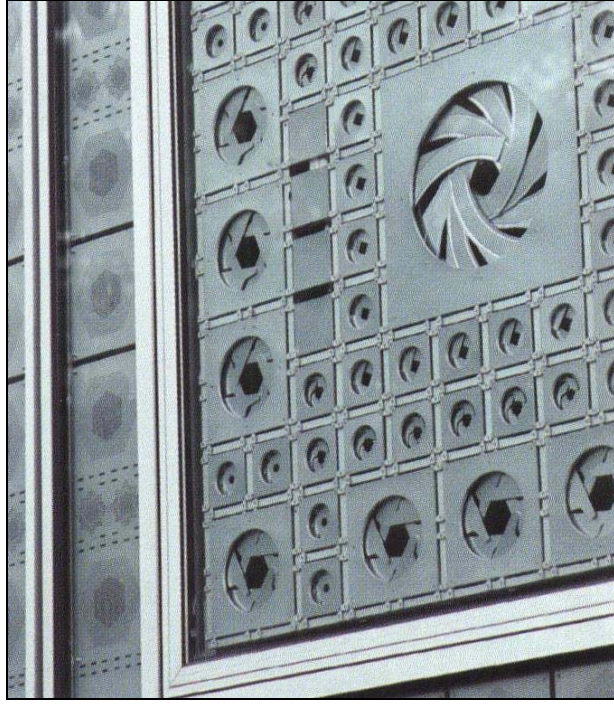


Şekil 2.21: Dış tarafta tek cam, iç tarafta çift cam ünite ve aralarında güneş kontrol elemanlarının yer aldığı, birden fazla kabuklu cephesi olan bir büro binası

Jean Nouvel tarafından Paris'te inşa edilmiş olan Arap Enstitüsü'nün güney cephesinde 27000 diyafram mekanizmasından oluşan ayarlanabilir güneş kontrol elemanları geliştirilmiştir. Gün ışığı geçişini düzenleyen diyaframlar bir elektro-pnömatik mekanizma sayesinde açılıp kapanmaktadır. Diyaframlar, dış tarafta yer alan çift cam ünite ile iç taraftaki tek cam arasında konumlanmıştır. Şekil 2.22 ve Şekil 2.23, bu yapıya ait görüşlerdir.



Şekil 2.22: İki kabuk arasında yer alan diyafram mekanizmalı güneş kontrol elemanlarının kullanıldığı Paris Arap Enstitüsü binası

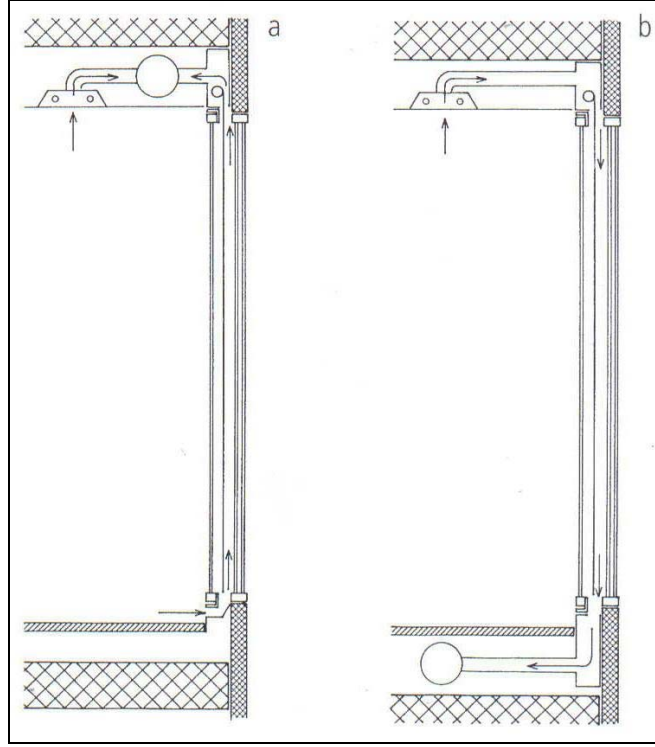


Şekil 2.23: Açılıp kapanarak gün ışığı geçişini kontrol altında tutan diyafram mekanizmaları

2.2.4.1. Mekanik Havalandırmalı Boşluklu Cepheler

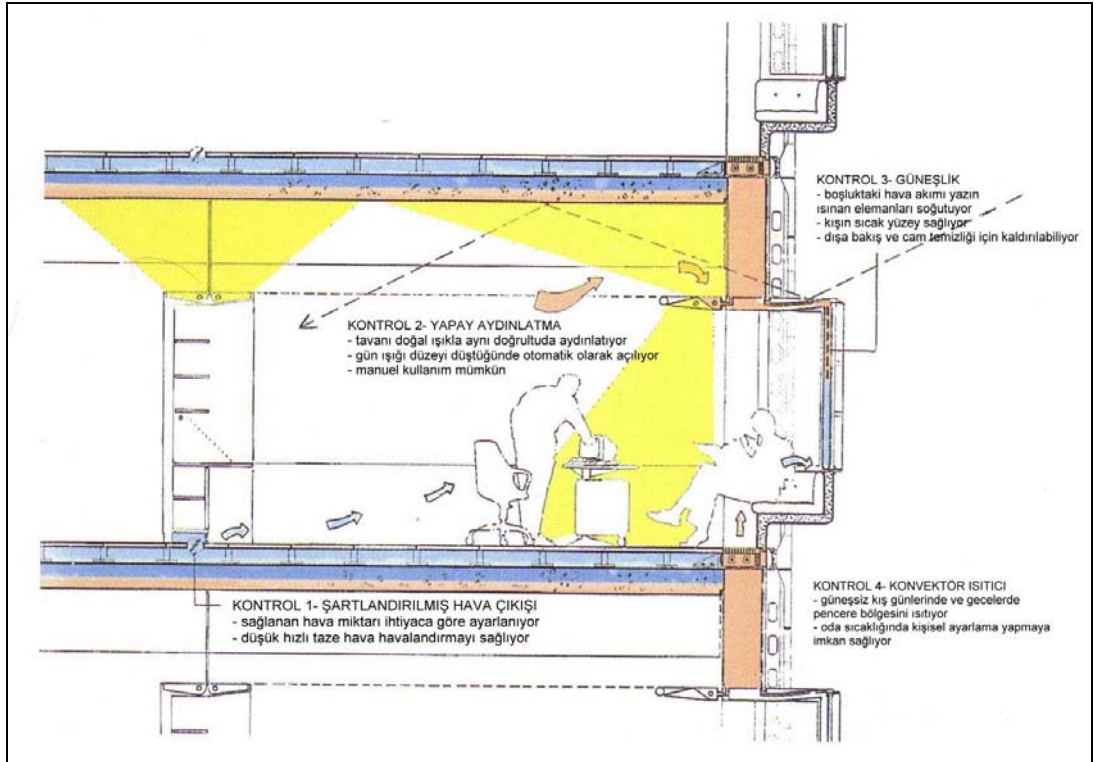
Bu tip cephe sistemlerinin karakteristiği, cephe gerisinde güneş kontrol elemanları ile birlikte bir cam bölme yüzey eklenmesidir. Boşluktaki göreceli az basınç sayesinde iç ortamdaki kullanılmış havanın bir kısmı bu ara boşluğa çekilmekte, burada ısınan hava güneş kontrol elemanlarının ısınıp da alarak mekanik havalandırma yoluyla dışarı atılmaktadır. Katlar arasında hava bağlantısı yoktur ve hava, ara boşluk içinde yukarı veya aşağı yöne doğru hareket etmektedir. Mekandan dışarı atılan havanın ısınıp geri kazanmak için ısı dönüştürücüleri kullanılabilir. Boşlukta kullanılabilen güneş kontrol elemanları tekstil storlar veya düşey lameller olabilir. Yatay yönde yerleştirilen güneş kontrol elemanları hava sirkülasyonunu engellediğinden bu tür cepheler için uygun değildir. Güneş kontrol elemanları, ara boşluk ve cam iç yüzeylerinin temizliği iç tarafta yer alan cam yüzey açılarak yapılabilir. Havalandırmalı boşluklu cephelerin avantajı, iç ortamdaki hava sıcaklığı ile cam yüzeyin sıcaklığı arasındaki farkın minimize edilmesidir. Bu sayede iç ortamda, cephe yanında ısı konfor artmakta ve ısıtma ile soğutma için kullanılan enerji maliyeti azalmaktadır (Compagno, 2002, s.112-113).

Şekil 2.24'te mekanik havalandırmalı boşluklu cephelerin iki türü görülmektedir. Hava akışı ya yukarı, ya da aşağı yönde sağlanmaktadır.



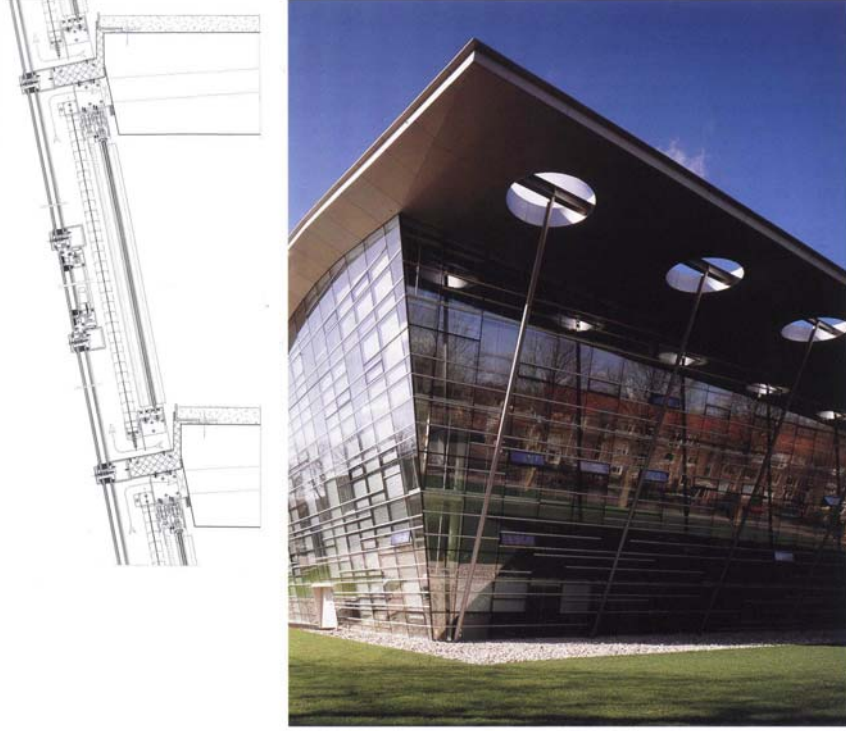
Şekil 2.24: Mekanik havalandırmalı boşluklu cephelerde yukarı (a) veya aşağı (b) yöndeki hava akışı

Şekil 2.25'te, Londra Westminster Yeni Parlamento Binası'nda uygulanmış mekanik havalandırma ve ışıklandırma sistemlerini gösteren kesit gösterilmiştir.



Şekil 2.25: Ofis katında hava akışı ve ışık yönlendirme sistemini gösteren kesit (Londra'daki Yeni Parlamento Binası)

Delft Teknoloji Üniversitesi'nin kütüphanesinde uygulanmış mekanik havalandırmalı cephe sistemi Şekil 2.26'da kesit çizimi ile birlikte gösterilmiştir. Dışa doğru eğimli cephede çift cam ünitesi çerçeveye yatay yönde metal bileşenlerle, düşey yönde ise silikon yapıştırıcı ile tespit edilmiştir. İç tarafta bulunan cam tabaka sürülebilir özelliktedir.



Şekil 2.26: Dışa doğru eğimli olarak uygulanmış bir mekanik havalandırmalı boşluklu cephe

2.2.4.2. Çift Kabuklu Cepheler

Çift kabuklu cephe terimi yapının ana cephesi önünde bir cam kabuk düzenlemesini tanımlamaktadır. Güneş kontrol elemanları bu iki kabuk arasında iklim etkilerinden korunaklı şekilde yer almaktadır. Yazın ısınan güneş kontrol elemanları tekrar ısıtım yapmakta ve ara boşlukta doğal baca etkisinde yükselen sıcak hava ile fazla ısıyı uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Çift kabuklu cam cephelerin bir diğer avantajı etkili ses yalıtımı sağlamasıdır.

Yapılan bilgisayar simülasyonları ve testler, doğal hava sirkülasyonunun boşlukta güneş radyasyonundan kaynaklanan ısıyı %25 kadarlık kısmını uzaklaştırdığını ortaya çıkarmıştır (Compagno, 2002, s.118). Isınan hava yükseldikçe sıcaklığında artış olduğundan ara boşluğu birkaç katta bir sınırlandırmak uygundur. Yangın korunumu ve akustik izolasyon konuları da bu boşluğun sınırlandırılmasında etken

olmaktadır. İkinci kabuk, yüksek binalarda normal şartlarda doğal yoldan havalandırılmayan mekanlara temiz hava sağlanmasına imkan vermektedir.

Çift kabuklu cephelerde, ara boşlukta hızı azalan ve sıcaklığı artan hava nedeniyle cam yüzeyinden geçen ısının oranı azalmaktadır. Bu sayede iç cam yüzeyinde artan sıcaklık, iç ortam ısı konfor şartlarının iyileşmesine imkan vermektedir. Enerji korunumu için bir diğer olanak, dışarı atılan havadaki ısı enerjisini geri kazanan ısı dönüştürücüleridir.

Dış kabuk tek tabaka cam veya yalıtımlı cam ünite ile oluşturulabilmektedir. Ara boşluk, temizlik ve bakım için doğrudan veya pencere açılarak ulaşılabilir nitelikte olmalıdır.

Kışın, iki kabuk arasındaki boşluk, ısıl tampon bölge oluşturarak ısı kayıplarını azaltmakta ve güneş radyasyonundan pasif ısı kazanımına imkan vermektedir. Tampon bölge konsepti büyük ölçekli projelere de uygulanabilmekte; kış bahçesi, atrium veya birkaç yapının bir araya gelmesi ile bir “iklim holü” oluşturulabilmektedir.

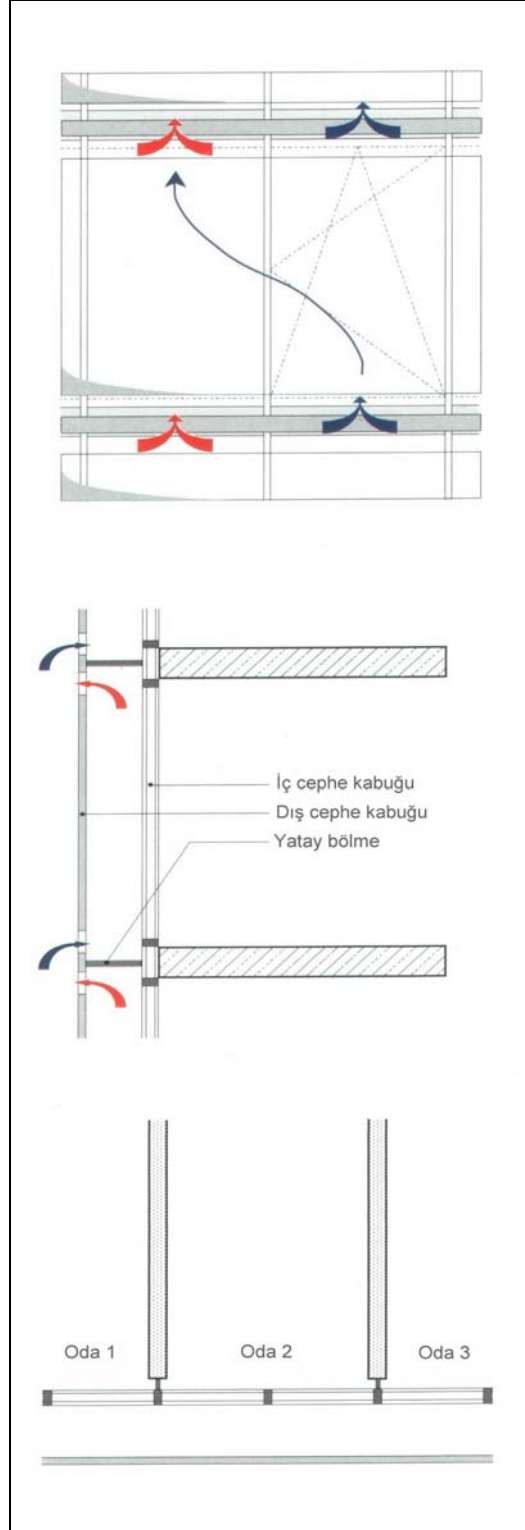
Güneş radyasyonunun fazla olduğu durumlarda aşırı ısınmaya karşı ara boşlukta iyi havalandırma yapılmalıdır. Havalandırmanın etkinliği boşluk genişliğine ve dış kabuktaki havalandırma açıklıklarının boyutuna bağlıdır. Dış ortam ve ara boşluk arasındaki hava değişimi; cephe üzerindeki hava basınç şartlarına, baca etkisine ve açıklıkların hava boşaltım katsayısına bağlıdır (Compagno, 2002, s.136). Bu delikler ya her zaman açık (pasif sistemler), ya da el veya makine ile açılabilir nitelikte (aktif sistemler) olabilmektedir. Yangın ve gürültü korunumu konusundaki düzenlemeler de çift kabuklu cephelerin tasarımında önemli kriterlerdendir. Çift kabuklu cephe sistemleri için farklı çözümler geliştirilmiştir.

Ara Boşluğu Kat Yüksekliğinde Sınırlandırılmış Çift Kabuklu Cepheler

Hava giriş ve çıkış deliklerinin her katta olduğu durumda ısıtma için en düşük değer, bundan dolayı doğal havalandırma için en etkin düzey beklenmektedir. Bu nedenle cephe boşluğu kat yüksekliğinde yatay olarak bölümlenmiştir. Buna karşın bazı örneklerde cephe boşluğu yapı yüksekliğinde uzanmaktadır veya iki sistemin kombinezonu uygulanmaktadır (Compagno, 2002, s.136).

Şekil 2.27’de ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılarak uygulanan çift kabuklu cephelerin havalandırma prensibi görünüş, kesit ve plan olarak gösterilmektedir.

Kullanılmış havanın hava giriş açıklıklarından tekrar içeri girmemesi için hava giriş ve çıkış açıklıkları cephe üzerinde diyagonal şekilde yerleştirilmiştir. Her kat yatay yönde bölünmüştür (Oesterle ve diğ., 2001).

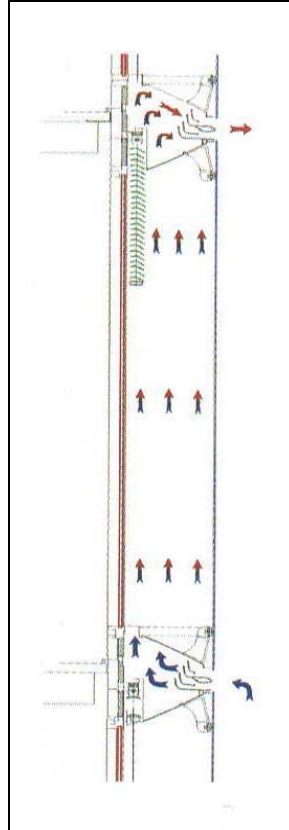


Şekil 2.27: Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; hava giriş ve çıkış açıklıkları atık havanın tekrar içeri girmemesi için diyagonal olarak yerleştirilmiştir

Almanya Essen bölgesinde bulunan RWE büro binasında, ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış bir çift kabuklu cephe sistemi uygulanmıştır. Doğal havalandırma için kat hizalarında havalandırma üniteleri kullanılmıştır. İç tarafta yer alan kabukta kat yüksekliğinde yatay sürme doğramalar yer almaktadır. Şekil 2.28, 2.29 ve 2.30, RWE binasının cephe detaylarını göstermektedir.



Şekil 2.28: Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı bir örnek (RWE Binası)



Şekil 2.29: Cephe ara boşluğunun havalandırma biçimini ifade eden kesit detayı (RWE Binası)

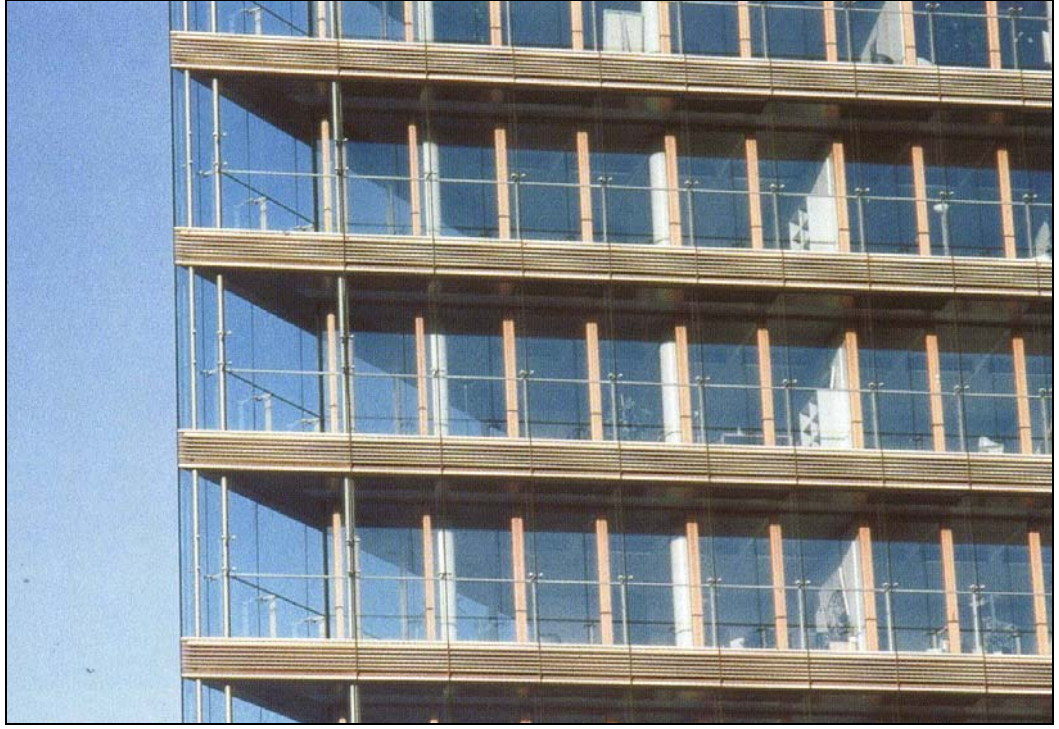


Şekil 2.30: İç tarafta yer alan kabuk üzerinde yer alan kat yüksekliğinde yatay sürme doğramalar
(RWE Binası)

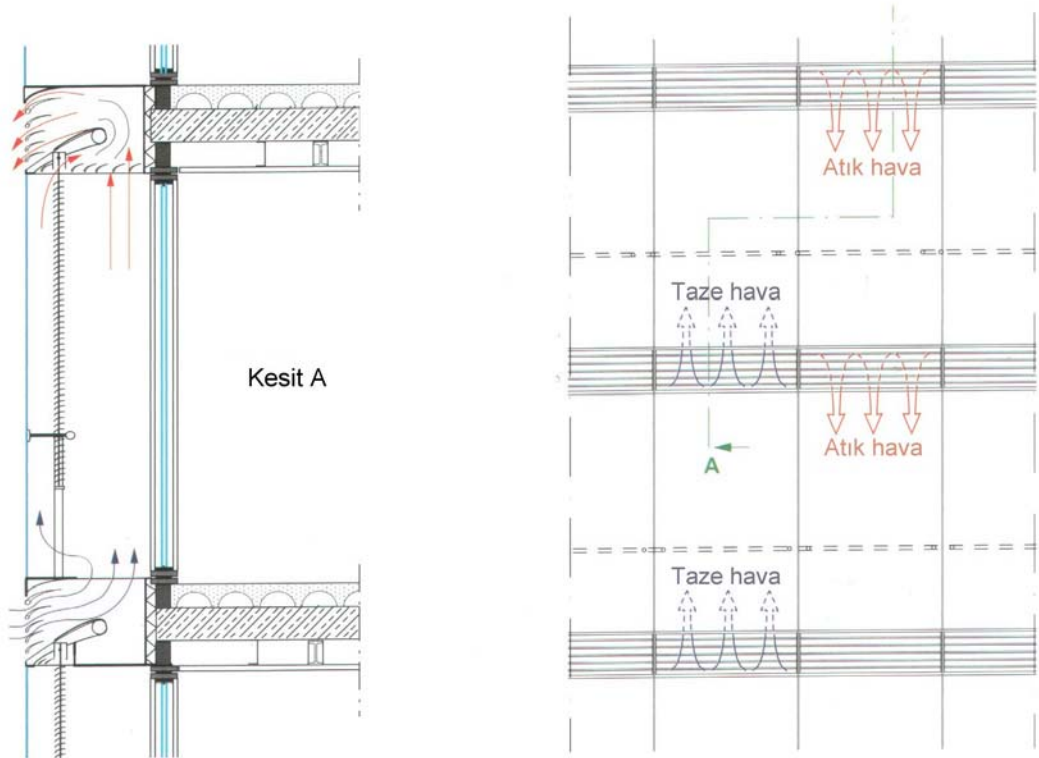
Havalandırma boşluklarının kat yüksekliğinde uygulandığı bir başka örnek Düsseldorf'ta bulunan Düsseldorfer Stadttor binasıdır. Mekanik olarak işletilen, kapanabilir havalandırma kapakçıkları ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. İç kabuk kat yüksekliğinde, iki modülde bir yer alan eksenli kapılardan oluşmaktadır. Yürünebilen ara boşlukta bir güvenlik korkuluğu yerleştirilmiştir. Şekil 2.31, 2.32, 2.33 ve 2.34, Düsseldorfer Stadttor binasına aittir.



Şekil 2.31: Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephesi olan Düsseldorfer
Stadttor



Şekil 2.32: Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış bir çift kabuklu cephe sisteminin yakın görünüşü (Düsseldorfer Stadttor)



Şekil 2.33: Doğal havalandırmanın mekanik yolla kapanabilen özellikteki kapakçıklar tarafından sağlanması ve havalandırma şemasını gösteren şekil (Düsseldorfer Stadttor)

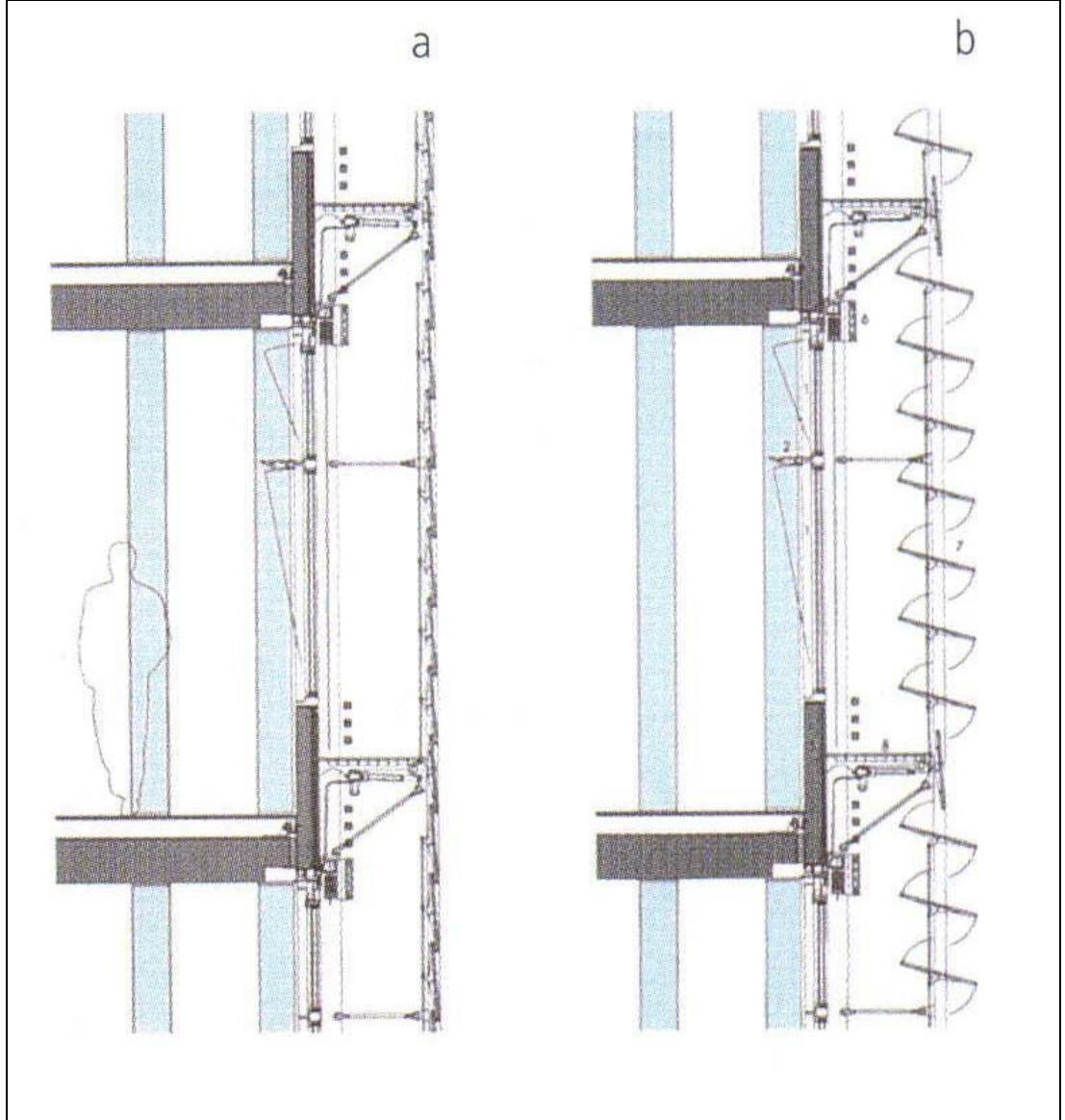


Şekil 2.34: Yürünebilen ara boşluğa açılan eksenli kapılardan oluşan iç kabuğun ve dış kabuk üzerinde yer alan korkuluğun görünüşü (Düsseldorfer Stadttor)

Berlin’de bulunan Debis binasının çift kabuklu cephesinde dış kabuk, çerçevesiz ve eksenel olarak dönebilen cam lamellerden meydana gelmiştir (Şekil 2.35). Kış aylarında ısıtılabilir bölge yaratan dış kabuk (a), yaz aylarında güneş kontrolü sağlama fonksiyonunu üstlenmektedir (b) (Şekil 2.36).



Şekil 2.35: Dış kabuğu oluşturan hareketli cam lamellerin ara boşluktan ve dıştan görünüşü (Debis Binası)

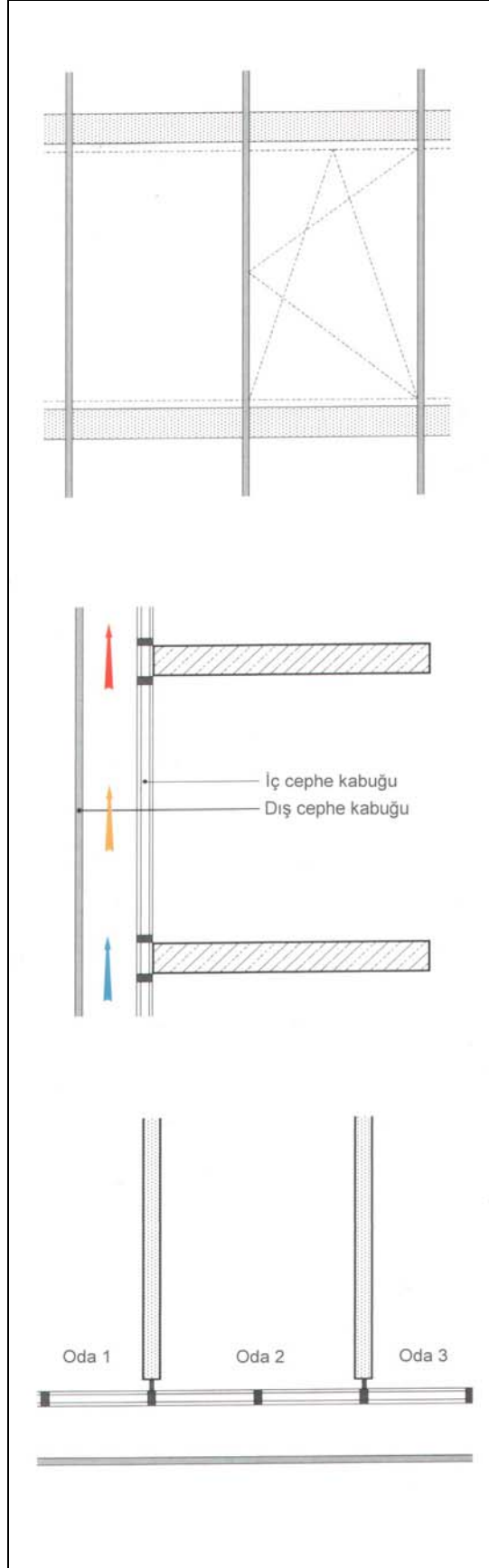


Şekil 2.36: Dış kabuğu oluşturan cam lamellerin kışın kapanarak ısıtılabilir bölge yaratması (a), yazın ise açık durumda doğal havalandırma görevini yapması (b) (Debis Binası)

Yapı Yüksekliğinde Bölüntüsüz Ara Boşluklu Çift Kabuklu Cepheler

Çift kabuklu cephelerde yapı yüksekliğinde tam olarak uygulanan boşluk çözümünde ortaya çıkan bir problem, ısınıp yükselen havanın üst katlarda açık pencerelerden tekrar içeri girme durumudur. Bunun önlenmesi için boşluk yapı yüksekliğinde büyük bir shaft olarak ya hava girişi ya da hava çıkışı sağlanacak şekilde kullanılmaktadır (Compagno, 2002, s.150).

Şekil 2.37, bu tür cephe sistemlerinin ortak özelliklerini görünüş, kesit ve plan üzerinde şematize etmektedir.

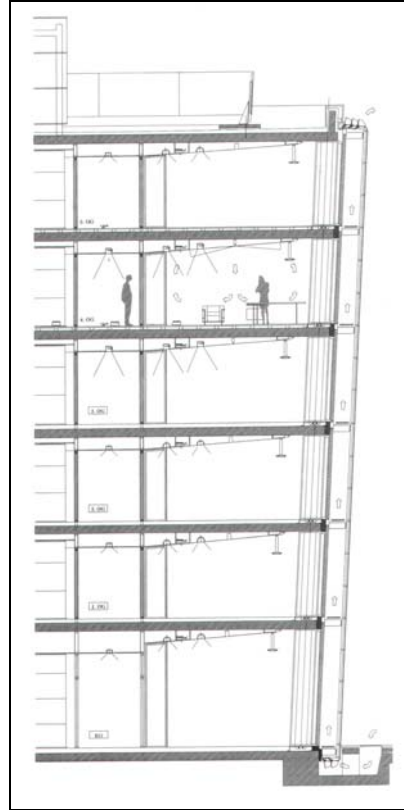


Şekil 2.37: Yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; ara boşluk kesintisiz ve serbestçe havalanmaktadır

Köln’de bulunan Victoria Ensemble binasında yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephe uygulanmıştır. Şekil 2.38 ve 2.39, bu yapıya ait cephe detaylarını göstermektedir. Hava, cephe ara boşluğuna zeminde yer alan çukur kısımdan girerek yükselmekte ve en tepeden dışarı çıkmaktadır.



Şekil 2.38: Yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı Victoria Ensemble binası



Şekil 2.39: Yapı yüksekliğinde çift kabuklu bir cephenin kesit detayı ve havalandırma şeması (Victoria Ensemble)

Berlin’deki GSW binasında uygulanmış olan cephe sistemi yine yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluklu çift kabuklu cephe sınıfına girmektedir. Batı cephesi ara boşluğunda baca etkisi ile yükselen sıcak hava alçak basınç yaratarak doğu cephesinden temiz havanın iç ortama çekilmesini sağlamaktadır. Bu cepheye ait detay ve havalandırma biçimi Şekil 2.40’ta görülebilmektedir.

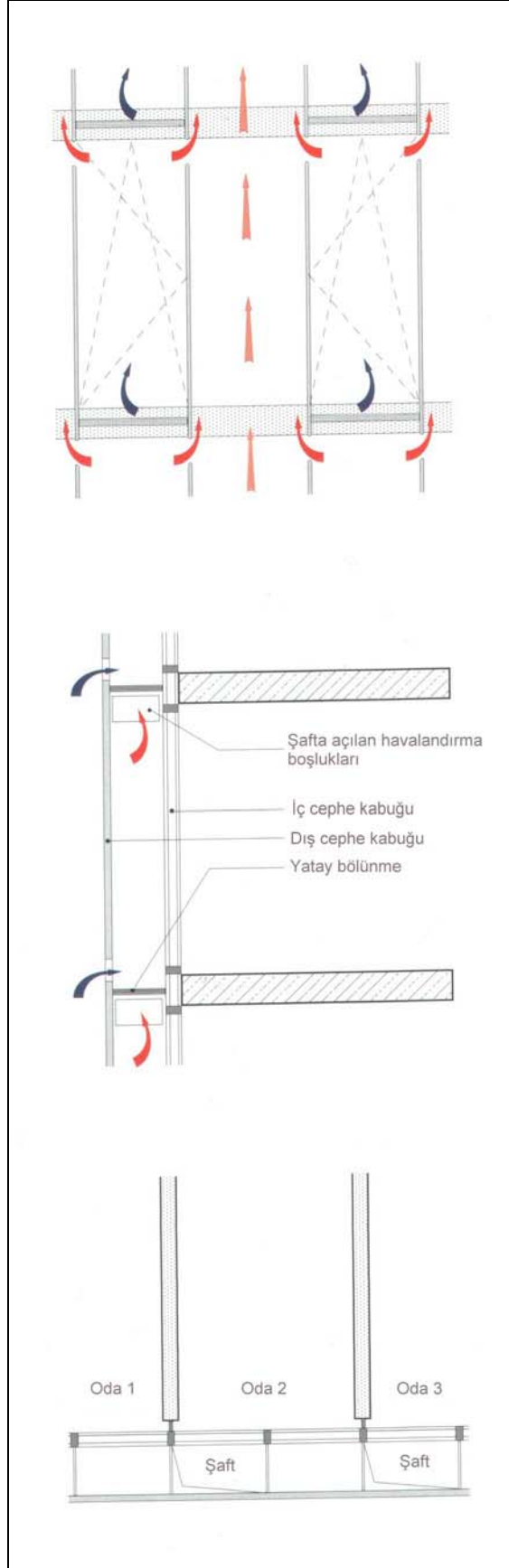


Şekil 2.40: Doğal baca etkisi ile batı cephesindeki boşlukta yükselen sıcak hava alçak basınç yaratarak doğu cephesinden temiz havanın içeri çekilmesini sağlıyor

Şaft Tipi Çift Kabuklu Cepheler

Şaft tipi çift kabuklu cephe, yapı yüksekliğinde bölüntüsüz ara boşluğu olan çift kabuklu cephe ile ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephenin bir kombinezonudur. Yapı yüksekliğindeki boşluk dışarı atılan hava için baca görevi yapmaktadır. Bu düşey şaftta iki yanında açıklıklarla bağlanan kat yüksekliğinde boşluklar bulunmaktadır. Isınan ve kat yüksekliğindeki boşluktan bu merkezi şafta giren hava baca etkisi ile yükselerek en tepeden dışarı atılmaktadır (Compagno, 2002, s.154). Dış ortamdaki hava hareketi az olsa bile şaft içindeki ısı kaldırma kuvveti ile doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bununla birlikte, belirli yükseklikte basınç durumu tersine dönmekte ve ısınmış hava kat yüksekliğindeki boşluğa geri dönebilmektedir. Bu nedenle şaft yüksekliğini sınırlandırmak gerekmektedir. Bu sınırlandırma, yapı yüksekliği, hakim rüzgar vb. gibi çeşitli faktörler tarafından etkilenmektedir ve her yapı için ayrıca hesaplanmalıdır.

Şekil 2.41, şaft tipi çift kabuklu cephe sistemlerinde doğal havalandırma mekanizmasını görünüş, kesit ve plan üzerinde göstermektedir (Oesterle ve diğ., 2001).

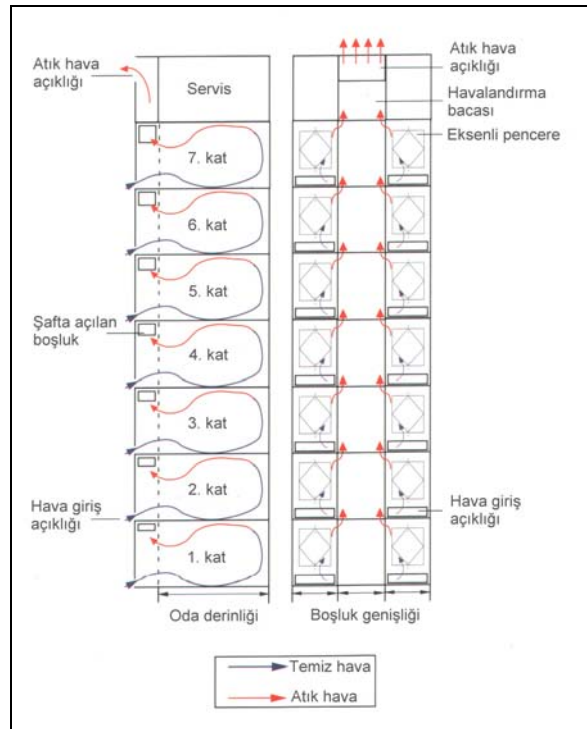


Şekil 2.41: Şaft tipi çift kabuklu cephelerde görünüş, kesit ve plan üzerinde havalandırma prensibini gösteren şema; oklar hava akımlarının yönünü göstermektedir

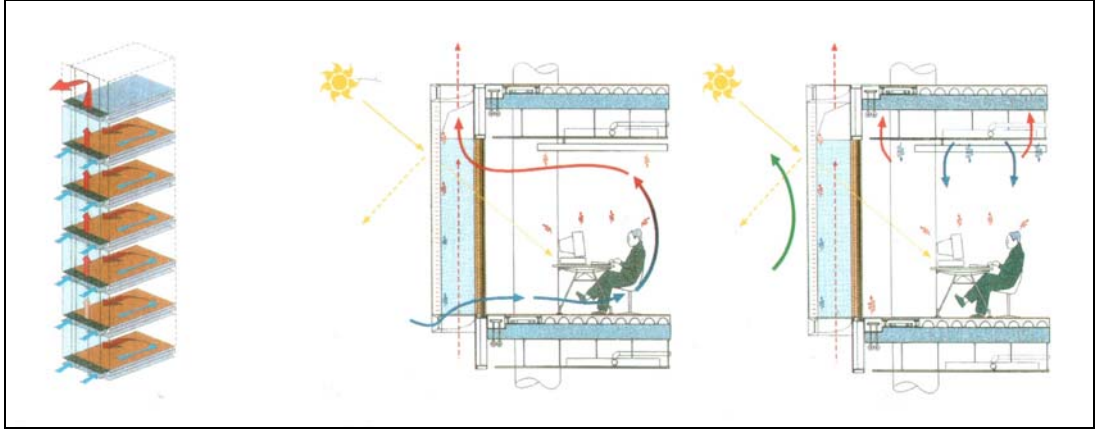
Düsseldorf'ta bulunan ARAG binasında uygulanmış olan cephe sistemi bir şaft tipi çift kabuklu cephe sistemidir. Yapı, sekiz katlı bölümlere ayrılmıştır. Her bölümün servisleri ayrılmıştır. Şekil 2.42, binanın genel bir görünüşünü vermektedir. Şekil 2.43 ise, sekiz katlı bölümlerden birinin kesit ve görünüş üzerinde doğal havalandırma mekanizmasını açıklamaktadır. Şekil 2.44'te bir kat kesiti üstünde hava akımlarının yönleri görülebilmektedir. İç cephe kabuğu üzerinde kat yüksekliğinde yatay sürme doğramalar yer almaktadır. Dış kabuk 12 mm kalınlığında lamine camdan meydana gelmiştir.



Şekil 2.42: Şaft tipi çift kabuklu cephe sisteminin uygulandığı Düsseldorf'taki ARAG binası

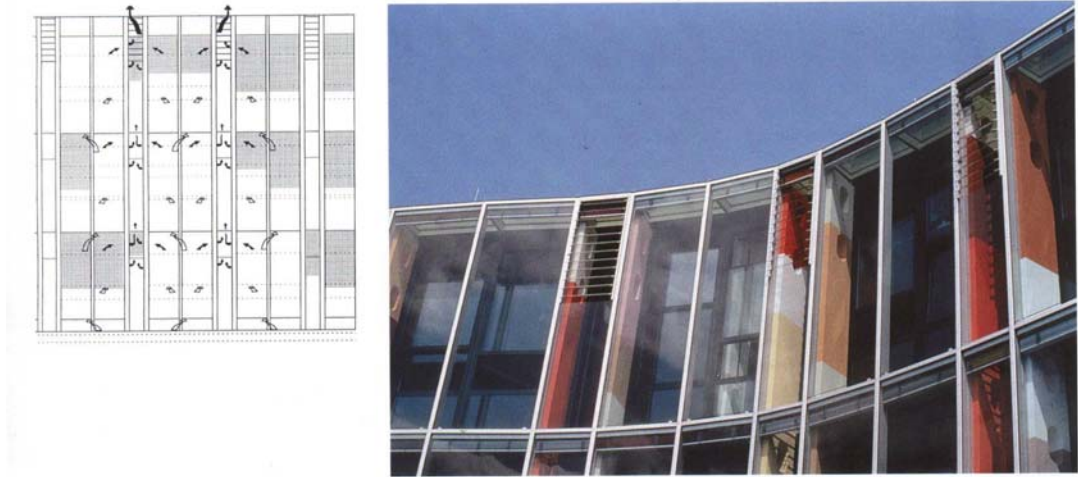


Şekil 2.43: ARAG binasının şaft tipi çift kabuklu cephesinin havalandırma prensibinin kesit ve görünüş üzerinde gösterimi



Şekil 2.44: ARAG binasında katların havalandırma biçimini gösteren kesit

Berlin'deki Photonics Center binasında bir şaft cephe sistemi uygulanmıştır (Şekil 2.45). Dış taraftan temiz hava kat döşemesi hizasından içeri girmektedir. Kullanılmış hava şaft kanalına açılan açıklıklardan şaftta girmekte ve burada yükselen hava son olarak en tepedeki cam lameller arasından dış ortama çıkmaktadır.



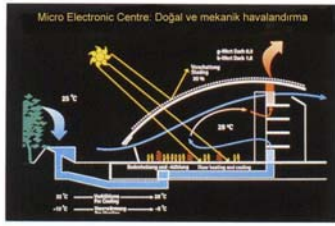
Şekil 2.45: Bir şaft tipi çift kabuklu cephede, kullanılmış havanın şaftta girerek bunun içinden yükselmesi sonucunda üst kısımdan dış ortama atılması

2.2.5. İklim Holleri

Çift kabuklu cepheler rüzgar basıncı etkisindeki yüksek yapılarda bir çözüm olarak görülebilmektedir. Bununla birlikte, tampon bölge prensibi az katlı yapılarda da enerji korunumunu sağlayan bir etki yapabilmektedir. Kış bahçesi, atrium ve iklim holleri çok genişletilmiş cephe boşlukları olarak yorumlanabilir. Ilıman bir tampon bölge, ısı kayıplarının azaltılmasına ve güneş radyasyonundan pasif ısı kazanımına

imkan vermekte, yapının doğal yoldan havalandırılmasında etkin olabilmektedir (Compagno, 2002, s.158).

Duisburg'ta bulunan Micro Electronic Center binasında bu türde bir iklim holü oluşturulmuştur (Şekil 2.46). Yapının çatı örtüsü bir metal konstrüksiyon üzerinde yer almaktadır. Atriumun havalandırılması için, eğimli kabuk üzerinde, alt ve üst tarafta hava kapakçıkları yerleştirilmiştir. Önceden ısıtılabilen veya soğutulabilen temiz hava, zeminde yer alan hava kanalı yoluyla içeri alınabilmektedir.



Şekil 2.46: İklim holü prensibinin uygulandığı atriumlu bir yapıda havalandırma stratejisi

2.3. Değerlendirme Yöntemleri

2.3.1. Değerlendirmenin Tanımı

Değerlendirme; kıymetlendirme, değer biçme, bir şeyin özünü, önemini, nitelik ve niceliğini belirleme anlamlarına gelmektedir. Yöntem; bir amaca erişmek için izlenen, tutulan yol, usul, sistem anlamına gelmektedir. Bilimde ise; belli bir sonuca erişmek için izlenen yol, metot anlamını taşımaktadır (TDK).

Herhangi bir sistemin sağladığı faydayı saptamak veya sistem alternatifleri arasından birini seçmek için karar sürecinde değerlendirmeye gerek duyulur. Değerlendirme, bir nesne veya düşünce ürününü, o ürüne veya nesneye ilişkin değer kriterleri ile karşılaştırma olgusu olarak tanımlanabilmektedir (Tapan, 2004, s.11). Değerlendirme, karar verme sürecinde yer alan ve çeşitli hareket yolları arasından amaca en uygun seçimi yapmak için başvurulması zorunlu bir işlemdir (Sey ve Tapan, 1976, s.93).

Değerlendirme genel olarak üç aşamada gerçekleşmektedir:

1. Değer kriterlerinin saptanması
2. Değer kriterlerinin ölçülendirilmesi ve ağırlıklarının saptanması; değer kriterlerinin değerlendirilmesi
3. Tüm sistem değerinin saptanması

Bu aşamalar, sistemin ve karar verme sürecinin aşama noktalarının özelliklerine göre farklı değerlendirme teknikleri ile gerçekleşmektedir (Sey ve Tapan, 1976, s.29-30).

Mimari ürün öncelikle kullanıcının faydasına dönük olmalıdır. Mimari ürünün değeri, o ürünün kullanıcıya olan faydasını, yani belli bir gereksinmeyi giderme özelliğini ifade eder. Bu nedenle mimari ürünün değeri kullanıcılara bağlı olarak değişmektedir.

Mimarlıkta değerlendirme, alternatifler arasından seçme veya bir ürünün hipotetik bir alternatifle karşılaştırma işlemidir. Değerlendirmenin temel amacı, bilinçli olarak önceden saptanan amaca ilişkin değer kriterlerinin ne oranda gerçekleştiğinin saptanmasıdır. Mimarlıkta bilinçli değerlendirme yöntemleri, bir optimum çözümü bulmaya yardımcı olmasının yanı sıra tasarlama sürecinin aşamalarının istenildiğinde tekrar ele alınmasına ve kontrolüne imkan verir (Tapan, 1980).

Mimarlıkta, başlıca iki aşamada değerlendirme yapılmaktadır. Biri, tasarlama sürecindeki değerlendirme, diğeri ise salt uç ürünün değerlendirilmesi aşamasıdır.

Bilinçli olarak yapılan mimari değerlendirmeler, ilk aşamada mimari bütünün parçalar, yani uç amacın alt amaçlara bölünmesini öngörmektedir. Daha sonra bu alt amaçlara ait değer kriterleri saptanır. Bunu, değer kriterlerinin, alt amaçların ağırlık kazanması izler. Son aşama olarak, değer kriterlerinin değer kazanması ve dolayısıyla tüm sistemin değerlendirilmesi gelir.

Mimari sentezi oluşturan parça sistemlerinin tümünün aynı birimlerle ölçülememesi ve sübjektif değer yargılarına göre değerlendirilmesi, mimari uç ürünün değerinin tek bir birimle ifade edilmesinin mümkün olmadığını göstermektedir. Bundan dolayı çok boyutlu değerlendirme yöntemleri özellikle mimarlıkta önemsenmektedir.

Mimarlıkta değerlendirmenin temel ilkeleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Kullanıcı isteklerini en iyi şekilde yansıtan bir değer sistemi geliştirilmeli ve bunun için de kullanıcının davranışları, gereksinimleri ve bunların kültürel ve sosyal kökenlerinin ne olduğu hakkında sağlıklı bilgi sahibi olunması gereklidir.
- Değerlendirmede objektiflik esas olmalıdır. Sağlıklı bir değerlendirme için değer kriterleri geçerli ve yeterli sayıda olmalıdır. Ölçülemeyen değer kriterlerinin çözümlenmeleri (dekompozisyon), yani nitel öğelerin nicel veya tanımlanabilir öğelere dönüştürülmesi sağlanabilmelidir.
- Değerlendirme, “amaç”ın, “değerlendirici”nin, “zaman”ın ve “ürün”ün bir fonksiyonu olarak kabul edilmelidir.
- Mimarlıkta değerlendirme yöntemlerinin, mimarlık formasyonu almamış kullanıcılar tarafından da anlaşılabilir nitelikte olmasına çalışılmalıdır.

2.3.2. Değerlendirme Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Değerlendirme konusunda değişik yöntem ve tekniklerden yararlanılmaktadır. Yapı elemanlarının değerlendirilmesinde kullanılabilecek yöntemler genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Deniz, 1999, s.31):

- Fayda teorisine dayalı yöntemler
- Alternatiflerin maliyetleri üzerine kurulu yöntemler
- Çok kriterli değerlendirme yöntemleri

2.3.2.1. Fayda Teorisine Dayalı Yöntemler

Fayda teorisine göre, bir fayda fonksiyonu tanımlanıp, alternatiflerden beklenen fayda hesaplanır ve sonuçta faydası en yüksek olan alternatif tercih edilir. Amaçlara ulaşma değerlerinin “fayda” olarak ifade edildiği bu yöntemlere göre, gerçekleşmesi olası tüm olayların bir fayda fonksiyonuna dönüştürülmesi ve sonra da

alternatiflerden beklenen faydaların saptanması gerekmektedir. Bu yöntemlerde alternatiflerin fayda değerleri amaç fonksiyonuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Fayda teorisini esas alan değerlendirme yöntemlerine örnek olarak, her tür faydayı hareket noktası kabul eden fayda değeri analizi yöntemi gösterilebilir. Değer kriterlerine ve amaçlara ağırlık verilerek bir amaç hiyerarşisinin oluşturulduğu bu yöntemde göre herhangi bir amacın değeri, o amaca ait değer kriterlerinin ağırlıklı ortalaması olarak belirlenmektedir. Alternatiflerin kriter değerlerinin bir fayda fonksiyonu ile ölçüldüğü bu yöntemde, faydaların maksimizasyonu ilkesi esas alınarak faydası en yüksek olan alternatif seçilir.

Fayda Değeri Analizi Yöntemi

Fayda-değeri analizleri özne ile nesne arasındaki kullanım değerini saptamayı amaçlamaktadır. Fayda-değeri analizinin yapılabilmesi için en az iki alternatifin olması veya gerçek bir alternatifin hipotetik bir alternatifle karşılaştırılması gereklidir.

Fayda-değeri analiziyle yapılan değerlendirmedeki temel işlemler iki grupta toplanabilmektedir. İlk grup, amaç sisteminin yapısını, amaç hiyerarşisini saptayan analitik işlemleri kapsarken, ikinci grup işlemler alt amaçlara, değer kriterlerine ağırlık verme, ölçme, değer verme, sıralama gibi değerlendirmenin sentetik öğelerini oluşturur (Tapan, 1980).

Fayda-Değeri Analizine Bağlı Değerlendirme Yöntemlerinde Analitik İşlemler

Amaç sistemi saptanırken genellikle dört analiz alanı izlenmektedir. Bunlar:

1. Kullanıcı analizi
2. Faydaların analizi
3. Değer kriterlerinin saptanmasıyla ilgili analizler
4. Değer kriterlerinin ölçülebilir hale dönüştürülmesiyle ilgili analizler

Fayda-değeri analizinde, amaç hiyerarşilerinde bir üst amacın kendisine bağlı alt amaçla ilişkisi üç nitelikte olabilir:

1. Komplementer (bütünler): Bir alt düzeydeki amaca erişilmesi halinde ona bağlı bir üst düzeydeki amaca da erişildiği kabul edilir.

2. Asimetrik: Bir alt düzeydeki amaca erişilmesi halinde ona bağlı bir üst düzeydeki amaca da erişildiği kabul edilir, ancak bunun tersi asimetrik bir ilişkiler ortamında söz konusu olmamakta, dolayısıyla bir üst düzeydeki amaçtan beklenen fayda yerine gelse de, o amacın her bir alt amacından beklenen fayda sağlanmamış olabilir.
3. Kısmi (tikel) asimetrik: Birden fazla alt amaca erişilmesiyle bir üst düzeydeki amaçtan beklenen fayda sağlanmış olmaktadır.

Amaçlar arasındaki ilişkiler çok yönlü olabilmektedir. Amaçların birbiriyle olan ilişkisinin niteliğini dört grupta toplama olanağı vardır:

1. Amaçların birbirine rakip olması
2. Amaçların birbiriyle komplementer olması
3. Amaçlar arası ilişkinin bağımsız olması
4. Amaçlar arası ilişkinin değişken olması

Fayda-Değeri Analizine Bağlı Değerlendirme Yöntemlerinde Sentetik İşlemler

Bu işlemler üç grupta toplanabilir:

1. Değer kriterlerinin değerlendirilmesi
2. Ağırlıkların verilmesi
3. Değer sentezi

Değer Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Fayda Simgeleriyle İfade Edilen Değer Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Ölçülebilen değer kriterlerine ilişkin fayda simgeleri genellikle m^2 , lux, m gibi çok çeşitli birimlere sahip olabilir. Bu simgelerle ifade edilen somut büyüklükler, toplanabilmek amacıyla boyutsuz değerler kazanır. Boyutsuz değerlerin elde edilmesi iki yolla olabilir:

1. Sezgisel olarak
2. Değer fonksiyonlarıyla

Sezgisel veya değer fonksiyonlarına bağlı olarak yapılan bir değerlendirmede fayda simgeleri büyüklüklerinin saptanması gerekmektedir. Bunlar değişik skala türleri yardımıyla elde edilir. Ölçme olarak da adlandırılabilen bu sayısal değerlendirme

nominal, ordinal ve kardinal skalalarla gerçekleştirilebilir. Skalaların birbirinden farkları özdeşlik, sıralama ve toplanabilirlik özellikleriyle ilgilidir.

Nominal Skalalar

Yalnız özdeşlik özelliğini yerine getiren nominal skalalar en basit sayısal değerlendirme araçlarıdır. Nominal bir skalanın düzenlenmesi mimarlıkta değerlendirme için gerekli sürenin az olduğu durumlara veya alternatifler hakkında geniş bir bilgi olmadan ön seçim yapmaya yöneliktir. Örneğin bir tasarlama ürünüde bir WC olup olmadığı saptanabilirken nitelikleri hakkında ayrıntılı bir değerlendirme için yeterli veri elde edilememektedir.

Ordinal Skalalar

Değerlendirmede, fayda farklılıklarının yöneliminin de belirtilmesi söz konusu ise “sıralama” ile ilgili aksiyomlar esas alınarak ordinal skalalar elde edilir. Ordinal skalalar, bir elemanın hangi elemandan sonra gelmesi gerektiğini belirtir.

Kardinal Skalalar

Kardinal skalalar, ölçme sonunda bir alternatifin elde ettiği büyüklüğü ve bu büyüklükle diğer bir alternatifin eriştiği büyüklük arasındaki farkı sayısal olarak elde edebilmektedir. Değerler arasındaki fark her zaman sabit kalmakta ve değerlerin toplanabilirlik özelliği gerçekleşmektedir. Kardinal skalaların enterval ve rasyo (oransal) olmak üzere iki türü vardır. Isı skalaları en tipik enterval skalalardır. Rasyo skalalarda ise “0” noktası açıkça tanımlanmıştır. Ağırlık ve uzaklık ölçme skalaları en tipik rasyo skalalardır. Mimarlıkla ilgili değerlendirmelerde olanak dahilinde değer kriterlerinin ölçülmesi rasyo skalalarla yapılmaktadır.

Değer Fonksiyonları

Fayda simgelerine bağlı olarak elde edilen büyüklükle, bu büyüklüğün değerlendirilmesi arasındaki ilişkiyi matematiksel veya grafik yollarla tanımlayan fonksiyonlara değer fonksiyonları denir. Değer fonksiyonları bir koordinat sistemi içerisinde elde edilir. X-koordinatında değer kriter simgesinin büyüklükleri yer alırken, y-koordinatında fayda değerlerini yansıtan bir fayda skalası oluşturulur. Fayda değerlerinin saptanması ordinal veya enterval bir fayda skalası üzerinde olur ve bir mimari ürünün değerlendirilmesinde söz konusu değer fonksiyonlarının her

birinde eşit nitelikli fayda skalası kullanılır. Aksi durumda faydaların toplanabilirliği veya sıralanabilirliği olanaksızdır.

Fayda Simgeleriyle İfade Edilmeyen Değer Kriterlerinin Değerlendirilmesi

Bir mekanın kullanıcıya verdiği haz veya hoşnutsuzluk, fayda simgeleriyle ifade edilmeyen değer kriter alanları içinde yer alır. Mimari ürünün bir bütün olarak kabul edilmesi görüşüne göre bu tür kriterlere de değerlendirme yöntemlerinde yer vermek gerekir. Tüm fayda-değerin saptanmasıyla ilgili değerlerin büyük bir oranda tanımlanabilir olması fayda-değeri analizinin özünü oluşturmaktadır. Değerlendirmede, kriterlerin tüm fayda-değeri üzerindeki etkinlik oranlarının sayısal biçimde belirlenmesi, fayda nesnesiyle ilgili değer yargısının belli bir düzeyde açık olmasına yine de olanak vermektedir.

Ağırlıkların Verilmesi

Fayda-değeri analizine bağlı değerlendirme yöntemlerinin sentetik işlemleri içinde en önemli bölüm, değer kriterlerinin, çeşitli kademelerdeki amaçların, değerlendircilerin ağırlıklarının saptanmasıdır. Ağırlık değerleri her zaman mutlak değerler olmayıp, diğer bir büyüklüğe göre rölatif değer kazanmış değerlerdir. Bu değerlerle ancak rölatif bir sistem değeri elde edilebilir. Böylece her parça elemanın ağırlığı tüm sistem değerine oranla saptanabilir. Ağırlık vermede en büyük etken ağırlık değerlerini saptayan kişilerdir. Bu kişiler ürünün niteliğine göre değişik nitelikte olabilirler. Özellikle mimarlıkta kullanıcı, mimar, müteahhit, politikacı ve çeşitli uzmanlar ağırlık verme işleminde görevlendirilebilirler.

Alt Amaçların, Değer Kriterlerinin Ağırlık Kazanması

Ağırlıkların saptanmasında çeşitli yöntemler gelişmiş olup, özellikle mimarlık alanında en fazla kullanılan aritmetik ortalama yöntemi olduğu görülmektedir. Ağırlık vermede, aritmetik ortalama yönteminden sonra en fazla uygulanan yöntemlerden biri de ordinal skala oluşturulmasına dayanan “çiftler kıyaslaması” yöntemidir. Bunlardan başka kullanılan yöntemler de bulunmaktadır.

Değerlendircilerin Ağırlık Kazanması

Değerlendirmenin genellikle uzmanlık isteyen bir probleme yönelik olması halinde değerlendiricilerin de farklı ağırlık kazanmaları söz konusudur.

Değer Sentezi (Tüm Fayda Değerin Saptanması ve Alternatiflerin Sıralandırılması)

Bir fayda nesnesinin tüm fayda değeri, farklı işlemlere bağlı sonuçların bir değer sentez işlemi içinde değerlendirilmesiyle bulunur. Ağırlık değerlerine ve değer kriterlerine bağlı kalınarak bir fayda nesnesinin diğer alternatiflere göre seçilebilmesi mantıksal, aşamaları tekrarlanabilir bir hesap yöntemiyle oluşabilir.

Mimarlıkta tüm fayda-değerin saptanmasıyla ilgili değerlendirme yöntemlerini, değer sentezinde yer alan değerlendirme öğelerinin ağırlık kazanıp kazanmamaları sorunu esas alınarak iki sınıf altında toplama olanağı bulunmaktadır:

1. Eşit ağırlıklı değerlendirme öğeleriyle yapılan değerlendirme (değerlendirme öğeleri: değer kriteri, alt amaç, değerlendirici)
2. Farklı ağırlıklı değerlendirme öğeleriyle yapılan değerlendirme

Eşit Ağırlıklı Değerlendirme Öğeleriyle Yapılan Değerlendirme

Bu tür değerlendirmelerde değerlendirmenin öğeleri olan değer kriterlerinin, alt amaçların ve değerlendiricilerin her birinin değer sistemi içinde önemleri eşit olarak kabul edilmekte ve bu öğelerin kendi içlerinde farklı ağırlık kazanmaları söz konusu olmamaktadır. Bu tür değerlendirme yöntemlerinin uygulanabilirliği sınırlı kalmaktadır.

Artı-eksi değerlendirme yönteminde puan veya sayı yerine +, - ve 0 öğeleri değer simgesi olarak kullanılır. Ancak artı-eksi değerlendirme yönteminde alt amaçlar seviyesinde tanımlanan değer kriterlerinin değerlendirilmesi genellikle açık olmayan bir biçimde gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu yöntemin uygulanması bilgi birikiminin yeterli olmadığı durumlarda söz konusu olabilmektedir.

Farklı Ağırlıklı Değerlendirme Öğeleriyle Yapılan Değerlendirme

Bu grup üçe ayrılır:

1. Farklı ağırlıklı değer kriterleriyle ve farklı ağırlıklı alt amaçlarla yapılan değerlendirme
2. Salt farklı ağırlıklı alt amaçlarla yapılan değerlendirme
3. Farklı ağırlıklı değer kriterleriyle, farklı ağırlıklı alt amaçlarla ve farklı ağırlıklı değerlendiricilerle yapılan değerlendirme

Bu sınıfa bağılı değerlendirme yöntemleri, eşit ağırlıklı değerlendirme öğeleriyle yapılan değerlendirme yöntemlerinden daha gerçekçidir.

Farklı Ağırlıklı Değer Kriterleriyle ve Farklı Ağırlıklı Alt Amaçlarla Yapılan Değerlendirme

Hem değer kriterlerinin, hem de alt amaçların ağırlık kazandığı bu değerlendirme yöntemleri, uygulamalarda en fazla rastlanan değerlendirme yöntemleridir. Alt amaçların ağırlık değerleri saptandıktan sonra, değer kriterlerinin önemi üzerinde karar verilmekte, ağırlık değerleri saptanmaktadır. Değer kriterleri değerlendirildikten sonra ağırlık değerleriyle çarpılmakta ve fayda değeri elde edilmektedir. Bu fayda değerleri toplanarak ait oldukları alt amacın değeri saptanır. Bu değerlerle alt amaçların ağırlık değerleri de göz önüne alınarak bir kalite fonksiyonu yardımıyla tüm fayda değeri elde edilir.

Salt Farklı Ağırlıklı Alt Amaçlarla Yapılan Değerlendirme

Bu gruptaki yöntemlerde izlenen değer sentez süreci, bir önceki gruptan büyük bir farklılık göstermemektedir. Ancak salt alt amaçlara ağırlık değerleri verilmektedir.

Bu gruptaki yöntemlere örnek olarak Musso-Rittel değerlendirme yöntemi verilebilir. Amaç hiyerarşisine göre alt amaçların ve onların çözümlenmesi (dekompozisyonu) ile elde edilen değer-kriterlerinin saptanması, bu yöntemin de temel analitik işlemlerini oluşturmaktadır. Sentetik işlemler aşağıda verilmiştir:

- Alt amaçların ağırlık kazanması bu yöntemin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Ancak, alt amaç sayısı rölatif bir ağırlık vermeyi gerçekleştirmek üzere on veya en çok on ikiyi geçmemelidir.
- Değer kriterlerinin değerlendirilmesiyle ilgili ölçme işlemlerinin yapılması ve elde edilen büyüklüklerin her değer-kriteri için geliştirilen değer fonksiyonları yardımıyla fayda-değerlerine dönüştürülmesi sentetik işlemlerin ikinci önemli aşamasını oluşturur.
- Değer-kriter değerlerinin toplanmasıyla her bir alt amaç değerinin saptanması
- Son aşamada ise, alt amaçların sistem içindeki ağırlıkları da göz önüne alınarak tüm fayda-değerin saptanması gerçekleşmektedir.

Farklı Ağırlıklı Değer Kriterleriyle, Farklı Ağırlıklı Alt Amaçlarla ve Farklı Ağırlıklı Değerlendiricilerle Yapılan Değerlendirme

Bu sınıflandırmaya ait yöntemlerde alt amaçlar, değer kriterleri ve değerlendiriciler, toplam fayda-değerinin saptanması sürecinde ayrı ayrı ağırlık kazanmaktadırlar. Bu yöntemler, önceki yöntemlere oranla daha karmaşıktır, ancak hem değerlendiricilerin, hem de alt amaç ve değer kriterlerinin ağırlık değerlerinin tüm fayda-değerinin saptanmasında etken olması değerlendirmeyi daha açık yapmaktadır.

Değer Sentezi Süreçlerinde Ortak İşlemler

Değerlendirme yöntemlerinin değer sentezi süreçleri ayrı nitelikte olmalarına rağmen ortak temel işlem, tek tek değer kriter fayda-değerlerinin, gerekli öğelerin ağırlık değerleri de dikkate alınarak, çeşitli kalite fonksiyonlarıyla ürünün tüm fayda-değerinin bulunmasıdır. Ağırlık değerlerinin etkinliği yöntemlerde farklı biçimde gerçekleştiği gibi, tüm fayda-değerinin saptanmasında seçilen kalite fonksiyonları (amaç fonksiyonları) büyük rol oynamaktadır.

Ağırlıklı Amaç Metodu

Ağırlıklı amaç metodu başlıca beş adımı kapsar:

1. Amaçların ortaya konulması
2. Amaçların derecelendirilip sıraya konulması
3. Amaçlara bağlı ağırlık verilmesi
4. Her amacın performans ölçütlerinin düzenlenmesi
5. Seçeneklerin bağlı yarar değerlerinin hesaplanıp karşılaştırılması

Bir değerlendirme yapabilmek için öncelikle amaca yönelik bir takım kriterlerin bulunması gerekir. Amaçlar teknik ve ekonomik faktörleri, kullanıcı gereksinimlerini, güvenlik gereksinimlerini içerebilir. Kapsamlı bir amaç listesi hazırlanmalıdır.

İkinci adım olarak amaçların birbirine göre önemlilik derecelerinin belirlenmesi lazımdır. Bunun bir yolu amaçların ayrı ayrı kartlara yazılıp bunların en önemliden en önemsizye doğru sıraya konulmasıdır. Amaçların derecelendirilmesinde ikili karşılaştırma metodundan da yararlanılabilir. Bunun örneği Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7: İkili karşılaştırma metodu

Amaçlar	A	B	C	D	E	Satır toplamı
A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

Her amaç teker teker birbiriyle karşılaştırılır. Birbirine göre durumlarına göre seçeneklere 1 ve 0 değerleri verilir. Örneğin A satırından başlanır; “A B’den daha mı önemli, yoksa daha mı önemsiz?” sorusu sorulur. Bu karşılaştırma C, D, ve E satırları için de uygulanır. Örnekte A seçeneği E seçeneği haricinde diğer tüm seçeneklerden daha önemsiz olarak gösterilmiştir. Satırlar tamamlandıkça, ilgili kolon da tersini gösterecek biçimde tamamlanabilir; A satırı 0001 ise A kolonu 1110 olmalıdır. Eğer iki seçenek karşılaştırıldığında eşit önemde olduğu düşünülürse o zaman ilgili iki kutuya da $\frac{1}{2}$ değeri yazılır. Tüm satırlar toplanıp toplam yazıldığında seçeneklerin önem dereceleri ortaya çıkmış olur. Örnekte önem dereceleri şöyle sıralanmaktadır: B, C, D, A, E. Bu işlem bir ordinal skala örneğidir. Ordinal skalalar üzerinde aritmetik işlemler yapılamaz.

Sonraki adım her amaca bir ağırlık vermektir. Bunun basit bir yolu amaçlara 1-10 arası veya 1-100 arası değerler vermektir. Örnekte B’ye 10, C’ye 7, D’ye 5, A’ya 4 ve E’ye 2 değerleri verilmiştir. Bu şekilde ordinal skala, üzerinde aritmetik işlemlerin yapılabildiği enterval skalaya dönüştürülmüş olmaktadır. Bir başka metot ise belirli bir değer (örneğin 100 değeri) seçenekler arasında paylaştırılmasıdır. Bu şekilde de B’ye 35, C’ye 25, D’ye 18, A’ya 15 ve E’ye 7 değerleri verilebilir.

Her amaca yönelik parametrelerin düzenlenmesi diğer bir adımı oluşturur. Bazı parametreler kolaylıkla ölçülemeyebilir, ama yarar değerlerini ifade eden bir skala

düzenlenebilir. En basit skala, beş derecenin kullanıldığıdır. Bunlar şu şekilde ifade edilir:

Ortalamanın çok altında

Ortalamanın altında

Ortalama

Ortalamanın üstünde

Ortalamanın çok üstünde

Beş dereceli skalaların (0-4) yetersiz kaldığı durumlarda dokuz dereceli (0-8) veya onbir dereceli (0-10) skalalar kullanılabilir.

Değerlendirmede son adım olarak, seçeneklerin değerlerinin düzenlenmiş parametrelere göre saptanması gelmektedir. Her seçenek için belirlenmiş parametrelerin amaçlar üzerinde etkisi hesaba katılmalıdır. Bu da kısaca amaçların ağırlık değerleriyle seçenekler için düzenlenmiş parametrelerin değerlerinin çarpımı yoluyla bulunmaktadır. Böylece her amaç için seçeneklerin yarar değerleri bulunmuş olmaktadır. Seçenekler arasında karşılaştırma yapmak için bu yarar değerlerinden faydalanılır. Her seçeneğe ait yarar değerleri toplanıp toplam yarar değerleri bulunur (Cross, 2000).

2.3.2.2. Alternatiflerin Maliyetleri Üzerine Kurulu Yöntemler

Alternatiflerin maliyetleri üzerine kurulu yöntemlerde maliyet, alternatiflerin karşılaştırılması için kullanılan başlıca kriterdir. Bu yöntemler, aynı fonksiyona sahip alternatifler arasından en düşük maliyetli olanı belirlemeye yöneliktir. Bu gruptaki yöntemlere örnek olarak; ilk maliyet, yaşam dönemi maliyeti, maliyet etkililik analizi, maliyet fayda analizi ve maliyet performans- performans fayda analizi yöntemleri gösterilebilir (Deniz, 1999).

İlk Maliyet Yöntemi

Tasarım uygulamalarında en çok kullanılan değerlendirme tekniklerinden biri olan ilk maliyet yönteminde alternatiflerin ilk yapım maliyetleri dikkate alınır. Yönteme göre, alternatif ürünler ilk yapım maliyetleri açısından değerlendirilir ve genellikle minimum performans standartları üzerindeki en ucuz alternatif seçilir.

Yaşam Dönemi Maliyeti Yöntemi

Bu değerlendirme yöntemi, farklı alternatiflerin ilk yapım maliyetlerinin yanı sıra, bakım, onarım, işletme, yenileme, vb. kullanım evresinde belirli bir zaman sürecinde ortaya çıkabilecek maliyetler açısından da değerlendirilmesini öngörmektedir. Bu yöntemde karşılaştırılacak alternatiflerin performans özellikleri aynı olmalıdır. Alternatifler arasından minimum yaşam dönemi maliyetine sahip olan uygun olarak kabul edilir. Yaşam dönemi maliyeti yönteminde, geleceğe ilişkin değer değişimleri önceden düşünülerek değerlendirmede esas alınır. Değerler arasında zaman bakımından mevcut olan farklar, söz konusu değerlerin güncel değerler biçimine dönüştürülmesi ile ortadan kaldırılmaktadır.

Maliyet Etkililik Analizi Yöntemi

Maliyet etkililik analizi yönteminde, ya maliyetlerin sabit olduğu varsayılarak faydalar karşılaştırılmakta, ya da faydaların sabit olduğu varsayılarak maliyetler değerlendirilmektedir. Böylece, değişik maliyetlerdeki alternatifler tek bir performans yönünde karşılaştırılarak en düşük maliyetli alternatifin seçimi gerçekleştirilebildiği gibi, aynı maliyetli ancak değişik performanslı alternatifler karşılaştırılarak, en yüksek performans gösteren alternatifin seçilmesi de sağlanabilmektedir. Belirli bir sonuca ulaşmak için farklı alternatiflerin karşılaştırılması esasına dayanan maliyet etkililik analizi yönteminde hedefte gösterilen başarının ölçüsü olan tek ancak en önemli değerın saptanması temel sorun olmaktadır (Özkan, 1976, s.176).

Maliyet Fayda Analizi Yöntemi

Yapılan harcamalara karşılık, tek ve en yüksek faydanın elde edilmesini sağlayan çözümün saptanmasını amaçlayan bu yöntemde, bütün maliyetler ele alınarak, maliyetlere karşılık sağlanan faydanın optimizasyonu ile çözüm bulunur. Eğer bütündeki fonksiyonel ilişkilerin tümü bilinirse, maliyet ve fayda ifade edilerek, minimum maliyeti veren optimum (tek ve en iyi) çözüme ulaşılabilir. Optimizasyonda kullanılan kriterlerin artması durumunda tek çözüm elde etme imkanı azalmaktadır. Böyle bir çözüme ancak bir veya birkaç kriter kullanılması durumunda ulaşılabilirdiği için, optimizasyon sürecinde kriterlerin sayısının ve birbirlerine karşıt ancak bağımlı olan isteklerin yeterince azaltılması gerekmektedir (Özkan, 1976, s.177-179).

Maliyet Performans- Performans Fayda Analizi Yöntemi

Bu değerlendirme yöntemi, bir taraftan farklı ürün maliyetlerini performansları ile, diğer taraftan performansları kullanıcı ihtiyaçları ile karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Yöntemde kullanıcı ihtiyaçları, performans ve fayda arasındaki ilişkilere göre açıklanmaktadır. Bir kullanıcı ihtiyacı, faydanın belirli düzeyine karşılık gelen belirli bir performans düzeyini ifade etmektedir. Buradaki performans kavramı, yapının fiziksel özelliklerinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Fayda ise, hem maddi kazanımın, hem de insan mutluluğunun bir ölçüsüdür.

Bu yönteme göre kullanıcı ihtiyaçlarının önemleri, kullanıcıların öncelikli ihtiyaçlarının fonksiyonudur. İhtiyaçlar arasındaki öncelikler, kullanıcılara bağlı faydanın ölçülmesi sonucunda, kullanıcı ihtiyaçları (performans fayda) eğrilerine yansıtılmaktadır.

Aynı amacı karşılayacak farklı ürünlerin maliyetlerine bağlı olarak aynı tür ihtiyaçlar için performans sonuçları bir grafikte ifade edilebilir. Ürünlerin maliyet ve performans değerlerine göre yapılan karşılaştırmada, oluşturulan üst sınır eğrisine yakın maliyet performans değerlerini veren ürünler kullanılmaya uygundur.

Bu yöntemde ürün seçimi, ortak performans değişkenine sahip ürünlerin performans yarar ve performans maliyet ilişkilerinin, değişken ekseninde bütünleştirilmesiyle gerçekleştirilebilir. Yöntem, birden fazla kullanıcı ihtiyacını ifade eden performans değişkeni göz önüne alınarak da kullanılabilir. Sonuçta, belirli bir performans düzeyinde olan en ucuz ürün veya belirli bir fiyata sahip olup en yüksek performans gösteren ürün seçilebildiği gibi, her iki ilişkinin birleşimine göre de karar verilebilir.

2.3.2.3. Çok Kriterli Değerlendirme Yöntemleri

Çok kriterle değerlendirme yapmaya uygun olan bu yöntemlerde alternatiflerin kriter değerlerinin yanı sıra, bu değerlerin amacı karşılama derecelerinin de ölçülebilmesi gerekir. Çok yönlü değerlendirme imkanı sağlayan bu yöntemler birbiri ile çelişen amaçlar arasında alternatif hareket yollarından birini seçmeye yönelik olarak kullanılmaktadır.

Çok kriterli değerlendirme yöntemleri aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırılabilir (Deniz, 1999, s.35):

- Ağırlıklı değerlendirme teknikleri (tartma yöntemi, basit ağırlık yöntemi, kademeli ağırlık yöntemi, çarpıtılmış ağırlık yöntemi)
- Eleme teknikleri (özelliklere göre eleme yöntemi, alternatiflere göre eleme yöntemi, birincil kritere göre değerlendirme yöntemi)
- Matematik programlama teknikleri (lineer programlama yöntemi, hedef programlama yöntemi, etkileşimli çok kriterli programlama yöntemi)

Ağırlıklı Değerlendirme Teknikleri

Ağırlıklı değerlendirme teknikleri, alternatifler, alternatiflerin değerlendirilebileceği kriterler, kriter veya amaçların göreceli ağırlık değerleri ve bu ağırlıklara göre alternatifleri karşılaştırmak için gerekli kuraldan oluşmaktadır. Bu teknikler dört grupta toplanabilmektedir (Deniz, 1999):

Tartma Yöntemi

Sezgisel yargının etkili olduğu bu yöntemde, alternatifleri sınyacak olan kriterler basit yargılamayla tartılır ve değerlendirme bu yargılamada belirlenen en önemli kritere veya amaca göre yapılır. Değerlendirme sonucunda söz konusu kriter açısından en üstün değere sahip olan alternatif seçilir.

Basit Ağırlık Yöntemi

Bu yöntemde kriterlere önemlilik derecelerini simgeleyen sayısal değerler verilir. Alternatiflerin her bir kriteri karşılama değerleri kendi ölçüm birimleri veya puanlama yöntemi ile sayısal olarak belirlenir. Daha sonra her bir alternatifin sayısal kriter değerleri, ilgili oldukları kriterlerin önemlilik dereceleri ile çarpılarak çıkan puanlar toplanır ve tüm kriterler açısından en yüksek puanı alan alternatif seçilir.

Kademeli Ağırlık Yöntemi

Kriterlerin daha üst düzeydeki amaçlara varmak için bir araç olarak kullanıldığı bu yöntemde amaçlara önemlilik değerleri verilir ve her alternatifin tüm kriter değerlerinin amaçlara ulaşmadaki başarısı ölçülür. Alternatiflerin amaçları karşılama değeri olan bu ölçülerle amaçların önemlilik değerleri çarpılarak her alternatif için çarpımların toplamı bulunur. Değerlendirme sonucunda, söz konusu toplam değeri en yüksek çıkan alternatif seçilir.

Çarpıtılmış Ağırlık Yöntemi

Kötümserlik (maximin) veya iyimserlik (maximax) yöntemleri olarak da ifade edilebilen bu yaklaşımda çarpıtılmış ağırlıklar kullanılır. Riskten kaçınılan kötümserlik (maximin) yönteminde her alternatifin tüm kriter değerleri kendi içinde karşılaştırılarak en düşük kriter değeri en yüksek ağırlık olarak belirlenir ve alternatifler bu değerleri ile temsil edilir. Daha sonra bu en zayıf değerler arasından en yüksek değere sahip olan alternatif seçilir. Diğerinin aksine riski seven bir yöntem olan iyimserlik (maximax) yönteminde ise her alternatifin tüm kriter değerlerinden en iyi olanı en yüksek ağırlık olarak belirlenir ve böylece her alternatifin temsili değeri bulunur. Bu değerler karşılaştırılarak en yüksek değeri olan alternatif seçilir. İyimserlik yöntemi, her alternatifin en iyi kriter değerini dikkate alır ve diğer kriter değerlerine karşı ilgisizdir.

Çok kriterli ve ağırlıklı bir diğer karşılaştırmalı değerlendirme metodunu Aygün önermiştir. Metot, fiziksel ve istatistiksel değerlendirme olarak iki bölümden oluşmaktadır (Aygün, 2000).

Fiziksel değerlendirme:

1. Fiziksel Kriter Fonksiyonları (Girdi): Amaçlara ulaşmak için ilgili kriterlerin bağımsız değişken fonksiyonları olarak ifade edilmesi.
2. Fiziksel Yarar Fonksiyonları (Girdi): Her kriter için fiziksel yarar fonksiyonunun kurulması.
3. Fiziksel Kriter Ağırlıkları (Girdi): Fiziksel kriterlerin bağıl ağırlıklarını belirlemek için amaçların hiyerarşik olarak sıralanması.
4. Fiziksel Kriter Değerleri: Her seçenek için fonksiyon aracılığıyla fiziksel değerlerin hesaplanması.
5. Uygun Seçenekler (Seçeneklerin Elenmesi): Tüm kriterler için zorunlu limitleri karşılayan seçeneklerin belirlenmesi.
6. Mutlak Fiziksel Performans Değerleri: Kriter fonksiyonlarıyla kesin fiziksel performans değerlerinin hesaplanması.
7. Bağıl Fiziksel Yarar Değerleri: Fiziksel performans değerlerinin doğrusal enterpolasyonla mutlakten bağıla dönüştürülmesi ve ağırlıkların uygulanması.

İstatistiksel Değerlendirme:

1. İstatistiksel Kriter Fonksiyonları (Girdi): Uygun istatistiksel kriter fonksiyonlarının seçilmesi.
2. İstatistiksel Kriter Değerleri: Seçenekler için istatistiksel kriter değerlerinin hesaplanması.
3. Mutlak İstatistiksel Performans Değerleri: Kriter fonksiyonlarıyla kesin istatistiksel performans değerlerinin hesaplanması.
4. Bağlı İstatistiksel Yarar Değerleri: İstatistiksel performans değerlerinin doğrusal enterpolasyonla mutlakтан bağla dönüştürülmesi ve böylece boyutlardan arındırma.
5. Sıralanmış Liste: Tüm istatistiksel kriterler için vasatın üzerinde değerleri olan seçeneklerin sıralanarak listelenmesi.

Herhangi bir sistemin uygun olarak tanımlanabilmesi için tüm istatistiksel kriterlerin vasatın üzerinde olması gerekmektedir. Böyle bir sistem amaçlanan hedef için senteze ulaşmıştır. Bütündeki performansa göre, bağlı istatistiksel yarara göre sıralama yapılmaktadır.

Eleme Teknikleri

Eleme teknikleri; alternatifler, alternatiflerin değerlendirileceği kriterler, çoğunlukla kriterler için kısıtlamalar ve alternatifleri elemek için kuraldan oluşmaktadır. Bu tür değerlendirme tekniklerini üç grupta toplamak mümkündür.

Kriterlere Göre Eleme Yöntemi

Her kriter için bir kısıtlamanın bulunduğu bu yöntemde alternatiflerin kriter değerleri belirlenen kısıtlamalar içinde kalmak zorundadır. Kriter değeri kısıtlama dışında olan alternatifler elenir. Böylece, tüm kriter değerleri kısıtlamalar içinde kalan alternatifler arasından kriter değerleri toplamı en yüksek olan alternatif seçilir.

Alternatiflere Göre Eleme Yöntemi

Bu yöntemde bir alternatif, ideal kriter değerlerinden oluşan bir varsayımsal alternatifle veya gerçek alternatiflerden biri ile karşılaştırılır. Karşılaştırılan iki alternatiften bir veya birçok kriter açısından üstün olanı tercih edilir. Üstün olan alternatif diğer bir alternatif ile karşılaştırılarak zayıf olan elenir. Bu ikili

karşılaştırma işlemi tek alternatif kalıncaya kadar tekrarlanır ve en üstün alternatif seçilir.

Birincil Kriteria Göre Değerlendirme Yöntemi

Bu yöntemde önce kriterlere önemlilik değerleri verilerek bir sıralama yapılır. Alternatifler, önemlilik değeri en yüksek olan (birincil) kriter gere karşılaştırılır ve bu kriterin karşılanması açısından diğerlerinden çok üstün olan alternatif seçilir. Eğer alternatifler bu kriter açısından birbirlerine çok fazla üstünlük göstermezlerse, değerlendirme ikinci derecede önemlilik değerine sahip kriter gere yapılır. Bu işlem sürdürülerek önemli bir kriter açısından diğerlerinden çok üstün olan alternatif seçilir.

Matematik Programlama Teknikleri

Seçimi yapılacak alternatif sayısının sonsuz olması durumunda kullanılan ve diğer çok kriterli yöntemlerden farklılık gösteren bu teknikler genellikle sonsuz sayıda alternatif, açık kısıtlamalar, amaç fonksiyonu ve optimum çözüme ulaşmak için gerekli bir dizi işlem den oluşmaktadır. Ortaya çıkan çözümlerin deterministik olduğu matematik programlama uygulamalarında çok sayıda denklem ve değişken bulunduğu için çözüm işlemlerinde çoğunlukla bilgisayar kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Çok kriterli matematik programlama tekniklerini üç grupta toplamak mümkündür.

Lineer Programlama Yöntemi

Sınırlayıcı koşullar adı verilen lineer denklemlerin veya eşitsizliklerin kısıtlayıcı koşulları altında, lineer bir amaç fonksiyonunu optimumlaştıran bir yöntem olan lineer programlamada amacı ve niteliklerini belirleyen matematiksel bir model kullanılır. Yöntemin tamamen matematiksel kalıba oturtulması, ulaşılan sayısal sonuçlarda kişisel etkilerin olmamasını sağlar. Alternatiflerin kriter değerlerinin değişken olarak kabul edildiği bu yöntemde, amaç fonksiyonu ve kısıtlama fonksiyonu biçiminde iki çeşit fonksiyon vardır. Amaca en uygun alternatiflerin tasarımı problemi ile uğraşan lineer programlama yönteminde değişkenlerin rakamlarla ifade edilip bölünebilir olması ve değişkenler arasında lineer ilişki kurulabilmesi koşullarının sağlanması gerekmektedir.

Hedef Programlama Yöntemi

Çok sayıda hedef veya amacın bulunduğu lineer programlama problemlerine uygulanan bir yöntemdir. Lineer programlamada amaç fonksiyonu birim açısından yalnız bir ölçekte ifade edildiği için çok sayıda amacın söz konusu olduğu durumlarda amaçlara öncelik sırası verilir. Her amaç için erişilmesi istenen bir hedef değeri belirlenir. Sonuçta, belirlenen hedeflerden sapma (eksi veya artı) değerleri toplamının en aza indirildiği tek bir amaç fonksiyonu ortaya konur. Böylece problem, tek hedefli, eşdeğer hedefli, veya öncelikli hedefli modellere dönüştürülerek lineer programlama biçiminde çözülebilir.

Etkileşimli ve Çok Kriterli Programlama

Genel olarak etkileşimli (interactive) teknikler adı altında toplanabilen bu yöntemler, kriterler veya amaçlar uzayında tercihlerin ardışık tanımına dayanır. Bu yöntemler, problemin karmaşıklığı nedeniyle başlangıçta tercihler ile ilgili bilgi verilemeyeceğini, ancak bulunan bir çözüme dayanarak kısmi bir tercih bilgisi verilebileceğini kabul eder. Ardışık tekrarlamalarda problem hakkında bilgi sahibi oldukça, tercihler ile ilgili daha bilinçli bilgi verme imkanı doğar. Bu yöntemlerde başlangıçta belirlenen tercihler daha sonra belirli bir hedefe göre adım adım optimize edilir.

2.4. Değişkenlik

2.4.1. Değişkenliğin Tanımı

Değişken sözcüğü; değişme özelliği gösteren, değişebilir, kararsız, mütehavvil anlamlarına gelmektedir (TDK). Değişkenlik, durağanlık göstermeme, sabit olmama gibi anlamlara da gelebilmektedir.

Çevresel etmenler zaman içinde değişen özellikler taşımaktadır. Çevresel etmenlerin değişkenliği karşısında ortaya çıkan adaptasyon (uyum) çözümleri yeni bir kavram değildir. Eskiden beri kullanılmakta olan geleneksel çözümlerden biri cephede açılan pencere kanadı uygulaması, bir diğeri ise perdedir. Bu elemanlar çok iyi bilinen, basit ama etkili çözümlerdir. İç ortamda konforu olumsuz yönde etkileyen bir durum karşısında pencere kanatlarını, perdeleri açmak veya kapatmak çok basit ama etkili çözümlerdir. İç ortam bunaltıcı olduğunda veya temiz havaya ihtiyaç duyulduğunda pencereyi açmak, güneşin yakıcı ışınlarından iç ortamı korumak üzere perdeleri

kapatmak, veya tam tersi bir durumda, bulutlu bir günde iç ortamdaki aydınlık düzeyini artırmak için açmak çok alışılmış, basit ama etkili davranışlardır.

Değişime adaptasyon (uyum) sağlamak üzere konutlarda kullanılan bu çözüm yolları her ortamda -örneğin ofis binalarında- uygulanamamaktadır. Bunun çeşitli sebepleri vardır; ofis ortamında konutlardaki gibi perde olması, ya da yüksek yapılarda sert esen rüzgar etkisinden dolayı cephede kanat açılması gibi yaklaşımlar konfor ve güvenlik açılarından her zaman rasyonel olmamaktadır. Perdelerin yerini jaluzi, lameller v.b. güneş kontrol elemanları alırken, doğrudan dış ortama açılan kanat yerine ise çoğunlukla klima tesisatı ve son yıllarda yurt dışında uygulanan çift kabuklu cephe sistemleri içinde yer alan korunaklı kanatlar ve havalandırma kanalları yapılabilmektedir.

2.4.2. Dış Ortam Koşullarındaki Değişkenlik

İç ortamda bulunan kullanıcının konfor şartları üzerinde etkin olan ve cephe tasarımında göz önünde bulundurulması gereken dış koşullardan gün ışığı düzeyi, hava sıcaklığı, güneş radyasyonu miktarı ve ışınların geliş açısı, hava hareketi, havanın bağıl nemi, ses düzeyi, hava kalitesi gibi etmenler sürekli bir değişim döngüsü içindedir. Bu değişimlerin periyotları farklı zaman aralıklarında gerçekleşmektedir; mevsimlik, gün içinde, saatlik ve daha küçük zaman aralıklarında değişimler söz konusudur.

Mevsimlik ve gün içinde değişken özellik gösteren dış etmenler arasında gün ışığı düzeyi, hava sıcaklığı, güneş radyasyonu miktarı ve ışınların geliş açısı, hava hareketi, havanın bağıl nemi sayılabilir.

Saatlik ve daha küçük zaman aralıklarında değişken özellik gösteren dış etmenler arasında gün ışığı düzeyi, hava sıcaklığı, güneş radyasyonu miktarı ve ışınların geliş açısı, hava hareketi, havanın bağıl nemi, ses düzeyi, hava kalitesi sayılabilir.

Tablo 2.8’de, İstanbul ili için yaklaşık otuz yıllık bir dönem içinde gerçekleşen en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık değerleri aylık zaman dilimlerinde ⁰C cinsinden gösterilmiştir.

Tablo 2.8: İstanbul’da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen en yüksek, en düşük ve ortalama sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$) (<http://www.meteor.gov.tr/2006/tahmin/tahmin-iller-istanbul.aspx>, 2006)

	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
En yüksek sıcaklık	18.3 1979	24.0 1977	26.2 1993	32.9 1994	33.0 1994	39.2 1982	39.7 2000	38.8 2002	33.6 1993	34.2 1984	27.2 2003	21.2 1976
En düşük sıcaklık	-7.9 1979	-8.0 1985	-6.9 1987	0.6 2004	3.6 1985	9.0 1997	13.5 1985	12.2 1981	9.2 1997	3.2 2005	-1.0 1989	-3.4 1992
Ortalama sıcaklık	6.1	5.9	7.7	12.1	16.7	21.5	23.8	23.5	20.0	15.6	11.2	8.0

Tablo 2.9’da ise, İstanbul için 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen ortalama güneşlenme süreleri saat biriminden verilmiştir.

Tablo 2.9: İstanbul’da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen ortalama güneşlenme süreleri (saat) (<http://www.meteor.gov.tr/2006/tahmin/tahmin-iller-istanbul.aspx>, 2006)

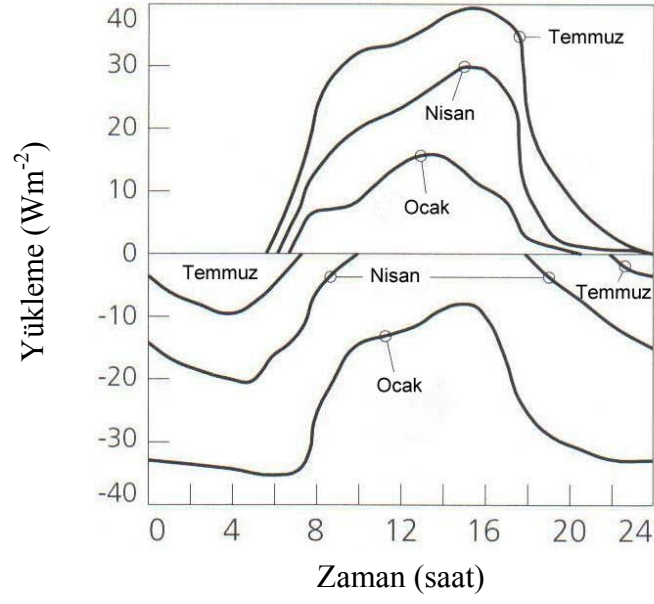
	Oca.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağu.	Eyl.	Eki.	Kas.	Ara.
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	2.3	3.1	4.6	6.0	8.0	9.8	10.5	9.4	7.9	5.2	3.3	2.2

Tablo 2.10’da ise, yine İstanbul için otuz yıllık bir zaman içinde gerçekleşen yağış, rüzgar ve kar uç değerleri gerçekleşme tarihleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 2.10: İstanbul’da 1975-2006 yılları arasında gerçekleşen yağış, rüzgar ve kar uç değerleri (<http://www.meteor.gov.tr/2006/tahmin/tahmin-iller-istanbul.aspx>, 2006)

En çok yağış	30.10.1978	81.3 kg/m ²
En hızlı rüzgar	09.01.1975	98.6 km/saat
En yüksek kar	09.03.1987	44.0 cm

Şekil 2.47’de, yılın farklı ayları için ısı kazanç ve kayıplarını gösteren bir grafik gösterilmiştir.



Şekil 2.47: Yılın farklı ayları için ısı kazanç ve kayıplarının karşılaştırılması (Compagno, 2002, s.31)

Dış ortam koşullarındaki değişimler ile bu parametrelere bağlı olarak iç ortamdaki konfor aralıklarını gösteren Tablo 2.11, yapı kabuğunun üstlendiği, dış ve iç ortamlar arasında sağladığı filtreleme görevinin önemini belirtmektedir.

Tablo 2.11: Dış etmenlerin değişkenlik periyotları ve aralıkları ile bu etmenlerle ilgili iç ortamdaki konfor aralıkları

Değişken dış etmenler	Birimi	Değişkenlik periyodu	Dış ortamdaki değişkenlik aralığı (min.-max.)	İç ortamdaki konfor aralığı (min.-max.)
Gün ışığı düzeyi	(lx)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	0 – max.	0 – 300/1000
Hava sıcaklığı	(°C)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	-8 – 39.7	18 – 25
Güneş radyasyonu	dalga boyu (nm)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	0 – 320/ 2500	
	enerji (kW/ m ²)		0 – 1,35	
Güneş ışınlarının geliş açısı	(°)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	0 – 90	
Güneşlenme süresi	(saat)	Gün içinde	2.2 – 10.5	
Hava hareketi	(m/sn)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	0 – 27.4	<0.15
Hava değişimi	(m ³ /saat)	Saatlik, ve daha sık	max.	40-60 (kişi başına) veya (0.3 – 1.1) (oda hacmine oranla)
Havanın bağıl nemi	(%)	Mevsimlik, gün içinde, saatlik, ve daha sık	0 – 100	30 – 70
Ses düzeyi	(dB)	Saatlik, ve daha sık	0 - 120	0 - 50
Hava kalitesi	(-)	Saatlik, ve daha sık		

2.5. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, çalışmada geliştirilmiş olan, sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemine temel oluşturan ilgili kavramlar açıklanmış ve bunlarla ilgili bilgi aktarılmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramının tanımı ve gelişim süreci özetlenmiş, mimaride sürdürülebilirliği sağlayabilme yollarından bahsedilmiştir. Bu bağlamda, ekoloji ile insan sağlığı ve konfor şartları üzerine bilgi verilmiştir. Sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi için kullanılan araç ve yöntemlerden bahsedilmiştir.

Bundan sonra, çalışmanın odak noktasını oluşturan yapı kabukları üzerine bilgi verilmiştir. Yapı kabuklarının bir türü olan, özellikle büro yapılarında görülen cam cephe sistemlerinin sınıflandırılması yapılmış ve sistemler örneklerle açıklanmıştır. Yapı kabuğunun enerji ve konfor ile ilgili parametreleri, tasarımın iç ortam konforu üzerindeki etkileri açıklanmıştır.

Değerlendirme üzerine bilgi verilen kısımda, tanım ve yöntemlerin sınıflandırması yapılmıştır. Fayda değerine dayalı, maliyetler üzerine kurulu, çok kriterli değerlendirme yöntemleri ve teknikleri açıklanmıştır.

Çalışmada, yapı kabuklarındaki değişkenlik üzerinde durulduğundan, kavramın anlaşılması için ilgili tanım ve açıklamalar yapılmıştır. Yapı kabuğu üzerinde etkin olan dış koşulların değişken özelliği ifade edilmiştir.

3. MİMARİDE BİR SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİSİ OLARAK YAPI KABUĞUNDA DEĞİŞKENLİK

3.1. Yapı Kabuğunda Değişkenlik İhtiyacı

Yapı kabuğu, doğal çevre ile sınırlandırılmış (yapay) çevre arasında bir filtre görevini üstlenmektedir. Değişken özellik taşıyan yapı kabukları kullanıcı konforunun artırılması ve enerjinin etkin kullanımında olumlu özellikler taşımaktadır.

Değişken yapı kabuklarının avantajı dış ortam ile iç ortam arasında kontrollü bir alış veriş sağlamasıdır. Doğal ışık, taze hava gibi istenen etkenler yanında doğrudan gelen güneş ışığı, hava sıcaklığı gibi iklimsel etkenlere belirli oranlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Kabuktaki değişkenlik, dış ortam şartlarının durumuna göre ayarlama yapabilme ve iç ortam konfor düzeyinde iyileştirme olanaklarını sağlamaktadır.

Bu tür gelişmiş cephe sistemlerinin özellikleri arasında aşağıdakiler sıralanabilmektedir:

- Isıl konforu artırırken etkin güneş kontrolü ile soğutma yükünü kontrol etmek ve ihtiyaç duyulan ışık düzeyini büyük oranda gün ışığı ile sağlamak
- Doğal havalandırma çözümleri ile hava kalitesini artırmak ve soğutma yükünü azaltmak
- Gün ışığı-ısı konforu arasında optimizasyon sağlayarak ışıqlandırma, soğutma ve ısıtma için gereken enerji yüklerini minimize etmek ve işletme giderlerini azaltmak
- Kullanıcı sağlığını, konforunu ve performansını iyileştiren iç ortam koşullarını sağlamak

Günümüzde “akıllı” olarak ifade edilebilen cephe sistemleri, dinamik karakteri ile değişen günlük ve mevsimlik şartlara adapte olabilme özellikleri sayesinde yapının enerji tüketimini azaltma imkanı vermektedir.

Enerji korunumu için doğal havalandırma, gece soğutması, doğal aydınlatma, tampon bölgeler yaratılması vb. gibi alınabilecek birçok önlem bulunmaktadır (Compagno, 2002, s.129). Bu çözümlerin etkin olabilmesi için cephe ve yapı arasında sıkı bir ilişki bulunmalıdır. Örneğin doğal havalandırma için yapının aerodinamik ve termodinamik davranışı önemlidir. Cephe boşluğunda ve yapı içinde hava dolaşımı rüzgar basıncı ve baca etkisi ile sağlanmaktadır. Bu amaçla bilgisayar simülasyonları, yapı maketleri üzerinde rüzgar tüneli testleri ve gerçek boyutlu cephe örnekleri üzerinde saha testleri yapılmaktadır. Simülasyonlar için hava akımının hızını, sıcaklığını ve yoğunluğunu görsel olarak ortaya koyan bilgisayarlı akışkan dinamiği metodundan yararlanılmaktadır. Buna ek olarak rüzgar tüneli testleri de yapılabilmektedir.

Enerji korunumu konusunda etkin çözüm elde etmek için tasarım sırasında cephe, çevre ve yapı sistemleri arasında etkili bir ilişki kurulması gereklidir.

3.2. Yapı Kabuğundaki Değişkenlik Alanları

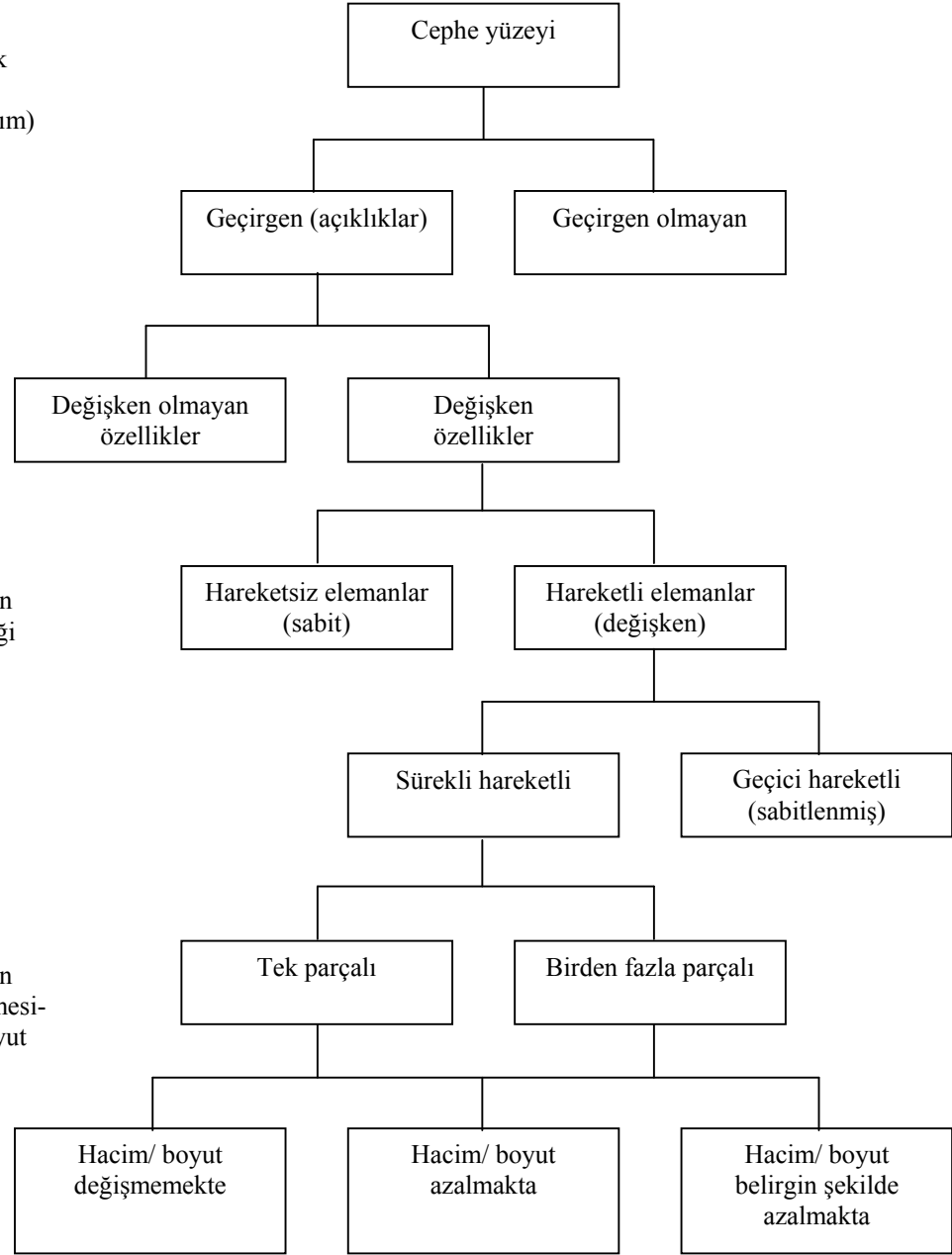
Değişken özellik taşıyan yapı kabuklarını oluşturan eleman ve bileşenler, zaman içinde değişen etkiler karşısında veya ihtiyaç durumunda çeşitli alanlarda değişkenlik gösterebilmektedir. Değişkenlik alanları; hava ve ses geçirgenliği, enerji korunumu/kazanımı, güneş kontrolü, doğal aydınlatma olarak sayılabilmektedir.

Şekil 3.1’de, cephede değişkenlik kavramının bir sınıflandırması görülebilmektedir (Herzog, 2004, s.260).

1. düzey
geçirgenlik
özellikleri
(hava, ısıtım)

2. düzey
elemanların
hareketliliği

3. düzey
elemanların
bölümlenmesi-
hacim/ boyut
değişimi



Şekil 3.1: Değişken cephe kavramının sınıflandırması

Fonksiyonel Kriterler:

Genel koruma fonksiyonlarının yanında, cephe elemanının hava ve ışık geçirgenliği önemli özelliklerindendir. Geçirgenlik derecesi kabuk yüzeyinin karakteri, kullanım değeri ve iç mekan kalitesi yönlerinden belirleyicidir ve bir yapının enerji etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Cephenin değişen şartlara ne ölçüde adapte olabildiği, ne

derece değişken ve ayarlanabilir olduğu önemli farklılaşma kriterleridir (Herzog, 2004, s.27).

Hava geçirgenliği

Doğal havalandırma stratejileri değişken ve ayarlanabilir geçirgenlik gerektirmektedir. Ancak ısının ve yangın sırasında ortaya çıkan sıcak ve zehirli gazların geçişi de bu geçirgenlik ile mümkün olabilmektedir.

Işıık geçirgenliği

Işıık ışınlarının kalitesi ve miktarı doğal aydınlatma ile i mekanın karakterini belirlemektedir. Delikli, yarı saydam yüzeyler güneş kontrol fonksiyonunun yanı sıra algısal yönden de yarar sağlayabilmektedir; ufak delikler ışığın geldiği yöne göre görsel performans üzerinde etki yapar. Aydınlık ortama doğru bakışta deliklerden görünen parçalı görüntü göz tarafından birleştirilebilmekte ve bütün olarak algılanmaktadır. Ters taraftan bakışta ise deliklerden geçen ışık miktarı gözün adaptasyonuna imkan vermez ve görünmezlik sağlanmış olur.

Enerji kazanımı

Güneş ışınımını geçiren yüzeyler yapı içindeki döşeme ve duvar gibi yapı elemanlarının ısınması yoluyla doğrudan enerji kazanımına imkan vermektedir. Özel teknik sistemler ile (örneğin fotovoltatik, trombe duvarı) cephe bünyesinde ısı veya akım kazanılabilmektedir.

Değişkenlik

Cephe sistemi, eleman ve bileşenlerin özelliklerinin veya pozisyonlarının değişimi yoluyla değişken dış ortam koşullarına tepki gösterebilmektedir:

- Cephe bileşenlerinin mekanik hareketi yoluyla (lamellerin konumlanması, kapakçıkların açılma derecesi vb.)
- Malzeme özelliklerinde elektrik ile, ısı veya ışık duyarlı, geri dönüşümlü değişimler yoluyla; örneğin malzemenin ışık ışınlarını geçirgenlik derecesi üzerinde etkili olunabilmesi. Kendiliğinden olan değişimler ya fiziksel (örn. agrega durumunun değişmesi, kristal strüktürlerin başka türlü yapılanması) ya da kimyasal (kimyasal bağların değişimi) olarak gerçekleşmektedir (Herzog, 2004, s.28).

Kontrol

Değişkenlik kontrolü gerektirmektedir. Kontrol aşağıdaki yollarla sağlanabilmektedir:

- Elle veya mekanik kullanım, doğrudan veya dolaylı, örneğin “düğme” ile
- Kendiliğinden; örneğin camın ısı duyarlı süreçler ile değişen ışık geçirgenliği
- Sensörler (algılayıcılar) ve motorlar ile tekrarlı hareketler tekniği ile

Cephe sisteminin fonksiyonel kriterlere göre sınıflandırılmasını gösteren Tablo 3.1 cephe kuruluşu için birçok farklı alternatifin bulunduğunu göstermektedir.

Tablo 3.1: Cephenin fonksiyonel kriterlere göre sınıflandırılması (Herzog, 2004, s.27)

Hava geçirgenliği	kapalı
	kısmi geçirgen
	açık
Işık geçirgenliği	opak
	yarı saydam
	saydam
	açık
Enerji kazanımı	yok
	ısı
	akım
Değişkenlik	yok
	mekanik
	fiziksel (strüktürel değişkenlik)
	kimyasal (malzeme bünyesinde değişkenlik)
Kontrol	elle doğrudan/ dolaylı
	kendiliğinden
	tekrarlı hareketler tekniğiyle

3.3. Yapı Kabuğundaki Değişkenlik Türleri

Yapı elemanında meydana gelebilecek değişkenlik iki şekilde olabilmektedir.

1. Bileşenin başkası ile değiştirilmesi yoluyla değişkenlik (fiziksel değişkenlik)
2. Bileşen başkası ile değiştirilmeden olabilecek değişkenlik (fiziksel, mekanik veya kimyasal değişkenlik)

Bileşen, başka biri ile değiştirilmeden meydana gelebilecek değişkenlik türleri şu şekilde sıralanabilir:

- ekleme
- çıkarma
- kalınlaştırma
- inceltme
- pozisyon/ durum değişikliği

Ekleme: Bileşenin gösterdiği performansın herhangi bir sebeple değiştirilmesi gerektiğinde bileşene ekleme yapma

Çıkarma: Bileşenin gösterdiği performansın herhangi bir sebeple değiştirilmesi gerektiğinde bileşenden çıkarma yapma

Kalınlaştırma: Bileşenin gösterdiği performansın herhangi bir sebeple değiştirilmesi gerektiğinde bileşeni kalınlaştırma

İnceltme: Bileşenin gösterdiği performansın herhangi bir sebeple değiştirilmesi gerektiğinde bileşeni inceltme

Pozisyon/ durum değişikliği: Bileşenin gösterdiği performansın herhangi bir sebeple değiştirilmesi gerektiğinde bileşenin pozisyonunda/ durumunda yapılan değişiklik

3.4. Değişken Yapı Kabuğu Uygulamaları

Farklı alanlarda değişkenlik özellikleri gösteren seçilmiş bazı uygulamalar, çalışmanın sonundaki Ek A kısmında verilmiştir. Cephe sisteminin ait olduğu yapının fotoğraf ve bilgileri, cephe kesit çizimleri ile buna ilişkin açıklamalar her uygulama için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Ele alınmış olan cephe uygulamalarındaki

değişkenlik türü, bileşenlerin bir başkası ile değiştirilmeden, pozisyon/ durum değişikliğinin uygulandığı değişkenlik durumuna örnektir.

3.5. Değişken Yapı Kabuğu Uygulamalarının İncelenmesi

Çalışmanın Ek A kısmında verilmiş olan örneklerin özelliklerini bir arada incelemek üzere aşağıdaki tablo düzenlenmiştir. Tablo 3.2’de, cephe sistemlerinin bazı özellikleri bir arada gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Farklı cephe sistemlerinin enerji, doğal havalandırma ve değişkenlik alanları yönünden karşılaştırılması

Uygulama Örnekleri		Cephe Sistemi	Enerji	Doğal Havalandırma	Değişkenlik Alanı
A	Daimler Benz/ Debis C1, Berlin (birinci cephe türü)	Isı yalıtım camlı ve ısı bariyerli alüminyum giydirme cephe	- Isı yalıtımlı cam ünite - Parapet kısmında ısı yalıtımı	Açılır kanat yoluyla	Elektrik enerjisiyle hareket ettirilen gölgeleme elemanları
	(ikinci cephe türü) (bkz. Şekil 2.35, Şekil 2.36)	Lamine cam lamellerden oluşan dış kabuk	Ara boşluğun soğuk havalarda ısıl tampon bölge oluşturması	Dış kabuk sayesinde büro mekanlarında yılın %60’ında doğal yoldan havalandırma yapılabilmesi	- Dış kabuğu oluşturan cam lamellerin hareketli olması - Ara boşlukta hareketli güneş kontrol elemanı
B	Mediothek, Sendai	- Yapı yüksekliğinde kesintisiz ara boşluklu çift kabuklu cephe - Ara boşlukta dikine yer alan lamine cam taşıyıcılar dış kabuğu rijitleştiriyor	100 cm genişliğinde ara boşluk enerji geçişi yönünden tampon görevi görüyor	Dış ortamla hava ilişkisi mevcut değil	Ara boşlukta ısıнын dengelenmesi için havalandırma kapakçıkları

C	Enstitü Binası, Grenoble	- Dış kabukta polikarbonat levhalar - İç kabukta alüminyum sürme doğrama	- Cephede tampon ara boşluk - Isı yalıtım camlı alüminyum sürme doğrama	Sürme doğramalar yoluyla doğal havalandırma	- Cephe ara boşluğunun motorlu kapakçıklarla havalanması - İç tarafta yukarı toplanabilir güneşlik
D	Yönetim Binası, Würzburg	- Yapı yüksekliğinde kesintisiz ara boşluklu çift kabuklu cephe - Zeminde ve çatıda havalandırma kapakçıkları - Köşelerde düşey cam bölücüler ve entegre hava üfleyicileri	- Low-e kaplamalı cam ünite, ısı bariyerli alüminyum çerçeve - Köşelerde hava hareketini sağlayan pervaneler	Cephe ara boşluğunun havalanması için kapakçıklar	- Ara boşlukta kapakçıklar yoluyla havalandırma yapılması - Ara boşluktaki hava hareketini sağlayan pervaneler - Güneş ışınlarına karşı ara boşlukta hareketli jaluzi
E	Yönetim Binası Cephe Yenilemesi, Stuttgart	- Mevcut cephe önüne ikinci cam kabuk - Kat yüksekliğinde kumanda edilen cam lameller	- Duvar da ısı yalıtımı - Asma tavan arasının havalandırma yoluyla ısı dengelenmesi	Açılır cam lameller yoluyla havalandırma	- Güneş ışınlarına karşı ara boşlukta hareketli jaluzi - Doğal havalandırma amaçlı hareketli cam lameller
F	Stadttor, Düsseldorf	- Ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlı çift kabuklu cephe - Kapanabilir havalandırma kanalları	- Isı yalıtım camlı ahşap doğrama - Cephedeki hareketli havalandırma kanalları yoluyla ısı dengelenmesi	- Hava kanalları ve açılır kanatlar yoluyla doğal havalandırma - Diyagonal yerleştirilmiş havalandırma açıklıkları ile temiz ve kirli havanın karışmasının önlenmesi	- Cephede yer alan açılıp kapanabilir havalandırma açıklıkları (üç konumlu) - Güneş kontrolü için elektrikle işletilen jaluzi

G	Messehochhaus Hannover	• Çift kabuklu cephe sistemi • Cephe ara boşluğuna açılan sürme doğramalar havalandırma amaçlı • Kumanda edilebilir havalandırma elemanları	• Isı yalıtımlı çift cam ünite • Bina genelinde etkin enerji kullanımı	• Koridorda havalandırma yapılması için cam lameller • Ara boşluğa açılan sürme doğramalar	• Alüminyum jaluzi • Tekstil güneşlik
H	Yönetim Binası RWE, Essen	• Kat yüksekliğinde camlar • Doğal havalandırma için ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlı çift kabuklu cephe elemanı, 197x359 cm	• Tampon ara boşluk • Isı yalıtımlı çift cam ünite	• “Balık ağzı” formunda alüminyum havalandırma elemanları • İç cephede sürme doğramalar • Kat yüksekliğinde şaşırtmalı havalandırma açıklıkları	• Hareketli alüminyum jaluzi • Tekstil güneşlik • Doğal havalandırma için ara boşluğa açılabilen sürme doğramalar
I	Arap Enstitüsü, Paris	• Mekanik havalandırma sağlayan boşluklu cephe sistemi • Gün ışığı ile kendinden açılıp kapanan diyaframlar	• Diyaframlar ile ısı ve ışık enerjisi geçişi kontrollü • Isı yalıtımlı çift cam ünite	• Mekanik havalandırma	• Gün ışığının durumuna göre otomatik olarak ayarlanan diyaframlar iç ortamdaki aydınlık düzeyini kontrol ediyor
J	Yönetim Binası, Wiesbaden	• Ana cephe önünde güneş ve gün ışığı kontrolü sağlayan hareketli elemanların konumu değişerek gün ışığını iç ortama yansıtabiliyor	• Güneş ışınlarının kontrolü ile enerji geçişinin sınırlandırılması • Üç tabakalı ısı yalıtımlı cam ünite	• Açılır kanatlar yoluyla doğal havalandırma	• Hareketli güneş kontrol elemanları • İç ortamda açılır kanatlar ile doğal havalandırma yapılması

3.6. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, sürdürülebilir mimarlığın yapı kabuğu alanında uygulanma stratejilerinden biri olarak ele alınan değişkenlik üzerinde durulmuştur. Yapı kabuklarında ortaya çıkan değişkenlik ihtiyacı açıklanmıştır.

Değişkenliğin yapı kabuğunda görüldüğü alanlar ve bu alanlardaki değişkenlik türleri açıklanmıştır. Fonksiyonel değişkenlik alanları; hava ve ses geçirgenliği, enerji korunumu/ kazanımı, güneş kontrolü, doğal aydınlatma olarak sayılabilmektedir.

Yapı elemanında meydana gelebilecek değişkenlik iki şekilde olabilmektedir.

1. Bileşenin başkası ile değiştirilmesi yoluyla değişkenlik (fiziksel değişkenlik)
2. Bileşen başkası ile değiştirilmeden olabilecek değişkenlik (fiziksel, mekanik veya kimyasal değişkenlik)

Değişkenlik gösteren bazı yapı kabuğu uygulama örneklerinin farklı özellikleri özetlenmiştir.

4. DEĞİŞKEN YAPI KABUKLARI İÇİN BİR TASARIM DESTEK SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

4.1. Cephe ile İlgili Fonksiyonlar ve Gereksinimler

Dış ve iç ortamlar arasında yer alan yapı kabuğu ile ilgili gereksinimler, fonksiyonlar, önlemler ve teknoloji üzerine özet bilgi Şekil 4.1’de verilmiştir.





Şekil 4.1: Cephe ile ilgili gereksinimler; fonksiyonlar; tamamlayıcı önlemler ve yapı teknolojisi (Herzog, 2004, s.18)

Schittich, iç ve dış ortamlar arasında ayırıcı ve bağlayıcı eleman olan yapı kabuğunun fonksiyonları olarak aşağıdaki maddeleri sıralamıştır (Schittich, 2001, s.30):

- Aydınlatma
- Havalandırma
- Nemden koruma
- Sıcağa / soğuğa karşı yalıtım
- Rüzgardan koruma
- Güneşten koruma
- Kamaşmadan koruma
- Görsel koruma
- Görsel ilişki / saydamlık
- Güvenlik
- Mekanik hasarın önlenmesi
- Gürültüden koruma
- Yangından koruma
- Enerji kazanımı

CWCT (The Centre for Window and Cladding Technology)'ye göre, bir cepheden beklenebilecek performans gereksinimleri aşağıdaki şekilde listelenmiştir (<http://www.cwct.co.uk/index.htm>, 2005):

- Dayanıklı olmalı
- Yükleri aktarmalı
- Rüzgara dayanımlı olmalı
- Yağmura ve kara karşı dayanımlı olmalı
- Yangına karşı dayanımlı olmalı
- Kalıcı olmalı
- Güneş ışınlarını kontrol edebilmeli
- Gün ışığını kontrol edebilmeli
- Parlamayı kontrol edebilmeli

- Görüşü sağlamalı
- Özel yaşamın görünmezliğini sağlamalı
- Kontrollü doğal havalandırmaya olanak vermeli
- Güvenli hareketli açılımlar sağlamalı
- Hava sızıntısını sınırlandırmalı
- Isı kayıplarını engellemeli
- Yoğuşmayı ve küf oluşumunu engellemeli
- Nemi kontrol etmeli
- Güvenliği sağlamalı
- Böcek, haşerat, vb. girmesini engellemeli
- Bitki mantarlarının biyolojik zararlarını önlemeli
- Ses kontrolü sağlamalı
- Koku ve kir geçişine olanak vermemeli
- Bakım ve onarıma olanak vermeli
- Güzel görünümü korumalı
- Yapılabilirlik, taşıma ve depolama kriterlerini sağlamalı
- İmalat kolaylığı olmalı
- Uygun maliyetli olmalı

4.2. Cephe ile İlgili Kriterler

Mimaride sürdürülebilirliği gözeten yapı kabuğunun sağlaması gereken kriterler olarak şunlar açıklanabilir:

4.2.1. Isıl Konfor

Isıl konfor, iç ortamda olması gereken konfor türlerinden biridir. İç ortamdaki kullanıcının konfor koşulları sınırları içinde bulunması verimini artırmaktadır. Yapı kabuğunun iç ortamdaki ısıl konforun sağlanması ve sürdürülmesindeki önemi son yıllarda daha fazla anlaşılmıştır.

Isı transferi üç yolla gerçekleşmektedir (Nashed, 1996, s.21):

1. Konveksiyon (taşıma)
2. Kondüksiyon (iletim)
3. Radyasyon (ışınım)

Konveksiyon, hava yoluyla gerçekleşen ısı transferidir. Hava ısınınca genişlemekte ve hafiflemekte, bunun sonucu olarak da yukarı doğru hareket etmektedir.

Kondüksiyon, ısının katı veya sıvı bir cisim içinde transferidir. Metaller iyi iletken, ahşap ve plastik gibi malzemeler yalıtkandır. Cephede ısı transferi, süreklilik gösteren malzeme ve birleşimler yoluyla olmaktadır. Isı köprüsü denilen bu olayı önlemenin yolu ısı geçişini engelleyen ısı bariyeri kullanımıdır. Isı köprüleri, cephe konstrüksiyonlarında yalnızca ısı performansını düşürmekle kalmaz, aynı zamanda yoğunlaşma sıcaklığının altına inilmesi durumunda kondansasyona da sebebiyet verir.

Radyasyon, ışık dalgaları yoluyla ısı transferidir. Isı radyasyon yoluyla, opak bir nesneyle karşılaşınca kadar ilerlemektedir. Opak nesne tarafından emilen ısı enerjisi, kondüksiyon ile iletilmektedir. Malzeme yansıtıcı ise, radyasyonla gelen ısı enerjisinin büyük kısmı geri yansıtılmakta, geri kalanı emilmektedir.

4.2.2. Enerji Korunumu

Günümüzde enerjinin her çeşidi çok değerlidir. Gelişmiş ülkelerde enerji korunumu, mimari uygulamalarda başlıca kriterlerden birini oluşturmaktadır. Tüketilen enerjinin büyük kısmı yapılarda kullanılmaktadır. Enerji kayıplarının azaltılması, hatta yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji kazanımı/ üretimi, sürdürülebilir mimarlığın önde gelen amaçlarından biridir. Bu bağlamda, yapılardan kaynaklanan enerji kayıplarının en fazla gerçekleştiği yapı kabuklarının enerji korunumu yönünden uygun tasarımı öncelikli amaçlardan biridir.

Isı, termodinamik yasalar gereği yüksek olduğu taraftan düşük olduğu tarafa geçme eğilimindedir. Yıllık sıcaklık farklarının fazla olduğu iklim bölgelerinde bulunan yapılarda ısı, kışın yüksek olduğu iç ortamdan dış ortama, yazın ise dış ortamdan iç ortama doğru bir akış içindedir. Bu akış, ortamlar arasında denge sağlanana dek sürme eğilimindedir. Bu dengenin sağlanması durumunda ise kullanıcıların ısı konforu olumsuz yönde etkileneceğinden, ortamlar arasında ısı akışını yavaşlatan ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır.

Yapılarda uygulanacak ısı yalıtım kuralları ülkemizde TS 825 standardıyla açıklanmaktadır. Standart, binalarda ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine yöneliktir.

4.2.3. Aydınlatma/ Gün Işığından Maksimum Düzeyde Faydalanma

Gerek enerji, gerekse kullanıcı konforu yönünden gün ışığından mümkün olan en üst seviyede yararlanmak sürdürülebilirliğin öncelikli amaçlarından biridir. İç ortamda gereksinime duyulan aydınlık düzeyinin doğal yoldan sağlanması, ekonomik yönden ve çevre kirliliğinin azaltılması sebebiyle önemlidir. Doğal ışık, genellikle yapı kabuklarının saydam kısımlarından iç ortama alınmaktadır, dolayısıyla yapı kabuğundaki saydamlık oranının mümkün olduğunca fazla tutulması, gün ışığından maksimum fayda elde etme imkânını sağlamaktadır.

4.2.4. Güneş Kontrolü Sağlanması

Kullanıcı konforunun sağlanabilmesi için güneş ışınlarının iç ortama girişi kontrol edilmelidir. Özellikle yaz aylarında iç ortama doğrudan ulaşan etkili güneş ışınları ısı ve görsel konforları negatif yönde etkileyebilmektedir.

Güneş kontrolü temelde iki yolla sağlanabilmektedir:

1. Güneş kontrol camları ile
2. Sabit veya hareketli gölgeleme elemanları ile

Güneş kontrolü yapılırken bilinmesi gereken, yazın güneşin etkisini azaltan güneş kontrol elemanlarının kışın da aynı etkiyi yaparak güneş enerjisinden yeterince yararlanmayı engelleyebileceğidir. Bundan dolayı güneş kontrolü ihtiyaca göre değişebilir özellikte olmalıdır.

Güneş kontrolünün sağlanması için uygulanabilecek kontrol elemanlarından çalışmanın ikinci bölümünde bahsedilmiştir.

4.2.5. Havalandırma/ Doğal Havalandırmanın Sağlanması

Konfor şartlarının sağlanmasında başlıca kriterlerden biri iyi bir havalandırma ve mekanda yeterli hava değişiminin olmasıdır. Havalandırmanın doğal yoldan sağlanması hem kullanıcı sağlığı, hem de ekonomi yönünden sürdürülebilir mimarlığın amaçlarından biri olarak belirtilebilmektedir.

Doğal havalandırma için uygulanan stratejiler çalışmanın ikinci bölümünde daha ayrıntılı şekilde verilmiştir.

4.2.6. İhtiyaçlar Doğrultusunda Değişkenlik

Dış ortam koşullarında ve kullanıcı gereksinimlerinde ortaya çıkan değişikliklere adapte olmak üzere yapı kabukları değişken performanslar gösterebilmelidir. Bu sayede kullanıcı konforu odaklı enerji etkin mimari ürünlerin elde edilmesi mümkündür.

4.2.7. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Yararlanma

Yapılarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil bazlı enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu tür kaynaklardan enerji elde etmek için her zaman bir yanma olayı gerekmektedir. Bu yanma sonucunda havaya karışan çeitli gazlar global ölçekte sera etkisi yaratmaktadır. Ortaya çıkan çevre kirliliğinin yanında, fosil kaynaklı enerji rezervlerinin azalması, buna karşın enerjinin her geçen gün daha fazla önem kazanması, yenilenebilir enerji türlerinin günümüzdekine kıyasla daha yaygın kullanımını ve teknolojilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

4.2.8. Su/ Nemden Korunma

İç ortamdaki kullanıcının ve yapı strüktürünün su/ nem etkilerinden korunması, yapı kabuklarının karşılaması gereken bir fonksiyondur. Terleme ve kondansasyon sonucu yapı bileşeninde su ortaya çıkmaktadır. İç ve dış mekanı ayıran yapı elemanı, bir difüzyon geçirgenlik özelliğine sahip ise, iç ve dış ortamdaki buhar basınçlarının farklı olması halinde su buharı eleman içinden, difüzyon yoluyla geçmektedir. Bu geçiş sırasında buhar, elemanın yüzeyinde doyma sıcaklığına rastlarsa yoğunlaşarak terleme olayı meydana gelmekte, eğer elemanın içinde doyma sıcaklığı ile karşılaşırsa kondansasyon oluşmaktadır (Tezcan, 1975, s.1). Yapı elemanı bünyesindeki suyun birçok zararlı etkisi bulunmaktadır; ısı yalıtım malzemesinin yalıtım değerini düşürmek, metal malzemelerin korozyona uğramasına neden olmak bunlardan bazılarıdır. Kondansasyonun önlenmesi için ısı yalıtım malzemesini yapı elemanının soğuk yüzeyine yakın yerleştirmek ve sıcak tarafta da buhar geçirimsiz malzeme kullanmak mümkündür.

4.2.9. Mukavemet ve Denge/ Kararlılık/ Yüklere Karşı Dayanım

Yapı kabuğunun yüklenmiş olduğu çok farklı fonksiyonları karşılayabilmesi için öncelikle kendisinin kararlı durumda denge halinde bulunması, mukavim olması, üzerine gelen çeşitli yüklere karşı dayanıklı olması gereklidir.

Yapı kabuğuna etkiyen yükler sürekli ve geçici olmak üzere ikiye ayrılır. Sürekli yükler, taşıyıcı sisteme katkısı olmayan yapı kabuklarında sistemi oluşturan bileşenlerin kendi ağırlıklarıdır. Geçici yükler ise rüzgar, deprem, darbe yükleri gibi, zaman zaman etkimekte olan yüklerdir. Rüzgar, darbe ve deprem yükleri, ölü yükler gibi, yapı kabuğundan bina taşıyıcı sistemine, genellikle her kat döşemesi hizasında yer alan tespit elemanları yolu ile aktarılır.

Rüzgar yükü, binanın yüksekliğine ve rüzgarın esme hızına bağlı olarak DIN 1055 veya TS 498 gibi standartlara göre hesap edilmektedir. Hafif cephelerin planlanmasında en önemli unsurlardan biri cepheye tesir eden rüzgar yükleridir. Rüzgar yükleri cephelere genellikle dik yönde etkimekte olup bu etkileri ile cephenin taşıyıcı sistemi ve bu çerçevenin ana yapıya bağlantıları, detayları ve seçilecek camların tip ve niteliklerinin doğru belirlenmesini gerektirmektedir. Rüzgar hız ve yönlerinin bilinmesi ve doğru araştırılması önemlidir. Bu veriler kullanılarak elde edilen sonuçların doğrudan kullanılması da tasarımcıları yanılgıya düşürebilir, bu nedenle mümkünse rüzgar tüneli testi yapılmalıdır. Genellikle rüzgarın cepheye doğrudan basınç yaptığı sanılır. Aslında rüzgar, cepheye dik yönde etki yaptığı alanların orta bölümlerinde basınç oluştururken üst ve yanlara doğru yön değiştirmesiyle cephenin bu bölgelerinde vakum, yani emme basıncı yaratır (Erdoğan, 1991). Cepheye dik geldiği yüzde yavaşlayan rüzgar, yanlardan ve çatıdan geçerken hızlanıp bu bölgelerde kuvvetli negatif basınç etkisi yaratır. Binanın arka tarafında dönen rüzgar yan taraflardakine göre nispeten az kuvvetli negatif basınç oluşturur (CIRIA, Volume A, 1992, s.27). Rüzgar bir yapıya dik doğrultuda geldiğinde cepheye çarparak yavaşlar ve burada bir basınç yükselmesi olur. Aynı zamanda yön sapması yaparak yan cepheler ve çatı üzerinde hızlanarak bir emme basıncı oluşturur. Rüzgar hızı ne kadar yüksek olursa emme kuvveti de o kadar yükselir (Aygün, 1992, s.33).

Hafif cam cephelerin strüktürel performans sınamasında standartlarda belirlenen rüzgar basınç değerleri dikkate alınmalıdır. Düşey sistemler cephe yüzeyine dik ve

paralel, içten ve dıştan gelen etkiler göz önünde tutularak test edilir. Eğimli giydirme cephelerde bunlara ek olarak bir de yukarı ve aşağı yönde etkiyen yükler devreye girer. Geri dönüşümü olmayan deformasyon olmamalıdır (Olin ve diğerleri, 1995, s.668).

4.2.10. Yangından Korunma

Yangın, yapı ve kullanıcılara geri dönüşümü olmayan zararlar verme potansiyelindedir. Çok katlı bir yapıda, bazı önlemler alınmamışsa yangının kattan kata yayılması kolaydır. Yangının yayılımını ve dumanın geçişini önlemek üzere kat döşemesi ile cephe arasında yangın kesici bariyerler ve ısı yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Isı yalıtımı, mineral yün gibi yanıcı olmayan malzemeden olmalıdır. İzolasyon malzemesi metal elemanlarla tespit edilmelidir, çünkü çoğu plastik türevleri sıcaklık karşısında erimektedir (CIRIA, Volume F, 1992, s.19).

4.2.11. Güvenlik

Kullanıcı sağlığının korunmasına yönelik performans gereksinimlerindendir. Kullanım sürecinde yapı ürünü tehlikeli duruma sebebiyet vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

4.2.12. Estetik

Estetik, kişiden kişiye değişen göreceli bir kavramdır. Cephe sisteminin güzel görünümlü olması, bu özelliğini kullanım süresi boyunca sürdürebilmesi istenen bir özelliktir.

4.2.13. Kokusuzluk

Yapı bileşen ve malzemelerinin ortama koku ve zararlı kimyasal gazlar vermemeleri kullanıcı konfor ve sağlığı açısından önemlidir. Özellikle plastik türevli malzemelerin kullanımında bu konu önemlidir.

4.2.14. Ses Kontrolü

Akustik konforun sağlanması, kullanıcının sağlığını ve verimini etkilemektedir. Dış ortamdan kaynaklanan sesin iç ortama girişinin etkili şekilde kontrol edilebilmesi olumludur. Cam cephe sistemlerinin bir türü olan çift kabuklu cephe sistemlerinin geliştirilmesinin bir nedeni de etkin ses kontrolü sağlayabilmesidir.

Genel olarak, malzemenin boşluksuz oluşu, birim ağırlığının ve elastiklik modülünün yüksek olması ses kontrolü açısından olumludur (Kiper, 1992, s.23). Tek camlı üniteler yaklaşık 15-22 dB ses geçirimsizlik sağlarken, çift camlı ünitelerde bu değer 40 dB'e kadar çıkarılabilmekte, üç camlı ünite ise 50 dB'e kadar ulaşabilmektedir (Allen, 1997, s.180).

4.2.15. Temizlik

Kullanıcının yaşadığı ortamın sağlıklı olabilmesi, estetiğin ve farklı performansların sağlanabilmesi için, cephe sisteminde kullanılan bileşenlerin hijyeni sağlayan, kir tutmayan, kolay temizlenebilir özellikte olması gereklidir. Uygun periyotlarda temizliğin yapılabilmesi için, tasarım sürecinde gerekli önlemler alınmalıdır.

4.2.16. Geri Dönüşümlü/ Doğaya Etkisi Az Olan Malzemelerin Kullanımı

Sürdürülebilir mimarlığın gereklerinden biri de, çevresel kirlenmeye en az düzeyde sebep olan veya mümkünse olmayan bileşen ve malzemelerin kullanımıdır. Bileşen üretilirken, kullanılırken ve kullanım sonrası doğada yok olurken çevreye zarar vermemelidir. Çevresel kirlenme; toprak, su ve hava olmak üzere üç alanda etkili olmaktadır. Kullanılan bileşenlerin hizmet süreleri sonunda geri dönüşebilen özellikte olması, bir başka ifade ile, yeni bileşenlerin üretiminde yararlanılabilmesi sürdürülebilirlik bağlamında tasarıma değer katmaktadır.

4.2.17. Boyutsal Uyum

Cephe sisteminde yer alan bileşenlerin ısı genleşmeler karşısında deformasyona veya zarara uğramaması için birleşim noktalarında gereken tolerans paylarının bırakılması önemlidir. Özellikle alüminyum bileşenlerde ısı genleşmeler yüksek değerlere ulaşabildiğinden tasarım sırasında bu nokta göz önünde bulundurulmalıdır.

Boyutsal uyum, özellikle farklı bileşenlerin yan yana gelme durumunda önemlidir. Isı genleşmeler, yük altında boyut değiştirme ve deformasyon, bileşen bünyesindeki hareketlerdir. Geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz değişimler söz konusudur.

Cephe sisteminin çeşitli deformasyon ve hareketlere karşı boyutsal uyum sağlaması gerekir. Bu hareketlerin kaynakları şunlardır (CIRIA, Volume F, 1992, s.6):

- Isıl hareketler ve sünme
- Elastik deformasyon

- Farklı oturmalar
- Döşeme ve kirişlerde hareketli yükten kaynaklanan sehim
- Rüzgar

4.2.18. Kalıcılık

Yapı kabuğunun yüklenmiş olduğu fonksiyonları uzun süre tam olarak karşılayabilmesi istenen bir özelliktir. Cephe sisteminde kullanılan alüminyum çerçeveler, cephe panelleri, derz sızdırmazlık malzemeleri, güneş kontrol elemanları, tespit elemanları gibi bileşenlerin hizmet ömrü, sistemin kalıcılığını belirlemektedir. Bu bileşenlerin birbiri ile uyumu, montajı, taşıma ve depolanması için, tasarım aşamasında planlama yapılmalıdır (Çetiner, 2002, s.36).

4.2.19. Ekonomi

Ekonomi, her alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de öncelikli faktörlerdendir. Giydirme cephelerin ekonomik olması durumundan, yaşam dönemi maliyetinin (life cycle costing) az olması anlaşılmalıdır. Yaşam dönemi maliyeti, bir ürünün kullanım süresi boyunca ortaya çıkan maliyettir. Bu bakımdan, iyi kalitede, ilk yatırım maliyeti fazla olan, uzun dönemdeki bakım programı iyi yapılmış bir cephe sistemi, devamlı bakım veya onarım gerektiren ve ilk yatırım maliyeti düşük bir sistemden daha ekonomik ve sorunsuz olabilmektedir.

4.3. Tasarlama Metotları

Metot; bir amaca ulaşmak için bir şeyi değerlendirme, bazı ilkeler ve belli bir düzene göre söyleme, yapma tarzı, usul olarak tanımlanmaktadır. Yöntem kelimesi ile eşanlamlı olarak kullanılmaktadır ve “takip edilmesi gereken yol” anlamındadır.

Problem çözme alanında kullanılabilen metot çeşitleri olarak aşağıdakiler sayılabilir (Bayazıt, 1994):

1. Tasvir edici (descriptive) metot: Mevcut çevreyi ve olayların tasvirlerini arka arkaya sıralayarak anlatma. Birçok tarihçi bu metotla çalışır. Geçmişteki bir ürünü anlatma bu kapsam içine girer.
2. Akli (apriori) metot: Deneye başvurmadan, ilkelere hareket eden metottur.

3. Deyimsel (metafor) metot: Bir şeyi benzeri, fakat kendisinden tamamen ayrı başka bir şeyle ifade etmektir.
4. Diyalektik metot: Bir diyalogda olduğu gibi, düşünce karşıtlıklarını ve farklarını içinde taşıyan ve bir senteze yönelmiş olan akıl yürütme.
5. Sentetik metot: Sonurguları ortaya koyan metot. Bilinen ilkelerden bunlara bağlı hale getirilen bir takım sonuçlara gidilmesidir.
6. Tümevarım (endüksiyon) metodu: Tümevarım, birleştirici bir kalıbın bulunması ile ilgilidir. Belirli olayların genel prensiplerde birleştiği kabul edilir ve amaç da bunları bağlayan kuralları bulmak, ilişkileri diğer kanunlarla açıklamaya çalışmaktır.
7. Tümdengelim (dedüksiyon) metodu: Kavramlardan kavramlara, kanunlardan kanunlara geçilerek ilerleyen metoda tümdengelim metodu denir. Temelinde yer alan kavram ve kanunların endüksiyondan çıktığı birçok durumda bilindiği halde tasarlamada da kullanım alanı vardır.
8. Analitik metot: Sonuçlardan ve karmaşık verilerden ilkelere giden metottur. Tasarımı problemlerine ayrıştırmak, ayrı alanlarda bilgi toplamak, bilgileri sınıflayıp düzenlemek bu kapsam içindedir.
9. Şans metodu: Tesadüflere dayanarak sonuca gidilmesiyle ilgilidir. Bilimsel buluşlarda şansın yeri artık kabul edilmektedir.
10. Algoritmik metot: Özel bir grup problemi çözmek için kullanılan matematiksel bir araçtır. Matematikte her çeşit sistematik hesap metoduna algoritma denir.
11. Heuristik metot: Deneme yanılma yoluyla bir sonuca gidilmeye çalışılır. Problem çözenin tüm özelliklerini içerir. Tasarımcıların en fazla başvurdukları yaklaşımdır.
12. Oransal (ratio) metot: Oranla algoritmanın kesin durumundan uzaklaşılır ve matematiksel olmasına rağmen algoritma değildir. Sayısal bağlantılarla uğraşılır. Altın oran ve geometrik oranlar tasarıma uygulanabilir.
13. Pragmatik (mantık) metot: Pragmatik metot, malzemeleri deneme yanılma yoluyla kullanarak biçimsel form elde etmek için yapılan tanımdır.

14. Benzetme (analoji) metodu: Analoji, mantıkta önemli bir araç olup, iki nesne arasında önemli benzerlik olması esasına dayanır. Analojide benzerlik esastır, farklılık gerekli değildir.
15. Biçimsel (ikonik) metot: Denenmiş ve kabul edilmiş biçimlerden hareket eden bir yaklaşım biçimidir.
16. Normatif (kanonik) metot: Normlarla ilgilenecek değer yargılarına varan metodolojidir. Tamamen standartlardan, belirlenmiş ölçülerden ve kurallardan hareket ederek tasarıma ulaşmaya normatif ya da kanonik tasarım denir.

Sistem kavramı mimarlıkta çok kullanılan bir terimdir; yapı sistemi, sistem detayı, vb. gibi tanımlamalar vardır. Bu noktada sistemin tanımını yapma gerekliliği belirmektedir. Sistem, muntazam ilişki ya da bağımlılık içinde bir arada toplanma ya da yığılmadır. Bir grup ayrı ünitelerin doğal veya yapay olarak bir bütün meydana getirmek amacıyla birleşmesi ve bir bütün olarak işleme, çalışma ya da hareket etmesidir.

Sistemler, çevreyle ilişki durumuna göre iki sınıfa ayrılabilir (Bayazıt, 1994):

1. Açık sistemler: Bu sistemler çevreye açıktır ve çevreleriyle etkileşim içindedir. Enerji alış verişi söz konusudur. Sistem kendisini denge haline yakın tutmaktadır.
2. Kapalı sistemler: Bu sistemler yalnız iç ilişkilerle denge halindedir. Çevreyle enerji alış verişi yoktur.

Tasarlamaya ilk yaklaşımlar arasında sistem yaklaşımını görmekteyiz. Sistemci tasarlama yaklaşımının başlıca üç özelliği vardır (Bayazıt, 1994):

1. Tasarlama probleminin parçalarının birbirlerine ve bütüne göre durumlarının ve ilişkilerin ortaya konma özelliği
2. Tasarlayıcının düşünce olgusunun dışlaştırılmaya çalışılması özelliği
3. Bilgilerin incelenişi, toplanışı, işlenişi ve depolanışıyla ilgili özellikler

Bunu takiben, 1960'ların sonlarında güçlenmeye başlayan katılımcı yaklaşım gelmektedir. Katılımcı yaklaşımda kullanıcılar kendilerini etkileyen yapma çevre kararlarında rol almaktadır.

Son olarak tasarlamaya bilimsel yaklaşımlar gelmektedir. Sistem analizi ve katılma yaklaşımını birlikte gerçekleştirmeye çalışan bilimsel yaklaşımlar, daha başarılı olmaya başlamıştır. Bu yönde performans teorisi ve uygulamaları, gerek çevreyi bir sistem olarak ele alma, gerekse kullanıcı gereksinmelerine cevap verme niteliğinde olması açısından önemlidir.

Tasarlamada genel olarak dört süreç bulunmaktadır (Bayazıt, 1994):

1. Hazırlık: Bilginin bilinçli olarak toplanması ve tasarımcının kendi deneyimini artırmak için yaptığı tüm eylemler bu kapsamdadır.
2. Kuluçkalanma: Bilgiler alındıktan sonra, belirli bir süre zarfında zihinde kendiliğinden meydana gelen oluşuma bu ad verilir.
3. Aydınlanma: Kuluçkalanmayı takiben, bazı fikirlerin birdenbire akla gelmesine denir. Yeni bir buluş için önceki aşamaların çok çalışılarak geliştirilmesi gerekir.
4. Gerçekleştirme: Fikir kabul edilir ve esas biçimini alır. Aydınlanmada ortaya çıkan fikrin uygulanabilirliği tartışılır ve fikir geliştirilir.

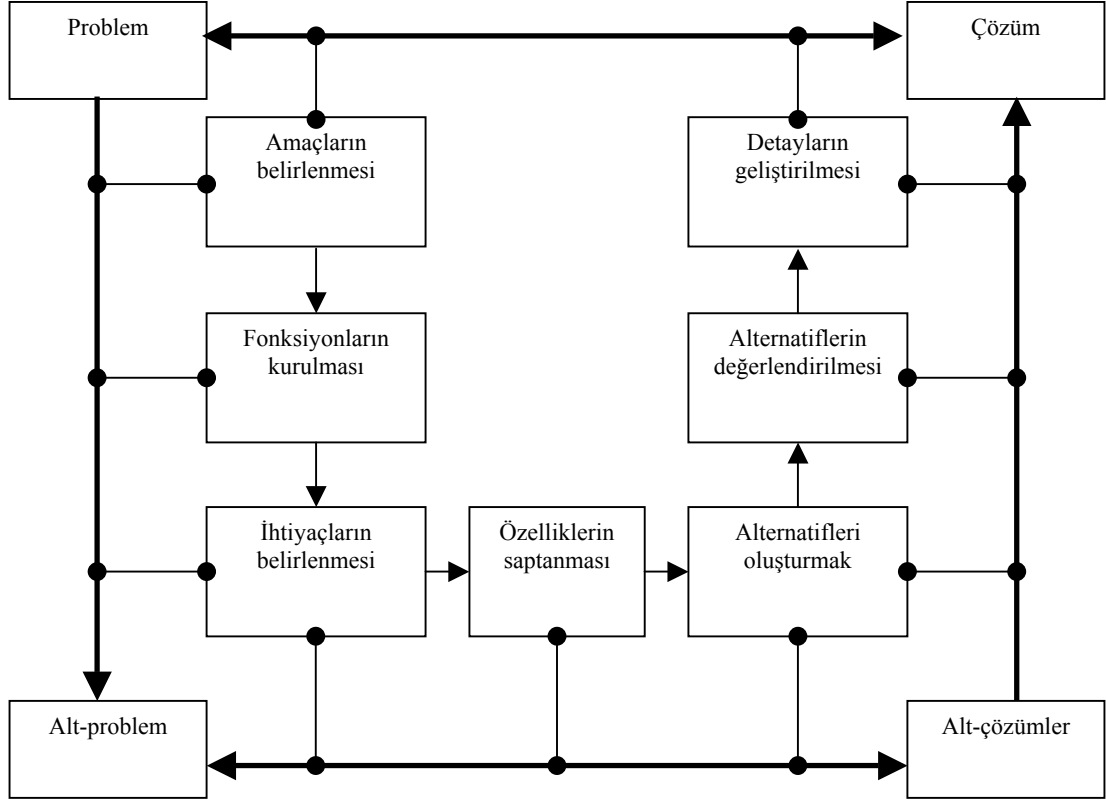
Tasarımda modellerden de yararlanır. Model, gerçeğin bir türlü temsil edilme şeklidir. Sistemci görüşe göre model, bir sistemi temsil etmek üzere kullanılan yardımcı araç niteliğinde diğer bir sistemdir. Modeller; açıklama, tahmin, karar verme, tanımlama, keşfetme ve iletişim amaçlarıyla kurulur. Gerçek sistemlerle uğraşma güçlükleri model kullanmayı gerektirmekte ve insan eylemlerine yardımcı bir gösterim aracı olarak modeller kullanılmaktadır. Model kurma süreci belirsizlikler içindedir. İncelenmesi gereken nesne ya da sistem model türünü belirler. Ancak tasarımın aşamalarına göre farklı modeller oluşturulabilir. Tasarımın başlangıç aşamalarında düşünsel modellere yer verilirken, daha sonraki aşamalarda somut biçimsel modellerden yararlanılabilir. Model oluşturma süreci üç adımdan oluşur (Bayazıt, 1994):

1. Gözlem ve soyutlama süreci
2. Temsil etme yoluyla bir çeviri süreci
3. Denemeyle sonuçlara varma süreci

Tasarım, düşünülenin gerçeğe dönüştürülmesi için bir ara adımdır. Tasarımı yapan ve bunu gerçekleştiren arasında bir iletişim kurulur. Bu, en yaygın şekilde çizim ve

buna ilişkin açıklamalar yoluyla olur. ‘Çizimle tasarım’ en çok karşılaşılan yöntemdir (Cross, 2000).

Şekil 4.2, tasarım sürecinin yedi aşamasını ve bunların ilişkilerini göstermektedir.



Şekil 4.2: Tasarım sürecinin aşamaları ve bunların ilişkileri (Cross, 2000)

Tasarım metotları, tasarlama için kullanılan araçlardır. Tasarım bir süreçtir ve bu sürecin aşamaları için kullanılabilecek farklı metotlar vardır. Tablo 4.1, tasarım aşamalarını ve bu aşamalara ilişkin metotları göstermektedir (Cross, 2000).

Tablo 4.1: Tasarım aşamaları ve bu aşamalara yönelik metotlar

<u>Tasarım sürecindeki aşama</u>	<u>Bu aşamaya ilişkin metot</u>
Amaçların belirlenmesi	Amaç ağacı Amaç: Tasarım amaç ve alt-amaçlarının ve aralarındaki ilişkilerin belirlenmesi
Fonksiyonların kurulması	Fonksiyon analizi Amaç: Yeni bir tasarımın sistem sınırlarını ve gerekli fonksiyonları kurmak
İhtiyaçların belirlenmesi	Performans belirlemesi Amaç: Tasarım çözümü için gerekli performansın tam bir tanımlamasını yapmak
Özelliklerin saptanması	Kalite fonksiyonu düzenlemesi Amaç: Bir ürünün özelliklerine ulaşabilmek için hedefleri belirlemek
Alternatifleri oluşturmak	Morfolojik çizelge Amaç: Bir ürün için alternatif tasarım çözümlerini belirlemek
Alternatiflerin değerlendirilmesi	Ağırlıklı amaçlar Amaç: Alternatif tasarım önerilerinin yarar değerlerini farklı ağırlıklı amaçların performansları yönünden karşılaştırmak
Detayların geliştirilmesi	Değer mühendisliği Amaç: Bir ürünün değerini artırırken fiyatının düşmesini sağlamak

Amaçların belirlenmesi

Tasarımın ilk adımı amaçların ortaya konulmasıdır. Bunun için amaçlar ağacı metodundan yararlanılabilir.

Yöntem:

1. Tasarım amaçlarının listesi hazırlanır.

Bunlar müşterinin isteklerinden, müşteriye yöneltilen sorulardan ve tasarım ekibi ile yapılan tartışmalardan çıkarılabilir.

2. Listedeki amaçlar önem derecelerine göre gruplandırılır.

Amaçların ve alt-amaçların genişletilmiş listesi kabaca hiyerarşik olarak gruplandırılır.

3. Hiyerarşik ilişkileri gösterecek şekilde şematik amaçlar ağacı çizilir.

Fonksiyonların kurulması

Amaç, yeni bir tasarımın sistem sınırlarını ve gereken fonksiyonları kurmaktır. Bu adımda fonksiyon analizi metodundan yararlanılabilir.

Yöntem:

1. Tasarım için ana fonksiyon girdi-çıkı dönüşümü olarak ifade edilir.

Ana fonksiyon kapsamlı olmalıdır.

2. Ana fonksiyon önemli alt-fonksiyonlarına ayrılır.

Alt-fonksiyonlar gerekli tüm görevleri kapsamalıdır.

3. Alt-fonksiyonlar arasındaki ilişkileri gösteren şema çizilir.

4. Sistem sınırı çizilir.

Sistem sınırı, tasarımı yapılan ürünün fonksiyonel limitlerini tanımlar.

5. Alt-fonksiyonları ve bunların ilişkilerini sağlamak için uygun unsurlar araştırılır.

Birçok alternatif unsur tanımlanan fonksiyon için uygundur.

İhtiyaçların belirlenmesi

Tasarım problemleri her zaman belirli limitler içinde düzenlenir. Tasarım ürünü belirli performansları karşılamak durumundadır. Performans belirlemesi metodunun

amacı; tasarım probleminin tanımlanması, tasarımcıya belli bir hareket sahasının bırakılması ve yeterli bir çözüme ulaşılabilmesi konularında yardımcı olmasıdır.

Yöntem:

1. Uygulanabilir çözümlerin farklı düzeyleri düşünülür. Farklı düzeyde şunlar olabilir:

Ürün alternatifleri

Ürün tipleri

Ürün özellikleri

2. Üzerinde çalışılacak düzeye karar verilir.

Buna genellikle müşteri karar verir. Düzey ne kadar yüksek olursa tasarımcı o kadar fazla özgürlüğe sahiptir.

3. Gerekli performans nitelikleri saptanır.

Nitelikler çözümlerden bağımsız olarak ortaya konmalıdır.

4. Her nitelik için öz ve kesin performans gereksinimleri belirlenir.

Mümkünse tanımlamalar sayısal olarak ve belirli limitler ile yapılmalıdır.

Özelliklerin saptanması

Ürünün müşterilerinin ihtiyaçlarının karşılanmasında ‘kalite fonksiyonu düzenlemesi’ olarak adlandırılan kapsamlı bir metottan yararlanılabilir.

Yöntem:

1. Ürün nitelikleri bakımından müşteri ihtiyaçları tanımlanır.

Müşterinin isteklerinin göz önünde tutulması önemlidir.

2. Niteliklerin bağıl önemlilikleri saptanır.

Farklı niteliklerin bağıl ağırlıkları belirlenir. Normalde yüzde ağırlıkları kullanılır.

3. Rakip ürünlerin nitelikleri değerlendirilir.

Rakip ürünün ve tasarım ekibinin kendi ürününün performans sınırları müşteri ihtiyaçları ile listelenmelidir.

4. Ürün nitelikleri ile mühendislik özelliklerinin matrisi düzenlenir.

Nitelikleri etkileyen tüm özellikler yazılmalı ve bunlar ölçülebilir olarak ifade edilmelidir.

5. Mühendislik özellikleri ve ürün nitelikleri arasındaki ilişkiler saptanır.

İlişkilerin derecesi sayı veya sembol ile ifade edilebilir, ancak avantajları olmasına karşın sayılar sahte bir kesinlik ortaya koyabilir.

6. Mühendislik özellikleri arasındaki ilgili ilişkiler tanımlanır.

7. Özellikler için hedefler ortaya konulur.

Rakip ürünlerin bilgileri veya müşteriden sağlanan bilgiler kullanılabilir.

Alternatifleri oluşturmak

Bu aşamanın amacı ürün için alternatif tasarım çözümlerini oluşturmak ve böylece potansiyel yeni çözümlere yol açmaktır.

Yöntem:

1. Ürün için önemli olan özellik veya fonksiyonlar listelenir.

Listenin çok uzun olmaması için fonksiyonlar belirli bir genelleme düzeyinde tutulmalıdır.

2. Her özellik veya fonksiyona ulaşabilmek için gerekli araçlar listelenir.

Bu liste yeni fikirleri ve hazır eleman veya alt-çözümleri içerebilir.

3. Mümkün olan tüm alt-çözümleri kapsayan bir çizelge çizilir.

Bu morfolojik çizelge ürün için tüm çözüm uzayını verir.

4. Uygulanabilir alt-çözüm kombinasyonları tanımlanır.

Mümkün kombinasyonların sayısı çok fazla olabilir, bundan dolayı araştırma stratejileri sınırlamalar ve kriterler doğrultusunda belirlenmelidir.

Alternatiflerin değerlendirilmesi

Bu aşamanın amacı, alternatif tasarım önerilerinin yarar değerlerini, performansı ve farklı ağırlıklı amaçları temel alarak karşılaştırmaktır.

Yöntem:

1. Tasarım amaçları listelenir.

Amaçlar ağacı bu metot için yararlı bir araçtır.

2. Amaçlar derecelendirilir.

İkili karşılaştırmalar derecelendirmeye yardımcı olabilir.

3. Amaçlara bağlı ağırlıklar atanır.

Bu sayısal değerler bir aralıklı ölçek üzerinde olmalıdır. Tüm ağırlıkların toplamı 1.0 olur.

4. Her amaç için performans parametreleri veya yarar puanı düzenlenir.

5. Alternatif tasarımların bağlı yarar değerleri hesaplanıp karşılaştırılır.

Her parametre puanı ağırlık değeri ile çarpılır. En iyi alternatif en yüksek toplam değere sahiptir.

Detayların geliştirilmesi

Bu aşamanın amacı ise bir ürünün değerini kullanıcısı için artırırken fiyatını üreticisi için azaltmaktır. Değer mühendisliğinin amacı değer/fiyat oranını artırmaktır.

Yöntem:

1. Ürünün bileşenleri listelenir ve her bileşenin karşıladığı fonksiyon tanımlanır.

Mümkünse, ürün bileşenlerine ayrılmalıdır. Parçalanmış şemalar ve bileşen-fonksiyon çizelgeleri parça listelerinden daha yararlıdır.

2. Tanımlanan fonksiyonların değerleri saptanır.

Bunlar, müşterinin algıladığı değerler olmalıdır.

3. Bileşenlerin fiyatları saptanır.

Bunlar tam olarak bitip birleştirildikten sonra olmalıdır.

4. Değeri düşürmeden fiyatı düşürmenin veya fiyatı artırmadan değeri artırmanın yolları araştırılır.

Değer/fiyat oranını artırmaya dönük yaratıcı bir eleştiri gereklidir.

5. Alternatifler değerlendirilir ve geliştirme yolları seçilir.

Tasarım stratejileri

Tasarım stratejisi bir tasarım projesi için genel bir hareket planını tanımlar. Bunlar, örneğin taktikler ve tasarım metotlarıdır.

Tasarım stratejisi iki konuda yardımcıdır:

1. Üzerinde çalışılacak konuda bir çerçeve oluşturur.
2. Tasarım sürecinde yeni bilgi edindikçe bunun çalışmalara adapte edilebilmesi mümkündür. Başka bir deyişle süreçleri kontrole imkan verir.

Tasarımcıların bazıları bir noktaya yönelen (convergent) düşünce sistemi ile, bazıları ise ayrılan (divergent) düşünce sistemi ile hareket ederler. ‘Convergent’ düşünenler detaylarda, değerlendirmede iyilerken, ‘divergent’ düşünenler ise konsept tasarımı ve alternatif üretme konusunda iyidirler.

Düşünce sistemindeki farklılığı yansıtan diğer iki kavram ‘serialist’ ve ‘holist’ tir. ‘Serialist’ düşünenler adım adım gitmeyi ve bir aşamayı tamamen açıklığa kavuşturduktan sonra diğerine geçmeyi tercih ederlerken, ‘holist’ düşünenler olaya bütüncü bakmayı tercih ederler.

Başka bir ayrım ‘linear’ (doğrusal) ve ‘lateral’ (yanal) düşünce sistemleri arasındadır. Doğrusal düşünenler hedefine dosdoğru ve hızlı olarak varmayı, yanal düşünenler ise farklı yönlerden yaklaşmayı tercih ederler.

Bu düşünce sistemleri, Tablo 4.2’de gösterildiği şekilde iki grupta toplanabilir (Cross, 2000).

Tablo 4.2: İki farklı tasarımcı düşünce yapısının gruplandırılmış özellikleri

<i>Convergent</i> (bir noktaya yönelen)	<i>Divergent</i> (ayrılan)
<i>Serialist</i> (aşamalı)	<i>Holist</i> (bütüncül)
<i>Linear</i> (doğrusal)	<i>Lateral</i> (yanal)

4.4. Model Kurma

Bilimsel kuram, konu ile ilgili kuramların model biçiminde konulmasıdır. Buna göre bilimsel yöntemin özü, model kurma yaklaşımında yatar. Model kurma karar vermenin temel ögesini oluşturur (Öztürk, 2001).

Yöneylem Araştırması

Yöneylem araştırması 1940'ta, 2. Dünya Savaşı'nda Alman hava hücumlarına daha etkin karşı koyabilmek için İngilizler tarafından geliştirilmiştir. A.B.D. de İngiltere'nin kullandığı yöntemlerden yararlanarak tüm askeri kuvvetlerinde yöneylem araştırma ekiplerini oluşturmuş ve problemlerini çözümlemiştir (Öztürk, 2001).

Yöneylem araştırmasının savaş döneminde yarattığı olumlu etki, birçok işletmeyi onu karar problemlerinin çözümünde bir araç olarak kullanmaya itmiştir. Yöneylem araştırması için farklı tanımlar bulunmaktadır. Yaygın olan tanımlar şunlardır:

1. Yöneylem araştırması, bir karar analizidir.
2. Yöneylem araştırması, bir tasarım analizidir.
3. Yöneylem araştırması, eldeki olanaklardan en çok yararlanmayı sağlamak için bilimsel tekniklerin problemlere uygulanışıdır.
4. Yöneylem araştırması, problemlerin çözümüne kötü yanıt verme yerine daha az kötü veya daha iyi yanıt verme sanatıdır.
5. İnsan, makine, para ve malzemeden oluşan endüstriyel, ticari, resmi ve savunma sistemlerinin yönetiminde karşılaşılan problemlere modern bilimi kullanarak çözüm bulup sistemi bulunduğu konumdan daha iyi bir konuma getirmeyi amaçlayan bilim dalıdır.
6. Yöneylem araştırması, sınırlı kaynakların dağıtımını gerektiren koşullar altında, bir sistemin en iyi nasıl tasarlanması gerektiğini ve işletimini araştırarak bilimsel yaklaşımdır.

Yöneylem araştırması herhangi bir işletmenin problemini çözmek için kullanıldığında birkaç adımlı bir süreç izlenmektedir:

Adım 1. Problemin Formüle Edilmesi

Problemin tanımlanması amaçları ve sistemin kısımlarını belirlemeyi kapsar.

Adım 2. Sistemin Gözlenmesi

Problem tanımlandıktan sonra probleme etkisi olan parametre değerlerinin tahmininde kullanılmak üzere veri toplanır.

Adım 3. Problemin Matematik Modelinin Formüle Edilmesi

Problemin matematiksel modeli geliştirilir.

Adım 4. Modelin Doğrulanması ve Tahmin için Kullanılması

Geliştirilen matematiksel modelin gerçeği doğru temsil edip etmediği belirlenmeye çalışılır. Ayrıca modelin hazır durum için ne derece geçerli olduğu belirlenir.

Adım 5. Uygun Bir Seçeneğin Seçimi

Geliştirilen model ve seçenekler kümesi kullanılarak amaçları en iyi karşılayan seçenek (eğer bir tane varsa) seçilir.

Adım 6. Değerlendirme

Karar verme, bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre mümkün olabilecek çeşitli faaliyetlerden en uygun görüneni seçmektir. Tanımdan da anlaşılacağı üzere, tüm karar problemlerinin bir amacı olmalıdır. Fakat en güç olanı da ele alınacak özel amacın seçimidir.

Tek bir amaç ile bir karar değerlendirildiğinde çok doyurucu sonuçlar elde edilebilir. Fakat diğer bir amaç ele alınarak değerlendirme yapıldığında doyurucu olmayan sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Hatta kesin bilinmeyen değişkenlerin bazıları karara etki ederek problemi karmaşık kılar. Amaçlar birbiriyle çatışabilir. Bu yüzden karar probleminin amacı toplam amaçları kapsayan tek bir amaç olmalıdır.

Karar problemleri çoğu kez karar verenin kontrolü altında olmayan değişkenleri de içerir. Kontrol edilemeyen değişkenler bilinen ve bilinmeyen değerler olarak iki türde olabilir. Bilinen değerler problemin parametreleridir.

Karar, belirlilik, belirsizlik ve risk ortamında verilir.

Belirlilik ortamında karar vermede, seçeneklerin hangi koşullar altında gerçekleşeceği kesin olarak bilinmektedir. Yani ortaya çıkması beklenen olayın olasılığı birdir. Bu tip karar problemi belirlenimci (deterministik) yapıya sahiptir.

Herhangi bir faaliyetin sonucu bilinmediğinde, yani kontrol edilemediğinde durum farklıdır. Kontrol edilemeyen faaliyetin mümkün sonuçlarının olasılık dağılımı

hakkında hiç bilgi yok ise belirsizlik durumu vardır. Bu durumda Laplace, Hurwics, Pişmanlık, Maksimax gibi karar ölçütleri kullanılarak karar verilebilir (Öztürk, 2001).

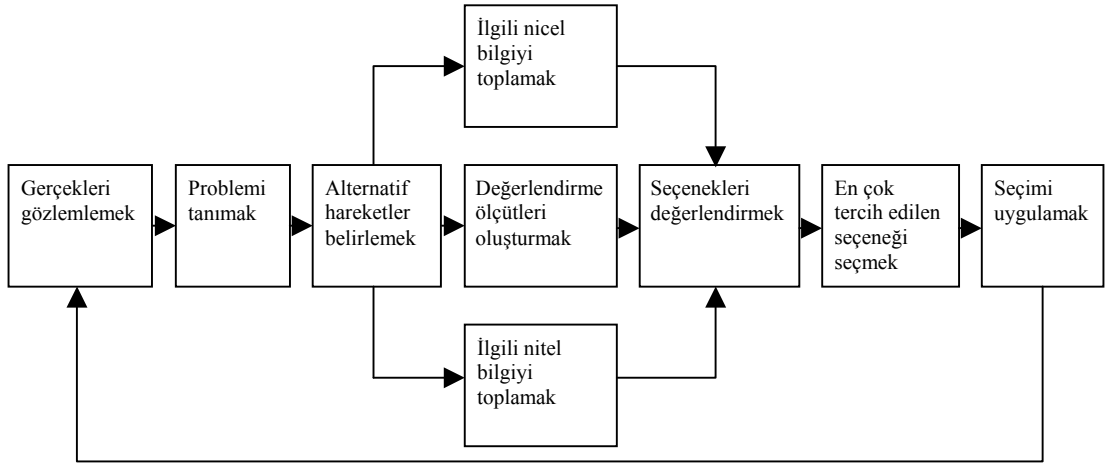
Risk ortamında karar vermede alınacak belirli bir karara ilişkin değişik sayıda koşullar söz konusudur. Her seçeneğin her koşul altında varacağı sonuçlar belirli bir olasılıkla oluşur. Karar verme, yani seçeneklerin seçimi belirli olasılıklara dayandırılarak yapılır. Bu duruma risk ortamında karar verme denir. Bu tip karar problemlerine stokastik karar problemleri denir.

Karar verme seçenek seçiminin yapıldığı bir süreçtir. Karar süreci belirli adımlardan oluşur. Bu adımlar;

- 1) Amacın belirlenmesi
- 2) Kontrol edilebilen değişkenlerin belirlenmesi
- 3) Kontrol edilemeyen değişkenlerin belirlenmesi
- 4) Kısmi kontrol edilebilen değişkenleri ve onların kontrol edilebilen değişkenler ile olan ilişkisini belirleme
- 5) Amaca bağlı olarak her bir mümkün kararın (seçenek veya her bir kontrol edilebilen faaliyetin değeri) etkisini belirleme yani bir anlamda en iyi kararın bulunması
- 6) Kararın verilmesi, yani seçimi
- 7) Sonuçların yorumlanması
- 8) Sonraki çalışma zamanı için karar sürecinin yinelenmesidir.

Yukarıda ele alınan karar süreci basit gibi görünmesine karşın gerçekte oldukça karmaşık olabilir. Adım 3 ve 5 birçok faaliyet (değişkenler) ve amaç arasında ilişkileri içeren oldukça karmaşık işlemleri içerir. Aslında nicel tekniklerin yardımı olmadan bu işlemleri doğru şekilde yürütmek zordur. Karar verme, Şekil 4.3'te gösterilen temel işlemleri içerir. Gerçek durumdan memnun olmayan karar verici durumu gözlemler. Nicel ve nitel bilgiler bir arada ele alınarak seçeneklerin değerlendirilmesinde kullanılır. Sonra karar verici değerlendirme ölçütünde en çok tercih edilen seçeneği seçer ve uygular. Daha iyi kararlara ulaşmak için nicel

teknikler kullanılır. Nicel karar vermenin en önemli aracı analitik (matematik) modellerdir (Öztürk, 2001).



Şekil 4.3: Karar verme süreci

Problem belirlendikten sonra yapılacak iş, problemi en iyi şekilde temsil edebilecek bir modelin kurulmasıdır. Model ele aldığı konunun tüm görünümünü belirlemekten çok konu ile ilgili ve özelliği olan ilişkileri gösterir. Model gerçek olayın bir temsilcisi ve özeti durumundadır.

Modellerin geniş sınıflandırmasını yapan J. W. Forrester, modelleri ilk önce soyut ve fiziki modeller olarak ele almış, sonra da soyut modelleri matematik, dinamik ve statik olarak üçe ayırdıktan sonra her birini doğrusal ve doğrusal olmama özelliklerine göre ayrıntılı şekilde sınıflandırmıştır (Öztürk, 2001).

Fiziki modeller gerçek durumun belirli bir ölçeğe göre küçültülmüş halidir. Mimarlıkta yapılan maketler bu modellere örnek olarak verilebilir. Fiziki modeller araştırılacak sistemin gerçek görünümünde olur fakat nicel karar almada kullanılmaz.

Nicel karar vermede veya yöneylem araştırmasında daha çok analitik veya matematik modeller kullanılır.

Matematik modeller gerçek durumu semboller sistemi ve matematik ifadeler ile temsil eder. Matematik modellerin öteki modellere göre belirli üstünlükleri vardır. Bu üstünlükler şunlardır:

1. Ele aldığı problemin değişkenleri arasındaki ilişkileri sayısal olarak gösterdiklerinden karmaşık durumların bile kolayca anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlaması.

2. Yanlış yorum olasılığının az olması.
3. Problemin tümü ile ilgilenme ve temel değişkenlerin tümünün aynı zamanda ele alınmasına olanak sağlaması.
4. Açıklık, tutarlılık ve esneklik gibi özellikleri olması.
5. Karardan elde edilecek sonuçları daha iyi göstermesi.

Herhangi bir modelin formülleştirilmesinde, değişkenlerin belirlenmesi en önemli adımlardan biridir. İyi seçilen değişkenler modelin doğru formülleştirilmesini sağlar.

Geliştirilen denklemler çalışılan süreci betimler. Bu denklemlerden en önemlisi, amacı diğer değişkenlere ilişkilendiren denklemdir. Buna amaç fonksiyonu adı verilir. Bu amaç denklemi tüm mümkün kararları değerlendirmede kullanılır.

Model kurma, araştırma konusunun ya da sorunun daha doğru ve kolay şekilde anlaşılmasına yardımcı olur. Model yardımı ile sorunların çözümüne daha iyi yaklaşılabilmektedir. Çünkü model konuya ilişkin değişiklikleri ve ilişkileri gösterdiği gibi sonuçlarını da verir. Ayrıca model kurma bilimsel düşünmede ana rolü oynar.

Model kurma uygulama süreci belirli adımları içerir:

1. Karar probleminin belirlenmesi
2. Problemin formüllendirilmesi
3. İlk modelin formüllendirilmesi
4. Modelin geçerliliğinin denenmesi ve modelin çözümü
5. Modeli tekrar kurma
6. Modelin uygulanması
7. Karar verme ve kontroldür.

4.5. Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi

Yapı kabuğu üzerinde etkin olan kriter sayısı fazla olduğundan, tüm kriterleri gözeterek bir değerlendirme yapmak kriterlerin yarar fonksiyonlarında ters etkileşime neden olabilmektedir. Bu sebeple, kriterlerin araştırılan konuya uygun

olarak belirli sayıda sınırlı tutulması ve bunların yarar fonksiyonlarının optimizasyonunun yapılması amaca daha uygun olabilir.

Yapı kabuğunun çevresel etmenler ile kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda değişkenlik göstererek değişen şartlara uyum özelliğini inceleyebilmek için, kriterlerin yapı kabuğundaki farklı değişkenlik alanları ile olan etkileşimleri araştırılabilir. Kriterler ve değişkenler arasındaki olası etkileşimlerin araştırılması için düzenlenmiş bir tablo olan Tablo 4.3 incelenebilir.

Tablo 4.3: Kriterler- değişkenler arası olası etkileşimler
(√: etkileşim var -pozitif ya da negatif-, 0: etkileşim yok)

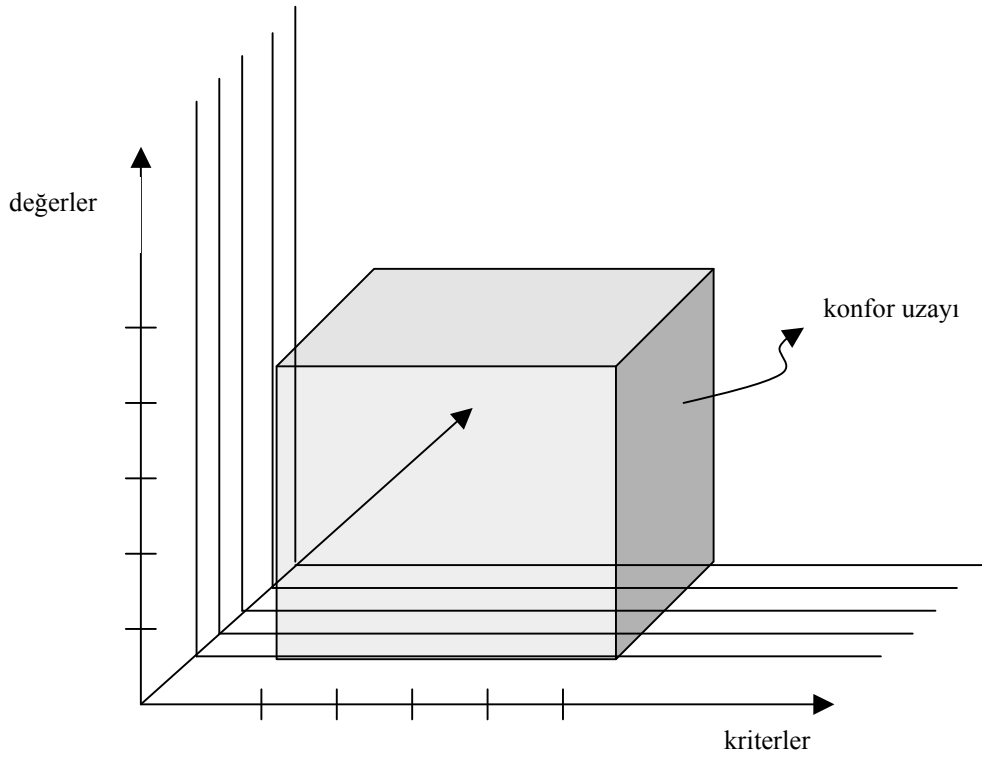
	Değişkenler	Cephedeki saydamlık oranı	Saydam örtü bileşeninin cinsi	Opak örtü bileşeninin cinsi	Güneş kontrol elemanları	Doğal havalandırma sistemi
Kriterler						
Isıl konfor		√	√	√	√	√
Enerji korunumu		√	√	√	√	0/√
Doğal havalandırma		0	0	0	0	√
Doğal aydınlatma- ışık/güneş kontrolü		√	√	0	√	0
Ses kontrolü		√	√	√	0	0/√
Su- nemden korunma		0	0	0	√	0/√

Tablo 4.4, yapı kabuğu ile ilgili sistemler ile dış ortam ve kullanıcının konfor parametreleri arasındaki olası ilişkileri göstermektedir.

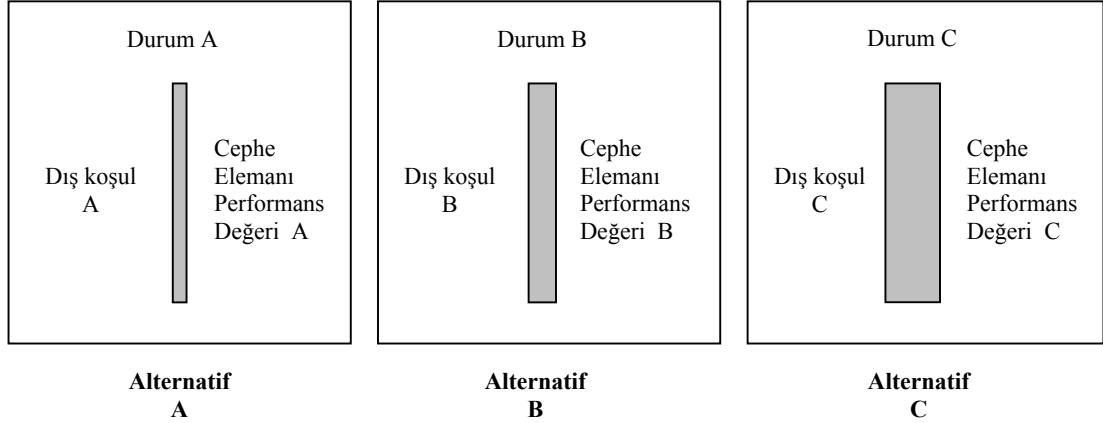
Tablo 4.4: Yapı kabuğu ile ilgili sistemler ile dış ortam ve kullanıcının konfor parametreleri arasında olası ilişkiler

Dış ortam parametreleri		Yapı kabuğu ile ilgili sistemler		Kullanıcının konforu ile ilgili parametreler
Dış hava sıcaklığı	↔	Havalandırma sistemleri	↔	İç hava sıcaklığı
Gün ışığı düzeyi	↔	Güneş kontrol sistemleri	↔	Yüzey sıcaklıkları
Güneş radyasyonu	↔	Gün ışığı sistemleri	↔	Hava değişimi
Güneş ışınlarının geliş açısı	↔	Yalıtım sistemleri	↔	İç havanın bağıl nemi
Dış hava hareketi	↔	Enerji sistemleri	↔	Işıklılık
Dış havanın bağıl nemi	↔		↔	Aydınlık seviyesi

İç ortam için farklı kriterleri kapsayan bir konfor uzayı kavramı düşünülebilir. Konfor koşullarının sağlanabilmesi için, ısı, aydınlatma, ses, havalandırma vb. kriterler için belirli alt ve üst limitlerden yararlanılabilir. Bu limitler dışına çıkıldığında kullanıcı konfor şartlarının dışına çıkmış olur. Şekil 4.4, farklı kriterler açısından iç ortamda istenen konfor düzeylerini kapsayan konfor uzayını temsil etmektedir. Dış ortam şartlarında mevsimler arasında ve günün farklı zamanlarında değişimler olmaktadır. Ancak iç ortamdaki konfor şartlarının bu değişimlerden mümkün olan en alt düzeyde etkilenmesini sağlamak gereklidir. Bunun için de iki ortam arasında bir filtre ve dengeleyici unsur olan yapı kabuğunun bu değişkenliğe gerekli şekilde uyum sağlaması amaçlanmalıdır.



Şekil 4.4: İç ortamda farklı kriterler yönünden istenen konfor düzeylerini kapsayan konfor uzayının şematik gösterimi

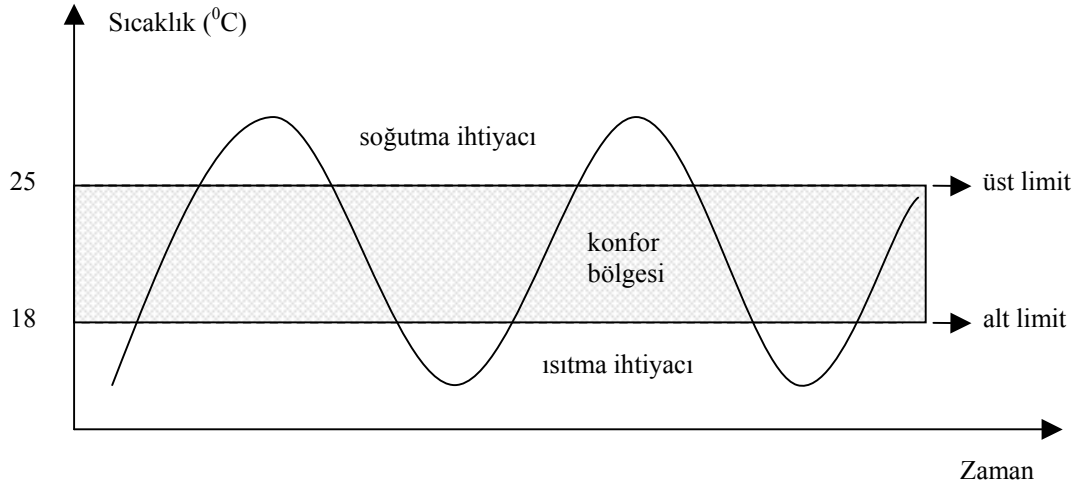


Şekil 4.5: Farklı cephe elemanlarının, veya aynı cephe elemanının değişen dış koşullar karşısında gösterdiği performans değerlerindeki değişimin şematik gösterimi

Farklı cephe elemanlarının veya aynı cephe elemanının farklı performanslarını gösteren Şekil 4.5, değişen dış koşullar karşısında cephe elemanının farklılaşan tepkisini şematik olarak göstermektedir. Burada önemli olan, gereksinme duyulan performansın farklı yollarla elde edilebileceğidir. Örneğin; yetersiz ısı yalıtımı için kullanılan malzemenin kalınlığının artırılması, veya ek bir malzeme ile ısı yalıtım performansının iyileştirilmesi, güneş kontrolü için kullanılan elemanın pozisyon

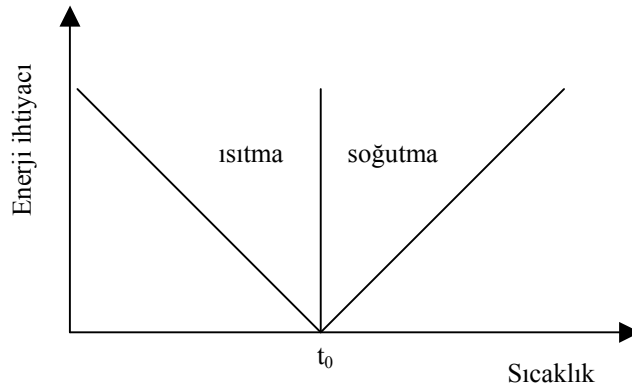
değiştirerek kontrolü daha iyi sağlaması, çözüm alternatiflerindendir. Şekilde gösterilen kalınlık farklılıkları performans farklılıklarını belirtmektedir.

Şekil 4.6, zaman içinde sıcaklığın değişimini ve alt-üst limitler arasında kalan konfor aralığını şematik olarak ifade etmektedir.



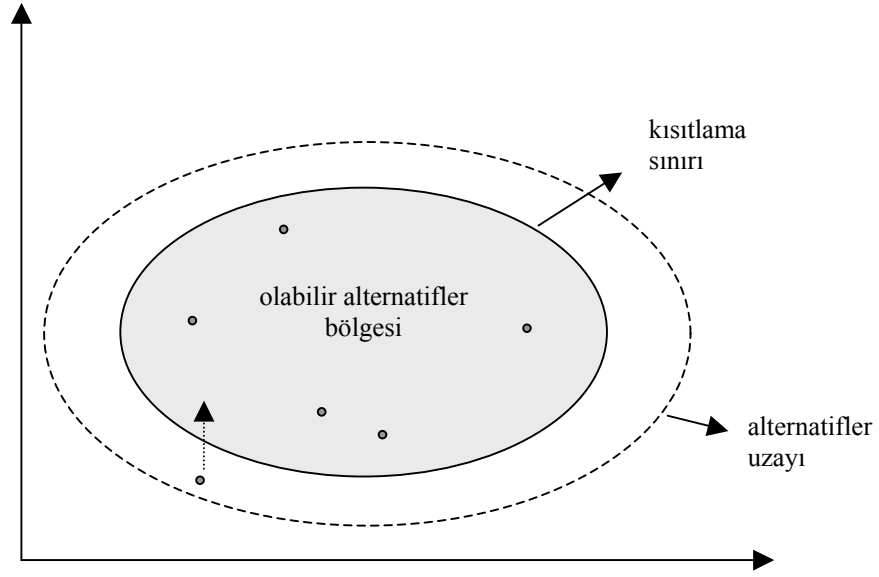
Şekil 4.6: Zamana bağlı olarak sıcaklığın değişimi ve üst-alt limitler arasında kalan konfor bölgesi

Bir bina için enerji gereksinimi- hava sıcaklığı ilişkisi Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Burada t_0 , ideal hava sıcaklığını temsil etmektedir. Bu değerden uzaklaştıkça konfor seviyesine erişmek üzere ısıtma veya soğutma enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır.



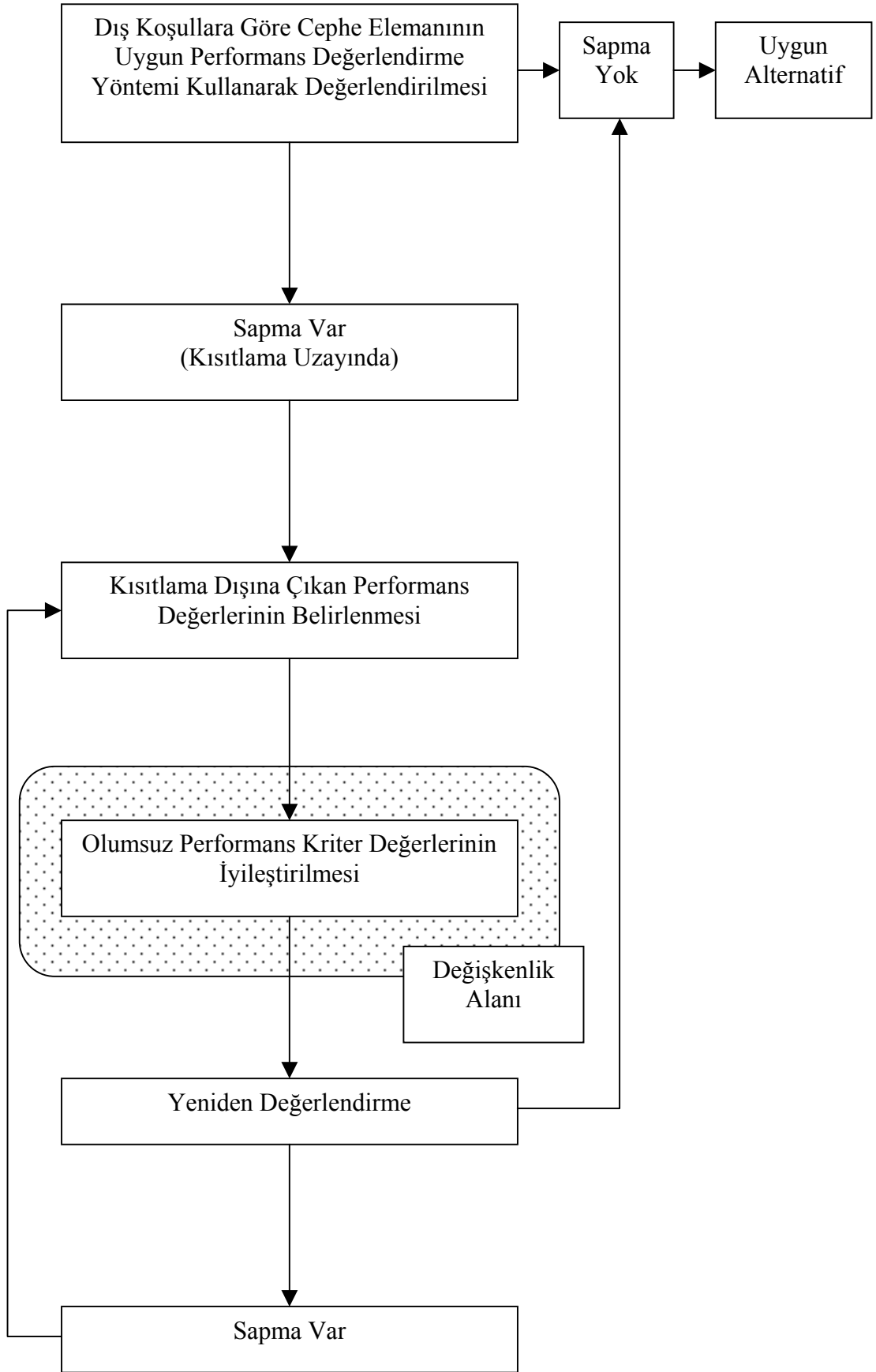
Şekil 4.7: Bir bina için enerji gereksinimi- hava sıcaklığı ilişkisi (Bayraktar, 2002, s.69)

Şekil 4.8, değerlendirme kriterleri doğrultusunda, alternatifler arasındaki kısıtlama sınırı dışında kalan alternatifin, üzerinde yapılacak değişiklikler ile kabul edilebilir alternatifler bölgesine getirilmesini şematize etmektedir. Alternatif üzerinde koşullara göre değişiklikler yapabilme olasılığı, alternatifin kullanılabilirliğini sağlamakta ve değerini artırmaktadır.

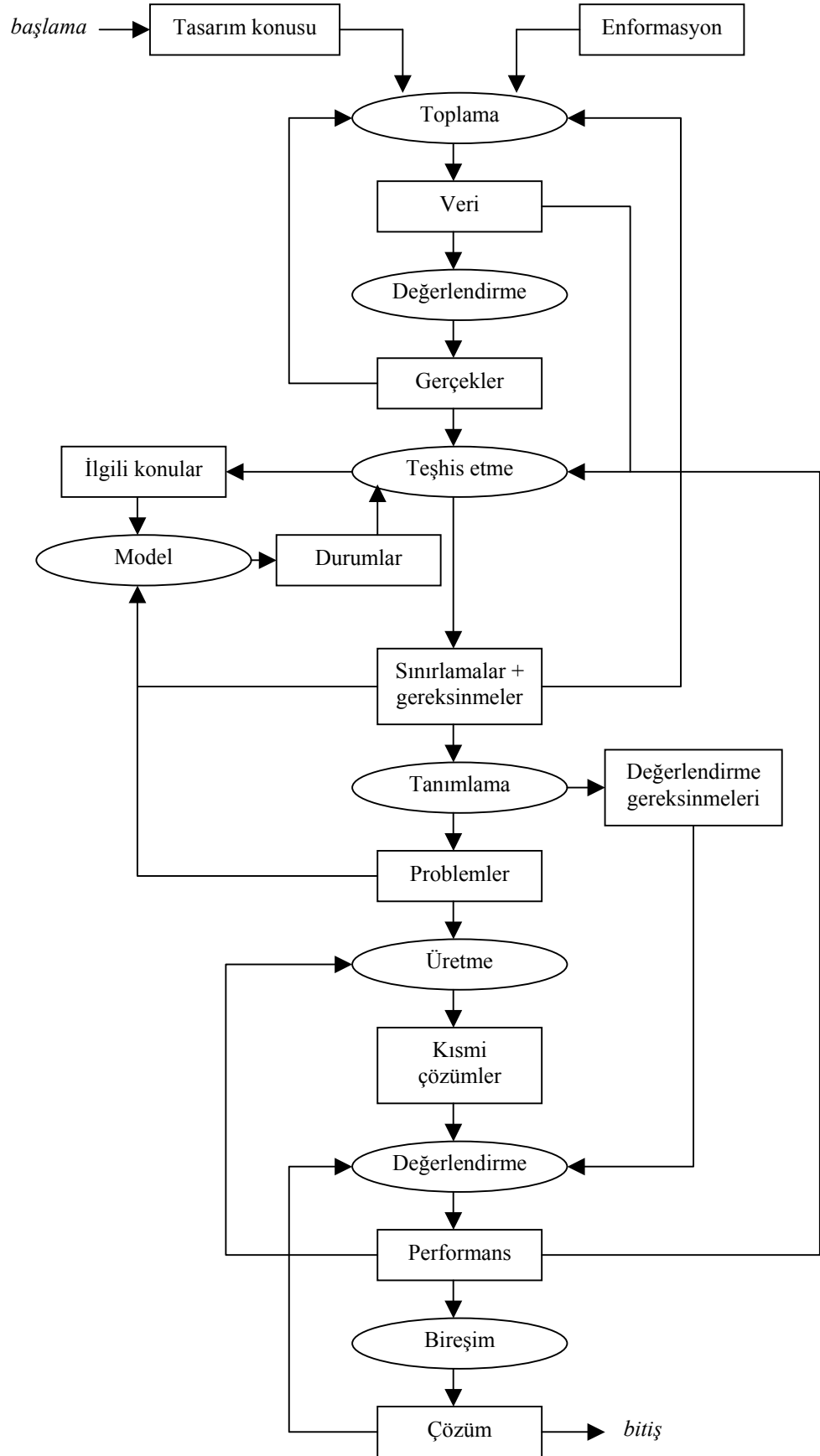


Şekil 4.8: Kısıtlama sınırı dışında kalan alternatifin yapılacak değişiklikler ile olabilir alternatifler bölgesine çekilmesi

Değişen dış koşullar karşısında iç ortam konforunu sağlayabilmek için cephe sistemindeki değişkenlik olanaklarının değerlendirilmesine yönelik düzenlenmiş olan bir akış çizgesi aşağıda incelenebilir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9: Değişen dış koşullar karşısında iç ortam konforunu sağlayabilmek için cephe sistemindeki değişkenlik olanaklarının değerlendirilmesine yönelik bir akış çizgesi



Şekil 4.10: Ürün tasarımı için bir uzman model (Kruger ve Cross, 2006)

Şekil 4.10’da gösterilmiş olan, Kruger ve Cross’un geliştirdikleri tasarım modelinin aşamaları şu süreçleri kapsamaktadır (Kruger ve Cross, 2006):

1. Veri elde etme (bilgi toplama)
2. Verinin değerini ve geçerliliğini tayin etme
3. Sınırlamaları ve gereksinimleri saptama
4. Davranış ve çevreyi modelleme
5. Problemleri ve olasılıkları tanımlama
6. Kısmi çözümleri üretme
7. Çözümleri değerlendirme
8. Uygun bir çözümün birleşimi

Bu model diğer mühendislik ürün tasarım süreç modellerinden çok farklı değildir. Farklılık gösteren bir ek özelliği modelleme adımıdır. Modelleme aşamasında tasarımcı kafasında zihinsel bir imaj oluşturmaktadır; bir başka ifade ile tasarıma konu olan ürünün kullanılma sürecini hayal etmektedir.

Değişim Durumları ve Etkileri Analizi

Ürün esnekliğinin değerlendirilmesi için bir metodu Palani Rajan önermiştir (Palani Rajan ve diğ., 2005). Metotta, esnekliğin, ürün parça sayısı, fonksiyonlar, arayüzler, arayüz türleri, modüller ve modül düzenlemesi ile ilişkileri incelenmiştir.

Ürün esnekliği konusunda iki türden bahsedilebilmektedir; birincisi parça esnekliği (sisteme öğe eklenip çıkarılması), ikincisi ise tasarım değişim esnekliğidir (sistemdeki belirli bir öğede tasarım değişikliği).

Esneklik, tasarım ve yeniden tasarım süreçlerinin içinde yer almaktadır ve değişim, bu süreçlerin dayanağıdır.

Tablo 4.5’te, esneklik kavramının açıklığa kavuşması için örnek olarak verilmiş bazı ürünler gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Esnek olan ve olmayan ürünler için bazı örnekler

<i>Esnek olmayan ürünler</i>	<i>Esnek ürünler</i>
Eski tip tornavida	Uçları değişebilir yeni tip tornavida
Ahşap sandalye	Modern ayarlanabilir sandalye
Monolitik strüktürel çerçeve	Bölmelere ayrılmış strüktürel çerçeve

Ürün esnekliğinin değerlendirilmesi gibi karmaşık bir problem için bir metot “hata durumları ve etkileri analizi”dir (failure modes and effects analysis). Bu metot, sistemde, üründe veya bir üretim sürecinde tasarım veya üretim sırasında ortaya çıkabilecek potansiyel hataları sistematik bir yaklaşımla göstermektedir. Hata durumlarını değerlendiren bu metot yerine, üründe gelecekte olabilecek değişimleri değerlendiren metot, “değişim durumları ve etkileri analizi”dir (change modes and effects analysis). Bu metot iki adımdan oluşmaktadır (Palani Rajan ve diğ., 2005):

1. Ürünün ayrıştırılması: Metodun uygulanabilmesi için ilk adım ürünün ayrıştırılması işlemidir, bu sayede olası değişimler değerlendirilebilir. Ürünün karmaşıklığına bağlı olarak, bu ayrıştırma, fonksiyon, parça veya modül bazında olabilmektedir.
2. Değişim durumları ve etkileri analizi tablosunun düzenlenmesi: Metotta ikinci adım, olası değişimler için ürünün “değişkenlik potansiyel sayısı”nın hesaplanmasıdır. Bu değer, değişimlerin ürüne ne kadar kolay dahil olabildiği hakkında fikir vermektedir. Bir değişim karşısında tasarımın esnekliği, meydana gelme olasılığı ve sistemin bu değişime hazır olma düzeyi değerlendirme için ana kriterlerdir. Tablo 4.6, değişim durumları ve etkileri analizi tablosunun başlıklarını göstermektedir. Tabloda, tasarım esnekliği, meydana gelme ve hazır olma durumu başlıkları, ürünlerin değişkenlik potansiyel sayısının saptanmasında kullanılan ana kolon başlıklarıdır. Diğer kolonlar, bu üç ana kolon değerlerinin bulunması için destekleyici özelliktedir.

Tablo 4.6: Değişim durumları ve etkileri analizi tablosunun ana başlıkları (Palani Rajan ve diğ., 2005)

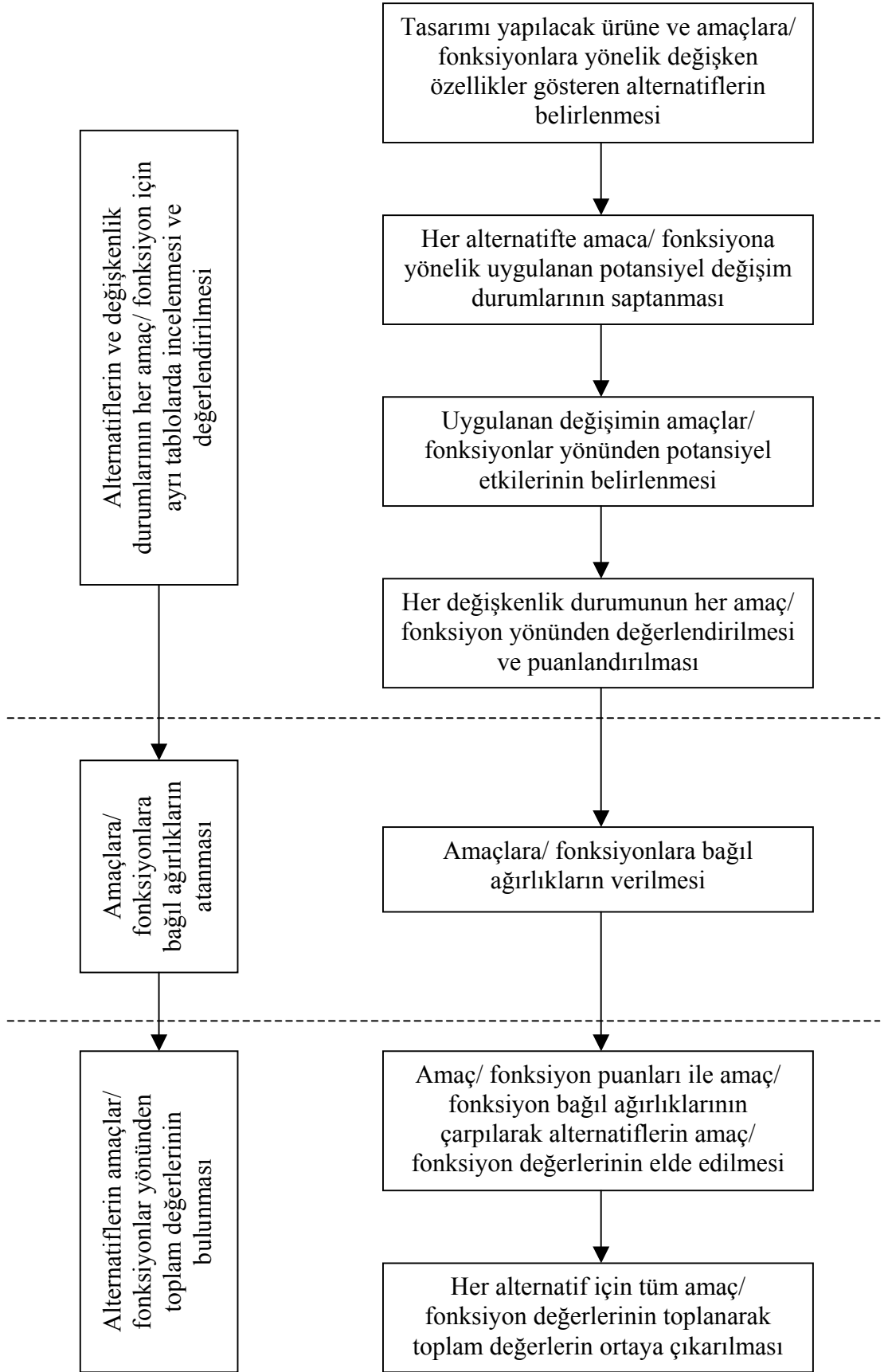
Ürün Tasarımında Potansiyel Değişimler için Değişim Durumları ve Etkileri Analizi									
Modüller / Parçalar	Potansiyel değişim durumları	Değişimin potansiyel etkileri	Tasarım esnekliği	Değişimin potansiyel nedenleri	Meydana gelme	Hazır olma durumu	Değişkenlik potansiyel sayısı	Önerilen yaklaşımlar	Yaklaşım sonuçları
									Uygulanan yaklaşım
									Tasarım esnekliği
									Meydana gelme
									Hazır olma durumu
									Değişkenlik potansiyel sayısı

Endüstriyel ürünlerin, zaman içinde ortaya çıkan değişim talebi karşısındaki esnekliğinin değerlendirilmesine yönelik olarak yürütülmüş olan bu çalışmadan, değişken özellikler gösteren yapı kabukları için bir tasarım destek sisteminin geliştirilmesi için yararlanılmıştır.

Değişken yapı kabuklarının değişkenlik durumlarının değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir tasarım destek sistemi üç aşamadan meydana gelmektedir:

1. İlk adımı, farklı uygulamalardaki değişkenlik alanlarına/ alt amaçlara/ fonksiyonlara ait değişkenlik/esneklik seçeneklerinin/çözümlerinin bir tabloda listelenmesi ve göreceli olarak puanlandırılması oluşturmaktadır.
2. İkinci adım olarak, her alana ait amaçlara/ kriterlere bağlı ağırlıklar atanmalıdır.
3. Bu aşamadan sonraki adım, seçeneklerin/ çözümlerin aldığı puanların ilgili amaçların/ kriterlerin bağlı ağırlıkları ile çarpılması ve toplam değer bulunması, bir başka deyişle ele alınan uygulama örneklerinin sistem bütünündeki değerinin belirlenmesidir.

Bu şekilde izlenen yöntem sayesinde, ele alınan projelerin, değişkenlik özelliği göz önüne alınarak değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Şekil 4.11, değişken alternatiflere yönelik bir tasarım destek sisteminin süreçlerini göstermektedir.



Şekil 4.11: Değişken alternatiflere (cephe sistemlerine) yönelik bir tasarım destek sisteminin uygulama süreçleri

4.5.1. Değişkenlik/ Esneklik Seçeneklerinin/ Çözümlerinin İlgili Alanlara Yönelik Ayrı Tablolar Halinde Gösterilmesi ve Puanlandırılması

Değişken yapı kabukları için kullanılabilecek tasarım destek yönteminin ilk adımını, uygulamalardaki farklı alanlara ait değişkenlik/ esneklik seçeneklerinin/ çözümlerinin ayrı birer tabloda listelenmesi ve puanlandırılması oluşturmaktadır.

Yapı kabuğu uygulamalarında incelenebilecek değişkenlik gösterme potansiyeli olan seçenek/ çözüm alanları;

- enerji korunumu/ kazanımı
- güneş kontrolü
- doğal aydınlatma/ ışık kontrolü
- doğal havalandırma
- ses kontrolü

olarak belirlenebilir.

Puanlama yaparken, Cross'un kitabında açıkladığı beş veya onbir dereceli skalalardan yararlanılabilir. Tablo 4.7, seçeneklerin/ çözümlerin derecelendirilmesi için kullanılabilecek bir puanlama sistemini göstermektedir.

Tablo 4.7: Onbir dereceli ve beş dereceli skalalar ve değerlendirmeye karşılık gelen puanlar

Onbir dereceli skala	Anlamı	Beş dereceli skala	Anlamı	
0	Tamamen yararsız çözüm	0	Yetersiz çözüm	Çok konforsuz
1	Yetersiz çözüm			
2	Çok zayıf çözüm	1	Zayıf çözüm	Az konforlu
3	Zayıf çözüm			
4	Kabul edilebilir çözüm	2	Yeterli çözüm	Ortalama konfor
5	Yeterli çözüm			
6	Tatmin edici çözüm			
7	İyi çözüm	3	İyi çözüm	İyi düzeyde konfor
8	Çok iyi çözüm			
9	Mükemmel çözüm	4	Mükemmel çözüm	Çok iyi düzeyde konfor
10	İdeal çözüm			

Çalışmada beş dereceli bir skala kullanılmıştır. Puanların karşılık geldiği anlamlar, incelenen alana bağlı olarak çözüm düzeyi veya konfor düzeyi olarak ifade edilebilir. Tüm örneklerde uygulanmış olan çözümler/ seçenekler her alan için ayrı tablolarda listelenmeli ve puanlandırılmalıdır. Tablo 4.8, uygulama örneklerinin alt amaçlar/ fonksiyonlar ve değişkenlik yönlerinden incelenip değerlendirilmesi için kullanılabilecek tablonun başlıklarını vermektedir.

Tablo 4.8: Seçeneklerin/ çözümlerin belirli amaçlar/ fonksiyonlar yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Amaç/ fonksiyon için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun amaç/ fonksiyon yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun amaç/ fonksiyon yönünden değerlendirilmesi					Amaç/ fonksiyon puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
U.A	U.A.1								P _{U.A.1}
	U.A.2								P _{U.A.2}
	U.A.3								P _{U.A.3}
U.B	U.B.1								P _{U.B.1}
	U.B.2								P _{U.B.2}

4.5.2. İlgili Amaçlara/ Fonksiyonlara Bağlı Ağırlıkların Verilmesi

Herhangi bir yapı elemanının karşılamakla görevli olduğu fonksiyonların/ alt amaçların önem dereceleri aynı düzeyde olmayabilir. Öncelik gösteren fonksiyonlara/ alt amaçlara bağlı ağırlık değerlerinin atanması gerekmektedir. Ağırlık verme işlemi için ikili karşılaştırma metodundan yararlanılabilir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Amaçların bağıl ağırlıklarını belirleyebilmek üzere kullanılan ikili karşılaştırma metodu
(Cross, 2000)

Amaçlar	A	B	C	D	E	Satır toplamı
A	-	0	0	0	1	1
B	1	-	1	1	1	4
C	1	0	-	1	1	3
D	1	0	0	-	1	2
E	0	0	0	0	-	0

Her amaç teker teker birbiriyle karşılaştırılır. Birbirine göre durumlarına göre seçeneklere 1 ve 0 değerleri verilir. Örneğin A satırını düzenlerken “A B’den daha mı önemli, yoksa daha mı önemsiz?” sorusu sorulur. Bu, C, D, ve E seçenekleri için de uygulanır. Örnekte A seçeneği E seçeneği haricinde diğer tüm seçeneklerden önemsiz olarak gösterilmiştir. Satırlar tamamlandıkça, ilgili kolon da tersini gösterecek biçimde tamamlanabilir; A satırı 0001 ise A kolonu 1110 olmalıdır. Eğer iki seçenek karşılaştırıldığında eşit önemde olduğu düşünülürse o zaman ilgili iki kutuya da $\frac{1}{2}$ değeri yazılır. Tüm satırlar toplanıp toplam yazıldığında seçeneklerin önem dereceleri ortaya çıkmış olur. Örnekte önem dereceleri şöyle sıralanmaktadır: B, C, D, A, E.

Sonraki adım her amaca bir ağırlık vermektir. Bunun basit bir yolu amaçlara 1-10 arası veya 1-100 arası değerler vermektir. Örnekte B’ye 10, C’ye 7, D’ye 5, A’ya 4 ve E’ye 2 değerleri verilmiştir. Bir başka metot ise belirli bir değer (örneğin 100 değeri) seçenekler arasında paylaştırılmasıdır. Bu şekilde de B’ye 35, C’ye 25, D’ye 18, A’ya 15 ve E’ye 7 değerleri verilebilir (Cross, 2000).

Amaçlara/ fonksiyonlara kendi aralarında ağırlık verme işlemi, hedeflenen üst amaçla ve içinde bulunulan koşullar ile doğrudan ilişkilidir. Cephe elemanı için geçerli olan amaçlar/ fonksiyonlar dış koşullara, ihtiyaca ve cephenin yönlendirilmesine

bağlı olarak farklı ağırlıklar alabilmektedir. Tüm bu faktörlerin değerlendirilmesi en doğru ağırlıkların verilmesinde etkili olabilecektir.

4.5.3. Seçeneklerin/ Çözümlerin Ortak Bir Tabloda Toplam Değerlerinin Bulunması

Önceki iki adımda elde edilen verileri kullanarak sistemin toplam değerinin ortaya çıkarıldığı bu aşamada tüm amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları bir tabloda gösterilmelidir. Her amaç/ fonksiyon değeri bu veriler kullanılarak elde edilir. Tablo 4.10, amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları yönünden uygulamaların ara değerlerinin bulunmasını ve toplam değerin elde edilmesini göstermektedir.

Tablo 4.10: Amaçlar/ fonksiyonlar, değişkenlik ve amaç/ fonksiyon ağırlıklarına bağlı olarak ara değerlerin ve toplam değerin elde edilmesi

Uygulama örneği	1.Amaç/ fonksiyon puanı	1.Amaç/ fonksiyon ağırlığı	1.Amaç/ fonksiyon değeri	2.Amaç/ fonksiyon puanı	...	...
U.A	$P1_{U,A}$	A1	$D1_{U,A}$	$P2_{U,A}$	...	...
U.B	$P1_{U,B}$	A1	$D1_{U,B}$	$P2_{U,B}$	...	...
...	...	...	...	...	...	...

$$D1_{U,A} = P1_{U,A} \times A1 \quad (a)$$

$$\Sigma D_{U,A(1,n)} = D1_{U,A} + D2_{U,A} + \dots + Dn_{U,A} \quad (b)$$

(a) denkleminde $D1_{U,A}$ 1. amaç/ fonksiyon değerini, $P1_{U,A}$ 1. amaç/ fonksiyon puanını, A1 ise 1. amaç/ fonksiyon ağırlığını ifade etmektedir. 1. amaç/ fonksiyon puanının 1. amaç/ fonksiyon ağırlığı ile çarpımı sonucunda 1. amaç/ fonksiyon değeri bulunmaktadır. Bu işlem, birinci uygulama için diğer tüm amaçlar/ fonksiyonlar için tekrar edilmelidir. Diğer uygulamalar için aynı adımlar tekrarlanır.

Birinci uygulamaya ait “n” sayıdaki amaçların/ fonksiyonların değerlerinin toplamı sonucunda elde edilen toplam değer ($\Sigma D_{U,A}$) (b) denklemi ile ifade edilmiştir. Bu işlem, ele alınan diğer uygulamalar için tekrar edilmelidir.

4.6. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, değişken özellikler gösteren yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Öncelikle cephe ile ilgili gereksinimler, fonksiyonlar ve kriterler üzerine bilgi verilmiştir. Tasarlama metotlarından bahsedilen kısmı takiben model kurma üzerine bilgi aktarılmıştır. Bu aşamaları izleyen kısımda, çalışmada geliştirilen “değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi”nden yararlanılabilmesi için takip edilmesi gereken adımlar açıklanmıştır.

Bunu izleyen bölümde, gerçekleştirilmiş yapı kabukları üzerinde yöntemin uygulaması yapılacaktır.

5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN UYGULANMASI

Bu bölüm, önceki bölümde aşamaları açıklanmış olan “değişken yapı kabukları için kullanılabilecek bir tasarım destek sistemi”nin uygulanmış örnekler üzerinde denenmesini kapsamaktadır. Yöntemin üzerinde uygulanacağı cephe sistemleri ve bunlara ait fotoğraf, çizim ve açıklamalar çalışmanın Ek A kısmında verilmiştir.

5.1. Değişkenlik/ Esneklik Seçeneklerinin/ Çözümlerinin İlgili Alanlara Yönelik Ayrı Tablolar Halinde Gösterilmesi ve Puanlandırılması

Uygulanmış cephe sistemlerinin amaçlar/ fonksiyonlar yönünden ayrı tablolar halinde ele alınması, yöntemin ilk adımını oluşturmaktadır. Bu amaçla, örneklerin değerlendirilebilmesi için ele alınan her amaç/ fonksiyon için inceleme tablosu oluşturulmalıdır.

İlk inceleme tablosu olan Tablo 5.1, enerji korunumu/ kazanımı açısından cephe sistemlerinde uygulanmış seçeneklerin/ çözümlerin analiz edilip değerlendirilmesine yöneliktir.

Tablo 5.1: Seçeneklerin/ çözümlerin enerji korunumu/ kazanımı yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Enerji korunumu/ kazanımı için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun enerji korunumu/ kazanımı yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun enerji korunumu/ kazanımı yönünden değerlendirilmesi					Enerji korunumu/ kazanımı puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
A	A1	Birinci cephe türünde çift cam ünite, ısı bariyerli alüminyum çerçeve, açılır kanatlar	Birinci cephe türünde açılır kanatlar dışında enerji korunumu/ kazanımı için uygulanan çözüm yok		√				1
	A2	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36-b) dış kabuğu oluşturan cam lamellerin açık durumu	Kışın uygun değil		√				1
	A3	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36-a) dış kabuğu oluşturan cam lamellerin kapalı durumu	Soğuk havalarda ara boşlukta ısıl tampon bölge oluşturuluyor				√		3
B	B1	Ara boşluğun havalandırılması için kullanılan havalandırma pencereleri kapalı	Kışın ara boşlukta ısıl tampon bölge yaratılıyor, enerji korunumu sağlanıyor				√		3
	B2	Ara boşluğun havalandırılması için kullanılan havalandırma pencereleri açık	Soğuk havalarda ısı enerjisi kaçıışı gerçekleşiyor		√				1
C	C1	Ara boşluğun havalandırılması için kullanılan açılır ısıklık bantları kapalı	Kışın ara boşlukta ısıl tampon bölge yaratılıyor, enerji korunumu sağlanıyor ama sıcak mevsimler için olumsuz			√			2

	C2	Ara boşluğun havalandırılması için kullanılan ışıklık bantları açık	Yazın kazanılan ısının uzaklaştırılması için yararlı, ama soğuk havalarda uygulanırsa ara boşluktaki hava sıcaklığı azalıyor		√				1
D	D1	Hava kapakları kapalı, köşe vantilatörler devre dışı	Ara boşlukta ısıl tampon bölge ile enerji korunumu				√		3
	D2	Hava kapakları kapalı, köşe vantilatörler devrede	Ara boşlukta ısınan havanın diğer yöndeki cephelere ulaştırılması sağlanıyor					√	4
	D3	Hava kapakları açık, köşe vantilatörler devre dışı	Açık kapaklardan kışın enerji kaçışı			√			2
	D4	Hava kapakları açık, köşe vantilatörler devrede	Ara boşlukta maksimum hava akımı, enerji korunumu için olumsuz		√				1
E	E1	Cam lameller kapalı	Ara boşlukta kısmen ısıl tampon bölge oluşuyor			√			2
	E2	Cam lameller açık	Dış kabuğun enerji korunumunda etkisi yok		√				1
F	F1	Hava kapakları kapalı	Kışın en fazla enerji korunumu sağlanıyor				√		3
	F2	Hava kapakları yağmur konumunda	Ara boşluktaki ısı enerjisinin bir kısmı dış ortama kaçıyor			√			2
	F3	Hava kapakları açık	Enerji korunumu en az seviyede		√				1
G	G1	Ara koridor havalandırma lamelleri kapalı	Ara koridor ısıl tampon bölge oluşturuyor, enerji korunumu sağlanıyor				√		3
	G2	Ara koridor havalandırma lamelleri açık	Ara koridorda oluşan hava akımı enerji kaybı yaratıyor		√				1
H	H1	İç kabuktaki sürme doğramalar kapalı	Enerji korunumu sağlanıyor				√		3

	H2	İç kabuktaki sürme doğramalar açık	Isı enerjisi ara boşluğa, oradan da dış ortama kaçıyor		√				1
I	I1	Diyafram mekanizmaları açık konumda	Güneş ve gün ışığı etkisi azaldığında açılan diyafram mekanizmaları enerji korunumu/ kazanımında olumlu yönde etki yapıyor				√		3
	I2	Diyafram mekanizmaları kapalı konumda	Güneş ve gün ışığı etkisi arttığında kapanan diyafram mekanizmaları iç ortamın enerji kazanımını sınırlandırıyor				√		3
J	J1	Üç tabakalı yalıtımlı cam ünite değişken özellik taşımıyor	Enerji korunumunu tek kabuk üzerindeki bu cam ünite sağlıyor			√			2
	J2	Havalandırma kanatları üzerindeki entegre hava giriş açıklıklarından içeri alınan havanın konvektör ile ısıtılabilmesi	Gerektiğinde ısıtılan taze hava iç ortamın ısı enerjisi kazanımına katkı yapıyor				√		3

Tablo 5.2, güneş kontrolü açısından cephe sistemlerinde uygulanmış seçeneklere/ çözümlere aittir.

Tablo 5.2: Seçeneklerin/ çözümlerin güneş kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Güneş kontrolü için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun güneş kontrolü yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun güneş kontrolü yönünden değerlendirilmesi					Güneş kontrolü puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
A	A1	Birinci cephe türünde güneşlik yuvasında kapalı	Güneş kontrolü için herhangi bir düzenek yok		√				1
	A2	Birinci cephe türünde açısı ayarlanabilir, elektrikle hareket ettirilen güneşlik açık	Güneş kontrolü sağlanıyor, ısının ara boşlukta yayılımı				√		3
	A3	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) ara boşluktaki güneşlik kapalı	Güneş ışınları kontrolsüz olarak iç ortama giriyor		√				1
	A4	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) ara boşluktaki güneşlik açık	Güneş ışınlarının girişi kontrollü, ısınan elemanlar ara boşlukta yayılım yapıyor				√		3
B	B1	İç ortam tarafındaki güneşlik kapalı	Güneş kontrolü yok	√					0
	B2	İç ortam tarafındaki güneşlik açık	Güneş kontrolü var, ancak iç ortam tarafında olması sebebiyle güneşten kazanılan ısı enerjisi iç ortamda kalıyor			√			2
C	C1	İç ortamdaki güneşlik kapalı	Güneş kontrolü yok	√					0

	C2	İç ortamdaki güneşlik açık	Güneş kontrolü var, ancak güneşlik elemanlarının ısı yayılımı iç ortamda gerçekleşiyor		√				2
D	D1	Ara boşluktaki jaluziler kapalı	Güneş ışınları cam ünitelerden içeri geçiyor	√					1
	D2	Ara boşluktaki jaluziler açık	Güneş ışınları kontrol edilebiliyor, ısı'nın tekrar yayılımı ara boşlukta oluyor			√			3
E	E1	Alüminyum jaluziler kapalı	Güneş ışınları saydam cam lamellerden ve iç kabuktaki pencereden geçerek iç ortama giriyor	√					1
	E2	Alüminyum jaluziler açık	Güneş ışınları kontrol ediliyor, ısınan jaluziler ara boşlukta yayılım yapıyor			√			3
F	F1	Ara boşluktaki alüminyum jaluzi kapalı	Güneş kontrolü sağlanmıyor	√					1
	F2	Ara boşluktaki alüminyum jaluzi açık	Güneş kontrolü sağlanıyor, güneş kontrol elemanlarının ısı yayılımı ara boşlukta oluyor			√			3
G	G1	Ara koridordaki alüminyum jaluziler kapalı	Güneş kontrolü sağlanmıyor	√					1
	G2	Ara koridordaki alüminyum jaluziler açık	Güneş kontrolü sağlanıyor, jaluzilerin ara koridorda olması olumlu			√			3
H	H1	Ara boşluktaki jaluziler kapalı, iç ortamdaki tekstil güneşlik kapalı	Güneş ışınları kontrol edilmiyor	√					0
	H2	Ara boşluktaki jaluziler kapalı, iç ortamdaki tekstil güneşlik açık	Güneş ışınları iç ortamdaki tekstil güneşlik tarafından engelleniyor	√					1
	H3	Ara boşluktaki jaluziler açık, iç ortamdaki tekstil güneşlik kapalı	Güneşten kazanılan ısı ara boşlukta kalıyor			√			3

	H4	Ara boşluktaki jaluziler açık, iç ortamdaki tekstil güneşlik açık	Güneş ışınlarına karşı etkin koruma					√	4
I	I1	Diyafram mekanizmaları kapalı konumda	İç ortama güneş ışınlarının geçişi sınırlandırılıyor				√		3
	I2	Diyafram mekanizmaları açık konumda	Güneş ışınları iç ortama geçiyor		√				1
J	J1	Güneş/ ışık kontrol elemanları güneşli hava konumunda	Güneş ışınlarının iç ortama doğrudan girmesi engelleniyor, elemanlar dış ortamda yer alıyor					√	4
	J2	Güneş/ ışık kontrol elemanları bulutlu hava konumunda	Güneş ışınları iç ortama doğrudan girebiliyor		√				1

Tablo 5.3 ile, doğal aydınlatma/ ışık kontrolü açısından cephe sistemlerinde uygulanmış seçenekler/ çözümler değerlendirilmiştir.

Tablo 5.3: Seçeneklerin/ çözümlerin doğal aydınlatma/ ışık kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun doğal aydınlatma/ ışık kontrolü yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun doğal aydınlatma/ ışık kontrolü yönünden değerlendirilmesi					Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
A	A1	Birinci cephe türünde güneşlik yuvasında kapalı	Işık girişi engellenmiyor				√		3
	A2	Birinci cephe türünde güneşlik açık	Işık girişi azalıyor		√				1
	A3	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) ara boşluktaki güneşlik kapalı	Doğal ışık girişi sağlanıyor			√			2
	A4	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) ara boşluktaki güneşlik açık	Işık girişi azalıyor		√				1
B	B1	İç ortam tarafındaki güneşlik kapalı	Işık girişine engel yok, ekstra çözüm yok			√			2
	B2	İç ortam tarafındaki güneşlik açık	Işık girişi azalıyor		√				1
C	C1	İç ortamdaki güneşlik kapalı	Işık girişi engellenmiyor			√			2
	C2	İç ortamdaki güneşlik açık	Doğal ışık miktarı azalıyor		√				1

D	D1	Ara boşluktaki jaluziler yukarıda toplanmış halde, kapalı durumda	Doğal ışığın cam ünitelerden iç ortama geçişinde engel yok				√		3
	D2	Ara boşluktaki jaluziler açılmış halde	Doğal ışık girişi azalıyor			√			2
E	E1	Alüminyum jaluziler kapalı	Doğal ışık cam lamellerden ve iç kabuktaki pencere camından iç ortama alınıyor				√		3
	E2	Alüminyum jaluziler açık	Doğal ışık jaluziler tarafından kısmen engelleniyor		√				1
F	F1	Ara boşluktaki alüminyum jaluzi kapalı	Gün ışığı engelsiz ve kontrolsüz şekilde iç ortama giriyor				√		3
	F2	Ara boşluktaki alüminyum jaluzi açık	İç ortama ulaşan gün ışığı miktarı düşüyor		√				1
G	G1	Ara koridordaki alüminyum jaluziler kapalı	İç ortama gün ışığı giriyor				√		3
	G2	Ara koridordaki alüminyum jaluziler açık	İç ortama giren gün ışığı düzeyi azalıyor		√				1
H	H1	Ara boşluktaki jaluziler kapalı, iç ortamdaki tekstil güneşlik kapalı	Maksimum doğal aydınlatma sağlanıyor					√	4
	H2	Ara boşluktaki jaluziler kapalı, iç ortamdaki tekstil güneşlik açık	Gün ışığı kontrol ediliyor				√		3
	H3	Ara boşluktaki jaluziler açık, iç ortamdaki tekstil güneşlik kapalı	Gün ışığı miktarı azalıyor		√				1
	H4	Ara boşluktaki jaluziler açık, iç ortamdaki tekstil güneşlik açık	İç ortama minimum gün ışığı sağlanıyor	√					0
I	I1	Diyafram mekanizmaları kapalı konumda	Doğal aydınlatma sınırlanıyor		√				1
	I2	Diyafram mekanizmaları açık konumda	Doğal ışık engelsiz şekilde iç ortama giriyor				√		3

J	J1	Güneş/ ışık kontrol elemanları güneşli hava konumunda	Doğrudan gelen ışığı yönlendiren elemanlar iç ortama üst düzeyde doğal ışık sağlıyor					√	4
	J2	Güneş/ ışık kontrol elemanları bulutlu hava konumunda	Yansıtıcı ve ışık yönlendirici yüzeyler iç ortamda mümkün olan en etkin doğal aydınlatmayı sağlıyor					√	4

Tablo 5.4'te, doğal havalandırma açısından cephe sistemlerinde uygulanmış seçeneklerin/ çözümlerin analizi ve değerlendirmesi yapılmıştır.

Tablo 5.4: Seçeneklerin/ çözümlerin doğal havalandırma yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Doğal havalandırma için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun doğal havalandırma yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun doğal havalandırma yönünden değerlendirilmesi					Doğal havalandırma puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
A	A1	Birinci cephe türünde pencere kanatları kapalı	Doğal havalandırma yok	✓					0
	A2	Birinci cephe türünde pencere kanatları açık	Doğal havalandırma var, ancak hava hareketi kontrolü az		✓				1
	A3	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar kapalı, cam lameller kapalı	Havalandırma yok	✓					0
	A4	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar kapalı, cam lameller açık	Ara boşluk havalandırılıyor		✓				1
	A5	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar açık, cam lameller kapalı	Soğuk havalarda kapanan lameller çevresinde kalan 10 mm.lik aralıktan hava değişimi sağlanarak ara boşlukta güneş ışınları ile ılan taze hava iç ortama alınabiliyor				✓		3
	A6	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar açık, cam lameller açık	Rüzgarsız havada maksimum havalandırma sağlanıyor				✓		3

B	B1	İç ortam için doğal havalandırma çözümü yok	Cephe sisteminde iç ortamın doğal yoldan havalanması için çözüm yok	√					0
C	C1	Işıklık bantları kapalı, sürme doğramalar kapalı	Doğal havalandırma yok	√					0
	C2	Işıklık bantları açık, sürme doğramalar kapalı	Ara boşluk havalandırılıyor, iç ortama taze hava girişi yok		√				1
	C3	Işıklık bantları kapalı, sürme doğramalar açık	Ara boşluktaki hava iç ortama alınabiliyor			√			2
	C4	Işıklık bantları açık, sürme doğramalar açık	Maksimum havalandırma sağlanıyor				√		3
D	D1	Hava kapakları kapalı, iç kabuktaki doğramalar kapalı	Doğal havalandırma yok	√					0
	D2	Hava kapakları kapalı, iç kabuktaki doğramalar açık	Kısmi havalandırma sağlanıyor		√				1
	D3	Hava kapakları açık, iç kabuktaki doğramalar kapalı	İç ortam havalandırılmıyor	√					0
	D4	Hava kapakları açık, iç kabuktaki doğramalar açık	Doğal havalandırma sağlanıyor				√		3
E	E1	Cam lameller kapalı, doğramalar kapalı	İç ortama doğal hava girişi sağlanmıyor	√					0
	E2	Cam lameller kapalı, doğramalar açık	Tam kapanma olmadığından iç ortamda hava değişimi sağlanıyor			√			2
	E3	Cam lameller açık, doğramalar kapalı	İç ortama hava girişi yok	√					0
	E4	Cam lameller açık, doğramalar açık	Maksimum hava değişimi sağlanıyor				√		3
F	F1	İç kabuktaki eksenli doğramalar kapalı	İç ortama hava girişi sağlanmıyor	√					0
	F2	Eksenli doğramalar açık, dış havalandırma kapakları kapalı	İç ortama ara boşlukta bulunan havanın girişi		√				1

	F3	Eksenli doğramalar açık, dış kabuktaki havalandırma kapakları yağmur konumunda	İç ortama doğal hava girişı gerçekleşiyor, hava değişimi minimum düzeyde				√		3
	F4	Eksenli doğramalar açık, dış kabuktaki havalandırma kapakları açık	İç ortama doğal hava girişı sağlanıyor, hava değişimi üst düzeyde					√	4
G	G1	Havalandırma lamelleri kapalı, sürme doğramalar kapalı	Doğramaların alt kısmındaki dar hava kanalından ara koridordaki hava iç ortama alınabiliyor		√				1
	G2	Havalandırma lamelleri kapalı, sürme doğramalar açık	Ara koridorda bulunan havadan yararlanılıyor			√			2
	G3	Havalandırma lamelleri açık, sürme doğramalar kapalı	Ara koridora dış ortamdan taze hava girişı sağlanıyor, koridordan iç ortama doğramaların alt kısmındaki dar hava kanalından hava alınabiliyor				√		3
	G4	Havalandırma lamelleri açık, sürme doğramalar açık	Dış ortamdan önce ara koridora, oradan da iç ortama taze hava girişı sağlanıyor					√	4
H	H1	İç kabuk üzerindeki sürme doğramalar kapalı	Doğal havalandırma yok	√					0
	H2	İç kabuk üzerindeki sürme doğramalar açık	Doğal havalandırma sağlanıyor, dış kabuktaki havalandırma açıklıkları sürekli açık özellikte				√		3
I	I1	Cephe sisteminde iç ortamın doğal havalandırılmasına yönelik çözüm yok	İç ortama cepheden doğal hava sağlanmıyor	√					0

J	J1	Havalandırma kanatları kapalı	Havalandırma kanatları üzerinde bulunan entegre hava giriş açıklıkları yoluyla doğal havalandırma sağlanıyor, gerektiğinde entegre konvektörler içinde hava önceden ısıtılabilir					√	4
	J2	Havalandırma kanatları açık	Dış ortamdan içeriye taze hava girişi sağlanıyor				√		3

Ses kontrolü açısından cephe sistemlerinde uygulanmış seçeneklerin/ çözümlerin analiz ve değerlendirilmesi Tablo 5.5'te yapılmıştır.

Tablo 5.5: Seçeneklerin/ çözümlerin ses kontrolü yönünden değerlendirilmesi için inceleme tablosu

Uygulama örneği	Ses kontrolü için uygulanan potansiyel değişkenlik durumu (kabuk tepkisi)		Uygulanan değişkenlik durumunun ses kontrolü yönünden potansiyel etkileri	Değişkenlik durumunun ses kontrolü yönünden değerlendirilmesi					Ses kontrolü puanı
	Kod numarası	Durum açıklaması		Yetersiz çözüm/ çok konforsuz	Zayıf çözüm/ az konforlu	Yeterli çözüm/ ortalama konfor	İyi çözüm/ iyi düzeyde konfor	Mükemmel çözüm/ çok iyi düzeyde konfor	
A	A1	Birinci cephe türünde çift camlı doğrama açık	Ses kontrolü yok	√					0
	A2	Birinci cephe türünde çift camlı doğrama kapalı	Ses kontrolü belirli düzeyde sağlanıyor			√			2
	A3	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar kapalı, cam lameller kapalı	Ses yalıtımı sağlanıyor				√		3
	A4	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar kapalı, cam lameller açık	Ses kontrolü belirli düzeyde sağlanıyor			√			2
	A5	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar açık, cam lameller kapalı	Ses kontrolü belirli düzeyde sağlanıyor		√				1
	A6	İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) kanatlar açık, cam lameller açık	Ses kontrolü yok	√					0
B	B1	Havalandırma penceresi kapalı	İkinci kabuk ses düzeyini düşürüyor				√		3
	B2	Havalandırma penceresi açık	Dış kabuk ile elde edilen ses yalıtım değeri düşüyor		√				1

C	C1	Işıklık bantları kapalı, sürme doğramalar kapalı	Ses yalıtımı sağlanıyor				√		3
	C2	Işıklık bantları açık, sürme doğramalar kapalı	Ses yalıtımı azalıyor			√			2
	C3	Işıklık bantları kapalı, sürme doğramalar açık	Ses yalıtımı az		√				1
	C4	Işıklık bantları açık, sürme doğramalar açık	Ses yalıtımı yok	√					0
D	D1	Hava kapakları kapalı, iç doğramalar kapalı, iki kabukta da çift camlı doğramalar	Ses yalıtımı en üst seviyede					√	4
	D2	Hava kapakları kapalı, iç doğramalar açık	Ses yalıtımını sadece dış kabuğu oluşturan çift camlı doğramalar sağlıyor			√			2
	D3	Hava kapakları açık, iç doğramalar kapalı	Ses yalıtımı yeterli düzeyde sağlanıyor				√		3
	D4	Hava kapakları açık, iç doğramalar açık	Ses yalıtımı en alt düzeyinde		√				1
E	E1	Cam lameller kapalı, doğramalar kapalı	Lameller tam kapanmadığından sese karşı etkili bir engel oluşturmuyor			√			2
	E2	Cam lameller kapalı, doğramalar açık	Lamellerin etkinliği az		√				1
	E3	Cam lameller açık, doğramalar kapalı	Sadece doğramaların yalıtım etkisi var		√				1
	E4	Cam lameller açık, doğramalar açık	Ses iç ortama engelle karşılaşmadan geçiyor	√					0
F	F1	Havalandırma kapakları kapalı, iç doğramalar kapalı	Ses yalıtımı en üst değerinde				√		3
	F2	Havalandırma kapakları açık, iç doğramalar kapalı	Ses yalıtım değeri az da olsa düşüyor			√			2

	F3	Havalandırma kapakları kapalı, iç doğramalar açık	Ses yalıtımını dış kabuğu oluşturan 12 mm kalınlığındaki tek tabaka cam sağlıyor		√				1
	F4	Havalandırma kapakları açık, iç doğramalar açık	Ses yalıtımı en alt düzeyinde	√					0
G	G1	Havalandırma lamelleri kapalı, sürme doğramalar kapalı	Dış ve iç kabuklarda çift cam ünitelerle iyi bir ses yalıtımı sağlanıyor					√	4
	G2	Havalandırma lamelleri kapalı, sürme doğramalar açık	Ses yalıtım fonksiyonunu dış kabuk karşılıyor			√			2
	G3	Havalandırma lamelleri açık, sürme doğramalar kapalı	Dış kabuk havalandırma açıklıklarından ses geçişi oluyor, ama iç kabukta açıklık yok				√		3
	G4	Havalandırma lamelleri açık, sürme doğramalar açık	Ses açıklıklardan geçerek iç ortama ulaşıyor		√				1
H	H1	İç kabuk üzerindeki sürme doğramalar kapalı	Ses kontrolü sağlanıyor				√		3
	H2	İç kabuk üzerindeki sürme doğramalar açık	Dış kabuğu oluşturan 10 mm kalınlığındaki tek tabaka cam sese engel oluşturuyor		√				1
I	I1	Cephe sisteminde ses yalıtımı yönünden değişkenlik bulunmuyor	Ses yalıtımı dış kabuğu oluşturan çift cam ünite ve iç kabuğu oluşturan tek tabaka cam tarafından sağlanıyor			√			2
J	J1	Havalandırma kanatlarının açık olduğu durum	Ses doğrudan iç ortama ulaşabiliyor	√					0
	J2	Havalandırma kanatlarının kapalı olduğu durum	Tek kabuktan oluşan cepheyi oluşturan üç tabakalı cam ünite ses yalıtım fonksiyonunu sağlıyor			√			2

5.2. İlgili Amaçlara/ Fonksiyonlara Bağlı Ağırlıkların Verilmesi

İlgili amaçlara/ fonksiyonlara bağlı ağırlıkların atanması işlemi, önceki bölümde açıklanmış olan yöntemin ikinci adımını oluşturmaktadır. Fonksiyonların/ alt amaçların önem dereceleri genellikle aynı düzeyde olmamaktadır. Değerlendirmede öncelik gösteren fonksiyonlara/ alt amaçlara bağlı ağırlık değerlerinin atanması gerekmektedir.

Amaçlara/ fonksiyonlara kendi aralarında ağırlık verme işlemi, hedeflenen üst amaç ile ve içinde bulunulan koşullar ile ilişkilidir. Cephe elemanı için geçerli olan alt amaçlar/ fonksiyonlar dış koşullara, ihtiyaca ve cephenin yönlenmesine bağlı olarak farklı ağırlıklar alabilmektedir. Tüm bu faktörlerin değerlendirilmesi en doğru ağırlıkların verilmesinde etkili olabilecektir. Ancak çalışmanın kapsamında, mimaride sürdürülebilirliği, kullanıcı konforunu gözeten cephe sistemlerine yönelik amaçlar/ fonksiyonlar için belirli öncelikler kabul edilmiştir. Tablo 5.6, amaçlar/ fonksiyonlar arasındaki ağırlıkları belirleyebilmek üzere kullanılan ikili karşılaştırma metodunu göstermektedir.

Tablo 5.6: Amaçların/ fonksiyonların bağlı ağırlıklarını belirleyebilmek üzere kullanılan ikili karşılaştırma metodu

Amaçlar/ fonksiyonlar	Enerji korunumu/ kazanımı	Güneş kontrolü	Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü	Doğal havalandırma	Ses kontrolü	Satır toplamı	Ağırlık (1 üstünden)
Enerji korunumu/ kazanımı	-	1	1	1	1	4	0,40
Güneş kontrolü	0	-	1/2	1/2	1/2	1,5	0,15
Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü	0	1/2	-	1/2	1/2	1,5	0,15
Doğal havalandırma	0	1/2	1/2	-	1	2	0,20
Ses kontrolü	0	1/2	1/2	0	-	1	0,10

İkili karşılaştırma metodu ile amaçların/ fonksiyonların birbirine göre değerlendirilmesi sonucunda satır toplam değerleri ortaya çıkmıştır. Ağırlık değerlerinin toplamı bir olmak üzere, ağırlıklar satır toplam değerleri ile oranlı şekilde belirlenmiştir.

5.3. Seçeneklerin/ Çözümlerin Ortak Bir Tabloda Toplam Değerlerinin Bulunması

Yöntemin son aşaması, önceki adımlarda elde edilmiş olan verileri kullanarak sistemlerin toplam değerlerinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu aşamada, tüm amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları bir tabloda gösterilmelidir. Tablo 5.7, tüm amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları verilerinin kullanılarak uygulamaların amaç/ fonksiyon ara değerlerinin bulunmasını ve sonunda toplam değerin elde edilmesini göstermektedir.

$$D_T = D_E + D_G + D_A + D_H + D_S$$

$$D_T = (P_E \times A_E) + (P_G \times A_G) + (P_A \times A_A) + (P_H \times A_H) + (P_S \times A_S)$$

- D_T : Toplam amaç/ fonksiyon değeri
- D_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon değeri
- D_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
- D_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
- D_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon değeri
- D_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon değeri
- P_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
- A_E : Enerji korunumu/ kazanımı amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
- P_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
- A_G : Güneş kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
- P_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
- A_A : Doğal aydınlatma/ ışık kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
- P_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
- A_H : Doğal havalandırma amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri
- P_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon min.-maks. puanı
- A_S : Ses kontrolü amaç/ fonksiyon bağıl ağırlık değeri

Tablo 5.7: Amaçlar/ fonksiyonlar ve amaç/ fonksiyon ağırlıklarına bağlı olarak alternatiflerin ara ve toplam değerlerinin elde edilmesi

	P _E	A _E	D _E	P _G	A _G	D _G	P _A	A _A	D _A	P _H	A _H	D _H	P _S	A _S	D _S	D _T
A	1-3	0.40	0.40-1.20	1-3	0.15	0.15-0.45	1-3	0.15	0.15-0.45	0-3	0.20	0.00-0.60	0-3	0.10	0.00-0.30	0.70-3.00
B	1-3	0.40	0.40-1.20	0-2	0.15	0.00-0.30	1-2	0.15	0.15-0.30	0	0.20	0.00	1-3	0.10	0.10-0.30	0.65-2.10
C	1-2	0.40	0.40-0.80	0-2	0.15	0.00-0.30	1-2	0.15	0.15-0.30	0-3	0.20	0.00-0.60	0-3	0.10	0.00-0.30	0.65-2.30
D	1-4	0.40	0.40-1.60	1-3	0.15	0.15-0.45	2-3	0.15	0.30-0.45	0-3	0.20	0.00-0.60	1-4	0.10	0.10-0.40	0.95-3.50
E	1-2	0.40	0.40-0.80	1-3	0.15	0.15-0.45	1-3	0.15	0.15-0.45	0-3	0.20	0.00-0.60	0-2	0.10	0.00-0.20	0.70-2.50
F	1-3	0.40	0.40-1.20	1-3	0.15	0.15-0.45	1-3	0.15	0.15-0.45	0-4	0.20	0.00-0.80	0-3	0.10	0.00-0.30	0.70-3.20
G	1-3	0.40	0.40-1.20	1-3	0.15	0.15-0.45	1-3	0.15	0.15-0.45	1-4	0.20	0.20-0.80	1-4	0.10	0.10-0.40	1.00-3.30
H	1-3	0.40	0.40-1.20	0-4	0.15	0.00-0.60	0-4	0.15	0.00-0.60	0-3	0.20	0.00-0.60	1-3	0.10	0.10-0.30	0.50-3.30
I	3	0.40	1.20	1-3	0.15	0.15-0.45	1-3	0.15	0.15-0.45	0	0.20	0.00	2	0.10	0.20	1.70-2.30
J	2-3	0.40	0.80-1.20	1-4	0.15	0.00-0.60	4	0.15	0.60	3-4	0.20	0.60-0.80	0-2	0.10	0.00-0.20	2.00-3.40

5.4. Bölüm Sonucu

Bu bölüm, çalışmada geliştirilmiş olan tasarım destek sisteminin, gerçekleştirilmiş yapı kabukları üzerinde uygulamasını kapsamaktadır. İncelenen yapı kabukları, cam cephe örneklerinden seçilmiş olsa da, yöntem, belirli bir malzemeye özgü olarak düşünülmemelidir. Önerilmiş olan yöntem, farklı malzeme ve teknoloji ile üretilen yapı kabukları için de geçerlilik taşımaktadır.

Uygulamanın ilk adımını, ele alınan yapı kabuklarındaki potansiyel değişkenlik durumlarının amaçlar/ fonksiyonlar yönünden ayrı tablolarla incelenmesi ve puanlandırılması oluşturmaktadır. Bu aşamayı takiben, amaçlara/ fonksiyonlara kendi aralarında ağırlık verme işlemi gelmektedir. İkili karşılaştırma yöntemi ile fonksiyonların/ amaçların ağırlıkları ortaya çıkarıldıktan sonra, önceki adımlarda elde edilmiş olan veriler de kullanılarak, sistemlerin toplam değerleri ortak bir tabloda karşılaştırmalı şekilde elde edilebilmektedir. Tüm amaç/ fonksiyon puanları ile ilgili oldukları amaç/ fonksiyon ağırlıkları kullanılarak toplam değer elde edilmektedir.

Tablo 5.7’de, alt amaçlar/ fonksiyonlar (D_E , D_G , D_A , D_H , D_S) ve toplam amaç/ fonksiyon (D_T) değerlerindeki sapma, sistemlerdeki değişkenlik özelliklerinden dolayı ortaya çıkmaktadır. Değer sapma miktarının (iki değer arasındaki farkın) az olması, sistemde amaç/ fonksiyon yönünden uygulanan değişkenliğin alt düzeyde, fazla olması ise üst düzeyde olduğunu belirtmektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki farkın miktarı, sistemin potansiyel değişkenliğinin amaçları/ fonksiyonları karşılama kapasitesini göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, kullanıcıların gereksinimlerine ve dış etmenlerin dinamik karakterine uyum sağlayabilen değişken yapı kabuklarına yönelik bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Yöntemin hedef kitlesini, yapı kabuğu tasarımı yapan mimar ve mühendisler oluşturmaktadır. Tasarımcı, önerilen yöntemi kullanarak, uygulanmış örneklerden elde edeceği bilgiler doğrultusunda kendi tasarımını yönlendirebilme olanağına sahiptir.

Çalışmanın adımları ve ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Öncelikle, çalışmaya temel oluşturan ilgili kavramlar açıklanmış ve bunlarla ilgili bilgi aktarılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramının tanımı ve gelişim süreci özetlenmiş, mimaride sürdürülebilirliği sağlayabilme yollarından bahsedilmiştir. Bu bağlamda, ekoloji ile insan sağlığı ve konfor şartları üzerine bilgi verilmiştir. Sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi için kullanılan araç ve yöntemlerden bahsedilmiştir. Bundan sonra, çalışmanın odak noktasını oluşturan yapı kabukları üzerine bilgi verilmiştir. Yapı kabuklarının bir türü olan, özellikle büro yapılarında görülen cam cephe sistemlerinin sınıflandırılması yapılmış ve sistemler örneklerle açıklanmıştır. Yapı kabuğunun enerji ve konfor ile ilgili parametreleri, tasarımın iç ortam konforu üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Değerlendirme üzerine bilgi verilen kısımda, tanım ve yöntemlerin sınıflandırması yapılmıştır. Fayda değerine dayalı, maliyetler üzerine kurulu, çok kriterli değerlendirme yöntemleri ve teknikleri açıklanmıştır. Çalışmada, yapı kabuklarındaki değişkenlik üzerinde durulduğundan, kavramın anlaşılması için ilgili tanım ve açıklamalar yapılmıştır. Yapı kabuğu üzerinde etkin olan dış koşulların değişken özelliği ifade edilmiştir.

İlgili kavramların açıklanmasını izleyen bölümde, sürdürülebilir mimarlığın yapı kabuğu alanında uygulanma stratejilerinden biri olarak ele alınan değişkenlik üzerinde durulmuştur. Yapı kabuklarında ortaya çıkan değişkenlik ihtiyacı

açıklanmıştır. Değişkenliğin yapı kabuğunda görüldüğü alanlar ve bu alanlardaki değişkenlik türleri açıklanmıştır.

Çalışma konusuna temel oluşturan ilgili bilgilerin aktarılmasından sonra, değişken özellikler gösteren yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi geliştirilmeye çalışılmıştır. Öncelikle cephe ile ilgili gereksinimler, fonksiyonlar ve kriterler üzerine bilgi verilmiştir. Tasarlama metotlarından bahsedilen kısmı takiben model kurma üzerine bilgi aktarılmıştır. Bu aşamaları izleyen kısımda, çalışmada geliştirilmiş olan “değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi”nde takip edilmesi gereken adımlar açıklanmıştır.

Değişken yapı kabukları için kullanılabilecek tasarım destek sisteminin ilk adımını, uygulamalardaki farklı alanlara ait değişkenlik/ esneklik seçeneklerinin/ çözümlerinin ayrı birer tabloda listelenmesi ve puanlandırılması oluşturmaktadır.

Çalışmada beş dereceli bir skala kullanılmıştır. Puanların karşılık geldiği anlamlar, incelenen alana bağlı olarak çözüm düzeyi veya konfor düzeyi olarak ifade edilebilir. Tüm örneklerde uygulanmış olan çözümler/ seçenekler her alan için ayrı tablolarda listelenmeli ve puanlandırılmalıdır.

Herhangi bir yapı elemanının karşılamakla görevli olduğu fonksiyonların/ alt amaçların önem dereceleri genellikle aynı düzeyde olmamaktadır. Öncelik gösteren fonksiyonlara/ alt amaçlara bağlı ağırlık değerlerinin atanması, yöntemin ikinci adımını oluşturmaktadır. Ağırlık verme işlemi için ikili karşılaştırma metodundan yararlanılabilir. Amaçlara/ fonksiyonlara kendi aralarında ağırlık verme işlemi, hedeflenen üst amaçla ve içinde bulunulan koşullar ile doğrudan ilişkilidir. Cephe elemanı için geçerli olan alt amaçlar/ fonksiyonlar dış koşullara, ihtiyaca ve cephenin yönlenmesine bağlı olarak farklı ağırlıklar alabilmektedir. Tüm bu faktörlerin değerlendirilmesi en doğru ağırlıkların verilmesinde etkili olabilmektedir.

Önceki iki adımda elde edilen verileri kullanarak sistemin toplam değerinin ortaya çıkarıldığı bu aşamada tüm alt amaç/ fonksiyon puanları ve amaç/ fonksiyon ağırlıkları bir tabloda gösterilmelidir. Her amaç/ fonksiyon değeri ve toplam amaç/ fonksiyon değeri, bu veriler kullanılarak elde edilir.

Bunu izleyen bölümde, gerçekleştirilmiş yapı kabukları üzerinde yöntemin uygulaması yapılmıştır.

Çalışmada erişilen sonuçlar aşağıda maddelenmiştir:

- Yapı kabuğundaki fonksiyonel değişkenlik alanları; hava ve ses geçirgenliği, enerji korunumu/ kazanımı, güneş kontrolü, doğal aydınlatma olarak sayılabilmektedir.
- Yapı elemanında meydana gelebilecek değişkenlik iki şekilde olabilmektedir.
 1. Bileşenin başkası ile değiştirilmesi yoluyla değişkenlik (fiziksel değişkenlik)
 2. Bileşen başkası ile değiştirilmeden olabilecek değişkenlik (fiziksel, mekanik veya kimyasal değişkenlik)
- Bileşen, başka biri ile değiştirilmeden meydana gelebilecek değişkenlik türleri şu şekilde sıralanabilir:
 1. ekleme
 2. çıkarma
 3. kalınlaştırma
 4. inceltme
 5. pozisyon/ durum değişikliği
- Sistemlerin alt amaçlar/ fonksiyonlar ve toplam amaç/ fonksiyon değerlerindeki sapma, sistemlerdeki değişkenlik özelliklerinden dolayı ortaya çıkmaktadır. Değer sapma miktarının az olması, sistemde amaç/ fonksiyon yönünden uygulanan değişkenliğin alt düzeyde, fazla olması ise üst düzeyde olduğunu belirtmektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki farkın miktarı, sistemin potansiyel değişkenliğinin amaçları/ fonksiyonları karşılama kapasitesini göstermektedir.
- Yapı kabuğunun potansiyel değişkenliğinin amaçları/ fonksiyonları karşılama kapasitesini optimum şekilde kullanabilmek üzere; kullanıcıların, kontrolleri altında olan sistemlerin değişkenlik durumlarının etkileri konusunda bilinçlendirilmeleri ve/ veya uygun veri tabanının yüklendiği bilgisayar kontrollü sistemlerin kullanılması, optimum değişkenliğin uygulanmasında yararlı olacaktır.

6.2. Öneriler

İleride yapılacak çalışmalar için önerilebilecek bazı noktalara değinilmelidir:

- Herhangi bir yapı elemanının karşılamakla görevli olduğu fonksiyonların/ alt amaçların birbirine göre önem dereceleri çoğunlukla aynı düzeyde değildir. Amaçlara/ fonksiyonlara önemlerine göre, kendi aralarında ağırlık verme işlemi hedeflenen üst amaçla ve içinde bulunulan koşullar ile doğrudan ilişkilidir. Cephe elemanı için geçerli olan alt amaçlar/ fonksiyonlar dış koşullara, ihtiyaca ve cephenin yönlendirilmesine bağlı olarak farklı ağırlıklar alabilmektedir. Tasarımcı, her tasarım sürecinde, değişen koşullar altında birbirine göre önem dereceleri başkalaşabilen amaçların/ fonksiyonların ağırlıklarını yeniden belirlemelidir.
- Çalışma sırasında güvenilir sayısal veri elde etme konusunda sıkıntı yaşandığından, önerilen yöntemin deneysel ortamda elde edilebilecek gerçek veriler kullanılarak uygulanması daha kesin sonuçlara erişilmesini sağlayabilecektir.
- Çalışmada önerilen yöntemin uygulanmasında ele alınan örneklerin sayısının ve ayrıntı düzeyinin fazla olması, erişilecek sonuçlar ile tasarımı doğru şekilde yönlendirecek isabetli kararların alınmasını olanaklı hale getirebilecektir.
- Çalışmada ele alınan örneklerdeki değişkenlik, bileşenlerin başkası ile değiştirilmeden, pozisyon/ durum değişikliğinin uygulandığı türdür. İleride, bileşen ve elemanların standartlaşması ve modülerize hale getirilmesi, teknolojinin sağladığı olanakların artması yolu ile potansiyel değişkenlik kapasitesi artabilecek ve diğer değişkenlik türleri de görülebilecektir. Bunun için birbiri ile uyumlu, ihtiyaca göre değiştirilerek birbirinin yerine konabilecek bileşenlerin üretimi ve tasarımı üzerinde çalışmalar yapılabilir.
- Tasarım konusu olan bileşenlerin değiştirilebilirliği ile entegrasyon düzeyleri arasında ters bir orantı söz konusudur. Ürünü oluşturan bileşenler birbiri ile ne kadar az entegre olurlarsa, değişkenlik kapasitesi de o derecede artabilmektedir. Birbiri ile entegre olmuş sistemlerde bileşenlerin değiştirilmesinde zorlukların ortaya çıkması mümkündür.

- Amaçları/ fonksiyonları karşılamak üzere tek bir bileşenden yararlanmaktansa, mümkünse her amaç/ fonksiyon için ayrı bileşenin kullanımı ve bileşen sayısının artırılması, tasarımdaki esneklik düzeyinin ve değişkenlik olanaklarının da artmasına imkan sağlayabilecektir.
- Önerilen yöntem, çalışmada yapı kabukları üzerinde uygulanmış olsa da, farklı yapı elemanlarının/ bileşenlerinin tasarımında, potansiyel değişkenlik durumlarının ilgili amaçlar/ fonksiyonlar yönünden etkilerini değerlendirebilmesi için tasarımcının yararlanabileceği özellikler taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Addleson, L., Rice, C.**, 1991. Performance of Materials in Buildings, Butterworth-Heinemann Ltd. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Allen, E.**, 1999. Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods, John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Allen, W.**, 1997. Envelope Design for Buildings, Architectural Press, Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Alsaç, Ü.**, 1991. Yapımda Camın Zamandizini, *İnşaat* eki, Eylül.
- Anıl, Ü., Baldaş, A.**, 1991. Giydirmeye Cephe Sisteminde Yapı Fiziği Sorunları, *Giydirmeye Cephe Sempozyumu*, YEM, İstanbul, 28 Kasım.
- Armstrong, J. S.**, 2001. Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Arnold, T., Hascher, R., Jeska, S., Klauck, B.**, 2002. Office Buildings: A Design Manual, Birkhäuser- Publishers For Architecture, Basel.
- Ayaz, E.**, 2002. Yapılarda Sürdürülebilirlik Kriterlerinin Uygulanabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aygün, M.**, 2003. Generation and Evaluation of Alternatives for Building Elements, *Building and Environment*, Elsevier Science Vol.38/5, s.707-712.
- Aygün, M.**, 2000. Comparative Performance Appraisal by Multiple Criteria for Design Alternatives, *Architectural Science Review*, Vol.43/1, s.31-36.
- Aygün, M.**, 1995. Evaluation of Alternative Curtain Wall Systems, *Bina Yapımında Güncel Yaklaşımlar Sempozyumu*, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü ve Türkiye Bilişim Derneği, İstanbul, 3-5 Mayıs.
- Aygün, M.**, 1992. Giydirmeye Cephe Çift Cam Ünitelerinde Rasyonel Boyut Seçimi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayazıt, N.**, 1994. Endüstri Ürünlerinde ve Mimarlıkta Tasarlama Metotlarına Giriş, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

- Bayraktar, K. G.,** 2002. Türkiye için Dış Hesap Sıcaklıkları ve Derece Gün Sayılarının Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baysan, O.,** 2003. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Mimarlıkta Tasarıma Yansıması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Behling, S.,** 1999. Glas Konstruktion und Technologie in der Architektur, Prestel Verlag, München.
- Berkin, G.,** 2006. Sürdürülebilir Mimari İçin Pirinç Çeltiği Kabuk Külünden Üretilen Isı Korunumlu Cam Yapı Malzemesi, *Doktora Tezi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Berköz, S.,** 1976. Tez Çalışmaları ile İlgili Kavramlar, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, M.Y.O. Derleme Yayını, İstanbul.
- Brookes, A. J.,** 1998. Cladding of Buildings, Alden Press, Osney Mead, Oxford.
- Bruntland, G.,** 1987. Our common future: The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford.
- CIRIA (Construction Industry Research and Information Association),** 1992. Wall Technology, Volume A, Performance Requirements, London.
- CIRIA (Construction Industry Research and Information Association),** 1992. Wall Technology, Volume F, Glazing, Curtain Walls and Overcladding, London.
- Compagno, A.,** 2002. Intelligente Glasfassaden: Material, Anwendung, Gestaltung, Birkhäuser Verlag, Basel.
- Cross, N.,** 2000. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design, John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Çetiner, İ.,** 2002. Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çuhadaroğlu,** 2000. Sistem E Kataloğu, İstanbul.
- Deniz, Ö. Ş.,** 1999. Çok Katlı Konut Tasarımında Kullanıcıların Esneklik Taleplerini Karşılacak Yapı Elemanlarının Seçimine Yönelik Bir Karar Verme Yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Donaldson, B.**, 1991. Exterior Wall Systems: Glass and Concrete Technology, Design and Construction, Symposiums on Exterior Wall Systems, Philadelphia.
- Erdoğan, Z. A.**, 1991. Yüksek Yapılar Tekniği ve Giydirmce Cephe, *Giydirmce Cepheler Sempozyumu*, YEM, İstanbul, 28 Kasım.
- Erengczgin, Ç.**, 2001. Enerji Mimarlığı, *Yapı 2001 İstanbul Fuarı Etkinlikleri*, Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul, 6 Mayıs.
- Eriç, M.**, 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Gissen, D.**, 2002. Big & Green: Toward Sustainable Architecture in the 21st Century, Princeton Architectural Press, New York.
- Goethe-Institut e.V.**, 2004. Made in Germany – Architektur + Ökologie, Katalog, Medialis, Berlin.
- Göksal, T. ve Özbalt, N.**, 2002. Enerji Korunumunda Düşük Enerjili Bina Tasarımları, *Mühendis ve Makine*, 506, Mart.
- Göksal, T.**, 2000. Enerji Korunumlu Cephelerde Saydamlık ve Saydam Yalıtım Uygulaması, *Arredamento Mimarlık*, 5, 147-153.
- Günel, Ö.**, 2004. Sürdürülebilir Bina Tasarımında İklim Verilerinin Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gür, N. V.**, 2001. Hafif Giydirmce Cephe Sistemlerinin Analiz ve Değerlendirilmesi İçin Bir Model, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gür, N. V.**, 2004. Yapı Kabuklarının Geleceği- Değişkenlik ve Adaptasyon İhtiyacı, *1. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul, 2-3 Nisan.
- Hascher, R., Jeska, S., Klauck, B.**, 2002. Office Buildings: A Design Manual, Birkhäuser Publishers for Architecture, Berlin.
- Hawkes, D., Forster, W.**, 2002. Architecture, Engineering and Environment, Laurence King Publishing Ltd, London.
- Herzog, T.**, 2004. Fassaden Atlas, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG, München.
- İkiz, S.**, 2004. Bina Kabuğunda Paslanmaz Çelik Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İmla Kılavuzu**, 2000. Türk Dil Kurumu Yayını, Ankara.

- Kibert, C. J.**, 2005. Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Kiper, A.**, 1992. Yapı Fiziği Açısından Günümüz Cephe Sistemlerinin Analizi ve Malzeme Seçim Kriterleri Üzerine Bir Araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul.
- Kruger, C. ve Cross, N.**, 2006. Solution Driven Versus Problem Driven Design: Strategies and Outcomes, *Design Studies*, Elsevier Ltd., Great Britain, Vol 27, No. 5, September, 527-548.
- Lang, W.**, 2000. Typologische Klassifikation von Doppelfassaden und experimentelle Untersuchung von dort eingebauten Lamellensystemen aus Holz zur Steuerung des Energiehaushaltes hoher Häuser unter besonderer Berücksichtigung der Nutzung von Solarenergie, *Dissertation*, Fakultät für Architektur der Technischen Universität München, München.
- Manav, B.**, 2005. Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mert, Ş.**, 2001. Tasarım Optimizasyonu ve Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Meyer-Bohe, W.**, 1980. Elemente des Bauens, Band 15, Vorhangfassaden, Alexander Koch GmbH, Stuttgart.
- Nashed, F.**, 1996. Time-Saver Details for Exterior Wall Design, McGraw-Hill, New York.
- Neşeli, Ö.**, 1990. Mimarimizde Cephe Kuruluşuna Malzeme Etkisi Sonucu Günümüzdeki Yapı Fiziği Sorunlarının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oesterle, E., Lieb, R.D., Lutz, M., Heusler, W.**, 2001. Double-Skin Facades, Integrated Planning, Prestel Verlag, Munich.
- Oktuğ, Y.**, 2003. Kişisel görüşme.
- Oktuğ, Y.**, 1991. Yüksek Binalarda Alüminyum Doğrama / Cephe Sistemi, *Giydirme Cepheler Sempozyumu*, YEM, İstanbul, 28 Kasım.
- Okutan, M.**, 2000. Enerji Sorunu ve Yapılar, *Arredamento Mimarlık*, 1, 112-117.
- Olin, H. B., Schmidt, J. L., Lewis, W. H., revised by Simmons, H. L.**, 1995. Construction: Principles, Materials, and Methods, Van Nostrand Reinhold, New York.

- Öke, Altan,** 1991. Yüksek Binalarda Giydirme Cepheler, *Giydirme Cepheler Sempozyumu*, YEM, İstanbul, 28 Kasım.
- Özgül, Alpar,** 1998. Strüktürel Silikon Cephe: Cephe Mimarisinin Teknolojik Evrimi, *Archiscope*, 1, 44.
- Özkan, E.,** 1976. Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Baskı Atölyesi, Trabzon.
- Öztürk A.,** 2001. Yöneylem Araştırması, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa.
- Palani Rajan, P. K., Wie, M. V., Campbell, M. I., Wood, K. L., Otto, K. N.,** 2005. An Empirical Foundation for Product Flexibility, *Design Studies*, Vol. 26, No. 4, 405-438.
- Pank, W., Girardet, H., Cox, G.,** 2002. Tall Buildings and Sustainability, Report, Corporation of London. www.cityoflondon.gov.uk, www.corpoflondon.gov.uk.
- Parsons, David J.,** 1972. Performance: The New Language of Design, *Performance Concept in Buildings; Proceedings of the Joint RILEM-ASTM-CIB Symposium*, National Bureau of Standards Special Publication 361, Volume 1, Philadelphia, Pennsylvania, May 2-5.
- Pitts, A.,** 2004. Planning and Design Stragies for Sustainability and Profit: Pragmatic Sustainable Design on Building and Urban Scales, Architectural Press, An Imprint of Elsevier, Oxford.
- Rivett, P.,** 1972. Principles of Model Building, The Construction of Models for Decision Analysis, John Wiley & Sons Ltd., Bristol.
- Ross, T. J.,** 1995. Fuzzy Logic With Engineering Applications, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Rush, R. D.,** 1986. The Building Systems Integration Handbook, Butterworth-Heinemann, Boston.
- Schaal, R.,** 1961. Vorhangwände, Verlag Georg D.W. Callwey, München.
- Schittich, C., Staib, G., Balkow, D., Schuler, M., Sobek, W.,** 1998. Glasbau Atlas, Birkhäuser Verlag, Basel.
- Schittich, C.,** 2001. Building Skins: Concepts, Layers, Materials, Edition Detail-Institut für internationale Architektur- Dokumentation GmbH, Birkhäuser Publishers for Architecture, Basel.
- Schittich, C.,** 2003. Zwischen modischer Verpackung und reagierender Haut: Gestalterische Tendenzen aktueller Fassaden, *Detail*, 7/8, 756-760.

- Sev, A., Gür, V. ve Özgen, A.,** 2004. Cephenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam, 2. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 6-8 Ekim, s. 75-86.
- Sey, Y., Tapan, M.,** 1976. Değerlendirmede Temel Sorunlar ve Mimarlıkta Değerlendirme, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul.
- Sobek, W.,** 2001. Archi-Neering – Visions of an Architecture for the 21st Century, *Glass Processing Days, 2001 Conference Proceedings*, Tampere, Finland, June 15-18.
- Sunguroğlu, İ.,** 2003. Kişisel görüşme.
- Süyük, E.,** 2003. Hafif Giydirmeye Cephe Sistemler, Çift Cephe Prensi ve Uygulamalarının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tapan, M.,** 1980. Mimarlıkta Değerlendirme Aracı Olarak Fayda-Değeri Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- Tapan, M.,** 2004. Mimarlıkta Değerlendirme, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.
- Tezcan, Y.,** 1975. Sınırsal Kondansasyonun Etkisi Altında Bulunan Sıcak Yapı Elemanlarında Kondansasyon Kontrolü için Alınacak Tedbirler Yönünden Türkiye'nin Bölgeleendirilmesi, *TÜBİTAK Yapı Araştırma Enstitüsü YAE 17 numaralı araştırma projesi raporu*, Ankara.
- Tönük, S.,** 2001. Bina Tasarımında Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- TS-825,** 1998. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuğlu, U.,** 2005. Ekolojik Açından Sürdürülebilir Yapılar ve Malzeme, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tümay, Haluk,** 1991. Yüksek Yapılarda Giydirmeye Cephe ile İlgili Projelendirme Esasları, *Giydirmeye Cephe Sempozyumu*, YEM, İstanbul, 28 Kasım.
- Türkçe Sözlük,** 1998. Türk Dil Kurumu Yayını, Ankara.
- Uzak, E.,** 1998. Metal Çerçevesi Giydirmeye Cephe, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Williamson, T., Radford, A., Bennets, H.,** 2003. Understanding Sustainable Architecture, Spon Press, London.

Yen, J. and Langari, R., 1999. Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information, Prentice Hall, New Jersey.

<http://www.aia.org/>, 2006, Internet.

<http://www.baunetz.de/arch/>, 2006, Internet.

<http://www.betterbricks.com>, 2006, Internet.

<http://www.buildingenvelopes.org/>, 2006, Internet.

<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/Discussion.cfm>, 2006, Internet.

<http://www.cecer.army.mil/SustDesign/info.cfm>, 2006, Internet.

<http://www.cladding.org/>, 2006, Internet.

<http://www.cwct.co.uk/index.htm>, 2005, Internet.

<http://www.din.de/>, 2006, Internet.

<http://www.ecodesign.org/>, 2006, Internet.

<http://www.eere.energy.gov/>, 2006, Internet.

<http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/>, 2006, Internet.

<http://www.eia.doe.gov/>, 2006, Internet.

<http://www.energy.gov/>, 2006, Internet.

<http://www.gaia.lbl.gov/hpbf/resour.htm>, 2006, Internet.

<http://www.german-pv.com/downloads/PVWorld.pdf>, 2003, Internet.

<http://www.glassfiles.com/>, 2006, Internet.

<http://www.greenbuilder.com/>, 2006, Internet.

<http://www.ibp.fraunhofer.de/>, 2006, Internet.

<http://www.ift-rosenheim.de/>, 2006, Internet.

http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca/index_e.html, 2006, Internet.

<http://www.meteor.gov.tr/2006/tahmin/tahmin-iller-istanbul.aspx>, 2006, Internet.

<http://www.nibs.org/>, 2006, Internet.

<http://www.nrel.gov/>, 2006, Internet.

<http://www.pilkington.com/about/techno/special.htm>, 2001, Internet.

<http://products.bre.co.uk/breeam/>, 2006, Internet.

<http://www.sbicouncil.org/>, 2006, Internet.

<http://www.sisecam.com.tr/urunler/Duzcam/duzcam-ana.asp>, 2006, Internet.

<http://www.sustainable.org/>, 2006, Internet.

<http://www.trakyacam.com.tr/>, 2006, Internet.

<http://www.tse.org.tr/>, 2006, Internet.

<http://www.usgbc.org/>, 2006, Internet.

http://www.usgbc.org/LEED/leed_main.asp, 2006, Internet.

<http://www.wbdg.org/index.php>, 2006, Internet.

<http://www.world-council-for-renewable-energy.org/>, 2006, Internet.

EK A

Çalışmanın bu kısmında, farklı alanlarda değişkenlik özellikleri gösteren seçilmiş bazı uygulamalar verilmiştir. Cephe sisteminin ait olduğu yapının fotoğraf ve bilgileri, cephe kesit çizimleri ile buna ilişkin açıklamalar her uygulama için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Tablo A.1, ele alınan uygulamalara ilişkin bazı bilgileri vermektedir.

Tablo A.1: Farklı alanlarda değişkenlik özellikleri gösteren seçilmiş bazı uygulamalar

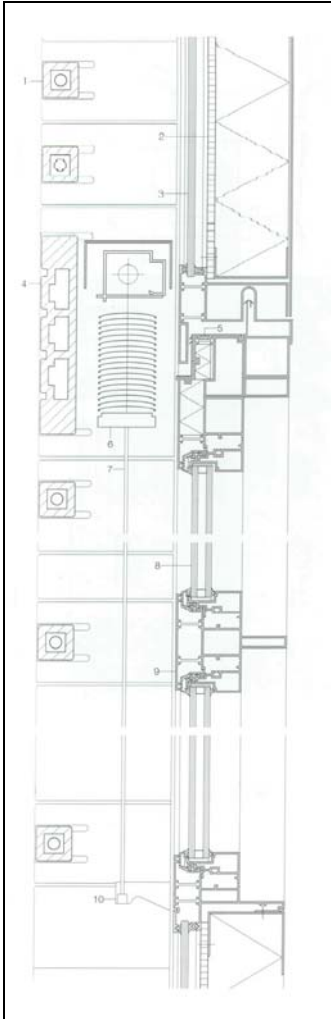
Uygulama	Yapı İsmi	Yer	Yıl	Mimarlar
Uyg. A	Daimler Benz/ Debis C1	Potsdamer Platz, Berlin, A	1998	Renzo Piano Building Workshop, Paris ve Christoph Kohlbecker
Uyg. B	Mediothek	Sendai, J	2001	Toyo Ito, Tokyo
Uyg. C	Enstitü Binası	Grenoble, F	2001	Anne Lacaton & Jean Philippe Vassal, Paris
Uyg. D	Yönetim Binası	Würzburg, A	1995	Webler + Geissler, Stuttgart
Uyg. E	Yönetim Binası Cephe Yenilemesi	Stuttgart, A	1996	Behnisch Sabatke Behnisch, Stuttgart
Uyg. F	Stadttor	Düsseldorf, A	1997	Overdiek Petzinka und Partner, Düsseldorf
Uyg. G	Messehochhaus (Trade-Fair Tower)	Hannover, A	1999	Herzog + Partner, Munich
Uyg. H	Yönetim Binası RWE	Essen, A	1997	Ingenhoven Overdiek Kahlen und Partner, Düsseldorf
Uyg. I	Arap Enstitüsü	Paris, F	1987	Jean Nouvel, Paris
Uyg. J	Yönetim Binası	Wiesbaden, A	2001	Herzog + Partner, Munich

UYG. A/ Daimler Benz/ Debis C1, Potsdamer Platz, Berlin (Şekil A.1, Şekil A.2)



Şekil A.1: Daimler Benz Binası, Berlin

- Cephenin geliştirilmesi Avrupa Birliğinin bir araştırma projesinin parçası
- Birinci cephe türünde standart pencerelerin yer aldığı dış duvar önünde seramik bileşenlerin kullanımı
- Uzun seramik parçaların kullanımı
- İçi boşluklu küçük kesitli seramik parçalar içinde kırılma durumuna karşı çelik çubuklar
- İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36), rüzgara, yağmura ve trafik gürültüsüne karşı koruyucu olarak lamine cam lamellerden oluşan dış kabuk
- İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) 70 cm genişliğinde ara boşluğun soğuk havalarda ısıl tampon bölge oluşturması
- İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) yer alan dış kabuk sayesinde büro mekanlarının yılın %60'ında doğal yoldan havalandırılabilmesi
- İkinci cephe türünde (bkz. Şekil 2.35, 2.36) mekanik havalandırmanın -5°C altındaki ve 20°C üzerindeki hava sıcaklıklarında devreye girmesi



1. yatay seramik parça içinde çelik
2. parapet paneli
3. parapet camı
4. içi boşluklu seramik parça
5. yatay conta
6. elektrikli güneşlik
7. güneşlik kılavuzu
8. çift camlı ve ısı bariyerli alüminyum pencere
9. alüminyum profil
10. güneşlik açısının ayarlanması

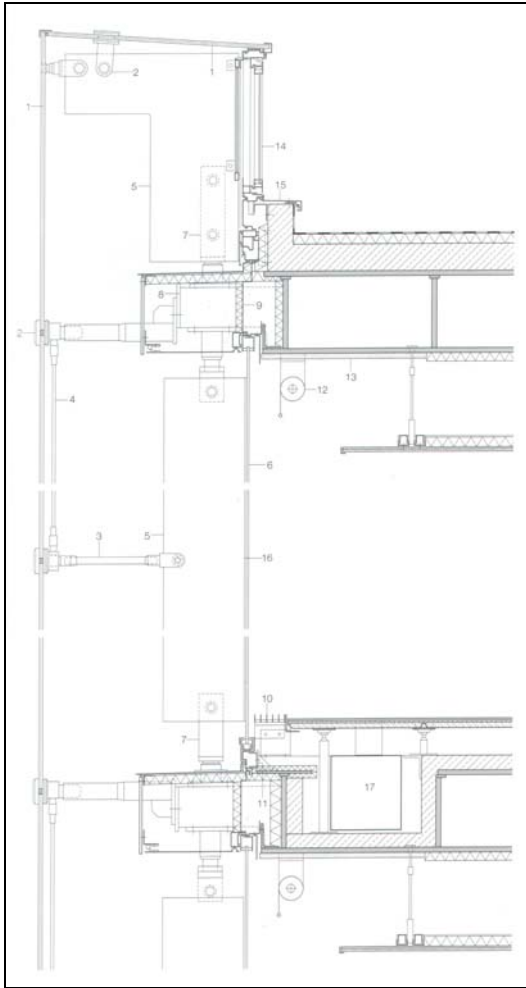
Şekil A.2: Daimler Benz Binası Cephe Kesiti

UYG. B/ Mediothek, Sendai (Şekil A.3, Şekil A.4)



- Yapı yüksekliğinde kesintisiz ara boşluklu çift kabuklu cephe
- Cephe ara boşluğu 100 cm
- Ara boşluğun; kışın ısıtılabilir bölge olarak, yazın ise kazanılan ısıtının havalandırma yoluyla uzaklaştırılması için kullanımı
- Dış ve iç cam tabakaların cam taşıyıcılarla rijitleştirilmesi
- Açıkta bulunan tüm çelik elemanlara yangın koruması sağlayan boya uygulanması

Şekil A.3: Mediothek Binası Cephesi, Sendai



1. lamine güvenlik camı 19 mm
2. noktasal taşıyıcı
çelik Ø 125 mm
3. çelik çubuk Ø 35 mm
4. çekme çubuğu, çelik Ø 14 mm
5. lamine güvenlik camı 19 mm
6. iç cam, opak temperli 10 mm
7. cam tutucu çelik
8. çelik
9. çelik levha, sac 1,6 mm
10. havalandırma ızgarası galvanize çelik
11. çelik profil L 110/110/10 mm
12. hareketli güneşlik
13. yangından koruyucu kaplama
14. havalandırma penceresi
15. alüminyum levha
16. silikon fuga
17. ısıtma/ havalandırma kanalı

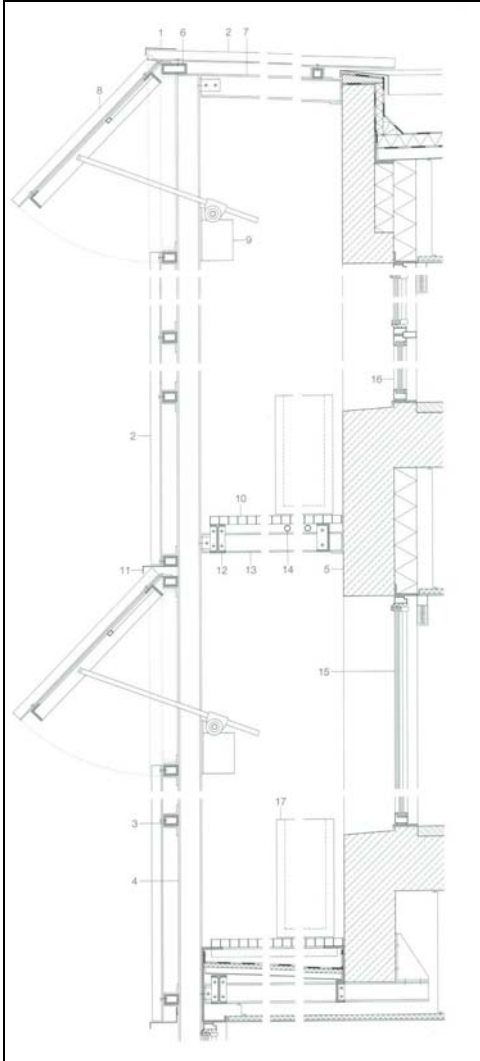
Şekil A.4: Mediothek Binası Cephe Kesiti

UYG. C/ Enstitü Binası, Grenoble (Şekil A.5, Şekil A.6)



- Kuzey ve güney cepheleri bitkilendirilmiş, kış bahçesi türünde tampon bölge
- Dış kabuğu oluşturan polikarbonat oluklu levhalar
- İç kabukta alüminyum sürme doğramalar
- Isı yalıtımlı brüt beton elemanlar
- Cephe ara boşluğunun dış kabuktaki açılabilir üst ışıklık bantları yoluyla havalandırılması

Şekil A.5: Enstitü Binası Cephesi, Grenoble



1. polikarbonat kenar profili, şeffaf, UV koruma kaplamalı
2. polikarbonat oluklu levha, şeffaf, UV koruma kaplamalı, 177/55/3 mm
3. alt konstrüksiyon galvanize çelik $\square$ 70/50/4 mm
4. galvanize çelik taşıyıcı
5. döşeme kirişi betonarme
6. galvanize çelik $\square$ 100/50 mm
7. galvanize çelik kiriş
8. oluklu levha kapak
9. kapak hareket motoru
10. çelik ızgara sistem 40 mm
11. galvanize çelik levha, çelik sac
12. galvanize çelik taşıyıcı I 140
13. galvanize çelik taşıyıcı H 100
14. ısıtma boruları
15. ısı yalıtım camlı alüminyum sürme doğrama
16. ısı yalıtım camlı parapet elemanı
17. çiçek saksısı

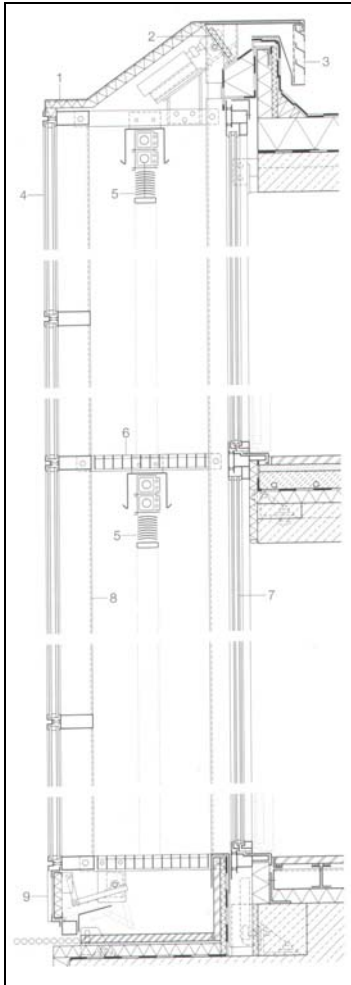
Şekil A.6: Enstitü Binası Cephe Kesiti, Grenoble

UYG. D/ Yönetim Binası, Würzburg (Şekil A.7, Şekil A.8)



Şekil A.7: Yönetim Binası Cephesi, Würzburg

- 60 cm genişliğinde cephe ara boşluğu
- Bölüntüsüz çift kabuklu cephe, zemin ve çatı kısmında ayarlanabilir havalandırma kapaklarının düşey yöndeki konveksiyon akımını ayarlaması
- Köşelerde yerleştirilmiş düşey cam bölmeler üzerindeki entegre eksenel vantilatörlerin cephe ara boşluğunda ısınan havanın ihtiyaca göre yatay yönde hareketini sağlaması
- İki kabukta da ısı yalıtımlı cam ünitenin kullanımı ile enerji korunumunun iyileştirilmesi
- Güneş kontrolü ve ışık kontrolünü sağlayan hafif metal jaluziler
- Ara boşlukta yer alan alüminyum jaluzilerin alt ve üst kısımlarda birbirinden bağımsız hareketi
- Güney ve batı taraflarında lamellerin alt taraflarının tek yönde koyu renkte olması ve uygun açıda konumlanan bu lamellerin ısıyı absorbe etmesi, böylece yılın soğuk zamanlarında dışarıdan alınan havanın bunların yanından yükselirken ısınması
- İç kabuk üzerinde yatay sürme doğramalar
- Hava kapaklarının açık durumda olması yoluyla yazın havalandırma ile serinletme sağlanması
- Merkezi olarak, veya kullanıcının kendi isteği doğrultusunda bilgisayarı ile yönetebildiği teknik sistemler



1. alüminyum sac levha
2. suya karşı yalıtımlı üst hava kapağı
3. sineklikli alüminyum havalandırma lamelleri
4. dış cam ünitesi:
temperli cam 8 mm (dış)
gaz dolgu 22 mm
low-e kaplamalı cam 6 mm (iç)
5. delikli hafif metal lamelli jaluzi,
üst taraf çift taraflı beyaz renkli,
alt taraf tek yönde koyu renkli,
iki kısım da birbirinden bağımsız hareket ettirilebiliyor
6. alüminyum ızgara
7. iç cam ünite:
temperli cam 6 mm (dış)
gaz dolgu 16 mm
low-e kaplamalı cam 6 mm (iç)
ısı bariyerli alüminyum çerçeve
8. ısı bariyerli alüminyum taşıyıcı
9. alt hava kapağı

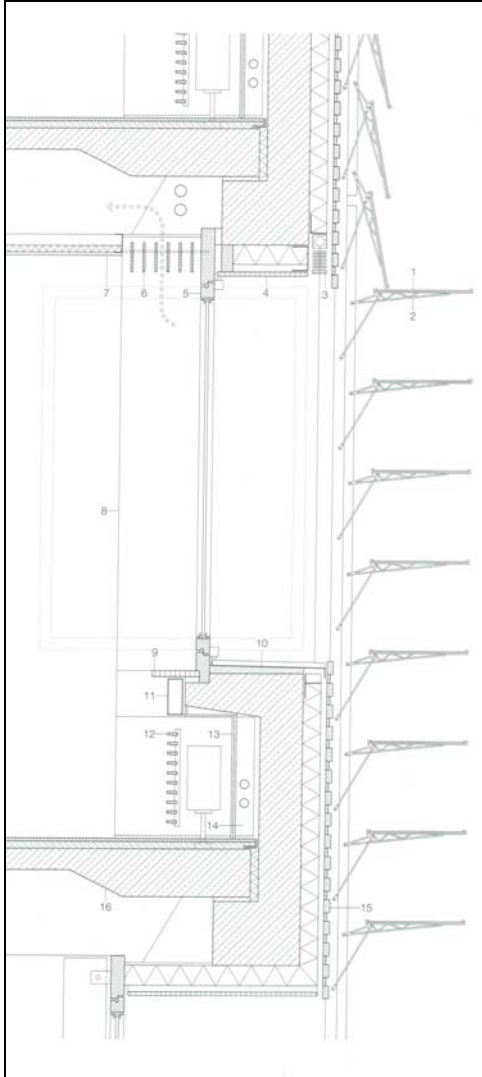
Şekil A.8: Yönetim Binası Cephe Kesiti, Würzburg

UYG. E/ Yönetim Binası Cephe Yenilemesi, Stuttgart (Şekil A.9, Şekil A.10)



- Prefabrike betonarme elemanların kullanıldığı, 1969 yılında yapılmış yapının tamamen yenilenmesi
- Kat bazında kumanda edilebilen, kademeli açılabilen cam lamellerin dış kabuğu oluşturduğu, bölüntüsüz çift kabuklu cephe
- Cam lamellerin açık olduğu durumda cephe ara mekanının maksimum havalandırmanın sağlanması ile aşırı ısınmadan korunması
- Havalandırma açıklıkları yoluyla, yazın asma tavan ara boşluğunun gece soğutma imkanı

Şekil A.9: Yönetim Binası Cephe Yenilemesi, Stuttgart



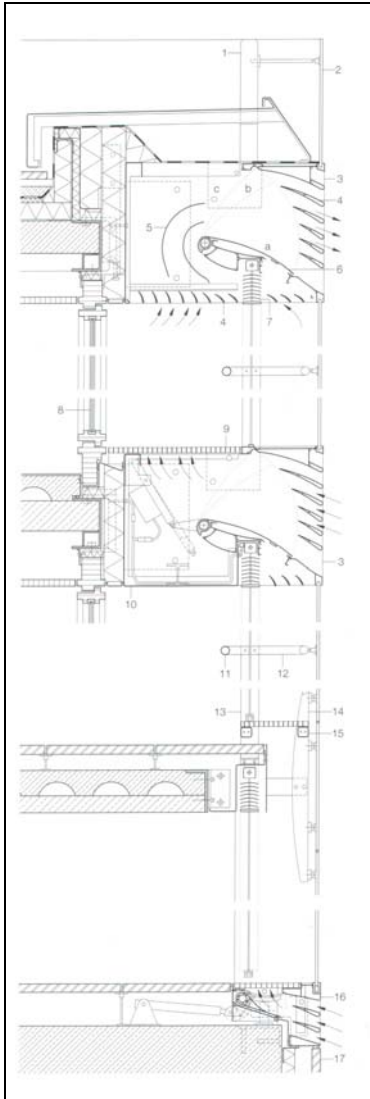
1. temperli cam 6 mm
2. cam taşıyıcı
3. alüminyum jaluzi
4. ahşap kaplama
5. ahşap kanat
6. alüminyum lameller 10/140 mm
7. asma alçı tavan
8. cam bölme, temperli 14 mm
9. ahşap kaplama 200 mm
10. alüminyum denizlik
11. kaplamalı parapet kanalı
12. ahşap ızgara
13. alçı levha
14. tesisat geçişi
15. ahşap kaplama 20/60
havalandırma boşluğu 30 mm
ısı yalıtımı (kapalı gözenekli) 80 mm
prefabrike beton parapet
16. prefabrike betonarme tavan

Şekil A.10: Yönetim Binası Cephe Kesiti, Stuttgart

UYG. F/ Stadttor, Düsseldorf (Şekil A.11, Şekil A.12)



Şekil A.11: Stadttor Cephe Görünüşü, Düsseldorf



Şekil A.12: Stadttor Cephe Kesiti, Düsseldorf

- 90 ve 140 cm genişliğinde, ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephe
- Ara boşluğun 20 m.de bir, kaçış merdiveni, atrium veya köşelerdeki bölmeler ile bölünmesi
- Küpeşte dayanaklarının aynı zamanda rüzgar yüklerini karşılaması
- Her iki doğrama modülünde bir yer alan eksenli kapıların ofisin havalandırmasını sağlaması
- Kapanabilen havalandırma açıklıkları
Kışın; geceleri kapalı (enerji korunumu), gün içinde duruma göre açık (dış havanın ılınması)
Yazın; havalandırma elemanları açık
- Diyagonal, birbirine göre şaşırtılmış düzendeki açıklıkların taze havanın ve atık havanın karışmasını önlemesi
- Yılın %70-75'lik zamanında doğal havalandırma sağlanabilmesi
- Yüksek yansıtıcılı alüminyum jaluzilerin dış kabuğa yakın yerleştirilerek ara boşluk geçişini engellememesi

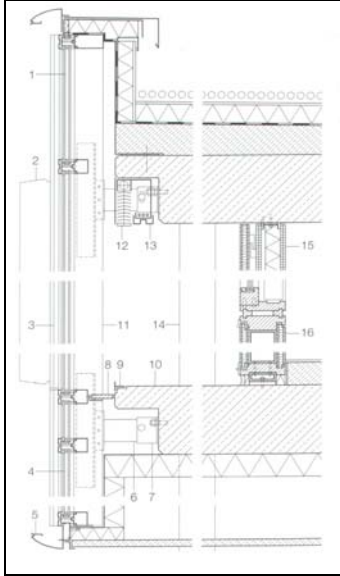
1. çelik korkuluk $\square$ 80/8 mm
2. temperli cam 12 mm
3. çelik havalandırma kutuları 3 mm
4. alüminyum havalandırma lamelleri
5. alüminyum hava yönlendirme levhası
6. alüminyum havalandırma kapağı
 - a. açık konum
 - b. yağmur konumu
 - c. kapalı konum
7. elektrikli alüminyum jaluzi
8. low-e kaplamalı çift cam üniteli ahşap doğrama
9. çelik ızgara
10. çelik levha 3 mm
11. alüminyum boru küpeşte $\varnothing$ 40/4 mm
12. dökme alüminyum 28/40 mm
13. çelik korkuluk $\square$ 100/12 mm
14. cam tutuculu çelik taşıyıcı 15 mm
15. çelik 50/50/3 mm
16. yoğunlaşma için açıklığı olan profil
17. doğal taş 40 mm
hava boşluğu 80 mm
ısı yalıtımı 60 mm

UYG. G/ Messehochhaus (Trade-Fair Tower), Hannover (Şekil A.13, Şekil A.14, Şekil A.15)

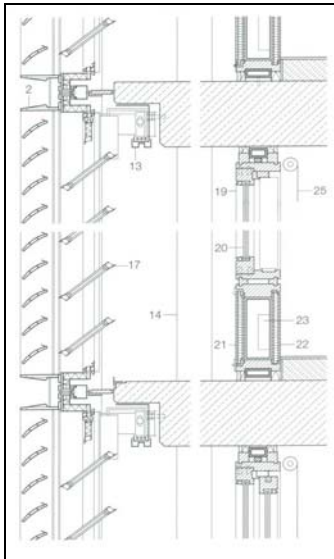


Şekil A.13: Messehochhaus, Hannover

- Tüm yapının havalandırılması için ısı kaldırma kuvvetlerinden yararlanılan havalandırma kulesi
- Dış cephede yer alan kumanda edilebilir havalandırma elemanlarının çeşitli basınç düzeylerine göre ayarlama yapma olanağı sağlaması
- Sürme doğramalar sayesinde kullanıcı isteği doğrultusunda doğal havalandırma mümkün
- Cephede ara koridorun başlangıç, köşe ve bitiş kısımlarında yer alan havalandırma açıklıklarının ısı algılayıcılar tarafından kontrol edilmesi
- Doğramalar kapalı durumdayken alt kısımda bulunan dar hava kanalından hava girişi mümkün
- Güneş kontrol elemanlarının büyük oranda ara koridora, havalandırma elemanları hizasında ise iç ortama yerleştirilmesi



Şekil A.14: Messehochhaus 1.Cephe Kesiti



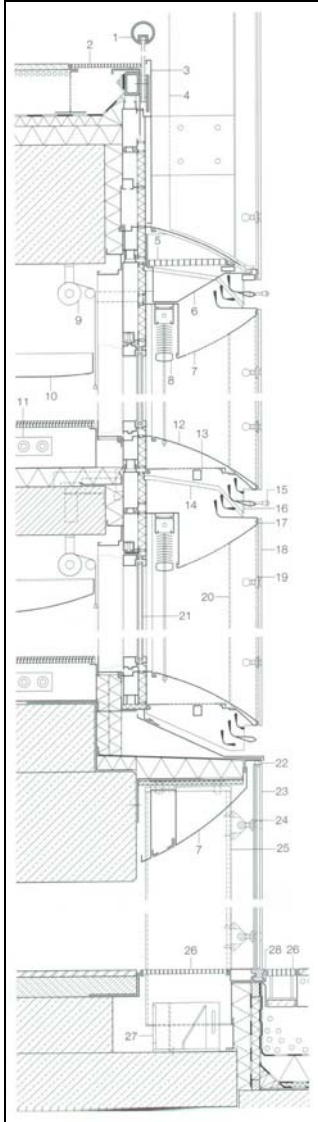
Şekil A.15: Messehochhaus 2.Cephe Kesiti

1. ısı yalıtımlı cam ünite 8+16+8 mm
2. alüminyum havalandırma elemanı
3. ray işlevi olan çerçeve
4. ısı yalıtımlı cam ünite 8+16+8 mm
5. su tahliye delikli alüminyum profil
6. alüminyum dökme parça
7. çelik profil L 100/100/10 mm
8. duman kesici sert ağaç 20 mm
9. çelik profil T 40/40/4 mm
10. betonarme tavan 300 mm
11. cephe taşıyıcı eleman
12. alüminyum jalu
13. alüminyum kablo profili
14. betonarme kolon Ø 500 mm
15. ahşap kaplama (yalnızca teknik katta)
16. hava kanalı
17. cam lameller
18. ısı yalıtımlı cam ünite 8+16+8 mm
19. ahşap eleman
20. çift cam ünite 4+16+6 mm
21. ahşap kaplama üzerinde bakım açıklığı 35 mm
22. ahşap üzeri kaplama 35 mm
23. mekanik havalandırma kanalı
24. doğal havalandırma için sürme doğrama
25. tekstil güneşlik

UYG. H/ Yönetim Binası RWE, Essen (Şekil A.16, Şekil A.17)



Şekil A.16: RWE Cephe Görünüşü, Essen

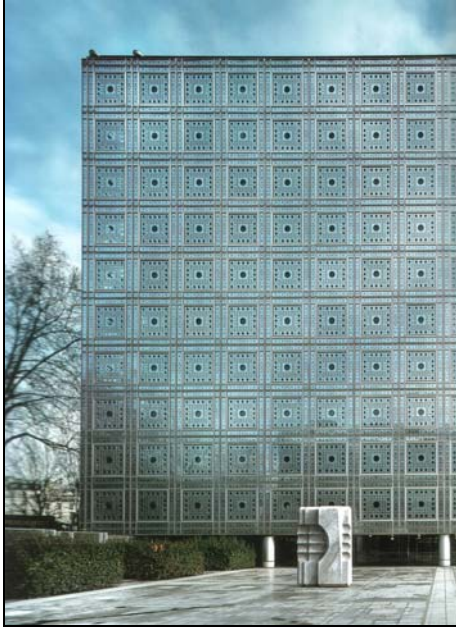


Şekil A.17: RWE Cephe Kesiti

- Yüksekliği 127 m olan silindirik formlu yapının rüzgar basıncını, ısı korunumunu ve ışık girişini optimize etmesi
- Gün ışığı kullanımını optimize etmek üzere kat yüksekliğinde cam sisteminin kullanımı
- Merkezi olarak kontrol edilebilen güneş ve ışık kontrol elemanları
Işık kontrol elemanı: iç tarafta
Güneş kontrol elemanı: cephe ara boşluğunda
- Doğal havalandırma için, ara boşluğu kat yüksekliğinde sınırlandırılmış çift kabuklu cephe elemanı, 197,0 x 359,1 cm
- İç kabukta yatay sürme doğramalar
- Hava giriş ve çıkış deliklerinin diyagonal şekilde yerleşimi

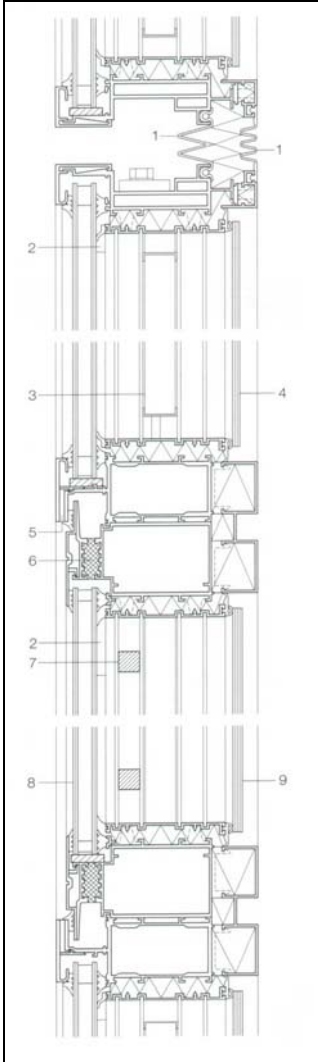
1. parapet, alüminyum küpeşteli Ø 100 mm temperli cam 12 mm
2. su tahliye oluşunun ızgarası
3. derz kapatma profili
4. iki katlı teras cam ünitesi için alüminyum taşıyıcı □ 50/280 mm
5. ızgara
6. su tahliyesi için levha 4 mm
7. havayı dışarı atan delikli alüminyum levha (her iki bölümden birinde, ve komşu alandaki kapalı) 4 mm
8. alüminyum jaluzi lamelleri
9. tekstil güneşlik
10. çok fonksiyonlu tavan elemanı
11. taban ısıtması
12. alüminyum levha (kapalı, komşu bölümde delikli) 4 mm, menteşeli
13. temizlik ve bakım için yürüme yüzeyi
14. panel bağlantısı, montaj fugası
15. tespit elemanı
16. alüminyum lamelli yatay havalandırma fugası
17. EPDM yalıtım profili
18. dış cephe, temperli cam 10 mm
19. çelik nokta tespitler
20. alüminyum cephe taşıyıcısı 50/120 mm
21. kat yüksekliğinde iç cephe, alüminyum profil içinde ısı yalıtımlı cam ünite
22. silikon fuga
23. ısı yalıtımlı cam ünite: temperli cam 10+14+lamine cam 12
24. çelik nokta taşıyıcı
25. alüminyum cephe taşıyıcısı
26. metal ızgara
27. ayarlanabilir taşıyıcı ayağı
28. alüminyum

UYG. I/ Arap Enstitüsü, Paris (Şekil A.18, Şekil A.19)



Şekil A.18: Arap Enstitüsü Binası, Paris

- Dış taraftaki çift cam ünite ile iç taraftaki tek cam arasında düzenlenmiş, diyafram prensibi ile ayarlanabilir 27.000 adet alüminyum güneş/ ışık kontrol elemanı
- Mekanizmalar ve bunları yöneten elemanların görülebilir durumda olması
- Geleneksel Arap mimarisi motiflerine gönderme yapan, kendini tekrarlayan geometrik düzen
- Mekanizmaların hassas bakım gerektirmesi
- İki kabuk arasındaki boşlukta mekanik havalandırma yapılması



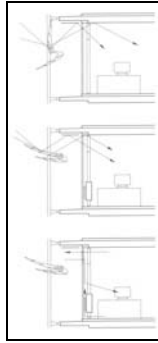
Şekil A.19: Arap Enstitüsü Cephe Kesiti

1. EPDM bağlantı
2. boşluğun havalandırılması için yalıtımın kesintiye uğratılması
3. delinmiş dolgu
4. temperli cam 6 mm
5. havalandırma deliği
6. poliüretan ısı bariyeri
7. diyafram mekanizması
8. ısı yalıtımlı cam ünite 4+12+4 mm
9. temperli cam 8 mm

UYG. J/ Yönetim Binası, Wiesbaden (Şekil A.20, Şekil A.21, Şekil A.22)



Şekil A.20: Yönetim Binası, Wiesbaden

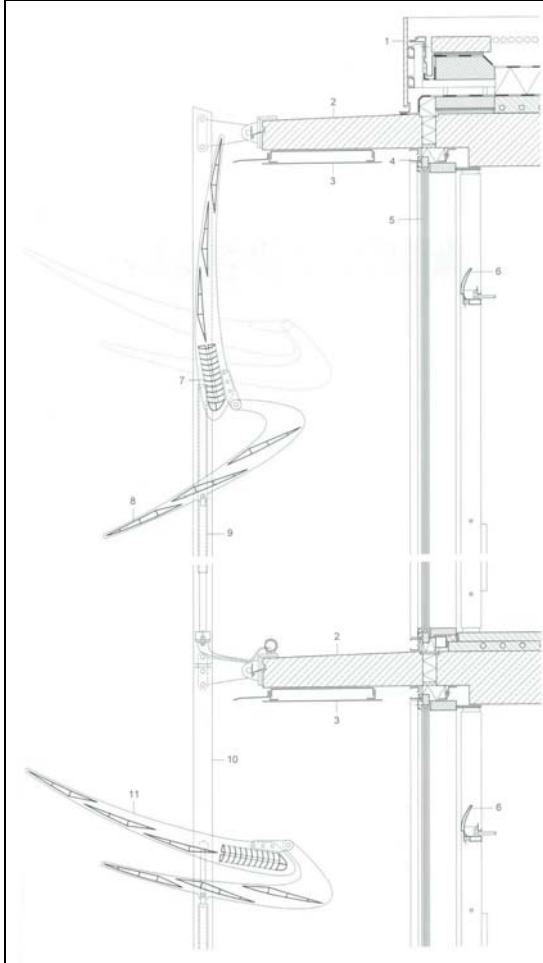


Güneşli havada gün ışığı
yönlendirmesi

Bulutlu havada gün ışığı
yönlendirmesi

Merkezi kontrollü doğal
havalandırma

Şekil A.21: Hareketli Cephe Elemanları, Wiesbaden



Şekil A.22: Yönetim Binası Cephe Kesiti, Wiesbaden

- Güney cephesinde iki gölgeleme elemanının yatay aks üzerinde dönebilen kombinezonu

Üst kısmın gün ışığı için ışık yönlendirici lamelli şekilde, alt kısmın dışarıya bakış için düzenlenmesi

- Güney cephesindeki gölgeleme elemanları üzerinde bulutlu havalarda da gün ışığını iç ortama yansıtan yönlendirici profiller
- Kuzey cephesinde sabit pozisyonundaki ışık yönlendirme elemanlarının ışığın içeri alınmasını sağlaması
- Ahşap havalandırma kanatlarına elle kumanda edilebilmesi
- Entegre hava giriş açıklıkları olan opak havalandırma kanadının serbest havalandırma ile kombine şekilde kontrollü doğal havalandırma sağlaması
- Plastik kanatçıklar yoluyla içeri alınan taze havanın entegre konvektörler içinde önceden ısıtılarak mekana verilmesi, havalandırma kanatlarının kapalı olması durumunda bile yeterli düzeyde havalandırma sağlanabilmesi
- Büro mekanlarının teknik donanımının cepheye entegrasyonu

1. elyaflı çimento kaplama 12 mm
2. poliüretan yüzey kaplamalı betonarme eleman 160 mm
3. alüminyum ışık yansıtıcısı
4. EPDM yalıtımlı alüminyum profil
5. üç tabakalı cam ünite
6. alüminyum yansıtıcı ışıklandırma, ışık yönlendirici cam
7. doğrudan gelen ışığı yönlendiren çekme profil, yansıtıcı
8. gölgelendirme ve dolaylı gelen ışığı yönlendirme elemanı, yansıtıcı çekme profil
9. motor
10. çelik profil 100/12 mm
11. alüminyum profil

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında İstanbul’da doğdu. 1985 yılında Cağaloğlu Anadolu Lisesi’nde eğitime başladı. Aynı liseden 1992 yılında mezun olduktan sonra, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 1997 yılında mimarlık bölüm birincisi olarak mezun oldu. 2001 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Programı’nda yüksek lisans eğitimini tamamlamasının ardından, aynı programda doktora eğitimine başladı. 1998 yılında göreve başladığı Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi Anabilim Dalı’nda eğitim ve araştırma faaliyetlerine devam etmekte olan Nabi Volkan Gür, İngilizce ve Almanca bilmektedir.