

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI YAPI KABUĞUNDA CEPHE BİLEŞENİ OLARAK
KULLANILAN AKILLI CAMLARIN SEÇİMİ İÇİN SİSTEM ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selim KIZILTOPRAK

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKILLI YAPI KABUĞUNDA CEPHE BİLEŞENİ OLARAK
KULLANILAN AKILLI CAMLARIN SEÇİMİ İÇİN SİSTEM ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Selim KIZILTOPRAK
502091547**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502091547 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Selim KIZILTOPRAK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "AKILLI YAPI KABUĞUNDA CEPHE BİLEŞENİ OLARAK KULLANILAN AKILLI CAMLARIN SEÇİMİ İÇİN SİSTEM ÖNERİSİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Seden Acun ÖZGÜNLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **12 Haziran 2019**



Aileme ve dostlarıma,



ÖNSÖZ

Gelişen teknolojinin ve enerji etkin tasarım parametrelerinin yapı kabuğuna yansması sonucu, ortaya çıkan akıllı cephe kavramı aktif ve pasif cephe sistemlerini ortaya çıkartmıştır. Pasif sistemler genelde sabit unsurlardan oluşan, doğal havalandırma ve aydınlatmaya önem veren sistemlerdir. Aktif sistemler ise fiziksel olarak sabit dahi olsa moleküler yapısı sayesinde bir dış etkenle aktive edilebilen veya aktif cephe bileşenleri ile uyumlu çalışabilen sistemlerdir. Bu çalışmada aktif sistemlerde kullanılan akıllı camlar incelenecek ve akıllı cam seçimi için bir yöntem önerilecektir.

Bu çalışmayı hazırlarken sonsuz desteği, sabrı ve önerileriyle çalışmamı destekleyen tez danışmanım Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmam sırasında benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme, özellikle de gösterdiği üstün tolerans ve sevgisiyle her zaman arkamda olan sevgili ağabeyim Serdar KIZILTOPRAK'a teşekkür ederim.

Mayıs 2019

Selim Kızıltoprak
Mimar



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç	2
1.2 Kapsam.....	2
1.3 Yöntem	5
2. YAPI KABUĞU	7
2.1 Yapı Kabuğunu Oluşturan Elemanlar	7
2.2 Yapı Kabuğu Elemanı Olarak Giydirme Cephelerin Özellikleri	7
2.2.1 Enerji performansı ile ilişkili özellikler	7
2.2.1.1 Binanın ısıtma ve soğutma sistemine etki eden performans özellikleri	8
2.2.1.2 Pencerelerin aydınlatma sistemine etki eden performans özellikleri.	10
2.2.2 İnsan konforuyla ilişkili özellikler	10
2.2.2.1 Güneş ışığı geçirgenliği – (doğal aydınlatma).....	11
2.2.2.2 Kamaşma kontrolü	11
2.2.2.3 Manzara.....	12
2.2.2.4 Termal konfor.....	12
2.2.3 Teknik özellikler	12
2.2.3.1 Akustik performans	12
2.2.3.2 Strüktürel özellikler.....	13
2.2.3.3 Su sızmasını önlemesi	14
2.2.3.4 Kondensasyona karşı dayanım	15
2.2.3.5 Dayanıklılık (durabilite).....	16
2.2.3.6 Yangın güvenliği.....	16
2.2.3.7 Patlamaya karşı dayanım.....	17
2.2.3.8 Giydirme cephelerde kullanım ve temizlik sorunu	18
3. AKILLI VE ENERJİ ETKİN YAPI KABUĞU	19
3.1 Akıllı Binalar ve Akıllı Binaların Tarihi	19
3.2 Enerji Etkin Yapı Tasarımı İlkeleri	21
3.2.1 İklim ve mahal	21
3.2.2 Bina kabuğu	22
3.2.3 Bina sistemleri.....	22

3.2.4 Teknolojiler	23
3.3 Akıllı Yapı Kabuğu	23
3.3.1 Bina cephesinin işlevleri	26
3.3.2 Akıllı cephelerin karşılaması beklenen gereksinimler	27
3.3.3 Akıllı cephelerin sınıflandırılması.....	28
3.3.3.1 Çift kabuklu cephe sistemleri.....	29
3.3.3.2 Tek kabuklu giydirme cepheler.....	33
3.3.4 Sensörler.....	33
3.3.4.1 Sensör tipleri	34
3.3.5 Aktüatörler	34
3.3.6 Akıllı giydirme cepheyi oluşturan opak bileşenler	35
3.3.6.1 Akıllı malzemeler	35
3.3.6.2 Akıllı malzemelerin sınıflandırılması.....	37
3.3.7 Akıllı giydirme cepheyi oluşturan saydam bileşenler	43
3.3.7.1 Geleneksel camlar	43
3.3.7.2 Akıllı camlar.....	44
3.3.7.3 Akıllı cephede kullanılan camların karşılaştırılması.....	51
4. AKILLI CAM TİPLERİNİN SEÇİMİ İÇİN BİR SİSTEM ÖNERİSİ	53
4.1 Akıllı Cam Seçim Kriterleri	53
4.2 Önerilen Akıllı Cam Seçim Yöntemi	54
4.3 Seçimin Örnek Üzerinden Yapılması.....	56
4.4 Akıllı cam tiplerinin değerlendirme tabloları	63
4.5 Örneğin Değerlendirilmesi	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	75
EKLER	79
ÖZGEÇMİŞ.....	81

KISALTMALAR

AC	: Alternative Current
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
DC	: Direct Current
EM	: Extension Material
EIBG	: European Intelligent Building Group
F	: Fahrenheit
HVAC	: Heating, Ventilation and Air Conditioning
IBI	: Intelligent Building Institute, USA
ISH	: İstma Soğutma Havalandırma
Low-E	: Low Emissivity
NFRC	: National Fenestration Rating Council, USA
PDLC	: Polymer Diversed Liquid Crystals
pH	: Çözeltinin asitlik veya bazlık düzeyini ifade eder.
PVB	: Polyvinylbutyral
PWD	: Public Works Department, Singapore
SF6	: Sulfur Hexafluoride
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient
UV	: Ultraviolet
VT	: Visible Transmittance



SEMBOLLER

R	: Isı Yalıtım Katsayısı
U	: Isı İletim Katsayısı
U₀	: Isı Korunum Düzeyi





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Patlamaya karşı camların tepki düzeyleri	17
Çizelge 3.1 : Çift kabuklu giydirmeye cephe sistemlerinin karşılaştırılması	32
Çizelge 3.2 : Çift kabuklu cephelerin avantaj ve dezavantajları.....	32
Çizelge 3.3 : Akıllı camlar için özellik çizelgesi.	51
Çizelge 4.1 : Önem dereceleri.....	55
Çizelge 4.2 : Akıllı cephe elemanı olarak cam değerlendirme çizelgesi önerisi..	55
Çizelge 4.3 : Örnek proje için kriterler ve önem dereceleri.	63
Çizelge 4.4 : Fotokromik cam değerlendirme çizelgesi.	63
Çizelge 4.5 : Termokromik cam değerlendirme çizelgesi.	64
Çizelge 4.6 : Elektrokromik cam değerlendirme çizelgesi.	65
Çizelge 4.7 : Lamine cam değerlendirme çizelgesi.	66
Çizelge 4.8 : Açısal seçici cam değerlendirme çizelgesi.	67
Çizelge 4.9 : Likit Kristal cam değerlendirme çizelgesi.....	67



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Kat yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemlerin kesit ve görünüşü	30
Şekil 3.2 : Bina yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemlerin kesit ve görünüşü	31
Şekil 3.3 : Şaft giydirmeye cephe sistemi kesit ve görünüşü	31
Şekil 3.4 : Fotovoltaik katmanlı bir lamine camın yapısı.....	41
Şekil 3.5 : Yalıtımlı çift cama fotovoltaik katman uygulanması.....	42
Şekil 3.6 : Tek ve çift katmanlı berrak camların performans değerleri	44
Şekil 3.7 : Tipik tungsten- oksit elektrokromik kaplama diyagramı	45
Şekil 3.8 : Elektrokromik camın uygulanması	46
Şekil 3.9 : Likit kristal camların çalışma prensibi	47
Şekil 3.10 : Termokromik camların çalışma prensibi	48
Şekil 3.11 : Fotokromik camların çalışma prensibi	49
Şekil 3.12 : Holografik camların çalışma prensibi	50
Şekil 4.1 : Vaziyet planı	57
Şekil 4.2 : Kesit	58
Şekil 4.3 : İlgili noktada alınmış sunalc.net ekran görüntüsü	58
Şekil 4.4 : Kadıköy güneşlenme süreleri	59



AKILLI YAPI KABUĞUNDA CEPHE BİLEŞENİ OLARAK KULLANILAN AKILLI CAMLARIN SEÇİMİ İÇİN SİSTEM ÖNERİSİ

ÖZET

Tarihin başlangıcından bu yana insanın barınma ihtiyacını karşılama yöntemleri de gelişimini sürdürmektedir. İnsanın kullandığı mekânlarda aradığı konfor ölçüleri her döneme göre değişse de barınma ihtiyacı temelde değişmemiştir. Fakat bu ihtiyacı karşılamada kullanılan mekânlar, malzemeler ve yöntemler değişmiş ve gelişmiştir.

Özellikle, son yüzyılda insanın bu ihtiyacını karşılamanın ötesinde konformist yaklaşımları sonucu, mekân algısı da değişmiş, ancak bu algı yaşadığı doğayı önemsemeden gelişimini sürdürmüştür. Yaşam ve çalışma alanlarının tasarımı, uygulanması ve kullanılması sırasında kullanılan kaynaklar hiç bitmeyecekmiş gibi tüketilmiş, üretim süreçlerinde kullanılan bileşenlerin doğaya verdiği zarar önemsizlenmiştir.

Gelinen noktada, doğanın artık insana da zarar verebilen düzeyde tahrip olduğu, geri dönülmesi zor olmakla birlikte var olanı korumanın mümkün olabileceği bilinci gelişmeye başlamış ve enerji kaynaklarının tükenmesi, insanların yaşamları sırasında çevreye verdiği zararlar sorgulanmaya başlamıştır. Bu zararlar üretim tesislerinin yanı sıra insanların çalıştığı ve yaşadığı mekânlar üzerinden de gerçekleşmektedir.

Artık doğaya rağmen var olan değil, doğaya uyum sağlayan yapılar tasarlanmanın vakti geldiğine inanan bazı uzmanlar yeni arayışlara girmiş ve yapının çeşitli alanlarında yeni malzemeler geliştirmeye başlamışlardır.

İlerleyen teknolojiye paralel olarak yapı alanındaki yeni gelişmeler, enerji tasarrufunu ön plana çıkaran, kullanıcıların konforunu önemseyen, insan kontrolüne gerek kalmaksızın kendini yönetebilen binaları hedeflemektedir. Bu binalarda, bir otomasyon sistemi yapının tüm sistemlerini yönetmekte ve binanın tıpkı bir canlı gibi doğaya uyumlu tepkiler verebilmesini sağlamaktadır. Bu yapıların kullanıcılarının gereksinimlerine de cevap verebiliyor olması da önemsenmektedir. Henüz yeterli düzeye ulaşamamış olsa da yapı teknolojisindeki gelişmeler ivmelenerek artacak ve insan kontrolüne ihtiyaç duymayan yapılar yakın gelecekte ortaya çıkacaktır.

Bu anlamda insan ile doğa arasındaki en önemli ilişkiyi kuran yapı elemanı cephelerdir. Sözü edilen gelişmeler yapı kabuğunda da önemli mesafeler alınmasını sağlamış ve yapı kabuğu “aktif” ve “pasif” sistemler olarak sınıflandırılmaya başlanmıştır. Pasif sistemler, yukarıda bahsi geçen gereksinimlere cevap vermekle birlikte, gelişen teknoloji ile uyumlu kullanıcı konforu ve insanın bilinçsel gelişimine paralel beklentilerine tam anlamıyla karşılık verememektedir.

Yapılan araştırmalarda pasif sistemler üzerine yapılmış çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu grlmştr. On yıllardır yapı sektöründe de uygulanan örnekleri mevcuttur. Bu nedenle bu çalışmada önce yapı kabuğunun işlevlerinden, kullanıcıların temel ihtiyaçlarından ve günümüz cephesinden beklenen özelliklerden ve kabuktan beklenen performans gereksinimlerinden bahsedilmiştir.

Daha sonra yapı kabuğunun akıllanma sürecinden bahsedilmiş, yapı kabuğunu akıllı yapan özellikler belirlenmiş, modern yapı kabuğunu oluşturan bileşenler anlatılmıştır. Akıllı malzemeler tanımlandıktan sonra yapı kabuğunun en önemli bileşenini olan camlar ele alınmıştır.

Son bölümde akıllı camların seçilebilmesi için bir sistem nerisi üzerinde çalışılmış ve bir örnek üzerinden anlatılmıştır. Akıllı camların hemen hemen hepsinde isteğe ve ihtiyaa bağlı olarak katsayılarla üretim aşamasında oynanabildiğinden ve birçoğunun henüz yaygın üretimi olmadığından U-değeri (Isı iletkenlik değeri), SHGC (Güneş ısı kazanç katsayısı) ve VT (görsel gerirgenlik) değerleri üzerinden karşılaştırma yapılmamış, uygun cam teknolojisinin seçimine yönelik bir yöntem geliştirilmiştir.

Sistem, kullanıcı gereksinimlerinin proje özelinde önem düzeyleri atanarak derecelendirilmesi ve söz konusu camların bu gereksinimleri karşılayıp karşılamadığının değerlendirilmesi üzerine kurulmuştur. İstenirse, uygulanacak ürünler belli olduğunda bunlar arasından seim yapmak üzere teknik performans değerleri üzerinden bazı kriterler de eklenmesi mümkündür.

Sonuç blmnde ise yapılan alışma üzerine bazı değerlendirmeler yapılmış, akıllı cam teknolojisinin sorunlarına değinilmiş ve beklentilere yer verilmiştir.

SYSTEM PROPOSAL FOR SELECTION OF SMART GLASSES USED AS INTELLIGENT FACADE COMPONENT

SUMMARY

Since the beginning of history, methods of meeting people's shelter need continue to develop. Although the comfort measurements that people look for in the places they use, vary against different times, the need for housing has not changed much fundamentally. However, the places, materials and methods used to meet this need, have changed and developed.

Especially in the last century, as a result of the conformist approach of the humans, the perception of space has also changed, but this perception has continued its development without caring about the nature. The resources have been consumed during the design, production, and usage of living- and workspaces, as resources were limitless. Also people didn't care about the hazards that have been caused by the materials used in the production process.

Today, it has started to be understood that nature has been so damaged, that this causes hazards on humans. It's also understood that it is still possible to preserve what's left in our hands regarding the nature, although this wouldn't be easy. The depletion of energy resources and environmental damage caused by daily life of people began to be questioned. It is believed that it is time to design structures that are compatible with nature. New materials are being developed for various areas of the building.

New developments in the field of construction in parallel with advancing technology, aim to focus on energy saving, to care about the comfort of users and to manage buildings without human control. In these buildings, an automation system manages all the systems of the structure and allows the building to react harmoniously to the nature like a living thing. These buildings have to meet the user needs also. Even though they have not yet reached a sufficient level, the developments in building technology will accelerate and the structures that do not need human control will be available in the near future.

In this sense, the most important connection between people and nature in the building, are the building facades. The mentioned developments have made significant improvements in the building shell and the structure shells have started to be classified as "active" and "passive" systems. Although passive systems respond to the mentioned requirements, they don't fully meet the expectations of the modern user in parallel with the developing technology and the development of human consciousness.

It is seen that there are many studies on passive systems. For decades, there have been many examples in the construction sector. Therefore, in this study, firstly the functions

of the building shell, the basic needs of the users, the expected features from the present shells and the performance requirements of facades have are mentioned.

Later, furthermore, the becoming-intelligent process of the façade has been discussed, the features that make the façade have been specified and the components of the modern building shell are explained. After the definition of smart materials, the “glass” component is discussed, which is the most important component of façade.

In the last section, a system proposal has been studied for the selection of smart glasses and explained against to a sample project. Since almost all of the smart glasses have the ability to be produced providing specific parameters, and also and many of them are not yet in mass-production, no comparison has been made between the U-value (heat conductivity value), SHGC (solar heat gain coefficient) and VT (visual transmission) parameters.

The system is implemented so that, first the user needs/requirements are ranked setting importance degrees as a table, considering the specified project, then another table is filled for each glass, with values providing the information whether the glass provides the specific feature or not.

It is possible to arrange tables with additional features considering these technical performance parameters, after deciding the appropriate glass technology, if desired.

In the conclusion section, comments were made about the study, the problems of smart glass technology were mentioned and future expectations were also discussed.

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ilerlemesi, nüfustaki artış ve yaşamın ağırlıklı olarak kentlerde olması insanların konfor gereksinimlerini de değiştirmelerine yol açmıştır. Ancak bu değişim beraberinde doğal kaynakların hızlı tüketimini, insanların yol açtığı atıkların çevreye zarar vermesi ve küresel iklim değişikliğine varan sonuçlara yol açmıştır.

Yaşanan çevre ve enerji sorunları, ülkeleri yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına yöneltirken; alternatif enerji kaynaklarından etkin biçimde yararlanmak, birçok ülkenin enerji politikalarında yer almaya başlamıştır. Bu çerçevede doğanın ve tüm kaynakların korunumunu ve binaların ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ulaşım, sulama, depolama, arıtma ve güvenlik sorunlarının daha az enerji ile çözülmesini hedefleyen “sürdürülebilirlik” yaklaşımı mimarlık disiplini içinde önemli yer tutmaktadır [1].

Bu yaklaşımın ön plana çıkması, zamanla çeşitli farklı kavramların tasarımcıların hayatına girmesine neden olmuştur. “Akıllı bina”, “sürdürülebilir yapı tasarımı”, “enerji etkin bina tasarımı” gibi kavramlar, bunlardan bazılarıdır [1].

Teknolojinin sunduğu olanakların gelişmesiyle birlikte akıllı bina tasarımları artmaya başlamıştır. Değişen kullanıcı gereksinimlerine yanıt verebilen akıllı binalar, aynı zamanda, çevresel unsurları denetim altında tutmak, dış ortama teknoloji desteği ile adapte olabilmek gibi yetenekleri sayesinde kullanıcıların konfor düzeyini artırmak, bu sayede verimlilik ve yaratıcılıklarını desteklemek gibi faydaları da beraberinde getirirken tüm bu özelliklerini bir otomasyon sistemi aracılığıyla yönetebilirler [1].

Mimari tasarımın tüm süreçlerinde, binada kullanılan yapı malzemelerinde, kullanılacak yönetim ve servis sistemlerinin teknolojisinde, ekolojik kriterlere uygunluğun yanısıra kullanıcıların isteklerine yanıt verebilmesi de akıllı binaları diğerlerinden ayıran temel farklardır [1].

1.1 Amaç

Binanın kendisine bağılı sistem ve elemanlarını yönetebilmesi için, bu elemanlarda kullanılan bileşenlerin de akıllı olması gerekir. Akıllılık kavramının tariflerine bakıldığında enerji etkinliği ve çevreye duyarlı olması özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bina bu özellikleri büyük ölçüde dış kabuğunun etkinliği üzerinden karşılar. Bu durumda yapı kabuğunun bina otomasyon sistemi ile entegre çalışabilme yeteneğinin olmasının yanısıra, cephe elemanlarında kullanılan bileşen ve malzemelerin de akıllı olması gereklidir.

Bileşen düzeyinde akıl kavramı, sadece bir aktiviteyi değil, değişik çevresel koşullara rağmen kullanıcının konforunu sağlayacak şekilde değişebilen özelliklere sahip olmasını da ifade eder. Örneğin bir malzemenin değişik durumlarda rengini değiştirebiliyor olması da bir akıllı ifade eder.

Her malzemenin değişik kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olması, kendilerinden beklenen temel işlevleri karşılamadan yanısıra, güncel gereksinimlere özelliklerine bağılı olarak farklı şekillerde yanıt verebilmesi bu akıllı malzemelerin birbiri ile karşılaştırılmasını zorlaştıran bir unsurdur.

Yapı kabuğunu oluşturan bileşenler arasında, dış ortamla etkileşimi sağlayan en önemlisi, saydam elemanlar olarak camlardır. Akıllı yapı kabuğunda kullanılacak akıllı camlar da tıpkı diğer akıllı malzemeler gibi, değişen koşullara göre, yapısına bağılı olarak fiziksel veya kimsayal özelliklerini değiştirerek yanıt veren camlardır.

Akıllı camlar arasında seçim yapılabilmesi de aynı gerekçelerle birbiri ile kıyaslanmasında zorluk getirmektedir. O halde temel gereksinimlere farklı yollarla çözümler üreten bu camların, hangi gereksinimleri karşıladığının ve bu gereksinimlerin önem düzeylerinin belirlenebilmesi camlar arasında seçim yapılabilmesi açısından kolaylık sağlayacaktır.

1.2 Kapsam

Günümüzde yapı kabuk sistemlerinde uygulanan teknoloji, kabuktan beklenen temel işlevleri açısından büyük ilerleme göstermiştir. Bu ilerleme, yakın zamana dek, yapıyı dış ortamdaki izole etme yönündeydi. Yapının dış ortamdaki izole olmasından dolayı değişen çevresel koşullara karşı tepki verilemezdi. Güneşin hareketi, havanın yağış

durumu, rüzgâr şiddeti vb. etmenler zamana bağlı olarak değişiklik gösterirken, günümüz teknoloji şartlarında, yapının bu duruma kayıtsız kalması, yapı kabuğunun, bugünkü anlamda varlık amacına aykırıdır.

“Bu nedenle, yapı kabuğundan karşılaması beklenen performanslar arasında değişkenlik karşısında adaptasyon özelliği de düşünölmelidir ve kabuk tasarımı bu kriter de göz önüne alınarak yapılmalıdır” [2].

Günümüzde halen yaygın şekilde kullanılmakta olan yapı cepheleri, her unsorda olduğu gibi yeni ihtiyaçlara cevaplar üretmek amacıyla gelişimini sürdürmektedir. Teze konu olan “akıllı cephe” kavramı, bu gelişimin, tarihsel gelişim ivmesine kıyaslandığında yeni ortaya çıkmış ve gelişimini sürdürmekte olan en güncel ayağı olarak düşünölebilir.

Günümüzde bu algının ve buna paralel olarak cepheden beklentilerin değışmeye başlamasının en önemli nedeni; cephenin bu tavrının ve doğadan korunmaya çalışan yapının bünyesinde barındırdığı ve/veya kullanımı sırasında ortaya çıkan çeşitli kimyasalların yanısıra, enerjiyi zıyan ediyor oluşu, doğaya zarar verdiğinin farkedilmesi olmuştur.

Öte yandan yeni gelişmeler, doğayı taklit eden, onunla eşgüdömlü olarak reaksiyon veren cephe sistemlerinin, hem daha verimli, hem de doğaya daha az zarar veren yapıların yolunu açabileceğini göstermiştir.

Sorunu daha geniş bir tanımla ele almak gerekirse; geleneksel cepheler geleneksel ihtiyaçlara yanıt verirken, günümüzün modern ihtiyaçlarını yanıtlamakta yetersiz kalmaktadır. Bu ihtiyaçlar; geleneksel olan ısı yalıtımı, su yalıtımı, ses yalıtımı, dış ortamın değışkenlerinden korunma gibi kavramları da kapsamakta, ancak bunlara ek olarak günümüz ihtiyaçlarına da uygun olarak, dış değışkenlerden faydalı olanlardan yararlanmakta, aynı zamanda estetik ve ekolojik kaygılara da yanıt vermektedir.

Son yıllarda enerji etkinliği ve akıllı bina kavramları üzerine bir çok akademik çalışma yapılmış, akıllı binalar sıklıkla irdelenmiş, çalışma sistemleri üzerine kafa yorulmuş ve akıllı yapı sistemlerini geliştirmek üzere bir çok metodoloji ortaya konmuştur. Yapı kabukları değışik yönlerden ele alınmış, çok kapsamlı çalışmalar yapıldığı görölmüştür.

Geçtiğimiz yüzyılın son çeyreğinden itibaren, ekolojik sorunların artışıındaki ivmelenme, mimar ve mühendisleri yeni çözüm arayışlarına yöneltmiş ve yapının

çevreyle ilk temas eden elemanı olan cephe sistemleri üzerindeki çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Bu çalışmalar sırasında akıllılık kavramına farklı anlamlar yüklenmiş, ancak temelde binaların çevreye verdiği zararların en aza indirilmesi amaçlanmıştır.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak yeni olanaklar doğrultusunda binaların bilgisayar sistemleriyle entegre çalışma olanakları gelişim göstermiş, bu durum malzeme alanındaki gelişimleri de kapsayarak, akıllılık tanımının güçlenmesini sağlamıştır.

Cephe sistemlerinin bilgisayar kontrollü bina sistemlerine entegrasyonunun mümkün hale gelmesi, artık binanın çevreye uyum sağlayabilen bir organizmaya dönüşmesine doğru giden bir süreçte geçilmesini sağlamıştır. Bu noktaya gelinmesi, söz konusu sistemlerin kullanımının yaygınlaşması daha zaman alacak olsa da, akıllılık kavramının gelişimini yapının her bileşeninde sürdüreceği açıktır. Bundan sonra yapının nasıl ki bir beyni olacaksa, kabuğu da derisi gibi davranacaktır. Cephede kullanılan malzemeler de tıpkı bir organizmanın hücreleri gibi kendi akıllarını barındıracak ve bu sayede doğal kaynakların daha az kullanımı ve teknolojiye uygun olarak cepheye yeni fonksiyonlar eklenmesi mümkün olacaktır.

Gerçeklenecek akıllı cephenin tasarım aşamasında, doğru bileşenlerin seçilmesi, yukarıda açıklanan amaçlara etkin bir şekilde ulaşılması açısından kritiktir. Yapılacak seçimler arasında en önemlisi ise, cephede kullanılacak olan cam teknolojisi ve gerekliyse bununla ilgili ek donatıların belirlenmesidir.

Bunun için de, hem projeye, hem de proje konumuna özel şartlar dikkate alınarak, hangi cam teknolojisinin çalışmada akıllılık ve enerji etkinlik açısından avantajlı olacağı doğru belirlenmelidir.

Diğer yandan, bu seçimin birçok faktör göz önüne alınarak yapılması gerektiğinden, bazı parametre ya da önceliklerin göz ardı edilmemiş olduğundan emin olunması gereklidir. Parametrik bir kontrol listesi gibi davranacak bir modele ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada, cepheden beklentiler göz önüne alınarak, akıllı cephe sistemlerinde kullanılacak camların seçilebilmesi için bir yöntem önerisi sunulacaktır.

1.3 Yöntem

Sözü edilen seçim yönteminin geliştirilebilmesi için öncelikle akıllı bina kavramının ve geçmişte yapılan çalışmaların incelenmesi, yapı düzeyinden bileşen düzeyine kadar, “akıllılık” kavramı üzerinden araştırılmasının ardından, cepheden beklenenler ve akıllı camların bu beklentileri yanıtlayan performans özellikleri incelenmiştir.

Bu incelemenin ardından, akıllı camlar arasından seçim yapabilmek için önerilen sistem anlatılmış ve bir örnek üzerinden incelendikten sonra, sonucun değerlendirilmesine yer verilmiştir.





2. YAPI KABUĞU

Yapının dış ortamla etkileşimini sağlayan elemanı olarak, yapı kabuğunun; yapıya giren guneş kaynaklı ışık ve sıcaklık, doğal havalandırma ve aydınlatma, dış ortamın fiziksel koşulları (yağış, rüzgâr, sıcaklık vb.), dış ortam sesi gibi etkenlerin denetimini ve filtrelemesini yapmak, kullanıcıların konfor düzeylerini optimize etmek için kullandığı enerji kaynaklarının israfını önlemek gibi görevleri vardır. Bu görevi yerine getirebilmesi için sağlaması gereken bazı performans özellikleri mevcuttur. Bu bölümde bu özellikler ele alınacaktır.

2.1 Yapı Kabuğunu Oluşturan Elemanlar

Yapı kabuğu kavramı, yapının dış çevre ile etkileşim kuran tüm yüzeylerini kapsar. Yapı kabuğunu oluşturan elemanlar zemine oturan döşeme, cephe elemanı ve çatı yüzeyidir. Yapı kabuğunun yüzey bakımından dış ortamla en çok etkileşim kuran ve tüm kullanıcılarını etkileyen unsuru cephe dir. Cephe; dış duvar, pencereler ve dış kapıları kapsar. Cepheler, geleneksel ve modern cepheler olarak ayrılabilir. Modern cepheler ağırlıklı olarak giydirme cephelerdir.

2.2 Yapı Kabuğu Elemanı Olarak Giydirme Cephelerin Özellikleri

Giydirme cephelerin temel görevleri; yapı ile dış ortam arasında bir bariyer oluşturarak, iç ortam koşullarının kullanıcılar için optimum düzeyde kalmasını sağlamaya yönelik olarak kullanılan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinden tam verim alınmasına destek olmaktır. Bu anlamda cephelerin performans özelliklerini etkilediği sistemler ve kullanıcılar üzerinden incelenmesi yerinde olacaktır.

2.2.1 Enerji performansı ile ilişkili özellikler

Yapı kabuğunda pencerelerin önemli görevleri vardır. Dış ortamdan ışık, sıcaklık, hava vb. unsurların geçişini sağlayan cephe bileşenidir. Bu nedenle pencere camlarının kalınlıkları, katman sayıları, kaplamaları ve diğer performans özellikleri iyi

değerlendirilmelidir [3]. Cephenin enerji performansının belirlenmesinde etkili olan bu özellikler, etkilediği sistemler ve kullanıcı konforuna yönelik özelliklerinin yanısıra bileşenlerin iç yapısıyla ilişkili teknik özellikleri olarak sınıflandırılarak incelenebilir.

2.2.1.1 Binanın ısıtma ve soğutma sistemine etki eden performans özellikleri

Pencereler binanın ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf etmesini sağlayacak en önemli unsurdur. Binanın bulunduğu konum, mevsimsel koşulları ve kullanım fonksiyonlarına uygun performansı gösterecek pencere seçilmelidir.

Yüksek performanslı pencereler ısıtma ve soğutma yüklerini azaltabilirler. Ayrıca otomatik olarak kontrol edilen pencereler, bazı iklimlerde yılın belirli zamanlarında doğal havalandırma ile mekanik soğutma giderlerinin azalmasını sağlayabilir. [4]

Termal performans

Pencerelerin termal performans açısından incelenmesinde performans göstergeleri kullanılmaktadır. Pencerelerin ısı performanslarının değerlendirilmesinde, en sık başvurulan performans göstergeleri :

- Isı iletim katsayısı, (U-Değeri)
- Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC)
- Isı yalıtım Değeri, (R-değeri) dir.

Isı iletim katsayısı - U değeri

U değeri, bir yapı elemanının ısı transfer katsayısını tanımlamak için kullanılan terimdir. U değeri bir binanın yalıtım kalitesini tanımlar. U-değer birimi $W/(m^2K)$ 'dir. Bir U değeri ne kadar düşük olursa, yapı elemanının yalıtım kalitesi o kadar iyi olur [5].

Pencere elemanlarının termal özelliklerine ek olarak, malzemelerin özellikleri, hava koşulları, rüzgâr hızı da U değerini etkiler. Bu nedenle pencere üreticileri tipik olarak zor mevsimsel koşullardaki değerleri verirler. Bu koşullar 24 km/s rüzgâr hızı, 21 santigrat derece iç ortam, -17 santigrat derece dış ortam koşullarını ifade eder. [6]

Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC)

Dış ortam sıcaklığının önemsenmediği durumlarda dahi doğrudan veya dolaylı radyasyon yoluyla pencerelerden ısı kazancı olur. Bu ısı kazancını kontrol edebilme yeteneği güneş ısı kazanç katsayısı veya Gölgeleme Katsayısı olarak karakterize edilir.

Bu iki kavram bire bir aynı değildir. Gölgeleme Katsayısı 1990 ların ortalarına kadar kullanılmakta idi. Bu kavram yalnızca cam biriminin ısı kazancını ifade ediyordu. Bu kavram, NFRC (National Fenestration Rating Council) ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) tarafından Güneş Isı kazanç Katsayısı (SHGC) ile değiştirildi. Güneş ısı kazanç katsayısı camın yanı sıra pencerenin çerçevesi üzerinden yapılan ısı kazancını da ifade etmektedir [6].

Güneş ışınımı, dalgaboyu, şiddeti ve doğrultusu ile karakterize edilebilir. Işınımının enerjisi dalga boyuna bağlı olarak değişir. Güneş ışınımının taşıdığı enerjinin yaklaşık olarak %3'ü morötesi, %47'si ışık olarak görülebilir kısım, %50'si ise gözle görülemeyen kırsadalga kızılötesi dalgaboylarındadır. Güneş ile ısınan objeler ise yüzeylerinden uzundalga kızılötesi ışınım (3,0-5,0 µm) ile ısı yayarlar [7].

SHGC değeri cam tarafından iç ortama geçirilen ısı enerjisi ile çerçeve ve cam tarafından soğurulduktan sonra iç ortama verilen ısı enerjisi miktarlarının toplamıdır, tüm pencerenin güneşten ısı kazancını belirler. Güneşten ısı kazancı sağlamak açısından SHGC değeri yüksek olan pencere tipleri tercih edilmelidir. Güneş kontrolü açısından ise, SHGC değerinin düşük olması gereklidir. [7].

Isı yalıtım değeri (R-değeri)

U-değeri pencerelerin yalıtım değerini ifade etmek için kullanılırken, R-değeri bina kabuğunun birçok diğer bileşeninin (duvarlar, zeminler, çatılar) yalıtım değeri olarak kullanılır. İkisi ilişkili olmakla beraber, hesaplamaları için farklı kabuller ve test kriterleri kullanıldığından, doğrudan birbirlerine dönüştürülemezler. R-değeri ve U-değerini karşılaştırmak için, 1'in U-değerine bölümü kullanılmalıdır. Örn. : 0.25 U-değeri, $1/0.25 = 4$ olarak hesaplanan bir R-değerine eşdeğerdir [8].

Hava geçirgenliği (Hava Süzülmesi)

Havanın süzülmesi, cephe aracılığıyla havanın dışarıdan içeriye alınmasıdır. Dış ortamla iç ortam arasında bir basınç farkı olduğunda hava pencere bileşenleri arasındaki çatlak veya boşluklardan süzülecektir [6] . Hava yatay ve düşey profiller arasındaki hatalı bağlantılardan ya da fitillerden süzülür. Hava süzülmesi enerji kaybına da neden olur. Hava sızma miktarının artması, binadaki ısı kaybını çoğaltacak ve bina sahiplerinin maddi ve manevi açıdan zarara uğramasına yol açacaktır [9].

2.2.1.2 Pencerelerin aydınlatma sistemine etki eden performans özellikleri

Pencereler, ısı kazanç ve kayıplarının yanı sıra gün ışığını da geçirirler. Ancak gün ışığı yeterli iken yapay aydınlatmanın kullanılması aydınlatmadan kaynaklanan enerji kayıplarını önlemez. Gün ışığından mümkün olan en fazla düzeyde yararlanmak enerji etkin tasarımın en önemli unsurlarındandır. İç ortam aydınlatmasının doğal ışık ile sağlanması bu bakımdan önemlidir. Doğal ışık genellikle saydam elemanlar üzerinden içeri alındığından saydamlık oranı gün ışığından en fazla faydayı elde edebilme imkanı sağlar [10]. Gün ışığından faydalanmanın ölçüsü gün ışığı geçirgenliği değeri ile belirlenir.

Gün Işığı Geçirgenliği - VT

EN 410 standardına göre; cama gelen ışığın gözle görünen dalgaboyunda olan kısmının camdan geçen yüzdesine Gün Işığı Geçirgenliği denir [11]. İfade etmek için, İngilizce karşılığı olan 'Visible Transmittance' teriminin kısaltması olan VT de kullanılabilir.

Gün ışığı geçirgenliğini ifade etmek için Görsel Geçirgenlik terimi de kullanılır. Camdan geçen görülebilir ışık miktarını ifade eder. Camların zararlı ışınları ve güneş radyasyonunu dışarıda bırakması istendiği durumlarda dahi görsel geçirgenliğinin mümkün olduğunca fazla olması beklenir. Cama yapılan kaplamalar, katmanlarının sayısı ve camın tipi de bu değer üzerinde etkilidir.

Ayrıca, bir yapıda aydınlatmaya harcanan enerjiden tasarruf sağlanması isteniyorsa, aydınlatma sistemleri özel olarak tasarlanmalı, gün ışığı oranını algılayarak hangi bölgeleri yakacağına karar verebilmelidir. İhtiyaç duyulan yerlerdeki aydınlığı artırmalı veya açmalı doğal aydınlatma ile yeterince aydınlanan yerlerdeki yapay aydınlatmayı uygun seviyeye düşürmeli ya da kapatmalıdır.

2.2.2 İnsan konforuyla ilişkili özellikler

İnsanların yaşadıkları mekânlarda kendilerini rahat hissetmeleri gerekir. Beş duyuya hitap eden çevresel özellikler insanın aynı zamanda o mekândaki ruhsal durumunu da etkiler. Bu sebeplerden dolayı, cephe üzerinden insan üzerinde etki bırakan ana unsurlar, gördüğü manzara ve doğal aydınlatmaya ek olarak termal ve işitsel konforunu sağlayacak ortam koşullarıdır.

2.2.2.1 Günüşığı geçirgenliği – (doğal aydınlatma)

Günüşığı insanların kendilerini iyi hissetmeleri için gereksinimlerinden biridir. Günüşığı pencereler ve camlar vasıtasıyla içeri alınır. Bu nedenle pencere tasarımı ve cam tipi seçimi enerji tasarrufu ve filtre görevinin yanısıra günüşığı miktarı ve kalitesi üzerinde etkilidir.

Bir binanın günüşığından yararlanma koşullarını artırarak, maksimum enerji verimliliği ve kullanıcı konforu sağlanması mümkündür. Günümüzde yeni ve yenilenmekte olan çok sayıda yapıya bakıldığında, kötü bir iç ortamı (malzeme, hava kalitesi, yüksek enerji tüketimi vb.) beraberinde getirdikleri görülebilir. Güneş ışığından yararlanma konusunda, yapıların konumları, yapılaşma düzeni, yol genişlikleri ve yapı yükseklikleri önemli rol oynar [12].

Pencereler gün ışığının mekâna girmesini sağlayan elemanlardır. Pencere tasarımı ve cam tipi seçimi gün ışığı miktarı ve kalitesi üzerinde en önemli etkidir. Geleneksel pencereler ile günüşığı hacmin sınırlı derinliklerine kadar alınabilirken, yeni teknolojiler ile güneş ışığının yönelimi ve hacim içindeki yayılımı kontrol edilerek, günüşığından daha fazla yararlanılması mümkündür [13]. Güneşin zamana ve mevsime göre değişkenlik dinamik yapısı, mimarının adaptasyon yeteneğinin gelişimini gerektirmektedir.

2.2.2.2 Kamaşma kontrolü

İnsanlar yaşadıkları ortamda belli bir ışık düzeyine ihtiyaç duyarlar. Güneş ışınlarından sağlanacak ışık düzeyi, cam elemanlarla içeriye kazandırılır. Doğal aydınlatmanın kalitesi camın ışık geçirgenlik düzeyine bağlıdır. Hacimlerde görsel konforun sağlanabilmesi; aydınlık düzeyi, ve parlıltı düzeyinin belli bir dengede olması ile olanaklıdır [14].

Çok fazla günüşığı parlamaya neden olur. Bu durum özellikle ofis ortamlarında istenmeyen bir durumdur. Dışarıdan gelen günüşığının parlıltısı gözlerde kamaşmaya neden olur. Kamaşma ise, göz kaslarının yorulmasına neden olur. Bunun önüne geçebilmek için direkt günüşığı, güneş kontrol elemanlarıyla ya da camın özellikleriyle kontrol edilebilmelidir.

2.2.2.3 Manzara

Manzara, subjektif bir konu olmasına karşın, iş yerlerinde arzulanan bir olgudur. Bu olgu pencere tasarımı ve seçimini de etkiler. “Aydınlık ve ferah mekânlarda, manzara serbestliği içinde yaşayan insanlar psikolojik açıdan rahatlık hissettiklerini ifade etmişlerdir” denilmektedir [15].

Manzaranın görülebilmesini etkileyen etmenler pencere alanı, camın geçirgenlik düzeyi ve camın gölgeleme elemanları ile kesilmeyen yüzeyidir.

2.2.2.4 Termal konfor

Termal konfor; hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hareketi, ortalama yayılan sıcaklık, güneşe maruz kalma oranı, kullanıcıların giyinme ve aktivite seviyeleri ile belirlenir.

Soğuk günlerde dış hava sıcaklığı pencerelerin yüzey sıcaklıklarını ortam sıcaklığının altına düşürür. İnsanların soğukla teması da ısı kaybetmelerine ve bunun sonucunda rahatsızlık duymalarına yol açar. EN ISO 7730 standardında ısı konfor “Isıl olarak memnuniyet verici ortam koşullarının hazırlanması” olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi termal konfor kavramı kişiye göre değişkenlik gösterebilir Özellikle işyeri ortamında termal konfor, çalışanın psikolojik ve fizyolojik durumunu belirlemede etken bir rol oynar. Ayrıca konforsuz hissedilmesi, dikkat dağınıklığı neticesinde hata yapma ve iş kazalarına yol açabilir [16]. Ev ortamında ise insanlar rahat etmek isterler, sıcakta pencereleri veya varsa klimayı açar ince giyinir, soğukta ise kendi kişisel konfor beklentisine göre ortam sıcaklığını ayarlar ve uygun kalınlıkta giyinir. Termal konforun geliştirilmesi için ısı yalıtımlı pencere kullanılması, gölgeleme elemanları ya da camın özellikleri yardımıyla ortama giren ışık hava ve ısıнын kontrol edilmesi gerekir.

2.2.3 Teknik özellikler

Giydirme cepheler diğer etkenlerin yanısıra enerji etkinliğini uygun maliyetlerle sağlama için gerekli diğer özellikler ise akustik performans, yapısal tasarım, su sızdırmazlığı, dayanıklılık ve yangın güvenliği gibi bazı teknik parametrelerdir [6].

2.2.3.1 Akustik performans

Giydirme cephelerin kullanımıyla birlikte, şehrin gürültüsü, özellikle ticari binalarda ses geçirimi sorununu beraberinde getirmiştir. Ancak son yıllarda yaşanan gelişmeler

sayesinde kullanmakta olduğumuz yüksek performanslı pencereler, ısı tutuculuk özellikleri ile birlikte ses yalıtımı da sağlamaktadır. Isı ve su geçmemesi için yapılan sıkı conta aynı zamanda ses pencerenin ses geçirgenliğinin de azalmasını sağlamaktadır [6]. Ayrıca camlar arası boşluğun SF6 gazı ile doldurulması da ses yalıtımı için bir alternatiftir [17]. Üç katmanlı pencerelerin ya da çift kabuklu cephelerin de enerji performansı yanı sıra akustik faydaları yüksektir [6]. Bunun yanında iki cam arasındaki boşluk mesafesi büyüdükçe hava, sıcak ve soğuk yüz arasında harekete başlar ve önlem alınmazsa camın ısı yalıtım değeri azalır [17].

Ses, pencereler yoluyla iki şekilde geçer: ya bir ses dalgası pencereyi aşar ya da pencerenin titreşmesine sebep olarak ikincil bir ses kaynağı oluşmasını sağlar.

Ses geçirimini azaltmak için ya ses, kaynağında emilmeli, ya da sesin geçmesini minimize etmek için ses bariyeri kullanılmalıdır [6].

Giydirme cephe elemanları arasındaki aralıklardan ya da sonradan oluşabilecek çatlaklardan ses geçişini önlemek için; metal levhaların arkasına ses yutucu özel plakalar yapıştırmak veya özel kompoze levhalar kullanmak gerekir [17].

Su sızmasına ya da hava süzülmesine elverişli pencereler ses geçmesine de elverişli olurlar. Başka bir deyişle eğer pencerenin enerji performansı arttırılırsa, akustik performansı da artmış olur. Akustik performansı yüksek pencereler genellikle menteşe yerlerinde birkaç sıra contaya sahiptirler. Contalar ve köşeleri pencerenin açılıp kapanması için gerekli kuvveti arttırmayacak şekilde gerekli sıklıkta yapıştırılmalıdır. Contada çatlak olmamasına ve contanın uzun ömürlü olmasına dikkat edilmelidir.

2.2.3.2 Strüktürel özellikler

Giydirme cephe tasarımında yüklerin belirlenmesinde:

- Yapı konumu
- Bu konumdaki ortalama rüzgâr hızı
- Yapı cephesinin rüzgâra maruz kalma derecesi
- Yapının yüksekliği
- Yapının cephe alanı
- Yapının şekli

gibi faktörler dikkate alınmalıdır [17].

Bir giydirme cephenin sahip olması gereken en önemli strüktürel özellik rüzgâra ve diğer yüklere karşı dayanımıdır [6].

Rüzgara karşı dayanım ile ilgili olarak :

- Bağlantı elemanlarının yeterli dayanıma, esnekliğe sahip olması gerekir.
- Cam elemanın esnekliği, çerçeve elemanlarının rijitlik derecesini belirler.
- Elemanlar paslanmaya karşı dayanıklı olmalıdır.
- Cam ve levhaların boyut ve kalınlıklarının belirlenmesinde rüzgâr yükleri hesaba katılmalıdır [17].

Giydirme cepheler, taşıyıcı profiller, cam ya da kompozit kaplama ve birleşim elemanlarından oluşur. Giydirmeye cephe taşıyıcı sistem elemanları, rüzgâr ve deprem yüklerini belirli bir güvenlikle taşıyarak, birleşim elemanları aracılığıyla bina taşıyıcı sistemine aktarır [18]. Giydirmeye cephelerde genellikle ana taşıyıcı ızgara malzemesi olarak alüminyum ya da çelik kullanılır. Bu malzemeler, strüktürel yükleri karşılamak için gerekli dayanım ve sertliğe sahiptir. Camın, çerçevenin ya da taşıyıcı profillerin hareketini minimize etmek için, doğru cam ve ızgara malzemelerinin seçimi çok önemlidir. Aşırı dönme hareketi, su ve hava sızdırmasına neden olacağı gibi, cam ve taşıyıcı ızgara kesitinde kırılmalara da neden olabilir.

2.2.3.3 Su sızmasını önlemesi

Pencere ve kapılardan su geçişi, erken yapıların duvarlarına ilk delikler açıldığından beri önemli bir problemdir. Su sızması pencere elemanlarına zarar verebilir. Bunun haricinde, içerideki eşyaların zarar görmesine, küf oluşumuna ve pencere altında bulunan duvarların kondensasyon nedeniyle zarar görmesine neden olabilir.

Su sızmasında en önemli faktör yağmur yoğunluğu ve rüzgâr hızıdır. Rüzgarın sürüklediği yağmur suları yapı kabuğunun değişik noktalarını değişik açı ve hız ve hacimlerde etkiler. Su sızmasına yol açan etkenler, hatalı ürün tasarımı, üretim sırasında kalite kontrolün zayıf olması ve ürünlerin yapıya uygulanması sırasında yapılan hatalardır [6]. Su sızmasının yol açacağı kondensasyonu önlemek için en iyi yöntem pencere ile duvar arasına macun sürülerek olabilecek boşlukların kapatılmasıdır. Cephe elemanları, su sızmasını önlemek için genelde birçok sıra yalıtım bandı ile birlikte tasarlanır. Su sızdırmazlık elemanları laboratuvarlarda 5.kategori kasırgalarda bile su sızdırmayacak performansı sağlamak üzere test edilir

[6]. Yapılarda su sızmasının temel nedeni pencereden çok su sızdırmazlık bantlarının test edilmemiş olması ya da yanlış detaylandırılmasından kaynaklıdır.

2.2.3.4 Kondensasyona karşı dayanım

Eğer hava, çığlenme noktasının altındaki sıcaklıklarda bir yüzeye karşılaşırsa kondensasyon oluşur [6]. Kışın en soğuk yüzeyler camlar olduğundan, en çok yoğunlaşma camlarda olur. Yoğunlaşmada aşağıdaki etkenler rol oynar :

- Dış sıcaklık
- İç mekândaki nem
- Camın yüzey ısısı
- İç sıcaklık [17].

Kondensasyon, yapı sahiplerine büyük maliyetlere ve enerjinin israfına yol açar. İyi yalıtılmamış pencereler, iç mekânlarda kondensasyon oluşmasına sebep olur. Pencerede su sızdığı zaman, çerçeve ve profillerin ısı yalıtım değerlerini değiştirir, pencereden ısı transferini artırır ve enerji verimliliğini düşürür [6].

Kondensasyona karşı alınabilecek önlemler :

- Cephenin iç tarafına nem kesici uygulanması
- Odanın içinde dolaşan havanın yoğunlaşma noktasından daha yüksek ısıda tutulması
- Kritik yüzeylerde yeterli izolasyon sağlanmasıdır [17].

Tasarımcılar kondensasyona karşı dayanım için, iç ve dış sıcaklıkları, bağıl nemi, hava hareketlerini ve yapıda yerel kondensasyona neden olabilecek özel yapı elemanlarını göz önünde bulundurarak tüm yüzey sıcaklıklarını yoğunlaşma noktasının üzerinde tutmalıdırlar.

Isı yalıtımı ve kondensasyon ilişkisi:

Parapet önü camlarda çift cam uygulaması yapılamadığından camın iç yüzeyinde yoğunlaşma olur. Bu durumu ortadan kaldırmak için gerek ısı yalıtım üzerinde gerekse camın yüzeyinde oluşacak yoğunlaşma;

- Parapet boşluğu havalandırılarak,

- Isı yalıtımının sıcak yüzüne buhar kesici konularak,
- Oluşan yoğunlaşma suyunun drenajı sağlanarak, önlenebilir [17].

2.2.3.5 Dayanıklılık (durabilite)

Cephe elemanlarının dayanıklılığı enerji performansı ile doğrudan ilgilidir. Örneğin cam yalıtım elemanları ya da low-E kaplama zarar görürse, pencerenin ısı enerjisi performansı ciddi miktarda düşer [6]. Pencerenin dayanımı kavramı, estetik özellikleri kadar bir yandan termal ve strüktürel performansını sürdürürken öte yandan kondensasyon, su ve hava sızmasına karşı direnme kabiliyetini ifade etmektedir.

Dayanıklı bir pencere sistemi olağandışı hava koşulları ve yeryer görülen iklim şartlarına karşı direnebilmelidir. Düzenli bakım sistemin dayanımında önemli rol oynamaktadır. Malzemelerin ya da strüktürel elemanların azalması dayanımı ve enerji performansını olumsuz etkiler.

2.2.3.6 Yangın güvenliği

Cephe elemanları için yangından korunmada önemli noktalardan bazıları; cam ve çerçeve elemanlarının ısıya, aleve ve dumana karşı dayanıklılık göstermesidir [6]. Yangın sırasında ısının mekâna mümkün olduğunca geç ulaşması, alevlerin geçmemesi ve duman sızmamaması, yapının kullanıcılarının yangın sırasında binayı tahliyesine kadar geçen süreçte önemli rol oynayacaktır.

Bazı yangına karşı dayanıklı camlar , telli camlar, borosilikat camlar, özel olarak temperlenmiş yangın camları, özel yansıtıcı kaplamalı yangın camları ve özel arakatmanlı yangın camlarıdır.

Telli camlar, eriyik haldeki camın bünyesine çelik tel örgünün yerleştirilmesi ile üretilmektedir, yangın sırasında bütünlüğünü en az 30 dakika koruyabilmektedir. Borosilikat camlar, “float” teknolojisi ile üretilmekte ve özel olarak temperlenmektedir, bu tip camlar bütünlüğünü 120 dakikaya kadar koruyabilmektedir. Klasik float camın özel olarak temperlenmesiyle elde edilen yangın camları en az 30 dakika boyunca bütünlüğünü korur. Isı yansıtıcı kaplamalı yangın camları, temperli camın yüzeyine ısı yansıtıcı bir kaplama yapılarak elde edilmektedir. Yangın sırasında bir saate kadar bütünlüğü bozulmaz. Yangın sırasında cam tabakaların kırılması, camların arasında bulunan arakatman genleşmesi ve opaklaşması prensibine göre

davranan özel arakatmanlı yangın camları uygun doğrama içinde 120 dakikaya kadar bütünlük ve yalıtım sağlayabilmektedir [19].

Yangına dayanıklı cam ve çerçeve malzemeleri istenilen her ebatta bulunamayabilir. Bu nedenle tasarım aşamasında olanaklar ve yangına dayanım sınıfları göz önüne alınmalı, gereksinimlere uygun cam seçilmelidir.

2.2.3.7 Patlamaya karşı dayanım

Cephe sistemlerinin patlamaya karşı dayanıklı olmasının istenmesindeki amaç yapıyı kullananların ve yapının içinde bulunan eşyaların uçuşan cam parçalarından korumaktır. Patlamaya karşı dayanıklı cam, içeride bulunan insan ve eşyaları koruyabilmek için, normal hava basıncı altında, patlama olduğunda çerçevesinin içinde bütünlüğünü koruyarak kalmalı veya öngörülebilir parçalanma karakteristiği göstermelidir. Patlamaya karşı dayanıklılık gösteren camlar, yekpare camlar, lamine camlar, polikarbon takviyeli camlar veya yalıtım camlarıdır. Temperlenmiş camlar patlama karşısında bütünlüklerini koruyabilirler (Çizelge 2.1) [6].

Çizelge 2.1 : Patlamaya karşı camların tepki düzeyleri [6]

Performans Koşulları	Koruma Seviyesi	Risk Düzeyi	Camın Tepkisi
1	Güvenli	Yok	Cam kırılmaz. Cam veya çerçevede farkedilebilir bir hasar olmaz.
2	Çok yüksek	Yok	Cam çatlar, fakat çerçevesinin içinde kalır. Küçük cam tozları ve parçacıkları kabul edilebilir.
3a	Yüksek	Çok düşük	Cam çatlar. Parçacıkları yere ve boşluğa yayılır. Bu parçaların 1 metreden fazla yayılmaması gerekir.
3b	Yüksek	Düşük	Cam çatlar. Parçacıkları 3 metreden fazla yayılmamalıdır.
4	Orta	Orta	Cam çatlar. Parçacıkları duvardan en fazla 3 metre yerden en fazla 65 santimetre uzaklıkta düşey panel etkisi yaratır.
5	Düşük	Yüksek	Cam patlar, pencere sistemi yıkılır. Parçacıkları duvardan en fazla 3 metre yerden en fazla 65 santimetre uzaklıkta düşey panel etkisi yaratır.

2.2.3.8 Giydirme cephelerde kullanım ve temizlik sorunu

Cephe sistemleri doğrudan dış etkilere maruz kaldıklarından kirlenmenin yanı sıra, dış ortamda yayılan uçucu gazlar veya bazı organik maddelerin tesiriyle, cam üzerindeki kaplamaların aşınması veya zarar görerek etkinliğini kaybetmesi olasıdır. Bu nedenle bu tip özel kaplamalı camlar kullanılırken kaplamalı yüzlerin içe baktırılması veya çift cam düzeninde kaplama ara boşluğa bakacak şekilde yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Öte yandan tek cam sisteminde kaplamaların içe baktırılması durumunda döşeme veya panel hizasına denk gelen bölümlerde ise; bu noktalarda sıcaklığın daha yüksek olması nedeniyle cephede kullanılan kimyasalların yaydığı uçucu gazlar cam üzerinde toz halinde yapışmaktadır. Bu durum da görünüş bozuklukları olacağından çift cam sistemi bu tür durumların önüne geçmek için en uygun yoldur [17].

3. AKILLI VE ENERJİ ETKİN YAPI KABUĞU

Enerji etkinlik, tek başına tasarrufu ifade etmez, enerjiyi doğaya mümkün olduğunca zarar vermeden, yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi de kasteder. Bir yapının enerji etkinliği bir çok etkene bağlıdır. Yapının tüm elemanlarıyla enerji etkinliğine katkı sunması beklenir. Yapının tüm sistemlerinin (ISH, aydınlatma, sıhhi tesisat vb.) enerji etkinlik göz önünde bulundurularak tasarlanmış ve işletmeye alınmış olması gerekir. Enerji etkinliği kavramını yapı kabuğu üzerinden ele alacağımız bu bölüme enerji etkinlik ile akıllık kavramları arasındaki bağı irdeleyerek başlayacağız.

3.1 Akıllı Binalar ve Akıllı Binaların Tarihçesi

Enerji etkin yapı tasarımında aktif ve pasif sistemlerin kullanıldığı ve bina otomasyon sistemleri ile desteklenmiş yapılar “akıllı bina” olarak tanımlanmaktadır. Akıllı binalarda amaç, en az düzeyde enerji kullanarak en uygun düzeyde sistem işletimi ve konfor yaratmaktır. Akıllı binalar yapı biçimi ve kabuğunda enerjinin etkin kullanımını öngören ve önemseyen, çevreye duyarlı, enerji tasarrufuna destek olan yapı malzemeleri kullanan, enerji tüketimini kontrol edebilen, atık planlaması yapılmış, tekrar kullanıma imkan veren geniş bir yelpazede tanımlanmaktadır.

Akıllı bina terimi ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde Akıllı Bina Kurumu tarafından verilen bir tanımla kullanılmaya başlanmıştır. Akıllı bina kavramı genelde yanlış olarak, sadece teknolojiyi kullanan yapılar olarak algılanmaktadır. Yakın zamanda “akıllı bina” tanımı genişletilmiş ve “öğrenme yeteneği” ve “çevresine ve kullanıcılarına göre performansını ayarlaması” yönünü de tanıma eklemişlerdir [20].

Akıllı binalar; sürdürülebilirliğe destek veren, enerji etkin, merkezi otomasyona ve teknolojik donanımlara sahip, kullanıcı konforunu önemseyen, değişkenlere adapte olabilen binalardır [21].

Akıllı Bina Enstitüsü (IBI) tarafından akıllı binalar için yapılmış en geniş tanım;

“Bir akıllı bina, dört temel elemanın, strüktür, sistemler, servisler ve yönetimin, optimizasyonu ile verimli ve maliyet etkin bir çevre sağlamalı ve bu dört elemanın

birbirleri arasındaki ilişkiyi gerçekleştirmelidir.” şeklinde yapılmıştır. Ayrıca akıllı binalar, bina sahiplerine ,uygun işletme maliyeti, enerji tasarrufu, kullanıcı konforu, gibi yararlar sunmalıdır [21].

Avrupa Akıllı Bina Grubu'na (EIBG) göre, akıllı bina, “yaşam süresi boyunca minimum maliyetli donanım ve araçlarla kaynakların verimli yönetimine olanak tanıyan sistemlerle bina kullanıcılarının verimlerini maksimum ölçüde artıran çevreler” olarak tanımlanmaktadır [22].

Singapur'da resmi Kamusal Çalışma Bölümü'nün (PWD) yapmış olduğu araştırma ile bir akıllı bina, aşağıdaki üç koşulu yerine getirecek şekilde tanımlanmaktadır:

Bina farklı sistemlerin (havalandırma, ısıtma, aydınlatma, güvenlik, yangın-alarm gibi) izlenmesi için gelişmiş otomatik kontrol sistemlerini içermelidir. Binada katlar arasında veri akışını sağlayan iyi bir bilgisayar ağı altyapısı olmalıdır. Bina, uygun telekomünikasyon olanaklarına sahip olmalıdır [21].

“Akıllı tasarım” olgusu akıllı bileşenleri içinde barındıran binalar tasarlamaktan çok, binanın kendisinin akıllı olması durumunu ifade etmektedir. Bu da ancak akıllı sistemlerin kendi aralarında entegrasyonu ile bir merkezden yönetilebilmesi ile mümkündür.

Binaya akıllılık özelliğini veren faktörleri aşağıdakiler gibi sıralamak mümkündür :

Binaya akıllılık özelliğini veren en önemli faktör binada otomasyon sisteminin var olmasıdır. Otomasyon sistemi sensörler aracılığıyla aldığı bilgiyi işleyerek, enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu için gerekli unsurları kontrol altında tutar [23].

Brian Atkin'in “Intelligent Buildings” adlı kitabına göre akıllı binaların sahip olması gereken üç temel özellik:

Bina, bina içinde ve dışında olanlardan “haberdar” olmalı.

Bina, çalışanlarının konforu ve üretim alanlarının en verimli olmasını sağlamak için izlenecek yola karar veren yapıda olmalı.

Bina, çalışanlarının ihtiyaçlarına zamanında “cevap verebilen” durumda olmalı [24].

Ancak “akıllı bina” kavramı sadece bu konulardan ibaret değildir. Bir binanın akıllı olma kriterlerinden birisi de, aynı zamanda enerji etkinlik kriterlerinin sağlanmasına da destek olmasıdır.

3.2 Enerji Etkin Yapı Tasarımı İlkeleri

Enerji etkin yapı tasarımı, aktif ve pasif sistemler ile yapıya uygun, iklimlendirme ve aydınlatma koşullarının sağlanması için olanak sunmalıdır. Yapı, Aynı zamanda gerekli zamanda doğru karar vererek enerji tasarrufunun sağlanması için görev üstlenmelidir. Tüm bunların gerçekleşebilmesi için:

- Doğal havalandırmaya olanak verecek, aynı zamanda kullanıcıların termal konforunu da gözetebilmesine uygun sistemler seçilmesi,
- Dış ortam koşullarını, iç mekân kullanıcılarının konforuna uygun olacak şekilde filtrelemesi,
- Çevresel unsurlardan işine yarayanlarından en fazla faydayı almaya çalışacak,
- Kullanılan bileşenlerin de yapının bütünüyle aynı zekâyı gösterebilmesine ve aktif ya da pasif olarak katkı sunmasına olanak sağlaması,
- Yapının çevresel koşullarla uyum gösterecek şekilde tasarlanması,
- İşletme ve bakım maliyetlerinin düşük olması,
- Binanın enerji üretimine mümkünse katkı sağlaması, en azından tüketimi en aza indirmesi gerekmektedir [25].

Enerji etkin yapı tasarımı konusu, birkaç temel açıdan incelenebilir.

3.2.1 İklim ve mahal

Binalar doğal iklim ortamına iki yolla tepki verir:

- Binanın termal tepkisi
- ISH ve aydınlatma sistemlerinin tepkisi

Yerel iklimden en fazla kazancı sağlamak için, bina tasarımı iklime uygun yapılmalıdır. İstenmeyen iklim koşulları ile karşılaşıldığında ise en uygun yerleşim tasarımı ile çözüme gidilebilir. Yerleşim unsurları şu şekilde sıralanabilir :

- Arazi bilgisi: eğimler, vadiler, tepeler ve yüzey şartları
 - Bitki Örtüsü
 - Bina biçimleri
 - Su: soğutma etkisi, yer altı suları

Binaların ısı ve enerji performansını etkileyen mimari planlama bakış açıları şunlardır:

- Yer seçimi
- Yerleşim
- Şekil
- Hacim
- Yönelim
- Karşılıklı ilişkiler [26]

3.2.2 Bina kabuğu

Bina kabuğu, binanın dış ortamla etkileşiminde doğrudan rol oynar. Binanın doğal yollarla iklimlendirilmesi, aydınlatılması, iç ve dış ortam koşullarının dengede tutulması ve iç ortamda ısı konforunun sağlanması gibi gereksinimler büyük ölçüde bina kabuğu sayesinde gerçekleşir.

Bina kabuğunu meydana getiren elemanlar aşağıdaki gibidir [26] :

- Dış duvarlar
- Pencereleler
- Çatı
- Yapı temeli

3.2.3 Bina sistemleri

Yapıda enerji harcayan sistemler aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- ISH(HVAC) sistemleri
- Aydınlatma sistemleri
- Elektrik tesisatı
- Asansörler
- Sıhhi tesisat

Bunların içinde en çok enerji tüketen sistemlerin ISH sistemleri olduğu düşünülmektedir.

Enerji verimliliği açısından, ISH sistemleri tasarlanırken, pasif iklimlendirme sistemlerinden en fazla yararın sağlanacağı, gerekli hallerde bu sistemleri kullanılacağı düşünülmeli ve gelecekteki değişimlere uyum gösterebilecek esnek sınırlara sahip olmalıdır [26].

Aydınlatma sistemleri ise verimli olmalı, gerekli yerlerin aydınlatılmasını, gerekmediği durumlarda otomatik olarak kapatılmasını sağlayabilmelidir.

Aydınlatma sistemlerinin enerji etkinliği göz önüne alındığında tasarım kriterleri ise aşağıdaki gibi olabilir:

- Gün ışığı ile uyumlu çalışan yapay aydınlatma
- Enerji tasarruflu aydınlatma bileşenleri kullanılması
- Aydınlatmanın gerekli alanlarda kullanımına olanak verecek, otomasyon sistemi

3.2.4 Teknolojiler

- Pasif soğutma ve güneş kontrolü
- Güneşten faydalanma yöntemleri
- Isıtma, Soğutma, Havalandırma Sistemleri
- Aktif solar ve Fotovoltaikler

olarak sınıflandırılabilir [26].

3.3 Akıllı Yapı Kabuğu

Sembolik ve kültürel işlevlerinden bağımsız olarak bir binanın amacı, bina yüzeyi ile çevresinde yapay bir çevre yaratmaktır. Yüzeyin denetlediği bazı etmenler su, hava, ses, ışık, manzara, ısı, yangın, kirlilik, güvenlik, huzur vb. dir. Modern cephelerden tüm bu faktörlerin dengelenmesi beklenmektedir. Önceki cephelerin daha fazla sabit olmasına karşın, 1980’lerde dinamik cephe sistemleri ortaya çıkmıştır. Bunlar değişken çevre koşullarına ve kullanıcı isteklerine cevap verebilecek sistemlerdir. Böylelikle uyarlanabilirlik için bir potansiyel olarak “akıllı cepheler” ortaya çıkmıştır.

Zerrin Yılmaz : “Akıllı kabuklar en basit şekliyle doğal havalandırma ve güneş kontrol elemanlarının otomatik hareketiyle binanın havalandırma, klima ve aydınlatma

enerjisi yüklerini en aza indirgeyen ve kullanıcı konforunu olabildiğince doğal yollarla sağlayan kabuklardır.” demektedir [27].

Akıllı yapı kabuğu , binanın çevresel koşullara uyum sağlayarak, binanın hem enerji tüketimini düşürmek, hem de ortamı kullanıcıların konforuna uygun hale getirmesi amacına hizmet etmesini de ifade eder. Kabuk, bu çevre ve kullanıcı arasında optimum dengeyi kurmak için, iç ortama dinamik ısıtma, soğutma, aydınlatma, ve taze hava sağlamak için kullanılan, en önemli yapı elemanı haline gelmiştir. Kabuktaki adaptasyon, otomasyon sistemleri, sensörler ve elemanları harekete geçiren aktüatörler vb gibi bir dizi bileşen vasıtasıyla gerçekleşir [20].

“Akıllı malzemeler” gibi kavramlar, genelde yeni teknolojiler ve özellikle bilgi teknolojileri ile mümkün kılınan kişisel ayarlama ve duyarlılık ile bağlantılı fikirlerin tasarım prensiplerine girişini temsil eder.

Akıllı giydirme cepheler, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, doğaya duyarlı, enerji verimi yüksek, kullanım sırasında ekonomik ve ısıtma-soğutma-aydınlatma gereksinimi için harcanan enerjinin minimum olduğu cephelerdir [28]. “Değişken koşullara adaptasyon yeteneğine sahip “akıllı cephe” kavramı; işlevsel, ekonomik, estetik olmak gibi unsurların yanı sıra, günümüz mimarlığında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik kavramının etkisi altında, enerji etkinlik ve dönüştürülebilir malzeme kullanımı gibi etkenleri hayatımıza sokmuştur [29].

Akıllı giydirme cephelerin şu avantajları bulunur :

- Dış ortam koşullarını filtreler.
- Doğal havalandırmayı önemser.
- Kullanıcının işitsel konforu sağlar.
- Güneşten en fazla faydayı sağlayarak ve gerekli durumlarda güneş ışınımını engelleyerek enerji tasarrufuna katkıda bulunur.
- Aktif cephe bileşenleri, enerji üretimine katkı sağlar.

Akıllı giydirme cephelerin dezavantajları ise şunlardır [28] :

- Çift tabakalı cephelerde cephe tabakaları arasında kalan havanın aşırı ısınması,
- Yaz aylarında yapının içindeki ısı birikmesine karşılık gece havalandırılmasının yeterli olmaması,

- Cephe tabakaları arasında kullanılan güneş kontrol elemanlarının temizlenme problemi,
- Yüksek yatırım maliyeti

Akıllı malzemelerden oluşan cephe sistemleri bir yandan geleneksel ihtiyaçlara yeni bir yaklaşımla yanıt verirken öte yandan da günümüzün dinamizmine uygun biçimde değişken cepheler, dijital cepheler, algısal cepheler gibi hem insanla hem doğayla etkileşim içinde olan yeni sistemleri temsil etmektedir. Bu malzemeleri içeren cephe sistemleri o yapının konseptine uygun olarak belirlenen işlevi karşılayacak doğru malzemelerle tasarlandığında yapıların insanlarla konuşmasını kendini ifade etmesini ve tıpkı insan gibi kendisini karakterize etmesini sağlamaktadır.

Doğayla etkileşim içinde olan bir cephe sisteminin harcayacağı enerji doğayı dışlamaya çalışan bir sistemle kıyaslandığında çok çok azdır. Bu durumu ortaya çıkaran en büyük neden, yapının dış ortamla mücadele ederken sadece enerji harcaması, öte yandan dış ortamla etkileşim içinde hareket ederken ise, o an işine ne yarıyorsa onu doğadan alarak enerji tasarrufu sağlamasıdır.

Ayrıca yukarıda da belirtildiği gibi bu malzemeler sayesinde cepheye yeni yeni işlevler kazandırılmaktadır, enerji tasarrufunu sağlarken yeni tasarım olanaklarına da ışık tutulmaktadır.

Değişebilir yapı kabuğu fikri yeni bir olgu değildir. Pencere kanatları ve tekstil güneşlikler gibi eskiden beri uygulanan ve kabuğu biçimlendiren öğeler bu kategoridedir. Günümüzde artık değişebilir yapı kabuklarının estetik etkisi de ağırlık kazanmıştır. Örneğin cephelerin değişen ihtiyaçlara yönelik opsiyonlar sunabilmesi için pencerelerde açılır kanatlar olması veya pencerenin arkasına perde takılarak güneş kontrolünü sağlanması bu düşüncenin en eski örneklerindedir. Açılır kanatlar sayesinde iç ve dış ortamdaki olumsuzluklara göre havalandırma sağlanırken perde sayesinde istenmeyen güneş ışınlarının içeri alınması engellenmiş olur [2].

Konutlarda var olan bu uygulamanın ofislerde uygulanması mümkün olmadığından bu süreç perdelerin yerini jaluzilere veya cephe elemanlarına entegre edilen güneş kırıncılara bırakarak devam etmiş, yüksek yapıların gelişmesiyle rüzgârın sert esmesi, yapının esnekliği vb. nedenlerle açılır kanatların yapılması sağlıklı olmayacağından bunların yerini yapay havalandırma almıştır. Bu cephe sistemleri artık ileri teknoloji

ile desteklenebilmesine karşın doğaya karşı tavrının “gelenekselliği” nedeniyle geleneksel cephe sistemleri sınıfında ele alınmaktadır [2].

3.3.1 Bina cephesinin işlevleri

Tıpkı insan derisi gibi binanın dış çevre ile etkileşim içinde olan elemanı cepheleridir. Bu nedenle cepheler binanın gerek iç ortam gerekse dış ortamla ilgili tüm iletişimini kontrol eden unsurlarıdır. Cepheden çevresel etkenler ile iç ortam arasında filtre görevi görmesi beklenir. Çevre sürekli değişim içindedir. Denetimi oldukça zor olan bu değişimler aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Mevsimsel çeşitlilik,
- Günlük çeşitlilik,
- Farklı yönlere bakan cephelerde çeşitlilik [23]

Bu değişkenler sürekli olarak birbiri ile çatışır. Örneğin kışın güneş ışınlarının içeri alınması istenirken, yazın bu durum arzulanmaz. Ya da doğal havalandırma istenirken dışarıdan gelecek gürültü ve kirlilik istenmez. Bu gibi istenmeyen durumları uzaklaştırmak ve sadece o an istenen koşullara izin vermek cephenin işlevleri arasındadır.

Bina cephelerinin aşağıdaki unsurları denetlemesi gerekir :

- Su: yağmur, nem, yoğunlaşma
- Hava: rüzgâr, havalandırma
- Ses: arzulanan, arzulananmayan,
- Işık: güneş ışığı, kamaşma
- Görüntü: iç ve dış, özel ya da kamusal
- Isı: güneş radyasyonu, hava sıcaklığı,
- Yangın: alev, ısı, duman
- Kirlilik: gazlar, partiküller
- Güvenlik
- Huzur: huzurun kaçması

Geleceğin cepheleri;

- Doğal havalandırma,
- Doğal aydınlatma,
- Camlardan iyi görüntü,
- Enerji etkinliği gibi özellikleri sağlamalıdır [23].

3.3.2 Akıllı cephelerin karşılaması beklenen gereksinimler

Akıllı mazleme yaklaşımı mimariye uygulandığında “ortam şartlarıyla mücadele eden” yapı anlayışı yerini çevresel uyaranlara yanıt vererek “ortam şartlarına uyum gösteren” yapı anlayışına bırakılmaktadır. Bu yaklaşımda yapıya atfedilen “akıllılık” kavramı akıllı malzeme kullanılarak uygun biçimde tasarlanan yapı elemanları veya bileşenlerinin bir sonucudur [30].

Cephe sadece koruyucu bir yüzey değil, yapının enerji tüketimini ve iklim koşullarını kontrol eden, aynı zamanda yapıya kabuk oluşturan parçasıdır. Cephe yapının diğer elemanlarına gerekli teknoloji ve nitelikleri sağlayarak hizmet eden bir parçası olarak görülmelidir. Cepheyi malzeme, teknoloji ve üretim süreçlerinin entegrasyonu yönünden hibrit olarak geliştirmek zorundayız [31].

Yeni cephe fonksiyonlarına yeni örnekler aşağıdadır:

- Cephenin yapının teknik konseptine, ısıtma, soğutma, havalandırma ihtiyaçlarına aktif katkıda bulunan bir eleman olarak entegrasyonu,
- Gelişmiş enerji performansı ve enerji kazanımı
- Değişen kullanıcı gereksinimlerine karşı geçirgenlik vb. fiziksel özelliklerini değiştirerek adapte olabilmesi.
- Teknik performansı ile ilişkili olarak güncellenebilir olması,
- Ayrıca, sunum veya reklamlar için medya fonksiyonları unsurlarının eklenebilirliği gibi tasarım ve form özgürlüğü sunması [32].

Bert Lieverse'in “The Living Facade” adlı makalesinde bahsettiği “yaşayan cephe” kavramı iç ve dış ortam, arasındaki konforunun optimize edilmek istendiği, özellikle yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin ve estetik deneyimlerinin, konfor, ayarlanabilirlik ve yüksek üretkenliği sağlayan ideal çalışma ortamı ile el ele gittiği bir sistemi ifade etmektedir. Yaşayan cephe, iç ve dış ortam arasındaki tüm istenmeyen etkilerle mücadele eder ve düzenler. Cephe, iç ve dış ortamdaki dengeyi sağlayan

baskın bir karaktere sahiptir. Ayrıca cephe, adapte olabilen ve dengeleyici kapasiteye sahiptir. Yaşayan cephe, kendisini değişen koşullara ve teknolojiye göre ayarlayabilen akıllı bir sistemdir. Bu ayarlanabilirlik arzusunun yönelik özelliklerinden, gelişmelerden ve mühendislerin ilgisinden dolayı sürdürülebilir bir hal almıştır. Tasarımcılar, cephenin işlevleri ve teknolojisi ile kendi kendini kontrol edebilme yeteneğini malzeme seçimi ve yapının görünümü için kullanabilirler [33].

Yaşayan cephenin görevlerinden bazıları aşağıdadır :

- Rutubet ve hava temizliği açısından konfor
- Termal konfor
- Işık konforu
- Ses konforu
- Ergonomik konfor
- Kişisel konfor
- Güvenlik
- Enerji ve çevrenin daha iyi yönetimi
- Elektronik kontrol olanağı
- İklimi düzenleme
- Yüksek kalitede cephe mimarisi
- Bilgi ve teknolojinin optimizasyonu [33]

3.3.3 Akıllı cephelerin sınıflandırılması

Günümüzde enerji etkinliği ve sürdürülebilirlik kavramlarının gerektirdiği ihtiyaçları karşılayan yapıların en verimli olanlarında “akıllı cephe” dediğimiz cephe sistemleri kullanılmaktadır. Cepheyi akıllı yapan özelliklerden en temeli enerji etkin olmasıdır. Buna ek olarak cephe bileşenlerinin insan kontrolüne gerek olmaksızın dış uyaranlara göre hareketi, opak veya saydam bir bileşenin birden fazla dış etkeni denetleyebilmesi, cepheye medya unsurlarının eklenerek bir iletişim aracı olarak görev yapabilmesi gibi teknolojiye uygun bazı özelliklerin eklenmesi de akıllı cephe özelliklerinin arasında yer bulabilmektedir. İlerleyen bölümlerde de bahsedileceği üzere; akıllı cephe sistemleri çift kabuklu sistemler veya tek kabuklu sistemler olarak tasarlanabilirler.

Bu bağlamda Akıllı giydirme cepheleri iki gruba ayırabiliriz :

- Çift kabuklu giydirme cepheler
- Tek kabuklu giydirme cepheler [34]

3.3.3.1 Çift kabuklu cephe sistemleri

Çift kabuk cepheler ile doğal aydınlatma, ısı ve güneşin kontrolü, ses yalıtımı ve doğal havalandırma sağlanarak enerji tasarrufu sağlanması amaçlanır [35].

Çift kabuklu sistemler bir dış cephe, ara boşluk, ve bir iç cepheden oluşur. Dış katman hava koşullarına karşı koruma sağlar ve ses izolasyonunun ilk aşamasıdır. Orta alan ise iç mekânı termal etkilerden korumak için bir tampon görevi görür. Cam yüzeylerindeki açıklıkların ve işletilebilir elemanların kullanımı ile aradaki boşluğun sıcak günlerde havalandırılması ve kısmen iklimlendirilmiş havanın iç mekânlara soğuk günlerde verilmesi sağlanır. Genellikle güneş kırıcı elemanlar aradaki boşlukta bulunurlar. Burada rahatça hareket etmeleri ve bakım onarım amacıyla makul sayılabilecek düzeyde erişim mümkündür. Dış cephedeki tek cam yüzey tampon boşluğu yaratmak için yeterliyken, iç cephedeki çift cam optimum düzeyde termal bariyer sağlar [36].

Çift tabakalı giydirme cephe sistemlerinde, iç mekândaki havayla camın yüzeyindeki ısı farkı minimumdur. Bu da iç mekânda cama yakın alanlarda termal konforu arttırmakta ve aynı zamanda ısıtma-soğutma için harcanan enerjiyi azaltmaktadır [34].

Çok katlı binalarda, her kat hizasında kesintili ya da tüm katlar boyunca sürekli devam edecek şekilde hava boşluğu olabilir. Ara boşluğun doğal veya mekanik olarak da havalandırılabilir. Havalandırma tekniğine göre de sınıflandırma yapılması mümkündür [27]. Ancak sınıflandırmayı, havanın iletim şekline göre yapacağız.

Çift tabakalı akıllı giydirme cephe sistemlerini, havalandırma şekline göre:

- Kat yüksekliğinde havalandırma kanallı çift tabakalı sistemler,
- Bina yüksekliğinde havalandırma kanallı çift tabakalı sistemler,
- Şaft giydirme cephe sistemleri

olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür.

Kat yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemler

Bu türdeki çift kabuklu cephelerde, her kat düzeyinde yatay elemanlarla ayrılarak bir koridor sistemi oluşturulur. Hava tahliyesi her katın alt döşemesinden giren havanın, üst döşemesinde bulunan hava çıkış kanalından atılması ile gerçekleşir. [37] (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 : Kat yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemlerin kesit ve görünüşü [34].

Cephe tabakaları arasındaki hava boşluğu 20 cm.'den 150 cm.'ye kadar çıkabilir. Hava boşluğu geniş tutularak, koridor oluşturulabilir. Bu tip cephelere koridor cepheler de denilmektedir. Bu sistem uygulanacaksa dikkat edilmesi gereken unsur hava çıkış deliği ile hava giriş deliklerinin üst üste getirilmemesidir. Aksi halde alt kattan atılan hava üst katın hava giriş açıklığından girecektir [34].

Bina yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemler

Bu sistemde hava cephenin altından girerek bina yüksekliği boyunca yol alır ve cephenin en üstünde yer alan hava çıkış açıklığından dışarıya atılır [34]. (Şekil 3.2)

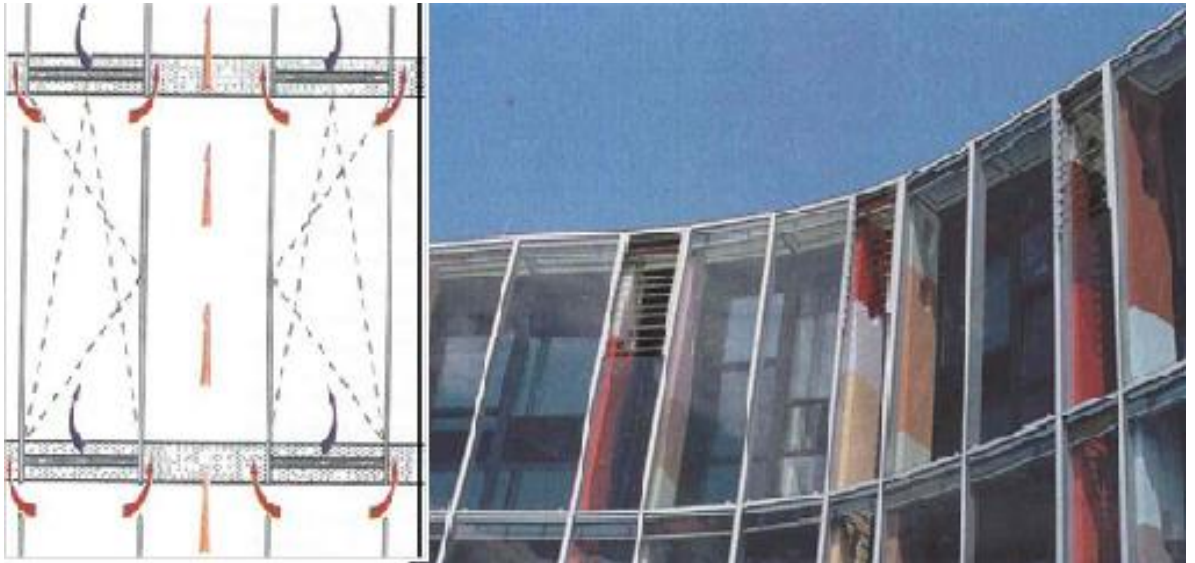
Şaft giydirme cephe sistemleri

Şaft giydirme cephe sistemleri, kat yüksekliğinde ve bina yüksekliğinde havalandırma kanallı sistemin bir arada kullanıldığı sistemdir. Bu sistemde, hava boşluğu her kat düzeyinde yatay elemanlarla ve her pencerede düşey elemanlarla bölmelere ayrılmaktadır. İç ve dış katman arasında bulunan boşluk, cephe yüksekliği boyunca devam eder [37]. Isınan hava, iki cephe katmanı arasındaki yatay açıklıklar yardımıyla şaftlara aktarılır. Bina yüksekliği boyunca devam eden hava boşluğu (şaft), ısınan havanın atılmasında bir baca gibi çalışır. Cephede, her katta hava giriş açıklığı

bulunmasına karşın, ısınan havanın dışarı atılması için yapılan hava çıkış açıklığı yalnız şaftın üstünde bulunmaktadır. Isınmış hava, şaftın içinde belli bir yüksekliğe geldiğinde, basınç farkının değişmesi ile şafttan geriye, kat yüksekliğindeki boşluğuna dönebilir. Bu nedenle şaft ile bina yüksekliğinin ve bölgedeki hâkim rüzgârların yönünün iyi hesaplanması gereklidir [34].



Şekil 3.2 : Bina yüksekliğinde havalandırma kanallı çift kabuklu sistemlerin kesit ve görünüşü [34].



Şekil 3.3 : Şaft giydirme cephe sistemi kesit ve görünüşü [34].

Çizelge 3.1 : Çift kabuklu giydirme cephe sistemlerinin karşılaştırılması [34,37]

Gereksinim	Kat Yüksekliğinde Havalandırma Kanallı Cephe Sistemi	Bina Yüksekliğinde Havalandırma Kanallı Cephe Sistemi	Şaft Giydirme Cephe Sistemi
Havalandırma	Kat boyunca hava akımı	Bina boyunca hava akımı	Bina boyunca hava akımı. Ayrıca her katta hava girişi sağlanır.
Güneş Kontrol Elemanları	Hava boşluğuna yerleştirilir.	Hava boşluğuna yerleştirilir.	Hava boşluğuna yerleştirilir.
Ses	Kat boyunca yatayda yayılır.	Bina boyunca düşeyde yayılır.	Bina yüksekliğinde kanal boyunca yayılır, yatayda yayılması zordur.
Yangın	Kat düzeyinde yayılabilir. İlave önlem gerektirmez.	Bina boyunca düşeyde yayılır. Önlem gerektirir.	Kanal boyunca düşeyde yayılır.Önlem gerektirir.

Çizelge 3.2 : Çift kabuklu cephelerin avantaj ve dezavantajları [20].

Avantajlar	Dezavantajlar
1. Akustik yalıtım	1. Konvansiyonel bir dış cepheye kıyasla daha yüksek inşaat maliyeti
2. Isı yalıtımı	2. Yangından korunma
3. Gece serinletmesi	3. Kiralanabilir alanı azaltması
4. Enerji tasarrufu ve azaltılmış çevresel etkiler	4. İlave bakım ve işletim maliyetleri
5. Gölgeleme ve aydınlatma elemanlarının daha iyi korunması	5. Aşırı ısınma problemleri
6. Rüzgar basıncının azaltılmasının etkileri	6. Artan hava akış hızı
7. Şeffaflık- mimari tasarım	7. Artan inşaat ağırlığı
8. Doğal havalandırma	8. Gün ışığı azalması
	9. Akustik yalıtım problemleri

3.3.3.2 Tek kabuklu giydirmce cepheler

Tek tabakalı sistemlerde güneş kontrolünde belirli bir düzeye ulaşmak için, cama infrared yansıtıcı ve/veya dalga boylarını görülebilir aralıklarda emen veya yansıtan kaplamalar uygulanabilir. Özellikleri sabit olduğunda aynı zamanda soğuk aylarda güneş kazancını kısıtlar ve günışığı seviyesini azaltabilirler. Bu yüzden geniş cam cephe alanına sahip binalarda ve iklimlendirme gereksinimleri sıkı düzenlemelere tabi olan yerlerdeki binalarda ek olarak ayarlanabilir güneş kontrol özellikleri sağlanmalıdır [38]. Toplam enerji geçirgenliğinin daha esnek bir şekilde kontrol edilebilmesi için, şeffaflık derecelerini ısıdan bağımsız olarak değiştiren ya da elektrikle kontrol edilen cam sistemleri geliştirilmektedir [20].

Cam teknolojisinin gelişimi, camın iç yapısından kaynaklı özelliklerini dış uyarınlarla değiştirerek mekânsal ve çevresel koşullara uygun olarak tepki vermesine olanak sağlamaktadır. Bir filtre görevi görmeyen yansıma değişen koşullara adapte olabilmesi önemli özelliklerindedir.

Bu camlar, kabuğun akıllılığı ve istenen performansı sağlayabilmesi için iklime, kullanım amacına, yapının yapılacağı yerin coğrafi özelliklerine ve yapı tasarım özelliklerine bağılı olarak seçilmelidir [20].

Akıllı cepheyi oluşturan bileşenler:

- Sensörler,
- Aktüatörler,
- Opak bileşenler,
- Saydam Bileşenler,
- Sabit ve hareketli bağlantı elemanları

olarak sıralanabilir.

3.3.4 Sensörler

Sensör terimi İngilizcede “sense” şeklinde yazılan “nesnelerin özelliklerini ve varlıklarını algılama” anlamına gelen sözcükten türetilmiştir. Sensörler fiziksel ve kimyasal uyarınları algılayan ve tepki veren cihazlardır.

Dönüştürücü, enerjiyi bir formdan diğerine dönüştüren cihazdır.

Aktüatör, gelen enerjiyi sinyal formunda mekanik ya da kimyasal bir eyleme dönüştüren cihazdır [39].

3.3.4.1 Sensör tipleri

Işık Sensörü: Işık formundaki radiant enerjinin bir yarı iletken malzeme ile çarpışması ile fark edilebilir bir elektrik akımı üretir.

Termal Sensörler: Termometreler, termokupllar, vs.

Nem Sensörleri: Nem emici malzemeye sahip, nemin emilimi ile dielektrik özellikleri değişen bir kapasitans aygıtıdır.

Ses Sensörleri: Piezoelektrik malzemelerin kullanımı ile, mekanik bir güç ölçülebilir bir elektrik akımı üretir, akustik ses dalgası basınçları bir piezoelektrik malzeme ile mikrofonun içinde bir güç üretir ve elektrik akımı gerçekleşmiş olur.

Dokunma sensörleri: İki birbirine yakın malzemenin elektriksel iletkenliği temeline dayanan bir kapasitans temelli aygıttır. Bu iki malzemenin elektriksel alanları arasında ölçülebilir bir ilişki meydana gelir. Bu şekilde algılama gerçekleşmiş olur.

Konum Sensörleri: Bu sensörler bir objenin konumunu, yer değiştirmesini veya yönünü ve hızını belirler.

Hareket Sensörleri: Çoğu infrared teknolojilerini kullanır, ve böylece öncelikle hareket eden bir obje ile çevresi arasındaki ısı farkını algırlar [39].

3.3.5 Aktüatörler

Aktüatörler, genellikle, içine ısıtıldığında genleşen bir genişleme materyali (EM) yerleştirilmiş bir haznedan ibaret olup, bu materyal ısındığında bir pistonun dışarıya doğru hareket ettirilmesi prensibiyle çalışır. Piston, ya bir geri dönüş yayı, ya da bir dış kuvvet sayesinde geriye doğru hareket eder. Mimari uygulamalar daha uzun hareket mesafelerine ve de bu nedenle otomotiv sektörü ve bina teknik servislerinden daha fazla aktivasyon kuvvetlerine ihtiyaç duyarlar. Aktüatörler, değişken boyutlarda ve çeşitli fonksiyonlar için farklı hazne materyalleri ile geliştirilmiş ve üretilmiştir. Bunların görece olarak ağır tepki süreleri, normalde birçok uygulama için uygundur [40].

3.3.6 Akıllı giydirme cepheyi oluşturan opak bileşenler

“Akıllı” kelimesi kabuk için, binanın temel enerji harcamasını azaltabilmesi amacıyla, değişen günlük ve mevsimsel iklim şartlarına göre uyum sağlayabilme yeteneğini işaret etmektedir [41].

Enerji ve çevre bilinçli bir tasarımda yapı kabuğu, bir mekânın çevresi ile yaptığı ısı, ses, nem, su, hava ile ilgili alışverişler yapı kabuğu ve onu oluşturan katmanların özellikleri ile ilgilidir. Bu nedenle cephe malzemelerinin iklim koşullarına uygun olarak değiştiği aktif cepheler de akıllı kabuk kavramında ele alınabilir [41].

Sözü edilen bu gereksinim ve işlevleri karşılayabilen aktif sistemlerin önemli bölümü akıllı malzemelerden oluşmaktadır.

Akıllı malzemeler saydam olabileceği gibi opak malzemeler de olabilir. Ağırlıklı olarak bahsi geçen konu “akıllı camlar” olsa da nano malzemeler, fotovoltaiik paneller, veya cephede kullanılan diğer teknolojik malzemeler de akıllı cephelerin opak bileşenleri olarak akıllı malzemeler grubuna girmektedir.

3.3.6.1 Akıllı malzemeler

İnsanoğlu yeryüzünde var olduğu sürece, içinde bulunduğu zamanın koşullarına göre yaşam ve konfor gereksinimlerini karşılamak için yeni buluşlara imza atmıştır. İnsan konforunu sağlayan en temel unsur mekândır. Mağaralarda başlayan mekân kavramı günümüz binalarına kadar ulaşmıştır.

Mimari mekân, gözlemcinin algılayabileceği biçimde sınırlandırılmış uzay parçasıdır.

Sözü edilen sınırlandırma günümüzde döşeme, duvar ve bina dış kabuğu ile gerçekleşmektedir.

Bina kabuğu temel, çatı ve cephe olarak ayrılmaktadır. Geçmişte yapı cepheleri daha kütleli, katı objeler görünümünde ve yapının taşıyıcı fonksiyonunu da üstlenmekte iken bugün şeffaf ve ince olabilmekte, bina strüktüründen ve kurgusundan bağımsız olarak tasarlanabilmektedir.

Bu tasarım olanakları beraberinde yeni avantaj ve dezavantajları getirmiştir. İnsanlara daha fazla ışık alma ve daha geniş bir manzara görme, dış ortamla daha fazla etkileşim kurma olanağı sunan şeffaf cepheler, ekstra bir yalıtım malzemesine çoğu zaman ihtiyaç duyamayan taş malzemenin aksine dış ortamdan gerekli ısı ve ses

izolasyonunu, sızdırmazlık ve yangın güvenliği gibi gereksinimleri sağlamakta yetersiz kalmıştır.

Bu gereksinimlerin karşılanabilmesi için malzemeler geliştirilmiş ve bu ihtiyaçlar cepheye yeni elemanlar eklenmesi suretiyle karşılanmıştır. Günümüzde ise tüm bu ihtiyaçları tek bir elemana ekstra katmanlar eklenerek veya elemanın içeriğindeki malzemelerin özelliği ile sağlayan cephe sistemleri mevcuttur.

Cephe sistemlerinde yaşanan bu gelişimlere benzer şekilde yapının diğer elemanlarına ilişkin gelişmeler de birlikte ele alındığında daha geniş ve yüksek yapıların yapılabilmesi mümkün olmuştur. Bu durum, yapıların daha fazla ısıtma, soğutma ve havalandırma gereksinimine ihtiyaç duymasına, buna bağlı olarak daha çok enerji tüketimine ihtiyaç duyulmaya başlamıştır.

Ancak 1970li yıllarda yaşanan enerji krizi ve sonrasındaki nüfus artışı, yoğun kentleşme, çevre kirliliği gibi küresel ısınmayı etkileyen birçok faktör tüm dünyaya enerji kaynaklarının bir gün tükenebileceği gerçeğini hatırlatmıştır [41].

Bu yüzden, cepheden beklenen; su sızdırmazlığı, doğal havalandırma, ısı ve ses izolasyonu, yangın güvenliği, gün ışığı kontrolü gibi temel işlevlerin yanısıra enerji verimliliği ve enerjiden tasarruf edilmesine destek olma gibi yeni ve zorunlu işlevler cepheden beklenenler arasına eklenmiştir.

Son zamanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler, cephenin bu beklentileri bileşenlerin kimyasal ve/veya fiziksel özellikleri ile sağlamasına olanak vermektedir. Bileşenlerin bünyelerinde barındırdıkları bu özellikleri akıllı malzeme kavramını ortaya çıkarmıştır. Pasif sistemleri oluşturan elemanlar akıllı malzemelerden oluşabileceği gibi seyrek olarak da olsa geleneksel cam malzemeyi içerebilirler. Buna karşın pasif sistemlerin önemli bir bölümünde (örn. elektrokromik, termokromik camlar) ve tek kabuklu sistemlerde akıllı cephe sistemini oluşturan bileşenlerin önemli bölümü akıllı malzemelerden oluşmaktadır.

Akıllı malzemelerin detaylı tanımlarına bir sonraki bölümde değinilecektir. Genel bir tanımlama yapmak gerekirse, akıllı malzeme, çevreye duyarlı, kendisini çevre koşullarına göre değiştirebilen, uyum sağlayabilen, bunun için yapısına bağlı olarak fiziksel veya kimyasal özelliklerini değiştirebilen veya hareket kabiliyetini kullanabilen malzemedir.

Bina cephesi için bu kavram geleneksel cephe yaklaşımının tam tersi bir anlayışla ortaya çıkmış ve halen gelişimini sürdürmektedir.

Geleneksel cephe tasarımı yaklaşımında, cephe; dış ortamla iç ortam arasında bir tür bariyer oluşturan, iç ortamı dış ortam koşullarından arındıran, dış ortamın anlık negatif etkileriyle birlikte o anki pozitif etkilerini de binanın dışında tutan ve kendi ekosistemini, iklimlendirme ve havalandırma sistemlerini barındıran, bunları dış ortam koşullarına direnmek için kullanan ve bu yüzden de yüksek enerji tüketim değerlerine sahip olan bir yapı elemanını tanımlıyordu.

Modern yaklaşım ise; genel bir ifadeyle yapının doğaya karşı koymak yerine doğanın özelliklerinden faydalanmasını, pozitif etkilerini içeri alırken negatif etkilerini mümkünse pozitive çevirmesini, çeviremiyorsa dışarıda bırakmasını öngörmektedir.

Bilgiç'e göre değişen fiziksel etkilere karşı, optimal bir yapıya dönüşebilme yetisi olarak da tanımlayabileceğimiz “akıllı kabuk” kavramı, fonksiyonel, estetik olma gibi mimari değerlendirme kriterlerinin yanında, günümüz mimarlığında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik ve ekoloji kriterlerine yönelik olarak da yapı tasarımını ağırlıklı olarak etkisi altına alan bir kavram haline gelmiştir [29].

3.3.6.2 Akıllı malzemelerin sınıflandırılması

Gelişen bilgisayar teknolojisiyle mimari tasarım metodolojisine yeni yaklaşımlar kazandıran dijital tektonik tasarımlar, malzemenin etkin olduğu bir tasarım süreciyle yol almaktadır.

Bugün, dijital çağın getirdiği tasarım teknikleri, yapısal elemanların sayısız kombinasyonlarda ve farklı şekillerde bir araya gelmesini sağlamakta ve mimariye yeni bir anlatım dili getirmektedir. Bu çok dilli ve kültürlü anlatımı besleyen tasarım parametreleri; teknoloji, malzeme ve elemanların farklı şekillerde konumlandırılma, kümelenme formülleridir. Bilgisayar yazılımlarının tasarım algoritmaları, yapısal kurguların tekrarlama düzenlerini, tasarım pratiklerini, ilişkileri sistemli bir şekilde düşünmemize ve tasarım öğelerinde çoklu seviyelerin bağlantılarını kurmamıza olanak sağlamaktadır [42].

Werner Sobek'e göre ideal bina kabuğu, dış ve iç ortamlardaki değişiklikler karşısında kullanıcı için optimum şartların sağlanması ve korunması amacı ile reaksiyon göstermelidir; bunu yaparken de ısıtma,soğutma,havalandırma sistemlerine ve

gölgeleme elemanlarına ihtiyaç duymamalıdır. Sabit fiziksel özelliklere sahip bir bina kabuğu iç ve dış ortamdaki sürekli değişime ayak uyduramayacaktır. Kabuk, iç ve dış ortam koşullarına göre değişen ihtiyaçlara, minimum enerji tüketimi ile uyum sağlayabilmelidir [10].

Mimarinin yeni form arayışları, mimariye yeni eğilimleri getirmekte, bu formlar güncel olan organik, ekolojik, yaşayan, dinamik, esnek, uyum sağlayabilen, değişken, taşınabilir, gezici, morfo-ekolojik, akıllı mimari, dijital mimari gibi çeşitli terimlerde ve bunların arandığı akımlarda karşılığını bulmakta, tüm bu eğilimlere doğanın ve doğadan gelen malzemenin gelişimi, geometrisi, malzeme ve doğanın birbiriyle uyumluluğu, oluşum süreçlerindeki doğal yaşamlar kaynak oluşturmaktadır [42].

Aslı Suner'e göre mimarlığın farklı disiplinlerle yaptığı işbirliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan akıllı ve dinamik cephe sistemleri; mimarlar ve mühendisler için biyolog ve doğabilimcilerin desteği ile doğanın değişkenliği içinde canlıların adaptasyon ve performans süreçlerinin gözlemleri ile elde edilen verilerin oluşturduğu prensiplerin ışığında mimari doğayı ve çevresini sömüren statik bir yapıdan, doğadan ilham alan ve çevre şartlarına göre değişebilen dinamik bir sisteme dönüşme şansı yakalıyor [43].

Doğadaki canlılardan alınan bu ilhamla dinamik ve akıllı cepheler, otomasyona bağlı ya da kullanıcı müdahalesiyle form değiştiren dönüştürülebilir yapılar ve yapının çevresi ile iletişimini düzenleyen biyotaklitsel malzemeler tasarlanıyor [43].

İlk kez 1970 yılında Negroponte tarafından ortaya atılan “Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık” kavramı kişisel bilgisayar fikrinin şekillenmeye başladığı dönemlere denk gelmiştir. Bu kavram başlangıçta “sensörler ile algılanan dış uyaranların otomasyon sistemi ile değerlendirilmesi neticesinde, yapı elemanlarının bünyesindeki bütünleşik hareket mekanizmaları ile yanıt verebilmesi” anlayışını esas almıştır. Ancak sonraları akıllı malzemelerin kullanıma girmesi, bilgisayarlara gerek duymaksızın akıllı malzemelerin sensör ve/veya aktüatör olarak kullanıldığı yapılar üretmeye olanak sağlamıştır [30].

Ahmet Vefa Orhon'a göre “Akıllı malzemeler dış uyaranlara -fiziksel (basınç, sıcaklık, nem, ışık, elektrik alan, manyetik alan vb.), kimyasal (pH, çözelti vb.) veya biyolojik- karşı niteliğini değiştirerek ve/veya enerji dönüşümü yaparak yanıt veren malzemelerdir.” [30].

“Bu bağlamda mimarlık alanı malzeme dünyasının gizini farketmekte, kendine yarayan ipuçlarını alarak mimari tasarımları beslemekte, malzemenin yeni anlamları mimarinin yeni tasarım anlayışlarına katkı sağlamaktadır” [42]. Malzemenin yenilenebilmesi, geri dönüştürülebilmesi, düşük enerji tüketmesi, toksik olmaması, kendini onarması, değişime yatkın olması gibi özellikler ekolojik mimari tasarımların malzemeye dayalı tasarım boyutunu oluşturmaktadır. Teknolojisi yüksek, çevreci özelliklerle donatılan malzeme sadece çevreye uyum sağlamakla kalmayıp, kendini çevre koşullarına göre değiştirebilen, yanıt veren, enerji gereksinimini azaltan, doğal enerji sistemlerini kullanan, çevreyi kirletmeyen özellikleriyle ekolojik mimarinin, malzeme teknolojisiyle donatılmış grubunu oluşturmaktadır [42].

Akıllı malzemeler, yaşayan, dinamik, değişken, esnek ve akıllı mimari tasarımların oluşmasına katkı sağlayan temel unsurlardır. Isı, basınç, birim alana uygulanan kuvvet değişimi, elektrik alan ya da manyetik alan değişimi, kimyasal ortam reaksiyonları ile malzemenin değişkenlik göstermesi yukarıda sözü edilen tüm bu uyarılara tepki vermesi mümkündür.

Işık ses ve hareket gibi çeşitli uyarıcılara tepki veren malzemelerin dışında ortamdaki kokuların, duvarların renginin, deseninin ve yüzey kabarıklığının değişebildiği uygulamaların yanısıra, çevre verilerini algılayıp kendi duruşunu çevreden algıladıklarıyla değiştirebilen akıllı malzemeler, doğanın kendini yenileme yeteneği yönündeki araştırmaların bir ürünü olarak ortaya çıkmış ve enerji ve ham madde gereksinimlerine göre güncellenerek gelişmektedir [42].

Akıllı malzemeler, çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimler sonucunda, özelliklerini ürünün ya da yapının tasarlandığı amaca uygun olarak farklılaştırabilmekte, bu farklılaşma, şartlar eski haline geldiğinde tekrar ortadan kalkabilmektedir. Bu açıdan, etkilere uyarılara, spesifik değişimler göstererek tepki veren ve buldukları yapının da uygun tepkiler vermesine neden olan malzemeler oldukları söylenebilir. Bu sayede, akıllı malzemeler, belirli amaçları anında ve sürekli olarak yerine getirebilen sistemlerin temelini oluştururlar [42].

Ahmet Vefa Orhon'a göre bir malzemenin akıllı malzeme olarak nitelendirilebilmesi için malzemenin nitelik değişimi, enerji dönüşümü ve tersinirlik özelliklerine sahip olması gerekir [30].

Akıllı malzemelerin yapının hemen her elemanında değişken işlevlere cevap verebilecek şekilde kullanımı mümkündür. Ancak bu bölümde yalnızca akıllı yapı cepheleri ve cephelerde kullanılan akıllı malzemeler tanımlanmaktadır.

Yukarıda değinilen birkaç yaklaşım ışığında ortaya çıkan akıllı malzeme kavramı “bileşen ve elemanların dış uyaranlara tepki verecek, ortama uyum sağlayacak, tıpkı bir insan derisi gibi kendisini değişen her yeni duruma hazır olacak ve kendisini koruma ve/veya uyum sağlama yoluna gidecek, ya da önceden belirlenmiş senaryolara uygun biçimde, yapının dinamiklerini, estetiğini, fonksiyonel gereksinimlerini karşılayabilecek, ayrı bir bileşene ihtiyaç duymaksızın tüm bu değişim/dönüşüm işlemlerini kendi bünyesinde gerçekleştirecek” malzeme olarak tanımlanabilir.

Akıllı malzemeler yeteneklerine göre çeşitlendirilecek olursa aşağıda sıralanan türler akıllı malzemeye örnek teşkil eder.

- Işık, sıcaklık, manyetik alan değişimi ya da kimyasal etki ile fiziksel özellik ya da kimyasal yapılarını değiştiren malzemeler
- Işık saçan, şekil, renk değiştiren, akışkanlığını değiştiren
- Madde saçan, termal yayılım yapan
- Elektrik üreten (fotovoltaik)
- Termal genişleme özelliğine sahip (termobimetal)
- Dielektrik, piezoelektrik, manyetoelektrik, elektrojeolojik özellikleriyle şekil değiştirebilen kendi kendini temizleyebilen, havaya duyarlı polireaktif mekânözarı (polyreactive mechanomembrane)
- Işık ısıcılık değişimleriyle benzer şekilde davranış gösteren polimer malzemeler
- Akıllı jeller [42].

Fotovoltaik katmanlar

Fotovoltaik paneller güneş pili denilen ve kristal silisyum, amorf silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellurid, bakır indiyum diselenid gibi farklı yarı iletken maddelerden yararlanılarak üretilmektedir. Bunlar kullanılan malzemenin özelliği ve işlenmesine bağlı olarak farklı renklerde olabilmektedir [13].

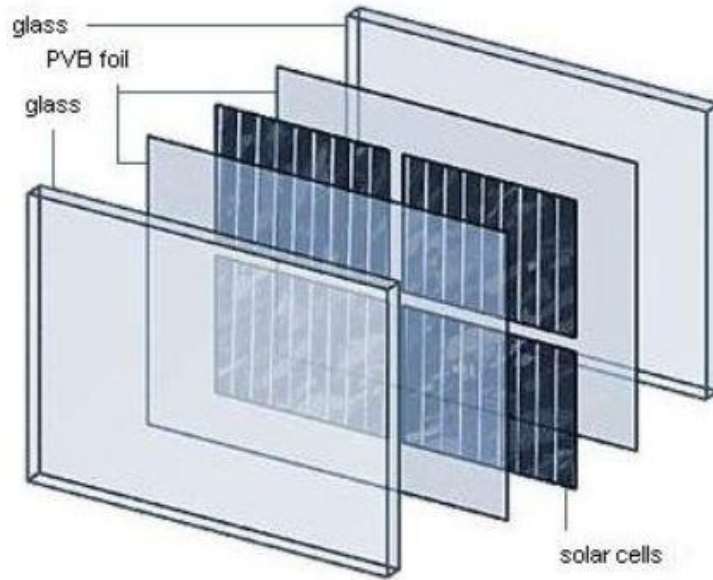
Fotovoltaikler solar radyasyonu elektrik enerjisine dönüştürerek, aktif kullanımını sağlarlar. Buna ek olarak pasif solar korumaya da hizmet ederler. En iyi bilinen fotovoltaik ürünler solar silikon pillerdir. Bunlar monokristalli, polikristalli ve amorf (kristal olmayan) solar piller olarak üç tipte bulunurlar [38].

Fotovoltaik hücreler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Bunların ürettiği elektrik doğru akım (DC) dır.

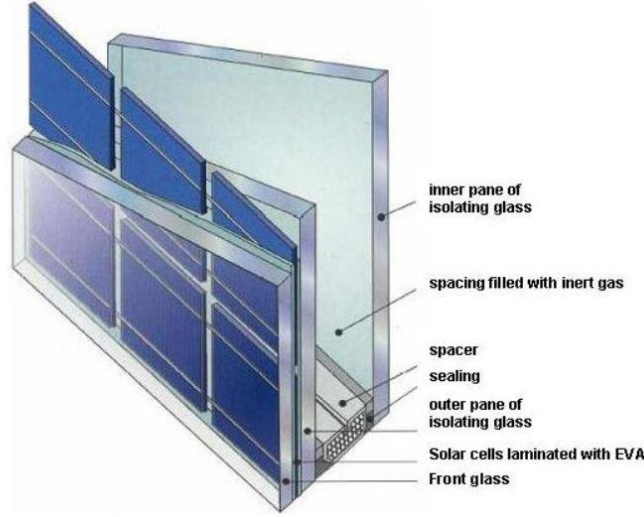
Doğrudan DC gücü olarak kullanılabilir, veya AC (alternatif akım) ye çevrilebilir, veya daha sonra kullanılmak üzere depolanabilir [20].

Piyasada kullanılmakta olan fotovoltaik paneller ile iç ve dış mekân arasında net bir görsel ilişki sağlanamazken yeni üretilen saydam fotovoltaik camlar ile hem güneş enerjisinden elektrik üretmek hem de dış ortamla kesintisiz görsel bağlantı sağlamak mümkün olmaktadır [13].

Bu sayede akıllı kabuk teknolojilerine entegrasyonu ile, binanın enerji üretmesi, en azından harcadığı enerjinin bir kısmını karşılaması mümkün olmaktadır.Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te fotovoltaik hücreler içeren iki örnek cam sistemi görülebilir.



Şekil 3.4 : Fotovoltaik katmanlı bir lamine camın yapısı [44].



Şekil 3.5 : Yalıtımlı çift cama fotovoltaik katman uygulanması [44].

Gölgeleme elemanları

Gölgeleme elemanları, güneş ışığı, görüntü ve doğal havalandırma imkanlarını korurken yapının güneş ışınımından kaynaklanan ısı kazançlarını ciddi oranlarda düşürmektedir. Ayrıca iyi tasarlanmış gölgeleme elemanları yapının pasif olarak da ısınmasının istendiği zamanlarda direkt güneş ışınımına izin verir [36].

Gölgeleme elemanları arasında, ışık rafı yeniden keşfedilemekte olan eski bir fikirdir. Bir yandan sabit bir gölge sağlarken bir yandan da gün ışığını mekânın dışına yansıtarak ikili bir işleve sahiptir [23].

Dıştan güneş kontrol sistemleri

Dıştan takılan güneş kontrol sistemlerinin avantajı, elemanın kendi radyasyonundan kaynaklanan ısının yapının dışında kalmasıdır. Bir dezavantajı ise, ister panjurlu ister çatı pencere olsun dış ortam havasının etkisinde kaldığından temizleme ve bakım-onarım maliyetlerinde artış olmasıdır. Bu elemanlar sabit veya hareketli olabilirler [38].

İçten güneş kontrol sistemleri

Bu tip gölgeleme dıştan gölgelemeye göre daha az etkilidir. Çünkü dıştan gölgelemeli sistemde yapının dışında kalan -güneş ışınımı sonucunda meydana gelen- ısı bu kez yapının içinde tutulmaktadır. Temizlik ve bakımı diğer iki tipe göre oldukça basittir. Genellikle düşey jaluzi, stor ya da kumaş perde olarak tekstil malzemelerinden üretilir [38].

Entegre güneş kontrol sistemleri

Günümüzde cam biriminin içinde entegre olan bu sistemler çok yaygın kullanılmamaktadır [38]. Sistemin, özellikle elektrik motorlarının cam tabakaları arasına yerleştirildiği uygulamaları dışında temizleme-bakımları kolay ve az maliyetlidir. Yalıtımlı camın dışına yerleştirilen manyetik sistemler, bu sisteme alternatif olarak ortaya çıkmıştır [34].

3.3.7 Akıllı giydirme cepheyi oluşturan saydam bileşenler

Akıllı Giydirme cepheyi oluşturan opak bileşenlerin dışında en temel ve tipik bileşenlerin başında genelde cam malzemeden oluşan saydam bileşenler gelir. Saydam bileşenleri geleneksel camlar ve akıllı camlar olarak iki alt başlıkta inceleyeceğiz.

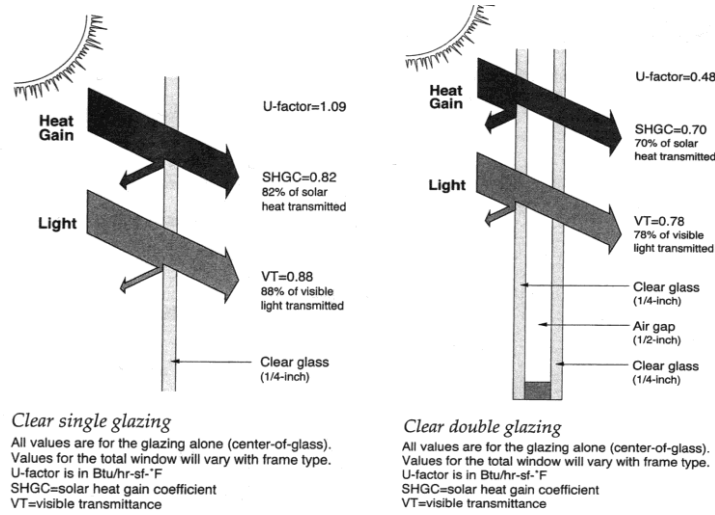
3.3.7.1 Geleneksel camlar

Cam, yerkabuğunda bolca bulunan silika (kum), soda külü ve kireç, feldispat ve iz elementlerden üretilir. Bu hammaddelerden silika çok önemlidir ve temin edilmesi aslında sınırsızdır. Soda külü, tuz kullanımı ile kimyasal olarak üretilebilir ve doğal olarak mineral oluşumu ile bulunabilir. Kireç ise bolca bulunabilen bir maddedir. Cam yapımı için kullanılan bu hammaddeler bir silo içinde karıştırılır ve büyük ocaklar içinde 2600 F’de eritilir. Eritilen cam 2000 F’ye soğutulur ve üretilmek istenen camın tipine bağlı olarak şişirme, baskı veya çizme yolu ile şekillendirilir [45].

Camın eksikliklerinden biri zayıf yalıtım özellikleridir. Bu nedenle iki veya daha fazla katman kullanılıp arasına hava veya çeşitli gazlar doldurularak elde edilen günümüz pencereleri ortaya çıkmıştır. Arasında hava boşluğu olan birkaç katmanlı cam sistemi yalıtım değerini oldukça artırır. Şekil 3.6’da tek ve çift katmanlı berrak camların performans değerleri gösterilmektedir.

İkincil işlemler olarak adlandırılan yüzey kaplama, plastikte birlikte kullanma, renk unsuru ekleme, baskı tekniklerinden yararlanma gibi kaliteye ve albeniye dönük bir dizi teknik, camın geleceğini etkileyen bir başka çalışma alanıdır [46].

Cam malzeme ikincil işlemler sayesinde, çevre kontrolü açısından diğer cephe malzemeleriyle rahatça boy ölçüşebilecek duruma gelmiştir. Cam tasarımında ışık geçirgenliği, ısı yalıtımı, gürültü, güvenlik ve savunma gibi parametreler dikkate alınmalı ve cam seçimi buna göre yapılmalıdır [45].



Şekil 3.6 : Tek ve çift katmanlı berrak camların performans değerleri [6]

Sözü edilen bu özellikleri bünyesinde barındıran; fakat ihtiyaca göre, gereksinim duyulduğunda bu özelliğini kendiliğinden veya dış müdahale ile kullanan camları genel olarak “Akıllı Camlar” olarak ele alınacaktır.

3.3.7.2 Akıllı camlar

Değişen iklim koşulları ve binanın gereksinimleri paralelinde optik özelliklerini değiştirerek, akıllı filtreler şeklinde davranan camlardır. Güneşten ısı kazancının istendiği dönemde güneşin ısı etkisi taşıyan ışınlarını geçirir, güneş kontrolünün istendiği dönemde bu ışınları yansıtır, yalnızca görülebilir alan için yeterli kısmı geçirirler. Başlıca tipleri, fotokromik, elektrokromik, termokromik, holografik camlardır. Isıtma ve soğutma yükleri eşit ve yüksek olan binalarda mevsimlik değişimlere uyum sağlama yetenekleri nedeniyle önerilir. Bunun yanı sıra içsel ısı kazançları yüksek olan, mevsimlik güneş kontrolünün büyük önem kazandığı binalarda da kullanılabilir. Yüksek performanslarına karşın yüksek maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalar halen devam etmektedir [7].

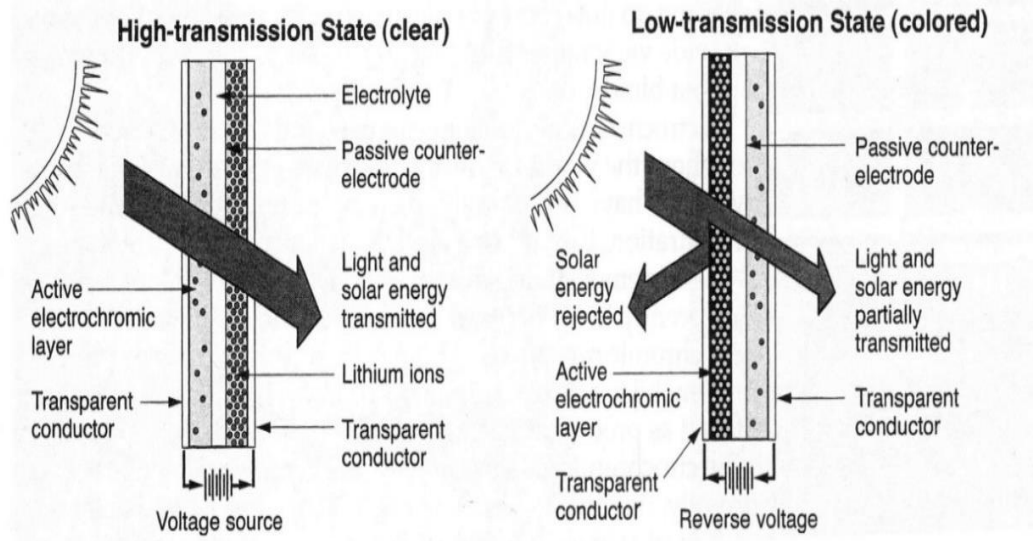
Elektrokromik camlar

Bu tür camlara elektrik akımı verilmediği zaman ışığı geçirir. Elektrik akımı verildiği zaman bir elektrik alanı yaratılır. Bu durum lityum iyonlarının depolandığı yerden çıkarılmasına neden olur ve tungsten oksidi tungsten bronza dönüştürür. Bu tabaka mor ötesi ve bazı görülebilir dalga boylarını emerek camın koyulaşmasını sağlar. Elektrik akımının verilme süresi uzadıkça renk koyulaşır, ters akım verildiğinde cam normal haline döner. Elektrik akımı kesildiğinde ise renk uzun süre varlığını korur.

Elektrik akımı verildiğinde renk değiştiren malzemelerle ilgili diğer teknolojiler likit kristaller ve asılı partiküllü malzemelerdir [39].

En çok gelecek vaad eden anahtarlanabilir pencere teknolojisi elektrokromik pencerelerdir. En önemli avantajı çok az güçle (0-10 volt DC) çalışabiliyor olmasıdır. Ayrıca renkli ve transparan durumu arasında istenilen düzeye ayarlanabiliyor olması da önemli avantajlarından biridir. Tipik elektrokromik pencereler en yüksek 0.50-0.70 en düşük 0.02-0.25 görsel geçirgenlik oranına sahiptirler. Güneş ısı kazanç katsayısı ise 0.10 ile 0.50 arasında değişmektedir. Gizlilik istendiğinde de gün ışığı istendiğinde de en uygun değerleri sunan sistem çevresel gereklilikleri oldukça yüksek düzeyde sağlamaktadır.

Bazı elektrokromik sistemlerde (polimer laminat) bir kez çalıştırıldıktan sonra birkaç gün boyunca enerji gereksinimine ihtiyaç duymadan aynı konumda kalabilme yeteneği vardır. Bir diğer elektrokromik cam tipi (solid state) ise anahtarlamak ve çalışmasını sürdürmek için çok küçük bir enerji gerektirmektedir. Bu versiyonun en büyük avantajı çok sıcak ve çok soğuk havalarda, uç koşullarda çok dayanıklı olması. Test sonuçlarına göre 20-30 yıldan fazla bir süre performansında hiçbir değişim olmayacağı gözlenmiştir [6]. Halen geliştirilmesi sürdürülmekte olan elektrokromik cam sistemlerinin günümüzde az sayıda da olsa üreticisi bulunmaktadır. Elektrokromik film kaplama ve monolitik olarak üretildiği vaad edilerek satılmaktadır. 180x300 cm. ölçülerine kadar üretimi mümkündür [47].



Şekil 3.7 : Tipik tungsten- oksit elektrokromik kaplama diyagramı [48].



Şekil 3.8 : Elektrokromik camın uygulanması (soldan sağa: tam renkli, orta, beyazlaştırılmış) [48].

Likit kristal camlar

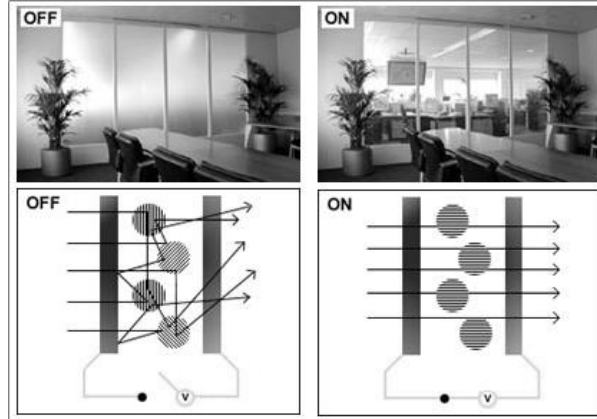
Sıvı kristalli cam parçacıklı camlar, iki cam yüzey arasındaki sıvı kristallerin hareketi sonucunda saydam bir yüzeyin saydamlık oranını değiştirmek ilkesi ile üretilmektedir [13]. Elektrik akımı olmadığı zaman buzlu gibi görünür. İnce, saydam bir tabakaya tutunan kristaller, geliş güzel bir uyum sağladığı için ışığı her yöne dağıtır. Böylece gözün dışarıdaki bir görüntüye odaklanması mümkün olmaz. Yine de ışık sektiği için iç mekânlar aydınlık kalır.

Elektrik vermek elektriksel bir alanın yaratılmasına yol açar. Bu alan kristalleri sıraya dizer. Kristallere işlenmiş oluklar, görülebilir ışığın paralel bir düzene geçmesini sağlar. Bu da camın, çok hafif puslu ancak yine de saydam olarak görülmesine yol açar. Ortadaki tabaka, morötesi ışınları keser. [49]

Kol saatlerinde kullanılan likit kristal ekranların bir türevi şu an gizlilik istendiği durumlarda pencerelerde kullanılabilir. Elektrik verildiğinde devre aktif duruma geçer ve cam transparan hale gelir. Enerji verildiği sürece transparan kalabilmesi olumsuz özellikleri arasındadır. Görsel geçirgenlik katsayısı 0.50- 0.80 arasındadır. Güneş Isısı Kazanç Katsayısı ise 0.55-0.69 aralığındadır. Kapalı durumda iken daha koyu olması isteniyorsa boyar maddeler kullanılabilir. Çeşitli renklerde ve şekillerde satılmaktadır. Ölçüleri 110 cm. ile 285 cm. arasında olabilmektedir. UV dayanımı ve maliyeti halen sorun olarak karşımıza çıkmaktadır [6].

Günümüz piyasasında en çok kullanılan teknoloji PDLC (Polymer Diffused Liquid Crystals-Polimer Dağılmış Sıvı Kristaller) olarak adlandırılan teknolojidir. Her ne

kadar bir çoğu piyasada elektrokromik olarak tanıtılsa da çalışma prensibi bakımından farklılık göstermektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Likit kristal camların çalışma prensibi [50].

Asılı partiküllü (suspended particle device) camlar

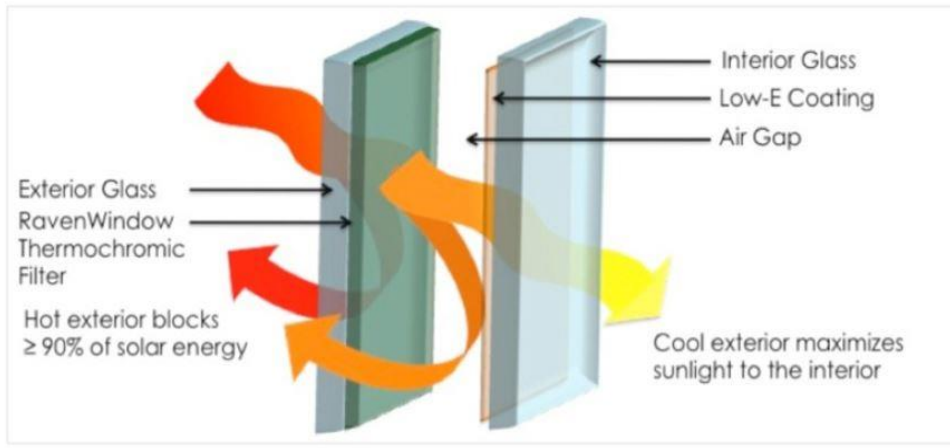
Şeffaf elektrik iletkenleri dağınık halde bulunan partikül film tabakasına elektriği ilettiklerinde partikülleri ayarlar ve camın şeffaflığı artmaya başlar. Açık ve kapalı olduğu durumlara göre yalnızca film tabakasının görsel geçirgenlik katsayısı 0.22-0.005 veya 0.57-0.12 ve Güneş Kazanç Katsayısı ise 0.56-0.41 ve 0.70-0.50 dir. Açılması için 0.5 W/sf güç gereklidir. Çalışır durumda 0.05 W/sf güç tüketmektedir. İşletmek için AC akım gereklidir. Ancak çalışmalar bu gereksinimin ortadan kalkacağını göstermektedir. Şimdilik sadece koyu mavi bir renkte bulunmaktadır ancak yeşil kırmızı ve mor renkte olanlarını elde edebilmek için araştırmalar sürmektedir. 150 ile 300 cm. arasında temin edilebilir. Yuvarlak ve düz şekillerde mevcuttur. Pazara yeni girmiş bir ürün olduğu için maliyeti yüksektir [6].

Termokromik camlar

Termokromik katmanlar ısıtıldığında geçirgenlik özelliklerinde kızılötesi aralığına yakın olmak üzere değişikliğe giderler. Bu da onları Low-E kaplamalarda kullanılmaya uygun hale getirir. Low-E kaplamalar uzun dalga güneş radyasyonun veya emisyon ile ısı kaybını azaltırlar [38].

Termokromik malzemeleri dış cephede kullanma nosyonu her zaman ilgi uyandırmıştır. Maalesef, günümüzde kullanılabilen dış cephedeki termokromik boyaların büyük bir sorunu güneşin mor ötesi ışınlarına maruz kaldığında renk değiştirme yeteneğinin azalması ve kaybolmasıdır [39].

Termokromik camların saydıamlık/şeffaflık derecesi aynı zamanda güneş ışınımının gücü ile de belirlendiğinden serin bir odada yüksek güneş ışığı seviyesine maruz kalan bir pencere aydınlık kalır ancak, sıcak bir odadaki pencerede gölgeleme sağlanır [20]. Termokromik camlar pasif ısıtma uygulamalarında aşırı ısınmayı kontrol etmek için kullanışlı olabilir. Termokromik camlar penceredeki bir sıcaklık kaynağı ile aktive edilebilir. Bu şekilde istendiği zaman açılıp kapanabilmesi mümkün olur, ancak enerji verimliliği büyük ölçüde azalır [6]. Termokromik cam filtreleri ve boyalar şeklinde piyasada satılanları mevcuttur. Çalışma prensibi şekil 3.10 da görülmektedir.

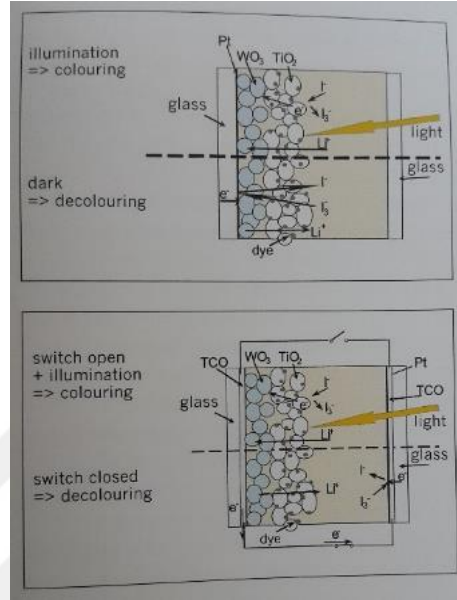


Şekil 3.10 : Termokromik camların çalışma prensibi [50]

Fotokromik camlar

Fotokromik malzemeler iki farklı enerji durumu arasındaki tek bir kimyasal türün tersinir değişimine neden olan yaygın enerjiyi absorbe ederler. Fotokromik malzemeler içsel özellik değişimi meydana getirmek için mor ötesi ışınım alanında elektromanyetik enerjiyi absorbe ederler. Gelen enerjiye bağlı olarak malzeme yansıtma ya da absorbe etme özellikleri arasında geçişler yapar [39]. Renkli camların özellikleri değişmemesine karşın fotokromik camlar mor ötesi veya kısa dalga görülebilir ışın geçişine maruz kaldıklarında ışık geçirgenliklerini otomatik olarak azaltmak üzere kendilerini ayarlayabilirler. Fotokromik işlem, dahili gümüş tuzu kristallerinde karşılıklı geçirgenlik temeline dayanır. Avantajı, camın çok sağlam ve kimyasallara karşı dayanıklı olması, dezavantajı ise yazın ve kışın otomatik olarak koyulaşması ve camın kendisini ısıtmasıdır [38]. Fotokromik camlar hem yeterli düzeyde gün ışığı, hem de kamaşmaya ve soğutma sisteminin fazla çalışmasına neden

olan aşırı güneş ışınımının kesilmesinin istendiği durumlarda kullanılırdılar. Küçük hacimlerde, proje bazında üretilmiş olmasına karşın; ucuz maliyetli ,büyük, durabilitesi yüksek camlar, gözlük ve araçlar için yaygın olarak kullanılmakla birlikte, yurtdışı piyasada; yapılar için üretilmiş fotokromik film kaplama üreten az sayıda da olsa firma vardır [51].



Şekil 3.11 : Fotokromik camların çalışma prensibi [40]

Renkli camlar

Cam fırınlarında eritilmiş camın içerisine eklenen, renk üreten maddeler kullanılarak, camlar renklendirilmektedir. Renk bir yüzey kaplaması değildir, camın kalınlığı boyunca mevcuttur. Camın kalınlığına bağlı olarak renkler de değişmektedir. Bu durum, güneş/solar ısı kazanım katsayısını, ışık geçirgenliğini ve diğer özellikleri değiştirmektedir [20].

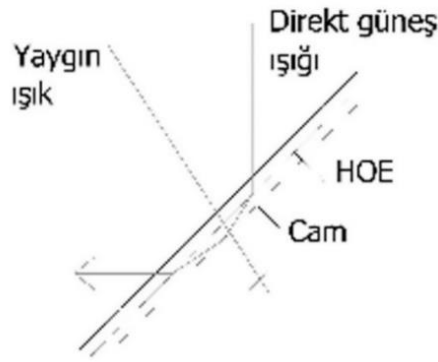
Lamine camlar

Cam panellerin kullanımı, kaplamalı ya da kaplamasız olarak sınırsız kombinasyona imkan verir. Paneller arasındaki boşluk çeşitli genişliklerde olabilir ve bu boşluklara solar ve termal koruma entegrasyonu için çeşitli özellikler verilebilir. Lamine camlar iki veya daha fazla cam panelin ısı ve basınç altında sıkıştırılmış, PVB (Polyvinyl butyral) ile birbirine bağlanması ile meydana gelir. Bu işlemden sonra cam yekpare cam gibi görünür. Bu tip camlar genelde güvenlik camı olarak kullanılır. Çünkü PVB (Polyvinylbutyral) katman kırılma durumunda camın etrafa saçılmasını önler. Lamine camlar durabilite, yüksek performans ve estetik görüntüsünün yanında bir çok fayda

sağlar. Yansıtıcı kaplamalar ve desenli yüzey kaplamaları lamine camlara da uygulanabilir. Ayrıca yalıtım camının bir elemanı olarak kullanılması da mümkündür. Genel olarak cam zayıf bir akustik performansa sahip olmasına rağmen lamine camlar diğer camlara göre daha iyi akustik performans gösterirler [6,52].

Holografik olarak kaplanmış camlar

Holografik kaplamalar, güneş ışığı spektrumundaki herhangi bir dalga boyunu yansıtacak şekilde ayarlanabilirken, görülebilir dalga boyunda %75-80 geçirgenlik sağlamaktadırlar [20]. Holografik camlar gelen direkt güneş ışığını yansıtıcı fakat yaygın gök ışığını geçirici bir özellik taşımaktadır [13]. Holografik kırıcı katmanlar, yüksek çözünürlüklü fotoğraf filmi üzerinde yaratılan lazer ışını motiflerinin üç boyutlu kayıtlarıdır. Daha sonra bu film iki cam panel arasında lamine edilir [38].



Şekil 3.12 : Holografik camların çalışma prensibi [13].

Açısal seçici camlar

Açısal seçici camlar sıcak dönemde güneş yükseliş açısı dik veya dike yakın iken gelen ışığı geçirmemekte, küçük yükseliş açılarıyla gelen ışığı geçirmektedir. Bu camların tepe ışıklıklarında kullanılması da yine benzer bir etki yaptığından sıcak iklim bölgeleri için uygun bir çözüm olarak kullanılmaktadır [13]. Güneş spektrumunun görülebilir, kızılötesi veya morötesi alan ışınlarından biri ya da birkaçını filtre ederek, kontrol etme özelliği taşırlar. Optik özellikleri paralelin de tüm iklim koşulları ve bina tipleri için amaca uygun seçici geçirgen cam tipi bulunmaktadır. Çift tabakalı düz cama göre ısı korunumunda %33, güneş kontrolünde %38 performans artışı sağlamaktadır. İnsan gözünün duyarlı olduğu 0,43-0,69 μm .’lik kısmını geçirme, kalan kısmını yansıtma yetenekleri paralelinde doğal aydınlatma açısından da yüksek performansa sahiptir [7].

3.3.7.3 Akıllı cephede kullanılan camların karşılaştırılması

Önceki başlıklarda sözü edilen akıllı camların değişik ihtiyaçlara yönelik olması nedeniyle birebir aynı kriterler ile karşılaştırmak oldukça zordur. Güneş kontrolü, U değeri ve ısı korunumu gibi bazı temel özellikleri dahi duruma göre değişkenlik arz etmekle birlikte, ilgili başlıklar altında bunlardan bahsedilmiştir. Akıllı camları karşılaştırmak yerine kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik bazı bilinen özelliklerini derlemek daha doğru olacaktır.

Çizelge 3.3 : Akıllı camlar için özellik çizelgesi.

Cam Tipi	Özellik
Fotokromik Camlar	Yeterli gün ışığını geçirirken aşırı güneş radyasyonunu keser. Kimyasallara karşı dayanımı yüksektir. Yaz ve kış mevsimlerinde otomatik olarak koyulaşır ve kendini ısıtır. Çeşit ve ölçü bakımından sınırlıdır.
Termokromik Camlar	Belli bir sıcaklığı geçiriyorken, sıcaklık yükseldiğinde kızılötesi ışınları yansıtan bir yüzeye dönüşür. Isı kaybını azaltmak için kullanılır Penceredeki bir sıcaklık kaynağı ile aktive edilebilir Renk değiştirme yeteneği zamanla azalır.
Elektrokromik Camlar	Aktive etmek için küçük bir voltaj uygulanması gerekir. Değişik ihtiyaç ve isteklere göre katmanları belirlenebilir. Çeşitli renkleri vardır. Yüzey alanı arttıkça elektrik alanın azalması nedeniyle alan büyüdükçe performansı düşer. Maliyeti oldukça yüksektir.
Lamine Camlar	Genelde güvenlik ve dayanım istenen yerlerde kullanılır. Şeffaf/renkli/desenli kaplama Isı yalıtımı/UV filtresi/Yansıtıcı Kaplama.
Açısal Seçici Camlar	Günüşiği ve kızılötesi geçirgenliğini seçilen açılara göre kontrol eder. Isı ile işlem görmüşü temperliden daha dayanıklıdır ve yük taşıma kapasitesi fazladır. Doğal aydınlatma performansı yüksektir Tüm iklim koşulları için uygun açılarda üretilebilir
Likit Kristal Camlar	İki cam yüzeyi arasındaki sıvı kristallerin elektriksel uyarımla hareketi sonucunda saydamlık oranını değiştirir. Kontrolü elektriksel olarak yapıldığından akıllı sistemlere kolayca entegre edilebilir. Çeşitli renk, şekil ve ölçülerde üretilebilir.



4. AKILLI CAM TİPLERİNİN SEÇİMİ İÇİN BİR SİSTEM ÖNERİSİ

Önceki bölümde bahsedilen özellik ve kriterlerin yanı sıra “akıllı cam” olarak nitelendirdiğimiz cam tiplerinden beklenecek performans özelliklerine bu başlık altında değinilmiştir. Ancak bir malzemenin ya da elemanın akıllılığını belirlemede kendisi dışında birçok etmenin de önemli rol oynadığı unutulmamalıdır (iklim koşulları, değişken kullanıcı beklentileri vb.). Bu nedenle bir malzemenin teknik özelliklerini bilmek, seçim yapmak için tek başına yeterli değildir. Bunun yanı sıra malzemenin yetenekleri de iyi analiz edilmeli, kullanılacağı yapı, yapının bulunduğu bölge koşulları ve yapıyı kullanacak insanlar göz önüne alınarak karar verilmelidir. Çünkü bir yapıda yüksek performans gösteren cam tipi diğer bir yapı için uygun olmayabilir. Cephe elemanlarının bir bütün olarak ele alınması ve yapıyla entegrasyonunun iyi planlanması gereklidir.

4.1 Akıllı Cam Seçim Kriterleri

Akıllı cam’ı tipik camlardan ayıran en temel özellik her iklim koşulunda optimum performansı gösterme yeteneğidir. Yapının sadece belirli bir mevsimde değil, yıl boyunca enerji tasarrufu sağlayabilmesine yaptığı katkı tipik camlardan oldukça fazladır. Camın akıllılığını ölçecek pek fazla kriter olmamasına karşın yeteneklerinin ve bu yeteneklerin yapıya uygunluğunun değerlendirilmesi daha uygun olacaktır.

Camı akıllı yapan bir diğer özellik ise sağladığı enerji tasarrufunun yanı sıra, ortaya koyduğu estetik değerdir. Yapı kabuğunu insan vücudunu saran bir deri gibi binayı saran bir katmana dönüştüren akıllı cephelerden bazıları, iklim koşullarına otomatik olarak anlık tepkiler verebilmekte ve üzerine yapılabilen çeşitli kaplamalar ve diğer görselleştirme yetenekleriyle hem enerji tasarrufu hem de estetiği bir arada sunmaktadır.

Diğer yapı malzemelerini belirli kriterlere göre seçebildiğimiz gibi akıllı camları da seçebilecek bir kontrol listesine ihtiyaç vardır. Yukarıda bahsedilen nedenlerden ötürü henüz çok kesin sonuçlar veremese de camın akıllılığının bazı kriterlere göre

değerlendirilmesi mümkündür. Bazıları tipik camlar için de geçerli olmakla birlikte, bu kriterler:

- Camın yapı ve yapı kabuğuyla ilişkisi,
- Kullanılacağı yapının bulunduğu bölgenin koşullarına uygunluğu,
- Yapıda gerçekleştirilecek aktiviteler için gerekli konforu sağlayıp sağlamayacağı,
- Gerekli hallerde kullanıcıların özel isteklerine yanıt verebilme kabiliyeti,
- Kullanıcılar için termal konfor sağlaması,
- Ses kontrolü sağlaması,
- Bir yandan görsel konfor ve kaliteyi sağlarken öte yandan gizliliği de temin edebilmesi,
- Yapının ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve aydınlatma sistemleriyle entegre çalışarak tasarrufa katkıda bulunabilmesi,
- Gerekğinde enerji üretebilme yeteneği,
- Dış etkilere karşı dayanım gösterirken, iç mekân ile dış ortam arasında filtre görevini gereğince yerine getirebilmesi,
- Otomatik kontrol sistemleriyle entegre çalışarak, işletilmesinde insan etkenini ortadan kaldırabilme yeteneği,
- Arzu edildiğinde özelliklerinin, sınırları dahilinde ayarlanabiliyor olması,
- Ekolojik nitelikleri olarak sıralanabilir.

Bu kriterlere gelişen teknolojiye ve kullanıcı gereksinimlerine paralel olarak yenileri eklenebilir veya nitelikleri değiştirilebilir.

4.2 Önerilen Akıllı Cam Seçim Yöntemi

Akıllı camların belirtilen kriterler doğrultusunda seçimi her zaman sayısal verilere dayanmayacaktır. Seçenekler arasında yer alan camların fiziksel ve kimyasal yetenekleri sonucu gösterecekleri performanslar da bu seçimde önem taşımaktadır. Bu nedenle sadece sayısal verilere değil, aynı zamanda bazı göreceli performanslara ve tasarımcının tecrübe ve yeteneğine bağlı olarak değerlendireceği bir sisteme ihtiyaç vardır. Akıllı camların herbirinin aynı yetenekleri haiz olmadığı da düşünüldüğünde

söz konusu yapı için camlardan beklenenler önem kazanmaktadır. Her yapının bulunduğu yere, iklime, fonksiyonlarına, cephedeki saydamlık oranına, büyüklüğüne, enerji etkinliği düzeyine vb. özelliklerine bağlı olarak, cephede kullanılacak akıllı camlardan beklenenlerin önem dereceleri farklı olacaktır.

Bu nedenle önceki başlıkta bahsedilen kriterler kategorik olarak sınıflandırılarak, bir değerlendirme yöntemi önerilmesi amacıyla Çizelge 4.2 oluşturulmuştur. Değerlendirmede “Önem” ve “Değer” sütunları bulunmaktadır. “Önem” sütunu; değerlendirmeye alınan projede ilgili satırdaki kriterin önem derecesini ifade etmektedir. Bu dereceler 1,2,3,4 ve 5 ile sınırlandırılmıştır ve açıklamaları Çizelge 4.1’de görülebilir.

Çizelge 4.1 : Önem dereceleri

Önem Derecesi	Açıklama
1	Önemsizdir
2	Az Önemlidir
3	Önemlidir
4	Daha Önemlidir
5	Çok Önemlidir

“Değer” sütunu için ise 0 veya 1 değerleri verilmesi düşünülmüş, bileşenin özellikleri göz önüne alındığında ilgili kriterin sağlandığı satırlarda “Değer” sütununa “1” , sağlanmadığı durumda “0” yerleştirilerek değerlendirmenin yapılması yöntemi benimsenmiştir. Değerlendirme sonucu, ilgili satırlardaki “Önem” ve “Değer” sütunlarının çarpımı ile elde edilen puanların toplanması ile oluşacaktır. Bu derece sistemi, her cam tipi için aynı olup, istenirse proje için tek bir çizelgede bağımsız olarak, istenirse her cam tipi ile ilgili çizelgede tekrarlanarak verilebilir.

Bu çalışma, cam tiplerinin değerlendirilebilmesi için bir öneri niteliği taşımaktadır. Bu yöntem, çizelgeye ihtiyaca göre yeni kriterlerin eklenmesi veya çıkarılması esnekliğini de beraberinde getirmiştir. Tasarlanan Çizelge 4.2 aşağıda görülebilir.

Çizelge 4.2 : Akıllı cephe elemanı olarak cam değerlendirme çizelgesi önerisi

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu Bulunduğu çevre ile uyumu		
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi		

Çizelge 4.2 (devam) : Akıllı cephe elemanı olarak cam değerlendirme çizelgesi önerisi

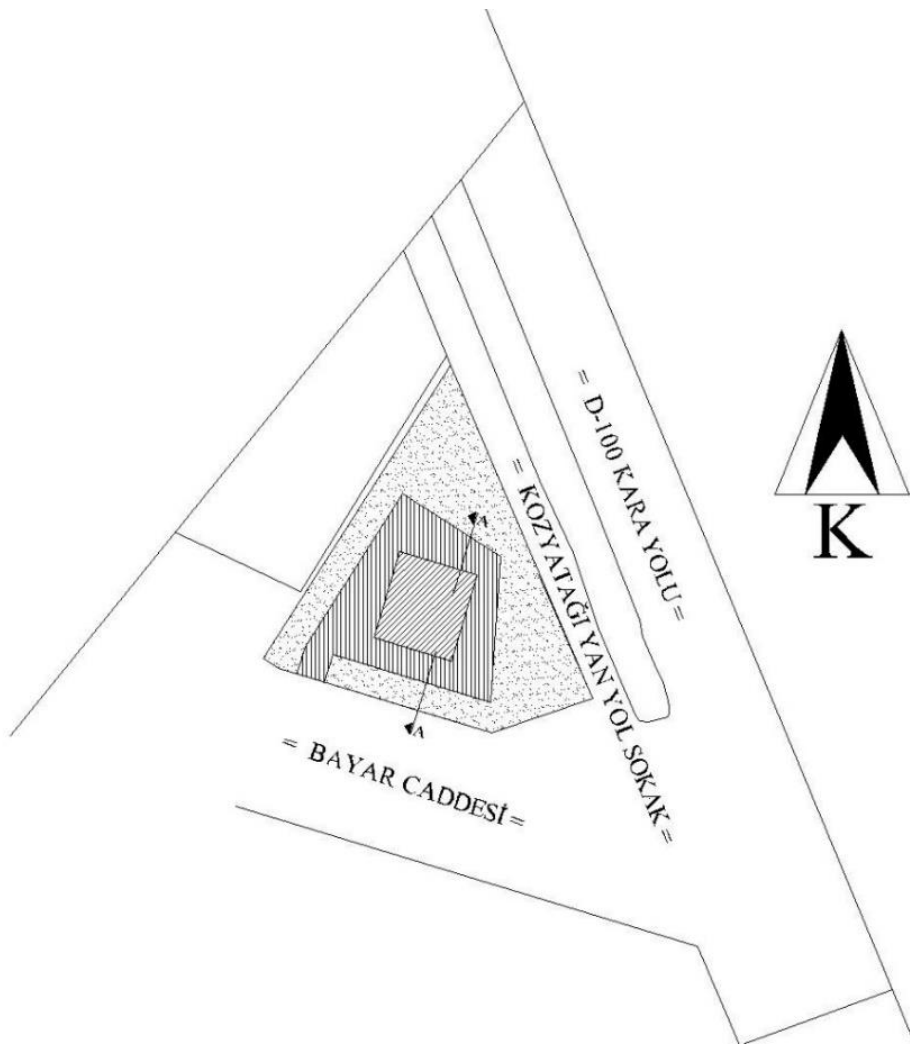
Kategori	Kriter	Önem	Değer
Görsel Konfor	Gizlilik		
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği		
	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması		
Akustik	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans		
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi		
Enerji Tasarrufu	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması		
	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması		
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması		
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi		
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi		
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması		
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği		
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi		
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı		
	Maliyet		

4.3 Seçimin Örnek Üzerinden Yapılması

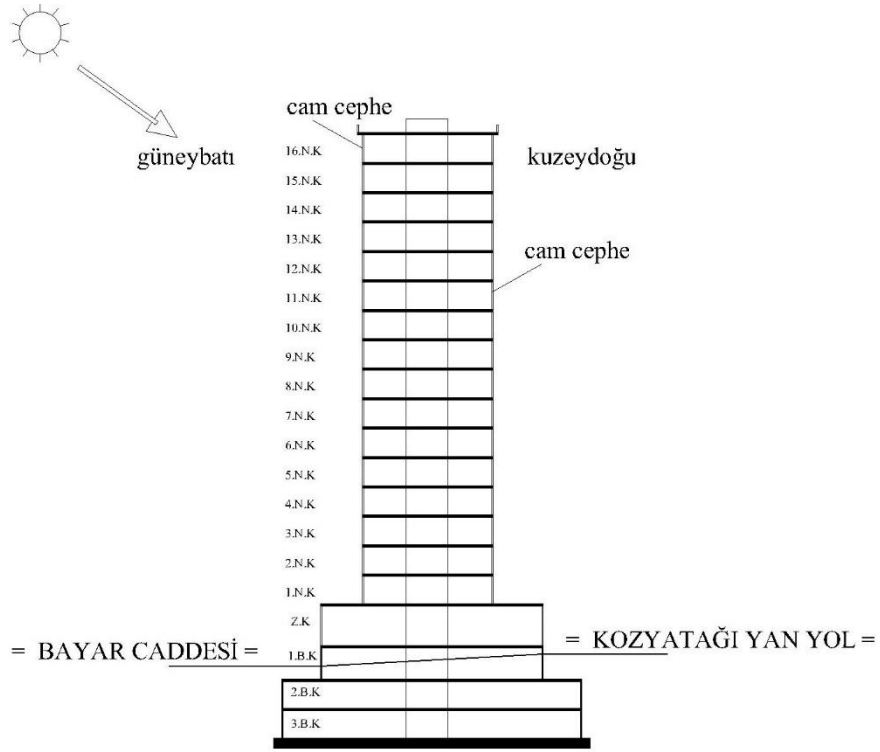
Çizelgeyi bir örnek proje üzerinden ele almak doğru olacaktır: Örnek olarak İstanbul ili, Kadıköy ilçesinde D-100 karayoluna cepheli bir arsada inşa edilecek yüksek katlı bir ofis binası projesi üzerinden değerlendirme yapılacaktır. Bu binanın toplam 20 katlı bir ofis binası olmasına karar verilmiştir. Binada aktif sistemler kullanılacak olup, çevresi ile etkileşim halinde olan bir cephe sistemi tasarlanacaktır. Binanın D-100'e bakan cephesi cephesi Kuzeydoğu yönüne bakmaktadır. Kat alanı yaklaşık 217 m² ve tüm cephelerinin cam olduğu varsayılmaktadır. Üç tarafı yola cepheli olduğundan etrafının açık olduğu düşünülebilir. Güneybatıya yönelmiş cephesindeki ihtiyaçlar ile Kuzeydoğu ve diğer yönlere yönelmiş cephedeki ihtiyaçlar farklı olacaktır. Bu nedenle güneş ile ilişkisi en az olan cephe olan kuzeydoğu cephesinin ihtiyaçları göz önüne alınacak, buna ilave olarak diğer fonksiyonel ihtiyaçların cephe elemanlarından beklenen cevapları aranacaktır. Binanın vaziyet planı ve şematik kesiti Şekil 4.1 ve Şekli 4.2'de görülebilir. Binanın konumu itibariyle 21 Haziran tarihinde mesai saatleri (08:00-19:00) arasında kuzeydoğu cephesinden başlayarak kuzeybatı yönüne kadar hareket etmektedir. Güneşin en dik geldiği zaman (13:05) güneybatı cephesindeki hareketine başlamış ve 16:00 civarı kuzeybatı cephesine geçmiş olmaktadır. Kuzeybatı

cephesine dik gelmeye başladığı (19:00) sıralarda ise mesai bitmiş olmaktadır (Şekil 4.3).

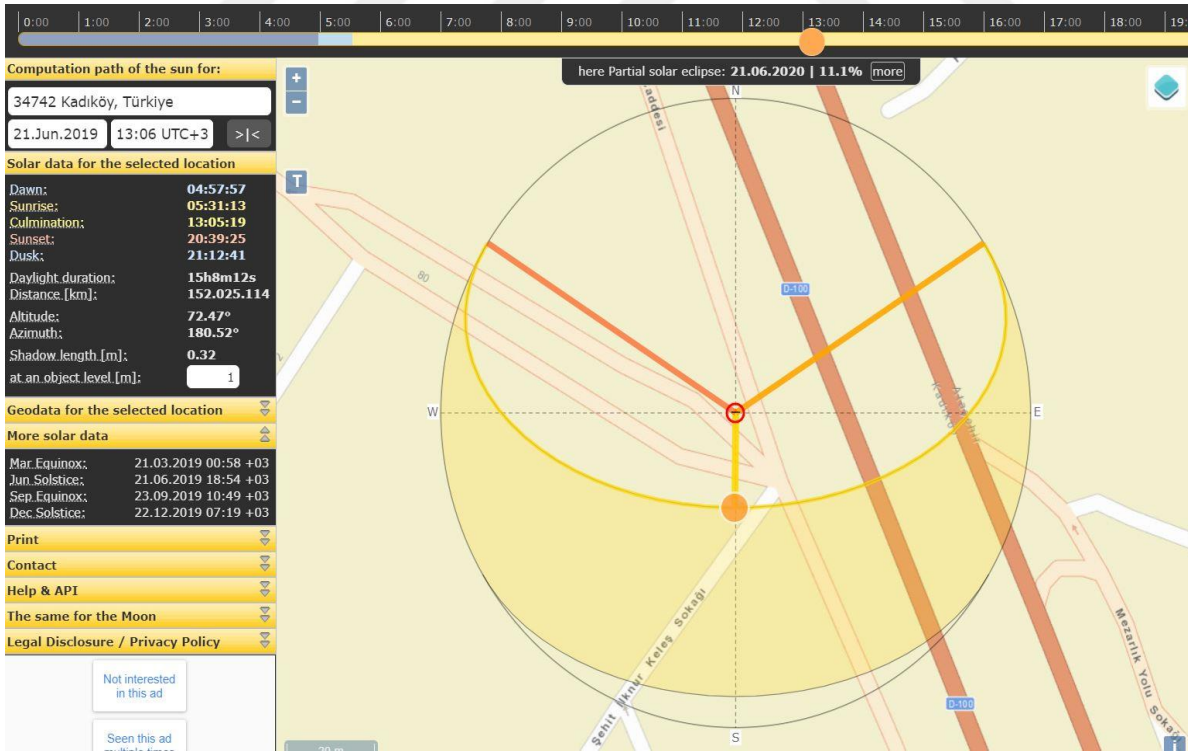
Bu bilgilere göre; D-100 cephesinde (kuzeydoğu) sabah erken saatlerde güneş ışınımı etkisi ile sıcaklık bir miktar birikmiş ve mesai başladığında diğer cephelere geçmeye başlamış olur. Kullanım saatlerinde kuzeydoğu cephesi hariç üç cephe de değişik aralıklarla güneş almaktadır. Ayrıca bölgenin Haziran ayında günlük ortalama 10.11 saat güneş aldığı bilgisi de yenilenebilir enerji genel müdürlüğü tarafından paylaşılmıştır (Şekil 4.4).



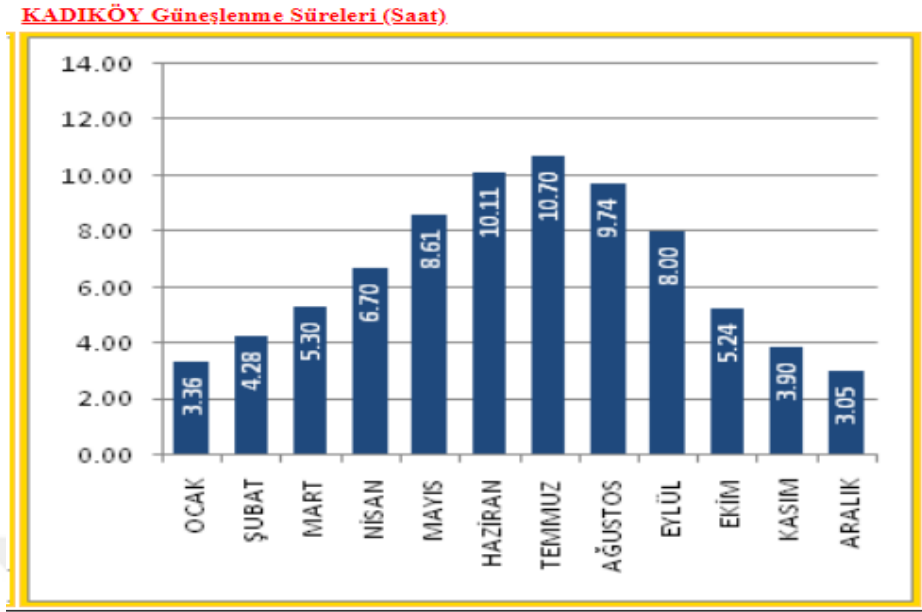
Şekil 4.1 : Vaziyet planı



Şekil 4.2 : Kesit



Şekil 4.3 : İlgili noktada alınmış suncalc.net ekran görüntüsü [53]



Şekil 4.4 : Kadıköy güneşlenme süreleri (saat) [54]

Bu özellikleri ve proje karakteristiği dikkate alınarak, aşağıdaki önem dereceleri belirlenmiştir :

Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu :

Kuzeydoğuya yönelmiş cephe için, maksimum günışığını alacak, aynı zamanda dış sıcaklığı mümkün olduğunca dışarıda bırakacak, diğer cepheler için doğal aydınlatmadan en fazla fayda sağlayacak, bununla birlikte güneş ışınımından mümkün olduğunca korunacak cam sistemlerine ihtiyaç duyulacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle önem derecesi 5 olarak belirlenmiştir.

Bulunduğu çevre ile uyumu :

Çevre binalar da genellikle iş merkezi olduğundan cam giydirme cephe seçimi uyumsuzluk göstermeyecektir. Cam rengi açısından da çevrede değişik cepheler bulunduğu için önem derecesi 3 olarak belirlenmiştir.

Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi:

Kalabalık bir kullanım ortamı olacağından, ortamın ne aşırı sıcak ne de serin olması istenmektedir. Ayrıca aydınlatma, gün ışığı geçirgenliği vb. birçok temel kriteri de barındıran bu kriter, yapay sistemlerin yanısıra cephe elemanlarının camdan oluşması

nedeniyle, ısı ve ışık geçirgenliği üzerindeki etkisi çok önemli olduğundan önem derecesi 5 olarak belirlenmiştir.

Gizlilik :

Ofis binası olduğundan gizlilik önem derecesi 1 olarak belirlenmiştir.

Kontrollü gün ışığı geçirgenliği :

Çalışanların göz sağlığı açısından güneşin yoğun olarak geldiği saatlerde gün ışığını kontrollü olarak geçirmesinin önem derecesi 5 olarak belirlenmiştir.

Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması :

Gölgeleme elemanları mimari tasarımın bir parçası da olarak kullanılabilceğinden tasarımcının, işverenin isteklerine ve maliyet unsuruna göre belirlenmesi uygundur. Aktif sistemler kullanılacağından gölgeleme elemanları da bu sistemin bir parçası olacaktır. Gölgeleme elemanı kullanılması genel anlamda düşünülmemektedir, ancak faydası olan yerlerde kullanılabilceğine karar verilmiştir. Tasarıma bağlı olarak etkileri ve performansı değişebilecek olan gölgeleme elemanlarına bu projede ihtiyaç duyulmaması kriterinin önem derecesi 3 olarak belirlenmiştir.

Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans :

Konumu itibariyle yoğun trafik akışına sahip bir aksta olduğundan araç ve insan seslerini en az düzeyde geçirmesi, bu anlamda camın, cephe sistemine katkıda bulunması önemlidir. Ancak, akustik performans cephenin diğer elemanları vasıtası ile de sağlanacağından bu projede cam için birincil gereksinim değildir. Bu nedenle önem derecesi 3 olarak belirlenmiştir.

Kırıldığında zarar vermemesi :

Camın bir nedenle yere düştüğünde altında bulunanlara zarar vermemesi, özellikle çatı elemanı olarak kullanımında önemli bir kriterdir. Cephede ise bina çevresinde bulunanlar açısından önem arz etmektedir. Yapı yoldan uzak mesafede ve araç hareketi ağırlıklı bir aksta olduğundan önem derecesi 3'tür.

Dışarıdan gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması :

Camın kırılmaya, patlamaya, kurşuna karşı dayanımı istenen durumlarda tercih edilir. Bu proje için bu değer 1'dir.

Isıtma, soğutma, iklimlendirme sistemine olan ihtiyacı azaltması :

Cam oranının daha az olduğu durumlarda etkisi az olacağından önem derecesi daha düşük, cam oranının yüksek olduğu projelerde önem derecesi yüksek olmalıdır. Projemizde tüm cepheler cam olduğundan, ve çevreyle etkileşimli bir cephe istendiğinden enerji tasarrufuna sağlayacağı katkı çok önemlidir. Bu nedenle önem derecesi 5 olarak kabul edilmiştir.

Aydınlatma sistemine olan ihtiyacı azaltması :

Çok geniş alanlarda cephenin çekirdeğe olan uzaklığı, ofis planı vb gibi kriterler göz önüne alınarak belirlenir. Bizim projemizde alan sınırlı olduğundan aydınlatmaya katkısı önemli etki yaratacaktır. Bu nedenle önem derecesi 5 olarak belirlenmiştir.

Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi :

Yapının enerji üretmesi istenen durumlarda önemlidir. Yapının güneşlenme süresi, montaj, işletme ve bakım maliyetleri, işveren istekleri ile üretilen enerjinin getirisi hesaplanarak bulunması uygundur. Bizim yapımız, İstanbul'da olması ve toplam cephe alanının sınırlı olması gibi negatif unsurları barındırsa da aktif bir sistem hedeflendiğinden en azından cephenin ihtiyacı olan enerjiyi karşılayabilmesi önemlidir. Bu nedenle bu kriterin önem derecesi 3 olarak belirlenmiştir.

Kullanım ömrü / bakım gereksinimi :

Yapıda kullanılan tüm malzemelerin ömrünün uzun, bakım gereksinimi az olması istenmektedir. Ancak istisnai olarak bazı yapılarda 10-15 yıllık periyotlarda kullanıcı değişimi/isteği veya cepheden beklentilere (cephenin ekran gibi kullanılması vb.) paralel olarak cephe elemanı değişimi yapılabileceği ön görülüyorsa önem derecesinin az olduğu düşünülebilir. Bizim yapımızda çok önemlidir. Önem derecesi 5 tir.

Durabilitesi / dış etkilerle yıpranmaması :

Kullanım ömrü ile paralel görünse de yıpranma yalnızca ömrünü değil aynı zamanda kullanım sırasındaki gereksinimleri karşılama düzeyini de etkiler. Dış etkilere karşı dayanıklı olması, camın sunduğu özelliklerin zaman içinde azalmasını önler. Her cephe malzemesinde istenen bir özelliktir. Önem derecesi 5.

Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği :

Yapının tamamını kapsayan bir otomasyon sistemi olması durumunda, cephenin anlık iklim koşullarına adaptasyon yeteneği veya dış ortam koşullarına göre i konforu sağlamak üzere bir merkezi bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilebilmesinin önemine göre derecelendirilir. Adaptasyon yeteneği istenmeyen durumlarda bu kriter önemsiz olacaktır. Bu projede önem arz etmektedir. Aktif cephe sistemi kullanılacağından, maliyet unsuru da göz önünde bulundurularak, “otomasyon yeteneğinin düzeyi sınırlı olabilir” düşüncesiyle bu projede önem derecesinin 4 olmasına karar verilmiştir.

Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi :

Bir nceki kriter ile ilişkili olan bu kriter , otomasyon sisteminde, cephenin sensör, aktüatör, hareketli elemanları vb. diğer bileşenlerinde bir sorun olması halinde, pencerelerin açılabilmesi veya istenen durumlarda güneş kontrolünün mümkün olduğunca sağlanabilmesi için elle kontrole olanak vermesini içermektedir. Pasif cephe sistemlerinde önemsiz olacak bu kriter, bizim sistemimizde önem arz etmektedir. Ancak yine de elle kontrol düzeyi isteğe ve otomasyon sisteminin devre dışı kalması durumunda binanın vereceği tepkinin programlanmasına bağlı olduğundan önem derecesi 4 olarak belirlenmiştir.

Ekolojik malzeme olup olmadığı :

Eğer tamamen çevreye duyarlı bir bina tasarımı yapılması hedefleniyorsa, tüm malzemeler dikkatle seçiliyor ve ekolojik olması isteniyorsa önem derecesi yüksek olacaktır. Ancak gerek üretim yöntemleri, gerek temin edileceği mesafeler, gerekse işletme ve bakım gereksinimleri nedeniyle, bu çalışmada ele alınan bileşenlerin tamamı ekolojik değildir. Bu nedenle bu projede önem derecesi 2 olarak belirlenmiştir.

Maliyet :

Her kriter içinde kendine has bir maliyet unsuru barındırmakla birlikte, bu kriter yalnızca temin ve montaj maliyetini kastetmektedir. Ele alınan cam tiplerinin halihazırda maliyetlerinin yüksek olması ya da henüz yaygın olarak temin edilmemesi nedeniyle maliyet unsuru bu proje için önemsiz olarak ele alınmıştır. nem derecesi 1 dir. Oluşturulan izelge aşağıda görülebilir (izelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Örnek proje için kriterler ve önem dereceleri.

Kategori	Kriter	Önem
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5
Görsel Konfor	Gizlilik	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5
	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3
Akustik	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3
Enerji Tasarrufu	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1
	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2
	Maliyet	1

4.4 Akıllı cam tiplerinin değerlendirme tabloları

Bu bölümde cam tipleri yukarıda belirtilmiş olan kriterlere göre değerlendirilmeye çalışılacak ve bir kıyas yapma olanağı doğacaktır. Her cam türü için ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Devam eden tablolarda değerlendirmeler görülebilir. Ancak bu karşılaştırmada değerlendirilmemiş başka camlar ve hesaba katılmamış kriterler de olduğu unutulmamalıdır. U değeri, görsel geçirgenlik ve SHGC (güneş ısısı geçirgenlik katsayısı) değerleri camlara eklenecek değişik kaplamalar ile değişebileceğinden hesaba katılmamıştır. Ancak istenirse seçim sırasında, seçim yapılacak ürünler kesinleştğinde teknik bilgileri alınarak istenen değerler de puanlamaya katılabilir. Çizelge 4.4'te fotokromik cam için değerlendirme yapılarak başlanacaktır.

Çizelge 4.4 : Fotokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1

Çizelge 4.4 (devam) : Fotokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Görsel Konfor	Gizlilik	1	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	1
Akustik	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	1
	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3	
	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	
Enerji Tasarrufu	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	0
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	1
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	1
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	1
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	0

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 44

Fotokromik camların soğutma için harcanan enerjiden sağladığı tasarruf ısıtma ve aydınlatma enerjisinden sağlanan tasarrufa olan katkısından daha fazladır. Çünkü cam renk değiştirerek koyulaşmakta, ısı ile birlikte günışığı geçişini azaltmaktadır. Bu da ısıtma ve aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı daha az azaltmaktadır. Bu nedenle aydınlatma enerjisi tasarrufuna 0 değeri verilmiştir. Akustik performans, ve güvenlik kategorilerine ilişkin bilgiye ulaşılammıştır.

Çizelge 4.5 : Termokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1
Görsel Konfor	Gizlilik	1	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	1
Akustik	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	1
	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3	
	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	
Enerji Tasarrufu	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	0

Çizelge 4.5 (devam) : Termokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Enerji Tasarrufu	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	1
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	0
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	0
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	1
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	0

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 38

Termokromik cam, fotokromik cama göre daha fazla soğutma enerjisi tasarrufu sağlar ve penceredeki bir sıcaklık kaynağı ile aktive edilebilmesi nedeniyle otomatikleştirilebilme yeteneği daha fazladır. Bina otomasyonuna uyum kriteri için değer bu nedenle 1 olarak kabul edilmiştir. Fakat giydirmeye cephe sisteminde her cama ısı kaynağı vermek maliyetli ve zor olacağı da gözardı edilmemelidir. Öte yandan, cam üzerinde biriktirdiği ısıyı fotovoltaik katmanlar aracılığı ile enerjiye dönüştürebilir, bu nedenle ilgili değer 1 olarak verilmiştir. Her ne kadar gölgeleme elemanına ihtiyacı azalrsa da ısınma durumunda görüntüyü önemli ölçüde azalttığından gün ışığı geçirgenliğinin kontrollü olması durumu üzerinde düşünülmelidir. Günümüzde ürün gelişmeye ve bu değerler değişmeye devam ettiğinden değerlendirmemizde “kontrollü gün ışığı geçirgenliği” kriterini karşıladığı kabul edilmiştir. Güneybatı cephesinde soğutma ihtiyacını önemli ölçüde azaltacağı düşünülmektedir. Ancak ışık geçirgenliğini de beraberinde azaltacağından “aydınlatma enerjisi tasarrufu” kriteri için 0 verilmiştir. Renk değiştirme yeteneğinin zamanla azalması dezavantajdır. Akustik performans ve güvenlik kategorilerine ilişkin bilgiye ulaşamamıştır. Çizelge 4.6’da elektrokromik cam için değerlendirme çizelgesi görülebilir.

Çizelge 4.6 : Elektrokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1
Görsel Konfor	Gizlilik	1	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	1
	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	1
Akustik	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	

Çizelge 4.6 (devam) : Elektrokromik cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3	
Enerji Tasarrufu	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	
	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	1
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	0
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	1
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	1
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	0

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 48

Elektrokromik cam diğer sistemlere göre oldukça avantajlıdır. Hala gelişimi sürdürdüğünden, ileride enerji harcaması açısından çok daha verimli olabilir. Ayrıca isteğe göre ara değerlere ayarlanabilir olması ve otomasyon sistemiyle tam kontrolünün sağlanabilmesi de avantajlarındandır. Bakım gereksiniminin fazla oluşu, yüzey büyüdükçe elektrik alanının azalması ve yüksek maliyeti dezavantajdır.

Çizelge 4.7 : Lamine cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1
Görsel Konfor	Gizlilik	1	0
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	0
	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	0
Akustik	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	1
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3	1
	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	1
Enerji Tasarrufu	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	0
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	1
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	1
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	0
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	1

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 45

Şeffaf lamine cam olarak değerlendirmeye alınmıştır. Lamine cam diğer sistemlere göre daha yaygındır. Maliyeti düşüktür. Isıl işlemle geçirilerek güvenlik camı haline getirilebilir. Birden fazla katman uygulanarak ısı yalıtımı sağlanabilir. Ayrıca isteğe göre akustik film kaplama yapılarak ses yalıtımı da sağlanabilir. Şeffaf, renkli ya da desenli olabilir, fakat şeffaf olarak değerlendirmeye alındığından kontrollü gün ışığı geçirgenliği söz konusu değildir. PVB içerdiğinden, ekolojik değeri 0 verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Açısal seçici cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1
Görsel Konfor	Gizlilik	1	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	1
Akustik Güvenlik	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	1
	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	
	Kırıldığında zarar vermemesi	3	1
Enerji Tasarrufu	Dışarıdan Gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	1
	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
Bakım/Onarım	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	0
	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	1
Kontrol	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	
	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	0
Diğer	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	1

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 46

Açısal seçici cam kaplamaları da piyasada bulunabilmektedir. İstenirse temperli cama da kaplanması mümkündür. Üretim aşamasında açısı ayarlandığından zaman zaman gölgeleme elemanına ihtiyaç duyabilir, fakat binanın ihtiyaçlarına göre üretilmiş olacağından bu değer 1 verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Likit kristal cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Mimari	Bulunduğu yerin iklim koşullarına uygunluğu	5	1
	Bulunduğu çevre ile uyumu	3	1

Çizelge 4.9 (devam) : Likit kristal cam değerlendirme çizelgesi.

Kategori	Kriter	Önem	Değer
Termal Konfor	Kullanıcının termal gereksinimlerine cevap verebilmesi	5	1
Görsel Konfor	Gizlilik	1	1
	Kontrollü gün ışığı geçirgenliği	5	0
	Gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması	3	1
Akustik	Dış ortam seslerine karşı yüksek akustik performans	3	0
Güvenlik	Kırıldığında zarar vermemesi	3	0
	Dışarıdan gelecek tehlikelere karşı dayanıklı olması	1	0
Enerji Tasarrufu	Isıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	1
	Aydınlatma sistemine duyulan ihtiyacı azaltması	5	0
	Yapının ihtiyaç duyduğu enerjinin bir bölümünü karşılayabilme kapasitesi	3	0
Bakım/Onarım	Kullanım ömrü/Bakım gereksinimi	5	1
	Durabilitesi/dış etkilerle yıpranmaması	5	1
Kontrol	Bina otomasyonuna entegrasyon yeteneği	4	1
	Gerekli durumda elle kontrol edilebilmesi	4	1
Diğer	Ekolojik malzeme olup olmadığı	2	0
	Maliyet	1	1

Değerlendirme sonucu çıkan puan : 41

Likit kristal camlar günümüz piyasasında kolayca uygulandığı iddia edilen PDLC (polimer dağılmış likit kristal) film kaplamalar şeklinde bulunmaktadır. Yanlış bir tabirle “elektrokromik” olarak lanse edilse de elektrokromik camın aksine normalde opak görünür ve elektrik verildiği sürece şeffaflaşır. Bu nedenle gölgeleme elemanına ihtiyaç duymaması değeri 1 verilmiş, ancak kontrollü gün ışığı geçirgenliği kriteri 0 kabul edilmiştir. Beraberinde aydınlatma için harcanan enerjiyi de arttıracaktır.

4.5 Örneğin Değerlendirilmesi

Örnekte ele alınan altı cam tipi için yapılan değerlendirme sonucunda değişik puanlar çıktığı görülmüştür. Elektrokromik cam 48 puan ile birinci sırada, açılabilir cam 46 puanla ikinci, Lamine cam 45 puan ile üçüncü sırada yer almışlardır. Fotokromik cam 44 puan ile dördüncü olurken, likit kristal ve termokromik camlar ise beklenen kriterleri yeterince karşılamamaları nedeniyle örneğimizdeki proje için 41 ve 38 puanla beş ve altıncı sırayı almışlardır. Bu değerlendirme tablosu sonucunda ortaya çıkan puanlar camların yapı ile ilişkisi ve benzeri unsurlar ile ilgili beklentilere ilişkin başkaca kriterlere göre değişkenlik gösterebilecektir. Örneğimizdeki bina için birinci sırada çıkan elektrokromik cam sistemi aktif cephe sistemleri için oldukça uygun bir

sistemdir. Elektrikle aktivasyonunun yanısıra cama eklenebilecek fotovoltaik katmanlar ile elektrik enerjisi üretimine katkı sunabilir, ışık sensörleri de sisteme dahil edilerek, elektrik aktivasyonu aynı zamanda gün ışığına bağlandığında binanın otomasyon sisteminin bir parçası haline rahatlıkla gelebilir. Geçirgenlik düzeyinin bir dimmer yardımıyla ayarlanabiliyor olması da gerekli zamanda gerektiği kadar gün ışığından faydalanması sayesinde enerji tasarrufu ve kullanıcıların konforuna katkıda bulunacaktır. Bu nedenle hedeflenen aktif ve duyarlı cephe isteğine de uygun olduğu düşünülebilir.

Ancak yaygın olarak temin edilemeyişi ve maliyet gibi nedenlerle ikinci ve üçüncü sırayı paylaşan camlar arasından en uygun olanı da seçilebilir. Sunulan seçim tablosu bir kesinlik ifade etmemekte olup, beklentilere uygun seçim yapılmasını kolaylaştırıcı bir yöntem önermektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanların tarihsel süreçte her zaman ihtiyaçlarını karşılamada bulduğu çözümler teknolojik olanaklara paralel olarak gelişimini sürdürmektedir. İnsan için en önemli unsur olan barınak ihtiyacının karşılanma şekli de buna paralel olarak gelişim göstermiş ve günümüzde teknoloji destekli binalara dönüşmeye başlamıştır. Bu durum binaların çeşitli sistemlere sahip birer organizmaya dönüşümüne doğru evrilmektedir. 19. yüzyılın başlarından beri mimarlık ve mühendislik alanında yaşanan gelişmeler yapılaraya yansıtılmakta ve bu teknolojiler gelişimini sürdürmektedir.

Yapı-insan ilişkisine bakıldığında insanı doğrudan etkileyen sistemler iklimlendirme ve cephe sistemleridir. Bu bağlamda cepheden beklentiler de zaman içinde değişmiş ve gelişmiştir. Önceleri yalnızca iç ortam ile dış ortam arasında bir bariyer görevi gören cepheler, artık insan ile yapı çevresi arasındaki etkileşimi kuran bir unsur olarak görülmektedir. Tasarım, moda ve dekorasyon alanındaki gelişmeler de beklentileri değiştirmekte ve yapının yüzü olarak doğal çevrenin bir parçası olduğu bilincini geliştirmektedir.

Sözü edilen bu teknolojik gelişim sırasında doğanın gördüğü zararı tamamen telafi edemesek de, azaltmaya yönelik çeşitli çözümler, her alanda olduğu gibi yapısal çevre için de geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yapının artık doğa ile mücadele etmesi yerine ona uyum sağlamaya çabalaması gerektiği uzmanlarca kavranmıştır. Bununla birlikte insanların gelişen taleplerinin de yapıya entegrasyonu gerekmektedir. Bu bağlamda binanın sistemlerinin de insan kontrolüne gereksinim bırakmaksızın kullanıcı konforu için gerekli düzenlemeleri yapması beklenir hale gelmiştir. Bu durum aynı zamanda çevre ile maksimum uyum ile mümkündür.

Günümüzde her alana girdiği gibi, bilgisayar teknolojisi yapılaraya da girmiş, özellikli yapıları otomasyon sistemleri yönetir hale gelmiştir. Yakın bir gelecekte yapılar tamamen çevreden aldığı veriler ile sahip olduğu sistemleri kendi aklıyla yönetebilecektir. Birçok yapıda henüz yalnızca dahili sistemlerin kontrolü bu yolla yapılsa da gelecekte cephenin de tıpkı bir iklimlendirme sistemi gibi kontrol edilebileceği yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır.

Çalışma boyunca sıkça bashedilen akıllı bina kavramına paralel olarak gelişen akıllı cephenin vazgeçilmez unsuru, dış ortamla doğrudan ilişki kurmamızı sağlayan camdır. Camın bina otomasyonuna entegre olabilmesi, bir otomasyon yoksa dahi pasif sistemlerde kullanılan camların bazı özellikleri geliştirilerek akıllandırılması, mümkündür.

Akıllı camlar fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişik yeteneklere sahip olmakta ve elektrokromik, fotokromik, termokromik, açılabilir, likit kristal gibi isimler almaktadır. Tüm bu cam tipleri bazı yetenekleri bakımından halen geliştirilmeye muhtaç olmakla birlikte yapılarda yavaş yavaş kullanıma girmeye başlamıştır. Temel amaç enerji tasarrufudur, ancak cephenin, kendisinden beklenen diğer beklentilere de doğru cevap verebilmesi için cephe sisteminde kullanılacak camın da beklentilere uygun seçilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyacı karşılamaya yönelik olarak bir seçim yöntemi bu çalışmada önerilmiştir.

Her akıllı cam kendine has yapısal özelliklere sahip olduğundan karşılayacağı ihtiyaçlara yönelik bir değerlendirme sistemi tercih edilmiştir. Bu kapsamda da ihtiyaçların önem düzeyleri belirleyici hale gelmiştir. Çalışma esnasında akıllı cam'dan beklenen unsurların yapının konumu, müşteri talepleri, tasarım olanakları, yasal unsurlar gibi birçok etkenle değişkenlik gösterebileceği görülmüş ve esnek bir puanlama sistemi oluşturulmuştur. Seçim yöntemi mümkün olduğunca sadeleştirilerek, bileşen bazında, önem derecesine göre ihtiyaçlar ve cam tipinin karşılama yeteneği olarak özetlenmiştir. Değerlendirme kriterlerinin ise üretici kataloğunda yer alacak teknik bilgiler ve özellikler ışığında cama istenen bazı özellikli katmanların eklenmesi, katman sayısının ve kalınlıklarının belirlenmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkacak ürünlerin teknik verileri ışığında daha net şekillendirilebileceği görülmüştür.

Değerlendirme sisteminin göreceli olması, tasarım sürecinde ortaya çıkan beklentiler ve istekler doğrultusunda bir puanlama sistemi oluşturularak, tercihlerin belirlenmesinde seçicilere esneklik sağlamıştır. Böylece doğrudan amaçlarına yönelik bir malzeme seçimi için, tasarımcılara fikir verici niteliği taşıyan bir sistem ortaya çıkmıştır. Teknolojik gelişmelere paralel olarak tipler arasındaki ayrımsal yetenekler daha da belirginleşecek ve daha kesin sonuçlar verebilen bir sisteme dönüşebilecektir.

Çalışma neticesinde ortaya çıkan sonuçlara bakıldığında, camların akıllanma süreçlerinin halen ciddi gelişimlere ihtiyaç duyduğu, bir yeteneği sunarken başka bir

özelliğinden yoksun olduğu görülmektedir. Ayrıca kullanılan teknolojilerin henüz yaygınlaşmamış olmasından dolayı temin edilmeleri ve maliyetleri oldukça yüksektir. Lamine camlar dünya çapında yaygın olarak bulunmaktayken, elektrokromik, termokromik ve likit kristal camları sunduğunu iddia eden bazı firmalar mevcuttur. Diğer seçenekler ağırlıklı olarak cama kaplanan film tabakası şeklinde ve ölçü-kalite bakımından sınırlı olanaklar sunmaktadır.

Yakın gelecekte, gelişen teknolojiye paralel olarak bu camların ve/veya başkaca yetenekleri haiz camların yaygın ve uygun maliyetle temin edilebileceği öngörülmektedir. Bu nedenle gelecekte ortaya çıkacak ihtiyaçlar doğrultusunda yeni kriterlerin eklenmesi, standartlaştığı için önemsiz hale gelen bazı kriterlerin çıkartılması ile sistem gelişimini sürdürmeye devam edebilecektir.

Önem derecesi olarak farklı aralıklar kullanılarak, birden fazla proje üzerinde denenerek sistemin etkinliği test edilebilir ve daha kıyaslanabilir sayısal veriler elde edildiğinde, değer sütunu, karşılama düzeyi olarak derecelendirilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] **Dikmen, Ç. & Gültekin, A.** (2009). Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Kapsamında Mimari Tasarım Sürecinde Akıllı Bina Kavramına Bakış, *21. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi: Doğa, Kent ve Sürdürülebilirlik*, Bursa, Türkiye : 20-21 Mart.
- [2] **Gür, V.** (2004). Akıllı Giydirme Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi, *CNR Çatı Cephe Fuarı-ÇATIDER*, İstanbul, Türkiye : 2-3 Nisan.
- [3] **Yenigün B., Yaka, E., Aktacir, M.A., Bulut H.,** (2013). Saydam Yapı Elemanlarının Bina Enerji Performansına Etkisi, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, Türkiye : 17-20 Nisan.
- [4] **Yurttakal, Ö.** (2007). *Pencere sistemlerinin ısı performansının eleman ve bina düzeyinde değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Url-1** <<https://www.greenteg.com/U-Value/>>, erişim: 04.05.2018
- [6] **Carmody, J., Selkowitz S., Lee, E.S., Arasteh, D., Willmert, T.** (2004). *Window Systems for High-Performance Buildings*. New York : W.W. Norton Company
- [7] **Ayçam, İ., Utkuğ, G.S.** (1999). Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin Isıl Performanslarının İncelenmesi ve Enerji Etkin Pencere Seçimi, *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye : 4-7 Kasım.
- [8] **Url-2** <<https://www.efficientwindows.org/ufactor.php>>, erişim: 04.05.2018
- [9] **Url-3** <<http://www.aluart.com.tr/teknik/16-hava-gecirgenligi>>, erişim: 24.06.2018
- [10] **Gür, V.N.** (2007). *Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Url-4** <<https://www.yalitimli-aluminyum.com/mimari-cam-performans-kriterleri>>, erişim: 04.05.2018
- [12] **Çerçi, S.** (2013). Binalarda Günışığı Etkisinin Değerlendirilmesi ve Londra'dan Bir Örnek, *Mimarlık Dergisi*, 369
- [13] **Manav, B., Kutlu, R., Küçükdoğu M.Ş.** (2009). Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi, *Ulusal Elektrik Tesisat Kongresi, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, İzmir, Türkiye : 7-10 Mayıs.

- [14] **Sezer, Ş.F.** (2005). Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 10(1), 15-21, <https://dergipark.org.tr/download/article-file/202825>
- [15] **Direk, S.Y.** (2003). *Giydirme cephe tasarım sürecinde karar vermek için bir yöntem önerisi* (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] **Url-5** < <https://www.prosafety.com.tr/termal-konfor/> > , erişim: 24.06.2018
- [17] **Onat, N.G., Sönmez, A.** (2002). Giydirme Cephelerin Performans Özellikleri, *Ege Mimarlık*, 44,12-17
- [18] **İrtem,E., Tığ G.** (2006). Giydirme Cephe Taşıyıcı Sistem Profilleri için Optimum (Ekonomik) Kesit Boyutlarının Geliştirilmesi, *3.Ulusal Çati & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme Ve Teknolojiler Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye : 17-18 Ekim.
- [19] **Anonim**, Yangın ve Cam (2006). *İzolasyon Dünyası Dergisi*, Temmuz-Ağustos
- [20] **Oğuz, O.** (2007). *Akıllı bina kavramı ve akıllı bina değerlendirme metodları* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] **Mangan, S.D.** (2006). *Akıllı binalarda alt sistem değerlendirmesi:İstanbul örneği* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] **Gündüz, V.M.**(2015). *Akıllı binalarda kullanılan otomasyon ve güvenlik sistemlerinin örneklerle incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [23] **Oflaz, K.** (2004). *Akıllı binalar ve alt sistemlerinin değerlendirilmesi için bir model önerisi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] **Atkin,B.** (1988). *Intelligent Buildings:Applications of IT and Building Automation to High Technology Construction Projects*, Kogan Page.
- [25] **Utkutuğ, G.** (2002). *Bilim ve Teknik:Yeni Ufuklara-Mimarlık*. Ankara: TÜBİTAK.
- [26] **Yalkı, H.** (2010). *Enerji Etkin Bina Tasarımına Giriş*, (HongKong Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Lisans Programı Çevresel Kontrol dersi notlarından çeviridir, Orijinali : <http://www.arch.hku.hk>). Alındığı URL : <https://docplayer.biz.tr/3389508-Enerji-etkin-bina-tasarimina-giris.html>
- [27] **Yılmaz, Z.** (2005). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *7.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* , İzmir, Türkiye : 23-26 Kasım.
- [28] **Alakavuk, E.** (2009). İzmir İlinde Uygulanacak Olan Çift tabakalı Akıllı Giydirme Cephelerin Cephe Tabakaları Arasındaki Boşluk Boyutlandırılması, *Journal Of Yasar University, Volume 4,16,2729-2744*. 7-10 Mayıs.
- [29] **Bilgiç, S.** (2002). Giydirme Cephelerin Performans Özellikleri, *Ege Mimarlık*, 44,21-25

- [30] **Orhon, A.V.** (2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı, *Ege Mimarlık*, 82,18-21
- [31] **Knaack, U.** (2007). The Future Envelope, *The Future Envelope 1, Research for Architectural Engineering Series, Volume 8, s.1.* Amsterdam : IOS Press BV.
- [32] **Klein, T.** (2007). Evolution or Revolution of Systems in Façade is Function integration the strategy for the future? *The Future Envelope 1, Research for Architectural Engineering Series, Volume 8, s.89.* Amsterdam : IOS Press BV.
- [33] **Lieverse, B.** (2008). The Living Facade, *The Future Envelope 2, Research for Architectural Engineering Series, Volume 9, s.63.* Amsterdam : IOS Press BV.
- [34] **Begeç, H., Savaşır M.** (2004). Akıllı Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi, *CNR Çatı Cephe Fuarı-ÇATIDER*, İstanbul, Türkiye : 2-3 Nisan.
- [35] **Ünalın, H., Tokman, Y.L.** (2011). Sürdürülebilir Mimari Tasarım: Bir renovasyon Projesi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-A*, 12(2), 129-157, <https://hdl.handle.net/11421/1611>
- [36] **Kwok, A.G., Grondzik W.T.** (2007). *The Green Studio Handbook.* Oxford : Elsevier.
- [37] **İnan, T., Başaran, T.** (2011). Çift Cidarlı Cephe Üzerine Bir Araştırma, *Yıldız Teknik Üniversitesi Çevrimiçi Dergisi MEGARON*, 9(2),132-142 97-118, doi: 10.5505/MEGARON.2014.91885
- [38] **Compagno, A.** (2002). *Intelligent Glass Facades.* Berlin : Birkhäuser.
- [39] **Addington, M., Schodek D.** (2005). *Smart Materials and New Technologies.* Oxford : Elsevier.
- [40] **Ritter, A.** (2007). *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design.* Berlin : Birkhäuser.
- [41] **Erturan, B., Eren, Ö.** (2011). Akıllı Cephe, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, Türkiye : 16-18 Mayıs.
- [42] **Gezer, H.** (2011). Malzemenin Gizil Güçlerinin Mimariye Katkısı, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Güz 2011,20, 97-118
- [43] **Suner, A.** (2011). Adaptive Architecture – Çevresel Etkenlere Göre Değişebilen Mimari, *Ekoyapı Dergisi*, 5, Mayıs-Haziran, 82-86
- [44] **Url-6** < http://www.solarfassade.info/en/fundamentals/components/module_structures.php > , erişim: 07.02.2019
- [45] **Tortu, Ş.Ş.** (2006). *Alüminyum giydirmeye cephelerde ısı performans, durabilite ilişkisinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [46] **Url-7** <<http://www.kimyaders.com/cam-nasil-uretilir.html>>, erişim: 24.06.2018.
- [47] **Url-8** <<http://https://view.com/assets/pdfs/igu-data-sheet-us.pdf>>, erişim: 07.02.2019

- [48] **Url-9** <http://https://facades.lbl.gov/cec-electrochromics/ec_tech.html>, erişim: 04.05.2018
- [49] **Anonim.** (2005). Akıllı camlar: Bir düğmeye bas, saydam camı buzlu cama dönüştür, <http://www.hurriyet.com.tr/akilli-camlar-bir-dugmeye-bas-saydam-cami-buzlu-cama-donustur-352421>
- [50] **Url-10** <www.newglasstech.com/?page=product&cat=Specialities&product=lcd-privacy&lang=en>, erişim: 24.06.2018
- [51] **Url-11** <<http://www.camofilm.com/residential-commercial/>> , erişim: 19.08.2018
- [52] **Ünal, M.** (2006). *Çift kabuk cephelerin sistematik analizi ve uygulama örneklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] **Url-11** <<https://www.suncalc.org/#/40.9702,29.1015,19/2019.06.21/13:06/1/3/>> erişim: 26.03.2019
- [54] **Url-12** < <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/34.aspx> > , erişim: 26.03.2019

EKLER





ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Selim Kızıltoprak
Doğum Tarihi ve Yeri : 1985 - İstanbul
E-posta : skiziltoprak@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Beykent Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
- **Yükseklisans** : 2019, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2009 yılından bu yana özel bir firmada mimar olarak çalışmaktadır.
- 2009'da birçok kez onur belgesi aldığı Beykent Üniversitesinden mezun oldu.