



Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü  
İç Mimarlık ve evre Tasarımı Anabilim Dalı

**TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ETKİSİ İLE YÜZEYLERDE MALZEME  
KULLANIMI: AKILLI MALZEMELER**

Seçil Yağlı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2019



TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ETKİSİ İLE YÜZEYLERDE MALZEME KULLANIMI: AKILLI  
MALZEMELER

Seçil Yağı

Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü  
İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2019

**KABUL VE ONAY**

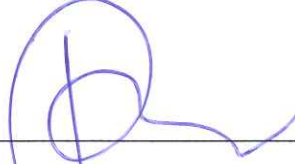
Seçil Yağlı tarafından hazırlanan "Teknolojik Gelişmelerin Etkisi ile Yüzeylerde Malzeme Kullanımı" başlıklı bu çalışma, 21.01.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.



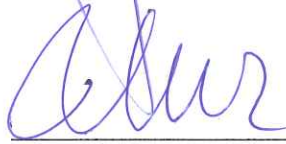
Doç. Dr. Gözen GÜNER AKTAŞ



Prof. Dr. Bilge SAYIL ONARAN (Danışman)



Prof. Dr. Pelin YILDIZ



Doç. Dr. E. Nur OZANÖZGÜ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Pelin YILDIZ

Enstitü Müdürü

## BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun ..... yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

21.01.2019



---

Sevil Yağlı

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin / raporunun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma ama iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.


Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık-Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren .... Ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

21.01.2019

(İmza)

  
Öğrencinin Adı SOYADI  
Sevil YAĞLI

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. Şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü ve fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir\*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7. 2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez danışmanım **Prof. Dr. Bilge Sayıl Onaran** danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



**Seçil YAğLI**

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen baőtta değerli tez danıőmanım Sn. Prof. Dr. Bilge Sayıl Onaran'a ve üzerimde emeği geçen tüm sevgili hocalarıma minnettarlıkla sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her evresinde inanç ve sevgileriyle her zaman yanımda olan tüm aileme; sonsuz desteği ile sabrını esirgemeyen eőim Bora Yağlı'ya, varlığıyla hayatıma neőe ve ışık saçan oğlum Rüzgar Yağlı'ya, bana güvenip yanımda olan bütün dostlarıma tüm itenliğim ile teşekkür ederim.





## ÖZET

Mimari ve iç mimari tasarım ile malzemeler arasındaki ilişki, Sanayi Devrimi'ne kadar oldukça basit olarak yorumlanabilmektedir. Bu döneme kadar, yapı malzemeleri, kullanılabilirlik ve uygunluk açısından pragmatik olarak ve/veya görünümleri ve dekoratif nitelikleri açısından biçimsel olarak düşünülerek, genellikle yerel kaynaklardan seçilmiştir. Örneğin, yerel olarak mevcut taş, temelleri ve duvarları oluşturmuş ve mermerler genellikle kaba yapıyı kaplayan ince kaplamalar olarak kullanılmıştır. Mimari ile ilgili kararlar, malzeme seçimini belirlemiştir. Bu nedenle, 19. yüzyılın başında malzemenin tasarımda kullanımının, işlev ve forma bağlı olduğu düşünülebilmektedir. Bununla birlikte, bu dönemde malzemelerin standart olmayışı dolayısıyla, tasarımcılar özelliklerini ve performansını dışsal bir anlayışa dayandırmak zorunda kalmışlardır. Özünde, malzeme bilgisi, deneyim ve gözlem yoluyla elde edilmiştir. Mevcut malzemeler ile çalışmak için gerekli olan bu bilgi ve becerileri, çoğunlukla deneme yanılma yoluyla edinmişlerdir. Endüstri Devrimi'nin ortaya çıkışı ile malzemelerin rolü çarpıcı biçimde değişmiştir. Tasarımcılar, malzeme özelliklerini ve performansını, sezgisel ve ampirik olarak anlamaya bağlı olmak yerine, tasarlanmış mühendislik malzemeleri ile karşı karşıya kalmaya başlamıştır. Nitekim, modern mimarlık tarihi, neredeyse 'yapı malzemeleri tarihi'nin merceğinden izlenebilmektedir. 19. yüzyılda çeliğin yaygın olarak tanınmasıyla başlayarak, geniş açıklıklı ve çok katlı bina formlarının ortaya çıkmasına yol açan malzemeler, modern öncesi çağın mimari ihtiyaçlara bağlı rollerinden, fonksiyonel olarak performansı arttırmak ve yeni biçimsel yanıtlar bulmak için bir araç haline gelmeye geçiş yapmıştır. Cam üretiminin sanayileşmesi, çevresel sistemdeki gelişmelerle birlikte, şeffaf bir mimarinin her iklimde ve herhangi bir bağlamda yer alabilmesine olanak tanımıştır. Perde duvar sistemlerinin yaygınlaşması, cephe malzemesini faydacı işlevlerden kurtararak, cepheyi formal bir unsur haline getirmiştir. Teknolojilerdeki gelişmeler sayesinde, alüminyum ve titanyum gibi mühendislik malzemeleri artık yapı kaplamaları olarak tasarım çeşitliliğine imkan vererek, etkili ve kolay bir şekilde kullanılabilir olmuştur.

Malzemeler, binanın hem iç hem dış temsili üzerinde, en direkt görünür olarak, ve böylece en uygun tasviri sağlayacak biçimde ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, bugünün mimar ve iç mimarları, malzemeleri genellikle tasarım paletinin bir parçası olarak düşünebilmektedir; buradan materyaller seçilebilmekte ve kompozisyonel ve işlevsel yüzeyler olarak uygulayabilmektedir. Bu düşünce biçiminden yola çıkılarak, akıllı malzemelerin kullanımına yaklaşılabilmektedir. Birçok yüzyıl boyunca ahşap ya da taş gibi standart bir malzemenin özelliklerini kabul etmek ve malzemenin sınırlamalarını karşılamak üzere tasarlamak zorunda kalmıştır. Teknolojik gelişmelerle, özel olarak tanımlanmış bir ihtiyacı karşılamak için yüksek performanslı bir yapı malzemesinin özellikleri seçilebilmekte ya da düzenlenebilmektedir. Bunun yanında, akıllı malzemeler özelliklerini geri dönüşümlü olarak

değiştirerek geçici ihtiyaçlara da cevap vererek, tasarım isteklerini karşılayabilmektedir. Tek bir durum için optimize edilmek yerine çoklu duruma yanıt verme yeteneği, yapıların ve mekanların değişen koşullarla karşı karşıya kaldıkları durumu düşünüldüğünde, akıllı malzemeleri tasarım paletinde çekici hale getirmektedir. Sonuç olarak, akıllı malzemelerin daha geleneksel yapı malzemelerin yerini almaya nasıl başlayabileceğine dair birçok öneri oluşmaya başlamıştır. Maliyet ve bulunabilirlik, genel olarak, akıllı malzemelerin geleneksel malzemelerin yerine geçmesinin yaygınlaşmasını kısıtlamasına karşın, uygulamalar, 'yeni' malzemelerin genel olarak mimaride tanıtılması, başlangıçta göstermeye değer belirli parçalar(termokromik sandalye sırtları vb. endüstriyel tasarım) üzerinde kullanımı yoluyla olmaktadır. Son gelişmeler ile birçok mimar ve iç mimar, mekan yüzeylerini, akıllı malzemeler ile kaplamayı hayal edebilmektedir.

Etkileşim ve dönüştürülebilirlik gibi terimler için gerekli malzeme ve teknoloji çoğu tasarım projesinin ekonomik ve pratik gerçekliğinin ötesinde olsa bile, mimarlık sözlüğünün standart terimleri haline gelmiştir. Tasarımcılar, kavramsal olarak akıllı malzemeleri geleneksel yapı malzemeleri ile birlikte standart uygulamalarına entegre etmeye çalışmaktadırlar. Ancak akıllı malzemeler, standart yapı malzemelerinden radikal bir ayrımı temsil etmektedir. Standart yapı malzemeleri tasarımda yapı yüklerine(kuvvetlerine) dayanacak şekilde statik iken, akıllı malzemeler enerji alanlarına yanıt vererek dinamiklerdir. Mekan tasarımda normal temsil araçlarımız statik malzemeyi ayrıcalıklı kıldığından, bu önemli bir ayrım olmaktadır. Bunun yanında, akıllı bir malzeme ile tasarım yapıldığında nasıl görünmesi ve ne yapmasını istendiğine odaklanmak gerekmektedir. Akıllı malzemelerin anlaşılmasında, sadece malzeme özelliklerinin anlaşılmasının öncesinde, tasarımcının aynı zamanda malzemenin çevresindeki ortam ile olan etkileşimlerinin temel fizik ve kimyası hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir.

Bahsedilen çerçevede hazırlanmış tez kapsamında; birinci bölümde, mekan tasarımdaki duvar, zemin, tavan bileşenleri yüzeylerinde kullanılmakta olan standart ve yaygın yapı malzemeleri incelenmiştir. Çağdaş tasarımda malzemedan beklenen nitelikler konusu irdelenerek yeni malzeme türleri belirlenmiştir. İkinci bölümde, yeni malzemelerden akıllı malzemeler grubu ele alınmış, çeşitleri ve özellikleri araştırılmıştır. Üçüncü bölüm olarak, bir önceki bölümde özellikleri ve çeşitleri belirlenen akıllı malzemelerin ürün olarak ve/veya sistemler içerisinde yapı yüzeylerinde kullanımları örnek projeler ile açıklanmıştır. Sonuç bölümünde ise edinilen bilgiler ışığında, yüzeylerde standart yapı malzemelerine öneri olarak kullanılacak akıllı malzeme ürün ve sistemleri tablo halinde analiz edilerek, konunun değerlendirilmesi sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Mekan yüzeyleri, yapı malzemeleri, akıllı malzemeler, çağdaş tasarım.

## ABSTRACT

The relationship between architectural and interior design and materials can be interpreted as simple until the Industrial Revolution. Until this period, the building materials were generally selected from local sources, pragmatically in terms of utilization and suitability, and / or formally considered in terms of their appearance and decorative qualities. For example, locally available stone formed foundations and walls, and marbles were often used as thin coatings covering the rough structure. Decisions related to architecture determined the choice of materials. Therefore, at the beginning of 19th century it can be thought that the utilization material in the design is dependent on function and form. However, due to the lack of standard materials in this period, the designers had to base their characteristics and performance on an external understanding. In essence, material knowledge was obtained through experience and observation. These knowledge and skills, which are necessary to work with existing materials, are mostly acquired through trial and error. With the emergence of the Industrial Revolution, the role of materials has changed dramatically. Rather than relying on an intuitive and empirical understanding of material properties and performance, designers have come up with engineered engineering materials. As a matter of fact, the history of modern architecture can be traced from the lens of the "history of building materials". Starting with the widespread recognition of steel in the 19th century, materials that led to the emergence of large-span and multi-storey building forms moved from the roles of the pre-modern era to the architectural needs, to functionally improve performance and to become a tool for new formal responses. The industrialization of glass production allowed for a transparent architecture to take place in any climate and in any context, along with developments in the environmental system. The widespread use of curtain wall systems freed the facade material from utilitarian functions and made the facade a formal element. Thanks to advances in technologies, engineering materials such as aluminum and titanium have now become available in an efficient and easy manner, allowing for a variety of designs as building coatings.

The materials have emerged on both the internal and external representation of the building, the most directly visible, and thus the most appropriate representation. As a result, today's architects and interior designers can think of materials as part of the design palette and from this palette, the materials can be selected and applied as composition and functional surfaces. Based on this way of thinking, the use of intelligent materials can be approached. For many centuries it has been designed to accept the properties of a standard material such as wood or stone and to meet the limitations of the material. With the technological

advancements, the characteristics of a high performance building material can be selected or arranged to meet a specifically defined need. In addition, smart materials can meet the requirements of design by responding to the temporary needs by reversing their properties. The ability to respond to multiple situations instead of being optimized for a single situation makes the smart materials attractive to the design palette, given the situation in which structures and spaces face changing conditions. As a result, many suggestions have started to emerge as to how smart materials can start to replace more traditional building materials. Cost and availability, in general, are limited by the introduction of 'new' materials in the architecture, the use of certain parts worthy of initial demonstration (thermochromic chair ridges, industrial design, etc.), although in general they restrict the widespread use of smart materials to replace traditional materials. With the recent developments, many architects and interior designers can imagine covering the surfaces of the place with smart materials.

Materials and technology for terms such as interaction and convertibility have become the standard terms of the architectural dictionary, even if they are beyond the economic and practical reality of most design projects. Designers try to integrate smart materials into their standard applications with traditional building materials conceptually. Smart materials, however, represent a radical distinction from standard construction materials. While the standard building materials are static in design to withstand the structural loads (forces), the smart materials are dynamic by responding to the energy fields. This is an important distinction since our normal representation tools in space design make static material privileged. Besides, it is necessary to focus on how to look and what to do when designing with an intelligent material. In understanding smart materials, just before understanding the properties of materials, the designer must also be familiar with the basic physics and chemistry of their interaction with the environment around the material.

Within the framework of the thesis prepared within the framework; In the first chapter, standard and common building materials used in the surfaces of walls, floors, ceiling components in the space design were examined. In the contemporary design, the properties of the material are examined and the new material types are determined. In the second chapter, the smart materials group from new materials were discussed and their types and properties were investigated. In the third part, the use of smart materials as a product and/or systems on building surfaces in the previous section is explained with sample projects. In the conclusion section, in the light of the information obtained, smart material products and systems which can be used as a suggestion to the standard building materials on the surfaces are analyzed by table and evaluation of the subject is presented.

**Key Words:** Space surfaces, building materials, smart materials, contemporary design.

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	i
BİLDİRİM.....	ii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	iii
ETİK BEYAN.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ .....	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xviii
GİRİŞ.....	1
<b>1. BÖLÜM : YÜZEYLERDE MALZEME KULLANIMI.....</b>	<b>5</b>
1.1. Duvar.....	6
1.1.1. Dış Duvar Yüzeyi Malzemeleri.....	8
1.1.2. İç Duvar Yüzeyi Malzemeleri.....	19
1.2. Döşeme.....	32
1.2.1. Döşeme Yüzeyi Malzemeleri.....	33
1.3. Tavan.....	39
1.3.1. İç Tavan Yüzeyi Malzemeleri.....	40
1.3.2. Dış Tavan Yüzeyi (Çatı) Malzemeleri.....	45
1.4. Çağdaş Tasarımda Enerji ve Çevre Bağlamında Malzeme Kullanımı.....	53
1.4.1. Enerji ve Çevre.....	59
1.4.2. Termal Çevre.....	60
1.4.3. Işık ve Çevre.....	63
1.4.4. Akustik Çevre.....	65
1.5. Bölüm Sonucu.....	67

<b>2. BÖLÜM : AKILLI MALZEMELER.....</b>	<b>69</b>
2.1. Akıllı Malzeme Kavramı ve Sınıflandırılması.....	69
2.2. Akıllı Malzeme Çeşitleri ve Özellikleri.....	74
2.2.1. Özellik Değişimi Yapan Akıllı Malzemeler.....	77
2.2.1.1. Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler.....	77
2.2.1.2. Renk Değiştiren Akıllı Malzemeler.....	83
2.2.1.3. Adezyon Değiştiren Akıllı Malzemeler.....	87
2.2.2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler.....	91
2.2.2.1. Işık Yayan Akıllı Malzemeler.....	92
2.2.2.2. Enerji Üreten Akıllı Malzemeler.....	96
2.2.2.3. Enerji Değişimi Yapan Akıllı Malzemeler.....	99
2.2.3. Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler.....	101
2.2.3.1. Gaz/Su Depolayan Akıllı Malzemeler.....	101
2.3. Bölüm Sonucu.....	101
<b>3. BÖLÜM: YÜZEYLERDE AKILLI MALZEME KULLANIMI.....</b>	<b>102</b>
3.1. Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Ürünleri ve Sistemleri.....	102
3.1.1. İç ve Dış Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Ürünleri.....	102
3.1.1.1. Kendini ve Havayı Temizleyebilen Akıllı Ürünler.....	102
3.1.1.2. Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler.....	111
3.1.1.3. Mimari Tasarım ve Dekorasyon Amaçlı Kullanılan Akıllı Ürünler.....	128
3.1.2. İç ve Dış Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Sistemleri.....	133
3.1.2.1. Akıllı Malzeme Cephe Sistemleri.....	137
3.1.2.2. Akıllı Malzeme Enerji Sistemleri.....	144
3.1.2.3. Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri.....	150
3.1.2.4. Akıllı Malzeme Yapısal İzleme Sistemleri.....	160
3.2. Bölüm Sonucu.....	162
<b>4. BÖLÜM: SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>163</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>173</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>193</b>

**KISALTMALAR DİZİNİ**

**PV:** Photovoltaic Panel

**PVC:** Poly Vinyl Chloride

**PVA:** Polivinil Asetat

**UV:** Ultraviyole

**HVAC:** Heating Ventilating and Air Conditioning

**FDM:** Faz Değişiren Malzeme

**PCM:** Phase Change Materials

**DSC (DSSC):** Dye Sensitized cells, Dye Sensitized Solar Cells

**LED:** Light Emitting Diode

**OLED:** Organic Light Emitting Diode

**EL:** Electroluminescence

**TIM:** Transparent Insulating Materials

**VIP:** Vacuum Insulation Panels

**SAD:** Seasonal Affective Disorder

**PoE:** Power-over-Ethernet

**VOC:** Volatile Organic Compound

**XPS:** Extrude Polystyren

**EPS:** Expanded Polystyren Foam

**PVB:** Polivinil Butil

**IGU:** Insulating Glass Units

**VLT:** Görünür ışık geçirgenliği

**EPFL:** École Polytechnique Fédérale de Lausanne

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.</b> Ahşap duvar kaplamasının yapıdaki boyutları.....	16
<b>Tablo 2.</b> İç Duvar Elemanının Sınıflandırılması.....	20
<b>Tablo 3.</b> Döşeme Malzemesi Sınıflandırılması.....	33
<b>Tablo 4.</b> Seramik Karo Zeminler Sınıflandırılması.....	34
<b>Tablo 5.</b> Akıllı sistemleri ve Ortamları Ayırt Etme.....	74
<b>Tablo 6.</b> Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması.....	76
<b>Tablo 7.</b> Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması.....	76
<b>Tablo 8.</b> Seçilen Akıllı Malzemeler İçin Uyarı-Yanıt Matrisi.....	77
<b>Tablo 9.</b> Tetikleyici Uyarılara Göre Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler.....	78
<b>Tablo 10.</b> Addington ve Schodek Şekil Değiştiren Malzemeler Sınıflandırması.....	79
<b>Tablo 11.</b> TiO <sub>2</sub> Fotokatalizlerin Uygulama Alanlarından Bazıları.....	89
<b>Tablo 12.</b> Fosforesan Akıllı Malzeme Bazı Uygulama Alanları.....	94
<b>Tablo 13.</b> Potansiyel Olarak Uygulanabilir Akıllı Malzemelerle İlişkili Tipik Yapı Sistemi Tasarım İhtiyaçlarının Haritalandırılması.....	136
<b>Tablo 14.</b> Akıllı Cam Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	142
<b>Tablo 15.</b> İç Mekana İşlevsel Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri.....	167
<b>Tablo 16.</b> İç Mekana Yapısal Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri.....	168
<b>Tablo 17.</b> İç Mekana Anlamsal Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri.....	169
<b>Tablo 18.</b> Yapı ve Mekan Yüzeylerinde Yaygın Yapı Malzemelerine Alternatif Olarak Kullanılması Önerilen Akıllı Malzeme Ürünleri ve Sistemleri.....	172



## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim 1.</b> Granit Kaplama Çeşitleri.....	12
<b>Resim 2.</b> Mermer Kaplama Çeşitleri.....	12
<b>Resim 3.</b> Mermer Kaplama Çeşitleri.....	12
<b>Resim 4.</b> Traverten Kaplama Çeşitleri .....	13
<b>Resim 5.</b> Yapay Taş Kaplı Beton Kaplama Çeşitleri .....	13
<b>Resim 6.</b> Gre ve Yarı Gre Seramik Kaplamalar, Gre ve Porselen Mozaik Kaplamalar.....	14
<b>Resim 7.</b> Korten Çelik Uygulama-Venedik' te bir otel dış cephesi.....	14
<b>Resim 8.</b> Çinko Kaplama Kenet Sistem.....	15
<b>Resim 9.</b> Trapez Levha , Oluklu Levha ve Yalıtım Sandviç Panel Kaplamaları.....	15
<b>Resim 10.</b> PVC Kaplama Uygulaması, Taş görünüm ve Yalı Baskısı.....	17
<b>Resim 11.</b> Fabrika Üretimli Tuğla Çeşitleri.....	21
<b>Resim 12.</b> Cam Tuğla Duvar Uygulaması.....	22
<b>Resim 13.</b> Ahşap Dikme Taşıyıcı Duvar.....	23
<b>Resim 14.</b> Bükme Sac Profil Uygulaması.....	23
<b>Resim 15.</b> Plastik Taşıyıcı Duvar.....	23
<b>Resim 16.</b> Hareketli Hazır Panel Bölme Elemanları.....	24
<b>Resim 17.</b> Hazır Duvar Panelleri.....	24
<b>Resim 18.</b> Çelikç Duvar Kaplama Ürünü Uygulama Örneği.....	27
<b>Resim 19.</b> Cam Mozaik Uygulaması .....	30
<b>Resim 20.</b> Duvar Kağıdı Uygulamaları.....	30
<b>Resim 21.</b> Beton ve Çimento Esaslı Terrazzo Zemin Uygulama.....	34
<b>Resim 22.</b> Porselen Karo Uygulaması ve Seramik Mozaik Çeşitleri.....	35
<b>Resim 23.</b> Traverten Zemin Uygulaması.....	36
<b>Resim 24.</b> Granit Zemin Uygulaması.....	36

<b>Resim 25.</b> Arduvaz Zemin Uygulaması.....	36
<b>Resim 26.</b> Kafe Ahşap Tavan Tasarımı.....	42
<b>Resim 27.</b> Alçı Levha Asma Tavan Uygulama.....	43
<b>Resim 28.</b> Alüminyum Genişletilmiş Metal (mesh) Asma Tavan.....	44
<b>Resim 29.</b> Alüminyum Petek Asma Tavan.....	44
<b>Resim 30.</b> Epoksi Kaplama İç Mekan Yüzeyleri.....	45
<b>Resim 31.</b> Tavan ve Duvarda Melamin Formaldehit Malzeme Uygulaması.....	45
<b>Resim 32.</b> Duvar ve Tavanda PMMA.....	45
<b>Resim 33.</b> Binalar İçin Çevresel Etmenler ve Performans Gereksinimleri.....	47
<b>Resim 34.</b> Manifesto Eco House-Şili.....	55
<b>Resim 35.</b> Institut du Monde Arabe Yapısında Cephe Panelleri.....	70
<b>Resim 36.</b> Termostrikatif Akıllı Malzeme, Şekil Hafıza Alaşımılı Teller.....	80
<b>Resim 37.</b> Eski Toplama Kampında Dokümantasyon Merkezi.....	81
<b>Resim 38.</b> Kinetik Yüzey Oluşturucu.....	83
<b>Resim 39.</b> “Coolhouse” Tasarım Deneyi.....	84
<b>Resim 40.</b> Fotokromatik Camdan Yapılmış Bir Bina Kabuğu Modeli.....	84
<b>Resim 41.</b> Termokromik Duyarlı Sandalye.....	85
<b>Resim 42.</b> Elektrokromik Cam Kesit, Alman Gesimat Şirketi Uygulaması.....	86
<b>Resim 43.</b> SGG Tarafından Uygulanan Teknoloji.....	87
<b>Resim 44.</b> Deutsche Steinzeug Tarafından Cephe ve İç Mekan Teknoloji Uygulamaları.....	90
<b>Resim 45.</b> Taiyo Teknoloji Uygulamaları, TiO <sub>2</sub> ile Çeşitli Yapı Membranları.....	90
<b>Resim 46.</b> Su Sever Hidrofilik (sol) ve Su Sevmez Hidrofobik (sağ) Cam Yüzeyler.....	91
<b>Resim 47.</b> SunClean Camının Kendinden Temizleme Özelliği.....	91
<b>Resim 48.</b> Mavi Floresan Granüllü Kağıt, Yeşil Renkli Flüoresan İpliklerle Kağıt.....	92
<b>Resim 49.</b> Floresan Pigmentlerle Boya, Floresan Pencere Yüzeyleri.....	93

<b>Resim 50.</b> Filigree Duvar Kağıdı Işık Yayan Akıllı Malzeme.....	93
<b>Resim 51.</b> Fosforlu Cam Parçacıkları ve Diğer Işık Saçan Bileşenleri ile Ayak İzi Örtüsü.....	94
<b>Resim 52.</b> Işık Yayan Akıllı Malzemeler.....	95
<b>Resim 53.</b> Elektrolüminesans Panelli Model Odası.....	96
<b>Resim 54.</b> Smartwrap.....	96
<b>Resim 55.</b> Boya Güneş Pilleri.....	97
<b>Resim 56.</b> Güneş Enerjisi Sistemleri için Fraunhofer Enstitüsü Tarafından Hazırlanan Teknolojiler.....	98
<b>Resim 57.</b> MATScape Konutları.....	99
<b>Resim 58.</b> 'Senior Citizens' Apartmanı.....	100
<b>Resim 59.</b> 'The Factory'.....	101
<b>Resim 60.</b> Lotus Etkisi Hidrofobik Yüzey Üzerinde Su Damlaları.....	103
<b>Resim 61.</b> Fotokataliz Etkisi Hidrofilik Yüzey Üzerinde Su ile Kendi Kendini Temizleme....	104
<b>Resim 62.</b> (a) Bir Süperhidrofilik ve (b) Bir Süperhidrofobik Yüzey Üzerinde Kendi Kendini Temizleme İşlemlerinin Şematik Temsili.....	104
<b>Resim 63.</b> (a) Fotokatalitik Mebran (Brasilia stadyumu), (b) Fotokatalitik Seramik Cephe Panelleri (Monte Verde Tower), (c) Fotokatalitik Cam Kullanımı (USACC01 Ofis Binası)...	106
<b>Resim 64.</b> Jubilee Klisesi, Dış ve İç Mekan Görünüşleri.....	107
<b>Resim 65.</b> Fotokatalitik Kent: Gelecekte Çevrenin Bir Vizyonu.....	108
<b>Resim 66.</b> San Gerardo Hastanesi.....	110
<b>Resim 67.</b> Souchais Spor Kompleksi.....	112
<b>Resim 68.</b> Aerojel Görünüm.....	114
<b>Resim 69.</b> Solar Decathlon.....	114
<b>Resim 70.</b> Yale Üniversitesi Heykel Binası Dış Cephe ve İç Mekan Görünüşleri.....	115
<b>Resim 71.</b> Vakum Yalıtım Panelinde Çekirdek, İç Zarf ve Dış Zarfın Görünümü.....	117
<b>Resim 72.</b> Dış Duvar Yüzeyi 20mm VIP ile İzole Edilmiş Konut ve Ofis Binası.....	118
<b>Resim 73.</b> Freilassing Ortaokulu Yenileme Projesi, Dış Cephe ve İç Mekan Görüntüleri...	119

<b>Resim 74.</b> VIP Yalıtım Panelleri Şap Altından Bölme Katmanı ve Kenarların Korunması...	120
<b>Resim 75.</b> 3 Litre Evi, PCM Yalıtım Malzemesi.....	121
<b>Resim 76.</b> Marché Uluslararası Destek Ofisi.....	122
<b>Resim 77.</b> a)Elektrokromik Kaplamalar Renkli ve Renksiz Görüntüleri; b) Güneş Işığına Duyarlı Termokromik Camlar.....	124
<b>Resim 78.</b> Güneş Uyumlu ve Güneş Duyarlı Termokromik Cam.....	125
<b>Resim 79.</b> Dirty Habbit DC Restoran.....	127
<b>Resim 80.</b> Çeşitli Renklerde Işık Yayan Tekstil Perde Olarak Kullanımı.....	129
<b>Resim 81.</b> Gece ve Gündüz Işık Yayan Masa Uygulaması.....	130
<b>Resim 82.</b> Fotokromik Pattern Duvar Kağıdı.....	130
<b>Resim 83.</b> Cam Sıvı Kristal Sistemi.....	131
<b>Resim 84.</b> Fotolüminesans Dekoratif Cam.....	131
<b>Resim 85.</b> Çiçekler, Işık Yayan Akıllı Malzeme.....	133
<b>Resim 86.</b> Akıllı Malzeme Cephe Sistemi.....	139
<b>Resim 87.</b> Manuel Gea Gonzalez Hastanesi.....	141
<b>Resim 88.</b> Chanel Ginza Binası.....	142
<b>Resim 89.</b> Birinci Nesil PV Teknoloji.....	145
<b>Resim 90.</b> Tek Bir Polikristalin Silikon PV Hücresi.....	146
<b>Resim 91.</b> Güney Batı'da Bir Alan Kurulumunda Solar İnce Film Modülleri.....	146
<b>Resim 92.</b> SwissTech Kongre Merkezi.....	148
<b>Resim 93.</b> Dinamik Aydınlatma.....	153
<b>Resim 94.</b> Sınıfta Odaklanma ve Sakinliği Destekleyen Aydınlatma Uygulamaları.....	153
<b>Resim 95.</b> Bear Stearns Şirketi.....	155
<b>Resim 96.</b> The Edge Ofis Binası Dış Cephe ve İç Mekan Görüntüleri.....	156
<b>Resim 97.</b> Led, PoE teknolojisi.....	158
<b>Resim 98.</b> GreenPix Medya Duvarı Yüzey Görünümleri.....	159

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil 1.</b> Titanyum dioksit fotokatalizasyonu ile ilgili başlıca faaliyet alanları.....	88
<b>Şekil 2.</b> Akıllı malzemeler tip-1 ve tip-2 için giriş / çıkış kontrol modelleri.....	135





## GİRİŞ

Tarih boyunca, çevre ile arasında bir korunum yaratmak insanların temel ihtiyaçlarından biri olmuştur. Zemin delikleri, kayalarda mağaralar veya çok yoğun bitki örtüsü olan alanlar barınak olarak kullanılmıştır. Doğada barınak arayışının nedeni yaşam için uygun bir alana olan gereksinimi karşılamaktır (Herzog, 2003).Değişen koşullar ile insanlar bir barınak için farklı çözümler bulmaya çalışmışlardır.İnsanoğlunun bu mekan yaratma çabası ile ortaya çıkan ve bir mekan yaratma sanatı olan mimarlık ve iç mekan tasarımı; toplumun kültürel, ekonomik, sosyal, teknolojik ve düşünsel gerçeklerini ortaya koymaktadır. Kaynakları ve jeolojik yapısı ile çevre, başlangıcından bu yana mimariyi şekillendirmiştir. Bu süreçte, yapıda kullanılan malzeme sayısı oldukça sınırlı sayıda ve tüm özellikleri bilinir nitelikte olmaktadır. Son yıllarda ise teknolojik gelişmeler ile malzeme çeşidi ve sayısı artmış, kullanım şekilleri karmaşıklaşarak, kullanıcı gereksinimleri değişmiştir. Bu durum tasarım sürecinde görev alanlar için rasyonel seçimler yapabilmek adına genişleyen malzeme yelpazesini tanımayı ve sisteme oturtmayı gerekli kılmaktadır.

Endüstri Devrimi öncesinde yapıda taş, toprak, ahşap, harç vb. sınırlı sayıdaki ürünler kullanılırken, ürün seçme eylemi de görgü, gelenek ve deneyimlere göre yapılmaktaydı.Endüstri Devrimi ile birlikte teknolojideki gelişmeler yapı sektörünün dolayısıyla yapı ürününün de büyük ölçüde gelişmesini beraberinde getirmiş, ürün sayısı ve çeşidi artarken niteliklerinde de gelişmeler gözlenmiştir. Yapı ürününde görülen bu gelişmelerin yanında endüstrileşmenin getirdikleri ile kullanıcı gereksinimleri de giderek değişmiştir. Yapı ürünlerinde ve kullanıcı gereksinimlerinde görülen bu gelişmeler, kentleşmenin yapı üretim sürecini hızlandırması sonucu yapı ürünlerini seçme eylemini karmaşık bir hale getirmiştir (Balanlı, 1997).

İlk dönemlerde varlığındaki bilinen kapasitesiyle tasarımlara yön veren malzeme, günümüzde gelişen teknolojisi sayesinde yeni ulaşılabilen özellikleriyle tasarımın görünen ya da görünmeyen en etkin bileşeni durumuna gelmiştir. Çağımızda malzeme tasarım ve teknolojilerinin geliştirilmesi mimari ve iç mimaride tasarım olanaklarına çok yönlü yeni katkıların katılımını sağlamaktadır. Malzeme mimari tasarımlara performansı ile olduğu kadar doğasıyla, doğadaki gelişim süreci ve davranışıyla, varoluş metabolizmaları, formları, yüzey dokuları, içyapıları, strüktür özellikleri, akışkanlıkları, kendini organize etme yetenekleriyle mimari kavramların çıkış felsefelerini, mimari üslupları ve biçimleri etkilemektedir.

Klasik anlamda mimari tasarımdan ve malzemedan, kullanıcı gereksinimlerinin en yüksek düzeyde karşılanması, ekonomik olması, bulunabilirliği, kalitesi, doğaya ve insan sağlığına dost olması gibi pek çok özelliği sağlaması beklenmektedir. Malzeme biliminin ve teknolojinin

vardığı noktada bu beklentilere, mimari tasarımların esnek, taşınabilir, değişebilir, hareket kapasitesine sahip, çevreyle ve kullanıcıyla uyumlu olması vb. kriterler eklenmiştir.

İnsan yaşamının büyük bir kısmının geçtiği yapıli mekânlarda ise yüzeylerin önemli rolü bulunmaktadır. Yüzeyler mekân konforunu sağlarken, mekâna kimliğini de vermektedir. Yüzeyler yapıldıkları malzemelerin özelliklerini taşır. Bir yüzeyden beklenebilecek renk, doku, sertlik, yumuşaklık, saydamlık, parlaklık gibi özellikleri, o yüzeyin malzemesi sağlamaktadır. Bunlara ek olarak malzemenin belirtilen fiziksel özelliklerinin yanında performans kriterleri de önemli olmaktadır. Malzeme seçimi mekân tasarımında önemli bir süreçtir. Bu nedenle mekanı oluşturan yüzeylerden beklenen nitelikleri elde etmenin yolu malzeme seçimini doğru ve akılcı yapabilmektir.

Yapı malzemelerinin evriminin araştırılmasında iki yöntemden bahsedilebilir. Bunlardan biri mevcut malzemelerin yeni bir çerçeveye taşınması ve diğeri de yeni malzemelerin keşfedilmesidir. Yeni teknolojiler ve yeni malzemeler, beraberinde mimari tasarımda birçok fırsat getirmektedir. Günümüzde gelişen teknolojinin etkisi, küresel kaynakların azalması ve çevresel tehditlerin ulaştığı noktada yapı ve mekana farklı görevler yüklenmektedir. Bu sebepler doğrultusunda, tasarımda kullanılan malzemeleri araştırmak kapsamlı bir çalışma alanını içermektedir. Malzeme özelliklerini, tasarım potansiyelini ve yapıyı oluşturan yüzeylerinin tasarımıyla birleşimini anlamak esastır (Sezegen, 2012).

Çalışma kapsamında incelenen yapı iç ve dışını oluşturan yüzeyler, ilk çağlardan günümüz yüzyılına kadar ki süreçte doğa ve insan etkileşimi ile başlayıp, yaşam şekli ve ihtiyaçlar doğrultusunda, fonksiyonel ve strüktürel olarak malzemeleri ve formları ile gelişim ve değişim göstermektedir. Teknolojik veriler, doğanın keşfedilen malzeme çeşitliliği, insanoğlunun bilgi ve araştırma düzeyleri arttıkça, malzemelerin kullanım alanları ve çeşitliliği paralel biçimde artmaktadır. Kullanıcı işlev ve eylemleri, küresel boyuta ulaşan çevresel ihtiyaçlar ve bilimsel çalışmalar neticesinde, yapı ve diğeri alanlarda malzeme yelpazesi genişlemekte, etkileri önem kazanmaktadır. Yapı yüzeylerinde farklı malzemelerin kullanılması, farklı gereksinim ve işlevleri sağlamasını mümkün kılmaktadır. Teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkan malzeme çeşitliliğinin tasarımcılar tarafından doğru biçimde kullanılması, tasarıma biçimsel çeşitlilik, gereksinimlere çok yönlü çözüm ve mekânsal algıya zenginlik sunmaktadır.



## **Çalışmanın Amacı**

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak malzeme çeşidinin artması, malzeme özelliklerinin sürekli gelişmesi ve yaşam şeklindeki değişimlere bağlı olarak kullanıcı eylem ve gereksinimlerinin çeşitlendiği ve karmaşıklaştığı görülmektedir. Bunun yanında yapım süreçlerinin kısalığı dolayısı ile de kullanılacak malzemeye karar kılma süresi kısalmıştır. Çağdaş tasarımda, amaca en uygun malzemeyi seçmek, malzeme sınıfları ve yeni malzemeler hakkında yeterli bilgiye sahip olunması ile mümkün olacaktır. Bu amaca yönelik öncelikle mekanı oluşturan yüzeylerin niteliklerinin bilinmesi ve beklentilerin tanımlanması gerekmektedir. Bu bağlamda günümüz yaygın malzeme seçenekleri ortaya konarak, yerini alabilecek çağdaş ve ileri malzeme seçenekleri belirlenmelidir. İleri malzeme grubunun önemli bir bölümünü oluşturan akıllı malzemeler çalışmanın odağı olmaktadır. Tez çalışmasında, akıllı malzeme kullanılan ürün ve sistemlerin çeşitleri ve özellikleri hakkında bilgi boşluğu giderilerek akıllı yüzey kavramının anlaşılması ve tanıtılması amaçlanmıştır.

## **Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi**

Hazırlanmış tez kapsamında giriş bölümünde konuya giriş, tezin amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır. Birinci bölümde öncelikle, mimari yapıyı oluşturan yüzeyler ve malzemeleri ele alınmıştır. Geçmişte ve günümüzde yaygın olarak kullanılan malzemeler hakkında bilgi verilerek, yüzeylerin nitelikleri ve ihtiyaçları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bilgiler ile çağdaş tasarımda malzemedeki beklenenler irdelenerek, gelişmiş ve yenilikçi malzemelerden söz edilmiştir. Bu sayede daha detaylı olarak incelenecek olan akıllı malzemeler için bir altlık oluşturulması amaçlanmıştır.

İkinci bölümde, çalışmanın odak konusu olan yeni malzeme gruplarından akıllı malzeme kavramı tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Tasarımda daha etkin kullanılabilmesi amacıyla bu malzemelerin çeşitlerinin ve özelliklerinin tanınması gerekliliği ile akıllı malzeme çeşitleri belirlenmiş ve özellikleri açıklanarak, akıllı yüzey oluşumu için kullanılacak bu malzemeler hakkında alandaki bilgi eksiklikleri giderilmeye çalışılmıştır.

Üçüncü bölümünde, yapı yüzeylerinde akıllı malzeme kullanımı, yüzeyden beklenen nitelikler ve kullanım biçimi göz önüne alınarak ürün ve sistem bazında araştırılmış, örnek proje uygulamaları üzerinden incelenmiştir.

Sonuç bölümünde; tüm bölümlerde yapılan araştırmalar ve edinilen bilgiler ışığında, konunun değerlendirilmesi yapılarak, malzeme teknolojisindeki gelişmeler ile mimari tasarım etkileşimi ortaya konmuştur. Birinci bölümde belirlenen yapı yüzeyleri ve bu yüzeylerde kullanılan standart malzeme çeşitleri ile ikinci ve üçüncü bölümlerde incelenen akıllı malzeme çeşitleri ve örnek uygulamaları kullanılarak, yapı yüzeylerinde kullanılması önerilen akıllı ürünler

ve sistemler tablo halinde sunulmuştur. Gelecekte, akıllı ve yenilikçi yapılı çevre ve mekan tasarımı kavramının tasarımcılara farklı bakış açıları sunması anlatılmış ve konunun değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma yöntemi olarak, öncelikle literatür taraması yapılmıştır. Malzeme bilimi ve mimarlık, geleneksel, standart ve gelişmiş yapı malzemeleri, akıllı malzemeler konuları hakkında kütüphane kaynakları araştırılmış, e- kaynaklar, yök tezleri ve yurt dışı tezleri ile ilgili yerli ve yabancı makaleler ve kitaplar incelenmiştir. Konu kapsamında gerekli olan bilgiler ve bağlantılı belgeler bir araya getirilmiştir.



## 1. BÖLÜM

### YÜZEYLERDE MALZEME KULLANIMI

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için yapay çevrelere ihtiyacı vardır. Bu yapay çevre, kontrollü mekanlardan oluşmaktadır. Mekan, içinde belirli eylemlerin yer alacağı, geometrik anlamıyla sınırlı bir boşluğun birtakım soyut düşünsel şemalarla işlevsellik kazandırılarak biçimlendirilmiş şeklidir. Dışarıda çevresiyle bütünleşmesi gerekirken, içeride de belirli eylemlerin gerçekleştirilebilmesi için sınırlı bölümler oluşturabilmesi gereken bir alandır. Mekân bileşenlerinin sağladığı sınırlayıcılık ve ayırıcılık etkisi, iç ve dış mekan kavramlarını ortaya çıkarır(Ching, Adams, 2001).Bu bağlamda, iç ve dış mekan oluşumunu sağlayan mekan yüzeyi kavramı ortaya çıkmakta; yüzeylerin oluşumunda kullanılacak malzeme seçimi ise kullanıcı ihtiyaçları, çevresel, işlevsel, ekonomik, sosyolojik ve psikolojik bakımdan bir tasarım süreci olarak önemli olmaktadır.

İnsanlar özelliklerini belirledikten ve sınırlarını keşfettikten sonra malzemeye formunu vermeye başlamışlardır. Yapı malzemeleri, mimarların tasarımlarını gerçek yapma yönündeki en önemli araçlardan biridir. Mimari ifadenin elle tutulur bir aracı olarak gerçekleşecek iç ve dış mekan tasarımını etkiler. Geçmişte malzemeye şekil vermenin en iyi örneklerinden biri de taş kullanımı ile Gotik mimaride görülebilmektedir.Taş,büyük bir yapı malzemesi olarak bilinmesine rağmen, ince ve daha hafif kullanılarak Gotik mimaride, dini gücün bir yansıması olarak taş kabuğun ifadesinde kullanımına daha fazla önem verilmektedir (Sezegen, 2012).

Yapı malzemelerinin büyük oranda gelişimi Sanayi Devrimi sonrasında başlamaktadır. Ağır sanayinin büyümesi ile dökme demir, çelik ve cam gibi yapı kabukları için yeni yapı malzemeleri ortaya çıkmıştır(Schittich, 2006).Bu gelişmeler farklı işlevler için farklı boyut ve formlarda kullanılabilen çeşitli malzemelere erişmeyi mümkün kılmıştır. Bugün, önemlilik oluşturmak, mimari tasarım sürecinde heyecan verici ve artmakta olan bir endişedir. Çağdaş tasarımcılar malzemeleri yenilikçi bir şekilde kullanmaya çalışmaktadırlar. Cam, farklı plastikler, metaller ve beton gibi endüstriyel olarak üretilen malzemelerin yanı sıra, yapı tasarımında farklı bağlamlarda kullanılabilen taş ve ahşap gibi geleneksel malzemeler kullanılmaya devam edilmektedir. Bunun yanında farklı teknikler ve malzemeler mimari tasarımda önemli bir rol oynamaktadır. Yeni yapı malzemeleri, poliüretan kaplama, korten çelik plakalar, paslanmaz çelik şerit kafesler, bakır levhalar, kubbeli alüminyum diskler, yarı saydam cam bloklar, EFTE kaplama, ahşap zona ve fotovoltaiik panelleri gibi yapı kaplamaları uygulamalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır(Schittich, 2006).

Malzeme ile yapıyı meydana getiren yüzey bileşenlerini ortaya koymak için, bunların yapısal ve teknik özellikleri ile cevap verdikleri ihtiyaçlar göz önünde tutulmaktadır. Buna göre, yapının yüzey alanlarını oluşturan duvar (dış-iç yüzey), zemin, tavan (dış-iç yüzey) öğeleri incelenecektir. Bu bölümde; mekanı oluşturan öğeler olarak, belirlenen yüzeylerin tanımları ve özellikleri, kullanılan malzemeler ile açıklanarak, teknolojik gelişmeler ile ortaya çıkan akıllı malzemeler ve akıllı yüzey kavramı için altlık oluşturmak amaçlanmaktadır. Tamamlayıcı yapı elemanları olarak adlandırılan, pencere, kapı, giriş, kolon, merdiven yüzeyleri hariç tutulmuş ve bahsedilen yüzeyin bütünsel bir parçası olarak ele alınmıştır.

### 1.1. Duvar

Türk Dil Kurumu sözlüğüne göre “Duvar”, bir yapının yanlarını dışa karşı koruyan, iç bölümlerini birbirinden ayıran, taş, tuğla vb. gereçlerden yapılan veya örülen dikey düzlem; bir toprak parçasını sınırlayan taş, tuğla, kerpiçten yapılan engel olarak tanımlanmıştır (URL-1).

Mimaride ise duvar, genişliği ve yüksekliği kalınlığından daha büyük olan, genel anlamda koruyucu, çevreleyici ve bölücü görev üstlenmiş düşey yapı elamanı, mekan sınırlayıcısı ve bileşeni olarak tanımlanmaktadır (Thiis-Evensen, 1989).

Duvarlar, yapıyı kapatarak tüm çevresel etmenlere karşı koruyan, ortamları ya da mekanları birbirinden görsel, eylemsel ve işlevsel yönlerden ayıran, aynı zamanda taşıyıcı olma işlevini de yüklenilen düşey ya da düşeye yakın yapı öğeleridir (Toydemir vd, 2000; Türkçü, 2000). Taş, tuğla, bimsblok, gazbeton, kerpiç gibi gereçlerle yapılabileceği gibi ahşap ve benzeri hafif gereçlerle de yapılıp kolayca sökülebilenleri vardır (Hasol, 2005).

Le Corbusier, “Yeni Bir Mimarlığa Doğru” adlı manifestosunda mimarlığın asıl elemanlarını ışık ve gölge, duvar ve mekan olarak tanımlamaktadır (Conrads, 2001). Kostof (1995), mimarlığın barınak olarak mekanı yatayda ve düşeyde kapsaması gerektiğini belirtmiş, bunu için de gerekli ilk aracın sağlam ve dayanıklı duvarlar olduğunu eklemiştir. Robert Venturi, mimarlığı, iç ve dış arasındaki duvar olarak tanımlamış, iç ve dışın birleşmesinin, kendisini açıklıklarla iki alanı buluşturan duvarda ifade ettiğini belirtmiştir (Schulz, 1984). Miess'e (1991) göre ise mimarlık, boşluk oluşturma sanatıdır ve bu anlamda iki farklı yüzü olan duvar, içeriden ve dışarıdan mekanı belirlemektedir. Zevi (1999), mekanı, duvarlardan oluşmuş bir sandık olarak tanımlamakta, duvarların sınırsız bir boşluğu çevreleyerek tanımlı bir mekan oluşturma görevini üstlendiğini belirtmektedir.

Yapıdaki konumlarına göre duvarlar adlandırılmaktadır. İç mekanları birbirinden ayıran duvarlara “iç duvar” Dış ortamla içi ayıran duvarlara “dış duvar” denilmektedir. Her iki duvar çeşidinde yapı içinde kalan yüzeyler iç duvar yüzeyleri olarak belirtilmektedir (Cengiz, 2008).

Duvarlar yığma sistemde tüm yapıyı taşırlar. Bütün yükler taşıyıcı iç ve dış duvarlarda toplanır ve düşey olarak temel ayaklarına iletilir. İskelet (karkas) taşıyıcı sistemli yapılarda yer alan duvarlar sadece kendi ağırlığını taşır. İskelet sistemde kolon ve kiriş gibi ana taşıyıcılar; betonarme, çelik, ahşap gibi malzemelerden oluşur. Bu sistemde duvarların amacı, iki ortamı birbirinden ayırmaktır. Bunlar, bir iç ve bir dış ya da iki iç olabileceği gibi, iki dış ortam da olabilir. Duvarların, yapı bütünü içerisinde, taşıma, ayırma, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, su, nem ve yangından koruma gibi işlevleri vardır(Toydemir vd., 2004).

İç duvarlar bina içinde yer alan ve dışarıyla hiç bir bağlantısı olmayan duvarlardır. Dış duvarlar ise en az bir yüzü havaya ya da toprağa bakan duvarlardır. İç ve dış duvarlardan beklenen işlevler farklıdır ve bu yüzden iç ortamda kullanılan duvarlar ile dış ortama açık olan duvarlar farklı özelliklere sahiptir (Uzun, 2008). Buldukları yere göre, iç duvar ve dış duvarlar yaygın şekilde; kaplama, duvar gövdesi (çekirdek) ve kaplama olarak üç ana katmandan oluşmaktadır (Ağırbaşar, 2006).

Yapı içini her türlü çevresel etmenin zararlı etkilerine karşı koruyan ve ihtiyaçlar doğrultusunda iç mekanları oluşturan duvarlar yapı için önemli öğelerdir. Duvarların dayanımlı olması, üzerilerine gelen her türlü etkiye karşı korunması ile gerçekleşir. Bu koruma duvar ile uyumlu nitelikte seçilmiş bir yüzey malzemesi ile sağlanmaktadır. Bu bölümde öncelikle duvar, dış ve iç duvar olarak ayrılmış ve tanımlanmış, duvar yüzey malzemeleri incelenmiştir.

Tarihsel süreçte yapı teknolojilerinin gelişmesi ve arsa fiyatlarının yükselmesi duvar sistemlerinin gelişimini de etkilemiştir. Beklentilerin karşılanabilmesi için farklı detay çözümlerinde birçok yeni malzeme geliştirilmiştir (Cengiz, 2008).

Eleman olarak yapıda önemli görevleri bulunan duvarların, kullanıcının rahatı, konforu ve güvenliği açısından beklentileri karşılaması için sahip olması gereken nitelikler bulunmaktadır (Kına, 2006):

- Kendi yükünü ve diğer yapı elemanlarından gelen yükleri taşıyabilecek ve aktarabilecek nitelikte olmalıdır.
- Hava, su, nem ve ısı izolasyonuna sahip olmalıdır.
- Ses geçirimsizliği ve görsel gizlilik (mahremiyet) sağlayacak nitelikte olmalıdır.
- Yangına karşı dayanıklı ve geçirimsiz olmalıdır.

- Isıtma, klima, havalandırma, elektrik tesisatı uygulamaları kolaylıkla yapılabilecek nitelikte olmalıdır.
- Bitirme malzemeleri uygulanabilecek nitelikte olmalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.
- Pencere, kapı gibi elemanların rahatlıkla uygulanabileceği, montaj problemleri yaşanmayacak niteliklerde olmalıdır (Harold, vd. 1983).

### **Geleneksel Duvar Malzemeleri**

İnsanoğlunun mağara ve kaya gibi doğal sığınaklarını terk edip, yapma mekanlar oluşturması ile duvar inşa etme sorunu hep var olmuştur. İnsanoğlu, doğadan korunma ihtiyacı duyduğu andan itibaren mekan yaratmak için pek çok farklı malzeme kullanmıştır. Önceleri bu malzemeler, doğadan hazır olarak, kolayca elde edilebilen ürünler iken, yapı teknolojisindeki gelişmeler doğrultusunda pek çok yeni ürün üretilmiştir. Bu uzun süreçte duvar malzemeleri, basit dal örgü duvarlardan başlayarak, betonarmeye kadar uzanan bir gelişim izlemiştir. İzgi (1999), yapı malzemelerinin oluşumunu,

- Doğadan olanı kullanma (taş, toprak, ahşap, vb.),
- Yeniden biçimlendirerek kullanma (kerpiç, tuğla vb.),
- Yapay ve yeni ürünler yapma (cam, beton, metal, vb.) olarak üç grupta değerlendirmektedir.

Taş, ağaç, tuğla geçmiş bütün uygarlıklarda çok sık kullanılmış ve günümüzde de hala kullanılan yapı malzemeleridir. Sanayi Devrimi ile yapma malzemeler ortaya çıkmış ve duvar malzemelerinde hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Yapı malzemelerindeki gelişim ve bunun mekanın düşey bileşeni olan duvar ve yüzeyi üzerindeki etkilerini inceleyebilmek için, yaygın olarak kullanılan duvar malzemelerine değinmek yararlı olacaktır.

#### **1.1.1. Dış Duvar Yüzeyi Malzemeleri**

Yaşanan mekânların iç yüzeyleri kadar, dış yüzeyleri de önem arz etmektedir (Danby, 1963). Bu bakımdan mekanın sınırını ve başlangıcını oluşturduğu noktada bulunan duvar dış yüzeyleri, mekanın içini kullanan kişiler ve dışı ile ilişkili olan kişiler göz önüne alındığında kullanıcı konforunu iki yönlü olarak etkileyebilmektedir. İşlevsel açıdan ele alındığında geleneksel yapı dış duvarları, iklim koşullarına, doğa olaylarına ya da diğer insanlara, hayvanlara karşı korunma ihtiyaçlarını giderme amacını taşımaktadır. Bu noktadan yola çıkılarak, dış duvar yüzeyinin temel amacı, kapalı ortam koşullarını, binanın amaçlanan kullanımına uygun seviyede tutulacağı şekilde, kapalı ortamı dışarıdan ayırmaktır.

Dolayısıyla işlevsel bakış açısından, iç mekanların su, rüzgar, güneş, ışık, sıcaklık, soğuk ve diğer doğa olaylarına karşı savunan, iç mekan konfor şartlarını sağlayan binanın yük taşımayan kısım dış duvar yüzeyi olarak tanımlanabilir. Ayrıca estetik, ekonomik ve güvenlik konularını da yerine getirmelidir. Bu sebeplerden dolayı tasarımı, birçok farklı problemi çözmek için bilim, sanat ve zanaatı bir araya getiren karmaşık bir süreçtir. Binanın dış duvar tasarımı, yeni inşaat yöntemlerinin geliştirilmesi, yüksek kontrollü iç ortam şartları, enerji verimliliği, yeni malzemelerin ortaya çıkışı ve yeni üretim yöntemleriyle çok daha karmaşık hale gelmiştir. Mimari sorumluluğunun bir ölçüsü olarak, yapı dış yüzeylerinin iyi tasarlanması gerekmektedir.

Tarih öncesi dönemde mimarlıkta bir yapı kabuğu yaratma sorununun varlığına ilişkin bir kanıt bulunmamaktadır. Ancak 'ilkel' olarak nitelendirilen bazı günümüz yerli toplulukları özellikle resimsel teknikler kullanarak yapı yüzeylerini bezemeye yönelmişlerdir. Dolayısıyla, yapı yüzeylerini belirli bir etki verecek nitelikte biçimlendirme kaygısı eski çağlardan beri vardır(Tanyeli, 1997). Mimari yapılaşma, insanlığın gelişimiyle eş zamanlı gelişmiş ve her toplumda farklı öneme sahip olan dış yüzeyi de, tarih içinde o günün teknik koşulları, malzemesi, mimari üslubundaki değişimlere paralel bir değişim ve gelişim göstermiştir. Bu değişimlerin en göze çarptığı 19. yüzyıla kadar, yapı malzemesi endüstrisinin verilerinden yararlanılmadığından, ahşap, taş, pişmiş toprak gibi doğal malzemeler yapıyı oluşturmuş ve yapılar bu malzemelerin el verdiği oranda şekillendirilmişlerdir (Callister, 2007).

Teknolojideki gelişmeler sonucunda yeni yapı malzemeleri ve inşaat teknikleri bina cephelerini olağanüstü sınırlara taşımıştır. Sanayi Devrimi'nden önce binalar ahşap, taş ve güneşte pişmiş kil gibi doğal malzemelerle sınırlı olmaktadır.19. yüzyılda, ilk olarak İngiltere'de, daha sonra da Orta Avrupa ve ABD' de ve daha sonra Almanya' da yeni inşaat teknikleri ve malzemeleri yayılmıştır. Mimari ve imalat arasındaki ilişki, geniş olanaklar yaratmış, yeni yapı tipleri, materyaller ve teknikler üretilmiştir. Bu sayede,dış yüzey ve yük taşıma yapısı tamamen ayrı olabilmektedir. İnşaat teknolojisindeki gelişmeler, çelik iskeleti güvenilir bir inşaat yöntemi olarak sunmuş ve bu da dış duvarlarda mümkün olan geniş pencerelerin açılmasını sağlamıştır. ABD' den başlayarak, asansörlerin geliştirilmesi ise aynı zamanda demir yük taşıyan yapıların genişlemesine izin vermiştir. Bu gelişmeler, dış yüzeyin yapısal işlevlerinden bağımsızlığını giderek daha fazla etkileyebilmiştir. Endüstriyel binalarda dış yüzeylerin tamamen ayrılması ilk olarak görülmüştür. Dış duvarlar, içeride daha fazla ışık elde etmek için tamamen sırlı açıklıklar olarak tasarlanmıştır (Schittich 2006).Özellikle, yapısal sistemin rasyonalist ifadesi ve bina dış kabuğu malzemeleri, "işlevselci gelenek" olarak bilinen yeni bir mimari yaklaşımın ortaya çıktığını göstermiştir. İşlevsel geleneğin yönlendirici ilkesi, yapısal sistemin ve malzemelerin açık bir ifadesini ima etmiştir. Kullanım, malzeme ve yapı gibi pratik kaygılar da bir binanın biçimini belirlemiştir (Richards 1968).Yapı

yüzeyi, binaların fiziksel görünümünü ilan eder, aynı zamanda toplumun kültürel ve tarihsel arka planının ifadesi olmaktadır. Mimari alanı dinamik veya statik, hafif veya ağır, düz veya desenli gibi farklı biçimlerde çevrelemektedir (Sezegen, 2012).

Farklı yapı elemanları ve malzemeleri ile oluşan dış duvar, çeşitli etkilere karşı tepkileri değişkenlik gösterebilmektedir. Bu sebeple davranış biçimlerini anlamak ve tasarımına çözüm bulabilmek için genel özelliklerin bilinmesinde fayda görülmektedir. Geleneksel anlamda yapı kabuğu, Vitruvius ve Alberti'ye göre sağlam/dayanıklı, yararlı/kullanışlı ve estetik/güzel unsurlarını taşımalıdır. Bu nitelikler neticesinde yapı dış duvarı, maruz olduğu atmosferik etmenlere, oluşturan yapı elemanlarının tek başlarına ve birbirleri ile arasındaki mekanik davranışlara, kullanılan malzemelerin özelliklerine ve yapı kullanıcılarına göre tasarlanmalıdır (Toydemir, 2000). Bu bağlamda, yapı dış duvarının amacı özelliklerinin; kullanıcı, sağlık, konfor, güvenlik, ekonomiklik gereksinimlerine cevap verebilmesidir. Bu şartların sağlanmasında yapı dış duvarında ısı, ses, su nem, yangın ve ışık gibi kriterler göz önüne alınmaktadır. Bu şartların yanında; dış duvar, dış ortam ile iç ortam arasında bir süzgeç görevi sağlayarak bina enerji performansında önemli etkenlerden biridir. Yapı kabuğunu oluşturan duvar ve yüzeyini tasarlarken amaç; gün ışığından yüksek düzeyde yararlanırken, iç ortam hava kalitesinin artmasına imkân veren, zaman içinde değişen çevresel etmenlere ve kullanıcı gereksinimlerine uyum sağlayan, aynı zamanda enerjiyi etkin kullanan sistemlerin ortaya konmasıdır (Gür, Aygün, 2008).

Dış ortam koşulları durağan özellikte değildir ve sürekli bir değişim söz konusudur; hava sıcaklığı, güneş ışınlarının geliş açısı, gökyüzünün açıklık durumu, yağmur, rüzgâr, vb. gibi birçok çevresel etmen zaman içinde farklılık göstermektedir. Günümüzde uygulamaları görülen cephe sistemleri genellikle sabit özellikler taşımaktadır. İç ortamda belirli bir dengenin sağlanıp sürdürülmesinde görevli olan yapı kabuğunun farklı çevresel etmenler ve kullanıcı gereksinimleri karşısında değişmez özellikler taşıması ve çeşitli koşullara uyum özelliğinin bulunmaması, konfor koşullarının sağlanmasında sorunlara ve fazla enerji tüketimine yol açabilmektedir. Bu nedenle, günümüzde çevre koşullarına ve kullanıcı gereksinimlerine uyum sağlama özelliği, yapı kabuğu ve yüzeyi tasarımında önemli bir yaklaşım olarak göz önüne alınmaktadır. Bu çerçevede, teknolojik gelişmelerin ışığında, tasarımında yenilikçi malzemeler kullanımının istenen özelliklere katkısı irdelenmektedir.

Mimaride duvar ve dış yüzeyi tasarımı için yeni yapı malzemelerinin ve varolan malzemelerin potansiyellerinin araştırılması önemlidir. Malzemeye dayalı nitelikleri değerlendirmek amacıyla öncelikle yapı dış duvarının ve yüzeyinin özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Araştırmaların temelinde; malzeme ve destek tüm teknolojilerin amacı, giderek artan şekilde



yapılarda iç mekan ve dış çevre arasında denetimin sağlanması, konfor şartlarının düzeltilmesi ve iyileştirmesi çabası yatmaktadır.

### **Günümüzde Dış Duvar Yüzeyi Malzemeleri**

Dış duvar ve kaplamaları malzemelerine göre doğal ve yapay taş, seramik, metal, ahşap, cam, beton, plastik kaplamalar, boya ve sıvalar olarak sınıflandırılabilir (Ağırbasar, 2006).

- **Dış Duvar Yüzeyi Doğal Taş Kaplama**

Önceleri barınma ihtiyacı ile mağaralarda saklanan ya da dağları oyarak evler yapan insanoğlunun, mekan yaratmak için kullandığı ilk malzemelerden biri etrafındaki doğal ortamdan kolayca bulunduğu taş olarak kabul edilebilir. Doğada kaba hali kolayca bulunan veya ocaklardan çıkarılan taşlar ya ham halleri ile ya da şekillendirilip, bir araya getirilerek mekanları oluşturmuştur. Taş, duvarlarda ana malzeme olarak kullanıldığı gibi aynı zaman da kaplama olarak da kullanılmaktadır.

Taş kaplamalar, işlenebilmesi, bol miktarda bulunması, renk seçeneğinin olması, cilalı ya da mat, sert ya da yumuşak, aşınmaya dayanıklı olması gibi özelliklerinden dolayı dış duvar yüzeylerinde tercih edilmektedir(Ağırbasar, 2006). Dış duvar kaplaması olarak kullanılan taşlar, doğal ve yapay taşlar olarak ikiye ayrılabilir.Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar genellikle granit, mermer, kireçtaşı ve travertendir. Basalt, granit, diabaz, diorit, kuvarsit gibi doğal taş kaplamaların ağırlıkları fazla olup, buna karşılık dış etkenlere karşı dayanıklılıkları yüksek ve bakımları kolaydır. Profir, kireçtaşı, traverten gibi taşlar hava şartlarına karşı daha az dayanıklıdır. Suya ve kire karşı dayanıksızdır (Kiper, 1992).

Granit; yerkürenin derinliklerinde bulunan magmanın yavaş kristalizasyonu sonucu oluşan magmatik kayaç grubundadır. Yavaş soğumasından dolayı iri kristalli olarak oluşmuştur. Kimyasal yapısında silis bulunmasından dolayı sert taşlar grubundadır. Yapıda dış duvar yüzeyinde kullanılan granit plakların kalınlıkları genellikle de 2cm, 3cm, 4 cm, 6.4 cm, 7.6 cm'dir (Sarısoy ve Sezgin, 1995).Granitin genel görünüşü pürüzsüz, camsı ve donuktur. Serttir, işlenmesi zordur. Renkleri ve desenleri yapısındaki minerallere göre değişiklik gösterir. Çoğunlukla grinin çeşitli tonlarında, pembe ve kırmızımsıdır (Resim 1). Diğer doğal taşlara göre ısı iletkenlik katsayıları, basınca karşı dayanım değeri ve eğilmede çekme dayanımı daha yüksektir. Sertliği ile aşınmaya, kimyasal ve fiziksel etkilere karşı dayanıklıdır. İyi cila tutan malzemelerdir (Anon, 2005).



Resim 1. Granit Kaplama Çeşitleri(Ağırbasar, 2006).

Mermer; kalker ( $\text{CaCO}_3$ ) ve dolomitik kalkerlerin ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ ) ısı ve basınç altında başkalaşıma uğraması sonucu oluşmuş kayalardır (Anon, 2005). Ocaktan çeşitli şekillerde çıkarılan mermer bloklar fabrikaya getirilerek, çeşitli teknolojilerle boyutlandırılmaktadır. Uygulanacak yapı yüksekliği arttıkça kaplama kalınlığı da artmaktadır (Çorapçioğlu, 1995). Mermerler orta serlikte olup, granit kadar sert taşlar değildir. Gözeneklilikleri oldukça düşüktür. Ağırlıkça su emme oranı azdır. Kireçtaşı ve travertenlere göre yüksek olan ısı iletkenlik katsayıları granitlerle aynıdır.



Resim 2. Mermer Kaplama Çeşitleri(Ağırbasar, 2006).

Kireçtaşı; yapısının yarısı ve daha fazla oranlarda kalsit ve dolomit içeren kalsitin dolamitten fazla olduğu, kireç elde edilebilecek kayalar, kireçtaşı olarak adlandırılmaktadır (Anon, 2005). Yerkürede çok miktarda bulunan kireçtaşı, tortul taşların bir türüdür. Kireç taşları kökenleri ve bileşimlerine göre organik kireçtaşları ve çökelme kireçtaşları olarak ikiye ayrılır (Ketin, 1994). Kireçtaşının yapı ve dokusuna göre, oolitik ve dolomitik kireçtaşı, traverten, albatr vb. türleri vardır. Dayanıklı ve kolay işlenebilen bir taş olan kireçtaşının yüzeyine düz bir doku verilebileceği gibi, çeşitli yüzey şekilleri de verilebilmektedir. Kireçtaşı kaplamalar genellikle 12x24, 16x16, 24x24 gibi boyutlarda üretilebilir. Dış duvar yüzeyinde kullanıldığında kaplamanın eğilme dayanımları yüksek olmalıdır. (Ağırbasar, 2006).



Resim 3. Kireçtaşı Kaplama Çeşitleri(Ağırbasar, 2006).

Traverten;tortul taş grubuna girmektedir, yüksek ısı ve kalsiyum bikarbonatlı magma suyunun yeryüzüne çıkışı sırasında karşılaştığı basınç ile oluşur. (Ketin, 1994).Yapısında irili

ufaklı delikler bulunmaktadır. Ağırlıkça su emme oranı diğer doğal taşlara oranla yüksektir. Basınç ve eğilmede çekme dayanımları mermerlere göre düşüktür. Traverten plaklar parlaticılarla cilalanabilmektedir. Traverten gibi taşlar hava şartlarına karşı daha az dayanıklıdır. Genleşme değerleri yüksektir. Su ve kire karşı dayanıksızdırlar (Ağırbasar, 2006). Diğer doğal taşlar gibi değişik renk ve dokulara sahip olan traverten kaplamalar açık gri, bej, sarı, kahverengi, kırmızı, yeşil vb. renklindedir (Resim 4).



Resim 4. Traverten Kaplama Çeşitleri(Ağırbasar, 2006).

- **Dış Duvar Yüzeyi Yapay Taş Kaplama**

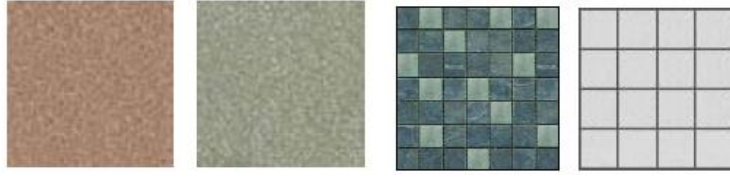
Yapay taş, çimento ya da sentetik reçine kullanılarak yapay yollarla hazırlanmış beton, mozaik gibi kagir bir üründür. Yapısında alçı, kireç ya da manyezit olan yapay taşlar da bulunmaktadır (Hasol, 1988). Hasol'a göre tuğla gibi ürünlerin yapay taş olarak adlandırılması gerekirken bu terim daha çok çimentolu taşlar için kullanılmaktadır.

Beton Kaplamalar; yapay taş kaplamalar grubundan olan beton kaplamalar değişik biçim, boyut, doku ve renkte üretilebilmektedir. Üretimleri yerinde ya da şantiye ve atölyelerde yapılabilmektedir. Yapay taş kaplı beton kaplamalar, alt ve üst olmak üzere iki katmandan oluşur. Alt katman, kumlu çimento harcı, üst katman ise çimento, istenilen türde ve büyüklükte mermer tozu ya da doğal taş kırıkları olabilir (Koman, 2005).



Resim 5. Yapay Taş Kaplı Beton Kaplama Çeşitleri(Ağırbasar, 2006).

Seramik Kaplamalar; değişik niteliklerde kil hamurunun presleme ya da sıkıştırma yöntemiyle şekillendirilmesi ve sırlı ya da sırsız şekilde pişirilmesiyle elde edilen seramik kaplamalar boşluklu, boşluksuz ya da yarı boşluklu olarak üretilmektedirler (Toydemir vd., 2000). Dış yüzeyey uygulanacak seramikler, uygulanacağı duvarın su buharı geçiş durumuna göre seçilmelidir. Dış duvar kaplaması olarak kullanılan seramikler yarı boşluklu ve boşluksuz gruptan olan gre ve yarı gre seramiklerle gre ve porselen mozaikler; boşluksuz gruptan ise pişmiş toprak plaket kaplamalarla prese kaplama tuğlalarıdır (Ağırbasar, 2006).



Resim 6. Gre ve Yarı Gre Seramik Kaplamalar, Gre ve Porselen Mozaik Kaplamalar(Ağırbasar, 2006).

- **Dış Duvar Yüzeyi Metal Kaplama**

Metal kaplamalar geleneksel olarak, tarımsal ve endüstriyel yapılar için uygulanan daha ekonomik bir kaplama türüdür. Gelişen teknoloji ve tekniklerle pek çok farklı renk ve değişik profillerde bulunan bu kaplamaların kullanım alanı ise, satış binaları, ofis binaları ve eğitim yapılarına kadar uzanmıştır (Candemir, 2000).

Dış duvar kaplaması olarak kullanılan metaller demir sac ve emaye sac, alüminyum, bakır, çinko, kurşun gibi metallerle bronz, paslanmaz çelik ve pirinç gibi alaşımlardan döküm yoluyla elde edilen ve daha kalın levha biçimindeki kaplamalardan oluşmaktadır (Toydemir vd., 2000).



Resim 7. Korten Çelik Uygulama, Venedik'te Bir Otel Dış Cephesi (URL-2, 2018).

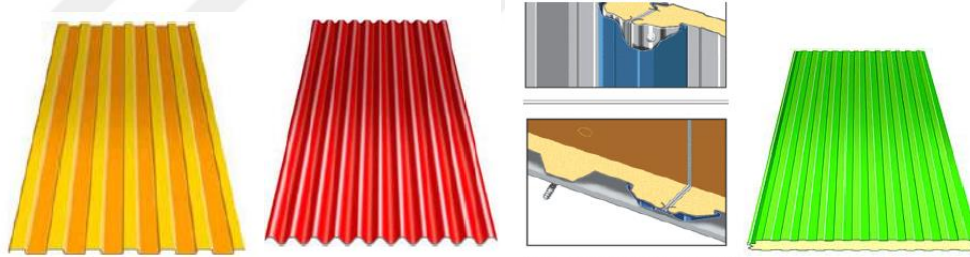
Teknolojik gelişmeler ile metal dış duvar yüzeyi kaplamaları çeşitliliği artmıştır. Metaller kullanım amaçlarına göre değişik aşamalardan geçirilerek kullanılmaktadırlar. Günümüzde kullanılan metal malzemelerin başlıcaları; çelik, paslanmaz çelik, alüminyum, çinko, titanyum, bakır, kurşun, kalay olarak örneklendirilebilmektedir (Eşsiz ve Ekinci, 2012).



Resim 8. Çinko Kaplama Kenet Sistem, Entertainment Centre,Lviv, Ukrayna (URL-3, 2018).

Metal kaplamalar düz, trapez levha, yalıtımlı sandviç paneller, petek dolgulu ve kompozit metal paneller olarak çeşitli şekillerde de üretilmekte ve genellikle giydirme cephe sistemlerinde kullanılmaktadır (Sev, 2002).

Dış duvarda kaplama olarak kullanılan alüminyum levhalar; tabaka ve rulo levhalar, oluklu ve trapez levhalar, çift kat boşluklu levha,sandviç paneller, yerinde yapım ve hazır, cam yünü ile sandviç paneller,poliüretan ile yapım sandviç paneller, fabrika ya da atölyelerde yapılan hazır sandviç paneller olarak sınıflandırılabilir.



Resim 9. Trapez Levha, Oluklu Levha ve Yalıtım Sandviç Panel Kaplamaları (URL-4, 2018).

- **Dış Duvar Yzeyi Ahşap Kaplama**

Ahşap, canlı bir organizma olan ve odunu hücrelerden oluşan ağacın meydana getirdiği, lifli, homojen olmayan ve gözenekli bir dokuya sahip organik kökenli bir yapı gereçidir(Avlar, 2003). Ahşap, yapıda kullanım yerine göre boyutsal ve biçimsel değişiklikler gösterir. Bu nedenle belli standartlara bağlı olarak dikdörtgen, kare ve özel kesitlerde (kalas, tahta, çita vb.) üretilmektedir (Eriç, 2002).

Tablo 1. Ahşap Duvar Kaplamasının Yapıdaki Boyutları (Eriç, 2002).

Yapıdaki yeri	Yapı Ögesi	Kullanım Şekli	En (cm)	Kalınlık (cm)
Kaplama elemanları	Duvar	Dış kaplama	14-18	2.5
		İç kaplama	12-18	2
		Lambri	4-5	2

Dış duvar kaplaması olarak kullanılan ahşap levhalar odunun talaş, lif , yonga ya da kaplama biçimine getirilip budak ve çürük kusurları ayrıldıktan sonra tutkal ve dolgu maddesiyle birlikte ya da bunlar katılmaksızın ısıyla preslenmesiyle elde edilir (Ağırbasar, 2006). Prese kaplama levha, aglomera levha, tahta kaplama, ahşap pano ve hartama, bedavra vb. kaplama çeşitleri bulunmaktadır.

- **Dış Duvar Yüzeyi Cam Kaplama**

Cam; inorganik esaslı, amorf iç yapılı, sabit erime noktası olmayan, çok yüksek sıcaklıklarda akıcılık kazanan, soğuyunca katılaşmış durgunlaşan, sıvı maddelerin özelliklerini gösteren, ayrıca normal sıcaklıklarda kristalleşme göstermeden hızla katılaşmış katı maddelerin mekanik özelliklerini taşıyabilen bir silikat sistemidir (Toydemir, 1990). Camların sınıflanması üretim yöntemine göre üfleme, dökme, çekme, kalıplama ve püskürtme yöntemiyle üretilen ve bileşimine giren ana maddelere göre de normal, kristal ve özel amaçlı camlar olarak yapılabilmektedir. Camın ana maddesi kuvars kumu, kireç, soda ve metal oksitlerdir (Eriç,2002).

Modern bir kaplama ürünü olarak camdan beklenen ışık, görüntü, güneş radyasyonu ısı, dış sıcaklık, rüzgar, fiziksel ve kimyasal yıpranma, gürültü vs. gibi etmenlere karşı bir kontrol ve koruma oluşturması ve diğer yapısal gereksinmelere karşılık verebilmesidir(Ağırbasar, 2006).Yaygın olarak kullanılan cam türleri opak camlar, cam mozaikler ile giydirmeye cephelerde dış yüzeylerinin kaplanmasında geleneksel olarak alüminyum ya da çelik çerçevelerin içinde kullanılan levha camlardan düz cephe camı, güneş kontrol camları, güvenlik camları, temperlenmiş camlar ve ısıcamdır (Toydemir, 1990; Sev, 2002).

Yapı yüzeylerinde kullanılan cam dış cephe kaplamaları; cam tuğlalar, cam paneller, cam mozaikler olarak gruplandırılabilir.

- **Dış Duvar Yüzeyi Plastik Kaplama**

Plastik malzemeler polimer esaslı malzemeler olarak da nitelendirilebilir. Polimer esaslı plastik malzemeler yapıda hafifliği ile duvar ve taşıyıcı sisteme fazla yük getirmemesi nedeniyle kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir. Plastik malzemeler iklim şartlarına göre, yapının bulunduğu çevresel faktörlere uyumluluğu ve tasarımcının isteklerine uyum sağlayacak şekilde profil elemanlar, koruyucu ince kaplamalar, plak elemanlar olarak farklı şekillerde uygulanabilmektedir(Çetinel, 2012).

Plastiklerin dış duvar yüzeylerinde kaplama olarak kullanılabilenleri sınırlı sayıdadır. Özellikle atmosfer etkilerine, güneş ışınlarına dayanıklılık, eskime gibi etkilerle ancak bazı türleri doğrudan dış duvar kaplaması olarak kullanılmaktadır. Akrilik polimerler, melamin formaldehit, lamine formaldehit olarak üretilen plastikler dış kaplama olarak kullanılmaktadır. Polimerler düz ve üç boyutlu kaplamalar olarak kullanımı giydirme cephelerde yaygındır (Toydemir, Gürdal, Tanaçan, 2000).

Plastik malzemeler; polimer malzemeler üretimi bakımından Poliüretan (PU) ve Polvinilklorür (PVC) olarak iki farklı şekilde kullanıma sunulmaktadır.



Resim 10. PVC Kaplama Uygulaması, Taş Görünüm ve Yalı Baskısı (URL-5, 2018).

- **Dış Duvar Yüzeyi Boyaları**

Uygulandığı yüzeylere güzel bir görünüm verirken, dış atmosferik ve kimyasal etkilere karşı da yüzeyleri koruyan dekoratif, sert ve ince koruyucu kaplamalara boya denir (Gürdal ve Ersoy, 1987). Boyayı oluşturan ana maddeler pigment, bağlayıcı ve tabaka(film) yapıcılar, eritici ya da incelticilerdir. Akrilik, silikonlu, sentetik esaslı ve elastomerik boyalar dış duvar kaplaması olarak kullanılan boyalardır.

Akrilik esaslı dış duvar boyaları; akrilik kopolimer bağlayıcı içeren ve genellikle yüzey sorunu olmayan tüm dış duvarlarda kullanılabilen boyalardır. Düz görüntüde olup genelde düzgün

sıvalı yüzeylerde uygulanabilmektedir. Grenli boyalar ise genelde sıva ve yüzey hatalarının olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Değişik renklerde bulunmakta,suya, neme ve ateşe karşı dayanıklı olmaktadır. Sıva, beton ve tuğla duvar yüzeyine fırça, rulo ve tabancalarla iki kat olarak uygulanmaktadır (Şimşek, 2003).Silikonlu dış duvar boya;silikon esaslı boyalardır. Akrilik boyaların yapıldığı tüm yüzeylerde ve çok yoğun yağış alan bölgelerde tercih edilmektedir. Silikon esaslı boya, yapılarında bulunan silikon sayesinde su itme dirençleri yüksektir. Bu boya, altına ilk astar olarak silikon esaslı astarlar yapılmadığında, ürünün su itme performansı düşmektedir (DYO Katoloğu).Sentetik esaslı dış duvar boya;özel termoplastik reçine içeren dış duvar boyadır. Akrilik boya, yapıldığı tüm yüzeylerde bu boya uygulanabilir. Yapısında bulunan özel termoplastik reçinesi sayesinde suya ve zor atmosferik şartlara karşı uzun ömürlüdür. Yüksek ve düşük sıcaklıklarda uygulanabilir. Suya ve hava kirliliğine neden olan zararlı kimyasal gazları yapılarında bulundurmamaktadır.Elastomerik dış duvar boya; akrilik esaslı, esneklik kat sayısı yüksek dış duvar boyadır. Özellikle gaz beton ve tuğla ile örülmüş yüzeylerde ve çatlama sorunu olan yüzeylerde kullanılmaktadır. Bu boyalarda çatlama, dökülme oluşmamakta, ancak su girişi olan noktalarda boyada kabarma ve soyulma görülebilmektedir (Ağırbasar, 2006).

- **Dış Duvar Yüzeyi Sıvaları**

Sıvalar, bir bağlayıcı madde, dolgu malzemesi olarak ince agrega ve sudan, istenirse renk verici madensel ya da organik boyalardan, gerektiğinde yardımcı malzemeler ya da desen malzemeleri karışımından oluşan, plastik kıvamdayken duvar üzerine mala, basınçlı sıva makinesi gibi bir uygulama aracıyla sıvayan ve birkaç tabakadan oluşan bir kaplama türüdür (Toydemir vd., 2000).Bir dış sıva başlıca üç katmandan oluşmaktadır. Bunlar kaba sıva, altlık ya da astar ve ince sıva katmanıdır. Sıva altlığı, duvar gövdesinin sıvayı taşıyamayacağı durumlarda yerleştirilmektedir.

Yapıdaki toplam işin %10-20'sini oluşturan, duvarların dış yüzlerini atmosferin zararlı etkilerinden koruyan ve yapının görünümünü güzelleştiren sıvalardır. Uygulamada önemli yapısal hasarlara neden olmamak, yağış sularının dış sıvaya zor girip kolay çıkabilmesi ve rötre çatlaklarını önlemek için kaba sıva ve ince sıva olarak uygulanan dış sıvanın kaba sıva katmanının yüksek dozajlı, ince sıva katmanının ise düşük dozajlı olması gerekmektedir (Ağırbasar, 2006).

Dış cephede farklı sıva türleri uygulanabilmektedir. Bunlardan başlıcaları; çimento serpmeye sıvalar, edelputz sıvalar, püskürtme sıvalar, mermer sıvalar, suni taş sıvalar, hazır akrilik ve akrilik serpmeye sıvalar, hazır plastik ve silikonlu sıvalardır(Çetinel, 2012).



### 1.1.2. İç Duvar Yüzeyi Malzemeleri

İki iç mekanı birbirinden ayıran düşey taşıyıcı ya da yalnızca bölücü yapı elemanları da iç duvarlar olarak bilinmektedir. İki iç mekânı birbirinden tamamen veya kısmen ayırırlar. Statik gereksinmelere bağlı “taşıyıcı”, veya kullanıcı gereksinmelerine bağlı “ayırıcı” görev üstlenebilirler (Ching, Adams, 2001, Balkan, 2005).

Duvarı oluşturan malzemeler ve bileşenler gereksinimlere cevap veremediğinde, ihtiyaca yönelik üzerine bir yüzey malzemesi (kaplama) uygulanmaktadır. Duvar yüzey kaplamaları, duvarların ayırdıkları ortamın iç ya da dış ortam olmasına göre değişik isimler alır. Eğer duvar iki iç ortamı birbirinden ayırıyorsa, duvar gövdesinin her iki yönüne uygulanan kaplama iç kaplama olarak; bir iç ve bir dış ortamı ayırıyorsa, dış ortamda kalan kaplama dış kaplama, iç ortamda kalan kaplama iç kaplama olarak; iki dış ortamı birbirinden ayırıyorsa iki kaplama da dış kaplama olarak isimlendirilir (Toydemir, vd., 2000).

İç duvar yüzey kaplamaları, iç mekanı sınırlayan ve tanımlayan düşey öğeler olan duvarların yüzeylerinde yüzey bitirme malzemesi olarak kullanılmakta, mekana işlevsel, biçimsel ve algısal anlam katmaktadır. Yüzeyin bitiminde kullanılan bu malzeme türüne, uygulama şekli, uygulanacağı yüzeyin özellikleri, üretim şekli, biçimi vb. gibi özelliklere bağlı olarak karar verilebilmesi için öncelikle mekanın kullanım amacı ve gerçekleştirilecek eylemlerin belirlenmesi gerekmektedir. İç duvar yüzeyleri, duvarın karşıladığı iç mekana ait tüm fiziksel nitelikleri (ısı, nem, ses vb.) doğru bir şekilde etkilemelidir. İç duvar yüzeyleri oluşturulurken, kullanıcıya, kullanım sürecine, doğal ve yapay çevreye bağlı çeşitli etmenler göz önüne alınmaktadır (Ergenç, 2007):

**Kullanıcı:** Kullanıcının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısından kaynaklanan eylemleri iç mekan yüzey seçimini etkileyebilmektedir. Örneğin; kullanıcı dokunduğunda yumuşak, pürüzlü bir yüzeyle karşılaşmak veya tam tersi yüzeyin sert ve pürüzsüz olmasını isteyebilmektedir; parlak bir kaplamayı ya da mat bir kaplamayı tercih edebilir. Kullanıcının ekonomik durumu, eğitim düzeyi, yaşam ve davranış biçimleri de iç duvar yüzey malzemesi seçiminde etkili olmaktadır.

**Kullanım Süreci:** İç duvar yüzeyleri olarak kullanılan malzemenin kolay temizlenebilmesi ve onarılabilmesi istenilen niteliklerdir. Bu nitelikler estetik, hijyen, kullanım süresi ve maliyetler açısından önemli olmaktadır.

**Yapay Çevre:** Yapay çevreye bağlı etmenler ısı, ses/akustik, su/nem, ışık, yangın, hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar, yükler ve kuvvetler, kullanım süreci ve yapım süreci ile ilgili etmenlerdir.

**Çevreye ve İnsan Sağlığına Uygunluk:** Modern yapı malzemeleri doğayı kirliletmeyen, tüketmeyen, geri dönüşümlü ve sürdürülebilir olmalıdır. İnsan sağlığı ve çevreyi tehdit eden nitelikte olmamalıdır.

Günümüzde teknolojiye paralel olarak yüzey malzemesi seçeneklerinin artması, ürün niteliklerinin gelişerek geleneksel malzeme özelliklerinin üstüne çıkması, istenen niteliklerin kullanıcıya ve tasarımcının beklentilerine göre değişebilmesi, her malzemenin kendine özgü kullanım ve uygulama yöntemi olması, aynı malzemenin farklı üreticiler tarafından üretilmesi, pazar rekabeti, malzemelerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki önemli düzeydeki etkilerin bilinmesi vb. nedenlere bağlı olarak yüzey malzemelerinin seçimi oldukça karmaşık ve üzerinde çalışılması gereken bir süreç haline almıştır. Malzeme teknolojilerindeki gelişmeler ile yüzey malzemesinden yapı ve iç mekan konfor şartlarını sağlamanın yanında kendini ve çevreyi temizleme vb. daha üst özellikler aranabilmekte ve beklenebilmektedir.

Tarihsel süreçte yapı teknolojilerinin gelişmesi ve arsa fiyatlarının yükselmesi duvar sistemlerinin gelişimini de etkilemiştir. Beklentilerin karşılanabilmesi için farklı detay çözümlerinde birçok yeni malzeme geliştirilmiştir. İç duvarlar detaylı olarak taşıyıcılık durumuna, kesimine, malzemesine ve yapım sistemine göre 4 sınıfa ayırabilmektedir (Cengiz, 2008).

Tablo 2. İç Duvar Elemanının Sınıflandırılması (Cengiz, 2008).

İÇ DUVARLAR				
STATİT DURUMUNA GÖRE	KESİT DURUMUNA GÖRE	UYGULAMA YÖNTEMİNE GÖRE	MALZEMESİNE GÖRE	
			Taşıyıcı	Kaplama
			1. Taşıyıcı Olan	1. Tek Tabakalı
2. Taşıyıcı Olmayan	2. Çok Tabakalı	2. İskelet Sis.	4. Beton Blok veya Briket	4. Cam
			5. Gazbeton	5. Metal
		3. Hazır Panel Sis.	6. Cam Tuğla	6. Plastik
			7. Ahşap 8. Metal 9. Plastik 10. Hazır Panel	7. Seramik 8. Taş

## **Günümüzde İç Duvar Yüzeyi Malzemeleri**

İç duvar sistemini, çekirdek ve kaplamada kullanılan malzemesine göre, iki sınıfa ayırabilmektedir. İç duvarlar, dış duvarlar gibi sert atmosferik etkenlere maruz kalmadıkları için, uygulamada malzeme seçeneği oldukça fazla olmaktadır.

### **İç Duvar Taşıyıcı Malzemesine Göre:**

İç duvar elemanının taşıyıcısı olan çekirdek; iskelet, yığma veya hazır panel olarak inşa edilebilir. Yığma sistemli iç duvarlarda kullanılan malzeme ve bileşen, fazla yük oluşturabilmektedir. Bu sebeple iskelet taşıyıcılı duvarlar, hafiflik ve hız açısından avantajlıdır. İç duvar çekirdeğinde; kerpiç tuğla, blok taş, pişmiş toprak tuğla, beton blok veya briket, gazbeton, cam tuğla, ahşap dikme, metal profil, plastic taşıyıcı ve kompozit panel malzemeleri kullanılmaktadır (Cengiz, 2008).

Kerpiç tuğla; kil ve kumun su ile karıştırılmasıyla elde edilen kerpiç harcının, kalıplarda şekillendirilerek güneşte pişirilmesiyle elde edilir. Kerpiç duvar kalınlıkları, kerpiç boyutuna uygun olarak yapılmakta,örülmesi tuğla duvarlardaki düz örgü gibi olmaktadır (Özcan, 2000).İç yüzeylerde kerpiç duvar üzerine toprak, kireç, alçı sıva yapılabilir. Kerpiç duvarlar üzerine ahşap, metal, plastik ve alçı levhalar da kaplanabilir (Ergenç, 2007).

Blok taşlar; doğal ve yapay olabilmektedir. Doğal taşlar; yerkürenin doğal yollarla oluşturduğu taşlardır. Yapay taşlar ise, doğal ve yapay malzemelerle fabrika ortamında çeşitli işlemlerle üretilen taşlardır. Granit, mermer, ocak taşı, kuvarsit doğal taşlara; blok gazbeton fabrika tuğlası, blok beton briket yapay taşlara birkaç örnektir (Toydemir, vd., 2004).Doğal taşların iç duvar elemanında taşıyıcı olarak kullanılması, genel taşıyıcısı yığma sistem olan binalarda yaygındır (Cengiz, 2008).

Pişmiş toprak tuğla; killi toprak ve balçığın harman edilip gerektiğinde su, kum, kiremit tozu, kül ve benzeri katkı maddeleri ile karıştırılıp şekil verilmesi ve ardından pişirilmesi ile elde edilen bir yapı bileşenidir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hafif, kolay bulunabilir ve ekonomik olması tuğlayı avantajlı kılmaktadır. Boyutuna ve bünyesindeki deliklere bağlı olarak ısı ve ses yalıtımında fayda sağlamaktadır(Türkçü, 2004).

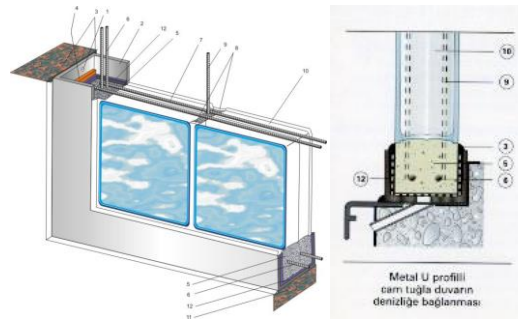


Resim 11. Fabrika Üretimli Tuğla Çeşitleri(Cengiz, 2008).

Beton blok ve briket; çimentonun, çeşitli agregalar, su ve katkı malzemelerinin karıştırılmasıyla üretilen yapı bileşenidir. Beton blok ve briketler, boşluklu olarak veya birbirine geçme dişli olarak üretilmektedir. Harç yardımıyla yığma olarak uygulanırlar. Örgü yapılırken aralarına demir donatı yerleştirilerek dayanım gücü artırılabilir. İç duvar sisteminde, dekoratif amaçlı, kalıpta şekillendirilmiş olanları tercih edilebilir (Türkçü, 2004).

Gazbeton yapay taş türüdür. TS 453'de Gazbeton, "ince öğütülmüş silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç veya çimento) ile hazırlanan karışımının, gözenek oluşturucu bir madde ilavesiyle hafifletilmesi ve buhar kürüyle sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif beton" olarak tanımlanır. Gazbeton, kolay işlenebilir, boyutlandırılabilir ve hafif olmasıyla nedeniyle diğer yığma sistem duvar bileşenlerine göre avantajlıdır. Üstleneceği taşıyıcılık veya bölücülük görevine, bulunacağı koşullara bağlı olarak, farklı yoğunluklarda donatılı veya donatısız üretilmektedir. Düz ve geçmeli şekillere sahiptir. Tutkalla veya harçla örülebilmektedir (Türkçü, 2004).

Cam tuğla; iki yarım parçanın aralarında bir miktar boşluk kalacak şekilde eritilerek birleştirilmesiyle elde edilen düz veya dokulu yüzeylere sahip, saydam veya yarısaydam cam blok bileşendir. Işık geçirgenliği, ısı yalıtımı, ayırıcılık, taşıyıcılık, su ve buhar geçirmeme gibi özellikleri bir arada sunması ile avantajlıdır. İç duvar sistemi uygulamalarında da sıkça tercih edilmektedir (Ching, Adams, 2001). Cam tuğla uygulamaları, özellikle ışık geçirim özelliği, dekoratif olması ve istendiğinde renkli ışıklarla daha gösterişli hale getirilebildiği için tercih edilmektedir.



Resim 12. Cam Tuğla Duvar Uygulaması(Cengiz, 2008).

Ahşap dikme taşıyıcılı iç duvarlarda; ahşap dikmeler, tabanda döşemeye yerleştirilen, tavanda üst kat döşemesine sabitlenen ahşap yastıklara oturmaktadır. Ahşap iskelet sistem oluşturulurken, gerekli dikme aralıkları, panel kaplama malzemelerin ölçüleri, köşe ve derz detayları, kapı ve pencere açıklıkları bilinmelidir. Dikmelerin üzeri, panel malzemelerle kapatılabilir. Gerekli görüldüğü durumlarda yalıtım gereksinmelerine bağlı, dikmeler arasına polistren köpük malzemeler yerleştirilebilir. Geleneksel mimaride ahşap evlerde sıkça

karşılaşılan uygulama, ahşap dikmelerin üzerine, yatayda aralıklarla ince çitalar örülmesi ve bunun üzerine sıva yapılmasıdır (Cengiz, 2008).



Resim 13. Ahşap Dikme Taşıyıcı Duvar (Cengiz, 2008).

Metal profil taşıyıcı iç duvarlar; gövde kısmı metal olan iç duvarlar da, ahşap taşıyıcılar gibi iskelet sistem ile yapılırlar. Bu iskelet üzerine yine uygun panel malzemeler kaplanır. İç duvar sistemlerinde yüksek mukavemetli sacdan farklı kesitlerde bükülerek elde edilen profiller veya hazır L, kare, dikdörtgen ve dairesel kesitli profiller kullanılır. Duvarın taşıyıcı sistemi oluşturulurken profiller birbirine vidalarla ve civatalarla monte edilir. Hızlı uygulanması sebebi ile zamanın önemli olduğu günümüzde yaygın olarak konutlarda, mağazalarda ve ofis yapılarında iç duvar sistemi bileşeni olarak sıkça kullanılmaktadırlar (Türkçü, 2004).



Resim 14. Bükme Sac Profil Uygulaması (Cengiz, 2008).

Plastik Taşıyıcı iç duvar; plastik profillerden yapılan çerçevenin arasındaki boşluğa yine plastik lambriler veya farklı panel malzemeler yerleştirilmesiyle elde edilmektedir. Plastik taşıyıcı duvarların yüke ve darbeye dayanımı azdır. Bu sebeple bazı uygulamalarda metal profillerle desteklenebilmektedir (Cengiz, 2008).



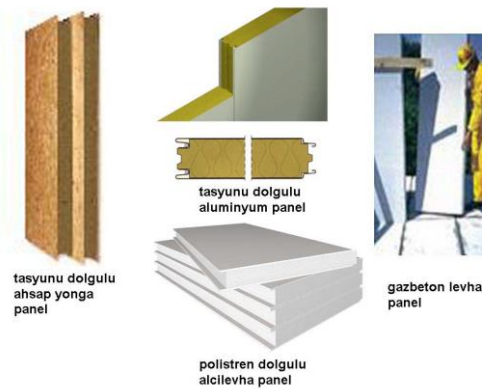
Resim 15. Plastik Taşıyıcı Duvar (Cengiz, 2008).

Hazır kompozit panel taşıyıcılı duvar panelleri; fabrika ortamında, dolgu görevi görebilecek, hafif ve eğilme direnci yüksek olan malzemelerin iki yüzünün, iç mekana uygun özellikte malzeme ile kaplanmasıyla üretilir. İhtiyaca göre tek yüzü kaplamalı üretilenleri de vardır. Hızlı ve ekonomik olarak mekanların bölünmesi sağlanır. İhtiyaca göre farklı özelliklerde ve farklı malzemelerden üretilip hareketli veya hareketsiz duvar olarak uygulanabilmektedir. Hareketli duvar paneli, sürekli eylem değişikliği istenen mekanlar da kullanılabilir. Panellerin düşey veya yatay hareketliliği ray sistemleriyle sağlanmaktadır. Yatay hareketli panellerin rayları tavanda, düşey hareketli panellerin rayları yan duvarlarda bulunmakta, bu sistemler elle veya elektrikli motor ile çalıştırılabilmektedir (Okutan, 2006).



Resm 16. Hareketli Hazır Panel Bölme Elemanları(Cengiz, 2008).

Hazır kompozit panel duvarlar katmanlardan oluşmaktadır. Çimentolu ahşap talaş levha, poliüretan köpük, kâğıttan yapılmış petek doku, bitümlü bağlanmış ekspansiyon mantar, taş yünü ve cam yünü gibi malzemeler dolgu gövde olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yüzeyleri, mekanlardaki gereksinimleri karşılayacak doku ve fiziksel özelliklerde başka malzemelerle kaplanarak hazır paneller üretilmektedir (Toydemir, vd., 2004). Kompozit paneller uygulamada, hız, kolay işçilik ve az uygulama hatası gibi avantajlar sağlamaktadır. Duvar paneli, uygulama alanında, bünyesindeki alçı panelin de kolay işlenebilir oluşuyla istenilen ölçülerde kesilip şekillendirilebilmektedir.



Resim 17. Hazır Duvar Panelleri (Cengiz, 2008).

### **İç Duvar Yüzey Malzemesine Göre:**

Duvar gövdesi gereksinmelere cevap veremiyorsa, yüzeyi üzerine bir kaplama uygulanarak gereksinmelerin karşılanması sağlanmaktadır. İç duvar kaplamaları, iç mekanı oluşturan düşey, doluluk oluşturan öğeler olan duvarların yüzeylerinde yüzey bitirme ürünü olarak kullanılıp mekana işlevsel ve biçimsel bir anlam katar. İç duvar kaplama ürününün türü, uygulama şekli, uygulandığı yüzeyin özellikleri, üretim şekli, biçimi vb. özelliklere bağlı olarak seçilebilmesi için, öncelikle mekandaki eylemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun ardından iç kaplama ürününün hangi niteliklere sahip olması gerektiği belirlenmiş olacak ve bunlara uygun ürün seçilecektir. İç duvar kaplama ürünleri, iç duvarın tüm fiziksel niteliklerini (ısı, nem, ses vb.) olumlu yönde etkilemelidir (Ergenç, 2007).

İç duvar kaplama ürünleri gerektiği durumlarda yenilenebilmeli, bakımı kolay olmalı ve temizlenebilmelidir. Aynı zamanda ürün, mekanın kullanma koşullarına uygun görünüş, doku ve renkte olmalıdır. Çevrelediği mekanın işlevlerini karşılayacak niteliklere sahip olan ürün, o mekanda yaşayacak insanların ruhsal sağlığını olumlu etkileyecek özelliklere de sahip olmalıdır (Toydemir, vd., 2000).

- **İç Duvar Yüzeyi Taş Kaplama**

İç duvar elemanında, dekoratif amaçlı 1-2 cm kalınlığında plaka taşlar kullanılmaktadır. Bu taşlar kare, dikdörtgen, yuvarlak veya biçimsiz olabilirler. Yapıştırıcı kimyasallarla duvar gövdesi üzerine uygulanmaktadır (Aydın, 2000). İç duvar kaplaması olarak kullanılan taşlar, doğal taşlar ve yapay taşlar olmak üzere iki grupta incelenebilir. Yapıda iç duvar kaplaması olarak kullanılan doğal taşların başlıcaları; granit, mermer, travertendir (Ergenç, 2007).

Granit plaklar; oluşturulduktan sonra cilalanır, böylece parlak yüzeyler elde edilebileceği gibi kullanılacağı yere uygun olarak yarı cilalı, yakılmış, kumlanmış ve çekiçlenmiş yüzeyler de yapılabilmektedir. Ayrıca isteğe göre pürüzlü ve mat yüzeyler de olabilir. Yüzeyleri hazırlanmış plaklar kesilir, kullanılacağı yere göre kenar işlemleri yapılır (Ergenç, 2007). İç duvar yüzeyinde kullanılan granitler çıkarıldıkları yöreye göre, Aksaray pembe granit, Aksaray yaylak granit, Bandırma mavi granit, Bergama gri granit, Giresun vizon granit, Kırklareli Balaban granit isimleri almaktadır. Mermerler ise; kullanım alanına göre uygun sertlik derecesinde kullanılmaktadır. Yarı saydam ve parlak mermerler de bulunmaktadır. Saydamlık mermerin ışık geçirme kapasitesidir. İç duvar yüzeyinde kullanılan mermerler de çıkarıldıkları yöreye göre değişik isimler alır. Bunlardan bazıları, Bursa bej mermer, Denizli pembe mermer, Dinar bej mermer, Diyarbakır bej mermer, Diyarbakır pembe mermer, Hazar

pembe mermer, Kastamonu-Eflani bej mermer, Kayseri kamelyon, Muğla beyaz mermer, Sivrihisar bej mermer, Toros bej mermerdir. Traverten; genellikle dış mekanlarda kullanılmasına rağmen iç duvar kaplaması olarak da kullanılmaktadır. İç duvar kaplaması olarak kullanılan travertenler çıkarıldıkları yöreye göre, Bucak beyaz traverten, Denizli traverten, Denizli sarı traverten, Karabük sarı traverten, Kütahya pembe traverten, Kütahya kırmızı traverten, Sivas sarı traverten adını almaktadır (Anon 3, 2001).

İç duvar kaplaması olarak kullanılan yapay taşlar;beton, mozaik gibi kagir ürünlerdir. Tuğla gibi ürünler de yapay taş olarak adlandırılması gerekse de bu terim daha çok çimetolu taşlar için kullanılmaktadır (Hasol, 1988).Yapay taşın ilk örnekleri kalıba konmuş beton plaklardır. Günümüzde ise geliştirilen tekniklerle istenilen renk, doku ve boyutta yapay taş üretilmektedir. Yapısında bulunan agreganın ve doğal taş kırıklarının renk, şekil ve boyutuna bağlı olarak ya da içine katılan maddelerle istenilen renk ve dokuda kaplama üretilebilmektedir.Yapay taş kaplamaların nitelikleri, yapısında bulunan, alt ve üst katmanı oluşturan karışımların içindeki bileşimlerin oranlarına bağlıdır. Üst katmanda bulunan doğal taş kırıklarının rengine bağlı olarak rengi değişir. Cilalı yüzeyler yapılabildiği gibi üst katmandaki agregalar açığa çıkarılarak dokulu yüzeyler elde edilebilir(Çolak, 1989).

- **İç Duvar Yüzeyi Ahşap Kaplama**

İğne ve geniş yapraklı ağaçlardan iç duvar kaplaması olarak kullanılan ağaç türleri genellikle köknar, çam, sedir, porsuk, ak meşe, kayın, dişbudak, karaağaç, ıhlamur, huş, ceviz'dir. İç duvar yüzeyi kaplamada doğal ahşap ya da yapay ahşap kaplama ürünleri kullanılmaktadır. Yapay ahşap kaplama ürünü olarak kontrplak ve aglomere levhalar (ahşap yonga ve lif levha) kullanılmaktadır.

Kontrplak; ardışık gelen ahşap katmanların lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde hayvansal ya da plastik kökenli tutkallar kullanılarak preslenmesi ve sonra ölçülendirilerek yüzeysel düzeltme işlemlerinin yapılması ile elde edilmektedir. Kontrplak üretiminde kavak, kayın, çam ve kızılmeşe kullanılır (Eriç, 2002). Aglomere Levhalar; ahşabın küçük parçalara ve liflere ayrılması, hazırlanan hamurun bir bağlayıcı kullanarak basınç altında levha haline getirilmesiyle elde edilmektedir (Avlar, 2003). Bu levhalardan yonga levha ve lif levha kaplama olarak kullanılmaktadır. Yonga levhalar,yapıda genellikle ses ve ısı tutucu kaplama elemanı olarak kullanılır.



- **İç Duvar Yüzeyi Metal Kaplama**

Metaller, yer kabuğundan cevher olarak elde edilen, serbest elektronlarla çevrili iyonatomlardan meydana gelmiş kristal bir yapıya sahip olup, homojen dokulu, katı ya da sıvı haldeyken özelliklerini değiştirmeyen, inorganik esaslı, demir, bakır, alüminyum, çinko, kurşun gibi çeşitli yapı gereçleridir. İç duvar kaplaması olarak kullanılan metalin genel kullanım şekli levhadır. Sac, alüminyum ve bakır levhalar dekorasyonda kullanılmaktadır. Bunun yanında alüminyum kompozit paneller, metal lambriler ve çelik kaplama da iç duva yüzeylerinde dekorasyon amaçlı kullanılmaktadır (Ergenç,2007;Eriç, 2002).

Alüminyum kompozit paneller;yapıda iç ve dış duvar kaplaması olarak günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır.Korozyona, ani basınç değişikliklerine, darbeye, bükülmeye ve kırılmaya karşı dayanıklıdır. Ayrıca su emmez, donmaz, renk değiştirmez. Alüminyum kompozit paneller testere ile kesilebilir, matkapla delinebilir, vida, perçin, silikon ile uygulanabilmekte ve boyanabilmektedir(URL-12). Metal lambriler;genellikle alüminyum ve emaye sacdan üretilmektedir. Çelik kaplama;üretici firma tarafından çelikart olarak isimlendirilmektedir. Çelikart duvarda seramik, doğal taş, parke, ahşap lambri gibi yapı ürünleriyle birlikte uygulanabilmektedir. Uygulandığı yüzeyde emniyet için elektrik izolasyonu sağlanmalıdır. Çelik kaplama ürünleri, metalizasyon yöntemiyle istenilen renk alternatiflerinde de kaplanabilmektedir (Ergenç,2007).



Resim 18. İç Duvar Çelik Kaplama Ürünü Uygulama Örneği (URL-6, 2018).

- **İç Duvar Yüzeyi Seramik Kaplama**

Seramik kaplamalar yapıda duvar, döşeme ve çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır. Seramik, inorganik esaslı, ince taneli kil malzemenin su ile karıştırılıp istenen şeklin verilmesi ve pişirilmesiyle elde edilen su geçirimsiz bir malzemedir. Yaygın olarak ıslak hacimlerde kullanılırlar(Aydın, 2000).

Prese kaplama tuğlaları, mozaik duvar kaplamaları (fayans mozaik, gre mozaik, porselen mozaik), dekoratif duvar kaplamaları (camlaşmış bünyeli kaplamalar, sırsız, pişmiş toprak

kaplamalar, yüzü camlaşmış ya da sırlanmış kaplamalar), karo fayans kaplamalar gibi seramik kaplamalar yapıda iç duvar kaplama ürünü olarak kullanılmaktadır (Ergenç,2007).

Prese kaplama tuğlaları; sırlı olarak kullanılabilmesi gibi sırsız olarak da kullanılabilir. Mozaik duvar kaplamaları, tek tek uygulanamayacağı için bir yüzeyi kağıda ya da plastik bir örgüye yapıştırılmış olarak ve çok sayıda mozaik kaplamanın bir arada kaplanması şeklinde uygulanır. Mozaik duvar kaplamaları; fayans mozaik, gre mozaik ve porselen mozaiklerdir. Dekoratif seramik duvar kaplamaları;dekor amaçlı kullanılan seramik kaplamalardır. Hamur bileşimlerine göre camlaşmış bünyeli kaplamalar, sırsız pişmiş toprak kaplamalar, yüzü camlaşmış ya da sırlanmış kaplamalar olarak üç gruba ayrılırlar. Karo fayans kaplamalar; özellikle duvar kaplaması olarak kullanılan boşluklu, bir yüzleri sırlı seramik kaplamalardır. Değişik ebatlarda bulunabilmektedirler. Değişik yüzey özelliklerine sahiptirler. Mat ve parlak sırlanmış fayansların dışında, yüzeyleri düzlem olmayan değişik geometrik şekillerden oluşmuş kabartma yüzeyli karo fayanslar da vardır. Genellikle ıslak hacimlerde kullanılmakta, aynı zamanda ameliyathane, laboratuvar ve steril oda gibi iç mekânlarda kolay temizlenebilme ve kir tutmama özelliklerinden dolayı tercih edilmektedirler(Ergenç, 2007;Aydın, 2000).

- **İç Duvar Yüzeyi Plastik Kaplama**

PVC levhalar ve PVC duvar karoları iç duvar kaplaması olarak yapıda kullanılmaktadır. Melamin, özellikle suni ahşap yüzeylere sert kaplama olarak uygulanır. Duvarda hazır sıva olarak bünyesine ince agrega katılmış akrilik ve PVA kökenli malzemeler de uygulanmaktadır (Ergenç, 2007). Plastik lambri, PVC levha ve duvar karoları çeşitleri bulunmaktadır.

Plastik lambri; ıslak hacimler dahil olmak üzere tüm iç mekânlarda duvar ve tavan kaplama malzemesi olarak kullanılan, dekoratif amaçlı PVC(poly vinyl chloride) duvar ve tavan panelleridir. Zengin renk desen çeşitleri bulunmaktadır. Neme,UHV ışınlarına dayanıklıdır. Ses ve ısı yalıtımı sağlamaktadır. Kolay deforme olamamakta ve montajı kolay olmaktadır (Aydın, 2000).

PVC levhalar; her türlü yapıda duvar kaplamasında kullanılan, metal içermeyen, uzun ömürlü ve dayanıklı bir üründür. Aşınmaya, çürümeye, havadaki kimyasal bileşiklerin sebep olduğu yıpranmalara karşı dayanıklı, esnek ve UV korumalıdır. Ses ve ısı geçirgenliği düşüktür, ateşe dayanıklıdır. Düşük maliyetlidir. PVC levhalar orijinal renklerini sürekli korumakta, esnekliği sayesinde eğrisel duvar kaplaması olarak kullanılmaya uygun olmaktadır. İstenilen kalınlıkta, ebatlarda ve değişik renklerde bulunabilir (Ergenç, 2007).Plastik laminat levha,

folyo şeklindeki ürünlerdir. Piyasada birçok türde ve renkte çeşitleri bulunabilmektedir (Toydemir, vd. 2004).

PVC duvar karoları; antibakteriyel, hijyenik, kimyasallara dayanıklı, her türlü temizlik ürünüyle silinebilen, ıslak hacimlerde fayans, seramik ürünler yerine kullanılabilen, kolaylıkla duvara yapıştırılarak uygulanan kaplamalardır. Derzsiz döşendikleri için araları kir tutmamakta ve ton farklılıkları oluşmamaktadır(Aydın, 2000).

- **İç Duvar Yüzeyi Alçı Kaplama**

Yapıda genellikle iç duvar kaplaması olarak alçı sıvalar ve alçı levhalar kullanılmaktadır.

Alçı sıvalar; tuğla ya da taş duvar gibi kagir yüzeyler üzerine yüzeyi düzeltmeye elverişli kalınlıkta doğrudan yapılabileceği gibi, kaba sıva yapılmış çimentolu sıvalar üzerine ince sıva ve perdah niteliğinde de yapılabilmektedir. Perdah alçısı, yüzeyi düzeltmek, iyi ve düzgün bir boya altlığı oluşturmak amacıyla üretilir ve saten alçı diye adlandırılır (Ergenç, 2007).

Alçı levhalar; dayanıklı iki kağıt katmanı arasında alçı bir iç dolgudan oluşmuş, özel üretimli yapı ürünleridir.Alçı levhaların yapıda kullanım yeri ve amacına yönelik bir çok çeşidi vardır. Bunlardan duvar levhaları iç duvar kaplaması olarak kullanılır. Bu tür duvar levhalar, sıvasız bitimler için düzenlenmiştir (Balanlı, 1990). Alçı levhalar duvara yapıştırılarak ya da ızgara üzerine kaplanarak uygulanabilmektedir (Ergenç, 2007).

- **İç Duvar Yüzeyi Cam Kaplama**

İç duvar sistemlerinde cam, ışık geçirgenliği özelliğinden faydalanılarak şeffaf ortamların yaratılmasında kullanılmaktadır. Levha, tuğla ve mozaik olarak 3 farklı şekilde üretilmektedir. İç duvarda kaplama malzemesi olarak mozaik camlar, dekoratif amaçlı veya iskelet çerçevelerde dolgu amaçlı, levha camları kullanılmaktadır (Toydemir vd., 2004).

Yapıda cam; iç duvar, dış duvar, çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır. İç duvar kaplaması olarak kullanılan cam mozaikler; ışığı çok az geçirdiği ve görüntü vermediği için kaplama ürünü olarak kullanılmaya elverişli olmaktadır (Ergenç,2007).Duvar ve döşeme kaplaması olarak kullanılabilirler (Aydın, 2000). Mozaik tekniğinde uygulamanın gereği olarak cam mozaikler arka yüzlerinden plastik bir dokumaya ya da ön yüzlerinden bir kağıda yapıştırılmış olarak bulunmaktadır. Cam mozaik kaplaması uygulanmadan önce, duvarın kaba ve ince sıvasının yapılmış olması gerekmektedir. İnce sıvanın yüzeyi de kolay yapışabilmesi için perdahlanmalıdır (Toydemir, vd., 2000, 1990; Eriç, 2002).



Resim 19. Cam Mozaik Uygulaması (URL-7, 2018)

- **İç Duvar Yüzeyi Kağıt Kaplama**

Duvar kağıdı, bir yapıştırıcı aracılığı ile duvara uygulanmak üzere rulolar halinde hazırlanmış, kağıt, kağıt plastik vb. esnek kaplama ürünüdür (TS 5228, 1987).

Duvar yüzeyine uygulanan duvar kağıtları, üretimin kolaylığı, kuvvetli ve göz alıcı desenleri, kısa sürede duvara uygulanıyor olması ve düşük maliyeti ile geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Ergenç, 2007). Duvar kağıdı çeşitleri çok fazladır. TS 5228’de adı geçen duvar kağıtları; dekore edilmiş, tabanlı, bordür, panoramik, tekstil, tekstil tabanlı, floklu, metalik, metalik efektli, plastik kaplama, zarlı, grenli, tıfdruck, gofre, emprime gofre, kabartma, desen kabartmalı, dubleks duvar kağıtlarıdır.



Resim 20. Duvar Kağıdı Uygulamaları (URL-8, 2018).

- **İç Duvar Yüzeyi Sıvaları**

Sıva, duvar ya da tavanlarda, kagir ya da hımsız yüzeyleri düzgünleştirmek ve korumak için kullanılan bir çeşit harç olarak tarif edilebilir. Sıvalar, plastik kıvamda iken duvar ya da tavana uygulanır, daha sonrada sertleşirler (Hasol, 1988). İç yüzeye uygulanan sıvalara iç sıvalar denmektedir. İçte uygulanan sıvalar, koruyuculuk amacı yanında, daha düzgün, duvar gövdesini gizleyen, toz ve kir tutmayan dekoratif bir yüzey elde etmek amacıyla yapılır

(Gürdal ve Ersoy, 1987). “İç sıva, harç malzemesinin belli oranlarda karıştırılarak bina iç yüzeylerine uygulanması ile elde edilen, kapiler emişli düz ve yüzeyi itibariyle boya ve duvar kağıtlarına elverişli olan örtü tabakasıdır” (TS 1262, 1988).İç sıvalar kaba sıva ve ince sıva olmak üzere iki katman halinde uygulanmaktadır.Dekoratif bir yüzey elde edilmek isteniyorsa sıvaya değişik dokular verilebilmektedir.

Sıva çeşitleri malzemesine göre; çimento/kum karışımı harçla yapılan, çimento/kireç/kum karışımı harçla yapılan, kireç/kum karışımı harçla yapılan, kireç/alçı/kum karışımı harçla yapılan, alçı kökenli sıvalar olarak sıralanabilmektedir. Kullanım amaçlarına göre ise; püskürtme-yüzey arttırıcı sıva, x ışınlarından koruma sıvaları, akustik sıvalar, ısı yalıtkan sıva, alçılı ya da çimentolu hafif hazır sıvalar olarak bilinen perlit sıva, vermucülit sıva çeşitleri bulunmaktadır (Ergenç, 2007).

- **İç Duvar Yüzeyi Boyaları**

Boya, uygulandığı yüzey üzerinde sert, ince bir koruyucu ve dekoratif bir katman oluşturarak, yüzeyi dış etkilerden koruma, süsleme ve aydınlatma özelliklerini gerçekleştiren kaplama ürünüdür. Boyalar, bağlayıcı (film yapıcı), pigment (örtücü ya da renk verici) ve çözücünden oluşan bir yüzey kaplamasıdır (Toydemir vd., 2000).Boyanın bağlayıcı maddesine göre; Yağlı, Sentetik ve Selülozik boyalar, Dispersiyon polimer boyalar (Suda Çözünebilen), Kireç badanaçeşitleri bulunmaktadır (Cengiz, 2008).

Yağlı boyalar; günümüzde geliştirilerek, çabuk kuruyan, istenilen yüzey özelliklerine sahip ve parlak boyalar elde edilmektedir (Toydemir vd., 2000). Selülozik boyalar; metal yüzeylerin kaplanmasında, ahşap ve mobilya aksamlarında uygulanır. Sentetik emülsiyon boyalar, piyasada daha çok plastik boya olarak bilinmektedir. Bu boyaların PVA kökenli boya ve akrilik kökenli boya olmak üzere başlıca iki türü yaygındır. Dispersiyon polimer boyalar; su ile çözünen ve film yapıcı maddesi PVA ya da akrilik kökenli olan plastik reçinelerden oluşmaktadır. Plastik boyalar, binaların iç kısmında sıva, beton, eternit,suntan, ahşap, alçı, sıva, yağlı macun vb. gibi yapı elemanlarından oluşan her türlü duvar yüzeyinde kullanılan, PVA esaslı suile inceltilebilen, dispersiyon boyalardır (Aydın, 2000). Badanalar; pigmenti kireç, renkli toz metal oksitler ya da suda eriyebilen alkit, fenol gibi plastik maddeler, bağlayıcısı su olan boyalardır. Kireç badanalar, kuruduktan sonrada sürtünme ile çıkabildiklerinden, karışıma tutkal ya da zeytinyağı gibi maddelerin katılması ile yüzeyde yapışma özelliği iyileştirilmektedir. Hijyenik, ucuz, gözenekli bir boya türüdür (Ergenç, 2007). Vernikler; film yapıcıların pigment katılmaksızın uygulanan renksiz biçimleri olarak tanımlanabilir. Buharlaşarak ya da ürünün özelliğine göre katılarak, film katmanı oluşturan renksiz ürünlerdir. Ahşap, brüt beton ve metallerde kullanılabilir(Eriç, 1994).

## 1.2. Döşeme

Döşemeler, taşıyıcılık ve bölücülük işlevleriyle mekanı tanımlamada önemli yapısal öğelerdir. İç mekanda yatay yüzeyi oluşturan döşemeler için çeşitli tanımlar bulunmaktadır. Yapılarda katları birbirinden ayıran ve üzerinde yürünen kısımdır. Bir mekanın üzerinde yürünen taban yüzeyine kaplanan her tür malzemenin genel adına da döşeme kaplaması denilmektedir. Parke, karo, mozaik, seramik, halı vs. birer döşeme kaplamasıdır (Hasol, 1998).

Toydemir, Gürdal ve Tanaçan (2000), 'döşemeler; yapıların yatay taşıyıcı elemanlarından birisi olup, katları birbirinden ayıran ve üzerlerinde yürünebilen yapı elemanlarıdır. Bu bağlamda, döşemeler, bir mekanın altını ve üstünü oluşturabilir ve statik yönden eğilmeye çalışır. Kısaca, bir döşeme hem taşıyıcılık hem de ayırıcılık işlevleri yanında, mekan oluşturma özelliğiyle de yapısal mimari öğelerin başında gelir' söylemi ile önemini belirtmişlerdir. Eleman olarak yapıda önemli görevleri bulunan döşemelerin, kullanıcının, konforu ve güvenliği açısından beklentileri karşılama için sahip olması gereken nitelikler, performans kriterleri bulunmaktadır. Döşemelerin ana işlevlerinden biri, üstüne gelen yükleri oturduğu taşıyıcı elemanlara sağlıklı olarak iletmek, diğeri ise üzerinde yer alan işlevlere uygun bir zemin oluşturmaktır (Yücesoy, 1998).

Döşeme, üzerinde yürünen bir yapı elemanı olmasının yanı sıra üzerinde yürünmeyen örtü elemanı olarak ta ele alınabilir. Başka bir anlatımla, bir çatı örtüsüyle bir kat döşemesinin ortak özelliği, her ikisinin de bir mekan üzerini örten yapı elemanı olmalarıdır. Ancak burada döşeme kavramı, bir yerin üzerini örtmekle birlikte üzerinde gezinebilen elemanları kapsamaktadır. Buna karşılık bir mekanın üzerini örten ancak üzerinde gezilmeyen yapı elemanı, örtme işlevinin ayırıcı olması nedeniyle çatı kaplamasına girmektedir. Döşeme tümüyle bir sistem olarak ele alındığında yukarıdan aşağıya doğru dört sistemden oluşur. Bunlar; döşeme kaplamaları, altlık, taşıyıcı sistem ve tavandır. Bütün döşemeler için bu açılım geçerli olmaktadır (Çolakçioğlu, 2008).

Çalışmanın konusuna bağlı olarak döşemelerin sınıflandırılmasında malzeme esas alınmış ve mekânsal konfor açısından beklenen nitelikler ve performans kriterleri incelenmiştir. Performans etkileyen faktörlerin başlıcaları; taşıyıcılık, su yalıtımı, ısı ve ses yalıtımı ile yangın dayanımı olarak belirlenmiştir.

### 1.2.1. Döşeme Yüzeyi Malzemeleri

Döşemelerde en üstteki görünür ve üzerine basılan yüzeyi oluşturan katmana döşeme kaplaması denmektedir. Bilindiği gibi, mimari tasarımda bir mekanı oluşturan elemanların o mekandaki işlevleri karşılamak üzere tasarlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, mekanda

gerekli olan görsel, fizyolojik, akustik, fiziksel ve mekanik niteliklerin sağlanmasında döşeme kaplaması önemli görevler üstlenmektedir. Bu işlevler farklı niteliklerdeki döşeme kaplama malzemeleriyle karşılanmaya çalışılır. Döşeme kaplama çeşitleri olarak, Mineral Bağlayıcı Şaplar ve Dökme Kaplamalar, Yapay Taş Kaplamalar, Doğal Taş Kaplamalar, Cam Kaplamalar, Ahşap Kaplamalar, Polimer, Kauçuk ve Linolyum Kaplamalar, Metal Kaplamalar, Seramik Kaplamalar bulunmaktadır. Ancak hangi mekanda hangi tür malzemenin kullanılacağı o mekandaki işlevlerin analizine göre çözümlenmelidir (Toydemir vd., 2000).

Zemin döşeme malzemeleri, üzerinde yürünen bir mekan bileşeni olmasının yanında bütün diğer bileşenlerin algılanması için bir altık oluşturmaktadır. Bu görev onun ayakkabılar, donatılar ve araç-gereçler gibi etkenlerden gelecek darbelere karşı direnecek dayanıklılığa sahip olması gerektirmektedir. Ayrıca zemin malzemeleri nem, boyama, yağ, kir gibi etkilere karşıda dayanıklılık göstermelidir. Zemin düzleminde alan ve yer tanımlaması malzeme ve renk ile sağlanabilir (Sümer, 2011).

### Günümüzde Döşeme Yüzeyi Malzemeleri

H. Sümer Yüksek Lisans tez çalışmasında günümüzde yaygın olarak kullanılan zemin yüzeyinde döşeme malzemelerini üç sınıfa ayırmıştır: sert zemin malzemeleri, elastik zemin malzemeleri ve hafif (yumuşak) zemin malzemeleri.

Tablo 3. Döşeme Malzemesi Sınıflandırılması (Sümer, 2011).

Sert Zemin Döşeme Malzemeleri	Elastik Zemin Döşeme Malzemeleri	Hafif (Yumuşak) Zemin Döşeme Malzemeleri
Beton ve Çimento Esaslı Zemin Kaplaması	Linolyum	Halılar Kilimler
Karo Zemin Kaplaması (Seramik Karo, Porselen Karo, Seramik Mozaik)	Mantar Kauçuk Vinil (PVC Kaplama)	
Taş Zemin Kaplaması (Mermer, Traverten, Granit)	Epoksi	
Ahşap Zemin Kaplaması (Levha Ahşap, Parke ,Arduvaz		

### Sert Zemin Yüzeyi Döşeme Malzemeleri

Sert zemin döşeme malzemeleri dayanıklılıklarına, kolay bakım özelliklerine ve estetik görünüşleri gibi niteliklerine göre mekanda uygulanmaktadırlar. Sert zeminler mekan içerisindeki sesleri yansıtmakta aynı zamanda da ayakkabı, sandalye gibi donatılardan gelen seslerin etkilerini yükseltebilmektedir. Ayrıca zemin yüzeylerine düzenli olarak yapılan bakım onları zarardan korumakta ve yüzey görünüşlerinin bozulmasını önleyerek kullanım süresini uzatmaktadır. Sert zemin malzemeleri beton ve çimento esaslı malzemeler, karo, taş ve ahşap kaplamalar olarak ayrılabilir.



Resim 21. Beton ve Çimento Esaslı Terrazzo Zemin Uygulama (URL-9, 2018).

- **Zemin Yüzeyi Karo Kaplama**

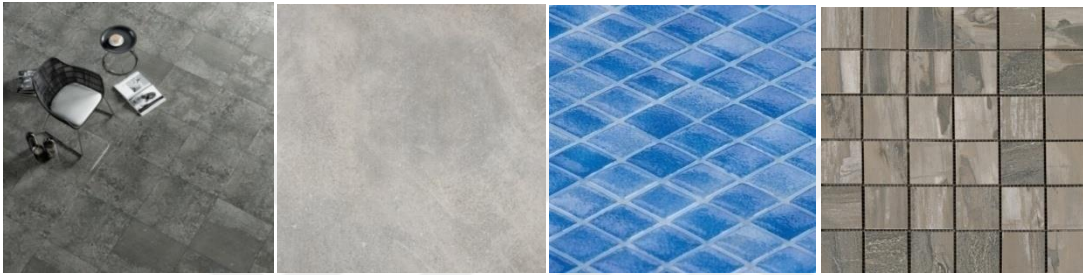
Seramik karolar;zeminde mutfak, banyo, havuz kenarları gibi suyla ilişkili olan alanlarda kullanılsa da renk, desen, kalite gibi yönlerinin artmasıyla diğer yaşam mekanlarında da kullanılmaktadır (Sümer, 2011). Bingelli (2007), seramik karo zemin kaplamalarını türlerine göre sırlı ve sırsız olarak sınıflandırmakta, kayma dirençlerine göre kullanım alanlarını Tablo 4' te olduğu gibi ayırmaktadır.

Tablo 4. Seramik Karo Zeminler Sınıflandırılması (Bignelli, 2007).

Türü	Bileşimi	Kayma Direnci	Kullanımı
<b>Sırlı Sırsız Mozaik Seramik</b>	Porselen ya da doğal çamur, preslenmiş toz ya da plastik	Az kayma dayanımı	Yoğun ticari kullanım alanları için pek dayanıklı olmayabilir.
<b>Sırlı Sırsız Taş Karosu</b>	Sırsız kil ya da doğal çamur püskürtme işlemi	Gres kayganlaştırıcıdır, aşındırıcı çakıl sırrın içerisine yerleştirilebilir.	Yoğun ticari kullanım alanları için uygundur. Kimyasallara karşı dirençlidir.
<b>Sırlı Sırsız Kaldırım Kaplamaları</b>	Doğal çamur ya da porselen, preslenmiş toz		Yoğun ticari kullanım alanları için uygundur. Kimyasallara karşı dirençlidir.



Porselen karolar, daha yoğun olan porselen kiliyle yapılmakta ve üst yüzeyinde daha az gözenekleri bulunmaktadır. Cilalı ve mat yüzeylere sahip olan porselen karolarda çizilmeler ve renk atması daha az olmaktadır. Porselen karolar aşınmaya, çizilmeye, darbeye dayanıklı yapılarından dolayı, dolaşımın yoğun olduğu mekanlarda kullanılabilir. Su emme oranlarının düşük olması onları her türlü iklim şartlarına uyumlu ve dirençli olmasını sağlamaktadır (Resim 22). Seramik mozaikler, küçük renkli seramik parçacıklarının bir araya getirilmesi farklı desen ve dokuların oluşturulmasıyla uygulanmaktadır. Küçük parçacıklardan oluştuğundan kolay uygulanabilmesi amaçlı mozaik parçalarının alt kısmına kağıttan yapılan bir file eklenmektedir. Resim 22’de yer alan örneklerde olduğu gibi esnek, küçük, geometrik ve parlak yüzeyleriyle mekanda estetik bir görünüm yaratmaktadır (Sümer 2011).



Resim 22. Porselen Karo Uygulaması (URL- 10, 2018) ve Seramik Mozaik Çeşitleri (URL-11, 2018).

- **Zemin Yüzeyi Taş Kaplama**

Taş zemin malzemeleri katı, sert ve yüksek direnç, dayanıklılık gösteren yüzeylerdir. Mermer, granit, traverten, arduvaz gibi türleri mekanlarda zemin döşeme malzemesi olarak kullanılmaktadır (Sümer, 2011).

Zeminlerde mermer; görülen hareketlenmeye bağlı olarak eğilme, bükülme gibi bozukluklar görülebilmektedir. Cilalı ürünler olduklarından uzun yıllar parlaklıklarını koruyabilen, damarlı bir yapıya sahiptirler. Mermerlerin boyutları ve uygulanma şekli kullandıkları mekanın işlevine ve estetik değerlere göre farklılık göstermektedir. Travertenler; suya dayanıklı olmaları nedeniyle banyo ve mutfaklarda kullanımı tercih edilmektedir. Banyo gibi iç mekan uygulamalarında tercih edilmesiyle sahip oldukları gözenekli yapılarıyla kapalı ortamlarda hava sirkülasyonunu sağlayabilmektedirler. Gözenekli yapıya sahip olan traverten honlu denilen bir yüzey işlemleriyle dolgu ve mat bir görünüm kazanmaktadır. Cilalı yüzeylerde, genellikle ticari alanlarda tercih edilmektedir ve eskitme yüzeyler antik etki vermektedir (Resim 23).



Resim 23. Traverten Zemin Uygulaması (URL-12, 2018).

Zeminlerde granit; periyodik bir bakıma gereksinim duymamakta ve günlük temizlik malzemeleriyle kolay temizlenebilmektedir. Üzerinde hareket ettirilen donatı elemanlarına ve topuklu ayakkabı darbelerine karşı dirençli olmasından dolayı aşınmamaktadır. Yüzey parlaklığını uzun süre koruyabilmekte, düzenli bir bakıma gereksinim duymamakta ve uzun süre kullanım olanağı sağlamaktadır (Resim 24).



Resim 24. Granit Zemin Uygulaması (URL-13, 2018).

Arduvaz ise bir başkalaşım kayacıdır. Sert ve sağlam bir taş malzemedir. Çok farklı mineral ve olasılıkları nedeniyle farklı desen ve renklerde uygulama yapılabilmektedir. Tamamen doğal bir malzeme olması, kolay işlenebilmesi ve estetik bir malzeme olması maliyetinin yüksek olmasını dengelemekte ve malzemeyi iç mekan uygulamalarında çekici hale getirmektedir (Resim 25) (Sümer, 2011).



Resim 25. Arduvaz Zemin uygulaması (URL-14, 2018).

- **Zemin Yüzeyi Ahşap Kaplama**

Yaygın bir zemin malzemesi olan ahşap, doğal renk ve dokusuyla doğadaki haline en yakın kullanılan malzemelerden biridir. Ahşap sıcak temaslı, güzel görünümlü olmasının yanı sıra,

organik olmanın getirdiği bazı sakıncaların dışında, en çok tercih edilen ve kullanılan bir döşeme kaplamasıdır(Toydemir, vd., 2000).Binggelli (2007), ahşapları sertlik niteliklerine göre sert, orta sert ve yumuşak olarak üç grupta değerlendirmektedir. Akçağaç, meşe, kayın, ceviz gibi ağaçlar sert; karaçam, kızılğaç, bodur meşe, gibi ağaçlar orta sert; kavak, söğüt ve ıhlamur gibi ağaç türleri de yumuşak olarak nitelendirilmektedir. Buna göre zemin kaplaması olarak sert ve dayanıklı ahşap türleri tercih edilmektedir. Ahşap zemin döşemeleri levha veya lambri parkeler halinde uygulanmaktadır.

Ahşap zemin döşemelerinden parke;masif, lamine ve laminat olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Masif parkeler, dayanıklı olmaları açısından gürgen, meşe, ladin, gül ağacı, diş budak, kayı gibi sert ağaçlardan farklı ebatlarda üretilebilmektedir (Toydemir, Gürdal, Tanaçan, 2000).Lamine parkeler çizilme, üzerinde oluşabilecek izlere, darbelerin bırakacağı hasarlara karşı fazla direnç gösterememektedir. Bu nedenle kullanımında masa, sandalye gibi hareketli donatıların yüzey üzerinde hasar bırakmaması için dikkatli hareket edilmeli ve bir takım önlemler alınmalıdır. Laminatparkeler, masif parke uygulamasına göre ekonomik açıdan daha uygun olan MDF, HDF ve yonga levhalar üzerine yapıştırma yöntemiyle uygulanmaktadır. Kağıda basılmış desenler yüksek ısı ve basınç altında bu tabakalar üzerine yapıştırıcı kullanarak preslenmektedir (Sümer 2011).

### **Elastik Zemin Yüzeyi Döşeme Malzemeleri**

Elastik zemin döşeme malzemeleri ekonomik, yoğunluk, emici olmama gibi yüzey özellikleriyle göreceli bir dayanıklılık ve kolay bakım sağlamaktadır. Geniş kapsamlı renk ve desen seçim olanakları sunmakla beraber, çeşitli düzenlemelerle farklı tasarımlara olanak vermektedir. Malzemenin sağladığı konfor düzeyi dayanıklılığıyla ve özelliğiyle birlikte kullanılan destekleyicinin türüne ve destekleyici yüzey sertleştiricisine de bağlı olmaktadır. Elastik zemin döşeme malzemeleri linolyum, mantar, kauçuk, vinil olarak gruplanmaktadır(Sümer, 2011):

Linolyum; hijyenik olması, bakteri barındırmaması, ekonomik kolaylık ve pratik, hızlı döşeme olanaklarına sahiptir. Linolyum kaplama, sıcak temaslı ve ses emiciliği yönünden tercih edilen, elastik ve aşınmaya dayanıklı bir malzeme kaplamasıdır. Sahip olduğu bu nitelikleri sayesinde hastaneler, okullar, ofisler, süpermarketler gibi yoğun kullanım alanlarında uygulanabilmektedir.

Mantar zemin kaplamaları; yapısal nitelikleri sayesinde oldukça dayanıklıdır. Kullanım alanı ne kadar yoğun olursa olsun, maruz kalınan darbelere, basınca rağmen esnekliği sayesinde

biçimini yeniden kazanabilmektedir. Estetik, bakımının kolay olması, ses emici ve doğal olması gibi nitelikleriyle uzun yıllar kullanım olanağı sağlamaktadır. Su geçirmez yapıları sayesinde mutfak ve banyo zeminlerinde de uygulanabilmektedir. Mantar döşemeler doğal bir malzeme olmasının yanında doğa dostu, ekolojik, sürdürülebilir ve yenilebilirlik gibi özelliklere sahiptir.

Kauçuk zemin kaplamaları; estetik görünüşlü, parlatma gibi bakıma ihtiyacı olmayan, aşınmaya karşı dirençli ve dayanıklı olma gibi özelliklere sahiptir. Farklı renk olanaklarıyla çeşitli desen düzenlemelerine olanak verebilmektedir. Yoğun kullanım alanlarında kaymayı engelleyerek yürüme güvenliğini sağlamaktadır. Kauçuk zeminler ayak sesi, donatılar ve araç gereçlerden oluşan gürültüyü ses emici özelliğiyle azaltmaktadırlar.

Vinil (pvc) kaplamanın ham maddesi olan vini; bir sıvı ile karıştırıldıktan sonra rulo halinde zemine ince bir tabaka halinde yayılmaktadır. Renk ve desen konusunda geniş bir yelpazeye sahiptir ve dolaşımın yoğun olduğu mekanlarda kullanılabilir. Vinil malzemelerin montajındaki ek yerlerinin belirsizliğinden dolayı darsız, yekpare bir görüntü sağlanmaktadır. Geri dönüşümünün yapılabilmesiyle çevre dostudur, sürtünme ve aşınmalara karşı direnç göstermektedir.

Epoksi; reçinenin ısıtılmasıyla sertleşen yüzeyin korunmasıyla oluşturulan yapıştırıcı bir kimyasal uygulamadır. Sıvı halde zemin üzerine uygulanan epoksi katı hale geçtikten sonra bir iki hafta içerisinde sürekli koruyacağı sertlik derecesine ulaşmaktadır. Epoksi zemin kaplama malzemesi olarak aşınma uğramış, yıpranmış her türlü zemin üzerine kolayca, istenilen boyutta ve yekpare olarak uygulanmaktadır. Epoksi, sanayi ve endüstriyel amaçlı yapılan yapı tesislerinden, her türlü gıda üretimi ve satışına kadar tüm tesislerde, bunun yanında sağlık sektörü, hastaneler, spor tesisleri gibi geniş kapsamlı bir kullanım alanında uygulanabilmektedir.

### **Hafif (Yumuşak) Zemin Yüzeyi Döşeme Malzemeleri**

Halı ve kilim gibi hafif (yumuşak) zemin kaplama malzemeleri zemin üzerine bir doku eklemektedirler. Bu malzemelerin sahip olduğu yumuşaklık, esnek ve sıcaklık etkisi mekan atmosferine konfor, rahatlık, huzur sağlamaktadır.

Halılar; elde dokuma gibi geleneksel yöntemler ile ve teknolojik olanaklarla istenilen genişlik ve uzunlukta makineler ile üretilmektedir. Ching (2006) halıları, üretim yöntemleri ve üretiminde kullanılan halı liflerine göre iki başlık altında toplamaktadır. Üretiminde kullanılan yöntemlere göre püsküllü, dokuma, eritilerek birleştirilen halılar olarak ayrılmaktadır. Halı liflerine göre yün, akrilik, naylon, polyester, olefin, pamuk gibi doğal ve yapay liflerin

kullanılmasıyla üretilmektedir. Kullanılan liflerin niteliği ve dokunuşu halının dayanıklılığını, dokusunu, rengini ve kullanım alanını etkilemektedir. Zemin kaplaması olarak halılar ses emiciliklerinin yüksek olması ve darbelerin oluşturduğu gürültüyü azaltmayı önleriyle konut yaşam alanlarında tercih edilmektedir. Ayrıca sahip olduğu yumuşak dokusuyla, iç mekanda sıcaklık hissiyatmaktadır. Halı döşemeler bütün zemin yüzeyini kaplayacak biçimde duvardan duvara uygulandığı gibi doğrudan bir başka zemin malzemesinin üzerine parça halı olarak da örtülmektedir. Ayrıca modüler halı parçası olarak karolar halinde, derzsiz uygulanmaktadır. Rengi, dokusunda oluşturulan desenleri, ipliklerin dizilişine, boyuna ve kesim biçimlerine göre mekanda estetik bir görsellik yaratmaktadır (Sümer 2011).

Kilimler; tek parça döşeme örtüleridir, standart boyutlarda üretilir veya kesilirler ve genellikle de belirgin sınır çizgileri vardır. Zemin döşemesini tamamen örtmemekte bir başka zemin malzemesinin üzerine serilmektedir. Farklı boyutlarda el dokuması olarak kök boyalarından yapılan ipliklerle de üretilmektedir. Bu tür kilimler üzerindeki motifler, yaşanan çağın özelliklerinin yanı sıra yörenin kültürü, gelenek ve göreneklerini de yansıtmaktadır (Sümer, 2011).

### 1.3. Tavan

'Döşemeler, bir mekânın altını ve üstünü oluşturabilir. Bir döşeme hem taşıyıcılık hem de ayırıcılık işlevleri yanında, mekân oluşturma özelliğiyle de yapısal mimari öğelerin başında gelir' (Kurtulu, 2009). Bu tanımdan yola çıkıldığında ve döşemenin yapıdaki konumu göz önünde alındığında tavan ve döşeme yüzeyleri arasında alt ve üst ilişkisi ve mekânsal kurgudaki yeri göze çarpmaktadır.

TDK sözlüğünde tavan, bir yapının, kapalı bir yerin üst bölümünü oluşturan düz ve yatay yüzey, taban karşısı tanımı bulunmaktadır.

'Tavanlar yer döşemelerinin alt yüzeyleri ile çatı strüktürlerinden oluşmaktadır'. Bu ifade ile Ching (2006) tavanları zemin döşemelerinin alt yüzeyleri olarak tanımlamaktadır. Zemin ve tavan yüzeyleri birbirinin izdüşümü olabilmekte, paralel veya üçüncü boyutta farklılaşabilmektedir. Zemin yüzeyi mekanı yatay düzlemde 'alt' olarak üzerinde kullanıcı faaliyetlerini gerçekleştirme ve temas ederek hareket imkanı sunarken, tavan yüzeyi yatay düzlemde 'üst' sınır olarak, temas etmekten uzak, örtme, birleştirme ve çoğunlukla iç mekan aydınlatma işlevine ev sahipliği yapmaktadır. Bunun yanında bir iç mekan zemini, döşeme ve tavan yüzeyi olarak çift taraflı hizmet ederken performans açısından zemin döşeme yüzeyinden beklenen taşıyıcılık, su, ısı-buhar denetimi, ses ve yangın yalıtımı faktörlerini benzer şekilde karşılamaktadır.

Tavan yüzeyleri, her ne kadar duvar ve döşeme yüzeyleri kadar görme ve dokunma açısından direk ilişkili görülmeseler de, iç mekan oluşumunda, üçüncü boyutta sınırlamaları ve düşey düzleme etki eden farklılıkları ile önemli ölçüde etkili olabilmektedir. Tarihsel süreçte, bu büyük ölçüdeki etkileri yüzeysel ve taşıyıcı olarak ahşap, resim vb. gibi süslemeleri sergileme ögesi olarak kullanıldığı bir çok tarihi yapıda görülmektedir. İç veya dış bükey formlara sahip tonozlu, kubbeli tavanlar mekanların odak noktaları olabilmekte ve algısal olarak diğer yüzeylere göre daha baskın bir etkiye sahip olabilmektedir. Günümüzde ise sıklıkla kullanılan asma tavan sistemler ile tavan yüzeyi farklı uygulamalara imkan vermekte ve bu yönüyle çeşitliliği arttırmaktadır. Mekanın boyutsal ölçeğinde alçaklık ve yükseklik, mekan algısında, ferahlık, açıklık, rahatlık, resmiyet, prestij ve ya tam tersi etkiler yaratabilmekte ve kullanıcı psikolojisini farklı biçimlerde etkileyebilmektedir. Sonuç olarak tavan yüzeyi tasarımı mekan kimliği ve istenilen atmosferin yaratılmasında önemli etkilere sahiptir (Sümer 2011).

### 1.3.1. İç Tavan Yüzeyi Malzemeleri

Tavanlar, duvarlar ve zeminler gibi birebir etkileşim halinde olmadığımız yapı elemanı olmasına rağmen, dikey yönde mekanı sınırlandırma ve mekanın şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Bilindiği gibi tavan yüksekliğinin mekan algısına etkisi büyüktür. Yüksek tavanlar mekanda açık, ferah bir algı oluştururken; alçak tavanlar daha sıcak samimi mekanlar oluşturur (Kır, 2015).

Konut ve iş yerlerinde ses ve ısı yalıtımı sağlamak, estetik görüntü ve dengeli aydınlatma sağlamak, göz estetiğini bozan çirkin görüntüleri gizlemek için tavanlara yapılan işlemlere tavan kaplama denir. Tavan kaplamaları yapım şekillerine ve kullanılan malzemeye göre farklılıklar gösterir. Bu nedenle tavan çeşitleri oldukça fazladır. Öncelikle tavan kaplama yapmayı gerektiren nedenlerin bilinmesi gerekir (Anon 8, 2011).

Estetik açıdan; tavanı kaplanan hacim estetik bir görüntü ve değer kazanmaktadır. Tavan kaplamaları kullanıldıkları bölümün görünümünü değiştirirler. Ağaç veya ağaç ürünü desenli plakalarla kaplanan tavan yumuşak ve değerli bir etki yapabilmektedir. Metal veya plastik elemanlarla kaplanan tavan ise çeşitli etkiler vermek için kullanılabilir. Düzgün yüzeyli ve açık renkli kaplama odayı olduğundan büyük gösterebilmektedir. Koyu renkli kaplama ise odayı olduğundan küçük ve basık gösterebilmekte ve dramatik bir etki yapabilmektedir.

Teknik açıdan; tavan kaplamayı gerektiren nedenler şunlardır:

- Tavanın yüksek olması, gereksiz yükseklikteki tavanlar kaplanarak istenen yüksekliğe indirilir.
- Tesisatların gizlenmesi;havalandırma, temiz su, pis su ve ısı ileten borular, elektrik ve elektronik cihazlar için çekilen kabloları gizlemek için kullanılır.
- Kirişlerin gizlenmesi;binalardaki betonarme kirişler, çelik ve ahşap kirişler ve taşıyıcı makaslar hoş görüntü vermezler çoğu zaman kapatılmaları istenir. Bu gibi durumlarda kirişlerin görüntüsünü örtmek için kullanılır.
- Isı ve ses yalıtımı, ısı yalıtımı yapmalı ve ısıyı muhafaza etmelidir. Akustik özelliği olmalıdır. Bu da konstrüksiyon biçimine, kullanılan kaplamanın özelliğine bağlıdır. Akustik tavanın yapımında sert gereçler kullanılmışsa, yüzey girintili çıkıntılı olmalıdır. Tavan hem düzgün yüzeyli hem de akustik olmalıysa; iri gözenekli, delikli, pütürlü, esnek nitelikli gereçlerle kaplanmalıdır.
- Havalandırma (klima) düzeni olan yapılarda tavan kaplamalar boşluklu veya delikli yapılır. Boşluk veya deliklerin toplam alanı, yeterli taze hava geçmesini sağlar büyüklükte olmalıdır.
- Işıklandırma, biçim ve dağılım bakımından önemlidir. Bulunduğu mekanın görünüşünü doğrudan etkilemektedir.
- Tavan çizilirken ve yapılırken aydınlatma elemanlarının konulacakları boşluklar, tavan kaplama elemanlarının biçimi ve dağılımı ile uyumlu olmalıdır (Anon 9, 2011).

Tavan kaplama elemanları, altyapıyı oluşturan elemanlar ve kaplama malzemelerinden oluşmaktadır (Anon 9, 2011).Alt konstrüksiyon bağlantı biçimine göre tavan çeşitleri bitişik tavan ve asma tavan olarak ikiye ayrılabilir.Kaplama alt konstrüksiyonu doğrudan doğruya tavana bağlıysa ve arasında boşluk yoksa bitişik tavan denmektedir. Asma tavanda, tavan ile konstrüksiyon arasında boşluk bırakılır. Bu boşluğun ölçüsü az veya çok olabilir. Teknik nedenlerden ve tavanı istenilen seviyeye indirmek amacıyla genellikle asma tavan kullanılmaktadır (Anon 8, 2011). Toydemir vd. (2000) asma tavan yapılmasını gerektiren nedenleri; akustik düzenleme, ısı yalıtımı, aydınlatma düzenlemesi, yangın uyarı ve yağmurlama sistemi yerleştirilmesi, tesisatın gizlenmesi, ısıtma havalandırma sistemlerinin yerleştirilmesi,esnek tasarım olanağı olarak belirtmiştir.

### **Günümüzde Tavan Yüzeyi Malzemeleri**

Tavanlarda kaplama gereci olarak, ahşap, ağaç ürünü plakalar (sunta-duralit) alçı, plastik, hafif metal ve boyabenzeri malzemeler kullanılabilir.

- **Tavan Yüzeyi Ahşap Kaplama**

Ahşap diğerlerinden farklı olarak yaşayan bir malzemedir. Ahşabın karakterini sahip olduğu özellikleri belirlemektedir. Görünüşünü anatomik özellikleri, çevre şartları (nem, su, sıcaklık vb) ile olan ilişkilerini fiziksel özellikleri, maruz kaldığı kuvvetlere karşı direncini ise mekanik özellikleri belirler. Bu durum, kullanım yerine uygun, doğru ahşap türünün seçilmesi gerekliliğini karşımıza çıkarır. Bu da ahşabın sahip olduğu özelliklerini doğru tanımakla gerçekleşir (Kır, 2015).

İç mekan tasarımında daha çok estetik amaçlı olarak ahşap tavan ve duvar kaplamaları uygulanmaktadır. Ahşap sıcak ve doğal bir malzeme olduğu için renk ve doku olarak insanda sıcak ve çekici bir etki oluşturmaktadır. Kaplama olarak kullanılan doğal ahşap malzemelerde mekanın karakterine uygun doku ve renk özellikleri ile işlenmesi kolay ahşap malzemeler tercih edilmektedir. Ahşap malzemenin kullanılması mekanın kullanıcı tarafından kabullenilmesini kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Ahşap kaplamanın doğal renk ve güzelliği dinlendirici ve rahat bir etki oluşturmaktadır. Resim 26' de görülen uygulama örneklerinde ahşabın mekana kattığı dinlendirici ve rahatlık etkisi görülmektedir. Tavanda uygulanacak ahşap kaplama mekanın daha alçak algılanmasına sebep olur, kaplamanın çizgisel desenleri gözü belli bir yöne yönlendireceği için paralel olduğu boyutu daha da belirginleştirmektedir. Ahşap tavan kaplamaları daha sıcak ve rahat bir algı oluşturması bakımından cafe ve restaurant tasarımlarında tercih edilmektedir (Kır, 2015).



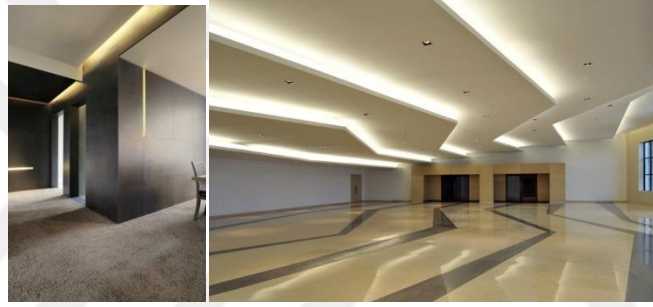
Resim 26. Kafe Ahşap Tavan Tasarımı, Starbucks, The Bank, Amsterdam, 2012 (URL-15, 2018).

Geleneksel yapılarda da tavanlarda hem yapısal hem de süsleme kısımlarında ana malzeme olarak kullanılan ahşabın yanı sıra süslemelerde kumaş, deri, metal ve boya, yapısal kısımlarda ise alçı yardımcı malzeme olarak kullanılmaktadır (Ünlüdil, 2005).



- **Tavan Yüzeyi Alçı Levha Kaplama**

Yapıda bulunan döşemeye (tavana) askı sistemiyle tutturulmuş metal iskelet üzerine vida yardımı ile alçı levhaların birleştirilmesiyle oluşan tavana alçı levhalı asma tavan denmektedir. Alçı levhalar; hafif olduğu, kolay montaj edildiği, dekorasyon açısından göze hoş görüldüğü için kullanım alanı çok geniştir. Konutlar, ofis ve yönetim binaları, iş ve alışveriş merkezleri, oteller, moteller, pansiyonlar, hastaneler, sinema ve tiyatro salonları, gösteri merkezleri, konservatuvarlar ve kayıt stüdyoları, sanayi yapıları, ses ve ısı yalıtımı istenen ortamlar, onarım ve yenileme yapılan binalar vb. Öncelikle alçı levha ile asma tavan yapılması düşünülen mekanın kullanım alanının özellikleri belirlenmelidir. Uygulama yapılacak mekanın kuru veya nemli olup olmadığını, su alabilme ihtimali veya yakınında bir ocak veya soba kalorifer kazanı gibi dış etkenlerin olup olmadığının bilinmesi ve şartlara göre alçı levha seçimi yapılması gerekmektedir (Resim 27) (Anon 11, 2011).



Resim 27. Alçı Levha Asma Tavan Uygulama (URL-16, 2018).

- **Tavan Yüzeyi Metal Kaplama**

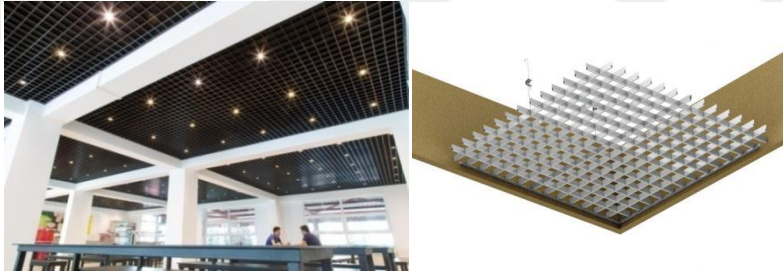
Günümüz modern yapılarında kullanılan metal asma tavan plakaları alüminyum ve çelik plakalardan oluşmakta, görünür ve gizli taşıyıcı sistemler kullanılmaktadır. Metal plakalar, farklı ölçülerde, boyalı galvaniz sac veya alüminyumdan üretilir. Estetik değeri artırdığından ve kolay temizlendiğinden ofisler, hava alanları ve alışveriş merkezlerinde kullanılmaktadır. Neme dayanıklı olma özellikleri ile banyo ve mutfaklarda, yemekhanelerde, ameliyathane gibi hijyen gerektiren ortamlarda özellikle tercih edilmektedir. Alüminyum ve metal asma tavanlar, görünür ve gizli taşıyıcılı modern sistemlerdir. Yangına karşı dayanıklı ve akustik özelliklerle donatılmıştır. Paneller kolayca sökülebilir ve tavan üstündeki tesisata kolayca ulaşılabilir. Sökülüp takılırken deforme olmazlar. Alüminyum asma tavan sistemleri dayanıklı taşıyıcı tasarımı sayesinde dış ve iç mekânlarda rahatlıkla kullanılmaktadır (Resim 28). Alaşımli veya metal alaşımli metallerden üretilen plaka veya panellerde kullanılmaktadır.

Bu gereçler eloksallı, fırın boyalı, emaye boyalı, kadife benzeri görüntü veren lif kaplamalı değişik renkler veya değişik plastik gereçlerle kaplanabilmektedir(Anon 12, 2011).



Resim 28. Alüminyum Genişletilmiş Metal (mesh) Asma Tavan (URL-17, 2018).

Tavan kaplama tasarımları yapılırken mutlaka aydınlatma düzeni de düşünülmesi gerekmektedir (Resim 29). Tasarımda aydınlatma, tavan tasarımına uyum sağlamalıdır. Aydınlatmanın tavanın tasarımının uyumlu olması sayesinde tavan dekoratif bir görünüm kazanmaktadır. Aydınlatma elemanları tavan kaplamalarına asılarak veya tavan seviyesinde gömülerek bağlanmaktadır. Işık bandı uygulanarak dolaylı aydınlatma da yapılabilmektedir.



Resim 29. Alüminyum Petek Asma Tavan (URL-18, 2018).

- **Tavan Yüzeyi Plastik Kaplama**

Sadıklar (2014)' ün çalışması kapsamında tavan yüzeyinin de dahil olduğu iç mekan yüzeylerinde kullanılan plastik esaslı kaplamaları belirlemek üzere, farklı kaynaklarda adı geçen plastik esaslı kaplamalar, plastiğin türüne göre listelenerek en çok kullanılan 10 adet plastik belirlenmiştir. Çalışmada; epoksi, kauçuk, melamin formaldehit, poliamid, polyester, polietilen, polikarbonat, polimetil metakrilat, poliüretan, polivinil klorür olduğunu tespit edilmiştir (Resim 30, 31, 32).



Resim 30. Epoksi Kaplama İç Mekan Yüzeyleri, Coca-Cola Firmasının Mexico City'deki Ofisi, ROW Studio, 2009 (URL-19, 2018)



Resim 31. Tavan ve Duvarda Melamin Formaldehit Malzeme Uygulaması, Casa da Musica, OMA, Porto, 2005 (URL-20, 2018)



Resim 32. Duvar ve Tavanda PMMA, Optic House, Elina Drossou, Patra, Yunanistan, 2005. (URL-21, 2018)

### 1.3.2. Dış Tavan Yüzeyi (Çatı) Malzemeleri

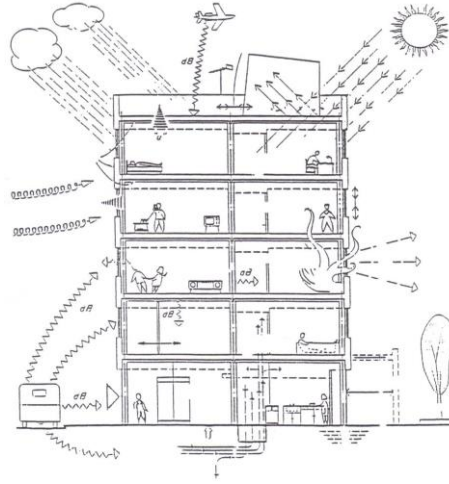
Çalışmada yapı yüzeylerinden tavan dış yüzeyi olarak çatı yüzeyi incelenmekte ve günümüzde kullanılan kaplama malzemeleri araştırılmaktadır. Çatı yapı elemanı, bina dış kabuğunun önemli bir parçası olmakla birlikte bina sisteminde öngörülen malzeme kullanımı ve detaylandırılması ile kullanıcılar için gerekli konfor koşullarını sağlayan, aynı zamanda uygulandığı binanın tamamlayıcısı olan ve kimi zaman ön plana çıkan mimari bir unsurdur. Çatı, binayı biçimsel olarak tamamlayan ve dış ortam koşullarından koruyan, yatay yöndeki dış kabuk elemanı olarak binanın üst sınırını oluştururken; çatı strüktürü, kaplaması,

yalıtımları gibi ölü yüklere; yağmur, kar, trafik gibi hareketli yüklere ve rüzgar yüklerine karşı taşıyıcılığı sağlayarak binanın taşıyıcı sistemine güvenle iletmek; binayı atmosfer şartlarından ve dış ortam etkilerinden korumak; üzerine gelen yağış sularını uzaklaştırmak ve iç ortam için gerekli konfor koşullarını sağlamak, çatı yapı elemanından beklenen başlıca görevlerdir(Seide, 2010).

Toydemir ve Bulut (2010), çatı tasarımı ile ilgili, “Çatı, yapının son bitiş katı olması ve tüm yüzeylerinin günün her saatinde doğal etkilere karşı açık olması nedeniyle dış etkenlere daha çok maruz kalmaktadır. Biçimi ve konstrüksiyonu yapının karşı karşıya kaldığı iç ve dış koşullar ile kullanıcı gereksinimlerini sağlayacak en uygun şekilde tasarlanmalıdır” diye belirtmiştir.Çatı, bir sistem olarak ele alındığında çatı tasarımında; yapım ve yaşam maliyeti, çatı bileşenlerinin zedelenebilirlik derecesi, çatı kullanım istekleri, taşıyıcı konstrüksiyon türü, iklim, bakım, malzemelerin ve bileşenlerin uygulanabilirliği ve yerel uygulama faktörleri dikkate alınmalıdır (Çakır, 2000).

Çatıdan karşılaması beklenen özellikler işleve bağlı olarak büyük değişiklikler gösterebilmektedir (Aker, 1998).Üzerini örttükları yapının boyutları, işlev, kullanılan ürün, teknoloji ve estetik kaygılar gibi pek çok etkene bağlı olarak değişik biçimler alabilen çatıların ana görevi koruma ve koruma işlevini sağlayan sistemleri taşımaktır. Günümüzde teknolojik gelişmeler sonucunda üretilen çeşitli çatı ürünlerine bağlı olarak çatılar, gereksinimlere göre ısı yalıtımı, ses yalıtımı, buhar denetimi gibi işlevleri yüklenebilmektedir. Çatı öğeleri genel olarak incelendiğinde; taşıyıcı sistem, yalıtım katmanı ve çatı üst yüzey kaplaması olarak üç ana bileşenden oluştuğu görülmektedir (Genç, 2011).Çatı sistemleri genel olarak taşıyıcılık, su, ısı ve rüzgar, güneş ışınımı, yangın koruyuculuğu fonksiyonlarını yerine getirmelidir. Taşıyıcı olarak, kendi ağırlığının yanı sıra ek olarak; çatı dış katmanının ağırlığı (çatı kaplama malzemesi), rüzgar, yağmur ve kar yükleri, çatıya montaj, bakım veya onarım amaçlı çıkacak kişilerin yükleri, gezilen çatılarda insan yükleri ve ölü yükler, su deposu, güneş enerjisi kollektörleri ve aksamı, reklam panoları ve antenler vb. yükleri taşıyabilmelidir (Aker, 1998).

Su koruyuculuğu açısından değerlendirildiğinde, su, tüm yapı için olduğu gibi çatılar içinde zararlıdır. Çatıda su toplanması çatı içinde hasarların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple çatılar, üzerlerine gelecek suları (yağmur-kar) belirli noktalarda toplayıp en kısa yoldan dışarı atmak zorundadırlar (Turgay, 2003).



Resim 33. Binalar İçin Çevresel Etkiler ve Performans Gereksinimleri (Çakır, 2000).

Isı korunumu bakımından çatılar değişen dış hava sıcaklığına karşılık sabit bir iç ortam sıcaklığının sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Enerjinin korunmasının önemine paralel olarak çatılarda ısı yalıtımının önemi artmıştır. Çatının örtüsünde ve konstrüksiyonunda maruz kalacağı sıcaklık; yapının bölgesel konumu ve yüksekliği, dış hava sıcaklığı ve güneş yansımaları, yönüne göre konum ve çatı yüzeyinin eğimi, rüzgar şartları, çatı yüzeyinin yapısı, ışık emme-yansıtma özelliği ve yalıtım tabakası, çatı tabakasının ısı depolama yeteneği veya ısıtılabilirliği, kalınlığı, çatı tavanının tabaka sıralaması, çatının altındaki odanın sıcaklığı, faktörlerine bağlı olmaktadır. Isı yalıtımı için geniş bir malzeme seçeneği bulunmaktadır (Aker, 1998).

Rüzgarın çatıya etkisi farklı şekillerde olabilmektedir. Rüzgar, serbest olarak serilen malzemeleri kaldırabilir veya taşıyabilir ve yırtımlara sebep olabilir. Bu nedenle kaplama malzemelerinin yüzeye iyi tutturulması çok önemlidir. Yağışla birlikte esen şiddetli rüzgar suyun çatı yüzeyinden içeri sızmasına neden olabilmektedir. Rüzgarın azlığı ve olmaması durumunda ise neme bağlı olarak havalandırmanın sağlanamamasına sebep olacağı için belirli hızda bir rüzgara ihtiyaç vardır.

Güneş ışınları, malzemenin özelliklerini kısmen veya tamamen yitirmesine sebep olabilmektedir. Bu yüzden çatı yüzey malzemelerinin direkt güneş ışığından korunması için önlemlerin alınması gerekmektedir. Güneş ışınları gün içinde çeşitli değerler göstermesi sebebiyle, çatı yüzeyini oluşturan malzemelerin ve elemanların ısı farkları düşünülerek kullanılması gerekmektedir (Okutan, 2007).

Çatıların yangın tehlikesine karşı korunumu düşünülerek tasarlanması önemlidir. Tasarımda kullanılacak malzemelerin yangına dayanımları dikkate alınmaktadır.

Çatıyı, yapının içsel dinamikleri de etkilemektedir. Yapı içinde bir noktada yoğunlaşan buhar çatıda ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Buhar hareketinde iç sıcaklık değerleri ve nem oranı önemli olmaktadır. Çatı malzemeleri yapının kullanım amacı ve konseptine uygun olarak buhar geçişine izin vermeli ve sınırlandırmalıdır. İç mekan akustik değerleri kendi içinde kontrol edilebilirken, dışarıdan gelen seslerin yapı içine alınmasındaki en büyük belirleyiciler dış duvar ve çatı yüzeyleridir (Okutan, 2007).

Bir yapının üst yüzeyini, bitişini oluşturarak, yapının özelliklerine göre farklı formlarda tasarlanabilen çatı yüzeyi, yukarıda bahsedilen dış ve iç etkiler doğrultusunda çatı işlevlerine ve ihtiyaçlara uygun çatı yüzey malzemeleri ile örtülmektedirler. İşlevlerin tam olarak yerine getirilmesi ve bina iç konfor şartlarının sürdürülebilir, düzenli ve ekonomik bir biçimde sağlanabilmesi açısından çatı bileşenleri ve yüzey malzemesi seçimi oldukça önemli olmaktadır. Bu seçim; çatı tipi, konstrüksiyon tipi ve yüklerin aktarılma prensipleri gibi yapısal faktörlere bağlı olmakla birlikte, yüzey malzemesinin fiziksel özellikleri, uygulama yöntemleri, bakım şartları ve hasar nedenleri gibi malzemeye ait faktörlere de önemli ölçüde bağlı bulunmaktadır.

### **Günümüzde Çatı Yüzeyi Malzemeleri**

Çatı kaplama malzemeleri, çok çeşitli olmakla beraber çatı formuna ve eğimine uygunluk göstermesi açısından dikkatle seçilmelidir. Malzeme olarak metal, plastik, cam, elyafli çimento, tekstil, bitüm esaslı, gazbeton, preslenmiş ahşap ve çim çatı kaplamaları ana başlıklar şeklinde sıralanabilirler (Çatak, 1997).

- **Çatı Yüzeyi Metal Kaplama**

Metal malzemeler, taban görevini gören daha önce hazırlanmış bir yüzey üzerine levhalar halinde kaplanarak yapı bölümlerini dış etkenlerden korur. Zamanla sac malzemenin ve özellikle galvanizleme tekniklerinin gelişmesi ve bunların ondüle hale getirilmesi ile elde edilen tabaka levhalar, kısmen kendini taşıyan metal kaplama sistemleri gelişmiştir. Bu yöntemle, alt kaplama gereği ortadan kalkmış ve aynı zamanda, hafif çatı yapma teknikleri gelişmeye başlamıştır. Çatı kaplama malzemesi olarak metallerin tercih edilmesinde etkin bir neden de, metal kaplamaların geniş alanda, çeşitli çatı formlarında ve eğimlerinde kullanılabilme kolaylığını sağlamasıdır. Ülkemizde, Cumhuriyet dönemi ile başlayan, endüstrileşme hareketi ile paralel olarak gelişen sanayi yapıları, depolar, spor salonları gibi geniş açıklıklı yapılar beraberlerinde hafif konstrüksiyonla geçilebilen yapılar gerekliliğini getirmişlerdir (Turgay, 2003).

Metal malzemeler; bakır, kurşun ve çinkonun yanı sıra çelik, alüminyum ve çeşitli alaşımlar da yüzey malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bazı metaller, yalıtım özelliklerini de beraberlerinde getirerek, çeşitli tasarım alternatiflerini çözümlenmektedirler. Kompozit metal sistemler, tek başına bir metal malzemede bulunmayan özellikleri sağlayabilmeleri açısından tercih edilen sistemlerdir. Paslanmaz çelik, nikel kromlu paslanmaz çelik, galvanize çelik kullanılabilir (Turgay, 2003).

Alüminyum çatı kaplaması; düz kaplama levhası, trapez levha ve sandviç panel olarak kullanılmaktadır. Çinko çatı kaplamaları; çeşitli profillerde üretilebilirler (stor, trapez, düz, oluklu).Korozyondan etkilenme özellikleri vardır. Üzerleri boyanabilir, doğrudan ahşaba monte edilir.İsı izolasyonu amacıyla, sandviç paneller üretilebilir. Çelik çatı kaplamaları; endüstriyel yapılarda uzun yıllardır geniş alanda kullanılmaktadır.Kullanım ömrünü uzatmak için, çinko-kromat veya kalsiyum pigment bazlı boya ile boyanabilmektedirler.Çelik çatı kaplamaları, her türlü çatı eğiminde ve her türlü taşıyıcı sistem üzerinde kolaylıkla kullanılabilirler. Bu yüzden tasarım kolaylığı sağlarlar. İzolasyonlu ve izolasyonsuz olmak üzere alternatifleri bulunmaktadır. Kurşun kaplama; yapı malzemesi olarak 5000 yıldan fazla bir süredir kullanılmaktadır. Kurşun, pahalı olması nedeni ile yapıdaki yerini benzer özellikler gösteren yeni ve daha ucuz malzemelere bırakmıştır. Kolay şekil verilebildiğinden, değişik çatıları örtmekte kolayca kullanılabilir. Osmanlı döneminde çatı ve kubbe kaplama gereci olarak kullanılmıştır.Bakır kaplama;metallere oranla eğilmeye ve esnemeye daha fazla dayanıklı olduğundan, kaplaması zor çatılarda kolay şekillendirilmesi bakımından tercih edilmektedir. Çatı çıkıntıları yumuşak, oluklar veharpuştalar sert bakırdan yapılmaktadır.Su buharı geçirmezler, soğuk çatılar için uygun bulunmaktadır (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Plastik Kaplama**

Bazı kimyasal ve ısıl işlemlerden sonra elde edilen sentetik maddelere plastik madde adı verilmektedir. Plastiklerin en önemlileri 1930'lardan beri yapılmakta olan polivinil klorit (PVC), 1940'lardan beri bilinen politen, polipropilen, polimetil metakrilat ve cam elyafı donatılı olarak kullanılan reçinelerdir. Plastik maddeler ya ısıtıldıklarında bir tek defa sertleşen türden, ya da termoplastik (her ısıtılmada yumuşayan) türden olmaktadır. Günümüzde,PVC esaslı, polikarbonat esaslı, fiber-polyester plastik çatı kaplamaları görülmektedir (Turgay, 2003).

PVC esaslı plastik çatı kaplamaları; korozyondan etkilenmemektedirler.Çeşitli renklerde boyanabildiği için dekoratif özelliği bulunmaktadır. Yanıcı olması dezavantaj oluşturur. Isı izolasyonu sağlayarak, UV ışınlarına karşı yüksek dayanım göstermektedir. Şeffaf ve opak olmak üzere iki ayrı tipte üretilmektedirler. Şeffaf olan plastik kaplamalar, ışık geçirgenliği

olduğundan, elektrik tasarrufuna imkan vermektedir. Kimyasal maddelerden etkilenmezler. Yüzeyleri parlak ve pürüzsüzdür. Yağ tutmazlar, antistatik olduğu için toz barındırmazlar ve kolay temizlenebilme özellikleri vardır. Diğer yapı elemanlarıyla uyumlu olması, geniş alanda kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Polikarbonat esaslı çatı kaplamaları; ışık geçirgenliği sağlayabilen şeffaf malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı; banka, tren, otobüs istasyonlarında kullanılmakla beraber, geniş açıklıklı yapılarda da (endüstri yapıları, yüzme havuzları vb.) tercih edilen malzemelerdir. Her türlü form alabilmesi, tasarım açısının genişlemesine olanak vermektedir. UV ışınlarına ve diğer atmosfer etkilere karşı dayanım göstermektedir. Kırılma özelliği yoktur. Yüksek ısı altında, sağlamlığını ve dayanıklılığını korumaktadır. Isı, ses ve elektriğe karşı izolasyon sağlayan, hafif malzemelerdir. Bina strüktüründe de ekonomik yönden uygundur. Maksimum ışık geçirgenliği istenen yapılarda ideal kaplama malzemesidir. Şeffaf, opak ve bronz renklerde üretilmektedir. Fiber-polyester çatı kaplamaları; diğer plastik esaslı malzemeler gibi kolay uygulanabilir olmaları açısından farklı formdaki strüktürlerde yaygın olarak kullanılabilirler. Yansıtıcı, beyaz renkte olması, çatı yüzeyinde ısı tutmama avantajını getirir. Atmosfer koşullarına dayanıklı, su geçirmez ve yırtılmaya karşı yüksek dayanım göstermektedir. Bütün bu özelliklerinden dolayı, uzun süre kullanılması, ekonomik olma özelliğini de beraberinde getirmektedir. Darbelerle zedelenmesi durumunda, onarımı kolay ve maliyeti düşük olmaktadır. Hafif bir malzemedir. Rulolar halinde üretilmekte ve alt katmanda yalıtım malzemesi olarak serilebilmektedir (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Cam Kaplama**

Cam malzeme, ışık geçirgenliğinin yanı sıra mutlak su geçirmez olması özelliği ile de çatılarda ışık geçiren yüzey malzemesi olarak kullanılmaktadır. Cam çatı kaplamalarında emniyet camları da kullanılabilir. Emniyet camları genel anlamda basınç, darbe ve geçişlerin engellenmesine yönelik laminasyonlu camlar, lameks ve buzlu telli camlar olmak üzere üç bölümde gruplandırılırlar. Trapezoidal kesitli çatı kaplamaları ve u profilli cam çatı kaplamaları gibi çeşitleri de bulunmaktadır (Turgay, 2003).

Cam Kiremitler; cam malzemenin, preslenme yöntemiyle elde edilirler. Marsilya tipi, düz ve S tipi gibi değişik türlerde üretilmektedirler. Amaç çatıdan ışık almak olduğundan, ışığın geçmesine engel olmayacak bir kiremit altı konstrüksiyon oluşturulmalıdır. Ondüle cam kaplamaları; çatı kaplaması olarak kullanılacak olmaları yönünden, birlikte kullanılacağı ondüle biçimli diğer çatı kaplamasının (asbestli çimento ondüle levha, galvanize ondüle sac vb.) boyutları bakımından aynı olması gerekmektedir. Tamamı cam kaplamadan oluşan bir



çatıda, ısı ve yoğunlaşma problemleri çözümsüz boyutlara ulaşabileceğinden, bu tür cam kaplamaları çatının ancak belirli bir kısmında kullanılabilir (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Elyafı Çimento Levha Kaplama**

Elyafı çimento, iskeletini çok ince açılmış elyafın oluşturduğu, belirli ölçülerde çimento ve su katılarak elde edilen bir malzemedir. Elyafı çimento oluklu levhalar bünyelerindeki hammaddelerin özelliklerinden dolayı inert denebilecek özelliklere sahiptir. Ancak sürekli etki ettikleri takdirde asitlerden, asitli çözeltilerden, çok yumuşak ve aşındırıcı sulardan ve sülfat çözeltileri ile klor ve kükürtdioksit gazlarından etkilenebilmektedirler. Oluklu levhaların çatıya uygulama yönü, hakim rüzgar yönünün aksi yönünde olmalıdır (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Tekstil Kaplama**

Tekstil çatı kaplamaları, diğer malzemelere oranla daha ekonomik, kolay form alabilen, hafif, darbeler karşısında dağılganlık özelliği olmayan ve kolay monte edilebilen malzemelerdir. Her türlü iklim koşullarında uygulanabilirler. Rüzgar, kar ve sismik yüklere dayanım gösterirler. Direkt olarak aleve maruz kalmadıkça, yangına yüksek dayanımlıdır. Temizlenmesi kolay bir malzemedir. Tekstil çatı kaplamaları, daha çok asma ve şişme strüktürlerde uygulanan malzemelerdir. Teflon adı verilen (florokarbon reçineli malzeme) malzeme ve teflon ile kaplanmış fiberglas malzemeler, UV ışınlarına ve ısıya dayanıklı, yanıcılık özelliği olmayan malzemelerdir. Saydamlık oranı, malzeme içindeki inorganik maddelerin türü ve kullanım miktarına göre değişim göstermektedir. Ancak diğer şeffaf çatı kaplamalarına oranla ışık geçirgenliği düşük olmaktadır (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Bitüm Esaslı Kaplama**

Bitüm esaslı çatı kaplamaları, bileşimlerinde buldukları bitümden dolayı yanıcıdır. Bitüm, ham petrolün doğal çökmesiyle veya damıtılmasıyla elde edilmektedir. Su ve nem geçirmemelerinin yanı sıra yapıştırıcı ve birleştirici olmaları, kesme kuvveti karşısında yavaş ve sürekli biçim değiştirme eğilimi özellikleri bulunur. Kırılganlığı düşük olmaktadır. Elastik oldukları için değişik formdaki çatı tiplerinde kullanılma kolaylığı sağlar. Ahşap ve çelik çatı aşıklarına monte edilebilen çok hafif gereçlerdir. Korozyondan etkilenmezler. Pürüzlü yüzeye sahip olması, ses yutuculuğu oranını yükseltir. Çeşitli renklerde üretilmektedir. Bu açıdan dekoratif özelliği vardır. Eğimli yüzeylerde rahatlıkla kullanılabilir (Turgay, 2003).

- **Çatı Yüzeyi Çim Kaplama**

Yeşil çatı, yapıda strüktürel döşeme kaplaması üzerinde inşa edilen şemsiye görevi üstlenen sürdürülebilir bir sistemdir (Forbes, 2010). Son zamanlarda gelişen teknoloji ve yapı malzemesi bilimi sayesinde çatı, yüzeyi enerji tüketen bir yapı elemanı olmaktan çıkıp ekosisteme katkı sağlayan bir yapı bileşenine dönüşmektedir. Genel olarak çatı yüzeyi, ısı emen, atıl ve kullanılmayan bir yapı bölümü iken, yeşil çatıların sürdürülebilir kullanımı ile birlikte bina dışında yaşam alanları sağlayan, aynı zamanda aktivite olarak da kullanılacak bir alan haline gelmeye başlamıştır. Yeşil çatı kavramı bu noktada basit tanımının ötesinde ekolojik ve sosyal açıdan oldukça önem kazanmaktadır. Yeşil çatılar, ilave donanım olmaksızın binanın enerji performansını, hava kalitesini ve kent ekolojisini iyileştiren, yağmur suyunun yarattığı problemlere yenilikçi çözümler üreten ve bu özellikleri ile sürdürülebilir binalarda yer alan önemli sistemlerdir (Tohum, 2011).

- **Çatı Yüzeyi Kiremit Kaplama**

Kiremit, seramik çatı kaplama malzemesi sınıfına dahildir. Seramikler, bir metalin metal olmayan bir elemanla (çoğunlukla oksijen) birleşmesinden oluşmuş malzemelerdir. Çatı kaplama malzemesi olarak kullanılan kiremit, boşluklu seramik malzeme sınıfına girmektedir. Bu nedenle, ısı geçirme, su emme, sertlik ve görünüş yönlerinden, ayrıca ateşe dayanıklılık yönünden diğer seramik malzemelerden önemli farklar göstermektedir. Su emmeleri, ancak bir sır tabakası ile örtüldükleri zaman önlenebilir. Pişmiş toprak kiremitlerin günümüzde kullanılan birçok çeşitleri bulunmaktadır (Esen, 1991).

Alaturka kiremit, çok eskiden beri kullanılan bir kiremittir. Değişik boyut ve biçimde olanlarına rastlanmakla birlikte, ilke olarak aynı kiremidin alt ve üst kiremit olarak kullanılmasıyla çatı yüzeyi meydana getirilir (Esen, 1991). Yarım silindir şeklinde, uçlarından biri ötekenden biraz daha geniş olmaktadır. Bu çeşit kiremitlere Batılılar İspanyol kiremidi demektedirler. Makine kiremidi, kenarları birbirine uyacak şekilde kanallı, dikdörtgen ve geçmeli kiremittir. Makine kiremidi günümüzde en yaygın olarak kullanılan türdür. Şekil ve boyutları fabrikalara göre değişebilmektedir. Ülkemizde en çok kullanılan türü Marsilya tipidir. Pul Kiremit, bir kenarı yuvarlatılmış yassı kiremittir. 30-35 cm. uzunlukta, 18 cm. genişlikte olan bu kiremitler dik çatılarda (%40-%50) kullanılmaya elverişlidir. Bir, iki veya üç katlı olarak, balık pulu gibi dizilmektedir. Yassı Kiremit, çoğu dikdörtgen levha şeklindedir. Düz kiremit olarak da adlandırılır. Bir kenarında tutturma çıkıntısı ile tespit delikleri bulunmakatadır (Hasol, 1995).

#### 1.4. Çağdaş Tasarımda Enerji ve Çevre Bağlamında Malzeme Kullanımı

İnsanoğlu yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmesi için bulunduğu çevre ile sürekli etkileşim halinde olmak zorundadır. Bu etkileşimin insanoğluna sağladığı yararlar sanayi ve teknolojinin gelişimiyle birlikte azalmaya başlamıştır. Bununla birlikte orantısız bir şekilde büyümeye başlayan inşaat sektörü, bilinçsiz yapılan çalışmalar ile doğal çevreye zarar vermeye başlamıştır. Buna paralel olarak ise doğal kaynakların tükenmeye başlaması ve doğal dengenin bozulmasıyla hayatımızı tehdit eden küresel ısınma, geçen yıllar içinde etkisini göstermeye başlamıştır (Evcı, 2013).

Çevre kirliliği ve küresel ısınma devamında gelen, birçok küresel sorundan yüksek oranda yapı sektörünün sorumlu olduğunun anlaşılması, mimarlık alanını da 'küresel ısınma', 'ekoloji', 'sürdürülebilirlik', 'yenilenebilir enerji', 'çevresel tasarım', 'yeşil mimari', 'akıllı yapı', 'enerji verimliliği-korunumu', 'iklimsel kontrol' gibi bir dizi yeni kavramla tanıştırmıştır” (Berber, 2012).

Enerji sorununa yönelik çözüm yaklaşımları, enerjinin etkin kullanımı, yenilenebilir enerji kullanımı ve çevreye duyarlı mekan anlayışının geliştirilmesidir. İnsanlık tarihi boyunca görülen eğilim, insanın değişik enerji kaynaklarını keşfederek, daha fazla enerjiyi denetimi altına alması yolundadır. Bu enerji, besin ve diğer gereksinimleri için kullanılmış, bunun paralelinde kendi toplum yapısı da gelişip değişmiş ve insan sayıları artmıştır” (Berkes, Kısıslıoğlu, 2003). İnsanların enerjiyi denetleyebilmesi ve isteği doğrultusunda kullanabilmesi, olumlu ve olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Enerjinin doğaya zarar verecek şekilde kullanıldığı her an, ekolojik dengenin bozulmasına ve tüm canlıların yaşamının tehlikeye girmesine sebebiyet vermektedir. Yapılarda enerji ekonomisi; dünyadaki ekonomik, sosyal ve ekolojik gelişmelere paralel olarak, bina teknolojisi ve tasarımında en önemli kriter haline gelmektedir. Dünyada tüketilen enerjinin yarısının binalarda kullanılması, enerji kaynaklarının neden olduğu çevre sorunlarına karşı, ekolojik yapıların gündeme gelmesine sebep olmuştur. Yapılarda tüketilen enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması ve yapıların tasarım özellikleri ile enerji ihtiyaçları azaltılmaya çalışılmaktadır (Berber, 2012).

21. yüzyıl'da diğer alanlar kadar mimarlığı da şekillendirecek en önemli faktörlerden biri de insanoğlunun doğayla tek yanlı, tüketmeye, kirlletmeye dayalı ilişkisinin değişmesi gerekliliğini vurgulayan çevre sorunlarıdır. Sanayi devriminden bu yana yaşanan teknolojik gelişim ve tüketim alışkanlığı ile birlikte dünyanın sınırlı kaynaklarının hızla tüketilmesinin yanı sıra, kirlleten enerji kaynaklarına dayalı üretim ve yaşam tarzının yan etkilerinin dünyaya ne denli zarar vermekte olduğu 20. yüzyılın son çeyreğinde fark edilebilmiştir. Bugün, atmosferin,

denizlerin, toprağın kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, havadaki karbondioksit miktarının artışı, vahşi yaşam türlerinin korunması açısından önemli olan yağmur ormanlarını tahribi gibi sorunlar, dünyanın geleceğini tehdit etmektedir (Utukutuğ, 2002).

İnsanlara konforlu binalar yapma amacını gerçekleştirmek için kullanılan yöntemlerin yanlış olduğunun fark edilmesiyle çevreye saygılı tasarım, teknoloji, ürün ve sistemlerin geliştirilmesi temel hedeflerden biri olmuştur. Özellikle 1970'li yıllardan itibaren yaşanan petrol krizi, hem bilim adamlarını hem de mimarları, güneş, rüzgâr, jeotermal vb. yenilenebilir enerji kaynaklarını tasarımlarında kullanmak üzere yeni malzeme ve teknoloji arayışlarına yöneltmiştir. Güneş mimarisi, ekolojik mimarlık, enerji etkin mimarlık, enerji korunumlu yapı gibi kavramlarla gelişen yeni tasarım örnekleri giderek artmıştır (Altun, 2007).

20. yüzyılın son çeyreğinde malzeme teknolojilerinde görülen hızlı gelişmeler, geleceğin yapı tasarımında radikal değişimlerin habercisi olarak görülmektedir. Bu gelişmeler tasarımda yeni ve işlevsel malzemelerin kullanımına yönelik birçok olanak sunmaktadır. Polimer teknolojisindeki ve nanoteknolojideki ilerlemeler isteğe bağlı olarak şekil, doku, renk değiştirebilen akıllı, hafif, esnek ve uyumlu malzemelerin üretilmesine olanak vermektedir (Ak, 2006).

Johansen (2002), nanoteknolojinin gelecekte mimarlığı özgürleştireceğini ve nanoteknoloji sayesinde mimarlığın teknoloji ve doğa arasında yeni bir ilişkinin kurulmasında anahtar rol oynayacağını ileri sürmektedir. Owen (2004), nanoteknolojinin gerçekleşen en son endüstriyel devrim olduğunu ve gelecekte akıllı malzemelerin biçimsel çeşitliliklerinin limitsiz olacağını öne sürmektedir.

Bu bağlamda, binalarımız ve binalarımızdaki yaşam, son yıllarda değişim göstermektedir. Gelişmeler, bazı istisnalar dışında, zamanımızı tanımlayan muhteşem binalar ve konut türleri ile ilgili değil, bina teknolojisi ve otomasyonundaki değişimlerdir. Yenilikçi malzemelerin, ürünlerin ve yapıların geliştirilmesi ve binaların daha fazla fonksiyonla donatılması, yeni ifade araçlarının eklenmesi, ekolojik ve ekonomik kısıtlamaların arzusuyla, artık önceki yıllardan açıkça farklı olan binaların tasarlanması mümkündür. Ritter (2007), yeni nesil binaların eşiğinde olduğumuzu belirtmektedir ve işlevsel olarak uyarlanabilir malzemelerin, ürünlerin ve yapıların akıllıca kullanımı yoluyla, davranışlarında son derece ekolojik olan, doğrudan veya dolaylı çevrelerindeki değişikliklere tepki gösterebilen ve kendilerini uygun şekilde ayarlayabilen, yüksek teknoloji dereceli binalardan söz etmektedir.

Günümüzde ticari ve politik koşullara, coğrafi konuma, doğal-antropojenik çevreye, teknolojik ve finansal olanaklara bağlı olarak, tasarım alanında farklı akımlar ve gelişmeler ortaya

çıkılmaktadır. Yenilikçi malzemeler bu süreçte önemli bir role sahiptir. Ritter (2007), karakteristik, yapı ve özelliklerine göre mimaride kullanılabilen güncel yenilikçi malzemeleri; geri dönüştürülebilir malzemeler, biyolojik olarak bozulabilen malzemeler, biyolojik malzemeler, değişken olmayan malzemeler, fonksiyonel maddeler, fonksiyonel kademeli değişen malzemeler, hibrid malzemeler, nano malzemeler ve akıllı malzemeler olarak sıralamaktadır.

#### *Geri Dönüşümlü Malzemeler:*

Bu malzemeler ağırlıklı olarak ezilmiş ve temizlenmiş atıklardan üretilmektedir. Hammadde, değerli bölümleri ayırmak için önceden sıralanmadıkça, ortaya çıkan ürünler genellikle kullanılan malzemelerden daha düşük kalitededir (Ritter, 2007). Çevre kirliliğine yönelik çözümlerde ise, teknolojinin doğayla bütünleşmede etkili bir araç olarak kullanılması, sürdürülebilirlik kavramının önemle üzerinde durulması ve geri dönüşümün tasarımda etkili bir kavram haline gelmesi söz konusudur. Bu yaklaşımlar doğrultusunda çözüme yönelik ürünler geri dönüşümlü yapı malzemeleri ve atıkları değerlendirmeyi böylece çevre kirliliğinin önüne geçmeyi amaçlayan atık malzemelerden oluşturulan yapı sistemleridir (Ak, 2006).

Yapı malzemesi üretimi, yapıların yapım, yenileme, onarım ve yıkım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan beton, metal, çelik, ahşap, seramik, plastik, cam gibi yapı malzemeleri/bileşenlerinin geri kazanım potansiyelleri oldukça yüksektir. Geri dönüştürme, malzeme ve ürünlerin sahip olduğu ve ilk üretimden kaynaklanan toplam enerji miktarının da korunmasını sağlar. Geri dönüşüm için gerekli enerji miktarı, ilk üretim için harcananın genellikle çok altında olabilmektedir. Örneğin, alüminyumun geri dönüştürülmesi için ilk üretimin %10-20'si kadar enerji kullanılmaktadır. Plastikler, cam ve metaller ısı uygulanmasıyla yeniden şekil alabilmektedir (Aydın İpekçi, vd., 2017). Tasarımcıların projelerinde atık malzemeleri değerlendirdikleri ve geri dönüşümlü ahşap palet ve konteyner kullandıkları "Manifesto Eco House", 2009 yılında Şili'de uygulanan bir çevre dostu ev projesidir (Resim 34).



Resim34. Manifesto Eco House-Şili (Aydın İpekçi, vd., 2017).

### *Biyobozunur Malzemeler:*

Toprakta yaşayan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılan ve tamamen parçalanmış malzemelerdir. Biyobozunur materyaller, mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılabilmeyi sağlayan bir madde özelliğindedir. Bozulmanın nihai sonucunda kararlı ve basit bileşikler (su ve karbon dioksit gibi) oluşmaktadır. Bu özellik, plastik malzemeler gibi atıkların bertaraf edilmesine ve kirliliğin azaltılmasına yardımcı olmak amacıyla tasarlanmıştır. Biyolojik bozunma genellikle doğal malzemelerle ilişkilendirilirken, tanımda belirtildiği üzere insan yapımı malzemeler de biyolojik olarak bozulabilir. Doğal biyolojik olarak çözünebilir yapı malzemeleri çok uzun bir geçmişe sahiptir, ancak sentetik ve çağdaş malzemelerin ortaya çıkmasıyla birlikte, biyo-bozunabilir malzemeler, inşaat endüstrisi pazarındaki payını giderek kaybetmiştir. Bununla birlikte, artan çevresel kaygılar, doğal malzemeleri ön plana çıkarmış ve aynı zamanda plastik endüstrisini biyolojik olarak parçalanabilen plastikler geliştirmeye yöneltmiştir. Biyobozunur malzemeler dört kategoride gruplanabilmektedir (Sassi, 2006):

- Minimal işlemle sonra kullanılabilir doğal malzemeler (kereste, bambu vb.);
- Bir reçine veya ağ ile bağlanmış doğal malzemeler (sisal halı, soya levhaları vb.);
- Yapıştırıcılar ve diğer polimerler (biyolojik olarak parçalanabilen plastikler üretmek için doğal protein vb.) dahil olmak üzere ürün imalatında kullanılan doğal bileşikler;
- Biyolojik olarak çözünebilir sentetik malzemeler (biyolojik olarak parçalanabilir plastikler vb.).

### *Biyomalzemeler:*

Yenilenebilir kaynaklardan yapılmış plastik ve diğer malzemelerdir. Biyolojik olarak parçalanabilen plastiklerin üretiminde, CO<sub>2</sub> kullanan bakterilerin kullanımı örnek gösterilebilir.

### *Değişmeyen Malzemeler:*

Değişkenlik özelliği olmayan malzemeler ortam sıcaklığındaki değişimler gibi herhangi fiziksel veya kimyasal etkilere maruz kalındığında özelliklerini yitirmeyen materyallerdir. Bu malzemeye, metal alaşımlı invar örnek olarak gösterilebilir.

### *Fonksiyonel Maddeler:*

Tek fonksiyonlu ve çok fonksiyonlu maddeler için genel bir terimdir.

### *Fonksiyonel Kademeli Değişen Malzemeler:*

Fonksiyonel derecelendirilmiş malzemeler olarakta adlandırılmaktadır. Katmanları kademeli olarak birleştiren kompozit malzemelerdir.Bu, malzeme özelliklerinde sürekli bir değişiklik ile sonuçlanmaktadır.

### *Hibrit Malzemeler:*

Bu malzemeler en az iki farklı bileşenin birleştirilmesiyle üretilmiştir.Hibrit malzemeler ve ürünler oluşturmak için tek tek malzemeleri bir araya getirerek, solar hücre-LED sistemi gibi yüksek güçlü karşılıklı olarak geliştirici sistemler oluşturulabilmektedir. Özelliklerini tamamen diğer malzemelerle birleştirildiğinde tamamlayan bazı yalıtım sistemleri, mimari uygulamalar için ilgi çekicidir.

### *Nanomalzemeler:*

Nanometre ölçekli maddelerden yapılmış malzemelerdir.Kaplama olarak veya ürün imalatında kullanılabilirler.Nanoteknoloji 21.yüzyılın endüstri devrimi olarak kabul edilmektedir.Nanoteknolojik yapı malzemeleri, işlevsel uygulamalarla tasarım dünyasında yerini bulmuştur.Moleküler düzeyde malzeme davranışını, makro-işlevsel düzeyde ise binaların, altyapı tesislerinin ve mühendislik yapılarının performansını iyileştiren değişikliklere olanak tanımaktadır (Bozoğlu, Arditi, 2012).

Nanometre boyutlarında kuantum etkisi ile malzeme özelliklerinde önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Nano ölçekli malzemelerde üstün işlevsellik, mukavemet artışı, elektrik ve ısı iletme özelliklerindeki performans artışı, esneklik, hafiflik ve daha birçok özellik gözlenebilmektedir (Vural, 2010).Nano malzemeler, var olan malzemelere oranla mevcut olmayan bazı fonksiyonların tek malzemede toplanması gibi avantajlara sahiptir. Malzemenin ekonomik olması ve var olan kaynakların korunması gibi faydalar da söz konusudur (Nano Materials,2008).Var olan malzemeleri optimize etmek, malzemelerin hasardan korunmasını sağlamak (kendini onaran nano malzemeler), malzemenin ağırlık ve hacminde azalma, üretim aşamalarının sayısının azalması,malzemenin daha etkin kullanılması, onarıma ihtiyacın azalması, hammadde ve enerji tüketiminde azalma, karbondioksit salınımında azalma, kaynakların korunması, ekonominin büyümesi, konfor ve rahatlık sağlanması nano malzemelerin katkıları olarak sıralanabilir (Kasap, 2012). Malzemeye olan katkıları göz önüne alındığında, nanoteknolojinin mimaride uygulanması, geniş bir yelpazeye sahip olmaktadır ve özellikle malzeme seçimi, tasarımların taslak aşamasından son rötuşlarına kadar farklılaşmaktadır.Nano mimarisi; nano ürünler, nano malzemeler, nano-iletişim, hatta nano-şekiller kullanarak nanoteknolojinin mimaride bütünleştirilmesidir. Nanoteknolojiyi mimariye

tanıtırken, ürün geliştirme konusunda ek işlevsellik, katma değer ve pazar talebi gibi getirebileceği faydalar incelenmelidir (Atwa, Al-Kattan, Elwan, 2015).

Nanometre ölçekli maddelerden malzeme ve ürünlerin geliştirilmesi ve üretimi, yeni ve yenilikçi işlevler için olanaklar yaratmıştır. Mimari açıdan bu yenilikler arasında; su tutmayan veya spektrum seçici olan cam ya da boyalar, plastikleri çizilmeye karşı dayanıklı hale getirebilen nanopartikül tabakaları örnekleri bulunmaktadır. Cam, uygun şekilde ince dikroik filtre tabakaları içerebilir. Bu kaplamalar ışığı spektral renkler içine bölerek çeşitli optik etkilerin oluşmasını sağlamaktadır (Sev, vd., 2004). Nanopartiküller, oda hava kalitesini artırmak için alçı duvar panelinde de kullanılabilir. Burada kullanılan nanopartiküllerin örnekleri; titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) ve zeolittir (Mineral ad- / absorbanlar MAd, MAb). Benzer bir bağlamda, nanometre ölçekli gözenekli membranlar geliştirilmektedir. Kirli şehir havasını temizleyebilme özelliği ile cephelerin bir parçası olarak kullanılabilir (Ritter,2007).Mimaride kendi kendini temizleyen pencerelerden esnek güneş panellerine ve WiFi engelleme boyasına kadar birçok nanoteknolojik ürün ve daha fazlası bulunmaktadır. Diğer uygulama örnekleri ise kendi kendini iyileştiren beton, ultraviyole ve kızıl ötesi radyasyonu engellemek için materyaller, duman yiyici kaplamalar ve ışık yayan duvarlar ve tavanlardır. Bu uygulamalarda kullanılan nanomalzemeler; karbonfiber, kuantum küre ve nano alüminyum tozu, nanosensörler, nano kaplamalar, ısı emici camlar, ultra düşük enerji yüksek parlaklığa sahip ışıktır (Ercolani, 2010).Fonksiyonel nanomalzemeler (örneğin, nanoteller, nanotüpler, grafen, metal oksitler, karbon nanoyapılar, büyük bant aralığı yarı iletkenleri ve metaller), kendi kendine ısınan ve dayanıklı bir çalışma sağlayan yeni algılama özelliklerine (yüksek hassasiyet, seçicilik vb.) sahiptir. Düşük güç tüketen cihazlar, iç ve dış ortam seviyelerinde yeterli hava kalitesi ölçümü için anahtar öğelerdir (Penza vd., 2017).Yüzey özellikleri, yüzey enerjisi elektronik yapısı ve reaktivitesi mikron boyutundaki malzemelerde çok daha farklıdır. Nanometaloksitler, nanometaller, nanomineraller ve nano yapılar ile daha esnek, sert ve hafif malzemeler elde etmek mümkündür. Ayrıca yarı iletken ve iletken nano boyuttaki metaller ve biyolojik olarak bozulabilir moleküllerin getirdiği yeni fonksiyonlarla, aktif ve akıllı malzemelerin üretimi başlamıştır (Çeliker,2011).

Nanoteknoloji, değişik şekillerde kullanılabilen, farklı bilim dallarında gelişmiş faydaları olan malzemeler tasarlanmaktadır. Nano malzemeler, kesin tasarlanmış yapılara sahip akıllı malzemelerdir.Nanobilim ve nanoteknoloji, akıllı malzemelerin geliştirilmesi için, yapıların özelliklerini değiştirebilen ve akıllı malzemelerin geliştirilmesine dahil olan bir araç olarak hareket etmek için gereklidir. Nanobilim ve nanoteknoloji, günümüzün küresel sosyal sorunlarının bazılarını çözmeye yardımcı olabilecek, tamamen yeni akıllı malzemelerin somut



olmayan tasarımı ve pratik gerçekleştirilmesi için inanılmaz bir potansiyel sunmaktadır(Parepalli, vd., 2014).

#### *Akıllı Malzemeler:*

Bu malzemeler, maddeler ve ürünler, değişebilir özelliklere sahiptir ve fiziksel ve / veya kimyasal etkilere tepki olarak şekillerini veya rengini tersine çevirebilir; örneğin ışık, sıcaklık veya elektrik alanının uygulanması vb. Mimaride çeşitli akıllı malzeme kullanım örnekleri görülmektedir. Renklerini ve opaklığını değiştirebilen krom malzemeler genellikle akıllı camlar ve boyalar için kullanılırken, piezoelektrik malzemeler binanın yapısının hareketi, rüzgârdan elektrik üretmek için yapının kabuğu üzerinde bilgi toplamak amacıyla boya içerisinde ve aktif gürültü kontrolü için binanın ilgili katmanlarında kullanılabilir. Pasif iklimlendirme uygulamaları için ısı enerjisini depolamak amacıyla faz değiştirme malzemeleri (FDM) genellikle duvarlarda ve tavanlarda kullanılır. Ayrıca, FDM kullanılarak geliştirilen akıllı cepheler bulunmaktadır. Bu sistemin kullanımının bir örneği Alterswohnen'de (Domat / Ems, İsviçre, 2004, Dietrich Schwarz) gözlemlenmiştir. Binanın ön cephesi, FDM fazlarına dayanarak değişen şeffaflık seviyeleri sergilemektedir. Titanyum dioksit gibi yapışma özelliklerini değiştirebilen malzemeler, genellikle kaplama malzemelerinde kullanılırlar ve ışığa maruz kaldıklarında süperhidrofilikliğe bağlı olarak malzemeye kendi kendini temizleme özellikleri sağlarlar. Bu malzemeler, virüs öldürme yeteneklerinden dolayı sıklıkla tıbbi binalarda da kullanılmaktadır. Hareketli yapıların oluşturulması için, yangın güvenliği sistemlerinde şekil hafızalı alaşımlar kullanılmaktadır. Ayrıca, güneş şemsiyesi olarak da kullanılabilirler ve sıcaklık seviyelerine cevap veren güneş-ışık kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirmek için sistemler oluşturmaya yardımcı olabilirler (Tavşan, Sipahi, 2017).

Akıllı malzemelerin gelecekteki kullanımı ve binalarımız üzerindeki görünür etkilerine bağlı olarak, yapılı çevremizle ilgili resmimiz, mimarlık olarak görmeye alıştığımızdan değişecektir. Bazı bölgelerde, sürekli ve hızlı bir gelişimyaşayan Tokyo gibi metropoller, insanların kalıcı mimari değişim ile yaşayabildiğini göstermektedir (Ritter, 2007). Tez kapsamında odaklanılan, yenilikçi malzeme grubundan akıllı malzemelerin özellikleri ve çeşitleri, daha detaylı olarak 2. Bölümde anlatılacaktır.

#### **1.4.1. Enerji ve Çevre**

Genel olarak malzemeleri tartılabilecek, ölçülebilecek, tanımlanabilecek ve dolayısıyla elle tutulur nesnelere olarak düşünsek de, tasarımcı olarak önceliğimiz, malzemelerin nasıl davrandığı ile ilgilidir. Bir çelik kolon, bir yükü desteklediğinde işe yaramaktadır. Işığı iletirken bir cam bölmesi anlamlıdır. Bir malzeme seçildiğinde, bir tür enerji uyarısıyla etkileşimi için

doğal olarak seçilmektedir ve bu, bir heykeldeki gibi, sadece görmek istediğimiz malzemeler için bile geçerli olmaktadır. Sonuç olarak, malzemelerin incelenmesi ve araştırılması enerji bilinci olmadan tamamlanamamaktadır. Tüm varlıkların içinde ve arasında gerçekleşen tüm süreçlerin temel belirleyicisi olmasına rağmen, enerji maddesel olarak tanımlanamaz. Bir atomdan ekosisteme giden bir varlık her türlü değişime uğradığında, enerjinin bir yerden diğerine geçmesi ve/veya formunu değiştirmesi gerekmektedir. Örneğin, bir nesnenin sıcaklığının değişmesi için ısı aktarılmalı veya çıkarılmalı ve türbin bir jeneratördeki şaftı döndürdüğünde enerji formu kinetikten elektriksel değere değişmelidir. Kavramsal olarak, tüm enerji formları, potansiyel (akabilen depolanmış enerji) ve kinetik (akan enerji) enerji olarak iki genel sınıfa ayrılabilir.

Her ne kadar enerji akışı, her şeyin (canlı ve cansız) davranışını ve durumunu belirlese de bilim adamları, Newton fiziğinin kurulmasından iki yüzyıl sonra, 1850'e kadar bir anlayış geliştirmemiştir. Buharlı motor teknolojisindeki 19. yüzyıldaki gelişmeler nihayetinde "enerjinin korunumu" ilkesinin keşfine yol açmıştır. Bu prensip belki de fiziğin en temel yapı taşıdır ve aynı zamanda termodinamik olarak bilinen fizik dalının (enerji bilimi) temelidir. Termodinamik, fizik branşının malzeme sistemleri ve bu koşullardaki değişikliklerin nedenleri ile ilgili branşını tanımlamaktadır. Bir sistem ve çevresi arasındaki ilişkinin doğası termodinamik yasalarına tabidir. Bir malzeme sistemi ile enerji uyarıları arasındaki bu kavramsal termodinamik ilişkiyi, madde davranışını organize etmek için bir çerçeve olarak kullanabiliriz. Mimari anlamda, çevre terimi genellikle ortam veya hacim koşullarını tanımlamak için kullanılmıştır. Varsayım, çevredeki ortamın bir binaya fiili olarak dışta olması ve bölgesel iklim koşullarıyla tanımlanmasıdır. Termodinamik "malzeme sistemi", nispeten homojen koşullara sahip bir binanın iç kısmı olarak sadeleştirilebilir (Addington, Schodek, 2005).

İç mekan ideal koşulları, koruyarak optimize edilebilen tekil ve kararlı bir ortam olarak tanımlanmaktadır. 1920'lerde, mekanik çevre sistemlerinin gelişmesiyle, iç ortamlar için standartlar, belirli uygulamalar ile kodlanmaya başlanmıştır. Okullarda sınıfların sabit bir sıcaklıkta ve bağıl nemde, fabrikaların farklı sabit şartlarda muhafaza edilmesi beklenmektedir. 20. yüzyıl boyunca sağlık sorunları azalmış ve standartlar konfor için ayarlanmıştır. İç ortamın bu karakterizasyonu, iç mekanın malzeme sistemi olduğu, bina dışının sınır ve dış çevresi olduğu bir termal sistem olarak belirlenmesidir. Ancak, insan ve ortam, sınır ve ölçek olarak ele alınırsa, gerçek sistemin insan bedeni, sınırın ise bedenin enerji değişimi olduğu ve çevrenin hemen bitişik olduğu fark edilmektedir. Tüm ortamlar, ısı değişimi, ışığın ortaya çıkması veya sesin alınmasını sağlayabilecek enerji uyaran alanlarıdır. İç mekanları, bir toplu sıcaklık ile ya da sürekli belirli bir aydınlık seviyesi olarak düşünmekten ziyade, yalnızca enerji işlemleriyle ya da insan vücudundakine benzer şekilde sınırlar arasında enerji değiş tokuşu yapan çevre olarak tanımlayabiliriz. Bu yaklaşım, vücudun

duyusal sistemi hakkındaki mevcut anlayışla tutarlı olmaktadır. Termal, işitsel veya optik olsun, vücudumuzun duyuları, sıcaklık, ışık seviyesi vb. durum koşullarına değil, sınır boyunca enerji değişim oranına tepki vermektedir. Örneğin, soğuk algısı düşük bir sıcaklıkta bir ortamı temsil etmemekte, çevre ve beden arasındaki termal enerji transferinin değişme hızının arttığı bir göstergesi olmaktadır. Bu durum, ortamın sıcaklığı olabilir veya olmayabilir. Esasen, insan vücudu çevreyi, çevreye karşı reaksiyonuyla, kendini algılamakta, ancak çevreyi algılamamaktadır. Mimarlığın nihai görevi, insanın lehine hareket etmektir; kendisini, var olan doğal çevre ile insan arasındaki, dışsal yükü omuzlayacak şekilde bir araya getirmektir (Addington, Schodek, 2005).

Bu çerçevede, çevre ve enerji alanında yapılan çalışmalarda, gaz algılama yarı iletken malzemeleri, kimyasal algılama için hibrit malzemeler ve nanokompozitler, katalitik algılama materyalleri, kimyasal algılama ve enerji uygulamaları için metal oksitler, kimyasal algılama ve enerji uygulamaları için karbon bazlı malzemeler, enerji üretimi için piezoelektrik ve termoelektrik malzemeler üzerinde çalışmalar yer almaktadır (Penza, vd., 2017). Bunun yanında, fonksiyonel nanomalzemelerin yeni, uyarlanmış özelliklerle geliştirilmesi, iç ve dış hava kalitesi izleme için düşük güçlü cihazların geliştirilmesi için önemli bir konudur. Bu, hava kalitesinin izlenmesi için; yeni algılama yöntemlerinin yanı sıra, gaz moleküllerinin ve partiküllerinin, haritalama teknikleri ile ele alınması ve ağ bağlantılı, sabit veya mobil akıllı cihazlar tarafından toplanan jeo-etiketli veri tabanları gibi pratik uygulamaları içermektedir. Otonom çalışma ve düşük güç tüketimi ile akıllı malzemelere dayanan bu katı hal kimyasal sensörleri, mevcut yüksek maliyetli sistemlerin yerine kullanılabilir (Penza, Spetz, Romano-Rodriguez, Meyyappan, 2017). Enerji tasarrufu açısından akıllı malzemelere örnek olarak gösterilen titanium dioksit ( $TiO_2$ ) bazlı beyaz pigmentli tozlar düşük maliyet, düşük toksisite, yüksek kimyasal stabilite ve kullanılabilirlik nedeniyle endüstrilerde kullanılmaktadır. Bu malzemeler, foto-indüklenmiş hidrofilitik / hidrofobiklik ve ayrılmış foto reaksiyonlarına dayanan foto katalitik, antibakteriyel, kendi kendini temizleyen bir yüzey ile yüzey üretmek için kullanılır. Nano tanelerin yüzey / hacim ilişkisi nedeniyle ışık emme kapasitesini artırmaya yardımcı olur. Bu materyalin avantajı, küçük bir miktar suyun bile binalarda ince bir film oluşturmak için yeterli olması ve geleneksel iklimlendirme ile elektrik arzını azaltmasıdır (Apurva, Tailor, Rastogi, 2017).

#### 1.4.2. Termal Çevre

Termal çevre, ısının nasıl davrandığını anlayarak açıklanabilmektedir. Isı transferi olarak bilinen termodinamik alt kümesi, etrafımızda sürekli hareket halindeki belirli termal

davranışları tanımlamaktadır. HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sistemi bir asırdan fazla bir süre önce ortaya çıkmış ve bu geçici ve heterojen ortam içinde, kararlı ve homojen koşullar sağlayabilme kabiliyetinden dolayı zaman içinde az değişime uğramıştır. Bununla birlikte, farklı termal davranışların heterojenliği, bu davranışların her birini uygun ölçekte ve yerde ele alarak, termal ortamımızın doğrudan tasarımını ve kontrolünü keşfetmek için bir potansiyel sunmaktadır. Isı transferi ve akışkanlar mekaniğine bakıldığında; tekil bir yanıt kullanma problemi ortaya çıkabilmekte, ilgili malzeme özelliklerine göre karmaşık termal davranış kategorileri oluşmaktadır(Addington, Schodek, 2005).

Tasarımcılar olarak nihai hedefimiz insan vücudunun sağlığını, refahını ve zevkini sağlamaktır. İnsan vücudu, kendi sağlığını korumada fazlasıyla gelişmiştir. Vücudun termal dengesini ayarlamak için radyasyonu, iletimi, taşınımı ve buharlaşmayı dinamik olarak kullanan bir ısı değiştirici olarak işlev görmektedir. İnsan vücudu, bir binadaki ısı alışverişi yapan varlıkların en tipik özellikte olanıdır. Vücut, iç mekanda, aydınlatma, bilgisayarlar, elektrikli ekipmanlar gibi birçok ısı kaynağının yanı sıra pişirme, ısıtma, banyo gibi birçok işlemin çevresinde bulunmaktadır. Bir binadaki yüzey sıcaklıkları, özellikle de duvarlar, pencereler, çatılar ve zeminler gibi dışa bakan bileşenlerde neredeyse her zaman ortam hava sıcaklığından farklıdır ve bu sayede yüzeyler boyunca hareketli bir akış meydana gelmektedir. İç mekan termal ortamı, tekil sınırlı bir durum olmaktan ziyade, hepsi benzersiz sınırlara sahip, büyük bir hareketli davranışlar topluluğu olmaktadır. Yapı ve iç mekan tasarımında ise teknolojinin performansını optimize etmek için çevreyi (fiziksel davranış) değiştirmekteyiz. Örneğin; HVAC sistemleri, binanın ölçeğine göre tasarlanırken, termal davranışlar çok daha küçük ölçeklerde gerçekleşmektedir. İdeal çözüm, termal davranış sınırında ve ölçeğinde gerçekleşecektir. Akıllı malzemeler ve yeni teknolojiler, küçük ölçekli olmaları nedeniyle çevremizi sadece geçersiz kılmaktan ziyade bir termal ortam tasarlayabilmemiz için doğrudan ve yerel eylemi sağlayabilmektedir(Addington, Schodek, 2005).

Akıllı malzeme uygulamalarından, termokromik malzemeler sıcaklık değiştiğinde farklı bir rengi yansıtır. Malzemenin sıcaklık durumu, malzemenin spektral yansıma özelliğini belirlemektedir. Tip I akıllı malzemeler arasında bulunan termotropik materyaller, malzemeye bir termal enerji girdisi ile mikro-yapısını, faz değişimi yoluyla değiştirir. Farklı fazlarda, çoğu malzeme iletkenlik, ileticilik, hacimsel genleşme ve çözünürlük de dahil olmak üzere diğer özellikleri göstermektedir (Addington ve Schodek, 2005). Nanoteknolojik materyalin güneş enerjisi teknolojisinde kullanımı ve mimari uygulamaları, silicon güneş hücreleri, ince film güneş teknolojisi, enerji depolama ve akıllı nano batarya güç yönetimi olarak sıralanabilir (Cengiz, 2016). Akıllı yapılarda kullanılan malzemeler arasında akıllı pencereler, akıllı gölgelendirme, çatı ve tavan uygulamaları, akıllı beton ve tuğlalardır. Örnek olarak, fotovoltaik

modüllerin çatı malzemelerine entegre edilmesigösterilebilir. PV çatı, evin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek enerjiyi güneş ışığından maliyetsiz şekilde üretmektedir. Başka bir akıllı uygulama ise beton karışımına eklenen karbon fiberler, betondaki stresi ve küçük deformasyonları tespit etmeye yardımcı olmaktadır (Roy, vd., 2016).

### 1.4.3. Işık ve Çevre

Işık ve ses termal enerjilerdir. Bu nedenle, ışıklı ve akustik davranışlar, termal çevreyi kuşatanlarla aynı bağlamda düşünülebilir. Işık, görsel olarak radyant enerjiyi tanımlamaktadır. Işıkla etkileşime giren malzeme özelliklerinin birçoğu dışsaldır, bu durumda malzemenin moleküler yapısı dışındaki özellikler durumu etkileyebilmektedir. Yansıma, emilim ve geçirgenlik bu kategoriye girmektedir. Bu sebeple, yüzey yapısındaki değişiklikler bu özellikler üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilmektedir ancak daha etkili olanı, ışığın iki önemli parametresi olarakyoğunluğu enerjisi ve spektral bileşimidir. Aydınlatmada kullanılan ışığın renksel özellikleri ve aydınlatılan yüzeylerin renksel özellikleri, aydınlatma tasarımlarında birlikte düşünülmesi gerekli iki önemli konudur. Yüzeyler, ancak gün ışığı gibi türsüz (renksiz) ışıklar altında gerçek (öz) renklerinde, türlü (renkli) ışıklar altında ise değişik renklerde (görünen renklerde) görünürler (Yavuz, Ünver, 2008). Güneş, bizim için esas ışık kaynağıdır ve aynı zamanda yapay ışık kaynakları için karşılaştırma standardını da belirlemektedir.

Cildimizin, vücudumuz ile termal ortam arasındaki bir sınır olarak çalıştığı gibi, gözlerimiz de aydınlık çevreye göre çalışmaktadır. Daha belirleyici olarak, bu sınır, görsel reseptörlerimiz olan çubuklar ve konilerden oluşan minik bölge içinde, gözümüzün arkasına yakın bölge olarak tanımlanabilmektedir. Herhangi bir yüzey gibi, bu reseptörler belirli enerji seviyelerinde belirli dalga boylarını selektif olarak emmektedir. Gözün günümüzdeki modelleri, nörolojik yanıt olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır; bunlar : “ne” sistemi ve “nerede” sistemidir. Bu iki kategori, iki farklı tipte ganglion hücresi ile ilişkilidir; daha büyük hücreler, "nerede" yanıtı üretirken, daha küçük hücreler, "ne" yanıtı üretmektedir. Her iki tip ganglion hücrelerinin temel amacı, retinanın küçük alanları arasındaki foton alımının nispi karşılaştırmasını oluşturmaktır. İnsan vücudu bir termometre olmadığı gibi, gözü de bir ışık ölçer değildir. Sadece reseptör alanı, bölgedeki fotonlarda bir farkla karşılaştığında, beyne sinyal vermektedir. “Nerede” sisteminde, bu farklılıklar, hareket, derinlik ve mekansal organizasyon algısının yanı sıra, figür / zemin ayrımcılığından sorumlu olmaktadır. "Nerede" sistemi renk köründür, ancak parlaklıktaki veya karşıtıktaki farklılıklara karşı oldukça duyarlıdır. Tersine, “ne” sistemi son derece renk seçicidir ancak parlaklık kontrastına nispeten duyarsızdır. Bu sistem, nesne ve yüz tanıma bunun yanında renk algısı için sorumludur. Görüş, “ne” sistemde en yüksektir,

ama “nerede” sistemi daha hızlıdır, bu da hareketi algılamak için idealdir. Görsel sistemin anlayışı, tasarımcılar için ve özellikle yapı ve mekan tasarımcıları için büyük etkilere sahiptir. Eğer bir şeyin nerede olduğunun belirlenmesi için parlaklık sorumluysa, bunun tersinin de olduğu bir yüzeyin, görsel mimari artikülasyonunu yaratma şansına sahip olunur. Nesne tanıma için renk sorumluysa, benzer nesnelere planlı bir renk kullanımıyla daha da ayırt edilebilir (Addington, Schodek, 2005).

Bunun yanında enerji, ışık ve çevre konusu altında yapılarda aydınlatma tasarımının önemi üzerinde durulabilir. Kullanılan enerji bakımından, büyük yapılarda aydınlatma ile sağlanacak tasarrufun önemi büyüktür. Büyük binalarda kullanılan elektrik enerjisinin %58'inin aydınlatma için harcılandığı göz önüne alınırsa, yapılacak doğru ve kontrollü aydınlatmanın önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Çok kişinin kullandığı geniş çalışma hacimlerinde uygun lamba, armatür vs. seçilip, aydınlatma otomatik olarak kumanda edildiğinde, bina dış yapısı da gün ışığından yararlanma şartları sağlandığında %75'lere varan enerji tasarrufu elde edilebilmektedir (Berber, 2012). Doğal ışığın kullanıldığı çeşitli mimari aydınlatma sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemlerden bazıları, cephenin ve tavanın ışığın içeri girmesini, bazılarının da bina kabuğundan bağımsız olduğunu ve yaygın olarak kullanılan pencere ve tavan ışıklarının ulaşamayacağı hedef alanların kullanılmasını gerektirmektedir. En yaygın aydınlatma sistemleri, ışık rafları, panjurlar, ışık yönlendirici gölgeler ve ışık tüpleridir. Ayrıca ışığı yönlendirmek ve gelen ışığın miktarını değiştirmek, malzemelerin özelliklerini akıllı malzemede olduğu gibi değiştirerek mümkündür. Böylece akıllı malzemelerden üretilen yapı elemanları daha esnek bir tasarıma ve daha iyi görsel kaliteye olanak sağlayabilir (Tokuç ve Köktürk, 2015).

Günümüzde akıllı malzemeler sayesinde ışığın bina yerine doğrudan göze etkisinin kontrol edilmesini sağlayan, özel olarak tasarlanmış bir aydınlatma sistemi tasarlamak mümkündür. Örneğin bu amaçla kullanılan fiber optik aydınlatma sistemi, geleneksel sistemlere göre avantajlar sunmaktadır. Işık kaynağı, tesir ettiği veyansıdığı yere göre uzakta konumlanmaktadır. Sonuç olarak, kaynaktan gelen ısı da uzaktadır. Uzak bir kaynak sadece enerji tasarrufu yapmakla kalmaz, aynı zamanda ışıklı nesnelere ısı hasarından ve hatta muhtemelen yangından korur. Verimsiz bir süreç olarak geleneksel aydınlatma, ışıktan daha fazla ısı üretmektedir öyle ki bir binanın klima yükünün yaklaşık üçte biri sadece lambaların ürettiği fazla ısıyı gidermektedir. Kaynak konumdakilerin ötesinde hiçbir elektrikli veya mekanik bileşen gerekli olmadığından, elektrik altyapısı azaltılabilir ve bakım basitleştirilebilir. Renk kontrolü ve UV/IR filtreleme kolayca birleştirilebilir, sistem yanı sıra her bir kablonun çok yönlülüğünü genişletir. Bu avantajlar, özellikle ısı azaltma ve UV kontrolü ile ilgili olarak, fiber optiklerin müze sergi aydınlatması ve vitrinin aydınlatması için tercih edilmesini sağlamıştır (Addington, Schodek, 2005).

Fiber optik aydınlatmada da kaynak olarak kullanılabilen katı faz aydınlatması, elektriği ışığa dönüştürmek için yarı iletken malzemeler kullanan her türlü cihaza atıfta bulunan önemli bir kategoridir. Bu kategoride tabela, dış mekan aydınlatması, cephe aydınlatması, trafik sinyalleri, ortam aydınlatması, geniş panel ekranlar ve diğer uygulamalar için LED'lerin kullanıldığı görülmektedir (Addington ve Schodek, 2005).

Kullanılan akıllı malzemeye göre, akıllı camlar, optik özelliklerini sıcaklık, ışık yoğunluğu ve elektrik alanları gibi uyarılara göre değiştirebilmekte ve şeffafdan opak veya renkli duruma geçebilmektedirler. Pasif (fotokromik ve termokromik) ve aktif (elektrokromik) olarak kategorize edilebilirler. Fotokromik camlar güneş ışığına duyarlıdır ve bunların geçirgenliği güneş ışığındaki değişikliklere göre değişir. Termokromik camlar, camın yüzey sıcaklığı belli bir noktaya ulaştığında renklerini değiştirirler. Elektrokromatik camlar elle veya otomatik olarak aktif kontrol olanakları sağlar (Tokuç ve Köktürk, 2015).

Mimaride aydınlatma amacıyla kullanılan diğer akıllı ve nano malzemeler, ışık yayan diotlar (LED) ve nanoLEDler, organik ışık yayan diotlar (OLED), smart wrap, quantum nokta LED'ler, ince film güneş nano teknolojileri, aerojel, nanojel şeklinde uygulanmaktadır (Cengiz, 2016). Örneğin, mimaride dekoratif açıdan kullanılan akıllı malzeme uygulamalarından birisi de gün boyunca havuzlarda kullanılan bazı mozaik karolardır ve bunlar geceleri 8 saate kadar ışık yayabilmektedir. Başka bir örnek ise molekülleri LED ışıkları ile harekete geçen eğimli temperli kristal merdivenlerdir. Elektrolüminesans geleneksel yapı yüzeylerini dinamik ve dekoratif elemanlara dönüştürebilmektedir. Işık kaynağı herhangi bir şekilde veya renkte özelleştirilebilmektedir. Kayar paneller sayesinde çeşitli kombinasyonlarda birleştirilebilen ışık ve renk desenleri de oluşturulabilir. Bu uygulama hem enerji tasarrufu, hem aydınlatma hem de görsel açıdan önemlidir (Tokuç, Köktürk, 2015).

#### **1.4.4. Akustik Çevre**

Akustik ortam, antik çağlardan beri iyi bir şekilde belgelenmiş ve araştırılmıştır. Bir akışkan ortamındaki basınç darbeleriyle üretilen ses, konveksiyon yoluyla iletilmektedir. Işık gibi, ses de dalga benzeri davranışlarla karakterize edilebilen termal enerjidir. Ses, ortamın moleküllerinin titreşimi ile "elastik" bir ortamdan yayılan mekanik (kinetik) enerji ile üretilmektedir. Akustik çevre, elastik olarak, sıkıştırılabilir bir bileşene sahip herhangi bir ortama atıfta bulunmaktadır; hava gibi akışkanlar açıkça elastiktir, ancak beton gibi katı maddeler de sesi yaymaya yarayan ara hava boşlukları içermektedir. Sesin kaynağı, çevreleyen ortamın yer değiştirmesini üreten herhangi bir bir kaynak olabilmektedir. Bu, katı bir cisim üzerindeki mekanik etki, bir ısıık veya korna tarafından salınan salınımlı hava

basıncı veya bir membran üzerinde hareket eden elektrik enerjisinin sapmasına neden olabilir. Işık bir dizi elektromanyetik enerji darbesi olarak tanımlanabilirse, ses bir dizi basınç darbesi olarak tanımlanabilmektedir. Ses dalgaları frekans, dalga boyu, basınç (amplitüd) ve faz ile karakterize edilir. Mimari nesnelere ve sesin alınması arasında her zaman doğrudan ve dolaysız bir bağlantı olmaktadır. Bir beton duvar, ahşap paneller ile kaplandığında, mekandaki akustik nitelikleri etkili bir şekilde değiştirmektedir (Addington, Schodek, 2005).

Ses ve ışık hızları bakımından büyük farklılıklar göstermelerine rağmen arasında benzerlikler de bulunmaktadır. Bu benzerlikler, bir kaynaktan ses yayılımını belirlemek için görüş hatlarının kullanılmasına yol açmıştır ve günümüzde, akustik simülasyon araçlarının birçoğu, ışık simülasyonu için geliştirilen araçlardır ve benzer olarak ışın izleme teknikleri kullanılmaktadır. Yaygın bir kural, kaynağı görebiliyorsanız, bunu duyabilirsiniz olmaktadır. Yüzyıllar boyunca tiyatro tasarımları, klasik amfi tiyatrosunun kademeli adımlarından, Barok opera binasının at nalı şekline kadar, kabul edilen bu kurala uygundur (Addington, Schodek, 2005).

20. yüzyılın başında akustik biliminin gelişimi, ışığı gibi olmayan ses davranışlarını tanımlamaya dayanmaktadır. Geometrik formun akustik tasarımın belirleyicisi olarak tanımlanması, malzemelerin baskın faktör olarak ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu etki, malzemenin emicilik özelliğinden kaynaklanmaktadır, malzemenin basınç darbelerinden ne kadar kinetik enerjinin emilebileceğinin bir göstergesidir. Geniş alanlarda, odadaki dinleyicilerin kaynağı duyabilmeleri amacıyla sesi yükseltmek için yansımalar gerekmektedir, Malzemelerin yerdeki emiciliği, hangi frekansların yansıtıldığını ve hangi yönde olduğunu belirlemekte ve yankıya neden olabilecek istenmeyen ve yavaş yansımaları iptal etmek için de kullanılabilir. Akustik tasarımda, ses emici malzemeler iki genel tipe ayrılmakta; bunlar gözenekli emiciler ve rezonant emicilerdir. Gözenekli emiciler, gözenekler aracılığıyla ses enerjisini azaltır. Rezonant (sesi yansıtan) emiciler, enerji emerek ve belirli bir frekansta tekrar rezonans yaparak bir kütle ve bir yay gibi davranmaktadırlar. İç mekanlar, tamamen emici olacak şekilde tasarlanmadıkça, çoğu zaman çok dağınık yansımaya sahip olacaktır. Bunlar sese daha fazla yükseklik verecektir, ancak aynı zamanda bir odadaki ortam ses seviyesini de yükseltecektir. Malzemelerin emiciliği, nihayetinde ortam veya arka plan ses seviyesini belirleyecektir (Addington ve Schodek, 2005).

Beton ve taş gibi çok sert, bu nedenle yansıtıcı yüzeylere sahip bir oda, iyi emici malzemelerle döşenmiş bir odadan çok daha yüksek bir arka plan ses seviyesine sahip olacaktır. Bir odanın tüm sınır yüzeylerine tamamen etkili ses emici malzemeler yerleştirilirse, yalnızca doğrudan sesin kaldığı yerlerde dış hava koşullarına yaklaşılabilecektir. Bununla birlikte, modern akustik biliminin gelişmesi, 19. yüzyılın sonlarında Wallace Sabine'in malzemenin emiciliğinin bir odanın yankılanma süresini etkilediğinin keşfi ile olmuştur. Yankı,



ses kaynağının kesilmesinden sonra duyulabilir sesin devamıdır. Teoride, mükemmel reflektörlü (yansıtıcı) malzemeler kullanıldığında, ses asla kaybolmayacaktır. Bir sesin devam ettiği süre, yankılama zamanı olarak bilinmektedir (Addington ve Schodek, 2005).

Emiciliğin etkisinin anlaşılması, tasarımcısına akustik ortamın bir alanda büyük kontrolünü sağladıysa, elektro-akustik alanındaki son gelişmelerde artık, mimarinin fiziksel yüzeylerinden bağımsız olarak akustik ortamları tasarlama becerisine olanak sağlamaktadır. Gelişmiş sinyal işleme ve mikro hoparlörlerin seçici yerleştirilmesi, yansıtıcı güçlendirme, yankılama, yayılma ve ses yönü gibi görevlerin elektronik olarak gerçekleştirilmesiyle, mimarinin makro ölçekli etkilerinin çoğunun yerini alabilmektedir.

Akustik tasarımda, piezoelektrik akıllı malzemeler, ses tasarımında merkezi rol oynamaktadırlar. Akıllı yapılarda piezoelektrik malzemelerin uygulaması, aktif ses kontrolü, üretilen farklı ses türlerini ortaya çıkarmak veya ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Mekanlarda aktif ses kontrolü, bireylerin işitme kaybının ortam seslerine uzun süre maruz kalmasından kaynaklanabilmesi açısından önemlidir (Apuva, vd., 2017).

Bu gelişmeler, yapı ve mekan tasarımcıları ve planlamacıları için yeni görevler yaratmaktadır; teknik gelişmeleri tasarım sürecine dahil etmek, parametrelerin olabildiğince fazla bilgisini ve entegrasyonunu gerektirmektedir.

### **1.5. Bölüm Sonucu**

Bu bölümde Sanayi devrimi ile başlayan ve teknoloji devrimi ile devam eden süreçte malzeme tasarım ve teknolojilerinin mimari ve iç mimaride tasarım olanaklarına çok yönlü yeni katkılarını anlayabilmek için öncelikle mekan yüzeylerinde malzeme kullanımı konusuna alınmıştır. Yapıyı oluşturan yüzeyler iç ve dış mekan/yüzey ayrımı yapılarak geleneksel mimaride ve günümüzde yaygın olarak kullanılan malzeme grupları örnekler ile açıklanmıştır. Teknolojik gelişmeler ve malzeme biliminin geldiği noktada çağdaş tasarımda malzeme konusu irdelenmiş, gelişmiş/yenilikçi malzemeler incelenmiş, enerji ve çevre bağlamında malzemedeki beklenen performans ve niteliklerin arttığı gözlemlenmiştir.

Geçmişten günümüze kadar malzeme mimaride tüm yapı sistemlerinde ve bina tipolojilerinin oluşmasında performansına paralel olarak etkin rol oynamıştır. Malzemenin sağladığı olanaklar doğrultusunda mimari tasarımlar biçimlendirilmiştir. Günümüzde malzeme, fiziksel performansı yanında, mimarinin tasarımlara yansıyan yeni eğilimlerindeki gelişmeleri destekleyen en yetkin öge olarak karşımıza çıkmaktadır. Her geçen gün malzeme dünyasına katılan yeni malzemeler ve yeni malzeme teknolojileriyle mimarinin öncü strüktür sistemleri

kurulmakta, strüktürler yer değiştirmekte ve çevreye daha çok uyum sağlamaktadır. Neredeyse malzeme yeniden doğmakta; doğası, morfolojisi, mikroklimatik özelliği, oluşum sürecindeki değişimi, kendini yenilemesi, gen yapısı, mimari ve iç mimarinin yeni tasarım kaynaklarını oluşturmaktadır. Malzeme bünyesindeki yukarıda anlatılan tüm özellikleriyle, mimariye ve iç mimariye “içten” ve “içsel” olarak katılmakta ve tasarımlardaki öncü eğilimlere yadsınamaz katkı sağlamaktadır (Gezer, 2012)

Bilişim çağı olarakta nitelendirilen içinde bulunduğumuz dönemde, mimari tasarımların esnek, taşınabilir, değişebilir, hareket kapasitesine sahip, çevreyle ve kullanıcıyla uyumlu olması vb. gibi özellikleri de taşıması beklenmektedir. Bu yeni eğilim tasarımları doğaya öykünen anlayışın ötesinde doğanın yaşam ritmine uyum sağlama arayışına götürmektedir. Bir sonraki bölümde, mimarlık ve malzeme kapsamında bu anlayışı desteklediği düşünülen “Akıllı Malzemeler” konusuna detaylı olarak yer verilmektedir.

## 2. BÖLÜM

### AKILLI MALZEMELER

#### 2.1. Akıllı Malzeme Kavramı ve Sınıflandırılması

Akıllı malzeme kavramı mimarlık çerçevesinde ele alındığında 'ortam şartları ile mücadele eden' malzeme anlayışı yerini 'çevresel uyaranlara yanıt vererek ortam şartlarına uyum gösteren' malzeme anlayışına bırakmaktadır. Bu yaklaşımda yapıya yüklenen 'akıllılık' kavramı, akıllı malzeme kullanılarak uygun biçimde tasarlanan yapı elemanları veya birleşimlerini kapsamaktadır. Mimar ve malzeme araştırmacısı Blaine Brownell, akıllı malzemeleri "çevresel uyaranlara dayanılarak fiziksel bir morfoza uğramak" olarak tanımlamaktadır. Zaman içinde özelliklerini tersine değiştirebilir, kontrol edebilir ve hem sensörler hem de aktüatörler olarak çalışabilmektedirler (Brownell, 2006).

Malzeme biliminde alışılmış anlayış, malzemelerin kullanım süresince mümkün olduğunca niteliklerini korumasına yöneliktir; malzeme niteliklerinin değişmesi genellikle dış uyaranlar sonucu bozulma (çürüme, korozyon, göçme vb.) ile ilişkilendirildiğinden istenmeyen bir durum olmaktadır. Malzemedeki kullanım süresi boyunca değişime uğramaması dışında bir beklentisi olmayan alışılmış (klasik) malzeme anlayışının aksine, akıllı malzeme anlayışında malzemedeki kullanım sırasında dış uyaranlara karşı işlevlerine yardımcı olacak faydalı nitelik değişimleri yapması beklenmektedir. Okay'a göre "bir anlamda tüm malzemelerin belli bir derece akıllığı söz konusudur. Örneğin; ısıtıldıklarında genişlerler veya daha kolay işlenirler, bazılarının ısıtılması ile iletkenlikleri artar. Ancak malzemeyi gerçekten akıllı yapan bu tip değişimlerin malzemenin dizaynı ile ortaya çıkmasıdır". Bu nedenle akıllı malzemeler aslında tasarlanmış malzemelerdir (Okay, 2003).

Akıllı malzemeler, teknolojilerimizin birçoğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak yeni ve modern malzeme gruplarıdır. "Akıllı" sıfatı, bu materyallerin çevrelerindeki değişiklikleri algılayabildiklerini ve daha sonra, önceden belirlenmiş tavırlarda canlı organizmalarda bulunan özelliklere benzer bu değişime cevap verebildiklerini ima etmektedir. Buna ek olarak, "akıllı" kavramı, akıllı ve geleneksel malzemelerden oluşan oldukça karmaşık sistemleri de kapsayabilmektedir (Callister, 2007).

Akıllı malzemelerin keşifleri yaklaşık 60 yıl öncesine dayanmaktadır ancak mühendislik ve ticari alanlardaki uygulamaları yeni bir akımdır. 1990'lı yıllardan milenyuma geçişte, bugünkü haline gelmek için artan bir hızla gelişimini sürdürmüştür. Akıllı materyallerin hikayesi, 19. yüzyılın sonlarında Curie kardeşlerin Kuvartz ve Rochelle tuzu da dahil olmak üzere birçok doğal malzemenin ilginç özellikler sergilediğini keşfetmesiyle başlamıştır. Bu türden özel

malzemelere olan ilgi, 20. yüzyılın başında, yeni icatların temelini atan I. Dünya Savaşı'nın başlamasıyla artmıştır. İkinci Dünya Savaşı, yeni malzemeler ve cihazlarda daha da ilerlemeyi teşvik etmiştir. Bu ilerlemeler, radyo gibi iletişimde yeni buluşlara ve kayıt cihazları için fonograf kartuşları gibi diğer uygulamalardır (Donald, 2007). Örneğin; 1960'ların başında, Donald Stookey, "Corning Camı" adlı, ışığa maruz kaldığında kararır ve ışık geri çekildiğinde rengi açılan bir cam geliştirmiştir. 1970'lerde NASA, yapısal malzemelerdeki potansiyel hataları, çatlaklar, yorgunlukları veya aşırı gerilimleri algılayabilen ve gösteren materyaller üzerine araştırma yapmaya başlamıştır. Fikir, hava hızı, sıcaklık ve basınç gibi havacılık koşullarını algılayabilen ve potansiyel arızanın erken göstergelerini belirleyebilen, akıllı kaplamaları olan uçaklar yaratmaktır (Geiser, Commoner, 2001).

'Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık' (responsive architecture) kavramı ise ilk kez 1970 yılında mimar Negroponte tarafından ortaya atılmıştır. Kişisel bilgisayar fikrinin şekillenmeye başladığı bir zamanda ortaya atılan kavram başlangıçta 'yapıya bütünlük algılayıcılarla alınan ve bilgisayar ile değerlendirilen dış uyarılara, yapı elemanlarına (kabuk, strüktür vb.) bütünlük hareket mekanizmalarıyla yanıt vermek' anlayışını esas almıştır. Ancak sonraları akıllı malzemelerin kullanıma girmesi, bilgisayarlara gerek duymaksızın akıllı malzemelerin algılayıcı (sensör) ve/veya devindirici (aktüatör) olarak kullanıldığı yapılar üretmeye olanak sağlamıştır (Negroponte, 1970). Çevresel koşullara yanıt veren mimari yapıların ilk örneklerinden biri Institut du Monde Arabe (Paris, Fransa, 1981-1987, Jean Nouvel) yapısıdır. Cepheye gelen ışığa bağlı olarak otomatik kontrol edilen mekanik diyafram düzeneğiyle içeri alınan ışığı ayarlayan cephe panellerinin kullanıldığı yapıda sadece ışık algılayıcılarda sınırlı biçimde akıllı malzeme kullanılmıştır (Resim 35). Yapı kullanıma açıldığında ışık algılayıcı sistemin hassas ayarı yüzünden cephe panellerinin sık aralıklarla adapte olması sorun yaratmıştır, algılayıcı hassasiyetinin ve kontrol kademelerinin azaltılması gerekmiştir. 1992 yılında Münih Modern Sanat Müzesi için açılan yarışmada Becker Gewers Kühn & Kühn tarafından sunulan proje, cephede güneş kontrolü için kromik cam kullanımının ilk örneklerinden biri olmuştur (Ritter, 2007). Böylece akıllı malzemeleri gerçek potansiyeliyle kullanarak çevresel koşullara yanıt veren ilk yapılar ortaya çıkmıştır.



Resim 35. Institut du Monde Arabe yapısında cephe panelleri (URL-22, 2018)

"Akıllı" ve "zeki" terimlerinin kullanılması ise; 1980'lerde, akıllı malzemelerin bazılarının onlarca yıldır olmasına rağmen, Amerika'da ortaya çıkmıştır. Akıllı malzemelerin birçoğu askeri ve uzay projeleri üzerinde çalışan devlet kurumları tarafından geliştirilmiştir ancak son yıllarda inşaat, ulaştırma, tıbbi, gündelik ve ev alanlarındaki uygulamalar için sivil sektöre geçmiştir (Talbot, 2003).

Geleneksel materyallerden farklı olan bu malzemelerle karşılaşılan ilk sorun, "akıllı" sözcüğünün gerçekte ne anlama geldiğini tanımlamaktır. Akıllı malzemeler hakkında yapılan çalışmalar incelendiğinde çeşitli tanımlamalar görülmektedir. Addington ve Schodek'in "Smart Materials and Technologies in Architecture (2005)" adlı kitabında, akıllı malzemelerin iki tanımından bahsedilmektedir. İlk tanım NASA tarafından yapılmıştır. Bu malzemeleri "yapılandırmaları hatırlayan malzemeler" olarak tanımlamaktadır ve bunu farklı girdiler altında gerçekleştirebilmekte ve moleküler yapıları ile nitelendirebilmektedirler. Kimya Teknolojisi Ansiklopedisi'nden edindikleri ikinci tanım ise, malzemelerin çevresel girdilerin algılaması, bunların algısal bilgi olarak işlenmesi ve tepki vermesiyle ilgilidir. Bu iki açıklama aynı tür davranışlara işaret ediyor gibi görülmekte, farklı iki ucu temsil etmektedir. Kimya Teknolojisi Ansiklopedisi'nde bulunan tanımda, malzemeleri kompozit, tekil veya farklı materyal kombinasyonu olabilen "bir dizi eylem" gerçekleştirilmesi değerlendirilerek birinciden farklılık göstermektedir. İlk tanım, malzemeleri madde olarak ifade etmektedir ve elementler, alaşımlar veya bileşikler olarak düşünölmekte fakat hepsi moleküler yapıyla tanımlanabilir ve nicelenebilir niteliktedir. Addington ve Schodek, bir malzemenin akıllı olup olmadığını aşağıdaki özellikler ile ayırt edilebileceğini öngörmektedir:

- Aciliyet - Gerçek zamanlı olarak tepki verme
- Geçicilik - Birden fazla çevre durumuna tepki verebilme
- Kendini Harekete Geçirme - Zeka, malzemenin dışından değil, dahili bir hareketi
- Seçicilik - Yanıtları ayrık ve öngörülebilir
- Doğrudanlık- Yanıt, 'etkinleştirme' etkinliğine lokal

Axel Ritter, "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design (2007)" adlı kitabında; "Akıllı malzemeler, değişebilir özelliklere sahip olan ve fiziksel ve / veya kimyasal etkilere (örneğin, ışık, sıcaklık veya bir elektrik alanının uygulanması) yanıt olarak şekli veya rengini geri dönüşümlü olarak değiştirebilen malzemeler ve ürünlerdir" olarak açıklamaktadır.

Dr. Diane Talbot (2003), Akıllı Malzemeler kılavuzunda, "Akıllı malzemelerin bir anlamda, zekice veya 'insan istihbaratıyla çalışıyormuş gibi' çalışan bir malzemeyi ifade eder. Akıllı bir malzeme, tüm çevresine kendi başına tepki verendir. Değişiklik, maddenin doğası gereğidir, bazı elektronik olaylardan kaynaklanmamaktadır. Reaksiyon, hacim değişikliği, renk

değişikliği veya viskozitede bir değişiklik olarak kendini gösterebilir ve sıcaklık, basınç, elektrik akımı veya manyetik alan değişikliğine yanıt olarak ortaya çıkabilir. Birçok durumda bu reaksiyon tersine çevrilebilir, bunun ortak bir örneği, UV ışığının seviyesine tepki veren gözlüklere uygulanan kaplamadır ve sıradan gözlüklerinizi güneş gözlüğü haline getirir. Bu kaplama fotokromik olarak tarif edilen akıllı bir malzemedendir yapıdır” şeklinde belirtmektedir.

Bazen “zeki” malzemeler ya da “aktif” malzemeler olarak da adlandırılan "akıllı malzemeler" terimi, eşsiz özelliklere sahip bir grup malzeme grubunu ifade etmektedir (Sun, 2015). Her ne kadar akıllı malzemeler için farklı açıklamalar öne sürülsede, prensipte birbirine benzemektedir. Temel olarak akıllı malzemeler için standart bir tanım yoktur. En yaygın kabul gören, malzemenin genel olarak dışsal bir uyarana tepki olarak özelliklerinin bir veya daha fazlasını öngörülebilir ve kullanışlı bir şekilde değiştiren bir malzemeyi belirtmesidir (Harrison ve Ounaies, 2001).

Akıllı bir malzeme ile akıllı bir yapı arasındaki ayrım vurgulanmalıdır. Akıllı bir yapı, ortamına tepki veren bir sistem oluşturmak için kontrol donanımı ve yazılımı olan aktüatör ve sensörden (akıllı malzemelerden yapılabilir) bir takım yapıları içerir. Böyle bir yapı, o sırada çalışma koşulları için en uygun şekli vermek üzere uçuş esnasında profilini sürekli değiştiren bir uçak kanadı olabilmektedir (Talbot, 2003).

Sonuç olarak; 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. Akıllı malzemeler; 'çevrelerine akıllıca cevap veren, yüksek mühendislik özelliklerine sahip malzemeler' olarak da tanımlanarak 21. yüzyılın teknolojik ihtiyaçlarına cevap bulmaya başlamıştır.

Günümüzde yirmiden fazla grup altında sınıflanan akıllı malzemelere örnek olarak - elektrik (piezoelektrik, termoelektrik vb.), -kromik (termokromik, fotokromik vb.), -reolojik (manyeto-reolojik, elektoreolojik vb.) malzemeler ve şekil bellek alaşımları gösterilebilmektedir. Bir malzemenin akıllı malzeme olarak nitelendirilmesi için gerekli özellikler şunlardır (Addington ve Schodek, 2005):

- Nitelik değişimi: Dış uyaran etkisiyle mikrostrüktürde oluşan değişiklikler malzemenin bir veya birkaç niteliğini (şekil, renk, sertlik, akışkanlık, hal vb.) değiştirmektedir. Nitelik değiştiren akıllı malzemelere örnek olarak elektrik potansiyeli uygulandığında renk değiştiren elektrokromik malzemeler verilebilmektedir.

- Enerji dönüşümü: Malzemenin mikrostrüktüründe oluşan değişiklikler (faz değişimi) sırasında enerji bir formdan diğerine dönüşmektedir. Enerji dönüştüren akıllı malzemelere örnek olarak uygulanan kuvvet sonucunda elektrik potansiyeli oluşturan piezoelektrik malzemeler verilebilmektedir.

- Tersinirlik: Malzemede oluşan 'nitelik değişimi' veya 'enerji dönüşümü' tersine çevrilebilir. Örneğin; elektrokromik malzemede elektrik potansiyeli kalktığında malzeme eski rengine döner. Piezoelektrik malzemede ise kuvvet (mekanik enerji) uygulandığında elektrik enerjisi olduğu gibi, malzemeye elektrik uygulandığında mekanik enerji dönüşümü olmakta, malzeme uzamakta veya kısalmaktadır (Orhon, 2012).

Akıllı malzemelerin uygulanması için gerekli olan bilgiler mevcut bulunmaktadır, ancak tasarım alanlarında uygulanması için henüz herhangi bir yöntem belirlenmemiştir. Mevcut yöntemlerde bir sınıflama sistemi içerisinde, akıllı malzemeleri konumlandırmak mümkün olamamaktadır. Akıllı bir malzeme bir çok bileşende kullanılmış ve geleneksel bir malzemenin yerini almış olsa bile, kendi doğasından gelen 'aktif' davranış biçimi, potansiyel bir teknoloji olarak kullanılmasını da sağlamaktadır. Örneğin, elektrokromik cam eş zamanlı olarak cam malzeme, pencere, perde duvar sistemi, aydınlatma kontrol sistemi veya otomatik gölgeleme sistemi olabilmektedir. Normatif sınıflandırma şekli malzemeyi, akıllı malzemenin çok türlü karakterini ve performansını dikkate almayı zorlaştıran birkaç kategoriye ayırmaktadır. Addington ve Schodek, bu durumla ilgili olarak akıllı malzeme sınıflandırmalarının çok katmanlı olması gerekliliğini vurgulamaktadır. Malzemenin fiziksel davranışına göre karakterize eden bir katmana ve malzemenin fiziksel davranışının sonucuna (fenomenolojik davranışına) göre karakterize eden başka bir katmana ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Mimari açıdan değerlendirildiğinde, eylem alanlarına göre sınıflandırmak; malzemeden ne yapması istendiğinin belirlenmesidir. Bu bağlamda, kullanılan akıllı bir malzeme enerji çevreleri (ışık, termal, akustik) üzerinde doğrudan etki yaratabilmekte veya sistemler üzerinde dolaylı etkileri (enerji üretimi, mekanik ekipman) olabilmektedir. Bu yaklaşım, işlem/sistem üzerine kurulu ve işlevsel olarak akıllı malzeme ve sistemelerin tasarım sürecinde değerlendirilmesinde tasarımcı için çok yararlı olabilmektedir.

Tablo 5. Akıllı Sistemleri ve Ortamları Ayırt Etme(Addington, Schodek, 2005).

<b>Geleneksel Malzemeler</b>	Dış uyaranlara verilen sabit yanıtlar (normal koşullar altında malzeme özellikleri sabit kalır)
<b>Yüksek Performans Malzemeler</b>	
<b>Akıllı malzemeler Tip 1 – Özellik Değiştiren</b>	Tip 1 - Belirli iç veya dış uyaranlara malzemenin içsel tepki değişimi olur
<b>Akıllı malzemeler Tip 2 - Enerji Değiş Tokuşu Yapan</b>	Tip 2 - Yanıtlar hesaplama yoluyla kontrol edilebilir veya geliştirilebilir
<b>Akıllı cihazlar ve sistemler</b>	İçsel tepki değişimleri ve çoklu iç- dış uyaranlara veya kontrollere ilişkin hesaplama geliştirmelerine sahip cihaz veya sistemlere, akıllı malzemeler yerleştirilmiştir.
<b>Akıllı ortamlar</b>	Bütün ortamın içsel ve bilişsel olarak yönlendirilmiş tepki değişimleri, koşullar ve iç veya dış uyaranları kullanan akıllı cihazlar ve sistemlerden oluşur.

## 2.2. Akıllı Malzeme Çeşitleri ve Özellikleri

Malzemeler, çoğunlukla özellikleriyle ayırt edilmektedir; bunların bazıları içsel (yapısında olan) ve bazıları dışsaldır. İçsel bir özellik, maddenin moleküler yapısı ve kimyasal bileşimi tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle, belirli bir maddenin tanımı aynı zamanda onun bütün içsel (yapısal) özelliklerini de tanımlamaktadır. Örneğin, mukavemet özelliği, malzemenin yapısını oluşturan moleküller arası kuvvetlerle bağlantılı olarak molekül içindeki atomlararası kuvvetlerle ilgili olmaktadır. Kuvvetler ne kadar yüksek ise mukavemet ve sertlik de o kadar yüksek olmaktadır. Aynı kuvvetler aynı zamanda maddenin erime ve kaynama noktaları ile doğrudan ilişkili görülmektedir. Elmas gibi kuvvetli atomlararası ve molekül içi kuvvetler içeren bir malzeme, sadece varolan en sert malzemelerden bir tanesi değil, aynı zamanda olağanüstü yüksek bir erime noktasına sahiptir. Yaygın olarak, bir malzemenin elastik modülü ve dayanıklılığını da içeren mekanik özellikleri, iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk gibi fiziksel özellikleri, reaktiflik, değerlik ve çözünürlük gibi kimyasal özellikleri içsel(yapısal) olarak kabul edilmektedir. Dışsal (ekstresek) özellikler, malzemenin makroyapısı tarafından tanımlanan özellikler olmakla birlikte, tek başına bileşim tarafından doğrudan belirlenmemektedirler. Bir malzemenin optik özellikleri; yansıtma, geçirgenlik, emici olma vb. özellikler ve akustik özellik çoğunlukla dışsaldır. Basitçe bir metal yüzeyinin parlatılması, yansıtma özelliğinde önemli bir değişiklik meydana getirmektedir. Birçok dışsal özellik de çevrelerindeki enerji alanlarının özelliklerine bağlıdır. Tamamen gelen ışığın spektral



dağılımına bağlı olduğu için, bir malzemenin rengi malzemenin kendi başına bir özelliği olarak kabul edilmemektedir (Addington, Schodek, 2005).

Özellik değişiklikleri, ya maddenin bileşiminde bir değişiklik ya da maddenin mikro yapısında bir değişiklik ile üretilebilmektedir. Her iki değişiklik malzemeye enerji girişi ile başlatılmaktadır. Giriş enerjisi, akıllı malzemeler için en yaygın olarak elektrik, kimyasal, termik, mekanik ve radyoaktif olmak üzere birçok biçimde olabilmektedir. Çoğu malzeme, bir enerji girişi ile benzer özellik değişikliklerine uğradığı halde, örneğin sıcak haddelenmiş çelik, mikro yapısını ve dolayısıyla özelliklerini değiştirmektedir. Akıllı malzemeler ise değişiklikleri tersine de çevrilebilir; enerji girişi kaldırıldığında, malzeme orijinal özelliklerine geri dönebilmektedir. Addington ve Schodek'e göre "ister içsel isterse dışsal olsun, tüm malzeme özellikleri, akıllı veya 'akıllı olmayan', beş kategorinin bir veya daha fazlasına girmektedir. Bu kategoriler: mekanik, termal, elektriksel, kimyasal ve optik olarak belirlenmekte ve her maddenin cevap vermesi gereken enerji uyarılarının göstergesi olmaktadır. Çevredeki enerji veya uyarı alanı kavramı özellikle önemlidir. Akıllı malzemelerin fiziksel özellikleri, bu enerji alanları ve bir malzemede bu enerji girdisinin dönüştürüldüğü mekanizma ile belirlenmektedir. Mekanizma, maddenin moleküler yapısını veya mikro yapısını değiştirerek maddenin iç enerjisini etkiliyorsa, girdi malzemenin özellik değiştirmesine neden olmaktadır. Mekanizma, malzeme bileşiminin enerji durumunu değiştirirse, ancak malzemeyi değiştirmezse, girdi bir formdan diğerine enerjinin değiş tokuşuyla sonuçlanmaktadır. İki mekanizmanın ayırt edilmesinin basit bir yolu olarak, özellik değişikliği türü için malzeme, giren enerjiyi emer ve bir değişim geçirirken, enerji değişim türü için malzeme aynı kalır, ancak enerji değişime uğramaktadır. Bu mekanizmaların her ikisi de mikro ölçekte çalışır şekilde düşünülmektedir, hiçbir molekülden daha büyük bir şeyi etkilememektedir ve enerji değişimlerinin çoğu atom seviyesinde gerçekleşmektedir." Addington ve Schodek bu açıklamalardan yola çıkarak akıllı malzemeleri tip 1 ve tip 2 olarak (Tablo 6) iki gruba ayırmaktadır:

- Tip 1 - Çevresel koşullarındaki değişikliğe (uyarıya) cevaben özelliklerinden (kimyasal, mekanik, optik, elektriksel, manyetik veya termal) bir veya daha fazlasını harici kontrol gerektirmeden değiştiren malzemelerdir.
- Tip 2 - Enerjiyi bir formdan diğerine istenilen son durumu elde etmek için dönüştüren malzemelerdir.

Tablo 6. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması(Addington, Schodek, 2005).

<b>Tip 1: Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler</b>
<b>Renk Değiştiren:</b> Fotokromikler, Termokromikler, Mekanokromikler, Kemokromikler, Elektrokromikler
<b>Faz Değiştiren :</b> İletken Polimerler ve İletkenler, Reolojik (Akışbilimsel) Özellik Değiştiren, Sıvı Kristal Teknolojiler, Asılı Parçacıklı Ekranlar, Akıllı jel ve kristaller
<b>Tip 2: Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler</b>
<b>Işık Yayan:</b> Lüminesans, floresan ve fosforesans, Fotolüminesans, Elektrolüminesans
<b>Enerji Alışverişi:</b> Temel Yarı İletkenler, Fotovoltaikler, Ledler, Transistörler, Termoelektrikler, Piezoelektrik
<b>Şekil Hafızalı Alaşımlar:</b> Şekil Belleyci Polimerler

Axel Ritter ise; ışık, uv ışığı (Elektromanyetik radyasyonun görünür ve mor ötesi kısmı), sıcaklık (Fiziksel bir sistemin termal durumu), basınç (Kuvvetin alana oranı), elektrik alanı (Bir elektrik yükü civarında alan), manyetik alan (Bir mıknatıs veya hareket eden elektrik yükünün yakınındaki alan), kimyasal çevre (Bazı kimyasal elementlerin ve/veya bileşiklerin varlığı); fiziksel ve kimyasal etki değişkenlerini, akıllı malzemelerdeki değişiklikler için tetikleyici uyarılar olarak tanımlamıştır. Ve bu doğrultuda akıllı malzemeleri, özellik değişimi, enerji ve madde alışverişi yapan akıllı malzemeler olmak üzere; üç kategoride analiz etmektedir:

Tablo 7. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması (Ritter,2007)

<b>1. Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler</b>
<b>Şekil Değiştiren:</b> Termostriktif, elektroaktif
<b>Renk ve Optik Olarak Değişen:</b> Fotokromik, termokromik ve termotropik, elektrokromik ve elektrooptik
<b>Adezyon Değiştiren:</b> Fotoadezyon
<b>2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler</b>
<b>Işık Yayan:</b> Fotolüminesans, Elektrolüminesans,
<b>Elektrik Üreten:</b> Fotoelektrik, termoelektrik, piezoelektrik
<b>Enerji Değiş Tokuşu Yapan:</b> Isı depolayan
<b>3. Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler</b>
<b>Madde Değiş Tokuşu:</b> Gaz / su depolayan

Bilim adamları akıllı malzemeleri çeşitli şekillerde gruplandırmaktadır. Bazı kaynaklar, akıllı malzemeleri atomik yapılarına göre sınıflandırırken diğerleri özelliklerine göre sınıflandırmaktadır. Aşağıdaki tablo, belirli akıllı malzemelerin, tepki gösterdikleri uyarıyı ve gösterdikleri tepkileri göstermektedir.

Tablo 8. Seçilen akıllı malzemeler için uyarı-yanıt matrisi (Ghandi, Thompson, 1992)

Uyarı- Yanıt	Elektrik	Manyetik	Optik	Termal	Mekanik
<b>Elektrik</b>			Elektrokromik Elektrolüminesans Elektro-optik	Termoelektrik	Piezoelektrik Elektrostriktif ER sıvıları
<b>Manyetik</b>		Manyetostriktif	Manyeto-optik		MR sıvıları Manyetostriktif
<b>Optik</b>	Fotoiletken		Fotokromik		
<b>Termal</b>			Termokromik Termoluminesans		Şekil Bellekli
<b>Mekanik</b>	Piezoelektrik Elektrostriktif		Mekanokromik		Negatif Zehir oranı

Akıllı malzemelerin tasarımda kullanımı ile ilgili olarak çalışmaları incelenen Ritter, Addington ve Schodek'in, akıllı malzemelerin tümünü değil, halihazırda kullanımda olan ve mimari olarak kullanıma hazır veya uygulanabilir olanları seçtikleri belirlenmektedir. Bu çalışmada da aynı yaklaşımı sürdürerek kritik maddelere göre akıllı malzemeler seçilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu çalışmanın temel kaygısı akıllı malzemelerin yapı ve mekan yüzeylerinde kullanımınıdır. Bu konuyu etkin bir şekilde ele almak için, ana konuyla ilgili önde gelen akıllı malzemelerin bazıları bu bölümde özelliklerine göre analiz edilecektir.

## 2.2.1. Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler

### 2.2.1.1. Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler

Şekil değiştiren akıllı malzemeler; dış etkiler, ışığın etkisi, sıcaklık, basınç, bir elektrik veya manyetik alan yada bir kimyasalın bir veya daha fazla uyarısına tepki olarak şekil ve / veya boyutlarını tersine değiştirebilen malzeme ve ürünleri içermektedir. Bunların arasında, boyutlarını değiştirmeden şekillerini değiştirebilecek malzeme ve ürünler ile şekillerini koruyan ancak boyutlarını değiştiren diğer malzemeler ve ürünler bulunmaktadır. Bazıları aynı zamanda her iki parametreyi de değiştirebilmektedirler. Bu akıllı malzemelerin

doğasındaki özellikleri deformasyonlarının ardındaki farklı ilkelere bağlı olmaktadır (Ritter, 2007).

Şekil değiştiren akıllı materyallerin, tepki verdikleri uyarıya göre farklı alt kategorileri bulunmaktadır. Ritter (2007), şekil değiştiren akıllı malzemeleri altı gruba ayırmaktadır (Tablo 9). Addington ve Schodek şekil değiştiren malzemeleri daha genel bir şekilde tanımlamaktadırlar. "Çoğu şekil değiştiren malzeme bir pozisyondan diğer pozisyona geçer"; Bu malzemeleri özel olarak sınıflandırmamaktadırlar, ancak sergilediği değişikliğe göre ayırmaktadırlar. Örneğin, termokromik malzemeler ısı değişikliği uyarısı neticesinde, fotokromik malzemeler ise ışık uyarısı ile renklerini değiştiren malzemelerdir (Tablo 10).

Tablo 9. Ritter, tetikleyici uyarılara göre şekil değiştiren akıllı malzemeler aşağıdaki gibi ayırt edilebilmektedir:

<b>Fotostriktif Akıllı Malzemeler:</b>
Işığın etkisiyle uyarılmış (elektromanyetik enerji).
<b>Termostriktif Akıllı Malzemeler:</b>
Sıcaklığın etkisi ile uyarılmış (termal enerji).
<b>Piezoelektrik Akıllı Malzemeler:</b>
Basınç veya gerginlik etkisi (mekanik enerji) sayesinde uyarılmış.
<b>Elektroaktif Akıllı Malzemeler:</b>
Elektrik alanının etkisi ile uyarılmış (elektrik enerjisi).
<b>Manyetostriktif Akıllı Malzemeler:</b>
Manyetik alan etkisi (manyetik enerji) ile uyarılmış.
<b>Kemostriktif Akıllı Malzemeler:</b>
Bir kimyasal çevrenin etkisi ile uyarılmış (kimyasal enerji).

Tablo 10. Addington ve Schodek şekil değiştiren malzemeler sınıflandırması:

Tip 1 Özellik Değiştiren	Girdi	Çıktı
Termokromik	Isı Farkları	Renk Değişimi
Fotokromik	Radyant Işık	Renk Değişimi
Mekanokromik	Deformasyon	Renk Değişimi
Kemokromik	Kimyasal Konsantrasyon	Renk Değişimi
Elektrokromik	Elektrik Potansiyeli Farklılıkları	Renk Değişimi
Likid Kristaller	Elektrik Potansiyeli Farklılıkları	Renk Değişimi
Asılı Parçacıklar	Elektrik Potansiyeli Farklılıkları	Renk Değişimi
Elektroreolojik	Elektrik Potansiyeli Farklılıkları	Sertlik / viskozite değişimi
Manyetoreolojik	Elektrik Potansiyeli Farklılıkları	Sertlik / viskozite değişimi

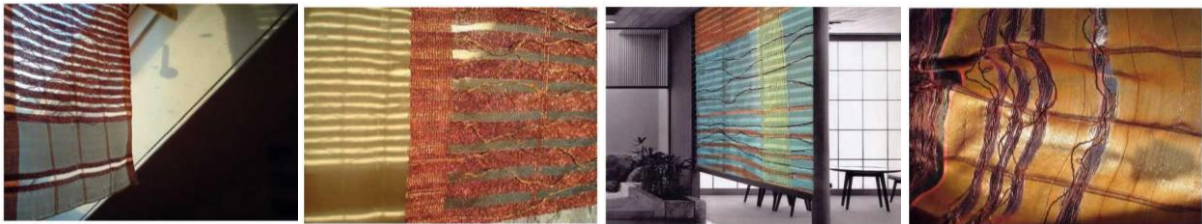
Termostriktif, piezoelektrik, elektroaktif ve kemostriktif akıllı malzemeler, mevcut olması, tahmin edilen uzun vadeli istikrarı ve diğer faktörlerden ötürü günümüzde mimarlık alanında en çok ilgi gören akıllı malzemeler olarak gösterilmektedir. Yakın gelecekte fotostriktif ve manyetostriktif olanlar da dahil olmak üzere diğer akıllı malzemelerin de önem kazanacağı öngörülmektedir (Ritter, 2007).

### Termostriktif akıllı malzemeler

Termostriktif akıllı malzemeler, şekil ve/veya boyutlarını tersine çevirebildikleri ortam sıcaklığı değişimlerine tepki verebilen özelliklere sahiptirler. Sıcaklık değişiklikleri, malzemenin iç termal durumunu, yüzeyinden doğal çevresine sürekli olarak ayarladığı pasif bir etkiye sahip olabilmektedir. Ayrıca, örneğin ısıtma veya soğutma ile aktif bir etkiye sahip olabilmektedirler. Aktif ısıtma, bir elektrik alanının uygulanması ile doğrudan ısıtma veya ısı iletimiyle yada radyasyonla dolaylı ısıtma şeklinde görülebilmektedir (Ritter, 2007).

Bu kategori farklı akıllı malzemeleri içermektedir, ancak en yaygın olarak bilinen tür, şekil bellek efekti sergileyen 'Şekil Bellek Alaşımları' ve 'Şekil Bellek Polimerleri' dir (Şensan 2009). Addington ve Schodek, anlamını basitleştiren ticari uygulamalardan örnekler vererek 'Şekil Bellek Efekti'ni açıklamaktadırlar: "Bükülebilir gözlük çerçeveleri, sıkıştırılmış bir biçimde implante edilen, arterleri açan ve vücut tarafından ısıtıldığında doğru boyuta ve şekle doğru genişleyen aralıklarla açılan tıbbi stentler, dizüstü bilgisayarlardan diskleri çıkartan küçük aktüatörler, küçük mikro valfler ve diğer cihazlar, hepsi ortak bir malzeme teknolojisini paylaşmaktadır. Bu aygıtların her birinin ilginç davranışı, belirli bir tür alaşım malzemesinin önceden hafızaya alınmış veya önceden ayarlanmış bir şekli geri döndürme veya hatırlama kabiliyetini ifade eden 'şekil hafıza efekti' adı verilen bir fenomen üzerine kuruludur".

Şekil bellek alaşımları, orijinal şekillerini "hatırlayan" metallerdir. Onlar "sıcaklık alanlarına tepki olarak şekil, sertlik, konum, doğal frekans ve diğer mekanik özellikleri değiştirir". Şekil hafızasını yalnızca ısıtma üzerine sergileyen malzemelere tek yönlü şekil belleği denmektedir. Bazı malzemeler ayrıca yeniden soğutma üzerine şekil değişikliği geçirebilmektedir. Bu materyallerin iki yönlü şekli vardır. Şekil bellek alaşımları, eğilme direncine sahip gözlük çerçeveleri gibi günlük uygulamalarda uygulanmaktadır (Rogers 1995). Şekil bellek alaşımlar, şekil bellek efekti sergileyen tek malzeme değildir. Şekil bellekli polimerler, sıcaklık değişikliği gibi çevre uyarısına tepki veren 'aktif olarak hareket eden' polimer grubuna ait iki şekilli malzemelerdir (Charlesby 1960). Farklı sıcaklıklardaki serbest hacim değişimine dayanılarak hava geçirgenliğini arttırmak için şekil belleği polimeri tekstil ve konfeksiyonlara uygulanabilmektedir (Tobushi, 2003). Şekil bellekli alaşım ürünlerinin mimaride çeşitli olası kullanımları vardır. Şekil hafıza etkisi türü uygunluğunu belirler. Örneğin, Yvonne Chan Vili, İngiltere' de 2003 yılında, iç mekanlarda kullanılmak üzere çeşitli desen ve renklerde şekil hafızalı iç mekan tekstili tasarlamış ve üretmiştir (Resim 36). Leeds Üniversitesi Tasarım Okulu'ndaki profesör, konvansiyonel iplerden dokuma kumaşlar ve yüzeye birkaç yerden birleşen paralel şekil hafızalı teller kullanmıştır. Bu tür bir düzenleme ile sıcaklığa duyarlı tellerin kasılma için yeterli alanı oluşturulmuştur. Bu sayede dikey, eğimli, yatay pencere ve kapı açıklıkları veya oda bölücü ve duvar kaplama sistemlerinin bileşenleri olarak karartma veya gizlilik kaplamaları için uygun fonksiyonel tekstiller üretilebilmektedir.



Resim 36. Termostriktif Akıllı Malzeme, Şekil Hafıza Alaşım Telleri (Ritter, 2007).

Şekil belleği alaşımları ve polimerler, askeri, tıbbi, güvenlik ve robotik uygulamaları için kullanılmıştır. Şekil hafızalı alaşımlar için pek çok olası uygulama vardır (Kauffman, Mayo, 1993).

Ritter ise termostriktif malzemeleri, genişleyen malzemeler ve termal genişleyen malzemeler, termobimetaller ve şekil bellek alaşımları olarak ayırmaktadır. Mimari alanda; cam ampullerdeki genişleyen malzemeler günümüzde yağmurlama sistemindeki bileşenler olarak hala kullanılmaktadır. Başka bir uygulama çalışma elemanlarında, örn. vanaları, gazları ve sıvıları kontrol etmek amacıyla taşımaktadır. Ana kullanım alanları ve bina teknik hizmetleri ile ilgili olmakta örneğin, ısıtma termostatlarındadır. Genişleyen akıllı malzeme elemanları bazen enerji-otonom, merkezi olmayan oda havalandırma sistemlerinde, seralar ve bina cephelerinde aktüatör veya konumlayıcı sürücüler olarak kullanılmaktadır. Kapalı odaların havalandırılabilmesi için belirli sıcaklıklarda açılıp kapanan otomatik havalandırma üniteleri mevcuttur. Genellikle çatının bir kısmını kaldırarak veya indirerek çalışmakta veya bina cephelerinde özel havalandırma elemanları olarak tasarlanabilmektedirler. Termonik veya ışığa duyarlı genişleyen akıllı malzemeler ile çalışan elemanların, mimari yapıları manipüle etmek için aktüatör veya konumlandırıcı sürücüler olarak kullanıldığı bir proje aşağıda görülmektedir (Ritter, 2007).



Resim 37. Eski Toplama Kampında Dokümantasyon Merkezi, Hinzert, Almanya. Kinetik Cephe Perspektif Yan Görünüm, Perspektifin planı, Kinetik Cephe Detayı.

Almanya'nın Hinzert kentindeki eski toplama kampında yeni bir dokümantasyon ve toplantı merkezi inşa edilmesi için 2004 yılında yapılan bir mimari yarışma projesinde; fuayeyi oluşturan duvarlar, kinetik, değişken ışık miktarlarını ileten ve çeşitli derecelerde açılmak üzere pivotlanan, diyagonal olarak bölünmüş panellere sahip, dış kaplamalı, çerçevesiz bir cam cephe konstrüksiyondan oluşmaktadır. İnce film güneş pilleri, kaplamanın binanın içindeki ışık miktarını otomatik olarak kontrol etmesini sağlamak için genişleyen akıllı malzeme elemanları ve elektrik üreten akıllı malzemeler birlikte kullanılmıştır. Termal etkileri sınırlamak ve ışığın tek başına kontrol uyarını olmasını sağlamak için, genişleyen malzeme çalışma elemanı yuvaları ayrı ayrı ısı yalıtımı ile kapatılmıştır. Aynı zamanda, dinamik cephe plakalarının köşeleri, ışığa tepki olarak geniş bir alanın dışına doğru hareket ederek "dikenli

tel" ve "koruma" imkânı sunmaktadır. Çatılarda güneş enerjisi hücreleri ve toplayıcılar enerji konseptini tamamlamaktadır.

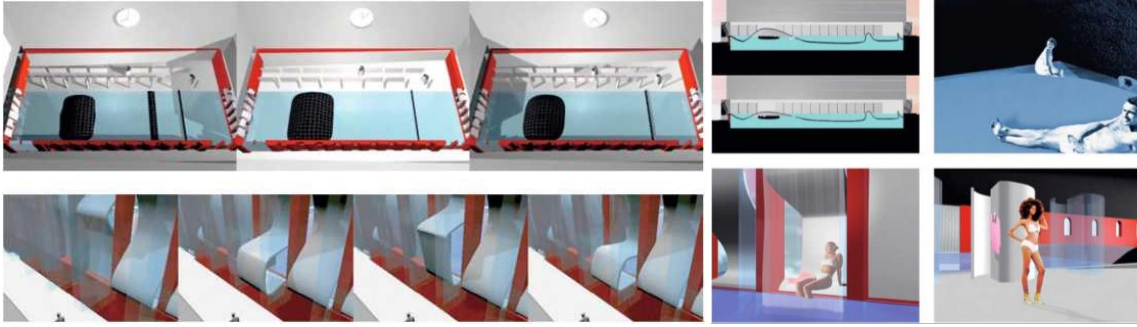
### **Elektroaktif Akıllı Malzemeler**

Termostrikstif akıllı malzemeler gibi elektroaktif akıllı malzemeler de elektriksel uyarana tepki olarak şekillerini değiştirmektedirler. Bu kategori, bunlarla sınırlı olmamakla birlikte elektrostriksif kağıt, elektrostriktif seramik, elektrostriktif graft elastomerler, manyetostrikstif etiketler ve manyetik şekil bellek alaşımlarını içermektedir. Elektroaktif polimerler mimari alanda ilgi çekici bulunmaktadır.

Elektroaktif polimerler, "elektrik stimülasyonu altında şekillerini değiştirebilen polimerlerdir" (Ritter 2007). Elektroaktif polimerler için birçok farklı uygulama alanı bulunmaktadır; bununla birlikte, bu materyallerin biyolojik kaslarla olan davranış benzerlikleri nedeniyle "yapay kaslar" yaratmak için kullanılmaktadırlar. Elektroaktif polimerler, büyük potansiyele sahip olup eşsiz doğayı yansıtan cihazların gelişimini mümkün kılmaktadır (Bar-Cohen, 2004). Tasarım alanında, elektrikle deforme olabilen, büyük yüzey oluşturan bileşenler, duvar kaplamaları veya duvar kağıdında çeşitli dokular üretmek üzere elektroaktif filmlerinden yapılabileceği düşünülmektedir(Ritter 2007).

Amerikalı tasarımcı Bryan Boyer, 2003 yılında tasarlamış olduğu BalnaeNY ile belirli bir yapılı alanda sürdürülen faaliyetlerin, deforme olabilen duvarlar ve zeminler yoluyla ziyaret edenler için deneyimlerini zenginleştirmek amacıyla kullanarak, New York'un Soho semtinde eğlenceli bir banyo tasarlamıştır. Boyer, bir gün boyunca gerçekleşen çeşitli etkinliklere dinamik bir tepki verecek bir algılayıcı ve çalıştırıcı sistemi önermiştir. İnsanlar tarafından üretilen elektromanyetik radyasyon, cep telefonları, motorlu taşıtlar vs. elektroaktif polimerler ile toplanıp kinetik mekansal değişikliklere dönüştürmektedir. Malzeme, havuzun su yüzeyine yakın, duş muhafazalarının duvarlarına ve cepheye, ara sentetik kauçuk zemine entegre edilmiştir. Örneğin, günün saatine bağlı olarak, elektroaktif polimer şeritler ağını içeren ara katın bir kısmı, bir dalga profili olarak ve suyun yüzeyinin üstünde ya da daha düşük bir seviyeye çıkarak bir mağara girişi şeklini almaktadır. Duş duvarları, duş muhafaza görevi gördüklerinde gizlilik sunmakta, planda spiral bir şekle dönüşebilmektedirler veya sıçrama koruması olarak işlev görmek için başka bir şekil alabilmektedirler. Havuzun dar kenarlarını oluşturan duvarlar ayrıca elektroaktif polimerlerden oluşmaktadır ve gerçekleşen etkinliklere bağlı olarak, bireysel sauna alanları olarak kullanılabilen çeşitli boyutlu nişlere dönüşmektedirler. Nişler, cadde alanına çeşitli açılardan yansıyabilmektedir ve böylece etkinlik binanın dışında da görülebilmektedir (Resim 38) (Ritter 2007).





Resim 38. Kinetik yüzey oluşturuçu bileşenlere sahip elektromanyetik duyarlı termal banyolar, Bryan Boyer, USA, New York, ABD

### 2.2.1.2. Renk Değıştiren Akıllı Malzemeler

Bu akıllı malzemeler, dış enerji kaynağındaki bir değışikliğin, maddenin optik özelliklerinde bir özellik değışikliğı ürettiğı (emicilik, yansıtma veya saçılma), bir malzeme sınıfını oluşturmaktadırlar. Dolayısıyla, "renk değıştiren" malzemeler gerçekten renk değıştirmemektedirler. Optik özelliklerini, genellikle renk değışikliğı olarak algıladığımız, farklı dış uyaranlar (ör., Isı, ışık veya kimyasal ortam) altında değıştirmektedirler. Renk algılaması hem harici faktörlere (ışık ve insan gözünün doğası) hem de yukarıda belirtilen faktörlere bağılı olmaktadır (Addington, Schodek, 2005).

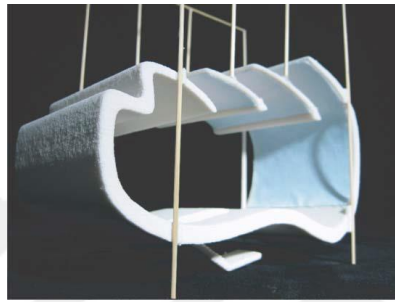
Renkli ve optik olarak değışen akıllı malzemeler, ışığın, sıcaklığın, sıkıştırmanın, elektriksel veya manyetik alanın ve/veya kimyasal bir uyarıcının dış etkisiyle bir veya daha fazla uyarıya tepki olarak renklerini ve/veya optik özelliklerini tersine değıştirebilen malzemeleri ve ürünleri içermektedir. Mevcut renk ve optik olarak değışen akıllı malzemeler, tetikleyici uyaranlara göre aşağıdaki gibi ayırt edilebilmektedir(Ritter 2007):

- Fotokromikler: Işığa maruz kaldıklarında renk değıştiren malzemeler
- Termokromikler: Sıcaklık değışiklikleri nedeniyle renk değıştiren malzemeler
- Mekanokromikler: Dayatılan gerilmeler ve / veya deformasyonlar sebebiyle renk değıştiren malzemeler
- Kemokromikler: Belirli kimyasal çevreye maruz kaldığında renk değıştiren malzemeler.
- Elektrokromikler: Elektriksel gerilim uygulandığında renk değıştiren malzemeler. Bu malzemeler, elektrik alanlarının, elektronların veya iyonların (elektrik enerjisi) etkisiyle uyarıldıklarında renklerini ve / veya optik özelliklerini değıştirirler. İlgili teknolojiler arasında, elektrikle aktive edildiğinde renk veya saydamlık değıştiren likit kristaller ve asılı parçacık cihazları bulunmaktadır.

### Fotokromik Akıllı Malzemeler

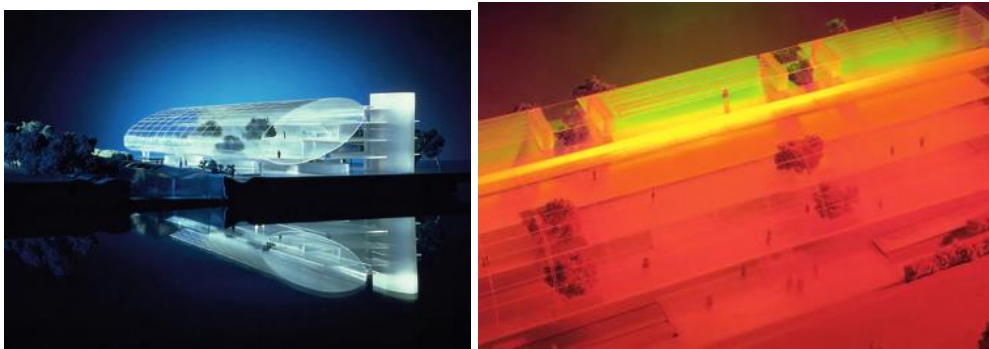
Fotokromik malzemeler, fotokromikler ve UV'ye duyarlı malzemeler, ışığa tepki olarak renklerini tersine çevirebilen malzeme veya bileşenlerdir (Riter, 2007).

Fotokromik malzemeler geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Renklerini değiştiren güneş gözlüğü gibi çok çeşitli tüketici ürünlerinde kullanıldıkları görülmektedir. Mimaride, güneş kazancını kontrol etmek ve parlamayı azaltmak için çeşitli başarı oranlarında olsalar da farklı pencere veya cephe işlemlerinde kullanılmaktadır. Fotokromik malzemeler ışığa maruz kaldıklarında renk değiştirmektedirler. Fotokromik bir maddenin moleküler yapısındaki bir değişiklik optik özelliklerinde bir değişikliğe neden olmaktadır (Addington, Schodek, 2005).



Resim 39. "Coolhouse" Tasarım Deneyi (Teran ve Terman Evans,2005).

Tasarım Deneyi olarak önerilen 'Coolhouse' da, iç paneller, fotokromik bir kumaşla kaplanmıştır ve güneş ışığına maruz kaldıkça beyazın mavi rengine dönüşmektedir. Panel şekilleri, yaz boyunca belirlenen bir zaman ve mekan için belirli bir güneş açısı için tasarlanmıştır. Yazın, iç yüzey, serin bir maviye dönüşmekte, kışın kumaş beyaz kalmaktadır (Resim 39) (Teran ve Terman Evans,2005). Tasarım alanında boyalarda ve camlarda kullanılması düşünülmektedir. Bir bina kabuğunda bilgisayar desteği içeren ilk projeler arasında, Münih'teki Modern Sanatlar Müzesi için 1992 tasarım yarışması için Becker Gewers Kühn & Kühn Architects'in projesi bulunmaktadır (Resim 40).



Resim 40. Fotokromatik Camdan Yapılmış Bir Bina Kabuğu Modeli: Becker Gewers Kühn & Kühn Mimarlık tarafından Modern Sanat Müzesi,1992, Münih.

## Termokromik Akıllı Malzemeler

Doğal özellikleri, rengini ve/veya optik özelliklerini tersine değiştirecek şekilde sıcaklığa (termal enerji) tepki vermelerini sağlamaktadır. Halen geliştirilen termokromik ve termotropik akıllı malzemeler mimari tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Bu malzemeler ve ürünler termokromik cam, plastik ve pigmentleri içermektedir (Ritter 2007).

İlk mimari uygulamalar arasında, 1988'de Alman sanatçı Sigmar Polke tarafından Musee d'Art Moderne de la Ville, Paris'de termokromik boya ile kaplanmış bir duvar bulunmaktadır. Diğer sanatçılar ve tasarımcılar o zamandan beri bu akıllı malzemeyi kullanarak eserlerinin bazılarında termokromik lateks boya ile kaplanmış duvarları dahil etmektedirler. Buna ek olarak, yeni tekstil ürünlerinde, masa örtüsü ve duvar kaplamaları, oda bölücülerini veya perdeleri olarak, seramik hijyenik gereçleri olan lavabo ve banyolarda uygun şekilde hassas boylarla kaplanmaktadır. Özellikle termokromik katmanların, örn. cam sistemleri binalara giren ışık miktarını otonom olarak düzenlemek için önemli bir araç haline geleceği beklenmektedir. Termokromik akıllı malzemelerin enerji tüketimini göstermek için kullanılması umut verici olmaktadır. İsveç İnteraktif Enstitüsü Power Studio, 2005 yılında geleneksel seramik duvar karolarına uyguladığı örnekte çok renkli termokromik stikerli çiçek dekorasyonu yapılmıştır. Her duş sırasında boyalar belli bir sıcaklıktan önce tepki vermektedir, giderek renk değiştirerek duş suyunun sıcaklığına ve dolayısıyla duş yoğunluğuna ve sıcak su tüketim süresi ve tüketimine işaret etmektedir (Ritter 2007).



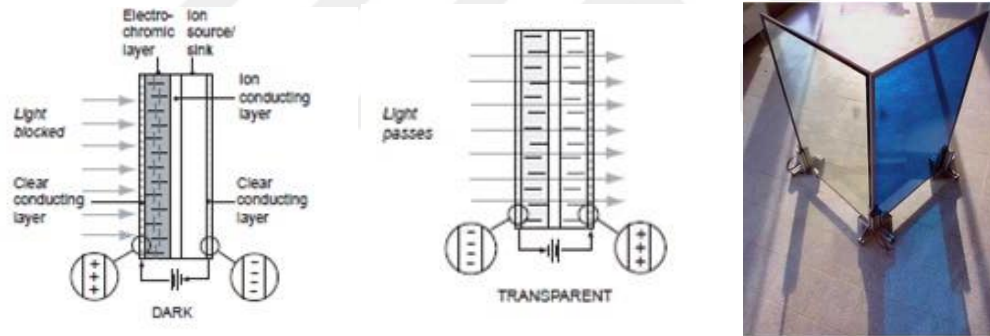
Resim 41. Termokromik Duyarlı Sandalye, Juergen Mayer H., Archilab, Orléans, France, Courtesy Galerie Magnus Müller, Berlin, 2001.

Mekan ve mobilya tasarımında, bir kişinin belirli bir yerde veya bir mobilya parçasında, geçmiş varlığını göstermek amacıyla kullanıldığı örnek olarak tasarımcı Juergen Mayer H.'nin mobilyaları ve çeşitli ürünleri gösterilebilmektedir. Vücut ısısına duyarlı malzeme ve sadece mobilya üzerine oturan bir kişinin renkli bir 'izini' göstermektedir (Resim 41). Görüntü zamanla solmaktadır. Termokromik malzemelerin bir binanın dış cephesinde kullanılması kavramı benzer şekilde her zaman ilgiyi uyandırmaktadır. Ancak, günümüzde mevcut olan termokromik boyların dış cephede kullanımı ile ilgili sorun, güneş ışığındaki ultraviyole dalga boylarına maruz kalınması, malzemenin bozulmasına ve renk değişim özelliklerini

kaybetmesine neden olabilmektedir. Termokromik boya kullanılan 'ısı' sandalyesi, vücudun yüzeyde nereye ve ne zaman dinlendiğinin bir göstergesidir (Addington, Schodek, 2005).

### Elektrokromik ve Elektro-optik Akıllı Malzemeler

Addington ve Shodeck kitabında elektrokromizmi, bir elektrik akımının veya potansiyelin uygulanmasından kaynaklanan bir malzemenin geri dönüşümlü renk değişimi olarak tanımlamaktadır. Örneğin bir elektrokromik pencere, elektronik olarak koyulaşır veya açığaşmaktadır. Küçük bir gerilim, cam malzemesinin koyulaşmasına neden olur ve gerilimi tersine çevirmek açılmasını sağlamaktadır. Elektrikle aktive edildiğinde renk değiştiren üç ana malzeme sınıfı olduğunu açıklamaktadır bunlar: Elektrokromikler, sıvı kristaller ve asılı parçacıklar. Bu teknolojiler tek bileşenli malzemeler değil, birlikte çalışan farklı malzemelerin çok katmanlı birleşimlerinden oluşmaktadır. Tipik bir uygulamada, elektrokromik pencerelerin görelî şeffaflığı ve renk tonu, elektrikle kontrol edilebilmektedir (Resim 42). Bununla birlikte, pencerenin karanlık bir halde kalması için voltajın açık kalması gerekliliği unutulmamalıdır. Bu birçok nedenden dolayı dezavantajlı olabilmektedir (Addington, Schodek, 2005).



Resim 42. Elektrokromik Cam Kesit, Alman Gesimat Şirketi Uygulaması: Elektrokromik tabaka olarak Prusya mavisi, sol renk camda renksiz halde, sağ cam renkli haldedir.

Ritter, elektrokromik malzemeleri ışığa tepki olarak renklerini tersine çevirebilen malzemeler veya bileşenler olarak açıklamaktadır. Bunun aksine, elektro-optik malzemeleri, sıcaklığa tepki olarak optik özelliklerini (örneğin şeffaflık) tersine çevirebilen malzeme veya bileşenler olduğunu belirtmektedir. Elektrokromik malzemelerden farklı olarak, elektrooptik malzemeler piyasada nispeten iyi performans gösterdiğine değinmektedir. Sıvı kristaller, günümüzde, örneğin; televizyonlarda, ayrıca elektrokromik katmanlı cam sistemlerinde kullanılmaktadır. Günümüzde mimaride kullanılan ürünler arasında; ham, ara veya son ürün olarak, elektrokromik ve elektrooptik filmler, cam sistemleri, elektrokromik boya ve polimer sistemleri bulunmaktadır. Örneklerde, eski binalarda elektrokromik camın da kullanılabileceğini göstermektedir. Elektrooptik değiştirilebilir sistemler günümüzde dünya genelinde daha

popüler hale gelmektedir, örneğin, Saint Gobain Glass (SGG) tarafından üretilen PRIVA-LITE ürünü, bölmelere geçici optik ayırma sağlamak üzere imal edilmiş ve kurulmuş olan bölme duvarları, kapılar vb. üzerinde kullanılmaktadır (Resim 43) (Ritter 2007).



Resim 43. SGG Tarafından Uygulanan Teknoloji: Yarı saydam ve saydam haldeki elektro-optik cam sistemi.

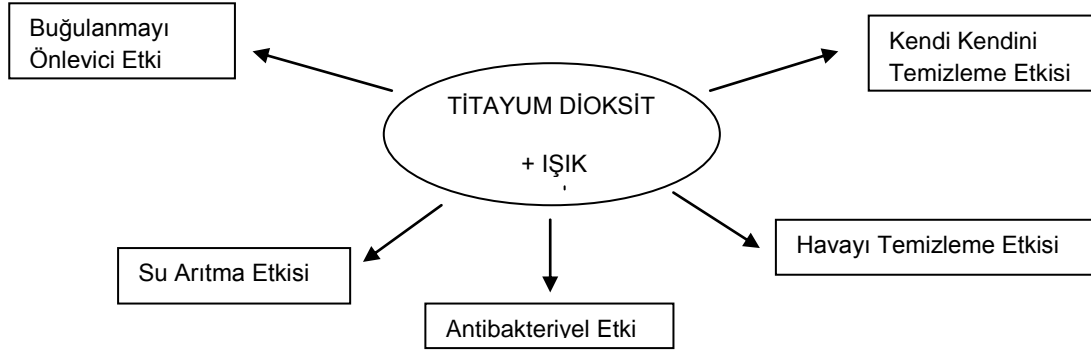
### 2.2.1.3. Adezyon Değiştiren Akıllı Malzemeler

Adezyon-değiştiren akıllı malzemeler, bir uyarıya yanıt olarak bir katı, sıvı veya gaz bileşeni bir atomun veya molekülün, emme veya emiliminin çekim kuvvetlerini tersine çevirebilen malzemeleri ve ürünleri içermektedir. Bu, ışığın, sıcaklığın, bir elektrik alanının veya bir sıvı ve / veya biyolojik bileşenin etkisinden dolayı gerçekleşebilmektedir (Ritter, 2007).

#### Fotoadezyon Akıllı Malzemeler: Titanyum Dioksit

Doğal özellikleri, fotoadezyon malzemelere dayanan ürünlerin ışığa tepki olarak adezyonunun değişimini tersine çevirebilmelerine izin vermektedir. Bu kapsamda mimari tasarımda fotoadezyon akıllı malzeme olarak Titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) önemli bir yer tutmaktadır (Ritter, 2007).

TiO<sub>2</sub> üç kristalin modifikasyonunda bulunmaktadır: rutil, anataz ve brookit. Genellikle titanyum dioksit, ışıkla kimyasal olarak aktive edilebilen yarı iletken bir malzemedir. TiO<sub>2</sub>'nin fotoaktifliği yaklaşık 60 yıldır kapsamlı olarak araştırılmaktadır. Işık etkisi altında materyal organik materyalleri parçalama eğilimindedir. Rutil ve brookit ile karşılaştırıldığında, anataz en yüksek fotoaktifliği gösterir. TiO<sub>2</sub>, dünyanın yüzeyine ulaşan güneş ışığının yalnızca yaklaşık yüzde 5'ini absorbe ederse de, güneş enerjisinin kimyasal dönüşüm ve depolanması alanında araştırılan en iyi yarıiletkenidir. Son yıllarda TiO<sub>2</sub> kullanılarak yarıiletken fotokatalizasyonu, suyun ve havanın detoksifikasyonu gibi önemli çevre sorunlarına uygulanmaktadır (Şekil 1) (Acharya, Gokhale, 2015).



Şekil 1. Titanyum dioksit fotokatalizasyonu ile ilgili başlıca faaliyet alanları (Acharya, Gokhale, 2015).

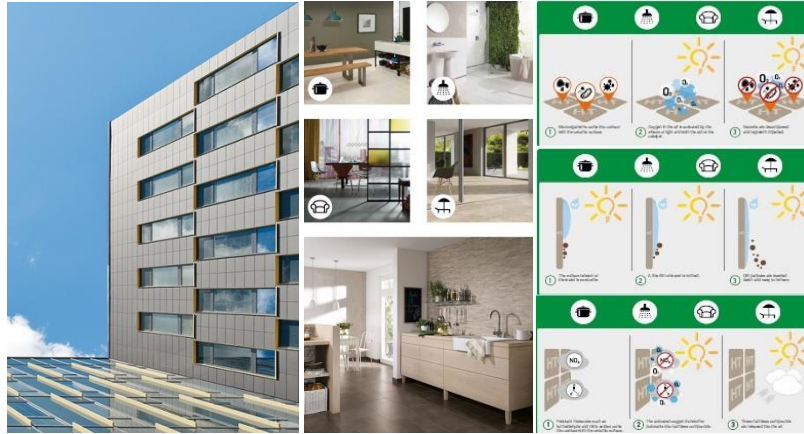
Fotokataliz, fotoreaksiyonun bir katalist varlığında hızlandırılması olarak tanımlanabilir. Fotokatalitik reaksiyonlar bir ışık kaynağından gelen fotonların enerjisini soğurarak gerçekleştirilirler (Baylan, 2011). Fotokatalitik etkisi keşfedildikten sonra, Japonlar 1995 yılında seramik yüzey kaplamalarda TiO<sub>2</sub> kullanmada başarılı olmuşlardır. Son yıllarda Japonya, fotokatalitik etkilere sahip kağıt ve yapı membranları geliştirmiştir. 2002 yılında TiO<sub>2</sub> ile kendini temizleyen ilk camın (Pilkington Active) Avrupa pazarında yer aldığı görülmektedir. TiO<sub>2</sub>'den yapılmış ve UV ışınlarına karşı adezyonu tersine çevirebilen çeşitli ürünler, mimari uygulamalar için geliştirilmiştir. İlk pazarlanabilir ürün kendinden temizleme özelliklerine sahip ve kirletici gazları parçalayabilen seramik plakalar şeklinde Japonya'da geliştirilmiştir. Daha sonra inşaat membranları, cam levhalar ve çeşitli uygulamalar için diğer ürünler takip etmiştir. Buna ek olarak, TiO<sub>2</sub>'yi sadece organik kirleticilerin parçalanması için kullanan çeşitli ürünler de bulunmaktadır. Fotokatalitik etki gösteren benzer ürünler ise iç cephe boyaları ve sıvalarıdır.

Tablo 11. TiO<sub>2</sub> Fotokatalizlerin Uygulama Alanlarından Bazıları (Fujishima, Zhang, Tryk, 2006).

Özellik	Kategori	Uygulama Alanları
<b>Kendi kendini temizleyebilme</b>	Bina uygulamaları	Fayans, seramik,banyo, mutfak ürünleri, iç döşemeler, plastik yüzeyler, alüminyum cephe giydirme, pencere panjurları, boyalar
	İç ve dış aydınlatma sistemleri	Yarı saydam lamba örtüleri, florasan ve yol aydınlatma lambalarının kaplanması
	Yol malzemeleri	Tünel duvarları, trafik işaretleri ve reflektörler
	Diğer uygulamalar	Çadır malzemesi, arabalar için sprej kaplamalar
<b>Hava temizleme</b>	İç mekan hava temizleyicileri	Oda içi temizleyiciler, klimalar, fabrika içi temizleme sistemleri
	Açık hava temizleyicileri	Karayolu malzemeleri, tünel duvarları, bina duvarları
<b>Su arıtma</b>	İçme suyu	Akarsu, yeraltı suları, göl ve depo suları
	Diğer uygulamalar	Endüstriyel atık ve tarımsal atık suları,kaplıca suları, havuz suyu, balık havuzları
<b>Sterilizasyon</b>	Hastane	Ameliyathaneerin tavan, duvar ve zeminleri için fayans ve kaplamalar, hastane giysi ve üniformaları
	Diğer uygulamalar	Dinlenme odaları, banyo ve tuvaletler

Mimari kullanımlar için özel olarak geliştirilmiş ve UV ışığına tepki olarak adezyonu tersine çevirebilecek şekilde değiştirilebilen bazı ürünler şunlardır (Ritter 2007):

*Titanyum dioksitli Seramik Plakalar:* Fırınlanmış TiO<sub>2</sub>, tercihen anataz modifikasyonu ile yüzey kaplaması olan ve günümüzde cephe plakaları olarak, duvar ve yer karosu şeklinde, kullanışlı seramik levhalar, konvansiyonel cephe döşeme ve fayansları olarak kullanılabilir. Organik kirleticileri parçalayarak kendi kendini temizleme özelliklerinin ve hava kalitesini geliştirme kabiliyetlerinin önemli olduğu durumlarda kullanım içindir. Konvansiyonel cephe alt yapılarıyla birlikte uygulanabilirliği, büyük oranda bakım gerektirmeme, uzun ömürlü oluşu, yangına dayanıklılığı, geleneksel seramik plakalara kıyasla nispeten uygun maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır (Resim 44).



Resim 44. Deutsche Steinzeug Tarafından Cephe ve İç Mekan Teknoloji Uygulamaları:TiO2 ile seramik plakalar.a)Senukai Office, Kaunas, Litvanya b)AGROB BUCHTAL Htseramik(URL-23, 2018)

**Titanyum dioksitli Yapı Membranları:** TiO2 yüzey kaplamalı, tercihen anataz modifikasyonlu, plastikle (örn., PVC, PTFE) tamamen kaplanmış tekstil membranlardır. Üreticiye bağlı olarak çeşitli boyutlarda rulolar halinde temin edilebilmektedir, geniş kesim şekli istenirse, geleneksel yapı membranları gibi müşterinin gereksinimlerine göre prefabrik hale getirilebilmektedir, kendi kendini temizlemenin istenildiği durumlarda en uygun şekilde kullanılabilir (Resim 45).



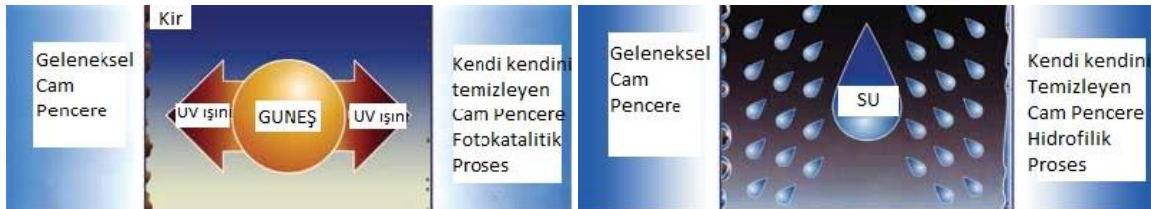
Resim 45. Taiyo Teknoloji Uygulamaları: TiO2 ile çeşitli yapı membranları. a)Lomas Verde Shopping Mall, Meksika (PTFE) b) Coffs Harbour Mall, Avustralya (PTFE)(URL-24).

**Titanyum dioksit Cam Paneller:** TiO2 yüzey kaplamalı cam levhalar, tercihen anataz modifikasyonludur. Geleneksel cam levhalar gibi müşterinin ihtiyaçlarına göre fabrike edilebilmektedirler. TiO2 kaplamalı seramik plakalarla benzer özellikleri taşımaktadırlar, organik kirleticilerin parçalanması, kendini temizleme ve hava kalitesinin iyileştirilmesi kullanımına uygundur. Halihazırda özel ve kamuya açık projelerde kullanılmıştır. Binalar üzerindeki küçük alanlara ek olarak, zaman ve masraf gerektiren temizleme rutinleri ve kalıcı olarak kurulan temizleme platformları kullanılmamakta ve binaya rahatsız edici eklentilerden uzak, düzenli bir görünüm vermek için işletme maliyetlerini düşürmek için nispeten geniş karmaşık cam alanlarında kullanılmaktadır (Resim 46-47).





Resim 46. Su sever Hidrofilik (sol) ve su sevmez hidrofobik (sağ) cam yüzeyler (URL-25)



Resim 47. SunClean camının kendinden temizleme özelliği, üretim süreci boyunca uygulanan titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) dayanaklı, şeffaf bir kaplaması ile mümkün olmaktadır (Lisi, 2002).

### 2.2.2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Enerji değişimi, basit bir fizik yasasına, yani "enerjinin korunmasına" dayanmaktadır. Enerji korunumu yasası, izole edilmiş bir sistemdeki toplam enerjinin sabit kalacağını belirtmektedir. Geleneksel veya akıllı, tüm malzemelerin enerjilerini koruması gerekir. Bir maddenin enerji durumu onun çevresine eşitse, herhangi bir enerji değiş tokuş edilemez veya başka bir deyişle malzeme "dengededir". Enerji sahaları, tüm malzemeleri kuşatmaktadır. Belli bir maddenin enerji durumu, çevredeki ortamın enerji durumuna eşdeğer olduğunda, o maddenin denge halinde olduğu söylenir: hiçbir enerji değişimi yapılmaz. Malzeme farklı bir enerji durumunda ise, bir enerji alışverişini yönlendiren bir potansiyel kurulmaktadır. Tüm enerji değişim malzemeleri, atomik enerji seviyelerini içermektedir, giriş enerjisi seviyeyi yükseltirse, çıkış enerjisi seviyeyi taban durumuna döndürmektedir. Örneğin, güneş radyasyonu fotovoltaik bir malzemeye çarptığında, foton enerjisi, materyalin atomları tarafından absorbe edilmekte veya daha kesin bir şekilde emilmektedir. Enerjinin korunması gerektiği için, atomdaki aşırı enerji, atomu daha yüksek bir enerji seviyesine zorlar. Bu seviyeyi sürdürmek mümkün olmadığından atom, buna karşılık gelen bir miktar enerjeyi serbest bırakmalıdır. Yarı iletken malzemeler kullanarak, fotovoltaik bu enerjeyi serbest bırakarak elektrik enerjisi üretebilmektedir. Geleneksel malzemelerin yanı sıra akıllı olan tüm malzemelerin enerji koruması yapması gerektiğine ve bu sayede, enerjinin girilmesi veya eklenmesi durumunda malzemenin enerji seviyesinin artacağına dikkat edilmelidir. Çoğu malzeme için, bu enerji artışı, malzemenin iç enerjisini, çoğunlukla ısı biçiminde artırarak kendini göstermektedir. Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler, bu iç enerjeyi daha kullanışlı

bir biçimde geri kazanma yetenekleri ile ayrılmaktadırlar . Farklı olarak, enerjiyi ısıdan ziyade elektrik veya ışık gibi daha kullanışlı bir enerji türüne dönüştürmektedirler (Addington, Schodek, 2005).

Ritter (2007), enerji alışverişi yapan akıllı malzemeleri, ışık yayan, elektrik üreten ve enerji değişimi yapan akıllı malzemeler olarak üç ana başlık altında incelemektedir.

### 2.2.2.1. Işık Yayan Akıllı Malzemeler

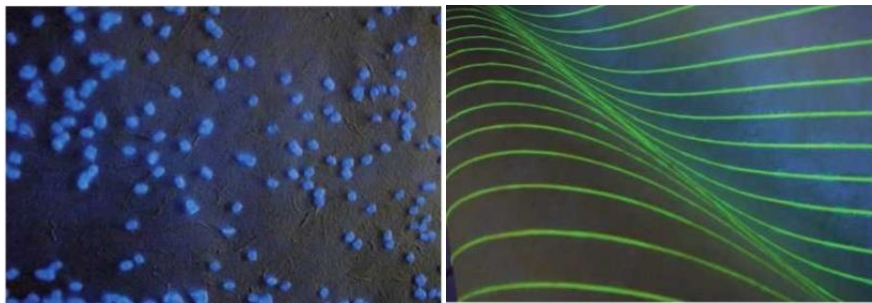
Işık yayan akıllı malzemeler, enerjinin etkisiyle uyarılan molekülleri olan malzemeler veya ürünleri içermektedir. Örneğin, ışık veya elektrik alanının etkileri, ışığı yaymaktadırlar. En önemli mimari uygulamalar fotolüminesans ve elektrolüminesanstır. (Ritter 2007). Lüminesans, yayılan ışığa dayalı farklı olguyu tanımlamak için kullanılan genel bir terimdir. Lüminesansın, akkorduktan kaynaklanmayan yayılan bir ışık olduğunu söylenebilmektedir(Addington, Schodek, 2005).

### Fotolüminesans Akıllı Malzemeler

Fotolüminesans malzemeler ve ürünler, zamana göre parlama davranışlarının özelliklerine bağlı olarak floresan veya fosforesan olarak sınıflandırılabilir.

#### Floresan Akıllı Malzemeler:

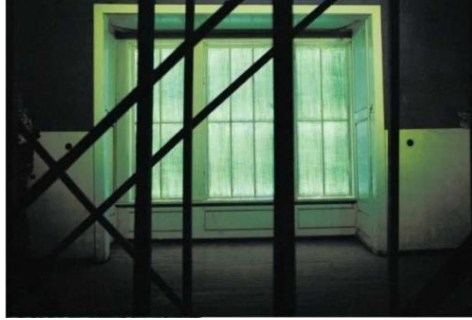
Floresan için tersine çevrilebilir kapasiteye sahip malzemeler veya bileşenlerdir. Işık halindeki elektromanyetik radyasyonun emilmesi ile, uyarılan tekli halinden taban durumuna geçişte neredeyse tam olarak ışık yayma kapasitesine sahiptir; bu durum, 10-8 saniyeden daha uzun olmayan bir süre içerisinde (Blasse, Grabmeier, 2012).



Resim 48. Mavi Floresan Granüllü Kağıt, Yeşil Renkli Floresan İpliklerle Kağıt: UV-Lichtpapier, Anke Neumann, 2005 (URL-26).

Mimaride gün ışığı-ışıklı organik pigmentleri ve UV-ışıklı inorganik pigmentleri içeren bazı ürünlere özellikle ilgi duyulmaktadır; bunların bazıları direkt olarak duvarlara uygulanabilir veya başka ürünler haline getirilebilmektedir. Günışığı-ışıklı organik pigmentleri içeren

boyalar, pigmentler ve iplikler ilgi duyulan akıllı malzemelerdendir. Özellikle iç mekanlarda mimari uygulamalarda dikkat çeken floresan ürünler arasında, gün ışığı-ışıklı dağılım esaslı boyalar, özellikle sıva yüzeylerinde duvar boyaları ve kapı paneli, fayans, yer döşemesi, metal kaplama gibi pürüzsüz yüzeylere uygulanabilen gün ışığı ışıklı filmler uygun görülmektedir (Resim 49)(Ritter, 2007).



Resim 49. Floresan Pigmentlerle Boya, Floresan Pencere Yüzeyleri, Tiyatro Altes Schloss Ettersburg, Weimar, Christina Kubisch, Almanya (2004).

#### Fosforesan Akıllı Malzemeler:

Floresansın aksine, materyal veya bileşenlerdeki fosforesansın optik fenomeni, bazı yarı-parlaklık ışıltısını içerir. Bu olayda, bir molekül ışığı emer ve 10-8 saniyeden daha uzun bir sürede uyarılmış durumundan taban durumuna geçiş sırasında tekrar ışık yaymaktadır (Blasse, Grabmeier, 2012).

Kalıcı olarak ışık yayma kabiliyetine sahip olan malzemeler veya bileşenler fosfor olarak tanımlanmaktadır. İlk fosforlu ürünler, çoğunlukla ordu tarafından kullanılan saatler ve aletlerdir. Mimaride, fosforlu inorganik pigmentleri içeren bazı ürünlere özellikle ilgi duyulmaktadır; bunlardan bazıları doğrudan duvarlara uygulanabilir veya daha başka ürünlere işlenebilmektedir (Ritter, 2007).



Resim 50. Filigree Duvar Kağıdı Işık Yayan Akıllı Malzeme: Fosforesan Pigmentleri İle Boya, Fosforersan duvar yüzeyi, Juliet Quintero, Işıklı Duvar Kağıdı, İngiltere (2004).

Tablo 12. Fosforesan Akıllı Malzeme Bazı Uygulama Alanları

<b>Fosforesan Dispersiyon Tabanlı Boya:</b> Fırça, rulo veya sprey ile ahşap, plastik, tekstil, kağıt, karton, beton ve duvar gibi yüzeylere uygulanabilirler.
<b>İki Bileşen Akrilat Esaslı Boya Üzerine Dayanıklı Fosforesan Boya:</b> Fırça, rulo veya sprey ile metal, ahşap ve cam gibi yüzeylere uygulanabilirler.
<b>Filmler:</b> Beyaz bir astar, fosforlu katman ve UV ile dengelenmiş şeffaf cila katmanı içeren laminat.
<b>Poliakril Esaslı Yün (Yün İpliği):</b> Elle ve makineyle çeşitli tekstil kumaşlarına işlenebilirler.
<b>Polyester Bazlı İplikler:</b> Çeşitli tekstil kumaşları ve dikişleri oluşturmak için elle ve makineyle işlenebilirler.
<b>Polietil Vinil Asetat Esaslı Granülatlar :</b> PE, PP, PVC, PES, ABS, PA, PC, PMMA, PES, PUR ve amino plastik gibi duroplastikler gibi çeşitli termoplastikler içine dahil edilebilirler.



Resim 51. Fosforlu cam parçacıkları ve diğer ışık saçan bileşenleri ile ayak izi örtüsü: Maya Mountain Caddesi, Kobe, Kirakira-Komichi.(URL-27)

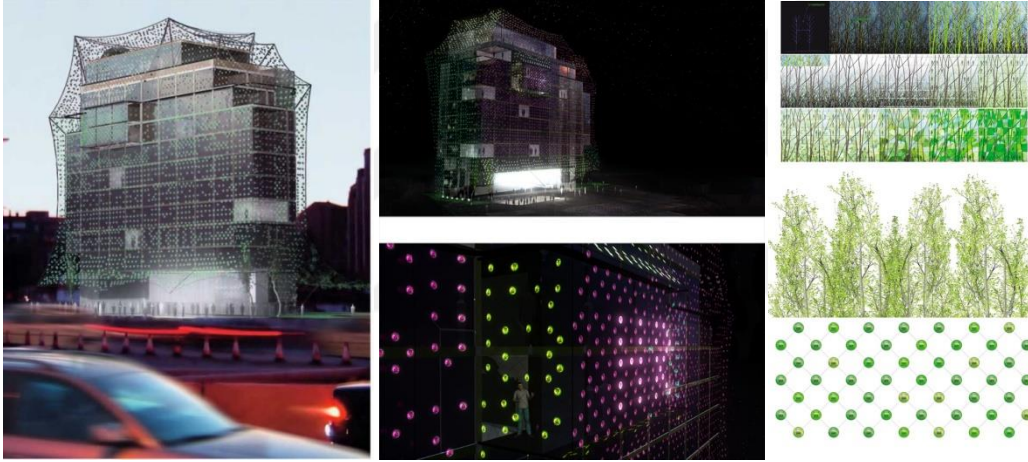
### Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler

Elektrolüminesanslı malzemelere, uyarı kaynağı, uygulanan bir voltaj veya elektrik alanıdır. Voltaj, gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Elektrolüminesans malzemeleri, her türden ışık şeritleri ve paneller için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı saatlerdeki parlak arka plan aydınlatmalarında elektrolüminesans paneller kullanılmaktadır. Renkler, kullanılmak üzere seçilen aktif iyonlara bağlıdır. Bununla birlikte, çok ucuz sistemlerde, çeşitli renkler vermek için basit renkli filtreler kullanılmaktadır. Pil ile çalıştırılabilmektedirler. Ev voltajlarına cevap vermek için daha büyük paneller yapılabilmektedir. Az güç harcamaları ve ısı üretmemeleri sebebiyle elektrolüminesans lambalar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Her açıdan eşit derecede parlak görünen düzgün aydınlatılmış yüzeyler sağlamaktadır. Hareketli veya narin parçaları olmadığından kolay kırılmamaktadırlar (Addington, Schodek,

2005).Elektrolüminesans, bir elektrik alanındaki elektronların etkisi nedeniyle bir molekülün ışık yaymasını içeren optik bir olaydır. Enjeksiyonlu, kalın filmlili ve polimer / küçük molekülü elektrolüminesans malzemeler ve ürünler aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

**Enjeksiyonlu Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler (Işık Yayan Diotlar/ LED):**

Enjeksiyon elektrolüminesans, ışık yayan diotlar (LED) gibi yarı iletken ışık kaynaklarının arkasındaki temel ilke olmaktadır. Fransız bilim adamı Georges Destriau 1936 yılının başlarında elektrolüminesansı (EL) keşfetmiştir. Ancak 1960'ların sonuna kadar kullanıma başlanmamıştır. Amaç, akkor ampullere ışık kaynağı olarak bir alternatif geliştirmek olmuştur. Standart ışık yayan diotlar (LED), mimaride artan bir kullanım bulmaktadır (Addington, Schodek, 2005).Günümüzde, ham, ara ve son ürün olarak; standart, yüksek çıkışlı LED'ler, RGB-multi ledler, istek üzerine renkli LED'ler ve LED'li cam, güneş pilleri, metal ve plastik kumaşlar kullanılmaktadır (Resim 52)(Ritter 2007).



Resim 52. Işık Yayan Akıllı Malzemeler: LED ile metal kumaş, Solar piller, Işık ve yazılıma bağlı olarak renk ve ışık değişiklikleri, CLOUD 9, İspanya, Işık-kinetik perde-duvar cephe ,Hotel Habitat H & R, Barcelona, İspanya (2007) (URL- 28).

**Kalın Filmlili Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler (Işık Yayan Diotlar/ LED):**

Kalın film elektrolüminesans, elektrolüminesans malzemedan (EL) yapılmış düz ışık kaynakları için olası bir çalışma prensibidir. Bir elektrik alanı uygulandığında, biriken parlak pigment (fosfor) uyarılır ve soğuk bir ışık yayar. Elektrolüminesans filmleri ve elektrolüminesans kabloları, bu teknolojiye geliştirilen ürünlerden ikisidir. EL ürünleri LCD ekranları aydınlatmak için kullanılmaktadır. Diğer uygulama alanları arasında parlak reklam panoları, güvenlikle ilgili ürünler de yer almaktadır. Elektrolüminesans malzemelerin ve elemanlarının ilk mimari kullanımı 1957'de olmuştur (Resim 53). Kare ışıklı yüzeyler bir model odasına yerleştirilmiş, panellerde cam ve diğer malzemeler kullanılmıştır. Elektrolüminesans filmleri günümüzde iç ve dış mekanlarda beyaz boya olarak

kullanılmaktadır. Seri üretime sahip ve mevcut boyutlar sürekli olarak yenilenmektedir, halihazırda nispeten geniş ışıklı yüzeyler oluşturmanın yolu daha küçük elektrolüminesans filmlerini bir araya getirmektir. Elektrolüminesans filmleri ve şeritleri için kullanım alanları, ortak alanlarda, ışıklı yer döşemelerinde, örneğin televizyon stüdyolarında ve sanat eserlerinde görülebilmektedir(Ritter 2007).



Resim 53. Elektrolüminesans Panelli Model Odası (1957).

### Polimer/ Küçük Molekül Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler (Organik Işık Yayan Diotlar/OLED):

Organik ışık yayan diotlar (OLED) normal olarak, organik, yarı iletken polimerlere veya küçük moleküllere dayanan düz LED'ler olarak üretilir; bunlar, elektronların soğurulmasıyla soğuk ışık yaymaktadırlar.



Resim 54. Smartwrap: Polysmart uygulama ışık yayan ve ısı depolayan akıllı malzemeler, Organik Işık Yayan Diotlar (OLED) ile Film, Organik Fotovoltaik Hücreler, Faz Değiştiren Malzemeler ile Film, Çok Katlı Bina Kabuğu ile Pavilyon, Kieran Timberlake Associates, Cooper Hewitt Ulusal Tasarım Müzesi, New York, ABD (2003) (URL- 29).

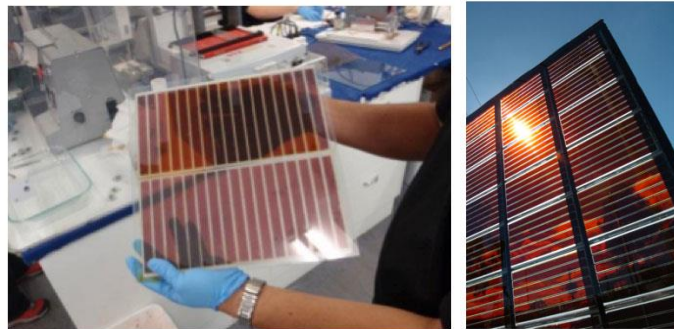
### **2.2.2.2. Enerji Üreten Akıllı Malzemeler**

Elektrik üreten akıllı malzemeler, dış etkiler, ışığın etkisi veya sıcaklık ve/veya basınçtaki değişikliklerden dolayı bir veya daha fazla uyarıya yanıt olarak bağlı bir tüketici (örneğin bir

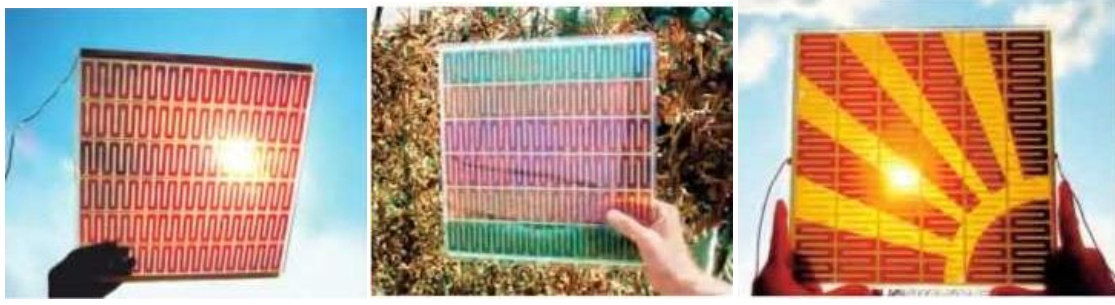
direnç yükü) ile elektrik akımı üretebilen materyaller ve ürünleri içermektedir. Ritter (2007), fotoelektrik, termoelektrik ve piezoelektrik olarak üç gruba ayırmaktadır.

### Fotoelektrik Akıllı Malzemeler

Doğal özellikleri, bağlı bir tüketici ile bir elektrik akımı oluşturarak ışığa (görünür ışık, UV ışığı; elektromanyetik radyasyon) tepki vermelerini sağlamaktadır.1991'de Lozan'da İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nden kimyacı Michael Graetzel, loş ışıkta en iyi şekilde çalışan ve standart yarı iletkenlerden daha ucuz olan boya duyarlı güneş pillerini (DSSC'ler) icat etmiştir.Ancak, tam güneş altında, en iyi DSSC'ler güneş ışığındaki enerjinin sadece yüzde14'ünü elektriğe dönüştürmektedir bu standart güneş pilleri için yaklaşık yüzde 24'e karşılık gelmektedir.Bunun nedeni, DSSC'lerin işlem yapması için enerji çok hızlı gelmektedir. Düşük yoğunluklu iç mekan ışıklarında olduğu gibi, enerji daha yavaş bir hızda geldiğinde, Graetzel'in DSSC'leri elektriğe emdikleri ışık enerjisinin yüzde 28'ine kadar dönüştürebilmektedir (Service, 2018).DSSC, geniş bir yelpazedeki elektronik cihazlara güç sağlamak için kullanıcının hem yapay hem de doğal ışığı enerjiye dönüştürmesini sağlayan, geniş ışık koşullarında, iç ve dış mekanlarda elektrik üretmek için kullanılabilen bir teknolojidir.Bu yeni güneş pili sınıfı, doğanın ışık enerjisinin emilimini taklit ettiği şekliyle yapay fotosenteze benzetilebilmektedir (URL-30).Boyalı Güneş Pilleri (DSC,DSSC); günümüzde mimarlık alanında ilgi çekici görülmektedir.Genellikle cephelerin önünde, bina çatılarında veya bunlara entegre olarak, geleneksel silikon veya ince film teknolojisi güneş pilleri gibi takılabilmektedir. Çalışma şekli renklidir ve bu da cephelerde ve çatılarda biçimsel veya kontrast oluşturan tasarım nesnelere olarak, veya renkli filtrelerle birlikte hazırlandığında optik olarak benzer renkli çatı alanlarına entegre edilebilmesi, kullanımını tasarımcı için özellikle ilginç kılmaktadır. Hücreler şeffaftır ve bu nedenle cephelerde ve pencerelerde cam bileşenler olarak kullanılabilir (Resim 55-56).



Resim 55. Boya Güneş Pilleri: Kahverengi yüzeyler güneş pilleri işlevindedir. Hücrenin yarı şeffaflığı, yapılar ve tasarımda, pencerelerde kullanımı vb. gibi birçok olanağı sunmaktadır (URL-31).



Resim 56. Güneş Enerjisi Sistemleri için Fraunhofer Enstitüsü Tarafından Hazırlanan Teknolojiler: 30 x 30 cm tek renkli modül altı Boya Güneş Pili (DSC) 'nden oluşmaktadır. Çok renkli modül, fotoaktif, seçici ışık emici metal-organik kompleksleri (boyalar) kullanılarak elde edilen renklere sahiptir. Baskılı grafik ışık saçma tabakası (sarı alan) ile modül. Tüm modüller, güneş enerjisi sistemleri için Fraunhofer Enstitüsü'nde geliştirilen bir cam lehimleme tekniğine dayanan kalıcı bir sızdırmazlık özelliğine sahiptir (Ritter,2007).

### **Termoelektrik Akıllı Malzemeler**

Doğal özellikleri, ısı (termal enerji) emerek ve bağlı bir tüketici ile elektrik akımı üreterek sıcaklık farklılıklarına tepki vermelerini sağlamaktadır. Mimari alanda, termoelektrik jeneratörler ilgi çekmektedir. Günümüzde bina kabuğunda elektrik akımı üretmek için termoelektrik jeneratörlerin bilinen bir uygulaması bulunmamaktadır.

### **Piezoelektrik Akıllı Malzemeler**

Bu tür akıllı malzemeler, mekanik etkilerle deforme olduklarında elektrik yükleri oluşturmalarını sağlayan doğal özelliklere sahiplerdir. Piezoelektrik seramik ve piezoelektrik polimer günümüzde tasarım alanının ilgisini çekmektedir (Resim 57) (Ritter,2007). Uygulamaları ile ilgili olarak, şekil kontrolü ve titreşim kontrolü olmak üzere iki ana işlev vardır. Buna ek olarak, son zamanlarda, akış kontrolü için hidrolik pompalar için motor olarak piezoelektrik malzemeler kullanılmıştır. Yüksek gerilim kaynakları, frekans standardı ve titreşimleri azaltmak piezoelektrik malzemelerin kullanım alanlarından bazılarıdır. Müzik endüstrisinde akustik aletler için de kullanılmaktadır (Kauffman, George, Isaac, 1993).





Resim 57. MATscape Konutları: Piezoelektrik hücrelere bağlı solar hücreler (güney tarafı) ve rüzgar tüyleri (kuzey tarafı), Mitchell Joachim, Lara Greden, Whitney Jade Foutz, Wendy Meguro, Luis Rafael Berrios Negrón, Kaliforniya, ABD, 2005.

### 2.2.2.3. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler, enerji depolayabilen malzemeler ve ürünlerdir. Duyarlı ve gizli enerjinin her ikisinde, örn. ışık, ısı, elektrik veya hidrojen şeklinde olması ve en azından bir miktar geri döndürülebilirliğe sahip olmasıdır (Ritter,2007).

#### Isı Depolayan Akıllı Malzemeler

Bu materyallerin enerjiyi gizli enerji olarak ısı ve soğuk ısı (negatif ısı) şeklinde depolamalarını sağlayan öz nitelikleri bulunmaktadır. Gizli ısı depolama akıllı malzemeleri olarak Faz Değiştiren Malzemeler şu anda mimarlık ve tasarım alanında ilgi çekmektedir (Ritter, 2007).

#### Faz Değiştiren Akıllı Malzemeler:

Dış etkenlere tepki olarak durumunu tersine çevirebilen tüm malzemeler, faz değişim malzemeleri olarak sınıflandırılmaktadır. Faz değişikliklerini tetikleyen etki veya yük türü önemli olmaktadır. Bilinen malzemelerin çoğunda sıcaklığa bağlı faz değişiklikleri görülmektedir. Başka uyarıcılarda bulunmakatadır, örneğin, kimyasal uyarılar veya madde alımı, faz değişikliklerini tetikleyebilmekte ve bunlar çoğunlukla elastikiyetteki değişikliklerle ilişkilendirilmektedir. Son yıllarda mimarlık için nispeten çok sayıda ürün geliştirilmekte ve piyasaya sürülmektedir. Temel olarak duvar ve tavan bileşenlerinde pasif iklimlendirme için kullanılmaktadırlar (Ritter, 2007).

Birçok malzeme fazlar olarak bilinen, birkaç farklı fiziksel durumda (gaz, sıvı veya katı) var olabilir. Bir malzeme üzerindeki sıcaklık ya da basıncın değişmesi, bir malzemenin bir durumdan diğerine geçmesine, dolayısıyla 'faz halinde' bir değişime neden olabilmektedir. Faz değiştirme prosesleri, büyük bir miktarda enerjiyi gizli ısı formunda absorbe etmek,

depolamak veya salıvermek olarak tanımlanabilmektedir. Katıdan sıvıya veya sıvıdan gaza veya tam tersi bir faz değişimi, belirli sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Böylece, enerjinin emildiği ya da bırakıldığı yer, malzemenin bileşimine dayanarak tahmin edilebilmektedir. Faz değiştiren akıllı malzemeler kasten bu absorpsiyon/serbest bırakma eylemlerinden yararlanmak istemektedirler. Faz değiştiren malzemeler öngörülebilir sıcaklıklarda enerjiyi emmek ya da serbest bırakmak için tasarlandığından, doğal olarak bir binanın termal çevre koşulları ile mücadelesine yardımcı olmak için mimaride kullanılması düşünülmektedir (Addington, Schodek, 2005).

Günümüzde, mevcut ve yeni inşaa edilen binalarda kullanılabilen ürünler bulunmaktadır. Kalın taş duvarları, birçok eski binanın en üst sıcaklıklarını tamponlamasına olanak tanımaktadır, böylece odalar yaz aylarında daha uzun süre serin kalmaktadır, ancak yeni binalar genellikle bu termal depo kütlelerinden yoksundur. Yüksek ısı yalıtımı ve ısı biriktirme bileşenlerine sahip kompakt dış duvarlar, uygun şekilde tasarlanmış alçıpan, alçı veya karmaşık cephe sistemleri gibi faz değiştiren akıllı malzemelere dayalı, gizli ısı depolama ürünlerinin akıllıca birleştirilmesi ile oluşturulabileceği düşünülmektedir. Mevcut binalar, faz değiştiren akıllı malzeme içeren ürünler ile iyileştirilerek depolama hacmini artırarak geliştirebilir. Piyasada çeşitli ham, ara ve son ürünler bulunmaktadır. Mimarinin en büyük ilgisini çeken, diğerlerinin arasında, gizli ısı depolayan ve sıcaklığı düzenleyen ürünlerdir(Ritter, 2007):

- Mikrokapsüllü Faz Değiştiren Malzeme
- Faz Değiştiren Malzeme ile Alçı
- Faz Değiştiren Malzeme ile Alçı Levha
- Faz Değiştiren Malzemeli Alüminyum Folyo Torba
- Makrokapsüllü Faz Değiştiren Malzeme Işık Yönlendirmeli İzolasyon Cam Sistemi



Resim 58. 'Senior citizens' Apartmanı: Akıllı malzemenin ısı depolanması, Faz Değiştiren Akıllı Malzeme ile Yalıtımlı Cam (Tuz Hidroliji), Güneş Işınlarının Akıllı Yönetimi, Dietrich Schwarz, Domat/Ems, İsviçre,2004.

### 2.2.3. Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Madde Depolayan ve madde alışverişinde bulunan akıllı malzemeler, geri dönüşümlü olarak madde alabilen ve / veya verebilen malzemeler ve ürünlerdir, maddeleri çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle moleküler, gaz, sıvı veya katı bileşenler halinde bağlayıp serbest bırakabilen malzemeler ve ürünleri içermektedir. Tasarım alanında, Gaz/ Su Depolayan Akıllı Malzemeler öne çıkmaktadır (Ritter, 2007).

#### 2.2.3.1. Gaz/ Su Depolayan Akıllı Malzemeler

Bu malzemelerin doğasında olan özellikleri, gazların ve/veya suyun su buharının, su veya sulu çözeltiler şeklinde iç yüzeylerine tutturulması ve/veya hacimlere alınması suretiyle etkisine tepki vermelerine izin vermektedir. Söz konusu sürece bağlı olarak, hacim, yoğunluk ve optik özelliklerini ve/veya enerji durumlarını tersine çevirebilmektedirler. Gaz/su depolayan akıllı malzemeler olarak; Mineral Emici (Adsorbent) ve Tutucu (Absorbent) Malzemeler ve Tutucu (Absorbent) Polimerler günümüzde tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Günümüzde, doğal ses emici ve hava nem tamponlayıcı özelliklerine ek olarak, kokuları ve kirleticileri bağlayarak ve dönüştürerek oda havası kalitesini artıracak mineral emici malzemeler içeren çok fonksiyonlu akustik alçı panolar bulunmaktadır (Ritter, 2007).



Resim 59. 'The Factory': Gaz / Su Depolayan Akıllı Malzeme, Zeolitli Alçıpan Levhalar, Ses Emme ve Hava Temizleme, Çok fonksiyonlu katalitik alçı pano tavan endüstriyel anıt, Marco Duchow, Alexander Duchow Cottbus, Almanya, 2005.

### 2.3. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, çalışmanın odak konusu olan ve tasarım alanında öne çıkan yeni malzeme gruplarından akıllı malzemeler tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Mimari alanda daha etkin kullanılabilmesi amacıyla bu malzemelerin çeşitleri ve özellikleri belirlenmiştir. Bir sonraki bölümde, yapı ve mekan yüzeylerindeki kullanımları araştırılmış, uygulama örnekleri incelenerek alandaki bilgi eksiklikleri giderilmeye çalışılmıştır.

### 3. BÖLÜM

#### YÜZEYLERDE AKILLI MALZEME KULLANIMI

##### 3.1. Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Ürünleri ve Sistemleri

Akıllı malzemeler, yapı tasarımında iç ve dış yüzey bileşenlerinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır ve devam eden çalışmalar ile gelecekte daha kapsamlı şekilde kullanılacakları ön görülmektedir. Yapıda kullanım şekilleri incelendiğinde, ürün olarak veya sistemin bir parçası olarak uygulandıkları belirlenmektedir. Bu nedenle bu bölümde yüzeylerde kullanımları, akıllı ürünler ve sistemler başlıkları altında incelenecektir. Başlıkların altında ilgili yapı projesi ve ürün örnekleri bulunmaktadır. Uygulama örnekleri, yenileme projelerinde kullanılan son teknolojiler, bu teknolojileri kullanan ilk yapılar ve farklı yapı türleri olmaları, bunun yanında alanında ödül almış olmaları dikkate alınarak; iç mekan yüzey kaplama ürün örnekleri ise tasarım özellikleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

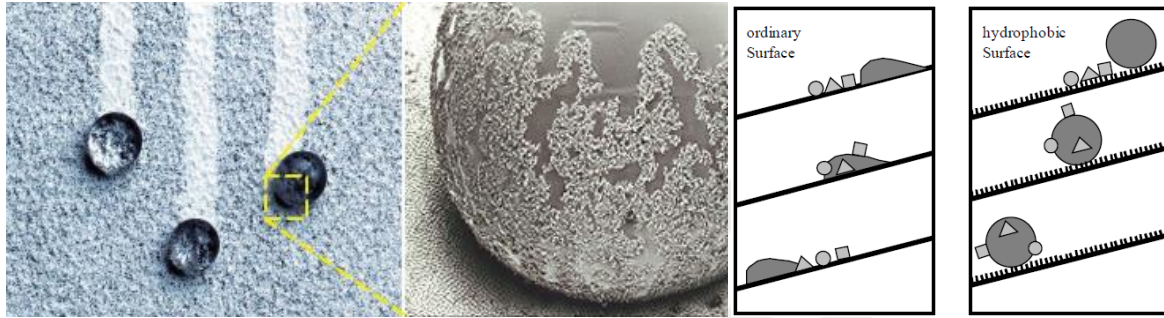
##### 3.1.1. İç ve Dış Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Ürünleri

Akıllı malzemelerden oluşmuş ürünlerin kullanımı, yapı iç ve dış mekanlarının tasarımının bir çok aşamasında düşünülebilir. Yukarıda bahsettiğimiz bu malzemelerin özelliklerinin bilinmesi tasarımcı açısından büyük önem taşımaktadır. Tasarımcıların malzemenin hangi özelliğinin nerede uygun ve doğru konumlanacağına bilgisine sahip olmaları gerekmektedir. Bu sayede, mekan tasarımının başlangıcında malzemeyi düşünerek, başarılı sonuçlar elde edilebilecektir. İç ve dış mekan yüzeylerinde ürün bazında, kendini ve/veya havayı temizleyebilme, bakteri önleyici olma, buğulanmaya karşı etkili olma, kendini koruyabilme, güçlü termal yalıtım ve sıcaklık düzenleyici etkileri olma, uv ışınları ve güneş koruyucu olma, yangın koruyucu, yansımayı önleyici, el izi önleyici, çizilme ve aşınmaya karşı dayanım gibi özellikleri olan akıllı malzemeler öne çıkmaktadır. Bu bölümde daha önce özellikleri ve çeşitleri açıklanan akıllı malzemelerin mimari alanda beklenen özellikleri ve kullanımlarında, alınabilecek sonuçlar bakımından akıllı ürünler ele alınacaktır.

##### 3.1.1.1. Kendini ve Havayı Temizleyebilen Akıllı Ürünler

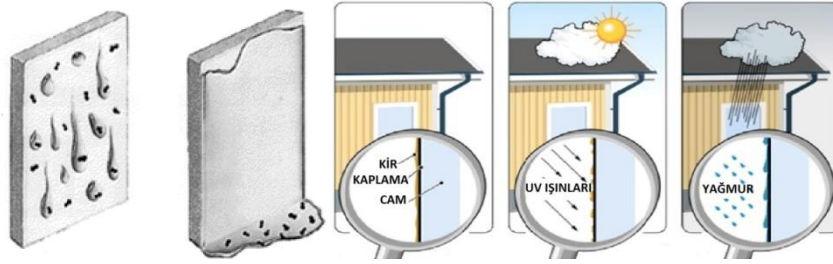
Kendini ve havayı temizleyebilen malzemeler bu özelliklerini, 2. bölümde detaylı olarak incelenen ve 'Adezyon Değiştiren Malzemeler, Fotoadezyon Akıllı Malzemeler: Titanyum Dioksit' başlığı altında bahsedilen "fotokatalizetkisi" ve/veya "lotus etkisi" ile kazanmaktadır. Lotus etkili yüzeyler, suyun hareketiyle temizlenebilen, hidrofob ve nanoyapıya sahip yüzeylerdir. Bu tip yüzeyler genellikle "temizlenmesi kolay", "kir itici", "kire dayanıklı", "kendi

kendini temizleyen” veya “lotus efekti” gibi sözcüklerle ifade edilmektedir (Seventekin, vd., 2006). Hidrofobik özellikteki nano kaplamalar ile malzeme yüzeyinin kendi kendine temizlenebilmesi, Lotus bitkisinin yapraklarının özel yapısından etkilenilerek geliştirilmiştir ve “Lotus etkisi” olarak adlandırılmaktadır. Lotus bitkisinin yaprakları, üzerinde bulunan mikron ve nano seviyesindeki çukur ve tepecikli yapılar sayesinde ıslanmamakta ve su damlacıkları kayarken yaprakların üzerindeki çamuru, küçük böcekleri ve diğer kirlilikleri de beraberinde taşımaktadır. Lotus etkisi; boya, seramik gibi malzemelere uygulanarak yapılarda kullanılmıştır.



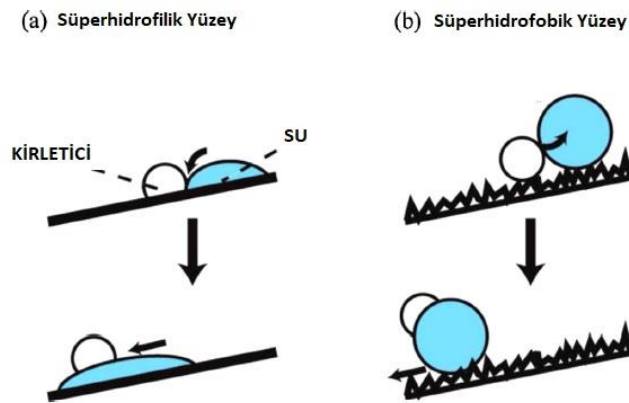
Resim 60. Lotus Etkisi: Hidrofobik yüzey üzerinde su damlacıklarıyla birlikte yuvarlanan tozlar (Benedix, Dehn, Quaas, Orgass, 2000) (Özgür, vd., 2007).

Fotokatalizle kendi kendini temizleme, bina yapımında en yaygın olarak kullanılan özelliktir (Gür, 2010). Bu özellik, fotokatalitik bir mekanizmayla harekete geçen titanyum dioksit ( $TiO_2$ ) kullanıldığında, güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenen kirler parçalanmakta ve yağmur suyuyla akarak temizlenmektedir. Yağmur suyunun hızla akabilmesi ve yüzey üzerinde parçalanmış olan kirlere de beraberinde taşıyabilmesi için yüzeyin hidrofilik yapıda olmaları gerekmektedir. Bu tip yüzeyler, ince bir kaplama filmi kaplanarak, parçacık içeren boya ile boyanarak veya malzemeyi oluşturan karışımın içine katılarak elde edilebilmektedir.  $TiO_2$ , endüstriyel alanda kullanım için en uygun, en verimli, en stabil ve en ucuz fotokatalizdir (Leydecker, 2008). Fotokatalizle kendi kendini temizleyebilme özelliği membran, cam, alüminyum, seramik gibi farklı malzemelerin kullanıldığı yüzeylere uygulanabilmekte, çimentonun içine katılarak beton malzemenin de fotokatalitik nitelikte olmasını sağlamaktadır (Vural, Yılmaz, 2015).



Resim 61. Fotokataliz Etkisi: Hidrofilik yüzey üzerinde su ile kendi kendini temizleme(Benedix, vd., 2000;Banerjee, vd., 2015).

İç mekan yüzeylerinde kullanılan fotokataliz ile hidrofilik (su emici), lotus etkisi ile hidrofobik (su itici) özellikli boyalar, nikotin, kalorifer izi vb. kirlerin boya üzerinde oluşmasını engellemekle birlikte, mürekkep, boya, yağ vb. sonradan oluşan lekelerin de kolay temizlenmesine imkan vermektedir. Hidrofilik yüzeylerin fotokataliz etkisinde, seramik karoların yüzeylerine gelen suyun etkisiyle kirler kalkmakta daha sonra güneş ışığı ile temizlenerek parlak ince bir tabaka oluşmaktadır. Dış cephede kullanılan boyalar ve seramiklerde ise, güneş ışığı ile tepkimeye girerek, cephedeki kirlerin rüzgar ve yağmur suyu ile temizlenmesini sağlamaktadır. Tekstilde kir tutmayan kumaşlar benzer biçimde, suyun malzemeden akıp giderken kiri de beraberinde götürmesi şeklindedir (Kasap, 2012;Gür, 2010). Su geçirmez veya inatçı lekelerden korumak için, bir Alman üreticisi olan Bugatti, kendi kendini temizleme etkisi ile kiri alan özel bir kumaştan tekstil ürünleri üretmiştir (Ritter, 2007). Bu tür tekstil ürünlerinin, halı, kilim vb. döşeme ve çeşitli iç mekan yüzeylerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.



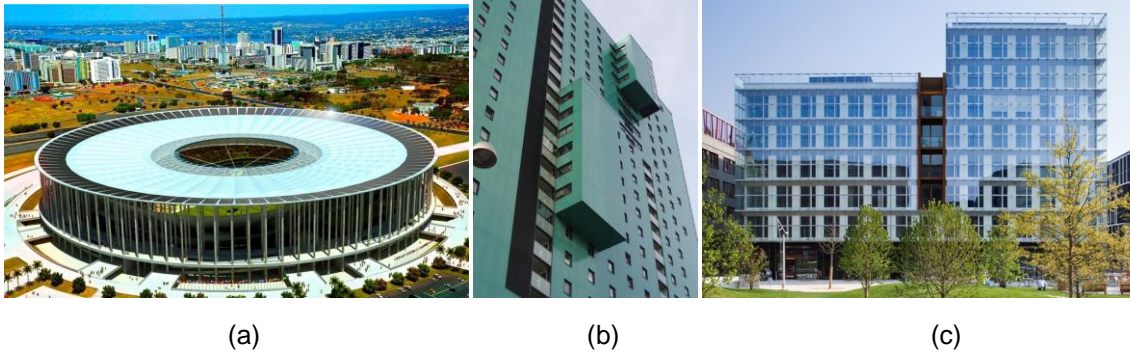
Resim 62. (a) Bir süperhidrofilik ve (b) Bir süperhidrofobik yüzey üzerinde kendi kendini temizleme işlemlerinin şematik temsili (Banerjee, vd., 2015).

Hidrofobik ve hidrofilik kaplama yöntemiyle şeffaf bir şekilde cam ve aynalara dakaplanabilmektedir. Süperhidrofilik bir kaplamaya sahip bir ayna buğulanmaz. Buhar giderici özellikle su/nem ile karşılaştıklarında, içerdikleri titanyum dioksit sayesinde yüzeylerindeki suyu ve nemi bir film tabakasına dönüştürmekte ve böylelikle yüzeydeki

buharın görünmesini önlemektedirler. Nanoteknoloji ile üretilmiş olan banyo aynalarında da uygulanan bu sisteme ise genellikle yapıların ıslak hacimlerinde yer alan duvar ve döşeme kaplamalarında gereksinim duyulmaktadır. Ultra ince bir film tabaka olarak kullanılan ürün, damlacıkları kısa sürede görünmez hale getirmektedir. En yaygın kullanımına ayna kaplamasında rastlanmaktadır, cam ve plastik kaplaması için de uygundur(Kasap, 2012).

Dış mekanda kullanılan camlarda süperhidrofobik kaplamalarla kaplandıklarında hem hep temiz kalmakta hem de üzerlerine gelen su damlacıkları hemen yuvarlanıp gideceği için görüntü olumsuz etkilenmemektedir. Bazı süperhidrofilik yüzeyler (fotokataliz, titanyum dioksit kaplı yüzeyler) güneş ışığı ile aktive olup radikaller oluşturabilmektedir. Oluşan bu radikaller yüzeye tutunmuş organik kirleri parçalama yeteneğine sahiptirler ve böylelikle kirlerin suyla uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadırlar. Titanyum dioksit içerikli kaplamalar, kirlerin temizlenmesinin yanı sıra dezenfektasyonun da kendiliğinden olmasını sağlamaktadırlar. Güneş ışığı, titanyum dioksit parçacıkları ile tepkimeye girer ve yüzeydeki bakterileri ve mikropları öldürür. Titanyum dioksit, içindeki bazı oksijen atomları, azot atomları ile değiştirildiğinde görünür ışıkta da aktive olabilmektedir. Bu şekilde çok daha aktif olabilmesinin yanı sıra güneş ışığına olan bağımlılıktan kurtularak, lamba ışığında bile aktif hale gelip kendini temizleyebilmektedir (Özgür, vd., 2007).

Yalıtımlı (ısı, ses, yangın vb.) cam yüzeyine ince, şeffaf titanyum dioksit kaplama uygulayarak 'kendini kendini temizleyen cam' özelliği kazandırma uygulaması ilk kez 2002 yılında Avrupa'da yapılmış ve günümüze kadar pek çok yapıda uygulanmıştır. Örneğin; 8 katlı bir ofis binası olan CC01 (Hamburg, Almanya, 2011) yapısında kendi kendini temizleme özellikli camlardan 8000 m<sup>2</sup> kullanılmıştır (Şekil 63). Yapı sürdürülebilir özellikleri nedeniyle Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi'nden altın madalya almıştır. İngiltere'de yapılan bir çalışmada (BRE, 2006) fotokatalitik titanyum dioksit kaplama ile kendini temizleme özelliği kazandırılmış camların kullanımı sürdürülebilirlik açısından irdelenmiştir. Bu tip camların kullanıldığı 12 adet yapının gerçek yapım ve bakım maliyetleri üzerinden yapılan çalışmada yatırımın geri dönüş süreleri; okul binası için 5-6 yıl, apartman yapısı için 9-11 yıl ve ofis yapısı için 3-4 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, 12 katlı bir ofis yapısında camlar sayesinde hizmet ömrü süresince 100,000 litre su tasarrufu sağlanacağı da öngörülmüştür (Orhon, 2013).



Resim 63. (a) Fotokatalitik membran (Brasilia Stadyumu) (b) Fotokatalitik seramik cephepanelleri (Monte Verde Tower).(c)Fotokatalitik cam kullanımı(USACC01 Ofis Binası)(Orhon, 2013).

Yapı dış yüzeylerinde, uygulandığı yüzeye fotokatalitik özellik kazandıran malzeme ile kirlilik yiyici betonlar, yağmur ve ışıkla kendi kendini temizleyen (fotokatalitik) membranlar ve cepheler mimari uygulamada kullanıma girmiştir. Bu yapılardan, çevre dostu stadyum olarak Brasilia Stadyumu (Brasília, Brezilya, Castro Mello) yapısında hareketli üst örtüde fotokatalitik membran kullanıldığı görülmektedir (Şekil 63) (Schwartz, 2013). 77 m. yüksekliğinde bir konut yapısı olan Monte Verde Tower (Viyana, Avusturya, Albert Wimmer, 2004) yapısında ise fotokatalitik cephe panelleri kullanılmıştır (Şekil 63); yapının batı ve doğu cephelerinde kullanılan titanyum dioksitle sırlanmış mavi-yeşil renkli seramik cephe panelleri sayesinde yapı cephesi yağmur ve ışıkla kendi kendini temizlemektedir. Fotokatalitik yüzeyde oluşan serbest elektronların aktive ettiği oksijen sayesinde ayrıca cephe yüzeyindeki hava da temizlenmektedir. Bilimsel çalışmalar 1000 m<sup>2</sup> fotokatalitik cephe kaplamasının hava temizleyici etkisinin 70 orta boy ağaç kadar olduğunu göstermiştir; bunagöre yapının 6800 m<sup>2</sup> olan fotokatalitik cephesinin hava temizleme etkisinin 476 ağaca denk olduğu düşünülmektedir (Vuceljic, 2009; Orhon, 2013).



<b>Proje Adı</b>	<b>Jubile Klisesi</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Roma, İtalya, 2003
<b>Proje Mimarı</b>	Richard Meier & Partners, Architects
<b>Ürün</b>	TX Active, TiO2 Fotokatalitik çimento, beton
<b>Üretici</b>	Italcementi Heidelberg Cement Group
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış ve iç duvar yüzeyleri



Resim 64. Jubilee Klisesi, Dış ve iç mekan görünüşleri, Roma, İtalya, Richard Meier, 2003, (URL-32).

Titanyum dioksit katkılı çimento ile yapılan fotokatalitik beton ise ilk kez Jübile Kilisesi (Roma, İtalya, 2003, Richard Meier) yapısında kullanılmıştır. Bu betonlar duman gazlarındaki kirletici azot oksit'i güneş ışığıyla nitratlara parçalayarak etkisiz hale getirmeleri nedeniyle "kirlilik yiyici beton" olarak da anılmaktadır (Orhon, Altın, 2012).Mimar Richard Meier tarafından tasarlanan Jubilee Klisesi' nin (La Chiesa del Dio Padre Misericordioso), geniş ve canlı bir açık alanla başarılı bir şekilde kutsal mekanları birleştiren basit ama etkileyici tasarımı bulunmaktadır. Doğu rüzgarı ile şişmiş üç beyaz beton yelkenliyle, Jubilee'nin sembolü olan kilise, Roma'nın Tor Tre Teste semtinde inşa edilmiş ve bu banliyö bölgesine

yeni enerji ve kültürel yaşam getirmiştir. Yelken, ışık, çevresine açıklığı, beyazlığı ile binanın büyük sembolik gücü belirgindir. Malzeme ve şeffaflık, koruma ve geçirgenlik, izolasyon projeyi karakterize etmektedir. Dışarıda, üç ayı ve birbirine paralel uzanan yelkenler, uzun bir duvarla sınırlanmış bir alanı kaplar. Yoğun ışık, cam uçlarından ve örtü ile duvar arasındaki boşluklardan içeri girmektedir. İç boşluk, büyük yarı saydam yüzeylerin değişimi ile tanımlanmaktadır. Prestijli sembolik yapıda, yüksek dayanım özelliğinin yanısıra, uzun ömürlü parlak beyaz renk ve bitmiş yüzeylerin kendi kendini temizleyen özellikleri sayesinde yıllar boyunca görünümünü koruyabilme kabiliyeti sunan bir beton kullanılmıştır. Fotokatalitik etkisi, çimento yüzeyleri ile temas eden, onları çevreye zarar vermeyen maddelere dönüştürerek ve böylece binanın orijinal görünümünü koruyarak, otomobil egzoz gazları, ev ısıtma sistemlerinden gelen dumanlar, kimyasal endüstriyel emisyonlar ve pestisitler gibi çeşitli kirletici maddeleri ortadan kaldırmaktadır (URL-33).

Fotokatalistlerin hem mimari hem de yapısal elemanların hem yatay hem de dikey yüzeyleri üzerinde yaygın ve eşit bir şekilde yayılması için ideal bir çözümdür. Fotokataliz, doğal ya da yapay ışık etkisine olan tepkisi sayesinde, (fotokatalizör olarak da adlandırılır), bir maddenin zararsız bileşiklere zararlı organik ve inorganik maddelerin dönüşümüne yol açar, güçlü bir oksidatif işlemi aktive eden doğal bir süreçtir. Bu nedenle, hali hazırda doğada var olan oksidasyon işlemlerinin hızlandırıcısıdır, kirleticilerin daha hızlı parçalanmasını ve yüzeyde birikimini ve yapışmayı önler. Kentsel merkezlerin yaşam kalitesini iyileştirmek için önemli bir katkıdır. Oluşturulan yapı yüzeyleri daha parlak, daha temizdir ve zamanla süren estetik bir kaliteye sahiptir (URL-34).



Resim 65. Fotokatalitik Kent: Gelecekte Çevrenin Bir Vizyonu (URL-35).

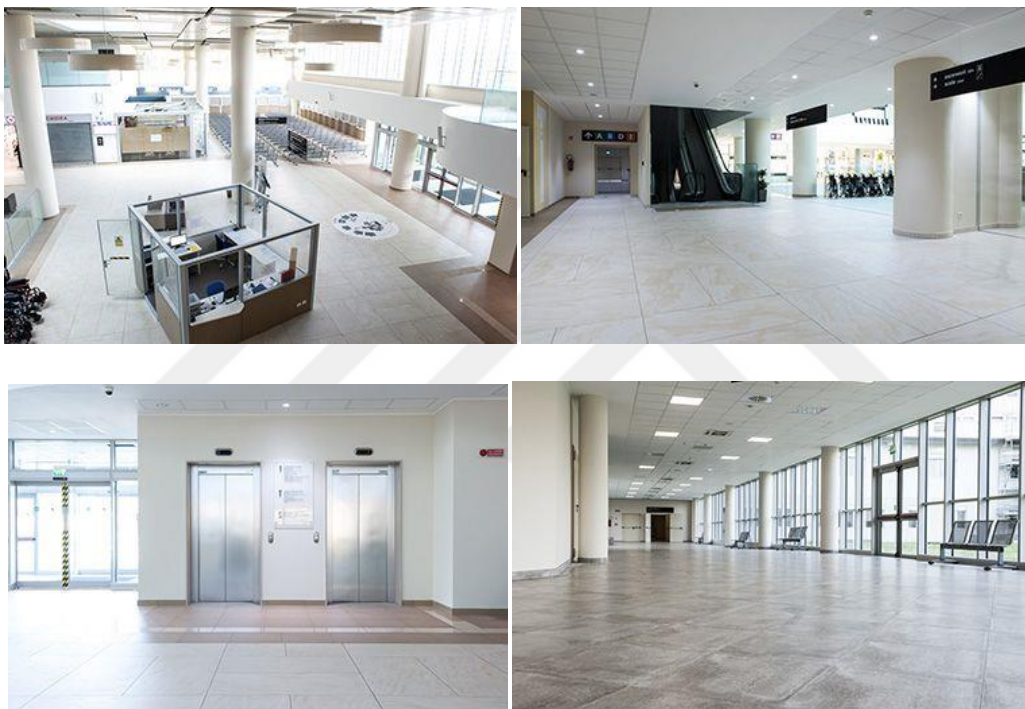
Bunun yanında tarihi binalarda ve insan ya da dış etmenlerden kolay zarar görebilecek koruma altındaki yapılarda, kendi kendini temizleme özelliği ile duvar yazısı tutmayan kaplamaların kullanılması bu yapıların korunumunu sağlamaktadır. Beton, tuğla, kum taşı gibi

geçirgen ve emici özelliğe sahip malzemelere de uygulanabilmesinin yanı sıra, malzemenin gözeneklerini kapatmayarak nefes almasını sağlaması oldukça olumludur (Kasap, 2012).

Endüstrileşmiş ülkelerde, insanlar zamanlarının %70-90'ını kapalı alanlarda (ev, ofis, okul, otomobil, uçak, fabrika vb.) geçirmektedir, bu süreç içerisinde kapalı ortamın doğası kişilerin sağlığını, hayat kalitesini ve üretkenliğini önemli ölçüde etkilemektedir (Brown, 1994). İç hava kalitesi, malzeme emisyonlarıyla yakından ilişkilidir ve etkileyen faktörlerden başlıca ürünler; bina yapı malzemeleri, halılar, döşemeler, boyalar, mobilyalar vb.'dir (Darçın, 2008). İç mekan hava kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla farklı sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerden en yaygın olanı hava temizleyicilerdir. Hava temizleme çalışmaları incelendiğinde en fazla çalışmanın fotokatalitik etki konusuna yoğunlaştığı görülmektedir.  $TiO_2$  bu araştırmalarda en çok kullanılan malzemedir. Fotokatalitik oksidasyon hemen hemen tüm kirleticiler (aldehit, aromatik, alkan, olefin, halojenli hidrokarbonlar vb.) üzerinde etkilidir (Obee vd., 1995; Mo vd., 2009). Havayı temizleyen ve kalitesini arttıran akıllı malzemeler, çeşitli kaplama malzemeleri, boya, ampul gibi ürünlerle olabilmektedir (Kasap, 2012; Gür, 2010).

Organik maddeleri parçalaması sayesinde kir tutmama özelliği sağlayan fotokataliz, antibakteriyel özelliğe sahip gümüş nanopartiküllerle birleştirildiğinde antibakteriyel yüzeylerin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle sağlık yapılarında antibakteriyel yüzeyler, bakteriler nedeniyle oluşan enfeksiyon hastalıkları ve ölümlerini azaltmak, hatta ortadan kaldırmak bakımından önem taşımaktadır. Antibakteriyel yüzeyler duvar, döşeme gibi yapı elemanlarında olduğu gibi elektrik düğmesi, kapı kolu, lavabo gibi birtakım elemanlarda da uygulanabilir. Kokuyu temizleyen antibakteriyel kumaşlar kullanılabilir. Antibakteriyel alçıpanlar sayesinde iç mekanlarda hijyen daha kolay sağlanmaktadır. İster alçıpan olarak ister akustik paneller antibakteriyel özellikte üretilerek temizlik açısından yaşam alanlarımızın kalitesini arttırmaktadır (Kasap, 2012).

<b>Proje Adı</b>	<b>San Gerardo Hastanesi</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Monza, İtalya, 2013
<b>Proje Mimarı</b>	Marino Marazzi ve G. Franco Righini
<b>Ürün</b>	Ocra Active 60x60 / Quarzite Gialla Active 120x60 Seramik
<b>Üretici</b>	FGM Fabbrica Marmi e Graniti
<b>Kullanım Yeri</b>	Zemin yüzeyi



Resim 66. San Gerardo Hastanesi:Kendi kendini temizleyen seramik iç mekan görünüşleri, Monza, İtalya, 2013-2019 (URL-36).

Yüksek performans, hijyen ve rahatlık koşullarını sağlaması bakımından kendi kendini temizleyen ve antibakteriyel seramikler, hastaneler, klinikler ve ameliyathaneler gibi kamusal alanlar için ideal bir kaplama haline gelmektedir. Milano Bicocca Üniversitesi, Tıp ve Cerrahi Fakültesine bağlı, Lombardiya'daki dördüncü büyük kamu hastanesi olan Monza'daki San Gerardo Hastanesi'nin yeniden yapılandırma projesi, hastane yapısını, son yıllarda hastaların tedavi şeklini önemli ölçüde değiştiren, organizasyonel ve teknolojik değişiklikler ile gelişmesini amaçlamaktadır. Yeniden yapılanma, tüm yapının yapısal, tesis ve konaklama, konfor standartlarını önemli ölçüde arttırmayı mümkün kılarak ve hastaların ve sağlık çalışanlarının sağlığı ve refahı üzerinde önemli olumlu etkiler yaratmaktadır (URL-37).

Bu amaçla, iç mekan zemin kaplaması olarak, Ocra, Rocce koleksiyonundan (Antracite, Beige, Ossidiana, Cenere ve Moka da dahil olmak üzere) aktif seramikler kullanılmıştır. Hastane 8 bölüme ayrılmıştır ve yapı içinde klinikler, test laboratuvarları, teşhis ve rehabilitasyon üniteleri bulunmaktadır. San Gerardo'da akıllı ürün kapsamında 'Aktif Temiz Hava ve Antibakteriyel Seramik' formülü ile geliştirilen seramik yüzeylerle kaplanmıştır. Kirletici olmayan, kendi kendini temizleyen, antibakteriyel ve kokusuz, aynı zamanda yoğun yaya trafiğine ve diğer yıpranmalara karşı oldukça dirençlidirler. Seramik plakalar, doğada meydana gelen (klorofil fotosentez) esaslara dayanarak, çevrenin kalitesini iyileştirmeye yardımcı olarak, zararlı organik ve inorganik maddeleri, doğal fotokataliz olgusuyla ayrıştırırlar. Seramik plakalara, Titanyum Dioksit (TiO<sub>2</sub>) aşırı yüksek sıcaklıklarda sabitlenerek üretim aşamasında uygulanmaktadır. Bu fotokatalizör, mikrometrik parçacıklar şeklinde bulunur, fonksiyonu zaman içinde değişmeden kalır ve ışıkla (hem doğal hem de yapay) ve tek başına hava ile aktive olmaktadır. San Gerardo'da yüzeylere uygulanan, hasta, personel ve ziyaretçiler için ideal koşulları sağlayan bir hastane ortamı sunaneko-aktif, kendi kendini temizleyen ve hijyenik özellikte porselen levhalardır (URL-38).

### 3.1.1.2. Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler

Yapı sektöründe varlığını sürdüren yapıların sadece kullanımına yönelik enerji miktarı, dünyadaki yıllık enerji tüketiminin %40'ını oluşturmaktadır. Bu açıdan durum ele alındığında kullanılan enerjinin azaltılması için yapılarda yalıtım malzemelerinin kullanılması bina enerji performansına yönelik büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yalıtım malzemeleri kullanım yaygınlığı, ekonomik oluşu ve uygulama kolaylığı nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen yalıtım malzemeleri olmasına karşın olumsuz çevresel etkilere sahip malzemelerdir. Genel olarak üretimlerinde sınırlı olan doğal kaynakları tüketmekte, çevre kirliliğine neden olmaktadır. Cam yünü, taş yünü gibi inorganik malzemeler ve sentetik-organik köpükler (genleştirilmiş polistren köpük-eps, ekstrude polistren-xps, poliüretan) en çok üretilen malzemelerdir. Taş ve cam yünü malzemelerinin oluşum enerjilerinin düşük ve kullanım ömrünün uzun olmasına rağmen üretimde kullanılan su miktarının yüksek olması, geri dönüşüm içeriğinin olmaması olumsuz özellikleridir. Ayrıca lifli malzemelerin kanser riski taşıdığı düşünülmektedir. Fakat halen insan sağlığı için kanser riski taşıdığına dair herhangi bir listeleme yapılmamıştır (Smit, 2005). Son yıllarda birçok üretici ürünlerinin geliştirmeye çalışsa da lifler hala cildi ve solunum organlarını ciddi tahriş edici özelliklere sahiptir ve kronik bronşite neden olabilmektedir. Örneğin; cam yünü ürünlerinden yayılan formaldehit kanserojen bir gazdır. Bu ve benzeri zararlı gazlar kulak, burun ve boğaz tahrişine neden olmaktadır (Berge, 2009). Poliüretan, xps ve eps gibi petrokimyasal kaynaklı malzemelerin ısı iletkenlik direnci taş ve cam yününe göre daha düşüktür ve farklı malzemelerde

kullanılmak üzere geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir. Buna karşılık xps ve eps üretiminde bazı üreticilerin üretiminde HCFC açığa çıkarması ve yüksek oluşum enerjisine sahip olması önemli olumsuz özellikleridir. Buna ek olarak bu kategorideki malzemeler VOC (uçucu organik bileşikler) içerirler ve doğada ayrışamazlar (Kwok, 2007).



Resim 67. Souchais Spor Kompleksi, Carquefou, Fransa, Aerojel dolgulı çok tabakalı polikarbonat panellerden oluşturulmuş dış duvar yüzeyleri ve iç mekan görüntüleri, Murail Architectures, 2006 (Altın, Aşıkoğlu, 2014).

Bu bağlamda, nanoteknoloji, günümüzde mimarlık alanının da keşfettiği ve tasarım uygulamalarında birçok inovasyona olanak sağlayan yeni ve yaygın bir üretim anlayışıdır. Nanoteknoloji sayesinde 1 ila 100 nanometre (nm) civarında yapılan manipülasyonlar ile malzemelere kendikendini temizleme, havayı temizleme, anti-bakteriyel olma, enerji üretme, ısı depolama, süper ısı yalıtkanlığı gibi özellikler kazandırılmaktadır ya da strüktürel dayanım, saydamlık, yangından dayanımı, ses yalıtımı gibi var olan özelliklerin düzenlenmesi sağlanmaktadır. Nanoteknolojinin mimaride kullanılması kavramsal tasarımın ilk aşamalarından önce işin sonuna kadar farklı ölçeklerde gerçekleştirilebilmektedir. Ülkemizde ve dünyada toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri, yapıların yapım, bakım, işletme ve yıkım süreçlerinde kullanılmaktadır. Giderek artan çevresel, ekonomik ve sosyal zorunluluklar nedeniyle binaların enerji etkin tasarlanması konusu mimarlık alanının son dönemlerde ilgilendiği başlıca sorunlardandır. Nanoteknoloji kullanımı ile ortaya çıkarılan ya da geliştirilen malzeme özelliklerinin hemen hepsi, yapıda enerjinin daha etkin kullanılmasında etkili olabilmektedir. Nanoteknoloji ile geliştirilen ısı yalıtım malzemeleri, aynı ısı yalıtım performansına ulaşmak için piyasada genel kabul gören ürünlerden çok daha az kalınlığa sahiptirler (Tokuç, Taşçı, 2014). Akıllı nano malzemeler, diğer akıllı malzemelerin varolan sınırlarını arttırmaya yardımcı olabilmektedir. Nanomalzemeler, metaller, seramikler, polimerik malzemeler veya kompozit malzemeler olabilir. Mimari alanda yüksek yalıtım ve termal düzenleyici malzemeler olarak; nanoteknoloji ile üretilen aerogeller, vakumlu yalıtım panelleri ve ısı depolama özellikleri ile faz değiştiren akıllı malzemeleri öne çıkmaktadır.

## Aerojel

Yüksek izolasyon performansı gösteren akıllı malzemelerden aerojel, mimarlık alanında bir çeşit yarı saydam yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. 20. yüzyılın başlarında, 1930'ların sonlarında Samuel S. Kistler tarafından geliştirilmiştir. "Yeryüzündeki en hafif katı madde" olarak tanımlanan aerojeller, içinde %95 ile %99.9 miktarında hava bulunduran havalandırılmış köpük olarak tanımlanmakta olup, kalan kısım ise dondurulmuş duman görünümünde, cama benzeyen bir malzemedir; örneğin, silika adıyla bilinen silikon dioksitdir. Nanometrik boyutta sıkışan hava molekülleri hareket edemezler. Bu da bu malzemeye yüksek ısı yalıtımı özelliğini kazandırır (Leydecker, 2008). Malzeme aynı zamanda "süper yalıtkan" olarak da tanımlanmaktadır. Cama benzerliğinden dolayı binalarda cephede, hatta çatıda kullanımı mümkündür. Bu da mimaride saydam yalıtım malzemesi olarak kullanımını açıklamaktadır. Aerojellerin aynı zamanda yangına karşı yalıtımları da çok iyi olmaktadır. Bu durum ses yalıtımı için de geçerli olup, sıkışan hava molekülleri nedeniyle malzemenin ses dalgalarını geçirmesi minimum düzeyde gerçekleşmekte, dolayısıyla aerojel malzeme iyi bir ses yalıtım malzemesi de olmaktadır. Aerojellerin yalıtım özelliklerinin yanısıra, ses yalıtımı etkisi ile enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır (El-Samny, 2008). Bunun yanı sıra birçok farklı fiziksel ve kimyasal özelliği içinde barındırmaktadır. Hrubesh (1998), aerojellerin uygulama alanlarını irdelediği makalesinde aerojel uygulamalarının optik özellik uygulamaları, termal yalıtım uygulamaları, akustik ve mekanik uygulamalar, porozite ve yüzey alanı uygulamaları, elektrik ve elektronik uygulamaları ve uzay uygulamaları olarak sınıflandırmıştır. Görüldüğü gibi aerojellerin kullanım alanları çok çeşitlidir. Bunlardan mimaride daha çok kullanılanlar, termal ve akustik uygulamalardır (Altın, Aşıkoğlu, 2014). Morötesi (ultraviyole) ışınlarından etkilenmeyen ve hidrofobik (üzerine gelen suyu iten) yapısı ile cephelerde kullanılabilir. Cephelerde çeşitli katmanlar arasında oluşturulan boşlukları (cam panellerin arasında, u profil ya da akrilik cam panellerde) doldurarak yalıtım sağlamaktadır. Ayrıca iyi ışık geçirgenliği sayesinde homojen olarak aydınlanmış ortamlar yaratılabilir. Örnek olarak; Jacobs UK (Architecture) Ltd.'nin mimari projesini yaptığı Highcrest Okulu'nda ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılan aerojel aynı zamanda okulun güneş cephesinde yer alan mekânların güneş ışığının homojen olarak alınmasını sağlayabilmiştir (Tokuç, Taşçı, 2014).



Resim 68. Aerojel görünüm(URL- 39)

Bu malzemenin mimaride kullanımı üç şekilde gerçekleştirilmektedir. Birincisi ve daha çok tercih edileni, şeffaf yalıtım uygulaması (transparent insulating materials - TIM) genelde dış cephede ışığı geçiren dolgu malzemesi şeklinde kullanımıdır. Böylelikle dış cephede, özellikle de ışık geçirgenliği nedeniyle pencere gibi yapı bileşenlerinde çok kullanılmaktadır. İkincisi, opak yalıtım malzemesi olarak kullanımıdır. Burada da uygulama genellikle dış cephede mantolamada kullanılan klasik yapı malzemelerinin yerine fiber donatılı aerojel kullanımı şeklindedir. Bu durum, en esnek kullanımı sağlamaktadır. Çünkü yerinde şantiyede istenen boyutta ve şekilde kesilerek kullanılabilirler. Bu durum özellikle mevcut binaların sağlıklılaştırılmasında önem kazanmakta, bu tür uygulamalarda kullanımı tercih edilmektedir. Üçüncü kullanım şekli ise aerojelin, vakumlu yalıtım panellerinin (VIP-Vacuum Insulation Panels) içine yerleştirilerek kullanılması şeklindedir. Bunun uygulaması 2007 Solar Decathlon'u kazanan binada (Icarus Binası'nda) yapılmış ve bu bina bu yarışmada ödül kazanmıştır( Resim 69) (Brunner, vd., 2014).



Resim 69. Solar Decathlon, Aerojel Dolgulu EFTE Kaplı Çatı Panelleri (iç-dış tavan yüzeyi), Georgia Üniversitesi Binası, ICARUS, ABD,2007 (Altın, Aşıkoğlu 2014).



<b>Proje Adı</b>	<b>Yale Üniversitesi Heykel Binası ve Sanat Galerisi Okulu</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Yale University, New Haven, CT, ABD, 2007
<b>Proje Mimarı</b>	Kieran Timberlake Associates, LLC
<b>Ürün</b>	Kalwall® + LUMIRA® +Nanogel(aerojel) Yarı Saydam Yalıtım
<b>Üretici</b>	Kalwall ve Cabot Corporation
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar yüzeyi



Resim 70. Yale Üniversitesi Heykel Binası İç Mekan ve Dış Cephe Görünüşleri (URL-40).

Yale Heykel Binası ve Sanat Galerisi Okulu projesi, tasarımında entegre süreçlerden kaynaklanan performansını form ve şehircilikle bütünleştirerek, sürdürülebilir özellikleriyle LEED Platinum ödülü (LEED sertifikasyonunun en yüksek seviyesi) sahibidir. 2006 yılında tamamlanan Yale Üniversitesi Heykel Binası, Sanat Okulu'nun lisans ve lisansüstü heykel programları için 4700 metrekarelik bir stüdyo alanıdır. Bina, sıra dışı bir ışık kalitesi, düşük enerji kullanımı ve çalıştırılabilir pencereleri ile çevre dostu bina kategorisindedir. Sahada yapılan iklim analizi, kış mevsiminde önemli ısınma yükleri ve yazın soğutma yükleri ile birlikte mevsimsel olarak güçlü bir değişime işaret etmiştir. Budurum için projedegüneşkontrollü gölgelendirme, üç kat camlı (low-e) ısı kazanımlı görüş panelleri,

çalıştırılabilir pencereler ve yarı saydam çift boşluklu spandrel panelleri içeren bir güneş duvar sistemi teknolojisi geliştirilmiştir. Binanın en yüksek enerji performansından ödün vermeden, ağırlıklı olarak camdan oluşan bir cepheyi korumak için, yalıtımlı cam ve aerojel yalıtımlı yarı saydam panellerin üçlü sırlı duvar sistemi, Yale Üniversitesi Heykel Binası ve Galerisi'nin üst katlarındaki 14 metre yüksekliğindeki stüdyoları ve birinci kattaki dükkan ve öğretim alanını çevrelemektedir (URL-41). Bu yüksek performanslı perde duvarı, hem ısı kazanımı hem de enerji kayıplarında, yıl boyunca önemli ölçüde azalma sağlar. Giydirme boşluğunda sıkışan sıcak hava, aerojel yalıtımı ile korunmakta veya kış aylarında içten kullanılmakta ya da sıcak aylarda dışarıya havalandırılmaktadır. Bu, aynı zamanda tüm cephenin doğal ışığın iç mekana girmesine izin vererek, aynı zamanda yapay aydınlatma maliyetlerini azaltarak, enerji performansını artıran etkili bir termal yönetim bariyeri oluşturmaktadır (URL-42). Panellerde camları açmak veya sabitlemek mümkündür. Dağınık doğal gün ışığı, iç mekanın atmosferini değiştirir ve kişisel refah, çalışma ve öğrenme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır.

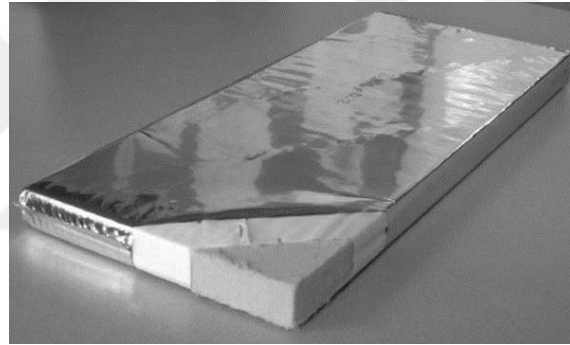
Aerojel ile yarı saydam yalıtım ürünü, mimari günışığı uygulamalarında kullanılmak üzere ışık iletimini optimize etmek için tasarlanmıştır. Dünyanın en hafif ve en iyi yalıtım malzemesi olarak tanımlanan katı malzeme aerojel, mimarların ve bina sahiplerinin günışığı tasarımlarını geliştirmelerine, enerji ve yapı gereksinimlerini karşılamasına yardımcı olmaktadır. Isı kaybını durdurarak ve elektrik kullanımını azaltarak, tasarruf sağlamaktadır. Güneş ışığını yayarak, gölgeleri ve parlamayı ortadan kaldırmakta, yumuşak, eşit, derin ışık dağılımına izin vermektedir. Akustik performansı arttırmaktadır. Zaman içinde performansını koruruyup, neme direnerek, küf, mantar gelişimini engellemektedir ve yangına karşı direnci yüksek olmaktadır. Tasarımcıların, yarı saydam kaplama veya çatı kaplama alanlarını kullanırken sağlam bir duvara eşdeğer yalıtım değerleri elde etmelerini sağlamaktadır. Yoğun ısı noktaları olmadan ve dış güneş kontrolü veya iç panjur ve perdelerle ihtiyaç duymadan, müze kalitesinde gün ışığını dahili olarak ileten, şeffaf duvar kaplaması ve çatı kaplama sistemidir. Aerojel partikülleri üstün ısı yalıtımı, ışık yayılımı, yüksek yüzey alanı ve daha fazlasını sunarak, yapı malzemelerinden endüstriyel kaplamalara kadar çözüm sunmaktadır (URL-43).

### **Vakumlu Yalıtım Panelleri(VIP-Vacuum Insulation Panels)**

Enerji etkin ısı yalıtımı için kullanılacak diğer malzeme vakumlu yalıtım panelleridir. Vakum yalıtım panelleri, ısı yalıtım özellikleri açısından bilinen ısı yalıtım malzemelerine göre çok daha yüksek performanslı malzemelerdir. Geleneksel yalıtım malzemelerine (maks : 0.04 W/mK) göre 10 kata ulaşan ısı yalıtımı VIP'ler (maks : 0.004 W/mK) ile sağlanabilmektedir.

VIP'ler, gözenekli yapıdaki bir iç dolgu malzemesinin (çekirdek) karakterine bağlı olarak, gaz giderici malzeme kullanılarak ya da tek başına bir dış zarfın içine konularak vakumlanması ve sızdırmazlığı sağlanarak atmosfere kapatılması ile oluşturulur (Şekil71) (Deniz, Binark, 2008).

Çevre ve yapılar için yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri ve sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Hastane, okul, resmi binalar, depolar, spor salonları, alışveriş merkezleri, iş merkezleri, terminaller, fabrikalar, soğuk hava depoları gibi geniş hacimli yapılarda kullanılan malzemelerin yalıtım performansı büyük önem kazanmaktadır. Binalardaki enerji tasarrufu, binaları kaplamak için kullanılan yapı yalıtım malzemelerinin performansına bağlıdır. Geliştirilen vakum yalıtım panelleri yüksek ısı yalıtım özellikleri sunar ve enerji tüketimini önemli ölçüde azaltır. Yalıtım malzemesi olarak VIP'lerin kullanıldığı örnek uygulamalar; tavan, zemin ve duvar uygulamaları, dış cephe uygulamaları, çatı ve tavan arası uygulamaları, pencere yalıtım uygulamaları, hazır prefabrik beton panel uygulamaları şeklindedir (Comitte of IEA/ECBCS, 2005).



Resim 71. Vakum Yalıtım Panelinde Çekirdek, İç Zarf ve Dış Zarfın Görünümü (Kasap, 2012).

VIP'lerin ısı yalıtım performansları, vakumlanabilirlik ve atmosfer basıncına karşı destek görevi gören çekirdek malzeme özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Çekirdek, genellikle açık hücreli ve iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferini en az seviyeye indirecek özellikte bir ısı yalıtım malzemesidir. Bu özelliğinin dışında, temel bir diğer görevi de yapıya esneklik ve dayanıklılık sağlamaktır. Yapılan çalışmalarda, VIP'lerinin iç dolgu malzemesi olarak, aerjel, açık hücreli poliüretan, geri dönüşümü yapılmış üretan (ruf), açık hücreli ekstrude edilmiş polistren, fiberglas ve toz malzemelerin kullanıldığı bilinmektedir (Bayrakçı, vd., 2011). Geleneksel polistren tabanlı malzemelerde hava ile dolu hücrelerin bir araya getirilmesi ilkesinden yararlanılmakta, bu teknolojiye ise hücrelerdeki havanın boşaltılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Vakum genelde alüminyum kaplı plastik ya da paslanmaz çelik çerçeve içinde oluşturulmaktadır ve paneller uçlarından hermetik kaynaklanmaktadır (Schwab, vd., 2005). Uygulaması sırasında oluşturulan elemana müdahale, eleman özelliklerinin değişmesine neden olabileceğinden tasarım sürecinde panellerin boyutlandırılması ve ısı

köprüsü oluşmaması için doğru detaylandırılması gerekmektedir (Tokuç, vd., 2014). Bununla birlikte, bu ısı yalıtım panelleri yeni inşa edilmekte olan binalarda olduğu gibi, dönüştürme ve yenileme yapılan binalarda da uygulanabilmektedir (Kasap, 2012).

VIP'ler geleneksel ısı yalıtım malzemelerine göre daha pahalı olmakla birlikte, tasarıma ve mimariye getirdiği avantajlar paralelinde bugün geleneksel yalıtımlar için alternatif olarak düşünülebilir. VIP uygulaması ile artık şeffaf mimari cephe tasarımı olanaklı kılınmıştır. Yine daha dar kesitli bir cephe detayında, ince tabakaların istenildiği yerlerde VIP kullanımı, uygulama alanları için en uygundur (Leydecker, 2008).



Resim 72. Dış Duvar Yüzeyi 20mm VIP Paneller ile İzole Edilmiş Konut ve Ofis Binası, Pool Mimarlık, Martin Pool, 2004, Münih, Almanya (Yapının çatı terası ve cam konstrüksiyonunda da VIP kullanılmıştır) (Johansson, 2012).

Vakum yalıtım panelleri ve TIM'ler yüksek ısı dirençleri sayesinde binalarda enerji verimliliğinin artırılması ve genel anlamda CO<sub>2</sub> emisyonlarının miktarını azaltılmasına katkıda bulunur. 1950'lerden bu yana uygulanmasına yönelik çalışmaları devam eden bu tip malzemeler için maliyet önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Aerojel gibi malzemeler maliyet açısından daha etkin çözümlerdir. Gelecekte, VIP üretiminde gelişmeler, yüksek verimli yalıtım malzemelerinin daha yaygın uygulamalarının kolaylaştırması beklenebilir. Küresel ısınma için devam eden tartışmalar bağlamında, VIP'lerin dünya çapındaki potansiyeli büyüktür (Ashby, vd., 2009).

<b>Proje Adı</b>	<b>Freilassing Ortaokulu Yenileme Projesi</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Freilassing, Almanya, 2011
<b>Proje Mimarı</b>	Architects Meier & Putzhammer;
<b>Ürün</b>	Vacutherm, Vacupor, RP-B2 30mm;Vakumlu yalıtım paneli
<b>Üretici</b>	Morgan Advanced Materials
<b>Kullanım Yeri</b>	Zemin yüzeyi



Resim 73.Freilassing Ortaokulu Yenileme Projesi, Dış ve İç Mekan Görüntüleri, Freilassing, Almanya, Meier & Putzhammer Mimarlık, 2011 (URL-44).

Bavyera'da 1972 yılında inşa edilen Freilassing Ortaokulu üzerinde 2011 yılında yenileme projesi yapılmıştır. Almanya'daki bir okulun ilk kez pasif ev gereksinimlerine göre yenilenmesini hedefleyen projede, okulun 1972 yılından kalan betonarme konstrüksiyonu, pasif ev standartlarını takiben bir bina kabuğu ile kaplanmıştır. Zemin yalıtımında ise tasarımcılar mümkün olduğunca fazla yer tasarrufu sağlamak amacıyla Vakum Yalıtım Panellerini (VIP) kullanma kararı vermişlerdir. Oda yüksekliğinden ödün vermeden gerekli yüksek ısı yalıtım oranlarına ulaşmak için, oldukça ince ve yüksek performanslı Vakum Yalıtım Panelleri kullanmışlardır.



Resim 74. VIP Yalıtım Panelleri:Şap Altından Bölme Katmanı ve Kenarların Korunması(URL- 45).

Uygulama aşamasında, panellerin serilmesi işlemin kritik bölümü olmaktadır. Bu amaçla, mekanik hasarı azaltmak için çift taraflı kauçuk koruma kullanılmıştır. Her odanın panelleri için gereken kesin miktarlar ve boyutlar hakkında bilgi veren bir veri işleme ve planlama aracı kullanılmıştır. Böylece, kurulum işlemi sırasında panellerde oluşabilecek hasarlar önlenmiştir. Kamu projesinde, projenin başlangıcında, vakum izolasyon maliyetleri kritik olarak gözlemlenmiştir. Panellerin ilk yüksek maliyeti, örneğin, yeni merdivenler koymak ve yangına dayanıklı kapıları sökme ve yeniden takma gibi kaçınılan maliyetler için dengelenmiştir. Ayrıca acil çıkışların engelsiz çözümü genel ısı yalıtım performansından ödün vermeden yapılmıştır. Yapılan hesaplar ve analizlerle yüklü işletme maliyetlerini ortadan kaldırılması ile geleneksel yalıtım malzemesine kıyasla kullanımının daha uygun olduğu görülmüştür(URL-46).

### **Faz Değiştiren Malzemeler (PCM-Phase Change Materials)**

Enerji etkinliği bakımından başka bir strateji,gizli ısı depolama kapasitesine sahip faz değişim malzemelerinin kullanılmasıdır. PCM, hem kullanıcıkonforunu arttırmada hem de enerjitasarrufu sağlamada ısı düzenlemeilkesini kullanmaktadır. Böylece fazdeğişimi sırasında açığa çıkan vedepolanan enerjinin yapılarda kullanılmasıile tepe sıcaklıkları azaltılmakta ve mekandaki sıcaklık dalgalanmaları düzenlenmektedir. Bu konuda çalışmalar1950'lere dayanmakla birlikte mikro-kapsüllemenin geliştirilmesi ile yapılardadaha yaygın kullanılmaya başlanmıştır.Mikro-kapsülleme PCM'nin 2 ile 20nmarasında çaplarda granüllerde hapsedilmesi şeklinde gerçekleşebilmektedir. Bukapsüller pek çok yapı elemanına üretimsırasında karıştırma ya da yapım sırasındaboşlukları doldurma yöntemiyle entegreedilmektedir(Tokuç, 2013).Yapı cephesinde betonve cam gibi çeşitli malzemelerle birliktekullanılabilmektedir.Müniht'e Alman SattlerWappner Mimarlık tarafından kazanılan Haus der Gegenwart (Günümüzün Evi, 2005) yarışma projesinde akıllı paneller ileyapı içinde ve dışında panel duvar sistemlerinde uygulanabilirliği görülmüştür (URL-47).

Enerji Alışverişi yapan akıllı malzemelerden faz değiştiren malzemeler, dış uyarılar etkisiyle hal (katı, sıvı, gaz vb.) değiştiren malzemelerdir. Enerji depolama özelliğiyle mimari uygulamalarda genellikle pasif iklimlendirmede ısı enerjisini depolama maksadıyla kullanılmaktadır. Polimer mikrokapsüllenmiş parafin mumu esaslı bir PCM micronal adıyla ticari olarak piyasaya sunulmuştur; toz haldeki malzeme duvar veya tavanlarda kullanılmak üzere siva, dolgu vb. yapı malzemelerine katılmaktadır. Malzemeyi içeren alçı levhalarda üretilmiştir (Micronal, 2006). Bu malzemenin kullanıldığı ilk projelerden biri 3-liter-House (Ludwigshafen, Almanya, 2001) projesidir; yapıda bu malzemenin kullanımıyla sağlanan pasif iklimlendirme sayesinde ısıtma için metrekare başına yılda 3 lt. akaryakıt tüketilmesi hedeflenmiştir. Proje kapsamında enerji gereksinimleri modernize edilmemiş eski binalara göre yedi ila on kat daha düşüktür (URL-48).



Resim 75. 3 Litre Evi, PCM Yalıtım Malzemesi: Brunck Mahallesi'ndeki konut modernizasyon projesi, Ludwigshafen, Almanya, 2001 (URL-49).

PCM kullanılarak akıllı cephelerde geliştirilmiştir. "Sur Falveng" Yaşlılar Evi Projesinde kalınlığı 62-86 mm. arasında olan bu yarı-saydam cepheler üç tabakalıdır. Dıştaki prizmatik cam katmanı, güneş ışınları  $40^\circ$  den büyük açıyla geldiğinde (yaz zamanı) yansıtacak, bu açının altına düştüğünde ise (kış zamanı) geçirecek şekilde tasarlanmıştır. Sistemin akıllı elemanı güneş radyasyonu ile gelen ısıyı depolamak üzere konulan ve PCM özelliği gösteren sulu tuz tabakasıdır. Sulu tuz, ısı emilimini arttırmak üzere griye boyanmış, hava geçirmez polikarbonat kaplara konulmuştur (GlassX, 2005). Malzemenin faz dönüşümü  $+27^\circ\text{C}$  civarında başladığından iç mekan sıcaklığı bu derecenin altına düştüğünde depoladığı ısıyı mekana vermeye başlar. Malzemenin doğal mekanizması faz dönüşümüyle depolanan ısıyı kontrollü biçimde salımına olanak tanıyarak deyim yerindeyse termostat görevi görmektedir. Yapı cephesine bakıldığında faz değişimi evrelerine bağlı olarak malzemedeki saydamlık değişimini izlemek mümkündür (Orhon, 2012).

<b>Proje Adı</b>	Marché Uluslararası Destek Ofisi
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Kemptthal, İsviçre, 2007
<b>Proje Mimarı</b>	Beat Kämpfen Mimarlık, Zürich, İsviçre
<b>Ürün</b>	Şeffaf Faz Değiştiren Malzeme, PCM, GlassX kristal
<b>Üretici</b>	GlassX
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar yüzeyi



Resim 76. Marché Uluslararası Destek Ofisi, Beat Kämpfen Mimarlık, İsviçre, Faz değıştiren malzeme (PCM) kullanımlı cephe ve iç mekan görünüşleri(URL-50).

Avrupa'da otoban restoranları işletmecisi Marché şirketinin destek merkezi, Beat Kämpfen Mimarlık tarafından tasarlanmıştır. '2008 Avrupa Binaya Entegre Güneş Teknolojileri' birincilik ödülünü alan yapı, aynı zamanda İsviçre'de geçerli olan enerji sertifikası ile en yüksek puanla alan ilk ofis yapısı olmuştur. Dikdörtgenler prizması formundaki yapının uzun cephelerinden biri güneye bakmakta olup saydamdır. Öteki cephelerindeyse açıklığın az olması düşünülerek pencereler küçük tutulmuş ve 36 cm yalıtım kullanılmıştır. Bu önlemlerle birlikte ısı



kazanımlılıklimlendirme birimi kullanılması, jeotermal ısı transferiyle döşeme altındanısıtma, yerel ve geri dönüşümlü malzemekullanılması gibi tasarım stratejileri deuygulanmıştır. Yapıda diğer enerjietkin önlemlerle birlikte PCM içerencam sistemi de kullanılmıştır (Resim 76).Kullanılan yalıtımlı ve üç camlı cepheelemanının u-değeri (toplam ısı geçirmekatsayısı) 0,48 W/m<sup>2</sup>K'dir. En dışa bakanhava boşluğunda yer alan prizmatikpanel, yazın daha dik açıyla gelen güneşışınımını yansıtmakta, kışın ise 35°'ninaltındaki açılarla gelen güneş ışınlarını içeri iletmektedir. Ara boşluk ısı yalıtımözelliğini artırmak amaçlı asal gazladoldurulmuştur. İç mekana bakan boşluktaise PCM yer almaktadır. Kullanılan tuzhidratı PCM yaklaşık 20 cm beton eşdeğerienerji depolama kapasitesine sahiptir. Güneşten gelen ısı enerjisi PCM'de gündüzerime süreci ile depolanmaktadır. Gece ve izleyen günlerde ise PCM'de depolananenerji yeniden katılma süreci ile iç mekana aktarılmaktadır. Sistemde PCM üst üste yerleştirilmiş polikarbonat yatayhazneler içinde korunmaktadır. Bütünsistem yüzde 50 ışık geçirgenliğine sahip birduvar görünümündedir (Tokuç, Taşçı, 2014).

Termal ısıyı iyi tutan PCM hem yeni hem de eski binalarda kullanabilirliği açısından en basit anlamıyla gündüz ve gece arasındaki sıcaklık farkını dengeleyen önemli bir özelliğe sahiptir. Sıvı parafin kapsülleri sayesinde hem ortamın havasını ısıtmak hem de soğutmak için kullanılabilir. PCM enerjii içine alarak malzemeyi ısıtmadan sıcaklığı içine hapsedebilmektedir.Örneğin iç mekanlarda soğuk hava olması isternirse malzeme sıcaklığı içine hapsedmekte, uzun süre ortamın havası serin kalabilmektedir. PCM, alçı sıva, gaz beton ve alçı blok malzemelerle de uygulanabilmektedir (El-Samny, 2008).

### **Güneş ve UV Işınlara Karşı Korunum ve Kontrol Sağlayan Akıllı Ürünler**

Kromik malzemeler, fiziksel ve kimyasal uyarılara karşı renk niteliklerinde (renk, opaklık vb.) oluşan tersinir değişiklikler (kromizm) ile tepki gösteren malzemelerolarak en geniş akıllı malzeme gruplarından birisidir. Bunlar arasında elektrik potansiyeli uygulandığında renk değiştiren elektrokromik malzemeler, sıcaklığa bağlı olarak renk değiştiren termokromik malzemeler, ışık etkisiyle renk değiştiren fotokromik malzemeler ve ortamın asitlik (pH) derecesine bağlı olarak renk değiştiren halokromik malzemeler mimari kullanıma en uygunlarıdır. Günümüzde 'Akıllı cam'olarak adlandırılan, üzerinedüşen ısı, ışıkyağunluğu veya uygulanan elektrik potansiyeline bağlı olarak renk nitelikleri kontrol edilebilen akıllı cephe sistemlerinde pasif kontrollü uygulamalarda fotokromik ve termokromik camlar, aktif kontrollü uygulamalarda ise elektrokromik camlar kullanılmaktadır (Selkowitz, 2001). Termokromik akıllı boyalar da uzun süreden beri kullanımdadır. Bu malzeme grubunun bir diğer potansiyel uygulaması, uygulandıkları yüzeyde meydana gelebilecek asitlik değişimi ile

karakterize bozulmaları (korozyon, çürüme vb.) renk değişikliğiyle göstererek erken uyarı verecek halokromik akıllı boyalardır (Orhon, 2012).

Fotokromik kaplamalar, kendi kendine gölgelenen cam üretmek için organik fotokromik boyaları içerir. Orijinal olarak güneş gözlüğü için geliştirilen bu kaplamalar, ortam ışığına kendini ayarlamakta ve camdan görünür ışık geçişini azaltmaktadır. Dış değişimlerden bağımsız olarak daha eşit bir şekilde (zaman açısından) iç mekana dağıtılmasını sağlarlar ve genellikle gölgeleme sağlamak için kullanılırlar. Elektrokromik kaplamalı cam, gölgeleme katsayısını ve görünür ışık iletimini ayarlamak için kısılabılır balastlarla ayarlanmış küçük bir elektrik voltajı kullanır. Gücü kapattıktan sonra, aynı derecede karartmayı korurlar. Bu şekilde cephenin gölgelenmesini ve böylece iç mekanın aydınlatmasını ve sıcaklığını kontrol etmek mümkündür (Şekil 77). Fotokromik kaplamalar gibi, bunlar da aydınlatma enerjisi tasarrufuna ulaşmak için tasarlanmıştır. Termokromik lamine cam (TLG), günışığını düzenleyerek, sürekli değişen iklim koşullarına dinamik olarak otomatik olarak uyum sağlayarak, binanın enerji ihtiyacını azaltmaya ve termal konfor sağlamaya yardımcı olur. Ne elektrik gücü ne de kontrol ünitesi gereklidir. TLG'nin polimerik ara tabakası, ışık ve ısı akılarının etkisi altında filmin koordinasyonunu ve iletimini veya rengini değiştiren geçiş metallerinin kompleksleriyle doldurulur (Şekil 77). İç sıcaklığın fotokromik camla karşılaştırılmasında elverişlidirler, çünkü dış sıcaklık ve aydınlatma derecesi, özellikle kış aylarında karşılıklı olarak birbirine bağımlı olmak zorunda değildir (Savić, vd., 2011).



Resim 77. a) Elektrokromik Kaplamalar: Renkli ve renksiz görüntüleri; b) Güneş ışığına duyarlı Termokromik camlar: Pencere doğrudan güneş ışığı ile renklendirilmiştir; pencere sadece dolaylı güneş ışığına maruz kaldıklarından daha nettir (Savić, vd., 2013).

Bunun yanı sıra, UV ışınlarına karşı koruyan nanomalzemelerin desteğiyle akıllı malzemeler, UV ışınlarını absorbe ederek, malzemeyi koruma görevi gören bu koruyucu kaplamalar transparan yapıda olduklarından, alttaki malzemenin görünümünü ve rengini etkilememektedir. Genel olarak güneşe karşı korunum sağlayan nanomalzemeler ise, perdeye duyulan gereksinimi azaltmaktadır. Elektrokromik camlarda nanoteknoloji kullanımı sürekli elektrik akımının olması gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır ve nanokaplama sayesinde gerektiği zaman elektrik kullanılması enerji tasarrufu sağlayan bir özelliktir.

Nanoteknoloji, güneşle bağılı olarak otomatik kararlı fotokromatik camlarda da enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır (Gür, 2010).

<b>Proje Adı</b>	<b>MASCO HQ Merkez Ofis</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Livonia, Michigan, ABD, 2017
<b>Proje Mimarı</b>	Lindhout & Associates Architects
<b>Ürün</b>	Suntuitive Dynamic Glass, Termokromik cam
<b>Üretici</b>	Pleotint LLC Glass Works Australian
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar ve tavan yüzeyi



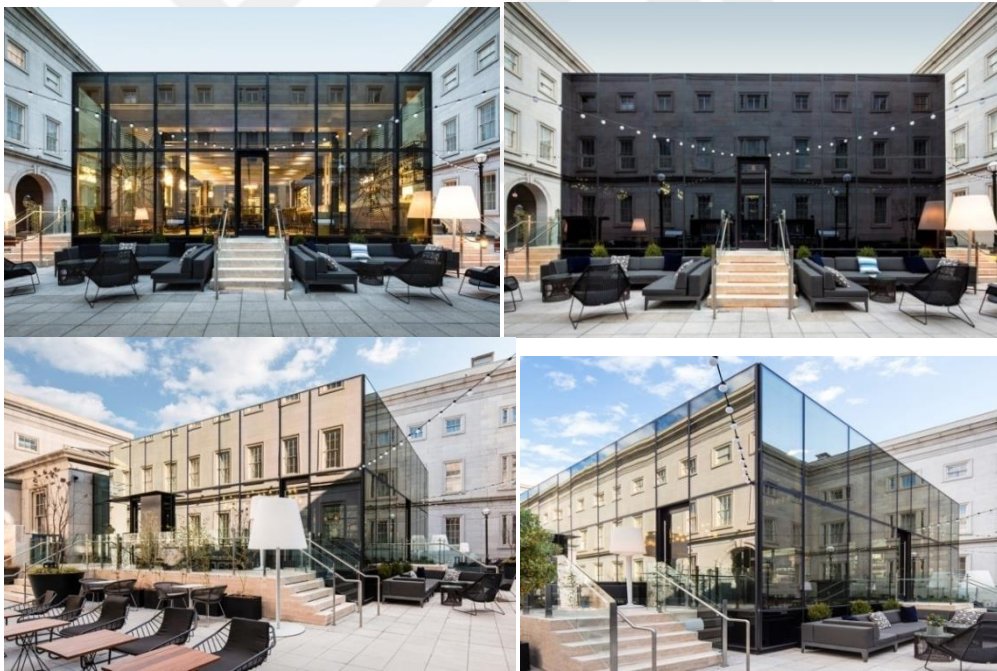
Resim 78. Güneş Uyumlu ve Güneş Duyarlı Termokromik Cam, Masco HQ Merkez Ofis, Livonia, Michigan, ABD, 2017 (URL-51).

Cam ve cam ürünlerindeki gelişmeler son zamanlarda oldukça yoğun bir şekilde artmaktadır. Bina performansını ve kullanıcı konforunu geliştirmek için yaratılan inovasyonlar artık her zamankinden daha fazla kaynaktan elde edilmektedir. Önemli olan, hangi teknolojinin tasarlanan yapı için en iyi şekilde çalıştığıdır. Yeni bir yapı inşa edilmesi ya da yenilenmesi pozisyonundaki tasarımcıların ve mimarların, başlangıç olarak, tamamlandığında binada bulunan özellikleri ve öncelikleri belirlemeleri gerekmektedir. Masco, global merkezlerini

Livonia, Michigan'a taşımıştır. Yeni merkez ofis binası,24 saat son teknoloji ürünü bir fitness merkezi, otururken veya ayakta dururken çalışma imkanı sağlayan ayarlanabilir çalışma alanları, 7 gün 24 saat hizmet veren yeni 75.000 metrekarelik tesisine yaklaşık 220 çalışanı ile yerleşmiştir.Tasarlanan proje, Masco'nun belirttiği seviyelerde performans göstermesi için özel bir çözüme ihtiyaç duyarak, etrafında yer alan şirket ve topluluk organizasyonları için konferans ve toplantı alanına açılan üç katlı atriyumu içermektedir. Bu sebeple, mimarinin(Lindhout & Associates) doğrudan katılımıyla Masco, enerji verimliliği, parlama direnci, ses emilimi ve güvenlik sağlayan cam teknolojisini aramıştır. Termokromik ürünler, iklimlendirici veya iklimlendiricinin ihtiyaçları ile değişme yeteneklerinden dolayı bazen “akıllı” veya “dinamik” cam olarak bilinen camlar ailesindedir.Proje ve ürün, Build dergisi ‘2018 Mimarlık Ödülleri’ kapsamında ‘en yenilikçi doğal aydınlatma çözümü’ olarak seçilmiştir. Uygulama öncesi performansın beklenen standartları sağladığına emin olunması amacıyla mevcut ofis binasında denenmiştir. Proje tasarımcısı Mike Kennedy, proje gereksinimlerini karşılamada kullandıkları cam teknolojisini ve projede kullanımını, “Termokromik bir cam ürün kullanıyoruz, çünkü güneşten gelen parlamayı ve ısıyı ortadan kaldırıyor, manzarayı dışarıdan koruyor ve gölgelik ihtiyacını en aza indirerek, dayanıklılık ve eğimli cam ihtiyacını karşılıyor.Dış camlar, doğal gün ışığının gün içinde binanın iç kısmını hafifçe aydınlatacak ve akşam saatlerinde merkezi cam atriyumun ışık / enerji kaynağı olduğu akşam saatlerinde fener etkisi yaratacak şekilde yerleştirilerek,yapı boyunca ilerliyor. ” şeklinde açıklamıştır. Akıllı cam ürünü,kablo veya elektronik içermemekte ve cam aktif olarak renk değiştirmede, sıcaklığı tetikleyici olarak kullanmaktadır. Bunu yaparken cam 7/24 aktif olmaktadır (URL-51).Projede kullanılan dinamik akıllı cam, termokromik teknolojiye dayanır. Camın dinamik kalbi olan termokromik malzeme, doğrudan güneş ışığından gelen ısıyla aktifleşir ve pencerenin gerektiği gibi renklenmesini sağlar. Bu elemanlar daha sonra iki cam parçası arasında lamine edilen bir PVB (polivinil butil) ara katman içine gömülür. Bu laminat daha sonra nihai ürüne, dinamik yalıtımlı bir cam birime (IGU) dahil edilir. Performans açısından, gün boyunca, güneşten gelen ısı, pencerenin ısınmasına yol açarak PVB ara katmanının kararmasına neden olan camı ısıtır. Güneş ışığı doldukça, cam ve ara katman serin, berrak bir duruma dönmektedir. Görünür ışık geçirgenliği (VLT);dinamik camın sürekli değişen güneş ışığı koşullarına uyum sağlamaktadır. Yıl boyunca, bu ayarlanabilir teknoloji, çeşitli hava koşullarında, dinamik olarak renklendirme yaparak binaya giren görünür ışık miktarını otomatik hale getirir. Güneş ısı kazanımı, gün boyunca direk güneş ışığına uyum sağladığından güneş kontrolünü optimize eder ve güneş ısı kazancını en aza indirir. Isı kaybını önlemek için düşük u-değerleriyle geleneksel yüksek verimli IGU'nun avantajlarını korur. Binanın ısı yükünü azaltır ve enerjide yüzde 43'e kadar tasarruf sağlamakta, zararlı UV ışığının yüzde 99'unu engellemektedir. Lamine yapısı, gürültü azaltmanın yanı sıra ilave güvenlik avantajları sunar ve dayanımı yüksektir. Kurulumu basittir ve tasarım veya kurulum

aşamasında herhangi bir ek işlem gerektirmez; çalıştırılabilir pencerelere ve kapılara monte edilebilmektedir. Pasif bir teknoloji olarak herhangi bir harici güç kaynağı veya doğrudan güneş ışığı dışında bir giriş gerektirmemektedir. Kullanıldığı projede, sürdürülebilirlik ve yeşil bina alanında, WELL, LEED veya BREEAM sertifikasyonu için kredi kazanmasında etkili olmaktadır (URL-52).

<b>Proje Adı</b>	<b>Dirty Habit DC Restorant</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Washington DC, ABD/2016
<b>Proje Mimarı</b>	Stanton Mimarlık, Michael Stanton
<b>Ürün</b>	SageGlass, Elektrokromik cam
<b>Üretici</b>	Saint Gobain
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar yüzeyi



Resim 79. Dirty Habbit DC Restoran, Washington DC, ABD, Elektrokromik cam cephe görünümleri(URL-53).

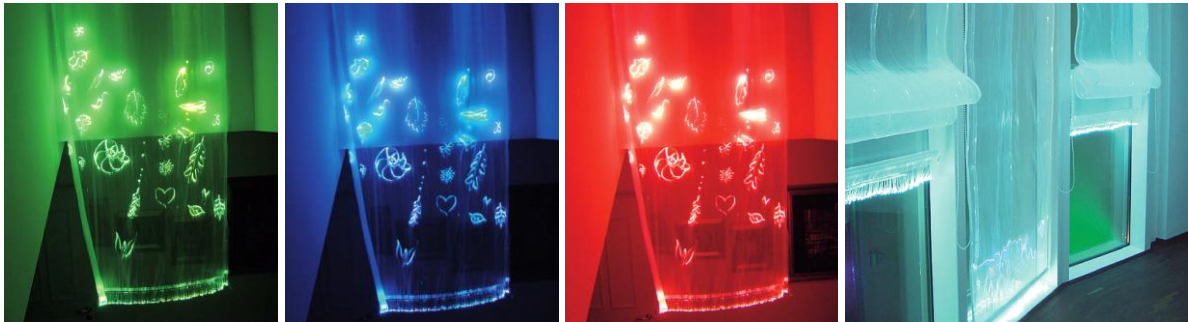
Dirty Habit restoran, Washington DC'deki Penn Quarter'ın kalbinde yer alan ikonik Kimpton Hotel Monaco DC'nin avlusunda yer almaktadır. Hotel Monaco DC, 1839'da inşa edilen Merkez Postane binasının canlanma mimarisi kapsamında yeniden işlevlendirilmesi projesidir. Restoranın tasarımında, Stanton Mimarlık ve iç mimarı Dawson Design Associates firmaları bir araya gelerek, merkez postanesinin ulusal tarihi önem ve yasal zorunluklar

nedeniyle, postanenin klasik canlandırma cephesine görünürlüğünü korumak amacıyla son teknoloji bir tasarıma sahip, dinamik cephe yaratma zorluğuyla karşı karşıya kalmıştır. Tasarımcılar, dışarıdaki görüntüyü en üst düzeye çıkarırken parlamayı ve ısı kazanımını kontrol etmenin bir yolunu bulmak için görevlendirilmiştir. Proje ekibi, tüm tasarım sorunlarını, elektronik olarak ayarlanabilen elektrokromik cam ile çözmüşlerdir. Güneşlikler ve gölgeler gibi geleneksel seçeneklerin kullanılması manzarayı engelleyecek ve mekanın tasarımına müdahale edecekti. Tüm restoran cephesi ve tavan penceresi boyunca kullanılan elektrokromik camlar, gün boyu güneş hareketlerine cevaben otomatik olarak karartılır veya temizlenir. Ayrıca, günışığı, dış mekan görüşlerini ve rahatlığını optimize ederken, parlamayı, solmayı ve aşırı ısınmayı önlemekte, postanenin ön cephesini koruyarak, mekan konforunu sağlamaktadır. Görsel olarak, cam cephe, yapıyı çevreleyen klasik canlanma mimarisini tamamlayarak Hotel Monaco'nun yaratmaya yöneldiği estetiği desteklemektedir.

Elektrokromik cam (akıllı cam veya dinamik cam), pencereler, tavan pencereleri, cepheler ve perde duvarları için kullanılan elektronik olarak renklendirilebilir bir camdır. Kullanıcıları tarafından doğrudan kontrol edilebilen elektrokromik cam, kullanıcı konforunu artırma, gün ışığına ve dış mekan görüşlerine erişimi en üst düzeye çıkarma, enerji maliyetlerini azaltma ve mimarlara daha fazla tasarım özgürlüğü sağlamaktadır. Elektrokromik cam, güneş kontrolünün, sınıf ortamları, sağlık tesisleri, ticari ofisler, perakende alanları, müzeler ve kültür kurumları gibi bir zorluğun olduğu binalar için akıllı bir çözümdür. Bir atriyuma veya tavan penceresine sahip iç mekanlarda da akıllı cam kullanımından faydalanılabilmektedir. Elektrokromik camlar, gün ışığına ve dış mekan görüşlerine erişim sağlamasına bağlı olarak, daha hızlı öğrenmeye ve hasta iyileşme oranlarına, iyileştirilmiş duygusal sağlığa, artan üretkenliğe ve çalışanların memnuniyetlerinin artmasına faydalı olabilmektedir. Cam çeşitli kontrol seçenekleri sunmaktadır. Kullanıcılar ışık, parlamayı, enerji kullanımı ve renk oluşturmayı yönetmek için otomatik kontrol ayarlarını kullanabilirler. Kontroller ayrıca mevcut bina otomasyon sistemine entegre edilebilir. Buna ek olarak, yapının enerji tasarrufu ile sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmaktadır. Güneş enerjisini en üst düzeye çıkararak ve ısıyı ve parlamayı en aza indirerek, yapı toplam enerji yüklerini ortalama yüzde 20 ve azami enerji talebini yüzde 26 oranına kadar azaltarak binanın yaşam döngüsü üzerinde maliyet tasarrufu sağlamasına olanak sağlamaktadır. Tasarımcılara, binanın dış yüzeyini, panjur ve diğer gölgeleme cihazlarına ihtiyaç duymadan tasarlama özgürlüğü vermektedir (URL-54).

### 3.1.1.3. Mimari Tasarım ve Dekorasyon Amaçlı Kullanılan Akıllı Ürünler

Yapı iç ve dış mekan yüzeylerinde mimari tasarım bağlamında belli etkiler yaratılmak istendiğinde akıllı malzemeler kullanılabilir. Mimari tasarımda kullanılacak ürünler genellikle öncelik olarak ürün tasarımında kullanılabilir. Örneğin; tekstil, otomobil ve mobilya seri üretimine girmeden önce yüksek gereksinimleri karşılamalıdır. Bu sebeple, yeni malzemeler ve ürünler bazen bu sektörlerde mimariden daha hızlı ve hatta inşaat alanlarından çok daha fazla sunulabilmektedir. Bazı durumlarda, bu diğer alanlarda test edilen malzemeler ve ürünler mimari uygulamalarda kullanılmak üzere değiştirilebilir. Yenilikçi malzeme ve ürünleri ilk kez kullanan ve onlar için bazı alışılmadık uygulamalar geliştiren, deneylerdeki hassasiyetleri ve zevkleriyle sanatçılar ve tasarımcılar görülmektedir. Tekstil alanında, kendi kendini temizleyen kumaşlar, şekil bellek alaşımli akıllı malzeme ile üretilen tekstil ürünleri, termokromik boya ile rengini ve desenini değiştiren kumaşlar, elektrolüminesans akıllı malzeme ile ışık yayan giysi, şekil bellek polimerleri ile iklim düzenleyici ceket, elektron yayan ve led kullanılan savunma ceket, elektrolüminesans film ile ışık yayan el çantası vb. ürünler üretilmiştir. Örneğin, bu ürünlerden Grado Zero Escape'in şekil bellek polimerli iklim düzenleyici ceket, vücut sıcaklığına tepki olarak, terleme ve ısı akışını geçiren ve geçirgenliği kontrol eden şekil hafızalı bir polimerden yapılmış nem ve ısı düzenleyici bir iklim membranına da sahiptir. Bu polimerlerin mimari kullanım araştırmaları halen devam etmektedir (Ritter, 2007).



Resim 80. Çeşitli Renklerde Işık Yayan Malzeme Tekstil Perde Olarak Kullanımı

Akıllı ürünler mobilya tasarımı alanında da uygulanmıştır, termokromik boya ile renk değiştiren modilya döşemesi, fosforesan akıllı malzeme ile ışık yayan cam ve seramik ürünler bulunmaktadır. Bunun yanında, akıllı malzemelerin renk değiştirme ve ışık yayma özellikleri çeşitli sanat uygulamalarında da kullanılmıştır.



Resim 81. Gece ve gündüz ışık yayan masa uygulaması(Ritter, 2007).

Bu bağlamda, iç ve dış mekan yüzeylerinde renk değiştirme(fotokromik, termokromik, elektrokromik) ve optik(elektro-optik) olarak değiştirilebilir malzeme ve ürünlerin kullanılmasıyla yaratılabilecek bir dizi farklı etki vardır. Örneğin, başlangıçta durağan görünen, tek renkli yüzeyler, belirli uyaranların etkisi ile aniden canlanabilir. İsveç, Interactive Enstitüsü'nün Power Stüdyosu'ndaki, UV ışığı ile zamanın farkedilmesi projesi kapsamında fotokromik boya (mürekkep) uygulaması ile tasarımcılar, Sofia Lagerkvist, Chalotte Von der Lancken, Anna Lindgren ve Katja Sâvström, ışığın etkisi altında monokromikten birokromik bir kırmızıya geri dönüşlü olarak dönüşebilen UV'ye duyarlı mürekkeplerle bir duvar kağıdı geliştirmişlerdir. Pattern wallpaper adını verdikleri ürün, kullanıcıya, gün içinde değişen UV ışınlarının yalnızca bilinçaltında algılanan enerji biçimlerinin etkisi altında nasıl değişebileceğini göstererek, iç mekan yüzeylerinde kullanılabilecektir (Ritter, 2007).



Resim 82. Interactive Enstitüsü, Power Studio, Fotokromik Pattern Duvar Kağıdı, İsveç (2005).

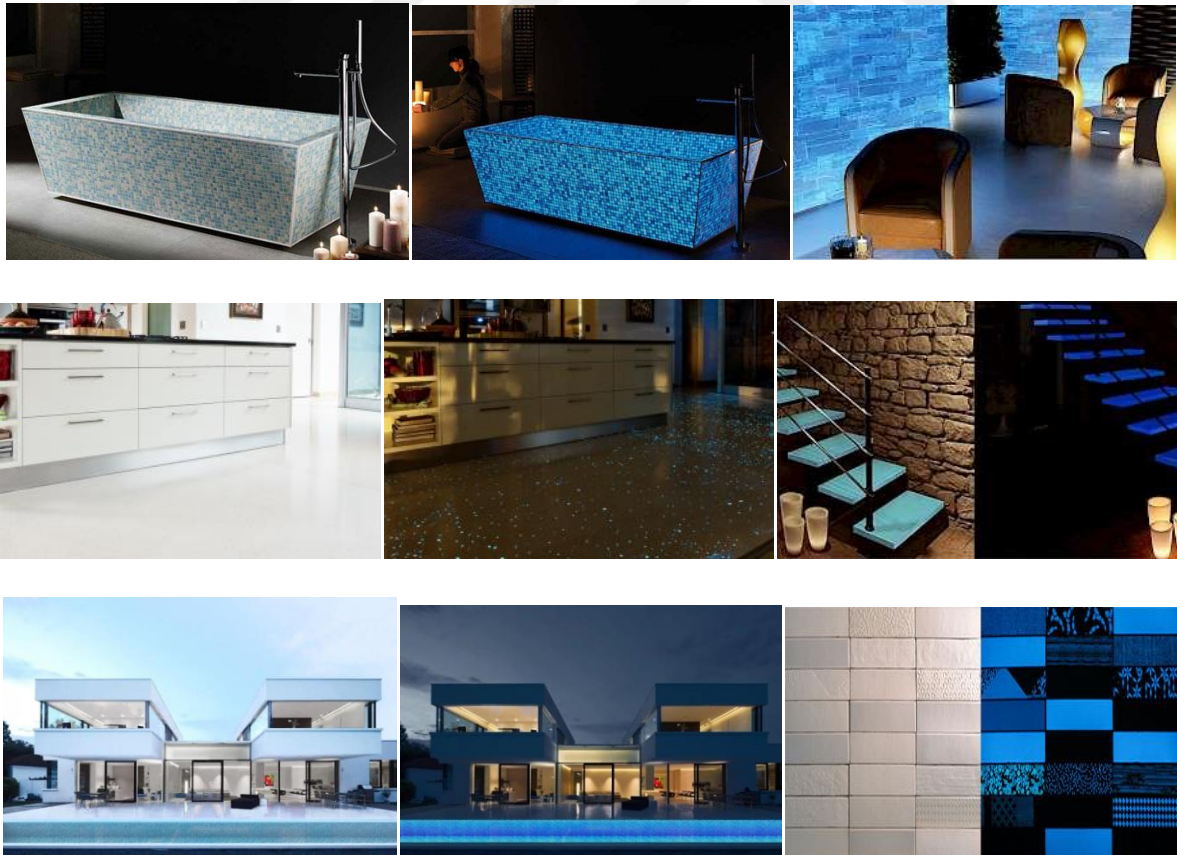
İç mekanda tasarım, dekorasyon ve bölme amaçlı akıllı cam teknolojileri de kullanılabilmektedir; bölmeler, kapılar ve sürgülü kapılar, zemin panelleri, sayaçlar, vitrinler, banka ekranları, arka projeksiyon ekranları, çoklu ortam duvarları vb. Dış cephede ise, pencereler, tek veya çift camlı cepheler, opak arka projeksiyon ekranları, çoklu ortam duvarları vb. alanlarda kullanılabilmektedir. Düşük bir elektrik akımı ile anında şeffaflık veya gizlilik sağlanabilmekte, UV ışığı büyük oranda filtrelenebilmekte, lamine güvenlik camı olarak kullanılabilmektedir. Sıvı kristaller, ışık yayıcı özelliği ile camın projeksiyon ekranı olarak kullanılmasına olanak tanımaktadır.





Resim 83. Sol: Cam Sıvı Kristal Sistemi: Sağ: Opak faz, Sol: Yarı saydam faz. Görüntü mahremiyeti, Lindhorst Ofis, Zagórow, Polonya, Saint-Gobain(URL-55).

<b>Akıllı Malzeme</b>	İşık Yayan Akıllı Malzeme
<b>Ürün</b>	Fotolüminesans cam, seramik ve boya
<b>Üretici</b>	Lucedentro
<b>Kullanım Yeri</b>	İç ve dış duvar, döşeme yüzeyi, mobilya ve dekoratif yüzeyler



Resim 84. Fotolüminesans Dekoratif Cam, Seramik, Mozaik, Taş ve Beton Yüzeyler İç ve Dış Mekan Uygulamaları (URL-56).

Işıkyayan akıllı malzemeler (fotolüminesans,elektrolüminesans) ile yüzeylerde odak noktaları oluşturulabilmektedir.Lüminesan pigmentler tasarım aracı olarak alternatifler sunmaktadır. Işığın projenin bir parçası haline gelmesine izin vererek, lambalar, cam, mozaikler, seramikler, reçineler, silikon, çimento, tekstil ve hatta metaller ile yüzeylere uygulanabilmektedir. Herhangi bir malzeme, lüminesans nedeniyle görsel potansiyelini artırabilmektedir. Fotolüminesans ürünler; tasarımcılar, mimarlar ve lüminesansın tüm potansiyelini ifade edebilen sanatçılar ile işbirliği içinde teknik ve estetik kaliteye sahip, tasarım, güvenlik, yapı malzemeleri ve enerji tasarrufu alanlarında çözümler sunmaktadır. Çeşitli mekanlar veya mekansal ihtiyaçlar için kullanılabilen fotolüminesan özellikli ürünler bahçeler, parklar, özel ve kamusal geçitler veya iç mekan tasarımlarında duvar ve zemin yüzeylerinde cam, seramik, mozaik cam, taş ve beton ve boya ürünleri şeklinde uygulanabilmektedir. Işıldama, gündüz saatlerinde veya aydınlatma elemanları ile ışığı emmekte ve ürünün yüzeyi şarj olmaktadır; daha sonra karanlık ve loş ortamlarda parlayan ışığı yaymaktadır. Çoğu durumda neon tüpler, ampuller ve enerji tasarruflu akkor ampuller ışığına 10-15 dakika süreyle maruz kaldıklarında iyi bir sonuç elde edilmektedir. Fotolüminesans pigmentleri şarj etmek için doğrudan güneş ışığına yaklaşık 1 ila 5 dakika maruz bırakılmaktadır. Güneşin spektrumu, doğal pigmentlerin tam olarak uygun bir şekilde şarj olmasını sağlamaktadır. Işıldayan etkisi yaklaşık 8 saat sürmekte ve en anlaşılır biçimde karanlıkta görülebilmektedir. Doğal pigmentler malzemenin yüzeyine gömülmektedir. Bu süreç genellikle üretim sırasında gerçekleşmekte ve doğal elementlerden elde edilmektedir.

Mekan tasarımlarında, fotolüminesans boya, güvenlik ve dekorasyon alanlarındaki uygulamalarda, sert yüzeylerde (duvar, sıva, taş, beton, asfalt vb.) uygulanabilmektedir. Güvenlik amacıyla, özellikle uyarılar ve kaçış yollarının işaretleri olarak bir karartma olması durumunda görünürlüğün gerekli olduğu tüm ortamlarda kullanılabilir. Tasarım ve dekorasyon amacıyla banyolarda, eğlence mekanlarında, sağlıklı yaşam ve dinlenme alanlarında ve daha bir çok iç mekan yüzeylerinde yaratılmak istenen etkiye göre renk ve kontrast oluşturmak için kullanılabilir. Fotolüminesans mozaik karolar, mutfaklar, banyo, yüzme havuzları vb. ıslak hacimlerde ve bir çok alanda da kullanıma uygun olmaktadır. Hem duvar hem de zemin üzerine uygulanabilen, farklı renk karışımlarında bulunan fotolüminesan mozaiklerin kullanımı mekan kullanıcılarına farklı bir deneyim sunabilmektedir. Fotolüminesan cam, çakıl ve hafif yuvarlatılmış taşlar olarak, düzenli düz kiremit ürünler olarak ta bulunmaktadır. Ürünler, güvenli, çevre dostu ve enerji tasarrufunu teşvik eden özelliklere sahiptir (URL-57).



Resim 85. Çiçekler, Işık Yayan Akıllı Malzeme: Elektrolüminesans Baskılı Kumaş, Işık ve Yazılıma Bağlı Aydınlatma, Loop.pH Ltd., Rachel Wingfield, Mathias Gmachl, Işık kinetik bölücüler ve duvar dekoru, İngiltere (2004) (URL-58).

### 3.1.2. İç ve Dış Yüzeylerde Kullanılan Akıllı Malzeme Sistemleri

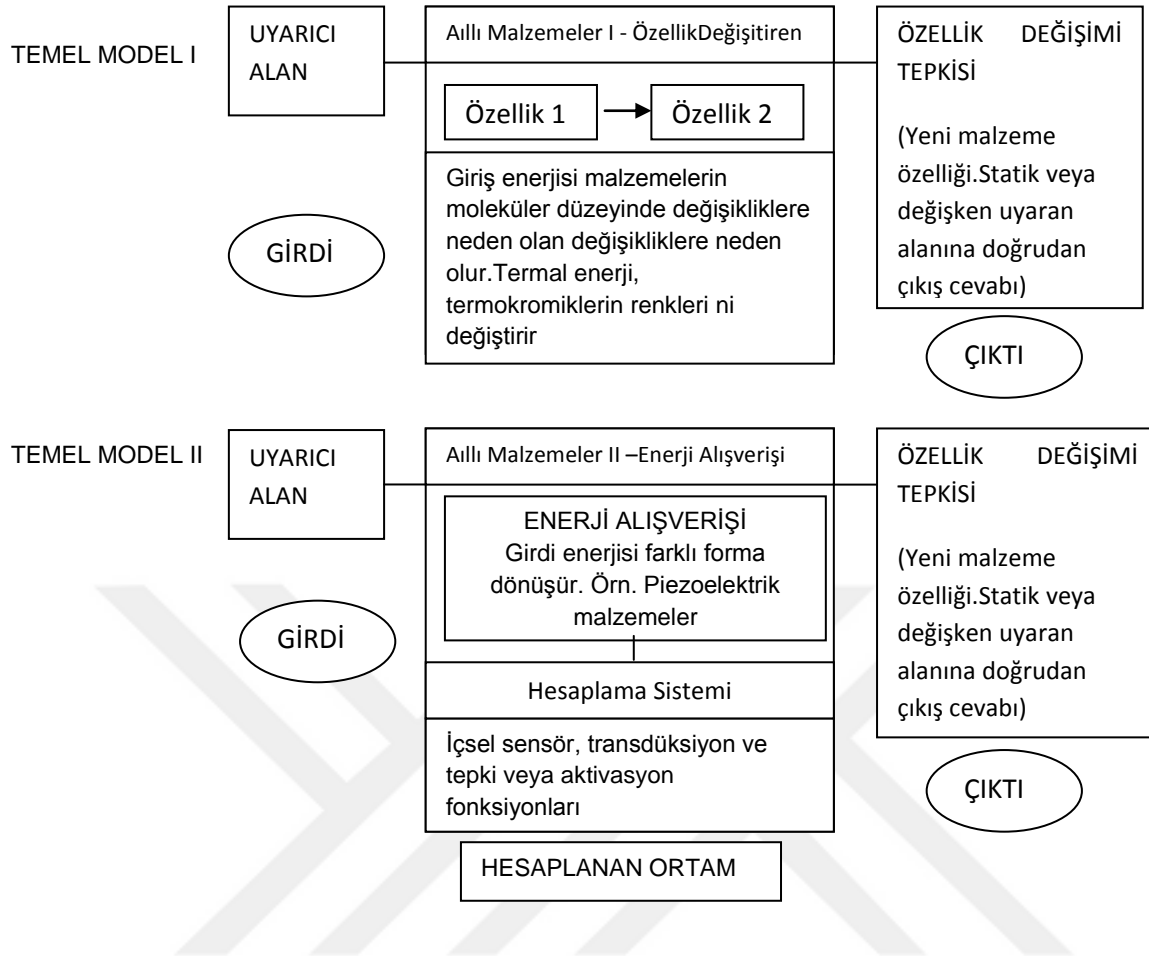
Adaptif mimari (çevre koşullarınakendini uyarlayabilen mimari), belirli yapı bileşenlerinin, kullanıcı girdisi ve çevresel yönler gibi değişen uyarılara tepki olarak uyarlayabileceği bir mimari olarak tanımlanmaktadır (Lelieveld vd., 2007). Bu uyarlamalar, bina sisteminin farklı bileşenlerinde bulunabilmektedir. Ek olarak, adaptasyon farklı teknik düzeylerde olabilmektedir. Akıllı malzemeler birçok biçime sahip olabilir ve bahsedilen farklı rollerin çoğuna hizmet edebilir. Bölüm 2'de açıklanan akıllı malzemelerin daha temel eylem ve davranışlarının çoğu, doğrudan sensörler, dönüştürücüler veya harekete geçirici cihazlar olarak yapı sistemlerinde çeşitli rollere de sahip olabilmektedir. Sensörler, transdüsörler ya da aktüatörler olarak görev yapan akıllı malzeme bileşenlerinin bir araya getirilmesi amacı, amaçlanan bir eylemi üretmek ya da arzu edilen tepki özelliklerine sahip olmak için aktive edilebilen ya da kontrol edilebilen birbirine bağlı bir bütün sistem oluşturmaktır (Addington, Schodek, 2005).

Algılama, işleme ve davranma gibi farklı özelliklere sahip malzemeler için belirli bir malzeme grubunun tanımlanması gerektiği kabul edilmektedir. Sensörler, aktüatörler ve kontrol mekanizmaları, malzemenin kendi mikro yapısının bir parçası haline geldiğinde, malzemeler akıllı sistemler haline gelebilmektedir (Anderson, vd., 1992). Çoğunlukla, akıllı malzemeler bir yapıya veya sisteme gömülmektedir. Minyatürleştirme ve malzeme yenilikleri, çok işlevli performans hedefiyle akıllı malzeme sistemlerini mümkün kılmaktadır.

Akıllı malzeme sistemleri aktif veya pasif sistemlerde kullanılabilir. Bir sistem, belirli bir uyarı değişikliği algıladığında ve bir tür eylem veya harekete geçirme ile doğrudan yanıt verirse, pasif olarak adlandırılır. Aktivasyonu başlatmak için gereken enerji, çevresel kaynaklardan elde edilir. Bu performans kapalı döngü sistemidir ve kesintiye uğramamaktadır. Malzemenin performansı bir sistem tarafından kontrol edildiğinde, bu sistem

aktif olarak kabul edilir. Bir sensör, dış uyarının değişimini algılar, bundan sonra kontrol sistemi bu girişi işler ve daha sonra aktivasyon için bir uyarı verir. Malzeme sisteminin performansı için enerji girişi gereklidir. Sistemin performansı gerektiğinde ayarlanabilir. Örneğin, otomatik ışık sistemi aktif olarak kabul edilir, çevre ışığı azaldığında aydınlatma açılacaktır. Işık seviyesi, ışığa duyarlı bir sensör tarafından algılanır ve aydınlatma, bir elektrik uyarıcısı ile aktive edilir. Bir hibrit sistem ise aktif ve pasif sistemlerin özelliklerini birleştirir. Akıllı malzeme, aktivasyonu pasif bir seviyede gerçekleştirilebilir, ancak bu performans aktif bir sistem tarafından geçersiz kılınabilir. Örneğin, güneş ışığından yüksek sıcaklık yükleri tespit edildiğinde, pasif sistem otomatik olarak cam yüzeyini gölgeleyen bir uyarlamalı gün ışığı sistemi olarak yanıt verebilir ancak kış koşullarında yüksek termal yükler bir avantaj olabilmektedir. Bu durumda, gölgelemenin aktif kontrol ile engellenmesi tercih edilebilir. Hibrit sistemler daha yüksek bir performans seviyesine yol açabilir, ancak daha yüksek bir karmaşıklık seviyesine de yol açabilmektedir (Spencervd., 2003).

Adaptif mimari sistemlerde, özellik değiştiren ve enerji alışverişini sağlayan akıllı malzeme kullanımının avantajlarından biri, algılayıcı/aktüatör olarak kullanılan malzemelerin, açıklanan işlemlerin çoğunun malzemelerin kendisinde dahili, içsel olarak gerçekleştiği şekildedir. Bazı durumlarda, sensör/çalıştırma çevrimi tamamen içselleştirilmiştir. Diğer durumlarda, bazı türler için destek unsurlar gerekebilir, ancak kullanımları sistemin karmaşıklığını her zaman azaltmaktadır. Addington ve Schodek' in kategorize ettiği üzere, Tip 1 özellik değiştiren malzemeler için, içsel ve geri dönüşümlü özellik değişiklik tepkileri vardır. Şekil 2'de gösterilen belirleyici model I, Tip 1 akıllı malzemeler için temel giriş ve çıkış ilişkilerini tanımlamak için kullanılabilir. Programlanabilir mantık özellikleri veya kapalı döngü davranışları dahil olmak üzere komple bir kontrol sisteminin tüm avantajları istendiğinde, elektrik sinyalleri üretebilen, enerji değişimli akıllı malzemelerin kullanımı ile kusursuz bir gelişme olacağı açıktır. Enerji değişimli malzemelerin davranışları, kelimenin tam manasıyla programlanamazken, kolayca karmaşık bir sistemin parçası olabilir ve yine genel karmaşıklığını azaltmaya hizmet edebilmektedir. Şekil 2 'de gösterilen belirleyici model II, bu tür, Tip 2 enerji değiştiren malzemelerin kullanılması durumunda temel giriş ve çıkış ilişkilerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Gittikçe daha fazla araştırma, genel sistem davranışlarının mümkün olduğunca içselleştirilmesine yöneliktir. Sonuçta, akıllı malzemeler, genel sistemi kesintisiz kılma imkânı sunmaktadır (Addington, Schodek, 2005).



Şekil 2. Akıllı Malzemeler Tip-1 ve Tip-2 için Giriş /Çıkış Kontrol Modelleri, (Addington, Schodek, 2005).

Akıllı malzemeler mevcut ve/veya tanımlanmış mimari uygulamalarda kullanılmaktadır. Mevcut uygulamaların bir çoğunda faydacı olarak yapısal, mekanik ve elektrik gibi standart yapı sistemleri içerisinde kullanıldıkları görülmektedir. Bu sistemler genellikle binanın altyapısına yerleştirildiğinden, akıllı malzemelerin birçoğu 'gizli' olma durumundadır Tablo 13'de akıllı malzemeler, sistemler ve bunların karakter özellikleri mevcut ve/veya belirli mimari uygulamalara eşleştirilmektedir (Addington, Schodek, 2005).

Tablo 13. Potansiyel Olarak Uygulanabilir Akıllı Malzemelerle İlişkili Tipik Yapı Sistemi Tasarım İhtiyaçlarının Haritalandırılması (Addington, Schodek, 2005).

BİNA SİSTEM İHTİYAÇLARI	İLGİLİ MATERYAL VEYA SİSTEM ÖZELLİKLERİ	TEMSİLİ UYGULANABİLİR AKILLI MALZEMELER
Bina Kabuğundan geçen güneş radyasyonunun kontrolü (Ör. Renk değişen yüzeyler)	Spektral absorpsiyon / kabuk malzemelerinin iletimi	Asılı parçacık paneller, Sıvı kristal paneller, Fotokromikler, Elektrokromikler
	Kabuk malzemesinin göreceli konumu	Panjur veya panel sistemleri, dış ve dış ışınım (ışık) sensörleri, fotovoltaikler, fotoelektrikler, kontroller / aktüatörler, şekil hafızalı alaşımlar, elektro ve manyeto kısıtlayıcı
Bina kabuğu boyunca iletken ısı transferinin kontrolü (Enerji aktarabilen malzemeler)	Kabuk malzemelerinin ısıl iletkenliği	Termotropikler, faz değişim malzemeleri
İç ısı üretiminin kontrolü (Enerji aktarabilen malzemeler)	İç mekan malzemelerinin ısı kapasitesi	Faz değişim malzemeleri
	Isı kaynağının göreceli konumu	Termoelektrik
	Lümen / watt enerji dönüşümü	Fotoluminesans, Elektrolüminesans, Işık yayan diyotlar(LED)
Enerji dağıtımı	Ortam enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi	Fotovoltaik, mikro ve mezo enerji sistemleri (termoelektrik, yakıt hücreleri)
Aydınlatma sistemlerinin optimizasyonu	Güneşiği algılama Aydınlatma ölçümleri Meşgulliyet algılama	Fotovoltaik, Fotoelektrik, piroelektrik
	Görelî boyut, kaynak konumu ve rengi	Işık yayan diyotlar (LED'ler), elektrolüminesanslı çift fotovoltaik cam (aydınlatma sisteminin optimizasyonu)
HVAC sistemlerinin optimizasyonu (Elektronik ve biyokimyasal işlevlerin entegrasyonu)	Sıcaklık algılama Nem algılama Alışkanlık algılama CO2 ve kimyasal algılama	Termoelektrikler, piroelektrikler, biyosensörler, kimyasal sensörler, optik MEMS
	Kaynak ve / veya atık su bağılı konumu	Termoelektrik, faz değiştirme malzemeleri, ısı boruları
Yapısal sistemlerin kontrolü	Gerilme ve deformasyon izleme Çatlak kontrolü Gerilme ve deformasyon kontrolü Titreşim izleme ve kontrol Euler çökertme kontrolü	Magnetoreolojik, şekil bellek alaşımları Fiber optik, piezoelektrik, elektroeolojik (ER),

Akıllı malzemelerdeki ilerlemeler, mimari pratiğe ve deneysel projelere doğru yol almıştır. Akıllı malzeme sistemleri davranışsal yönlerine göre yapısal performans, iklim ve enerji performansı, mimari performans olarak kategorilere ayrılabilir (Lelieveld, 2013).

Akıllı malzemelerin kullanımı incelendiğinde, çeşitli sistemler içerisinde kullanımı öne çıkmaktadır. Birçok akıllı malzeme yaygın şekilde sensörler olarak kullanılmaktadır. Algılama, bina sistemlerinin performansında önemli bir rol oynamaktadır. Bir HVAC (ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme) sisteminin en rutin çalışması bile, özellikle havanın sıcaklığı ve bağıl nem gibi çeşitli çevresel değişkenlerin kesin olarak belirlenmesini gerektirmektedir. Akıllı malzeme uygulaması için en göze çarpan kategorilerden bir tanesi ise, bu malzemelerin performansı kadar önbellek olarak kullanıldığı pencere ve cephe sistemleri alanında bulunmaktadır. Bunun yanında, kullanıldıkları aydınlatma sistemleri belki de kullanıcının yapıyı algılamasına en çok etkisi olan sistemlerdendir. Ayrıca, küresel çevre ile ilgili endişeler giderek arttığı için, enerji sistemleri sürekli olarak daha da önem kazanmaktadır. Akıllı malzemelerin bir binanın enerji üretimi ve kullanımı ile ilgili karmaşık ağlarda oynayabileceği roller veya kullanılması gereken durumlar konusunda bir çok düşünce bulunmaktadır. Yapılardaki akıllı malzeme uygulamalarının en ilginç ve en az görülebilenlerinden biri, yapısal sistemlerin izlenmesi ve kontrolü konusudur. Bu amaçla; akıllı malzemelerin, cephe, aydınlatma, enerji ve yapısal izleme sistemlerinde kullanımı konuları bu başlıklar altında incelenmesini gerektirmektedir. Her sistem örneklerin kullanımıyla tartışılacaktır. Örneklerin amacı, bina ortamında akıllı malzeme teknolojisinin mevcut durumuna genel bir bakış sağlamaktır.

### **3.1.2.1. Akıllı Malzeme Cephe Sistemleri**

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

olarak göz önüne alınmalıdır. Bu çerçevede, teknolojik gelişmelerin ışığında yapı kabuğunun tasarımında yenilikçi malzemeler kullanımının istenen özelliklere katkısı irdelenmelidir.

Yirmi birinci yüzyılın başında, karşı karşıya kaldığımız küresel çevre sorunları, sera etkisinin getirdiği ve iklim değişikliğinin etkisiyle ortaya çıkması mümkün olan riskler bize enerji tasarrufunun önemini hatırlatmıştır. 1972 yılındaki petrol krizi ve sonucunda kaynakların tükenebilir olduğu konusundaki bilinçlenme, cephe yüzeyinden elde edilen solar radyasyonu kullanma fikrini ortaya çıkarmıştır (Compagno, 2003). Enerji krizi sonrası, batılı ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak, toplam birincil enerji ihtiyacının en az ve ideal olarak en düşük seviyede azaltmaya çalışan binalar üretmeye başlamıştır. Bu çabalar sonucu, fosil yakıtların kullanımı azalmaya başlamış; güneş, su ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Ayrıca bina dış kabuğunda bazı tedbirler alınarak (çift cam, yalıtımlı duvar ve çatı gibi), daha az enerji harcanarak bina konfor şartlarının belli bir düzeyde kalması için çalışılmıştır (Erturan, Eren, 2011). 1990'lı yıllarda akıllı cephe çözümleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Kendi enerjisini üretebilen, havalandırmayı, ısıtmayı ve soğutmayı sağlayabilen binalarda "akıllı cepheler" kullanılmıştır (Begeç, Savaşır, 2004).

Bir binanın cephe maliyetinin toplam bina maliyeti içerisindeki payının %15-%40 arasında olmasına karşın, bina cephesinin bina işletim maliyeti üzerindeki etkisi %40 veya daha fazla olabilmektedir. Bu nedenle, son yıllarda fosil enerji kaynaklarının elde edilmesindeki sıkıntılar, bu kaynakların kullanılmasının yarattığı çevre sorunları, bir ülkedeki toplam enerjinin %40-50 gibi çok önemli payının binalarda kullanılıyor olması ve dolayısıyla binalarda enerji verimliliğinin önem kazanmasıyla birlikte, yapı ve malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak akıllı kabuk tasarımı gündeme gelmiştir (Erturan, Eren, 2011). İç ve dış ortam ayırıcı olarak cephenin enerji tüketimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. (Yılmaz ve Bayraktar, 2007). "Akıllı" kelimesi cephe için, binanın temel enerji harcamasını azaltabilmesi amacıyla, değişen günlük ve mevsimsel iklim şartlarına göre uyum sağlayabilme yeteneğini işaret etmektedir. Akıllı kabuk olarak ta nitelendirilen akıllı cephe sistemleri, kullanıcıların konforu ile enerji kullanımı arasında optimum bir denge kurmak amacıyla, iç ortama dinamik ısıtma, soğutma, aydınlatma, ve taze hava sağlamakta önemli role sahiptir. Kullanıcının, değişen çevre koşullarına uyum sağlama ve konfor gereksinimleri yüzünden sisteme müdahalesi sınırlandırılmış ve gereksiz enerji kullanımı engellenmiştir. Kendisini ayarlayarak dış koşullara uyum sağlayan ve bu yolla bina içi çevrede ışık, ses, iklim ve hava kalitesi gibi kullanıcılar için vazgeçilmez ihtiyaçların sağlanmasında, dolayısıyla enerji harcamalarının azaltılıp, kullanıcı konforunun yükseltilmesinde en önemli rolü oynayan yapı elemanlarından. Akıllı kabuklar en basit şekliyle doğal havalandırma ve güneş kontrolü, binanın havalandırma, klima ve aydınlatma enerjisi yüklerini en aza



indirgeyerek, kullanıcı konforunu olabildiğince doğal yollarla sağlamaktadır (Yılmaz, 2005). Wigginton ve Harris, "Intelligent Skin" adlı çalışmalarında (2004), akıllı kabuğu, 'dış mekanı sınırlayan, binanın fonksiyonlarını bireysel veya kümülatif ayarlı olarak sunan, çevresel varyasyonları tahminen etkileyen, daha az enerji kullanımı ile konforun sürekliliğini sağlayan, dış hava koşullarından koruyan, konstrüksiyon elemanlarının kompozisyonu' olarak da tanımlanmaktadır. Böyle bir kabukta, cephe elemanlarının uyarlanabilirliği, yapılandırmalarının kişisel ayarlı düzenlemeleri sayesinde içgüdüsel olarak çalışabilmektedir. Enerji akışı, bina yapısı (her yönden) sayesinde azami kazanç için ve ithal edilen enerjiye en az güvenden dolayı otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Kabuk formu yapım sisteminin bir parçasıdır ve binanın örtü tabakası diğer parçaları ile ilişkilidir; örneğin, sensörler(algılayıcı), aslında komuta idaresi ile bağlantılıdır ve tüm kontroller merkezi bina yönetim sistemi tarafından yapılır" şeklinde tanımlamıştır (Wigginton, Harris, 2002).



Resim 86. Akıllı Malzeme Cephe Sistemi, Elektro-optik likid kristal opak ve şeffaf faz görünümüleri, DLJM Lab, Kraków, Polonya (URL-59).

"Akıllı cephe sistemleri, fonksiyonel, estetik olma gibi mimari değerlendirme kriterlerinin yanında, günümüz mimarlığında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik ve ekolojik kriterlerine yönelik olarak da yapı tasarımını ağırlıklı olarak etkisi altına alan bir kavram haline gelmiştir"(Bilgiç,2002).Enerji ve çevre bilinçli bir tasarımda cephe sistemi, bir mekanın çevresi ile yaptığı ısı, ses, nem, su, hava ile ilgili alışverişler, sistemi ve onu oluşturan katmanların özellikleri ile ilgilidir.Akıllı bir cephe sisteminin, insan ihtiyaçlarını destekleyen, bir iç ortama katkıları; duyuşsal algılama, zeka modeli, bilgi ve geri beslemenin değerlendirilmesi, stratejik düşünme ve uygulama olarak beş adımda incelenebilir. Algılama, değerlendirme, ve harekete geçme yoluyla verilmiş olan çevresine uyum sağlama yeteneği ile, akıllı bir bina kabuğunun, üç hedefi yerine getirmesi beklenmektedir. Bunlar; değişken bir ortam ile, birbiriyle çelişen değerlerin bir arada olduğu bir ortam, bir dış ortam unsuru(iklim ve bölge şartları ile görülen); bina cephesinin kabuğu ile ilgili bir iç ortam unsuru; ve bina kullanıcılarından, onların tercihleri ve davranışlarından oluşan bir üçüncü unsur olarak, insan davranışı ile başa çıkabilmesidir (Oğuz, 2007). Wigginton ve Harris'e göre yapılan örnek çalışmalar göstermektedir ki cephe hem iç ortamdan dış ortama, dış ortamdan da iç ortama

enerji akışını etkileyen, yaklaşık 10 farklı işlev sergilemektedir. Bu fonksiyonlar;1. Gün ışığını artırma,2. Gün ışığının maksimuma çıkarılması,3. Güneşten koruma, 4. Yalıtım, 5. Havalandırma, 6. Isı toplama,7. Isıyı uzaklaştırma, 8. Sesin hafifletilmesi,9. Elektrik üretme,10. Basınç farklarının kullanılmasıdır.

Çevremizde gördüğümüz binaların çoğu statik yapı cephelerine sahiptir. Ancak akıllı cephe konusu altında bulunan ve günümüzde adaptif(uyarlı) cephe diye tanımlanan çevre koşullarına göre kendini uyarlayabilen cepheler, çevrelere dinamik bir şekilde cevap vermektedirler. Değişen hava veya çevre koşullarına ve/veya kullanıcı isteklerine göre farklı tepkiler vererek farklı davranışlar sergileyebilirler. Detaylı olarak tasarlanarak, inşa edilmiş bir uyarlı yapı cephesinin iki görevi bulunmaktadır. Birincisi; binanın enerji etkinliğine katkıda bulunması, ikincisi ise iç mekanda konfor koşullarını sağlamasıdır. Böylelikle değişen dış koşullara göre kendini adapte ederken, aynı zamanda, iç mekanda konfor koşullarını da sağladığı için bu cepheler daha az enerji tüketimini sağlaması ile enerji korunumlu binalar inşa edilmesine katkıda bulunurlar.Akıllı (uyarlı) cephelerin, dış koşullara cevap verebilmesi iki şekilde olmaktadır (Altın, Orhon, 2016):

1. Kendisini uyarlayabilen 'akıllı' bir sisteme sahip olması,
2. Kendisini uyarlayabilen 'akıllı' bir malzeme ile inşa edilmiş olması

Çalışmada, 'kendisini uyarlayabilen akıllı bir malzeme ile inşa edilmiş olması' ele alınmaktadır. Bu yapı yüzeylerinde akıllı ve nano malzemeler kullanılarak, dış ortam koşullarına tepki veren ve kendini geri dönüşümlü olarak değiştirebilen nitelikte cepheler tasarlanmaktadır.Kendisini akıllı yapan bir sisteme sahip olan cephelerde de, akıllı malzemelerin varlığına dayanarak, bu alandaki önemli bir husus, tasarıma yeni bir yaklaşım sağlayan, mimari ve mühendislik projelerine adaptif/uyarlı sistemlerin getirilmesidir: "biçim fonksiyonu izler" ya da " biçim kuvveti izler" gibi geleneksel kavramların dışındadır; bu durumda, sisteme getirilen enerji miktarı, genel sistemin en uygun çözümünü etkileyebilir, yaygın söylemler, "biçim enerjisi izler" olarak değişebilmektedir (Teuffel, 2009).

Adaptif yapı kabukları için asıl dönüm noktası, akıllı malzemelerin gelişile olmuştur. Akıllı malzemelerin gelişile bilgisayar vb. sistemler kullanmadan malzemelerin kendi doğal mekanizmalarını kullanarak - işlem gücü gerekmeden – adaptasyon yapan "akıllı" cepheler mümkün olmuştur (Orhon, 2013).Kendisini uyarlayabilen akıllı bir malzemeye sahip cephe sistemlerini, farklı özelliklerine göre enerji üreten ve/veya korunumunu sağlayan, iklimlendirme ve enerji tüketimini, ısı kayıp ve kazancını, gün ışığı kullanımını dengeleyen, kendini ve/veya havayı temizleyen, akıllı aydınlatma ve görüntüleme teknolojisine sahipcepheler gibi farklı sınıflara ayırmak mümkündür. Bu cephe özellikleri tez çalışmasında farklı başlıklar altında incelenmiştir.



Resim 87. Manuel Gea Gonzalez Hastanesi, Duman Yiyen Akıllı Malzeme Cephe Sistemi, Elegant Embellishments Tasarım, Mexico City, 2013(URL-60).

Cephe sistemlerinde özellikle camlar, tasarımcılar için bir problem oluşturmaktadır. Cephe aynı anda enerji transferlerinde iki yönlüdür. İç kısma ısı iletirken dışarıya da ısı iletiyor olabilmektedir ve binaya giren ışık dengelenmelidir. Daha hafif ve şeffaf cephelerin kullanımını sağlamak için mekanik HVAC sistemlerinin geliştirilmesi gerektiğinden, cam cephe sorunu yirminci yüzyıla kadar ortaya çıkmamıştır. Öncelikle, cephe sistemleri, hafif taşıyıcı sisteme geçiş ile birlikte, çok miktarda cam kullanılmasına rağmen şeffaf olmaktan daha fazla opak yüzeye sahip olmuştur. Bu durumda, sabit hacimsel HVAC sistemleri, çevre sistemleri ile birleştiğinde, yüzeyin oldukça değişken termal yüklerini hafifletmek için yeterli olmaktadır ve parlamayı yönetmek için basit gölgeleme cihazları kullanılmıştır. 1970'lerde enerji krizinin ortaya çıkması, enerji kaynaklı HVAC sistemlerinin aşamalı olarak değiştirilmesini işaret etmiştir. Bu sorundaki cephedeki cam yüzdesindeki artışla birleşmiş ve cephenin termal ve optik dalgalanmaları ön plana çıkmıştır. Telafi edici mekanizmalar ve yaklaşımlar geliştirilerek, denenmiştir ve cephe veya koruma sistemlerine bir dizi yeni teknoloji dahil edilmiştir. Cam, düşük emisyonlu, güneş yansıtıcı ve yansıtıcı olmayan (iç yüzeylerde) ince filmler ile kaplanmıştır. Fazladan güneş ışınımını reddetmek için enerji yönetim kontrol sistemleri ile bağlantılı olarak otomatik panjurlar kurulmuş ve binanın iki kez camla sarıldığı çift cidarlı sistemlerin, ısı dalgalanmalarının sönümlenmesine çalışılmıştır. Sonuç olarak, teknolojideki gelişmeler ile akıllı malzemeler, cam cephe sistemlerinde önemli bir kullanım alanı bulmuştur. Akıllı malzemeler, akıllı cam olarak, beklenen işlevleri sağlamak için ideal teknoloji olarak düşünülmüştür. Akıllı cam ve cephe sistemlerinin, enerji verimliliğine olan katkıları üzerine, yapıya yönelik akıllı malzemelerdeki yatırım payı bu iki sistem üzerinde yoğunlaşmıştır (Addington, 2004; Banham, 1984).

"Akıllı cam" terimi, yüzeyin ister gerçek isterse de sanal bir pencere, iç veya dış mekan olsun, etkileşimli veya değiştirilebilir bir yüzeye sahip olan bir sistemi ifade etmektedir. 'Akıllı' camların tipik olarak; optik geçirgenlik kontrolü, termal geçirgenlik kontrolü, termal absorpsiyonun kontrolü, görüş kontrolü işlevlerinden bir veya daha fazlasına sahip olması

beklenmektedir. Tasarımda karar verilmesi gereken öncelik iç mekanda ne beklendiğidir. Beklentiler, camdan geçen kızılötesi radyasyonu azaltırken görünümü kaybetmemek, görüşü kaybetmek ancak ışığı kaybetmemek, yalnızca parlama kontrolü yapmak vb. olabilmektedir. Tablo 14'de, görünüm, spekülerlik ile belirlenmektedir. Speküler iletim, görüş sağlarken, diffüz iletim, opak bir yüzey oluşturmaktadır. Speküler iletime speküler olan bir cam, görüşü etkilemeyecek, ancak iletilen radyasyonun yoğunluğunu azaltacaktır. Farklı tipte kaplamalar, hangi azalmanın esas olarak hangi bant genişliğinde gerçekleşeceğini belirleyecektir. Isının kontrolü için, ideal cam malzeme, görsel aralıkta çok az etkilenecektir; ancak kızılötesi bölgede belirgin bir şekilde azaltılmış bir iletim göstermektedir. Diğer yandan, parlama kontrolü için, görsel aktarımın yoğunluğunda bir azalma önemlidir. Mevcut gün ışığını maksimize ederken, mahremiyet istenmekte ise, o zaman sıvı kristaller en iyi seçenek olarak görülmektedir. İhtiyaç, malzemedeki ısı alışverişini en aza indirmekse, seçenek termotropik olmaktadır (Tablo 14).

Tablo 14. Akıllı Cam Özelliklerinin Karşılaştırılması(Addington, Schodek, 2005).

Sistem türü	Spektral yanıt	Görsel iç sonuç	Termal iç sonuç	Giriş enerjisi
<b>Fotokromik</b>	Yüksek UV (ultraviyole) seviyelerinde speküler iletime speküler	Yoğunlukta azalma ancak hala şeffaftır.	İletilen radyasyonda azalma	UV radyasyonu
<b>Termokromik</b>	Yüksek IR(kızılötesil) seviyelerinde speküler iletime speküler	Yoğunlukta azalma ancak hala şeffaftır.	İletilen radyasyonda azalma	Isı (yüksek yüzey sıcaklığı)
<b>Termotropik</b>	Yüksek ve düşük sıcaklıklarda diffüz iletime speküler	Yoğunlukta ve görünürükte azalma yayılır.	İletilen, yayılan radyasyonda ve iletkenlikte azalma	Isı (yüksek ve/veya düşük yüzey sıcaklığı)
<b>Elektrokromik</b>	Kısa dalga boyuna (mavi) karşıspeküler iletime speküler	Yoğunlukta azalma	İletilen radyasyonda orantılı azalma	Voltaj veya akım darbesi
<b>Likid kristal (Elektro-optik)</b>	Diffüz iletime speküler	Yoğunlukta minimal azalma, görünürükte azalma yayılır.	İletilen radyasyona minimal etki	Voltaj
<b>Asılı parçacık</b>	Diffüz iletime speküler	Yoğunlukta ve görünürükte azalma yayılır.	İletilen radyasyona minimal etki	Akım

<b>Proje Adı</b>	<b>Chanel Ginza Binası</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Tokyo, Japonya/2004
<b>Proje Mimarı</b>	Peter Marino Mimarlık
<b>Ürün</b>	Elektrooptik Cam, Işık yayan diotlar (LED), Medya duvarı
<b>Üretici</b>	Privalite Cam, Saint Gobain Glass Solutions
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar yüzeyi (Akıllı Malzeme Cephe Sstemi)



Resim 88. Chanel Ginza Binası, Tokyo, Japonya, Peter Marino, Tanteri + Associates, 2004. Gündüz şeffaf cephe, gece opak medya ekranı görüntüsü (URL-61).

Tasarımı, Peter Marino tarafından yapılan binanın, cephe ve perde duvar aydınlatma tasarımı, Tanteri + Associates tarafından yapılmıştır. Yapı, AIA New York Tasarım Atölyesi 2005, Uluslararası Aydınlatma Tasarımcısı Derneği Özel Atıf 2006, New York Bölümü Aydınlatıcı Mühendislik Topluluğu Lumen Profesyonel Başarı 2006, ödülleri sahibidir. Tokyo'da Ginza bölgesinde, moda grubu Chanel'in 1300 m<sup>2</sup> ve on kat yüksekliğine sahip merkezi, sergi ve konser salonu, kiralık ofisler ve bir restoraniçeren bir prestij yapısıdır (Weathersby, 2005). Yapının cephesi yapıyı grubun moda öncülüğüne atıfta bulunması amacıyla, gündüz gün ışığını kullanabilme işlevi ve geceleri ise bir medya ekranına dönüşmesini sağlayan akıllı malzeme teknolojileri, elektro-optik cam ve LED sistemler kullanılarak tasarlanmıştır. Gün boyunca farklı görünümüyle 56 m yükseklikte, 910 m<sup>2</sup> alana sahip ekran cephesi üç katmandan oluşmaktadır. Güneş kontrolü işlevini gerçekleştiren üst

katman, Chanel ile özdeşleşmiş tüvit kumaş dokusuna benzer eşkenar dörtgenler şeklinde tasarlanmış çelik konstrüksiyonda çift tabakalı low-e, gri lamine cam kullanılmıştır. Arada bir boşluk ile elektro-optik değiştirilebilir tabaka bulunmaktadır. Elektro-optik akıllı malzemeler, üzerlerine uygulanan elektrik alanla optik özelliklerini (saydamlık, kırılma indisi vb.) değiştiren malzemelerdir. Elektrik alanla renk değiştiren elektrokromik camlardan farklı olarak elektro-optik camlar elektrik alanla saydamlık-opaklık durumlarını değiştirirler. İç yüzey ise, çift sıralı beyaz LED'lerin entegre edildiği yatayda alüminyum raylar tarafından kesilen, çift katmanlı lamine güvenlik camından oluşmaktadır. Gündüz kullanımında, elektro-optik camın saydam olması dolayısıyla tüm cephe şeffaf durumdadır. Böylece güneş kontrolü sağlanmakta ancak görüş kısıtlanmamaktadır. Gece, elektro-optik cam opak hale dönüştürülerek, üç ana kontrol bilgisayarı ile saniyede toplamda 32 trilyondan fazla komut işleme kapasitesine sahip, 65.000 mikrobilgisayar tarafından kontrol edilen, 700.000 LED için bir yansıtma yüzeyi oluşturmaktadır. Ekran cephesi, video sunumlarının yanı sıra hareketsiz görüntüleri de gösterebilmektedir (Ritter, 2007).

### **3.1.2.2. Akıllı Malzeme Enerji Sistemeleri**

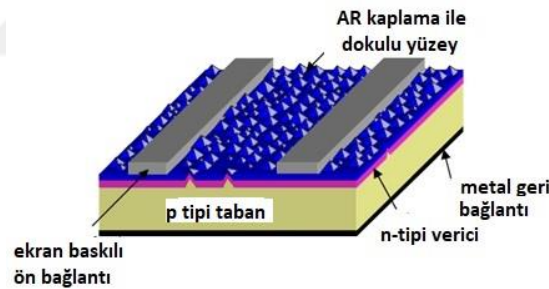
Bir binada üç tür enerji ihtiyacı vardır: termik, mekanik ve elektrik. Termal enerji, alanların ısıtılması ve soğutulması, su ısıtma ve pişirme için gerekli olmaktadır. Fanlar, motorlar, kompresörler, pompalar ve birçok cihaz için mekanik enerji gerekmektedir. Elektrik enerjisi, sadece aydınlatma ve televizyonlar ve bilgisayarlar gibi çevresel ekipmanlar için doğrudan gerekli gözükmemektedir. Bunlar ihtiyaç olabilir, ancak bunları karşılamak için kaynaklar tamamen farklı bir enerji türüdür. Bir binada, doğrudan mekanik enerji tedariki için makul bir yol bulunmamaktadır. Nispeten küçük bir gereksinim olan elektrik enerjisi, mekanik ekipmana güç sağlayan tek kaynak olduğu için binadaki en önemli enerji kaynaklarından biri haline gelmektedir. Sonuç olarak, binanın enerji kullanımının üçte ikisi elektrikten kaynaklanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki elektrik kullanımının üçte ikisi binalar nedeniyle gerçekleşmektedir. Bir binada kullanılan elektrigi azaltmak, dünya genelinde, sera gazı emisyonlarını azaltmak için temel hedeflerden biri olarak görülmektedir (Addington, Schodeck, 2005).

Yapı dış yüzeylerinde, bina kabuğu boyuncacephe malzemelerinin nispi konumunu kullanarak, enerji kullanımı bakımından, iletken ısı transferinin kontrolü için kullanılan akıllı malzemeler; dış radyasyon (ışık) sensörlerinde fotovoltaiik, fotoelektrikler, kontrolörler/ aktüatörlerde kullanılan şekil hafızalı alaşımlar, elektrorestriktif, manyetostriktif malzemelerdir (Al-Baldawi, 2015).

Bu bağlamda, elektrik kullanımını azaltacak sistemler geliştirme ve yatırım yapma önemli olmaktadır ve birçok akıllı malzemenin kendine has enerji aktarımı özellikleri onları bina kullanımları için ideal hale getirmektedir. Araştırmaların büyük bir kısmı, enerji tüketimini azaltmak için fosil yakıt bazlı elektrik üretiminin bir bölümünün, fotovoltaik üretimle değiştirmek üzerine olduğu görülmektedir.

### Fotovoltaik (PV) Sistemler:

Fotovoltaik malzemeler, çok katmanlı kompozit birimler veya yaygın olarak adlandırılan, farklı malzeme katmanlarından oluşan hücrelerdir. PV güneş pilleri, güneş ışığını, yarı iletkenleri kullanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Temel olarak, PV hücreleri en az iki yarı iletken malzeme tabakasından yapılır. Bir katmanın pozitif bir yükü vardır, diğeri negatiftir. Işık hücrenin içine girdiğinde, ışıktan gelen fotonların bir kısmı yarı iletken atomlar tarafından emilir ve elektronlar hücrenin negatif tabakasından, harici bir devreden akarak, pozitif tabakaya geri gönderir. Bu elektron akışı bir elektrik akımı üretir. Bu fotovoltaik hücrelerin her biri 2 watt üretir. Yeterli voltaj elde etmek için hücrelerin seri bağlanması gereklidir. Hücreler bir modül oluşturmak için birbirine bağlanır ve modüller bir dizi oluşturmak için birbirlerine paralel bağlanır. Elde edilen düzene bir PV sistemi, güneş paneli veya modül denmektedir (Markvart, 2000).



Resim 89. Birinci Nesil Teknoloji: Nesil tipik bir ekran baskılı tek kristalli güneş pilinin şematik yapısı (Fraas, 2014)

Güneş enerjisinden elektrik üretmekte kullanılan güneş gözeleri (PV), ışıklaelektron uyarımı sonucunda enerji üretimine dayanan sisteminin en etkililiğini, doğal fotosentez sürecinde, nanoölçekte gerçekleştirmektedir (Ramsden, 2009). Güneş gözeleri, çatı ve cephelerde kaplama, gölgeleme ve balkon gibi çeşitli yapı elemanlarının tasarımında kullanılmaktadır (Tokuç, Taşçı, 2014).



Resim 90. Tek Bir Polikristalin Silikon PV Hücresi: Hücre ızgara hatlarını ve çoklu kristalleri gösterir (solda) ve bir ev çatısına birkaç modül yerleştirilmesi (sağda) (Fraas, 2014).

Modern güneş pilleri üç nesil olarak sınıflandırılmaktadır. İlk nesil hücreler, güneş ışığını elektrığe dönüştürmek için ışık dalgalarını yakalayan, kristal silikon materyali içermektedir. Bu nesil, ticari pazara hakimdir. Silikonlu hücreler yüksek bir verimliliğe sahiptir, ancak çok saf silisyuma ihtiyaç duyulmaktadır ve enerji gerektiren işleminden dolayı maliyet, güç çıkışı ile karşılaştırıldığında yüksek olabilmektedir. İkinci nesil hücreler ince film hücreleri olarak bilinirler. İnce film güneş pilleri, silikon veya diğer fotovoltaik malzeme ile kaplanmış plastik veya diğer yüzeylerden oluşur (Nelson, 2004). Etki, tek kat yerine birkaç ince tabaka kullanılarak üretilir. Son olarak, üçüncü nesil güneş pillerine gelişmiş ince film fotovoltaik denmektedir. Üçüncü nesil teknolojiler, çok düşük üretim maliyetlerini korurken, ikinci neslin (ince film teknolojileri) zayıf elektriksel performansını arttırmayı amaçlamaktadır. Genel olarak, üçüncü kuşak hücreler, geleneksel yarı iletken, silikon temelli hücreler için gerekli olan p-n birleşimine ihtiyaç duymayan güneş pillerini içermektedir. Üçüncü nesil, polimer güneş pilleri, nanokristal hücreler ve boya güneş pilleri gibi geniş bir potansiyel güneş kullanımı yeniliklerini içermektedir (Swami, 2012). Yapılarında geceleri elektrik üretmek için kızıl ötesi spektrum kullanan silikon nanoyapılar bulunmaktadır. Verimliliği, yığılma farklı bant boşluklarına sahip, çeşitli güneş pilleri katmanlarına dayanmaktadır. Her katman farklı dalga boylarına sahip ışığı kullanmakta ve bu yolla hücreler daha verimli olmaya başlamaktadır (Nelson, 2004).



Resim 91. Güney Batı'da Bir Alan Kurulumunda Solar İnce Film Modülleri, Eldorado, ABD, (2011) (Fraas, 2014).



PV teknolojilerinde, boyalı (DSC), silikon, ince film ve organik (OPV) güneş pillerinde 'Fotoelektrik akıllı malzemeler' kullanılabilir. Silikon güneş pilleri, nispeten eski teknolojilere dayanmaktadır ve ince film güneş pilleri ve organik güneş pilleri yeni gelişmelerle giderek daha fazla uygulamada yer almaktadır. Kullanılan boyaya bağlı olarak, boya güneş pilleri de organik güneş hücreleri olarak sınıflandırılabilir. Boya güneş pilleri (DSC), diğerlerinin yanı sıra boyaların, ışığın emilmesiyle (elektromanyetik radyasyon), ve bağlı bir tüketici ile bir elektrik akımı oluşturan bileşenler olarak kullanıldığı, tabaka kompozitleri olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda, Grätzel (temel teknolojinin İsviçre'li geliştiricisinin adıdır) hücreleri, foto-elektrokimyasal güneş pilleri veya nano güneş pilleri olarak da bilinmektedirler. DSC'nin gelişimi, Michael Grätzel ve araştırma ekibinin 1990'ların başında İsviçre, Lozan'daki Federal Teknoloji Enstitüsü'nde yaptığı deneylere dayanmaktadır. Bu deneylerde boya ve TiO<sub>2</sub>, silikon yerine güneş hücrelerinde denenmiştir. Teknolojiyi optimize etmek için bir dizi araştırma kuruluşu çalışmaktadır. İsviçre dışında, önde gelen araştırma ülkeleri Almanya ve Avustralya'dır. Avustralyalı bir şirket, seri üretim modülleri başlatmıştır. Boya güneş pilleri (DSC), genel olarak cephelerin önünde ve bina çatılarında veya entegre edilmiş geleneksel silikon veya ince film teknolojisi güneş pilleri gibi eklenebilir. DSC'ler renkli ve şeffaf olmaları nedeniyle, cephelerde ve pencerelerde cam bileşenleri olarak kullanılabilir ve bu özellikleri ile tasarımcıların ilgisini çekmektedir. Diğer bir uygulama alanı, kalıcı veya geçici olarak daha küçük miktarlarda ışığa (örneğin kuzeye bakan cephelere) maruz kalan alanlarda kullanılabilir (Ritter, 2007).

Enerji kullanımını, yalnızca gerektiğinde harekete geçirerek ve özel olarak ve yerel olarak işleterek azaltabilmekteyiz. Bu teknolojilerin sunduğu avantajların birçoğu, mevcut binaların yenilenmesi ve güçlendirilmesi için, daha fazla çeşitlilikte tasarımlar tarafından elverişli hale getirilebilir. Enerji değişimli malzemeler, özellikle aydınlatma dağıtım sistemleri için ve ayrıca ikincil enerji kaynakları olarak potansiyel uygulamaya sahiptir. İç mekan ısı üretiminin kontrolü amacıyla kullanılan akıllı malzemeler; iç malzemenin ısı kapasitesi için faz değişimi malzemeleri, ısı kaynağının bağlı konumu bakımından termokromikler, lumen/watt enerji dönüşümü yaapan fotoluminesans, elektrolüminesans ve ışık yayan diyotlar olarak özetlenebilir (Al-Baldawi, 2015).

<b>Proje Adı</b>	<b>EPFL QUARTIER NORDSwiss Tech Kongre Merkezi</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Lozan, İsviçre/ 2014,
<b>Proje Mimarı</b>	Richter Dahl Rocha & Associés,RDR Design SA
<b>Ürün</b>	Boyalı Güneş Pilleri (DSC), Fotoelektrik akıllı malzeme
<b>Üretici</b>	Solaronix
<b>Kullanım Yeri</b>	İç ve dış duvar yüzeyi



Resim92. SwissTech Kongre Merkezi:Renkleri, Solaronix tarafından yapılan panellerde cepheye entegre edilen boya duyarlı güneş hücrelerinden gelmektedir.Richter Dahl Rocha & Associés, İsviçre, 2014 (URL-62).

EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne) kampüsünün, kuzeybatı köşesinde yer alan,SwissTech Kongre Merkezi, dünyanın ilk renkli boyalı güneş pilli (DSC) cephesine (Grätzel cephesi) ev sahipliği yapmaktadır.Lozan firması, Richter Dahl Rocha Associés ve SA tasarım tarafından tasarlanan Swiss Tech Kongre Merkezi, öncü teknolojileri de kullanan, günümüzde modern ve en donanımlı kongre merkezlerinden biridir. Yapı ayrıca, modülerliği ile öne çıkmaktadır. 3,000 koltuktan oluşan büyük oditoryum devrilme koltukları sayesinde otomatik olarak düz bir sergi veya kutlama salonuna dönüştürülebilmektedir.Bunun yanında, yapı içerisinde bulunan hareketli bölmelerle ayrılmış çalışma odaları çeşitli yapılandırmalara

izin vererek esneklik sunmaktadır. Yapının batı cephesine entegre edilen boyalı güneş pilleri, bu teknolojinin bir kamu binasında ve bu ölçekte ilk kullanımudur. Şeffaf ve renkli güneş kollektörleri, EPFL profesörü Michael Grätzel tarafından geliştirilmiş ve mimariye ilk kez doğrudan uygulanmıştır. Yerel elektrik sağlayıcısı, Romande Energie'nin desteği ile kurulan, yeni teknoloji fotovoltaik tesis, 300 m<sup>2</sup>'lik kurulum, 36 metre uzunluğa ve maksimum 15 metrelik bir yüksekliğe sahiptir. Batı cephesinin, genel ışık iletim hedefini karşılamak için ayarlanan kırmızı, yeşil ve turuncu panellerin renk kompozisyonu, sanatçı Catherine Bolle'nin eseridir. Renkli paneller, cepheye dinamiklik verirken aynı zamanda, salona iletilen ışığa pürüzsüz bir renk tonu sağlamaktadır. Güneş cephesi, Güneş ışığından aktif olarak yenilenebilir elektrik üretirken, gelen güneş ışığının pasif şekilde önlenmesi, görkemli giriş holünün aşırı ısınmasını engellemek olamak üzere, her iki işlevi de yerine getirmektedir: Bu saydam hücreler, ışığın insidans açısına bakılmaksızın, bitkilerin fotosentez yeteneklerine benzer bir şekilde enerji üretirler. Elektrik üretmenin yanı sıra, binayı doğrudan radyasyona karşı koruyarak soğutma enerjisi ihtiyacını azaltmaktadır. Sistem, 300 m<sup>2</sup>'lik kurulum, 36 metre uzunluğa ve maksimum 15 metrelik bir yüksekliğe sahiptir. 200 m<sup>2</sup> aktif fotovoltaik alan için 355 panel kurulmuştur. Çatının eğimine uyacak şekilde, iki ile beş adet 50 cm'lik modülleri bir araya getirerek, 1 m'den 2,5 m'ye kadar olan paneller üretilmiştir. Paneller, tasarımcıların hedeflediği, estetik etki ve enerji bilincini karşılayarak, yapının mimarisini tamamlayan, 65 renkli kolon olarak düzenlenmiştir. Kullanılan panellere, özel olarak uyarlanmış bir enerji toplama sistemi geliştirilmiştir. SwissTech Kongre Merkezi'nin güneş cephesinin yıllık üretimi, cephenin yüksek şeffaflığı ve yönelimi göz önünde bulundurulduğunda 2.000 kWh olarak tahmin edilmektedir (URL-63).

Şimdiye kadar, güneş enerjisi için entegre bina, çatı tesisatı anlamına gelmektedir. Bu, gelecek nesil fotovoltaik paneller ile artık geçerli olamamakta, farklı renk paletleriyle ve ayarlanabilir saydamlıklarıyla, tasarımcıların cephelere doğal bir vurgu yaparak özgün entegrasyonların oluşturulabilmesine olanak sağlamaktadır. Düşük ışık hassasiyeti ve açısız bağımlılık, güneş pillerinin düşey yüzeylerde çalışmasına izin vermektedir. Paneller, güneş ışığını elektriğe dönüştürerek, teknolojik görevlerini yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda, binanın estetiğinin ayrılmaz bir parçası haline gelebilmektedir. Cephe tesisatları, güneş panellerinin ikili işlevselliğini vurgular. Birincisi; pasif bir fonksiyon olarak, binaya giren ışık miktarını azaltarak kapalı soğutma ihtiyacını azaltırlar. İkincisi; aktif bir işlev olarak, gelen güneş ışığının bir kısmını, modern yapıdaki yenilenebilir enerji kaygılarına uygun olarak ileterek, elektriğe dönüştürür. Boyalı güneş pili teknolojisine sahip paneller, ışık yoğunluğu azaldığında daverimi koruyabilmektedir. Bu bakımdan, tam güneş ışınımı altında çalışan geleneksel fotovoltaik teknolojilere kıyasla, bulutlu günlerde de çalışabilmektedir (URL-64).

### 3.1.2.3. Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemeleri

Enerji verimliliği olarak adlandırılan verimli enerji kullanımı, ürün ve hizmetler sağlamak için gereken enerji miktarını azaltma çabasına dayanmaktadır. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjinin, sürdürülebilir enerji politikalarının ikiz direkleri olduğu söylenmekte ve son yıllarda yoğun araştırma faaliyetleri ile desteklenmektedir (Guo vd. 2012; Ciabattoni vd., 2012). Birçok ülkede, enerji verimliliği, ulusal bir güvenlik kazancı olarak da değerlendirilmektedir; zira bu, enerji ithalatını azaltmak için kullanılabilir ve yerel enerji kaynaklarının tükenme oranını yavaşlatabilir. Bu bağlamda, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy), endüstriyel ve evsel yapılar için enerji verimli ve yenilenebilir enerji teknolojilerine, en iyi uygulamalar ve ürünler geliştirmek amacıyla AR-GE'yi finanse etmektedir.

Bina enerji denetimi olarak da bilinen, bina enerji değerlendirmesi, bir binanın ne kadar enerjiyi tükettiğini değerlendirmek ve binada daha verimli enerji verimliliği sağlamak için hangi önlemleri alabileceğinizi değerlendirmek için ilk adımdır. Bu değerlendirme, düzeltildiğinde önemli miktarda enerji tasarrufu edilebilecek sorunları göstermektedir. Binaların aydınlatılmasında, ABD Enerji Bakanlığı 2003 yılından beri hem Işık Yayan Diyot (LED) hem de Organik Işık Yayan Diyot (OLED) teknolojilerini içeren Katı Hal Aydınlatma araştırma ve geliştirme çalışmalarına, endüstri ortaklarıyla birlikte yatırım yapmıştır. Katı Hal Aydınlatma, hızlı gelişmeler ve üstün enerji tasarrufu potansiyeline sahiptir. Geleneksel ışık kaynaklarının LED aydınlatma sistemlerine geçmesinin, ABD'yi yaklaşık 250 milyar dolar tasarruf etmesi, elektrik tüketimini neredeyse yarı yarıya azaltması ve 1800 milyon ton karbon emisyonunu önlemesi beklenmektedir (Gilbride vd., 2008; Ciabattoni vd., 2013; Brodrick, 2012).

Akkor aydınlatmanın hayatımıza girişinden bir yüzyıldan ve floresan aydınlatmanın hayatımıza girişinden yarım yüzyıldan fazla bir süre sonra, katı hal ışık kaynakları giderek artan sayıda uygulamada devrim yaratmaktadır. Geleneksel akkor ampullerin ve floresan ışıkların verimliliği, üstesinden gelinemeyen temel faktörlerle sınırlandırılmışken, katı hal kaynaklarının verimliliği yalnızca insan yaratıcılığı ve hayal gücü ile sınırlı olmaktadır. Katı hal kaynaklarının yüksek verimliliği, bir takım uygulamalarda, enerji tasarrufu ve çevresel faydalar sağlamaktadır. Bununla birlikte, katı hal kaynakları, spektral güç dağılımı, uzamsal dağılım, renk sıcaklığı, zamansal modülasyon ve polarizasyon özelliklerinin kontrol edilebilirliğini de sunmaktadır. Böylece "akıllı" ışık kaynakları, aydınlatma, otomobil, ulaşım, iletişim, görüntüleme, tarım ve tıpta, büyük fayda sağlayabilecek belirli ortamlara ve gereksinimlere göre ayarlanabilir (Schubert, Kim, 2005). Katı hal aydınlatması, önümüzdeki yıllar boyunca, çok daha fazla ilerleme potansiyeli ile, son on yılda muazzam bir ilerleme kaydetmiştir. Katı hal aydınlatması, çok yüksek "etkin" verimliliklerin yanı sıra, insan

verimliliğinde, potansiyel olarak büyük artışlar da sağlayacaktır (Crawford vd., 2013). Enerji tasarrufu ve çevresel faydalar, tasarım özelliklerinin kontrol edilebilirliği ve insan verimliliğine olan katkıları vb. avantajları ile iç mekanlarda tercih edilecektir.

Katı hal aydınlatması, elektriği ışığa dönüştürmek için yarı iletken malzemeler kullanan her tür cihaza karşılık gelen büyük bir kategoridir. Aslında fotovoltaik kullanan ancak tersine çalışan aynı ilkede olan katı hal mekanizması, 1939 Dünya Fuarı'nda floresanların tanıtılmasından bu yana yeni bir ışık oluşumunun ilk büyük tanıtımını temsil etmektedir. Bu kategoride, organik ışık yayan diyotlar (OLED'ler) ve ışık yayıcı polimerler dahil olmak üzere, en yenilikçi akıllı teknolojilerin bazıları bulunabilir; ancak bu ürün grubunun en büyük kullanıcısı inorganik, ışık yayan diyotlardır(LED'ler). İç mekan aydınlatması, tabela, dış mekan aydınlatması, cephe aydınlatması, trafik sinyalleri, geniş panel ekranları ve diğer uygulamalarda LED'lerin kullanımı yaygınlaşmıştır. LED'ler 'akıllı' malzeme özelliklerinden, ayrı ve doğrudan olmanın yanı sıra kendi kendine çalışmakta, ani ve geçici özelliklerini taşımaktadır. Ayrıca, bir çok sayıda ve dizide rekombinasyona izin vermektedirler. LED'lerin piyasada bulunan diğer aydınlatma sistemlerine göre avantajları çoktur (Addington, Schodeck, 2005).

Katı hal aydınlatmasının etkileri üzerine sistem uygulamaları araştırılmaktadır. Bunlardan biri, insan sağlığı ve refahı üzerinedir. Aydınlatma için kullanılan ışığın spektral içeriği ile insan sağlığı, refah ve verimlilik arasında güçlü bir bağ bulunduğu bilinmektedir. Örneğin, 1990'ların sonunda, insan retinasındaki görsel olmayan ışık reseptörlerinin keşfi ve bu reseptörlerin insan sirkadiyen ritmini ayarlama ve değiştirme rolü, gelecekteki aydınlatma sistemlerinin insan uyku yönetiminde, önemli bir rol oynayabileceğini gösteren araştırmalara yol açmıştır. Aydınlatmanın, Mevsimsel Duygulanım Bozukluğunun (SAD), depresyon ile gün ışığına sınırlı maruz kalma arasında bağlantılı çalışılan bir durumun etkisini hafifletebileceği çok iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, geleneksel akkor ve floresan aydınlatma sistemlerinin spektral içeriği sabitlendiğinden, aydınlatma spektrumunun insan sağlığı üzerindeki etkisine ilişkin ayrıntılı çalışmalar biraz sınırlı olmuştur. Akıllı katı hal aydınlatması üzerinde, daha zengin deneylerin yapılmasının sonucu olarak, insan sağlığını ve refahının iyileştirilmesi için ampirik olarak sağlam stratejilere yol açma potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Örneğin, son çalışmalar, ışık spektrumunun kontrolünü, sadece insan sağlığı için değil, insan performansını arttırmak için de yeni yaklaşımlar önermektedir. Geleneksel aydınlatma sistemlerinden, dar bir mavi dalga boyu bandını çıkarmak için yapılan son çalışmalarda, vardiya çalışanlarının uyanıklığı üzerinde olumlu bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Bu durum iç mekanlarda, özellikle ofis, okul, hastane vb. çalışma alanlarında kullanımının faydasını ortaya koymaktadır (Crawford, vd., 2014).

Benzer şekilde, LED kullanılabilen, dinamik aydınlatma olarak adlandırılan, akıllı iç mekan aydınlatma çözümü, temel olarak, ışığın doğrudan veya dolaylı kontrol mekanizmalarına dayalı belirli bir süre boyunca ışığın göze çarpan aydınlığı, rengi veya geliş açısını değiştirebilmektedir. Yoğunluktaki kademeli değişimlerden oluşan, basit bir otomatik sistem, algılanan alan kalitesini artırabilmektedir. Amaç, belirli bir çevre ve hedef için optimum düzeyde konfor sağlamaktır. Ayrıca, maksimum değerlerin altında çalışan ışık kaynakları, tasarruflara ek olarak daha uzun kullanım ömrüne sahip olabilmektedir. Günışığı simülasyonu, dinamik aydınlatma uygulamalarından sadece bir tanesidir. Yavaş döngüsel değişiklikler, insan biyolojik saatini olumlu yönde etkilemektedir. Temel uygulamasında, ışık kaynakları için voltajı düşürerek, ışık akısını azaltarak karartmadır. Karartma, farklı amaçlar için yapılabilir: göz yorgunluğunu azaltmak, diğer ışık kaynağının öne çıkmasına - örneğin projektör veya TV - veya güvenlik kameralarının çalışması için gerekli olan temel aydınlatma yoğunluğunu sağlamak vb. Daha gelişmiş dinamik aydınlatma sistemleri, genellikle belirli bir düzeyde otomasyon gerektirmektedir. RGB LED elemanları ile renk karıştırmak için uzaktan kumanda veya sistemi çalıştırılacak önceden programlanmış bir dizi gerekmektedir. Dinamik renk efektlerinde, özellikle LED'ler kullanılmaktadır, geleneksel ışık kaynakları türleri spektrumlarını düzgün bir şekilde karıştıramamaktadır. Dinamik aydınlatma, odaların dinamik kullanımına izin vermekte, örneğin; hem bir eğlence alanı, hem de bir ofis olarak kullanılan bir oda için farklı aydınlatma yolları kurulabilmektedir. Ofis kullanımı, çalışma alanının doğru şekilde aydınlatılmasını ve doğal ışığa göre biyolojik olarak doğru bir şekilde değiştirilmesini veya ilave edilmesini; boş zaman aktiviteleri, daha sıcak bir aydınlatmayı gerektirmektedir. Birden fazla farklı kullanıma sahip küçük dairelerde dinamik aydınlatma, sistem doğru şekilde tasarlandığında hem çalışma performansını hem de rahatlama yeteneğini geliştirebilir. Artan performansın etkisi, gün boyunca doğal ve yapay ışığın doğru bir karışımının elde edilmesi gereken, daha büyük ofis alanları için önemlidir. Doğru olmayan aydınlatma, düzeltilmezse göz yorgunluğuna ve diğer sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bunun yanında, ofis alanları bu sayede kullanımlarında daha esnek olabilirler; sıradan çalışma alanını bir konferans odasına dönüştürmek mümkün olabilir. Dinamik aydınlatma sistemi, sunumun bir projektörden geçmesine izin verebilmektedir, bu da mekanda farklı aydınlatma koşulları gerektiren bir eylemdir. Özel konferans salonlarında da, şirket toplantıları ve müşteri toplantıları için farklı bir aydınlatma gerekmektedir. Bu ortamlarda uygulanan aydınlatma, öncelikle performansı artırmalı ve ayrıca konukseverliği ve olumlu havayı uyandırmalıdır. Daha büyük aydınlatma sistemlerinde, ışığın farklı kaynaklardan doğru şekilde dengelenmesini sağlamak için uzaktan kumandalar, gün ışığı sensörleriyle değiştirilmeli veya desteklenmelidir (URL-65).



Resim 93. Dinamik Aydınlatma: Güneş ışığının renk ve ışık yoğunluğunu simüle eder(URL-66).

Çalışmalar, ışığın spektral özelliklerinin biliş üzerinde etkili olabileceğini, eğitim performansı ve Alzheimer hastalarının tedavisinde kullanılabileceğini göstermektedir. Güneş ışığına maruz kalma, hastanede yatan hasta sağlığı ve esenliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir; ve bu renk sıcaklığı, özel şartta bağlı katı hal aydınlatma ile çözümlenebilir. Diğer bir sistem uygulaması tarım üzerinedir. Artan şehirleşme ve dünya nüfusunun lokalizasyonu ile gıda kaynaklarının, kentsel merkezlere ulaşımı (ulaşım maliyetlerini atlamak ve yerel tercihlere uyarlamaya mümkün kılmak) ve tüm yıl boyunca (büyüme mevsimini uzatarak) azami verim elde etmesini sağlamak ihtiyacı bulunmaktadır. LED aydınlatması, tarım için aktif olarak araştırılmakta ve dalga boyunun bitki büyümesine olan belirli etkileri hakkında daha fazla bilgi edinilmeye devam edilmektedir. Belli dalga boylarının varlığı veya yokluğu, bitkinin büyüme döngüsünün farklı evrelerini ve aynı zamanda bitkilerin üretilen besin değerlerini etkileyebilmektedir. Uygun aydınlatma altındaki üretim verimi, doğal büyüme koşullarına göre daha yüksek olabilmektedir. LED sistemlerinin çeşitliliği ve fiyat düşüşü, büyük ölçekli bahçecilik uygulamaları için dikkate alınabilecek seviyeye gelmektedir (Crawford, vd., 2014).



Resim 94. Sınıfta odaklanma ve sakinliği destekleyen aydınlatma uygulamaları (URL- 67).

Örneğin, fonksiyonel aktiviteler için, aydınlatma, odaklanma ve dikkati desteklemek için daha soğuk ve daha yüksek yoğunluklara ayarlanabilir. Yaratıcılık ve işbirliği gerektiren faaliyetler için, aydınlatma daha sıcak ve daha düşük yoğunluklara göre ayarlanabilmektedir (URL- 67).

Aydınlatma sistemleri çalışmaları, aydınlatma kontrolünün önemini de ortaya koymaktadır. Aydınlatma kontrolü, enerji tüketimini azaltmak ve enerji israfını önlemek için etkili bir yoldur ve LED sistemleri ile birlikte etkin bir şekilde kullanılabilir. En yaygın aydınlatma kontrol türleri, hareket sensörleri, doluluk sensörleri ve fotosensörlerden faydalanmaktadır. Hareket ve doluluk sensörleri, belirli bir bölgedeki faaliyeti tespit eder. Kullanıcı odaya girdiğinde veya odada kalırken ışıkları otomatik olarak açarak enerji tasarrufu sağlar ve son kullanıcı odadan çıktıktan kısa süre sonra ışıkları kapatarak aydınlatma enerjisini azaltır. Fotosensörler, dış ışıkların gün ışığı saatlerinde çalışmasını önleme ve ortam ışık düzeylerini ölçerek binaların içindeki ışıkları kontrol etme imkanı sunmaktadır(Ciabattoni, vd., 2013).

Önceki çalışmalar, kontrol stratejilerini değerlendirmek ve aydınlatma planlama tasarımının etkinliğini hesaplamak için eksiksiz bir sistemi simüle etmeyi denemiştir. LED lambaları için otomatik kontrol devresinin gerçekleştirilmesi amacıyla, farklı öneriler, farklı çalışmalar ile sunulmuştur. Bununla birlikte, LED izleme sistemi, sistemin düzgün bir şekilde çalışıp çalışmadığını ve güvenilirliğini sağlamak için gerekli olmasına rağmen, ortak bir aydınlatma kontrolü ile nadiren birleştirilmiştir (Marosy, vd., 2010). Bu çalışmalar neticesinde, akıllı bir aydınlatma sisteminin tasarımı iki önemli özellik sunmalıdır;bir taraftan düşük düzeyli bir LED yönetimi ve kontrolü ve diğeri ise, üzerinde enerji tasarrufu politikaları sağlamak için bir eğilim tüketim monitörüdür(Qu, vd., 2007). Bu bağlamda, bir aydınlatma sistemi, binaların havalandırma enerjisi yönetimi için diğer sistemlerle, örneğin ısıtma veya klima sistemi ile bağlantı kurabilmelidir. Bu nedenle, güvenilir ve estetik bir iletişim arayüzü gereklidir;bu anlamda örnek bir öneri, ZigBee teknolojisi veya elektrik hattı iletişimi 'dir (Fan, vd., 2011; Jin, vd., 2011).

Aydınlatmanın, ergonomi, duygu ve algı, ekoloji, verim ve biyolojimiz üzerindeki etkileri göz önüne alındığında,aydınlatma sistemlerindeki gelişmeler, mimarların ve tasarımcıların yeni olanaklar yaratmada, önemli bir rol oynayabileceği bir alandır. Çalışmalarda, bazı iç mekân ortamlarında, LED'lerin renk olanaklarını keşfetmek için denemeler gerçekleştirilmiştir, örneğin; yolcuların favori renklerine çevirebilecekleri bir oda ve renklerin mutfağa uyduğu bir otel yemek odası vb. LED aydınlatma, kapalı ortamlarda, rakiplerinden farklılık yaratmak isteyen eğlence mekanları için giderek daha popüler hale gelmektedir ve renk dönüşümlerinin yanı sıra ustaca hareket eden desenler de kullanılmaktadır. LED'ler, desen oluşturma ve renk değişkenliği için özellikle uygun olmaktadır (Addington, Schodek, 2005).



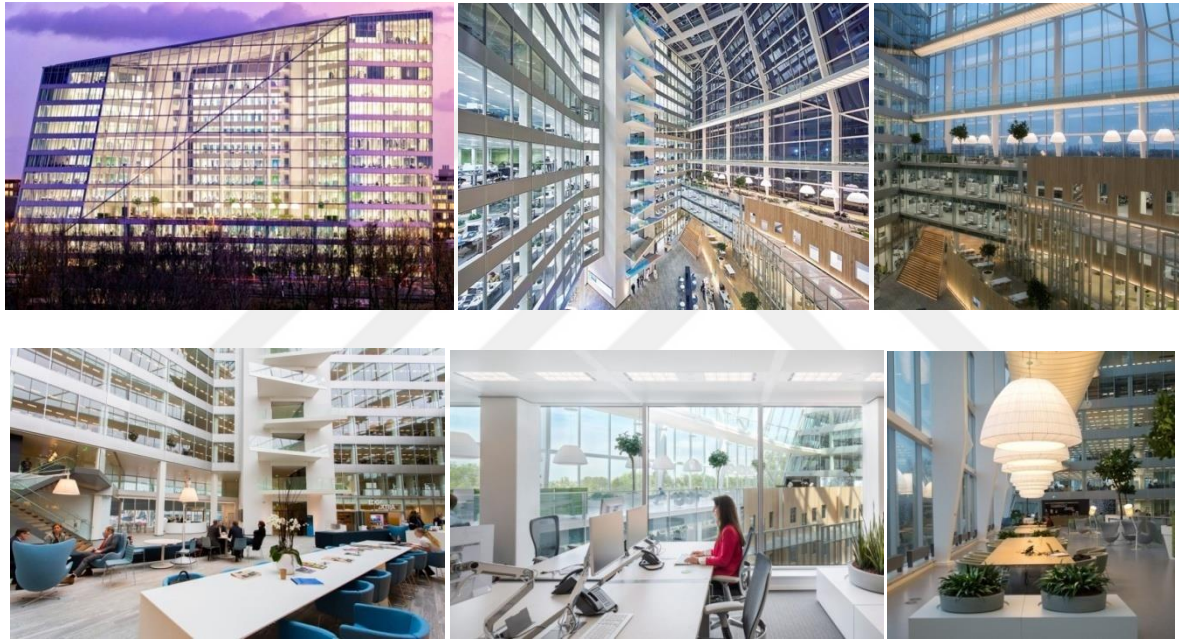
Yeni keşfedilen ışık kaynakları hakkındaki artan bilgimiz, ışık kaynakları kullanımının radikal bir şekilde yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bir yüzeye, aydınlatma sunmak yerine, parlak bir yüzey oluşturulabilmektedir. Kaynak, ayrılmaz olabilir ve herhangi bir yere yerleştirme özelliği, ışığın diğer kullanımlarını, özellikle de bilgi sunumunu sağlayabilir. New York'taki Bear Stearns Şirketi için lobi projesinde, James Carpenter Design Associates, ışık kaynaklarını görüş alanına yerleştirmek için doğrudan yüksek performanslı optik malzemelerle birlikte iki farklı gelişmiş ışıklandırma teknolojisi kullanılmıştır (Resim 95) (Addington, Schodek, 2005).



Resim 95. Bear Stearns Şirketi, New York, James Carpenter Design Associates(Addington, Schodek, 2005).

Bu süreçte, aydınlatma teknolojilerinin aşamalı küçülmesi ve ayrıklaştırılması, aydınlatma tasarımında yeni bir paradigmayı ortaya çıkarmaya başlamıştır. Kullanılan teknoloji veya sisteme bakılmaksızın, gün ışığının da dahil olduğu geleneksel aydınlatma sistemleri, belirlenen yüzeylere ışık gönderilmesine göre tasarlanmıştır. Aydınlatmada mevcut standartlar, görev yüzeylerine ve zemin alanlarına belirli bir aydınlatmanın sağlanmasını gerektirir. Kaynaktaki öncelikli ilgi, renk ve etkinliktir. Kaynaklar, genellikle, aydınlatılacak yüzeyden bir miktar uzakta oldukları için, lümen çıkışı, genellikle, görme alanında karşılanabilecek seviyeden bir ila iki misli daha yüksektir. Işık kaynağının görünürlüğünü azaltmak, böylece parlamayı önlemek için geniş bir ekranlama aygıtı (saptırıcılar, difüzörler, trofförler, koylar) kullanılmaktadır. Akıllı malzemeler, geleneksel sistemlere kıyasla ışık üretimde çok daha verimli olmadığı sürece bile, enerji kullanımı üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilmektedirler. Temel tasarrufların, herhangi bir aydınlatma kaynağından ziyade, akıllı malzemelerin etkinleştirdiği aydınlatma sistemlerinden geleceği beklenmektedir(Addington, Schodek, 2005).

<b>Proje Adı</b>	<b>The Edge Ofis Binası</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Amsterdam, Hollanda/2015
<b>Proje Mimarı</b>	PLP Architecture, Fokkema & Partners
<b>Ürün</b>	Led(Elektrolüminesans Akıllı Malzeme Sistemi),Power-over-Ethernet (PoE) teknolojisi, InterAct Office Aydınlatma Sistemi
<b>Üretici</b>	Philips
<b>Kullanım Yeri</b>	Tavan yüzeyleri



Resim 96. The Edge Ofis Binası Dış ve İç Mekan Görüntüleri (URL-68).

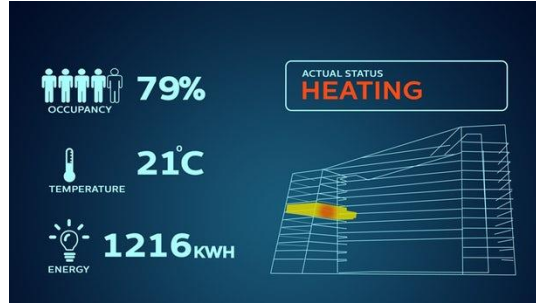
Deloitte'un Amsterdam'daki merkezi The Edge, dünyanın yenilikçi ve enerji verimli ticari binalarından biridir. Bina, çatı güneş pilleri, yenilikçi aydınlatma çözümleri ve enerji tasarruflu sistemleri sayesinde, kategorisinde en yüksek BREEAM derecesine ulaşmıştır. Londra merkezli, PLP Mimarlık tarafından tasarlanan yapı, 4100 metrekarelik çatı güneş paneli ve yeni teknoloji ethernet destekli LED bağlantılı ışıklandırma çözümüne sahiptir. Proje hedefi, dünya çapında sürdürülebilir bina tasarımına öncülük ederek, sezgisel, konforlu ve üretken bir ortam sağlamaktır. Yapı içinde, 15 katlı bir atriyum, doğal aydınlatmanın çalışma alanlarına nüfuz etmesine izin vermektedir (URL-69).

The Edge, yenilikçi bağlantılı LED aydınlatma sistemi ile donatılan ilk ofis binasıdır. Bağlantılı aydınlatma sistemi, tek bir ethernet bağlantısı üzerinden, hem güç hem de veri alır ve tesis

yöneticileri, binanın kullanım alışkanlıklarını ve enerji kullanımını görüntüleyebilir. Bu, üst düzeyde enerji ve operasyonel verimlilik ile daha bilinçli karar vermeyi sağlamaktadır. Operasyonel anlamda, insanların binayı nasıl kullandığını ve ne kadar yoğun bir şekilde çalıştığını anlamak için sensörlerdeki veriler kullanılabilir. Veri iletimi özelliklerinden yararlanmak için ışıkların içine ek sensörler yerleştirilmiştir. Sensörler, karbondioksit seviyeleri, sıcaklık ve nem ile ilgili anonim verileri yakalayabilmektedir. Sistem, ayıracakodlanmış verileri, mobil cihazlara ileterek, çalışanların binadaki ışıkları yönlendirmesine yardımcı olabilmektedir. LED armatürler, aydınlatma performansı ile ilgili verileri alarak, alanın nasıl kullanıldığını, verimliliği iyileştirmek, enerji kullanımını azaltmak ve alan maliyetlerini kontrol etmek için aydınlatma, HVAC, temizlik ve yapı kullanımının kontrol edilmesini sağlamaktadır. Örneğin, büyük bir toplantı için bütün gün kullanılan bir oda, iki kişi için iki saat boyunca kullanılandan daha farklı bir temizlik gerektirmektedir; böylece ihtiyaç duyulan odalara odaklanmaya ve maliyetleri uygun seviyeye getirmeye yardımcı olabilmektedir. Sistem uygulamaları, açık plan ofisinin yönetimini ve esnekliğini arttırmak amacıyla kullanılabilir.

Aydınlatma, bir binanın elektrik kullanımının yüzde 40'ını kapsamaktadır. Sistemde, geleneksel armatürlerin yerine LED kullanılmaktadır, bu sayede yüzde 80'e kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu, binanın toplam elektrik tüketiminde yüzde 30'luk bir azalmaya eşit olmaktadır. Ayrıca kullanılan armatürler, tek bir ethernet bağlantısı üzerinden hem veri hem de güç aldıklarından, elektrik kablolarına gerek kalmadan, kurulum maliyetlerini yüzde 25 oranında azaltarak, aydınlatma kurulumunda da önemli maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Power-over-Ethernet (PoE) teknolojisi aydınlatma sistemi ile işlevsellik, sistemin geleneksel aydınlatma sistemlerine oranla, çok daha fazla kontrol edilebildiği ve izlenebileceği anlamına gelmektedir. Ampul ömrü ve arızaları izlenerek, altyapı güncellenebilmekte ve korunabilmektedir. Bina temizlik maliyetleri, doluluk verilerine göre yaklaşık yüzde 10 azaltılabilmektedir. Ofis çalışanları, mobil cihazlarını kullanarak masalarındaki aydınlatmayı ve çevrelerindeki iklimlendirmeyi kontrol edebilmektedir. Bireysel ışıkların parlaklığı, bir çalışanın tercihiyle ayarlanabilmekte, örneğin odaklanma veya sakinlik vb. farklı ışıklandırma "profilleri" etkinleştirilebilmektedir. Çalışanlar, çalışma alanı aydınlatmasını masasının üzerinde kişiselleştirmek, görsel rahatlığı ve refahı iyileştirmek için ayarlayabilmektedir. Toplantı odalarında aydınlatma ve sıcaklığı ayarlamak için uygulamalar kullanılabilir. Akıllı bağlantılı aydınlatma sistemi, daha konforlu, üretken ve sürdürülebilir bir ortam yaratılmasına yardımcı olmaktadır. Tesis yöneticileri, bina ve enerji kullanımına tarihsel ve gerçek zamanlı olarak bakabilmektedir. Bu sayede, daha iyi bir alan planlaması yapılmasına olanak tanıyarak, yüzde 20 oranında alan verimliliği sağlanmaktadır. Aydınlatma sistemi ayrıca binanın içinde bir yol bulma aracı olarak

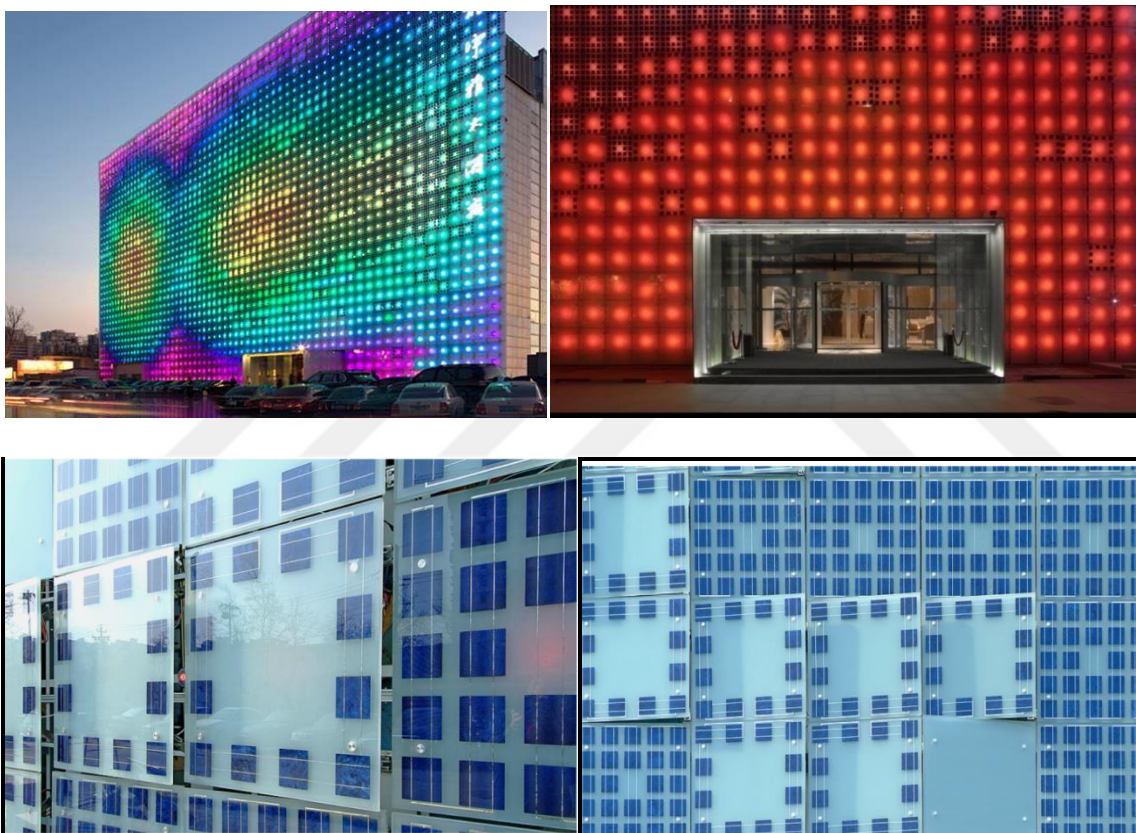
kullanılabilmektedir.Kullanıcılar, mobil cihazlarına bir mobil uygulama yükleyerek, aydınlatma ünitesi yardımıyla bina içinde nerede bulduklarını öğrenebilmektedir. Uygulama daha sonra kullanıcıyı istenen hedeflere yönlendirebilmektedir(URL-70).



Resim 97. Led, PoE teknolojisi, InterAct Ofis Aydınlatma Sistemi, Mobil Uygulama Ekranı (URL-71).

Binanın 15 katı boyunca bir dijital aydınlatma altyapısı oluşturmak için yaklaşık 6.500 bağlantılı LED armatür kullanılmaktadır. Bu armatürlerin, 3.000'inde bulunan entegre sensörler, aydınlatılan alanlar hakkındaki bilgileri yakalayan, depolayan, paylaşan ve dağıtan merkezi olarak barındırılan bir yazılım panosuna, doluluk ve ışık hakkında ayrıntılı anonim veriler sunmaktadır.Gerçek zamanlı ve geçmiş verileri görselleştirip analiz ederek, alanları uygun hale getirmeyi, işyeri tasarımı konusunda gerçeklere dayanan kararlar vermeyi ve enerji tüketimini izleyerek, bina operasyonlarını düzene koymayı sağlayabilmektedir. Ethernet kabloları, güç ve verileri armatürlere göndererek ayrı güç kablolaması ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Bağlantılı aydınlatma sistemi ile desteklenen akıllı teknoloji ve akıllı tasarımın birleşimi, binanın yüksek (% 98.36) BREEAM sürdürülebilir bina puanı almasında büyük öneme sahiptir. Aydınlatma sahnelerinin ve oda sıcaklığının kişiselleştirilmesi, çalışanların çalışma ortamlarını kontrol etmelerini sağlayarak,yer değişikliklerinde ışık ve sıcaklık tercihlerini bilerekuygulamaya koyabilmektedir. Bu aydınlatma sistemi ile, binanın ofis alanında yıllık enerji maliyetlerinde ve çalışan başına yıllık alan maliyetlerinde önemli ölçüde azalma görülmüştür (URL-72).

<b>Proje Adı</b>	<b>GreenPix Sıfır Enerji Medya Duvarı</b>
<b>Proje Yeri/ Yılı</b>	Pekin, Çin/2008
<b>Proje Mimarı</b>	Simone Giostra & Partners ve ARUP
<b>Ürün</b>	Led (Elektrolümesans Akıllı Malzeme Sistemi), Güneş Pilleri
<b>Üretici</b>	SunTech, Schueco ve SunWays
<b>Kullanım Yeri</b>	Dış duvar yüzeyi



Resim 98. GreenPix Medya Duvarı Yüzey Görünümleri (URL-73).

GreenPix medya duvarı, 2008 Çin Olimpiyat Oyunları' nın bulunduğu yere yakın, batı Pekin'deki Xicui eğlence kompleksinin ön cephesini oluşturmaktadır. Cam perde duvarı entegre edilmiş bir fotovoltaik sistemle çalışan dünyanın en büyük renkli LED ekranına sahiptir(URL-73).

Sürdürülebilir ve dijital teknolojinin birleşimi ile fotovoltaik sistem,2.200 m2 ekran alanını, herhangi bir ek enerji gereksizini işletmeyi mümkün kılmaktadır. 2.292 adet renkli led, 60m x33m ölçülerinde perde duvarının dış cephesinin arkasındaki 89 \* 89cm dizilerinde düzenlenmiştir. Perde duvarının nokta sabit, kompozit camı içinde lamine edilmiş polikristalin

fotovoltaik hücreler, enerji üretimi ve güneş koruması olmak üzere iki işlevi yerine getirmektedir. Hücrelerin yapının yüzeyinde, hangi yoğunluğa sahip olduğunun değişmesi, medya duvarının arkasında yer alan odaların kullanımlarının, gerektirdiği gibi doğal ışıkla aydınlatılmasına izin vermektedir. Bunun yanında, fotovoltaik hücrelerin düzensiz, dekoratif dağılımı, cepheye gün boyunca dinamik bir görünüm kazandırmaktadır. Binadaki fotovoltaik diziler, medya cephesinin tükettiğinden iki kat daha fazla enerji depolamaktadır. Gün içerisinde depolanan güneş enerjisi, bina içerisinde çeşitli amaçlarla kullanılmakta, kendi kendine yeterli bir organik sistem olarak çalışmaktadır. Güneş enerjisini, gün içerisinde saklamakta ve gece aydınlatmak için kullanmaktadır. Özelleştirilmiş yazılım ile dış duvar yüzeyi, bina iç mekanlarıyla ve kamusal alanla etkileşim içinde, cepheyi eğlence ve halkın katılımı için duyarlı bir ortama dönüştürmektedir. Mühendislik ve aydınlatma tasarımı sadece binanın performansını arttırmakla kalmamakta, aynı zamanda çarpıcı bir enerji verimliliği örneği olarak da hizmet vermektedir. Görüntülenen dinamik görüntüler, sanatsaldır ve program profesyonel gözetim altında bulunmaktadır. Cephe görünüşü, yüksek ışık yoğunluğu ve düşük ekran çözünürlüğü ile karakterizedir. Yapı cephesi hem enerji üreten, hem enerji kazançlarını dengeleyen, hem de medya ekranı işlevi üstlenen, akıllı ve sürdürülebilir bir cephe özelliği taşımaktadır (Klooster, 2009, URL-74).

#### **3.1.2.4. Akıllı Malzeme Yapısal İzleme Sistemleri**

Bütün yapılar, dinamik olarak davranan deprem ya da rüzgar yüklemeleri sırasında farklı modlarda hareket eder. Tasarımcılar, yüzlerce yıldır bu fenomeni incelemektedir, gerekli sağlık kriterleri için güvenli ve verimli yapılar tasarlamak için hala birçok sorunlu yön bulunmaktadır. Örneğin, yapılarda, karmaşık dinamik etkiler oluşturan rüzgar ve deprem yüklemelerine karşı, güvenli yapısal tepkiler vermek zorlu olmaya devam etmektedir. Akıllı malzemeler alanı, yapılarda bazı eski problemleri çözmek için yeni yollar açarken, aynı zamanda 'akıllı yapılar' olarak adlandırılan yeni alanlara uzanan, yeni tasarım olanakları yaratmaktadır. Genel olarak, akıllı yapılara yönelik en güncel yaklaşımlar, amaçları gereği, dış etkiyi algılama ve ona uygun bir yapısal tepki verme kabiliyetine sahiptir. Akıllı yapı sistemleri ise genel olarak, pasif ve aktif akıllı sistemler olarak ayrılmaktadır. Pasif bir sistem, normalde, istenmeyen fenomenin etkilerini, mümkün olan en basit tepki veren araçlarla, asgariye indirmeyi hedeflemektedir. Aktif bir sistem genellikle, istenmeyen bir fenomeni, kontrol etme vasıtalarının zorlayıcı uygulamalar veya başka teknikler yoluyla sağlandığı anlamına gelmektedir. Mevcut yaklaşımlar tipik olarak, yapı, bir sensör sistemi, bir çalıştırıcı sistem ve bir kontrol sisteminden oluşmaktadır. Kontrol sistemi, girdi verilerini analiz eden, onu yapısal davranışın ilgi alanına giren bir matematik modeliyle ilişkilendiren ve gerekli

dengeleme veya tepki veren kuvvetler sağlayan, aktüatör sistemlerine uygun çıkış sinyalleri gönderen, bir mikro işlemci içerir. Akıllı malzemelerin sürekli geliştirilmesi, sonuç olarak bu işlevlerin birçoğunun ayrı bileşenlerden ziyade, yapıya ayrılmaz olmasına izin verebilmektedir (Addington, Schodek, 2005).

Yapısal Sağlık İzleme Sistemi (SHM), yapısal sağlığın izlenmesine ve değerlendirilmesine ayrılan yeni bir teknolojidir. SHM, geniş akıllı yapı alanlarından ortaya çıkmış ve yapısal dinamikler, malzemeler ve yapılar, tahribatsız muayene, sensörler ve aktüatörler, veri toplama, sinyal işleme ve muhtemelen çok daha fazlası gibi disiplinleri kapsamaktadır (Shih, vd., 2009). Son yıllarda, uygun araçlarla yapılandırmayı izleme fikri geniş bir kabul görmüştür. Yaklaşım, uçaktayken veya yolda bir otomobilde, aracın kritik parametrelerinin izlenmesine benzemektedir; böylece herhangi bir arıza erken tespit edilebilir ve önleyici eylem kolaylaşır. Bu nedenle, yapısal sağlık izleme (SHM) gereksinimi yaygın olarak kabul görmüştür. Genel olarak, SHM, operasyonel olayların belirtilerini, operasyonel olayların semptomlarını, anormalliklerini ve operasyonu, servis edilebilirliği, emniyetliliği veya güvenilirliği etkileyebilecek bozulma veya hasar göstergelerini izlemek ve değerlendirmek için bir yapının kritik yanıtlarının ölçülmesi olarak tanımlanır (Aktan ve diğerleri, 2000). Yaşam döngüsü yönetim kararlarını kolaylaştırmak için teknik verilerin sürekli izlenmesi, edinilmesi, geçerliliği ve analizi anlamına gelir (Kessler, vd., 2002).

Geleneksel SHM teknikleri, hasarları belirlemek için stres, gerginlik, yer değiştirme, hızlanma veya diğer ilgili fiziksel tepkilerin ölçülmesine dayanmaktadır. Bu teknikler kullanan klasik sensörler pasif, çoğunlukla hantaldır ve hasarlarla ilgili herhangi bir doğrudan bilgiye yol açmayacak, yük ve gerinim geçmişi gibi ikincil bilgileri çıkarabilir (Giurgiutiu, vd., 2000). Bununla birlikte, son yirmi yıl SHM için yeni olanaklara sahip olan "akıllı" materyallerin, sistemlerin ve yapıların ortaya çıkmasına tanık olmuştur. Doğal özellikleri (geleneksel malzemelerden esasen farklı prensiplerle çalışan) tarafından güçlendirilen akıllı malzemeler, çevreleyen çevrelerindeki her türlü değişikliğe karşı daha fazla duyarlılık sergilemektedirler. Bu bağlamda, Osaka Üniversitesi'nden Japon araştırmacılar Fukuda ve Kosaka'ya göre, dört yeni büyük hasar değerlendirme yaklaşımı özellikle ilginçtir. Bunlar; fiber optik, piezoelektrik, magyetostriktif ve elektrik direnç teknolojilerine dayanmaktadır (Fukuda, vd., 2002).

Hasar gören yapıların dengelenmesi veya dengelenmesi, bir yapının titreşim özelliklerini değiştirecek kuvvetler, stresler veya deformasyonlar sağlamak için tasarlanmış olan farklı aktif kontrol yaklaşımları ile hasarları önlemenin yolları bulunmaktadır. Titreşim olaylarının kontrolü, akıllı malzemeler alanında birçok araştırma ve geliştirme çabasının merkezi bir amacı olmuştur. Titreşim olayları, dış kuvvetler (rüzgarlar, depremler), yapı tarafından taşınan makineler, bina kullanıcıları veya diğer kaynaklardan oluşabilir. Bu anlamda, birçok

geleneksel sönümlenme sistemine ek olarak, başarılı bir şekilde, özellikle piezoelektrik, elektrorheolojik ve manyetostriktif malzemeler gibi çeşitli akıllı malzemeler de son zamanlarda kullanılmakta ve gelecekte daha etkin olarak kullanılması beklenmektedir. Akıllı malzemeler, diğer birçok alanda kapsamlı bir şekilde denenmiş ve hızla benimsenmiştir (Addington, Schodek, 2005).

### **3.2. Bölüm Sonucu**

3. bölümde, akıllı malzemelerin yüzeylerde kullanımı ürün ve sistem bazında ele alınmıştır. İç ve dış yüzeylerde kullanılan akıllı malzeme ürünleri; Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Ürünler, Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler, Güneş ve UV Işınlara Karşı Korunum ve Kontrol Sağlayan Akıllı Ürünler, Mimari Tasarım ve Dekorasyon Amaçlı Kullanılan Akıllı Ürünler başlıkları altında incelenmiştir. İç ve dış yüzeylerde kullanılan akıllı malzeme sistemleri ise; Akıllı Malzeme Cephe Sistemleri, Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri, Akıllı Malzeme Enerji Sistemleri, Akıllı Malzeme Yapısal İzleme Sistemleri başlıkları altında araştırılmıştır. Yapı yüzeylerinde kullanım şekilleri örnek projeler ile incelenerek, yapı ve iç mekana katkıları irdelenmiştir. Tez çalışmasının, sonraki 4. bölümü, çalışma konusunun genel değerlendirmesi ve ulaşılan sonuçlarını içermektedir. Elde edilen bilgiler ile, yüzeylerde geleneksel ve standart malzeme çözümlerine alternatif olarak kullanılması önerilen, akıllı ürünler ve sistemler, sonuç ve değerlendirme bölümünde tablo halinde sunulmaktadır (Tablo 18).



## 4. BÖLÜM

### SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Mimari paradigma son yıllarda önemli ölçüde değişmiştir. Yeni dijital tasarım yöntemleri, malzeme inovasyonu, sosyo-kültürel yönler, kullanıcı etkileşimi ve sürdürülebilirlik gelişmelerinden büyük ölçüde etkilenmiştir. Son 150 yılda, tarihteki diğer zamanlara kıyasla daha fazla teknolojik gelişme kaydedilmiştir. Ek olarak, inovasyon hızı muazzam bir şekilde artmıştır. İnternet, elektronik cihazlar ve hareketlilik gibi teknolojik yenilikler, toplumun sosyo-kültürel gelişmeleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ancak, yapı çevre göz önünde bulundurulduğunda, yaşam çevremiz ile algımız ve şu andaki yaşam biçimimiz arasında bir tutarsızlık belirlenmektedir. Teknolojik gelişmelerin mimaride daha fazla uygulanması beklenmektedir. Çevresine yanıt veren adaptif yapı ve mekan konseptinin, örneğin, iklim kontrolü ve mekansal kullanım gibi konuların yapı performansının artmasında kapsamlı olarak katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Mekan yüzeylerinin çok işlevli kullanımı, mevcut yapı stokunun optimize ederek en iyi şekilde kullanımına yol açacaktır. Ek olarak, binaların ve mekanların kişileştirilmesini sağlayacaktır.

Günümüzde sunulan malzeme yetenekleri veya olanaklar, mimarlar ve malzeme bilimcileri arasında disiplinler arası yeni bir anlayışı ve malzemelere özgü tasarım taleplerini çözmek için işbirliğini gerektirmektedir. Bir bakıma, yeni yapılar ve iç mekanlar yaratma süreci, yapının her bir parçasının, sadece estetik bir amaçtan daha fazlasına bağlı etkin bir doğaya sahip olduğu, gelişmiş sistemlere yol açmaktadır. Bu anlamda, akıllı malzemelerin çevresel olayları kavrayabilme, işleyebilme ve esneklik kabiliyetleri sayesinde, çevrelerindeki fiziksel veya kimyasal uyarılarla etkileşim içinde, şekil, renk ve iç enerjiyi tersine çevirebilmektedirler. Bu malzemeler, çevresel koşullara göre kendi öz düzenleme özelliklerinden kaynaklanan "esnek" ve "uyarlanabilir" malzemeler olarak da bilinir. Bunları kategorize ederken, bazılarının kendilerini ve havayı temizleme, yüksek yalıtım, gün ışığı kontrolü, elektrik üretme, yapı hasar kontrolü vb. özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bu özelliklerinin yanında, en önemli etkileri, gelecek yüzyılın temel konularından biri olan enerji alanındadır. Bu durumda, akıllı materyalleri mekan tasarımında kullanmak, enerjinin optimal tüketimini sağlayabilmektedir. Yaygın ve standart yapı malzemeleri, çevresel etmenlere karşı direnme eğilimleri nedeniyle statik olmakta, akıllı malzemeler, davranışları enerji alanlarına tepki olarak tanımlandığından dinamik olmaktadır. Bu malzemeleri yapı ve mekan tasarımında kullanmak, enerji tüketimini optimize edebilmektedir. Enerji bilincine sahip tasarım, temel malzemelerin ve cihazların anlaşılmasını gerektirirken, tasarımcıların sorumluluklarından biridir. Enerji problemlerini ve çevresel problemleri çözmek için akıllı malzemeler kullanmak daha verimli çözümler sağlayabilmektedir. Çeşitli disiplinler arasındaki ortak bir çalışma, bu yeni teknolojiden

maksimum fayda elde etmek için kilit rol oynayacaktır. Gelecekteki binaların tasarımcıları, daha yenilikçi ve verimli çözümler yaratmak için mevcut eğilimlerin farkında olmalıdır. Küresel malzeme ve enerji kaynaklarının korunmasına duyulan ihtiyaç, daha fazla enerji verimli binalar gerektirmektedir. Binaların çevresel sürdürülebilirliğini, acil olarak kabul edilmesinin ve yenilenebilir kaynakların ileri teknolojik çözümlerle kullanılmasının önemi, gelecekteki bir tasarım çözümü olarak öngörülmektedir. Mimarlık ve iç mekan tasarımı, teknolojik ve çevresel kaygılara cevap vermeli, 21. yüzyılın yapıları sürdürülebilir kalkınmayı benimsemelidir. Sonuç olarak, bu malzemeler, pahalı enerji kaynakları ve hammaddeler için artan küresel talebi, düzenleyebilme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, yukarıda bahsedilen konular göz önünde bulundurulduğunda, bu tezin ana amacı, akıllı malzemeleri, işlevlerinin niteliğini ve kalitesini, yapıcı projelerde davranışlarını ve bunları uygulama yöntemlerini tanıtmaktır.

Bu gelişmelere paralel olarak, son dönemlerde akıllı malzemelerin ticari öneminin de giderek arttığı gözlemlenmiştir. 2003 yılında, İngiliz hükümeti tarafından desteklenen geleceğin teknolojik vizyonlarını sağlamak amacıyla uzmanları bir araya getiren, '21. Yüzyıl için Akıllı Malzemeler' konulu 'Öngörü Malzemeleri Paneli' (Foresight Materials Panel) tarafından üretilen bir raporun konusu olmuştur. Raporda, "21. yüzyılın rekabetçi avantajının anahtarı, artan işlevsellik düzeyine sahip ürünlerin geliştirilmesi olacaktır. Akıllı malzemeler bu gelişmede kritik bir rol oynayacaktır" açıklamasında bulunulmuştur. Dünya çapında, bu malzemelerin araştırmaları uzun süredir devam etmekte olup, ticari kullanım yavaş olmuştur. ABD, büyük savunma araştırma ve geliştirme bütçesinden dolayı, bu alandaki araştırmalarda dünya lideridir. ABD Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı, 1990'ların başından bu yana, akıllı malzemeler ve yapılar araştırması için bir kurum içi programa sahiptir. Bununla birlikte, İngiltere kendilerini onarabilecek yapılara yönelik araştırmalarda ön sırada yer almaktadır. Japon, Almanya ve Fransa'nın da akıllı malzemeler alanında önemli çalışmaları bulunmaktadır. AB, 'Yedinci Çerçeve Programı' (The Seventh Framework Programme) aracılığıyla bazı akıllı malzeme ve sistem araştırmalarına finansman sağlamaktadır (Postnote, 2008). Konunun disiplinler arası yapısı ve bilim adamları ile tasarımcılar arasındaki ayrışma ticari kullanımını yavaşlatmıştır. Teknoloji Strateji Kurulu, SMART.mat (Malzeme Bilgi Transferi Ağı'nın bir parçası) için işbirliğini teşvik etmek ve akıllı malzemelerin ve sistemlerin kullanımını artırmak için finansman sağlamıştır.

Bu tez çalışmasında öncelikle yapıyı ve iç mekanı oluşturan yüzeyler belirlenmiş, bu yüzeylerde kullanılan yaygın malzeme çeşitleri ve kullanımları araştırılmış ve açıklanmıştır. Günümüzde teknolojik gelişmelerin etkisi, malzeme bilimi ve mühendisliğinin varmış olduğu noktada, çağdaş tasarımda malzeme konusu çerçevesinde, yaygın olarak kullanılan bu malzeme gruplarına ilaveten bir çok gelişmiş malzemenin yapı ve mekan yüzeylerinde

kullanıldığı görülmektedir. Yeni malzeme gruplarından, akıllı malzemeler, çalışmanın hedef aldığı grup olmuştur. Çalışma kapsamında, tasarım alanında öne çıkan çeşitleri ve özellikleri incelenmiş ve örnek projeler üzerinden irdelenmiştir. Mekana sağladığı işlevsel, yapısal ve anlamsal katkıları ile yüzeylere uygulanma biçimleri, ürünler ve sistemler bazında ise yaygın malzeme kullanımlarına alternatif olacak biçimde önerilen kullanımları tablolar halinde sunulmuştur (Tablo 15, 16, 17, 18).

Akıllı malzeme ürünleri ve sistemleri, çevreye duyarlılık gösterip, çok geniş alanda uygulamalara sahip olmaktadır. Tez çalışması, yapı malzemeleri alanında, mevcut araştırma ve potansiyel uygulamalara genel bir bakış sunmaktadır. En çok kabul edilen tanım, bu malzemelerin ve sistemlerin buldukları çevreyi öngörülebilir ve kullanışlı bir şekilde algılayabilmeleri ve bunlara cevap verebilmeleridir. Akıllı malzemeler ve nanoteknoloji arasında büyük bir örtüşme olduğu gözlemlenmiştir. Akıllı sistemler de çevrelerini algılar ve tepki verir, ancak tek bir malzemedan yapılmamaktadır. Akıllı malzemeleri içerebilirler, ancak geleneksel teknoloji kullanılarak da inşa edilebilirler, çalışma kapsamında akıllı bir malzeme içermeleri baz alınmıştır. Bu yeni teknolojiler, bir cep telefonu ile etkileşimde bulunabilme veya kendilerini onarabilecek yapılar gibi yeni olanaklar da yaratmaktadır. Ayrıca mevcut teknolojinin geliştirilmesine de izin vermektedirler. Algılamak ve cevap vermek için geleneksel malzemeler veya mekanizmalar yerine akıllı bir malzeme kullanmak, cihazları basitleştirerek, yük ve aksama olasılığını azaltabilmektedir.

Bu araştırma, dinamik parametreleri, karmaşık mekanik yapılar tasarlamak yerine, akıllı malzeme ürün ve sistemlerinin kullanımıyla, somut ifade ortamlarına dönüştürmenin mümkün olduğunu göstermektedir. Bu süreçte, farklı bilim alanları arasında bilgi aktarımı, önemli rol oynamaktadır. Diğer uzmanlık alanlarındaki bilgileri, mimarlık ve iç mekan tasarımı alanına uygulayarak, yeni tasarım çözümlerini gerçeğe dönüştürebilmektedir. Çalışma, mimari mekan tasarımı ve akıllı malzeme teknolojisinin kesiştiği alanı araştırarak, tasarım alanına ve mimarlığa entegrasyonu, mekan çözümlerinde yeni fikir ve performanslara yol açmasını desteklemektedir. Araştırma, yaygın olarak geleneksel malzemeler ile oluşturulan mekan yüzeylerinin, akıllı malzeme teknolojisi kullanılarak, 'akıllı yapı yüzeyleri' olarak gerçekleştirilmesinde, tasarımcının ve kullanıcının karşılaşabileceği kavramsal, teknolojik ve tasarım sorularına cevap vermeyi amaçlamıştır. İncelenen örnekler bakımından, mevcut teknolojilerle etkileşimin ve akıllı yüzeylerin gerçekleştirilmesinin, mümkün olduğu görülmektedir.

Çalışmada yapıları ortamda yüzey bileşenlerinde kullanılan akıllı malzeme teknolojilerinin çeşitli örnekleri sunulmuştur. Bu kullanımların performansı farklı seviyelerde bulunabilmektedir; bunlar, yapısal performans, iklim ve enerji performansı, mimari

performans olarak çeşitlenebilmektedir. Güneş ışığı sistemleri ve yapısağlığı gibi bazı örneklerde, akıllı malzeme sistemlerinin, geleneksel sistemleri ve yöntemleri değiştirdiği görülmektedir. Değişimin, geleneksel bina performansının iyileştirilmesine yol açtığı belirlenmektedir. Bu bağlamda, yapı ve mekan kullanımı, kurulumu, iş gücü ve enerji kullanımı konularında çevresel ve mali faydaları öne çıkmaktadır. Bazı örneklerde, malzeme teknolojileri mevcut bina bileşenlerine, kendi kendini temizleme, havayı temizleme vb. yeni performanslar eklemektedir. Akıllı malzeme teknolojisinin büyük avantajlarından biri, bunları mevcut bina bileşenlerine entegre etme kabiliyetidir. İçsel performansı nedeniyle, akıllı malzeme ve sistemleri genellikle küçük boyutlara sahiptir. Akıllı yapı sistemlerini, bina yapısına yerleştirerek, davranışsal performansları öngören hafif yapı bileşenleri elde edilebilmektedir. Bu durumda uygulama alanında, minyatürleştirme, bu disiplinler içindeki en önemli özelliklerden biridir. Genel olarak, gelişmeler nano ölçekli olarak ortaya çıkmaktadır. Mimari düzeyde çoğunlukla büyük ölçekli uygulama ve daha uzun ömür süreleri gerekmektedir. Yapı bileşenleri, daha büyük yüzeyli olmaktadır. Ölçekleme yönü, akıllı malzeme ve sistemlerinin mimaride bire bir uygulamasını sınırlandırabilmektedir. Bu ileri malzeme grubunun sahip olduğu bazı ilginç performansları, teoride, yeni tasarım çözümlerine yol açmaktadır. Ancak, mimari ölçeğe göre tasarlarken, operasyon hızı ve bozulma gibi konular çözümlenmelidir. Bu, küçük ölçekli uygulamadan daha büyük yapı yüzeyi ölçeğine çevirmenin önemli bir zorluk olduğunu göstermektedir. Bu ölçekleme zorluklarının üstesinden gelmek ve performansı optimize etmek için geliştirmeler devam etmektedir (Lelieveld, 2013). Örnek incelemelerde, bina ölçeğindeki akıllı malzeme ve sistemleri günümüzde, yapısal, iklim, enerji ve mimari performanslarını gerçekleştirmektedir. Bu malzemeler mevcut bina bileşenlerine entegre edilmiştir. Akıllı malzeme sistemlerinin içsel özellikleri, küçük ve hafif uygulamalar sağlamaktadır. Bu, mekanik sistemlere kıyasla büyük bir avantajdır. Malzeme sistemlerinin, geniş çaplı minyatürleştirilmesi nedeniyle, sensörler, aktüatörler ve kontrol mekanizmaları, malzemenin mikro sisteminin bir parçası haline gelmektedir. Bu malzeme grubuna örnek olarak, (O) LED'ler, fotovoltaikler vb. sistemler de dahil olmaktadır.

Akıllı malzeme teknolojilerinin yüzey bileşenlerinde uygulanması, tamamen farklı bir tasarım yaklaşımı gerektirmektedir. Statik ortamlar tasarlamak yerine, tasarımın, yapı ve mekan performansını dikkate alması gerekmektedir. Mekan performansı, kendini uyarlayabilen alanların geçici performansını temsil edemediğinden, mimari çizimler ile tercüme edilememektedir. Uyarlamalı bina önerileri, uyarlayıcı plan (Holland, 1992) tarafından sunulması önerilebilir. Bu planda, zamanın geçici boyutu önemli bir rol oynamaktadır. Her ne kadar mimari alandaki yenilikler yavaş bir tempoda gelişse de, akıllı malzeme uygulamalarının güvenilirliğinin mümkün olduğu görülmüştür. Ölçeklendirme, performans optimizasyonu, güvenilirlik değerlendirmeleri, maliyet verimliliği ve sertifikalandırma gibi

kısıtlamalar ihmal edilemez, ancak çözümlenebilmektedir. Sunulan örnekler, bahsedilen teknolojilerin uygulanmasının, pratikte mümkün olduğunu göstermektedir(Lelieveld, 2013).

Mimari alanda kullanılabilen, özellikleri, çeşitleri ve uygulama örnekleri İncelenen akıllı malzemelerin iç ve dış yüzeylerde kullanımlarının iç mekana, işlevsel, yapısal ve anlamsal katkılar sağladığı belirlenmiştir:

- Fiziksel ve işlevsel olarak; mekanın hava, ışık, ısı ve akustik kalitesi ve konforunun artırılması,
- Yapısal olarak; fiziksel ve işlevsel katkılarının etkisi, çevre ile etkileşimleri ve uyumluluklarının neticesinde kullanımlarının, enerji ve çevre bağlamında, enerji etkin kullanımlı, ekolojik, sürdürülebilir ve sağlıklı bir iç ve dış çevre yaratılması,
- Anlamsal olarak; mekan algısını artırma, sınırlama, esneklik ve dönüştürülebilirlik sağlama amaçlarıyla kullanılabilirlikleri görülmektedir.

Tablo 15. İç Mekana İşlevsel Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri

<b>İşlevsel</b>	<b>Akıllı Malzemeler</b>	<b>Kullanım Yüzeyi</b>	<b>Kullanım Şekli</b>
<b>Hava Kalitesi</b>	- Fotoadezyon Akıllı Malzeme	Duvar, tavan döşeme yüzeyleri	Kendini ve havayı temizleyen boya, sıva, beton, seramik, membran, tekstil, cam ürünleri
<b>Işık Kalitesi</b>	- Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler - Elektrokromik, Fotokromik, Elektrooptik vb. Akıllı Malzemeleri	Duvar ve tavan yüzeyleri	Aydınlatma sistemlerinde kullanılan LED, OLED ürünleri, Doğal ışık kontrolü sağlayan akıllı cam ürünleri
<b>Isı Kalitesi</b>	- Aerojel - VIP - Faz Değiştiren Akıllı Malzemeler	Duvar, tavan, döşeme yüzeyleri	Yüksek yalıtım ve termal düzenleme sağlayan, saydam yarı saydam ve opak paneller (cam, alçı, alçı levha vb.)
<b>Akustik Kalite</b>	- Gaz/Su Depolayan Akıllı Malzemeler	Duvar ve tavan yüzeyleri	Ses emici alçıpan paneller

Tablo 16. İç Mekana Yapısal Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri

Yapısal	Akıllı Malzemeler	Kullanım Yüzeyi	Kullanım Şekli
<b>Enerjinin Etkin Kullanımı veTasarufu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler</li> <li>- Fotoelektrik Akıllı Malzemeler</li> <li>-</li> </ul>	Duvar, tavan, döşeme yüzeyleri	Aydınlatma sistemlerinde kullanılan LED, OLED ürünleri, Akıllı Malzeme kullanılan Fotovoltaikler ve Boyalı Güneş Pilleri
<b>Gün Işığından Faydalanma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FotokromikAkıllı malzemeleri</li> <li>- Faz Değişiren Akıllı Malzmeler</li> <li>- Fotolüminesans Akıllı Malzemeler</li> <li>- Fotoadezyon Akıllı Malzemeler</li> <li>- Fotoelektrik Akıllı Malzemeler</li> </ul>	Duvar ve tavan yüzeyleri	Doğal ışık kontrolü sağlayan akıllı cam ürünleri,Gün ışığını ısını depolayan faz değişim malzemeleri Gün ışığı ile ışık yayan fotolüminesans ürünler, Havayı ve Kendini temizleyen boya, sıva, beton, seramik, membran, tekstil, cam ürünleri
<b>Pasif Isıtma-Soğutma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aerojel</li> <li>- VIP</li> <li>- Faz Değişiren Akıllı Malzemeler</li> </ul>	Duvar, tavan, döşeme yüzeyleri	Yüksek yalıtım ve termal düzenleme sağlayan,saydam yarı saydam ve opak paneller(cam, alçı, alçı levha, panel vb.)
<b>Ekoloji ve Çevre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotoadezyon Akıllı Malzeme</li> <li>- Fotoelektrik Akıllı Malzemeler</li> </ul>	Duvar, tavan döşeme yüzeyleri	Kendini ve havayı temizleyen boya, sıva, beton, seramik, membran, tekstil, cam ürünleri, Akıllı Malzeme kullanılan Fotovoltaikler ve Boyalı Güneş Pilleri

Tablo 17. İç Mekana Anlamsal Katkı Sağlayan Akıllı Malzeme Kullanım Örnekleri

Anlamsal	Akıllı Malzemeler	Kullanım Yüzeyi	Kullanım Şekli
<b>Algısal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotolüminesans Akıllı Malzemeler</li> <li>- Fotokromik Akıllı Malzeme</li> <li>- Elektrolüminesans Akıllı Malzeme</li> </ul>	Duvar, tavan, döşeme yüzeyleri	Fotolüminesans duvar kağıdı, boya, mozaik, seramik, cam , Fotokromik duvar kağıdı, Elektrolüminesans tekstil, dinamik aydınlatma
<b>Sınırlama</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrokromik ve Elektrooptik Akıllı Malzemeler</li> <li>- Elektrolüminesans Akıllı Malzeme</li> <li>- Elektrolüminesans Akıllı Malzeme</li> </ul>	Duvar Yüzeyleri	Elektrokromik camlar, Elektrooptik sıvı kristaller ile opak ve şeffaf cam, kapı, projeksiyon ekranları, Elektrolüminesans tekstil
<b>Esneklik ve Dönüştürülebilirlik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler</li> <li>- Elektrokromik ve Elektrooptik Akıllı Malzemeler</li> <li>- Termokromik Malzemeler</li> </ul>	Duvar ve tavan yüzeyleri	LED/OLED dinamik aydınlatma, Elektrooptik sıvı kristaller ile opak ve şeffaf cam, kapı, projeksiyon ekranlar, termokromik camlar

Çalışma doğrultusunda elde edilen bilgiler neticesinde akıllı malzeme ürün ve sistemlerinin tasarımda kullanımı ana bulgular şeklinde aşağıda maddelenmiştir:

- Teknolojik gelişmeler, özel özelliklere sahip yeni malzemeler sağlamaktadır.
- Akıllı malzemeler ve akıllı malzeme sistemleri çevrelerindeki uyarıları algılayabilmekte ve bunlara cevap verebilmektedir.
- Mevcut teknolojiyi geliştirme ve ürünlere yeni işlevler ekleme potansiyeline sahiptir.
- Akıllı malzemeler, tasarımcılara şimdiye kadar sadece teoride mümkün olduğu düşünülen fikirleri uygulamaya koyma fırsatı vermektedir.

- Çeşitli kullanımları mevcut yapı yüzeylerine, yenileme ve iyileştirme projeleri ile entegre edilebilmektedir.
- Yaygın kullanılan ve geleneksel yapı malzemelerine benzer ürünler ve sistemler olarak (boya,sıva, yalıtı malzemesi, aydınlatma sistemi vb.) alternatif olarak uygulanabilmektedir.
- Çok çeşitli alanlarda uygulamaları bulunmaktadır ve çevre kirliliğini azaltmada önemli bir rol oynayabilmektedir.
- Akıllı malzemeler mimari tasarımda güncel bir konu niteliğindedir. Akıllı malzemelerin uygulanması, farklı yaklaşımlar, algılar ve kullanımlar için yeni fırsatlar sunmaktadır.
- Proje örneklerinde görüldüğü gibi, hemen hemen tüm yeni yaklaşımlar ve akıllı malzemelerin kullanımı için yeni uygulamalar, sürdürülebilirlik kavramıyla yakından ilgili olmaktadır.
- Enerji kullanımı bakımından faydaları görülmekte ve geri dönüşümsüz enerji kaynaklarının tüketimine bağlı ekonominin iyileştirilmesine katkıları bulunmaktadır.
- Yapılı mekanlarda yaşam kalitesini geliştirmekte ve kullanıcıya daha fazla fiziksel refah sağlayabilmektedir.
- Işık, soğutma ve ısıtma gereksinimlerine olumlu etkisi, akustik kirliliğin kaldırılması vb. konularda mekan kalitesini ve yapı tasarımının faydalı ömrünü arttırmaktadır.
- Çevreye daha fazla uyum ve yapı malzemeleri sektörünün çevre üzerindeki yıkıcı etkilerini azaltmaktadır.
- Kullanıcıların, esnek ve değişen ihtiyaçlarını yanıtlayabilen, beklenen işlevleri kendiliğinden gerçekleştirebilen, yapı ile etkileşiminin arttığı mekan çözümlerine olanak tanıyabilir.
- Gelecekte, yapı ve iç mekan tasarımı alanında yeni araştırma alanları ve tasarımsal ufuklar açmaktadır.

Malzemeler, yapı ve iç mekan tasarımı arasındaki yakın bağlantı her zaman var olmuştur. Sonuç olarak, akıllı malzemeler ve yeni teknolojiler, davranışlarının ölçeğinden dolayı; nasıl performans gösterdikleri için seçilmelidir. Malzeme özellikleri ya moleküler yapı ya da mikroyapı ile belirlenmektedir. Akıllı bir malzemede olduğu gibi, bir malzeme özelliğindeki herhangi bir değişiklik, ancak iki yapıdan birinde bir değişiklik olduğunda ortaya çıkabilmektedir. Değişim sadece enerji değişimi yoluyla gerçekleşebilmektedir ve bu enerji, malzeme özelliğini belirleyen yapı ölçeğinde hareket etmektedir. Sınır, bir sistem ve çevresi arasındaki enerji değişiminin bölgesidir. Tasarımcılar, yarattıkları olgu ve ortamlarla ilgili tüm malzeme davranışlarını anlamak zorundadır. Bunun yanında, akıllı malzemelere dayanan



ileri teknolojilerin uygulanması, ulaşılması istenen fenomenlere odaklanarak, binaların sürdürülebilirliğini de önemli ölçüde iyileştirme kapasitesine sahiptir.

Akıllı malzemelerin sağladığı potansiyelere rağmen, her meslek, kendi alanlarındaki malzemeleri, geleneksel olarak tanımlandığı çerçeveler aracılığıyla anlamakta ve uygulamaktadır. İç mekan tasarımının ve mimarlığın, yeni malzeme ve teknolojilere yönelik yaklaşımı bir ölçüde temkinli olmaktadır. Yeni bir teknoloji benzeri görülmemiş olanaklara kapı açmış olsa bile, tasarımcıların yeniliği, genellikle geleneksel kullanımına uygun hale getirmeye çalıştıkları gözlemlenmektedir. Örneğin; enerji teknolojisinde bir ilerleme meydana geldiğinde, HVAC sistemlerini geliştirmek için kullanmayı deneme veya yeni bir malzeme, geçici olarak ışık üretme yeteneği sağladığında, onu mevcut ışık kaynaklarımızla aynı şekilde yeniden yapılandırmaya eğilim olmaktadır. Mimari tasarım, birçok farklı alanı aşan disiplinler arası bir faaliyet olarak tanımlanmaktadır. Tasarımcılar, malzeme bilimi ve mühendisliğinin yanı sıra, tüm bilimlerden gelen bilgileri, kültürel gelişmeler ve tarih bilinci ile bütünleştirmeli ve çeşitli devlet kurumlarının gereksinimlerini, inşaat uygulamalarını, ekonomiyi, toplumsal sorumluluk ve bireysel ihtiyaçlar ile ilgili kaygılarla dengelemelidir. Bunun yanında, tasarımcılar, yeni gelişmelerin hayatımıza nasıl eklenebileceğini belirleyen ve yönlendiren merkezi bir konum da bulunmaktadır. Bu bakımdan, diğer alanlardan uygun bilgileri seçmek ve tasarımlarına dahil etme sorumluluğunu paylaşmaktadır. Bu malzemelerin, koşulları ve etkileri her düzeyde, her tasarım eylemine, ulaşabilecek nitelikte olduğu görülmüştür. Akıllı malzemeleri tasarıma dahil etmek amacıyla, temel olarak, geniş bir ölçekte tasarım yapmak yerine, daha geniş bir insan deneyimi üretmek için küçük ölçekte tasarım yapmanın, yapılı ortamımızı, hayatımızın birçok parçasında, ifade ve deneyimleme özgürlüğüne izin verebilecek fırsatları sunabileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşım yaşam kalitemizi arttıracak akıllı mekan ve sistemlere olanak sağlayabilecektir.

Tez çalışması sonucunda, elde edilen bulgular ile yapı ve mekan yüzeylerinde kullanıldığı belirlenen geleneksel ve standart malzemeler ve bu malzemelere alternatif olarak kullanılması önerilen, akıllı ürünler ve sistemler, Tablo 18' de sunulmaktadır.

Tablo 18. Yapı ve Mekan Yüzeylerinde Yaygın Yapı Malzemelerine Alternatif Olarak Kullanılması Önerilen Akıllı Malzeme Ürünleri ve Sistemleri

YAPI BİLEŞENLERİ	YAPI YÜZEYLERİ	YAYGIN KULLANILAN YÜZEY MALZEMELERİ	KULLANILMASI ÖNERİLEN AKILLI MALZEME VE ÜRÜNLERİ	KULLANILMASI ÖNERİLEN AKILLI MALZEME VE SİSTEMLERİ
DUVAR	Dış Duvar Yüzeyi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Doğal ve Yapay Taş Kaplama</li> <li>→ Metal Kaplama</li> <li>→ Ahşap Kaplama</li> <li>→ Cam Kaplama</li> <li>→ Plastik Kaplama</li> <li>→ Boyalar</li> <li>→ Sıvalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotoadezyon (TiO2) Seramikler, boyalar, sıvalar, camlar, çimento</li> <li>→ Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler</li> <li>• Aerojel Paneller</li> <li>• Vakumlu Yalıtım Panelleri</li> <li>• Faz Değiştiren Alçıpan, Alçı, Cam ve Yalıtım Malzemeleri</li> <li>→ Güneş ve UV Işınlara Karşı Korunum ve Kontrol Sağlayan Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotokromik, Termokromik, Elektrokromik ve Elektro-optik Camlar</li> <li>→ Hava Kalitesini Artıran ve Ses Emen Akıllı Malzemeler</li> <li>• Gaz/ Su Depolayan Alçı Levhalar</li> </ul> <p>→ Mimari tasarım ve dekorasyon amaçlı akıllı ürünler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolüminesans Paneller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Akıllı Malzeme Çatı Cephe Sistemleri</li> <li>• Fotoadezyon cephe sistemleri</li> <li>• Fotokromik, Termokromik, Termotropik, Elektrokromik, Elektro-optik (Likit Kristal), asılı parçacıklı akıllı cam sistemleri</li> <li>→ Akıllı Malzeme Enerji Sistemleri</li> <li>• Fotoelektrik Güneş Pilleri (OSC)</li> <li>→ Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri</li> <li>• Elektrolüminesans (LED/OLED) Işık Yayan</li> <li>→ Akıllı Malzeme Yapısal İzleme Sistemleri</li> <li>• Fiberoptik, piezoelektrik, manyetostriktif, şekil bellek alaşımları</li> </ul>
	İç Duvar Yüzeyi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Doğal Taş Kaplama</li> <li>→ Seramik Kaplama</li> <li>→ Metal Kaplama</li> <li>→ Plastik Kaplama</li> <li>→ Alçı Kaplama</li> <li>→ Cam Kaplama</li> <li>→ Kağıt Kaplama</li> <li>→ Boyalar</li> <li>→ Sıvalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotoadezyon (TiO2) seramikler, boyalar, sıvalar, camlar, çimento</li> <li>→ Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler</li> <li>• Aerojel Paneller</li> <li>• Vakumlu Yalıtım Panelleri</li> <li>• Faz Değiştiren Alçıpan, Alçı, Cam ve Yalıtım Malzemeleri</li> <li>→ Güneş ve UV Işınlara Karşı Korunum ve Kontrol Sağlayan Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotokromik, Termokromik, Elektrokromik ve Elektro-optik Camlar</li> <li>→ Mimari tasarım ve dekorasyon amaçlı akıllı ürünler</li> <li>• Termostriktif Tekstil Ürünleri</li> <li>• Fotolüminesans boyalar, seramikler, sıvalar, camlar, duvar kağıdı ve tekstil ürünleri</li> <li>• Elektro-optik, sıvı kristal bölücü camlar</li> <li>• Elektrolüminesans tekstil ve bölücü duvar dekorları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri</li> <li>• Elektrolüminesans LED/OLED Işık Yayan Akıllı Malzeme Sistemleri</li> <li>→ Akıllı Yapısal İzleme Sistemleri (kolon-kişiş)</li> <li>• Fiberoptik, piezoelektrik, manyetostriktif, şekil bellek alaşımları</li> </ul>
DÖŞEME	Döşeme Yüzeyi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Beton ve Çimento Esaslı Kaplama</li> <li>→ Doğal ve Yapay Taş Kaplama</li> <li>→ Seramik Kaplama</li> <li>→ Ahşap Kaplama</li> <li>→ Linolyum, Mantar, Kauçuk, Vinil, Epoksi Kaplama</li> <li>→ Halı ve Kilimler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotoadezyon (TiO2) seramikler, tekstil ürünleri ( halı, kilim)</li> <li>→ Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler</li> <li>• Vakumlu Yalıtım Panelleri</li> <li>→ Mimari Tasarım ve Dekorasyon Amaçlı Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotolüminesans boyalar, seramikler, cam mozaikler, taş parçacıkları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Akıllı Malzeme Aydınlatma</li> <li>• Elektrolüminesans (LED/OLED) Işık Yayan Akıllı Malzeme Sistemleri</li> <li>→ Akıllı Yapısal Sistemler</li> <li>• Fiberoptik, piezoelektrik, manyetostriktif, şekil bellek alaşımları</li> </ul>
TAVAN	İç Tavan Yüzeyi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Ahşap Kaplama</li> <li>→ Alçı Levha Kaplama</li> <li>→ Metal Kaplama</li> <li>→ Plastik Kaplama</li> <li>→ Boyalar</li> <li>→ Sıvalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler</li> <li>• Aerojel Paneller</li> <li>• Vakumlu Yalıtım Panelleri</li> <li>• Faz Değiştiren Alçıpan, Alçı, Cam ve Yalıtım Malzemeleri</li> <li>→ Mimari tasarım ve Dekorasyon Amaçlı Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotolüminesans boyalar, seramikler, sıvalar, cam mozaikler, duvar kağıdı ve tekstil ürünleri</li> <li>→ Hava kalitesini artıran ve ses emen akıllı malzemeler</li> <li>• Gaz/Su depolayan Alçı Levhalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri</li> <li>• Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri</li> <li>→ Akıllı Yapısal Sistemler</li> <li>• Fiberoptik, piezoelektrik, manyetostriktif, şekil bellek alaşımları</li> </ul>
	Dış Duvar (Çatı) Yüzeyi	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Metal Kaplama</li> <li>→ Plastik Kaplama</li> <li>→ Cam Kaplama</li> <li>→ Elyafli Çimento Levha Kaplama</li> <li>→ Tekstil Kaplama</li> <li>→ Bitüm Esaslı Kaplama</li> <li>→ Çim Kaplama</li> <li>→ Kiremit Kaplama</li> <li>→ Boyalar</li> <li>→ Sıvalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Kendini ve/veya Havayı Temizleyen Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotoadezyon (TiO2) seramikler, kiremitler, plastikler, camlar, çimento, membranlar</li> <li>→ Yüksek Yalıtım ve Termal Düzenleyici Akıllı Ürünler</li> <li>• Aerojel Paneller</li> <li>• Vakumlu Yalıtım Panelleri</li> <li>• Faz Değiştiren alçıpan, alçı, cam, yalıtım panelleri</li> <li>→ Güneş ve UV ışınlarına karşı korunum ve kontrol sağlayan Akıllı Ürünler</li> <li>• Fotokromik, termokromik, elektrokromik ve elektro-optik camlar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Akıllı Malzeme Çatı-Cephe Sistemleri</li> <li>• Fotoadezyon Çatı Sistemleri</li> <li>• Fotokromik, termokromik, termotropik, elektrokromik, elektro-optik (Likit kristal) asılı parçacıklı akıllı cam sistemleri</li> <li>→ Akıllı Malzeme Enerji Sistemleri</li> <li>• Fotoelektrik Güneş Pilleri</li> <li>→ Akıllı Malzeme Aydınlatma Sistemleri</li> <li>• Elektrolüminesans (LED/OLED) Işık Yayan Sistemler</li> <li>→ Akıllı Yapısal Sistemler</li> <li>• Fiberoptik, piezoelektrik, manyetostriktif, şekil bellek alaşımları</li> </ul>

## KAYNAKLAR

### 1. BÖLÜM

Ağırbasar, Ö., F., (2006). Dış Duvar Kaplama Ürünlerinin Seçiminde Ürün Bilgilerinin Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul.

Ak, N., (2006). "Geleceğin Konutu" Tasarımında Ortaya Çıkan Kavramların Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Aker, E. (1998). Çatılarda Seçenek Özelliklerinin Tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akman, S., (1987). Yapı Malzemeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Altun, D. (2007). Geleceğin Mimarlığı: Bilimsel Ve Teknolojik Değişimlerin Mimarlığa Etkileri. DEÜ Fen Müh: Dergisi Sayı:1 Sayfa 77-91.

Anon 1, (2005). "Mermer, Granit Ve Diğer Doğal Taşlar", Şantiye Dergisi, sayı:202, s.64-69.

Anon 2, (2001), İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, Türkiye Doğal Taşları, İstanbul

Anon 3, (2005). "Mermer, Granit Ve Diğer Doğal Taşlar", Şantiye Dergisi, sayı:202, s.64-69.

Anon 3, (2001), İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, Türkiye Doğal Taşları, İstanbul

Anon 4, (2012). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Sanat ve Tasarım İnorganik İç Mekan Malzemeleri, Ankara

Anon 8 (2011). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Mobilya ve İç Mekan tasarımı, Tavan Kaplama, Ankara.

Anon 9 (2011). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, İnşaat teknolojiisi, Ahşap Tavan Kaplama, Ankara.

Anon 10 (2011). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, İnşaat teknolojiisi, Ahşap Tavan ve Döşemeler, Ankara.

Anon 11 (2011). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, İnşaat teknolojiisi, Alçı Levha ile Kaplama, Ankara.

Anon 12 (2011). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Mobilya ve İç Mekan Tasarımı, Tavan Kaplama, Ankara.

Apurva, S., Taylor S., Rastogi, N., (2017). Smat Materials for Smart Cities and Sustainable Enviroment, Journal of Material Science & Surface Engineering, Vol. 5 (1), 2017, pp 520-523.

Atwa, M., Al-Kattan A., ve Elwan, A., (2015). Towards Nano Architecture:Nanomaterial in Architecture- a review of Functions and Applications, International Journal of Recent Scientific Research Vol. 6, Issue, 4, pp.3551-3564-, April, 2015.

Avlar, E., (2000). Yapılarda Su ve Nem Korunumu, YTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul .

Avlar, E., Limoncu, S., (2001). “Yapı Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Yapım Sistemleri”, Yapı Dergisi, Sayı 241, s.87.

Avlar, E., (2003). Ahşap Yapı Dersi ders notları, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Aydın A., B. (2000). İç Mekanda Kullanılabilecek Duvar Kaplama Malzemelerin Akılcı Seçim Açısından Analizi ve Değerlendirilmesi, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Aydın-Şahin, M., 2009. Plastik Yalıtım Malzemelerinin Yapıda Kullanım Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Aydın İpekçi C., Coşkun N., Tıkansak Kradayı T., (2017). İnşaat Sektöründe geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi, TÜBAV, Cilt:10, Sayı:2, Sayfa: 43-50.

Baki, H., 1993. Polimer Teknolojisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.

Balanlı, A., (2003-2004), Yapı Biyolojisi Ders Notu, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Balanlı, A., Taygun G. T., (2002), “Polivinil Klorürün Çevreye Etkilerinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri, 68 Ekim 2004, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul

Balanlı, A., Vural, S. M., Taygun G. T., (2004), “Yapı Ürünlerindeki Radonun Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi Kongre Bildirileri II, 9-13 Ekim 2002, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul

Balanlı, A., Taygun G. T., (2005), “Yapı Biyolojisi ve Asbest”, Mimarist Mimarlık ve Kültür Dergisi, Sayı 16, s:107-110, İstanbul

Balanlı, A., (1997), Yapıda Ürün Seçimi, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Eğitim ve Kültür Hizmetleri Derneği Yayını, İstanbul

Balkan, E. A., 2005. Mimari Tasarımda Konsept, Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları

Berber, F., (2012). Ekolojik Mlazemenin Tasarımdaki Yeri ve Ekolojik Malzeme ile Mimari Konut Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Berkes, F. ve Kıslalıoğlu M., (2003). Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi, İstanbul.

Binggeli, C., (2007). Materials for Interior Environments, John Wiley & Sons, USA.

Bozoğlu Demirdöven, J., Arditi D., (2012). Yapılarda ve Yapım Yönetiminde Nano teknoloji Uygulamaları,2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

Burden, E., (2000). Element of Architectural Design. A Photographic Sourcebook, John Wiley&Sons, New York, USA, 215

Callister, W., D., Jr., (2007). Materials Science and Engineering An Introduction John Wiley & Sons, Inc.,USA.

Campos, C., (2007). Plastic, Collins Design, New York.

Candemir, K.U., (2001). "Kaplamlar ve Giydirmeye Cephe Sistemleri", Ege Mimarlık Dergisi, Sayı 44, s:8-11, İstanbul

Cengiz, M., (2008). İç Duvar Elemanı Tasarım ve Yapım Süreci Analizi- Kompozit Panel, Y.L.T., İTÜ, İstanbul.

Ching, F., Adams, C., (2001). Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yem Yayınevi, İstanbul.

Ching, D.,K., Francis.(2006). İç Mekan Tasarımı Resimli. İngilizceden Çeviri: Belgin

Kır, B., (2015). İç Mekan Yüzeylerde Doğal Ahşap Malzeme Kullanımının Mekan Algısına Etkisi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Ching, F., Adams, C., 2001. Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yem Yayınevi, İstanbul.

Ching, D.K. Francis. İç Mekan Tasarımı Resimli. İngilizceden Çeviri: Belgin Elçioğlu. İkinci Baskı. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, 2006.

Conrads, U., (2001). Programs and Manifestoes on 20th-Century Architecture, MIT Press, USA.

Çatak, N., 1997. Büyük Açıklıklı Yapılarda Çatı Örtü Malzemeleri, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Çetinel, E. (2007). Tarihsel Süreç İçinde Dış Cephe Kaplama Malzemelerinin Isı Yalıtımı Açısından İrdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi, İzmir.

Çolakçioğlu, Asiye, 2008, Döşeme Kaplama Malzemeleri için Geliştirilmiş Ürün Geliştirme Sürecinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, 2008

Çorapçioğlu, K., (1983), Doğal Taş Yapılarda Taş Ayrışmasının Nedenleri Ve Maktralı Kalkerler Üzerinde Korumaya Yönelik Bir Araştırma, Doktora Tezi, MSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Danby, M., Grammar of Architectural Design, Oxford University Press, Yondon 1963, s. 57

DYO Boya Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş., (2005), Boyacılık El Kitabı, İstanbul

Ercolani, E., (2010). Nano Materials for Architecture, Material Science and Tecnology, Department of Industrial Engineering, Universita di Roma, Rome, Italy.

Ergenç, S. (2007) İç Duvar Kaplamalarında ürün Seçimi, YTÜ, İstanbul.

Eriç, M., (1972), "Günümüz Mimarisine Kadar Betonun Konstrüksiyon ve Form Açısından Geçirdiği En Son Gelişim 'Brüt Beton' ", İstanbul, Yayınlanmamış Eser

Eriç, M., (1988), "Malzemeye ve Yapıya Etkili Olan Su Sorunları", Yapı Dergisi, 81:35-39

Eriç, M., (2002), Yapı Fiziği ve Malzemesi, İkinci Basım, Literatür Yayınları:02, İstanbul.

Eriç M. Nisan 1994, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

Esin, T. (1998). Yapı Malzemelerinin Rasyonel Seçim ve Uygulamalarının Yapı ve İnsan Sağlığına Etkisi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Araştırma Fonu, Kocaeli.

Eşsiz, Ö., (b.t.). Teknolojinin cam cephe panellerine getirdiği yenilikler. Haziran 2012, [http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri\\_07.pdf](http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_07.pdf)

Eşsiz, Ö., Ekinci, S., (2012). Metal cephe kaplamalarının dünden bugüne gelişimi, [http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri\\_017.pdf](http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_017.pdf)

Esen, B., (1991). Çatılarda Tasarım, Uygulama Hataları ve Bakım eksikliğine Bağlı Hasarların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Esin, T., (1998). Yapı Malzemelerinin Rasyonel Seçim ve Uygulamalarının Yapı ve İnsan Sağlığına Etkisi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Araştırma Fonu, Kocaeli.

Evcı, M., M., (2013). Sürdürülebilir Bina Değerlendirme Yöntemlerinde Malzeme Kategorisinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul.

Francis D.K. Ching, İç Mekan Tasarımı Resimli, (Yem Yayın, 2.baskı, Ekim, 2006), s.180 5  
Francis D.K. Ching, A.g.e., s.166

Gür, V., N., Aygün, M.(2008). Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı.

Gürdal, E., Ersoy, H.Y., (1986), "Fayans ve Seramik Kaplamalar Kurs Notları", YEM, 17-28  
Kasım, 1986

Gürdal, E., Ersoy, H.Y., (1987), "Boya ve Sıvı Kaplamalar Kurs Notları", YEM, 7-18 Aralık,  
1987

Harold B. Olin, John L. Schmidt, Walter H. Lewis, Revised by H.Leslie Simmans,  
(1983) Construction: Principles, Materials, and Methods, 6th Edition.

Hasol, D. (1993). Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul.

Hasol, D., (1995). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul.

Hasol, D. (1998). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul.

Hasol, D., (2005). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM Yayınları, İstanbul.

Herzog, J.; de Meuron, P., (2003). Natural History, Edited by Philip Ersprung, Lars Muller  
Publishers. CCA

İzgi, U., (1999). Mimarlıkta süreç, kavramlar, ilişkiler, YEM Yayınları, İstanbul.

Johansen, J. M., 2002. Nanoarchitecture : A New Species of Architecture, Princeton  
Architectural Press, New York.

Kahraman, İ. (2003). Cam malzemenin türleri, özellikleri ve yapılarda kullanımının sistematik  
olarak sınıflandırılması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi, İzmir.

Kasap, M., (2012). Nanoteknolojik Malzemelerin Mekan Tasarımındaki Yansımalarına Genel  
Bir Bakış, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Ketin, İ., (1994), Genel Jeoloji, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul

Kına, Y., E., (2006). Duvar ve Döşeme Tasarımında Malzeme Seçimi, İTÜ, Yüksek Lisans  
Tezi, İstanbul.

Kiper, A., (1992), Yapı Fiziği Açısından Günümüz Cephe Sistemlerinin Analizi ve Malzeme  
Seçim Kriterleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, MSÜ., İstanbul

- Kocataşkın, F., (1973), Yapı Malzemesi Dersleri, İTÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul
- Kocataşkın, F., (2000), Yapı Malzemesi Bilimi Özellikler ve Deneyler, Birsen Yayın Evi 5.Baskı, İstanbul
- Koman, İ., (2005). "Dekoratif Beton Kaplamalar", Dizayn Konstrüksiyon Aylık Mimarlık, İnşaat Dergisi, Nisan 2005:108-112
- Kostof, S., (1995). A History of Architecture, Setting and Rituals, Oxford University Press, New York.
- Kurtulu, T. (2009). Yapı Döşemelerinde Hasar Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Llewelyn, R., Petty, D., J., 1960. Building Elements, The Architectural Press, London.
- Meiss, P., (1991). Elements of Architecture, E&Fn Spon; Switzerland.
- Noeberg-Schulz, C., (1984). Genius Loci, Rizzoli New York, İtalya.
- Okutan, S., 2006. Çok katlı büro binalarında hafif çelik taşıyıcılı iç bölme sistemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.]
- Okutan, S., 2006. Çok katlı büro binalarında hafif çelik taşıyıcılı iç bölme sistemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Okutan, A., E. (2007). Çatı Kaplama Malzemeleri Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi. İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Onaran, K., (2000), Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul(iç alçı)
- Owen, C. Switzer B. Nims, J. and Shimelfarb, B., 2004. Nanoplastics: A Home System, Illinois Institute of Technology, Chicago, America
- Özcan, K., (2000), Yapı, Bilim Yayınları, Ankara
- Özcan, Köksal, (1998). Yapı, Bilim yayınları, Ankara, Mart.
- Penza, M., Spetz, A., L., Romano-Rodriguez, A., Meyyappan, M., (2017).Functional materials for environmental sensors and energy systems, Beilstein Journal of Nanotechnology, 8, 2015–2016. doi:10.3762/bjnano.8.201.



Roy, S., Mishra, H., Mohapatro, B. G., (2016). Creating Sustainable Environment using Smart Materials in Smart Structure, Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(30), DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i30/99171.

Sadıklar, Z., (2014). İç Mekanda Plastik Esaslı Kaplama Malzemelerinin Seçim Kriterleri Üzerine Bir Çalışma. K.A.T.Ü., Trabzon.

Sarisoy, S. ve Sezgin, J., (1995), "Granit ve Granit Uygulamaları", Yapıda Dış Kabuk Semineri, 23 Mart 1995, YEM, İstanbul.

Sauer, C., 2010. Made of New Materials Sourcebook for Architecture and Design, Gestalten, Berlin.

Sassi, P., (2006). Biodegradable building, Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering p.91, Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales.

Schittich, C.(Ed.) (2006). Building Skins: Concepts, Layers, Materials. Basel: Birkhauser Verlag AG.

Seide, H. (2010) Varolan Yapıları Sürdürülebilir Duruma Dönüştüren Kurala Dayalı Bir Yaklaşım. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Sev, A., (2001). "İnce Taş Cephe Kaplamaları", Dünya İnşaat Dergisi, Temmuz 2001/07, s.7680, İstanbul

Sev, A., (2002), "Yüksek Binalarda Uygulanan Cephe Sistemleri", İnşaat Dünyası Dergisi, sayı:204, s.96-104, İstanbul

Sezegen, A. (2012) Building Skin: Corporeal Existence of Architectural Space. Republic of Turkey Bahçeşehir University. M.S. Thesis, İstanbul.

Şimşek, O., (2003). Yapı Malzemesi 1, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul

Sümer, H. (2011). İç Mekan Tasarımında İşlev- Eylem İlişkisi Kapsamında Zemin Döşeme Malzemeleri ve Seçim Ölçütleri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Tanyeli, U. (1997). "Modernizm'in Sınırları ve Mimarlık, Modernizm'in Serüveni", Editör: Enis Batur, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.

Thiis-Evensen, T., (1989). Archetypes in Architecture, Norwegian University Press, Norveç.

Tokuç, A., Köktürk, G., (2015). The Science and Art of Architectural Lighting, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Toydemir, N., (1990), Cam Yapı Malzemeleri, Sakarya Gazetecilik ve Matbaacılık Tic. A.Ş., Eskişehir.

Toydemir, N., (1991). Seramik Yapı Malzemeleri, İTÜ, Mimarlık Fakültesi, İstanbul

Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L. , (2004). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Mart Matbaacılık, İstanbul.

Toydemir, N., Gürdal. E. ve Tanaçan. L., (2000). Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, İTÜ, Literatür Yayınları, İstanbul.

Toydemir, N., Bulut, Ü. (2010). Çatılar. 3. Baskı. Yem Yayınevi

Turgay, F., M. (2003). Çatı Bileşenleri üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Türkçü, H. Ç., 2004. Yapım, Birsan Yayınları, İstanbul.

TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (1987), Duvar Kağıtları, TS 5228, Ankara

TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (1988), Sıva Yapım Kuralları-Bina İç Yüzeylerinde Kullanılan, TS 1262, Ankara

Utkutuğ, G., (2002). Yeni Ufuklar: Mimarlık, Bilim ve Teknik Dergisi, 3, TÜBİTAK

Uzun, Ö. (2008). Bimsblok ile Örtülen Dış Duvarların Yapısal Performansının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Ünlüdil, S. (2005). Divriği Evlerinde Ahşap Süslemeli Tavanlar, Y.L.T., Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Ünver, E., (2007). Mekanın Düşey Bileşeni Duvarın Zaman ve Teknolojiye Bağlı Olarak Gelişimi ve Dönüşümü. İTÜ, İstanbul.

Yavuz, M., Ünver, R., (2008). Yapı Yüzeylerinin Görünen Renkleri Üzerine Bir İnceleme, 7. Ulusal Aydınlatma Kongresi, ATMK, ISBN 978-975-561- 344-4, ss 51-59, İstanbul.

Yücedağ, G., (2004), "Pvc Esaslı Cephe Kaplama Malzemelerinde 'Yalı Baskı Uygulamalarının' Yapı Fiziği Açısından Değerlendirilmesi", Dünya İnşaat, Mayıs 2004, 2004/05:99-100, İstanbul

Yücesoy, L. (1998). Temeller, Duvarlar, Döşemeler. YEM Yayınları, İstanbul

Zevi, B., (1990). Mimariyi Görmeyi Öğrenmek, Birsen Yayınevi, İstanbul.

## 2. BÖLÜM

Acharya, A., Gokhale, V. A. (2015). Titanium: A New Generation Material for Architectural Applications. Journal of Engineering Research and Applications. ISSN : 2248-9622, Vol. 5, Issue 2, ( Part -1). pp.22-29.

Addington, M., Schodeck, D. (2005). Smart Materials and New Technologies For Architecture and Design Professions. Harvard University, Architectural Press, Elsevier. New York.

Aktan, A.E., Catbas, F.N., Grimmelsman, K.A., ve Tsikos, C.J. (2000). Issues in Infrastructure Health Monitoring for Management. Journal of Engineering Mechanics, 126(7): 711-724.

Altın, M., Orhon, A.V. (2016). Enerji Korunumunda Adaptif/Uyarlı Cepheler. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fındıklı, İstanbul.

Bar-Cohen, Y. (2004). Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles: Reality, Potential and Challenges. SPIE Publications. Washington

Baylan, S. (2011). Tin Kaplamaların Anodik Oksidasyonu. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Begeç, H., Savaşır, K. (2004) Akıllı Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Havalandırma şekillerinin İncelenmesi. Çatı ve Cephe Fuarı. İstanbul. s.1.

Blasse, G., Grabmaier, B.C. (2012). Luminescent Materials. Springer Science & Business Media.

Brownell B. (2006). Transmaterial 1. Princeton Architectural Press, New York, pp. 120.

Callister, W.D. (2007). Material Science an Engineering, An Introduction. John Willey&Sons, Inc.

Ciabattoni, L., Freddi, A., Ippoliti, G., Marcantonio, M., Marchei, D., Monteriu A., ve Pirro, M. (2013). A Smart Lighting System for Industrial and Domestic Use. In Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), pp. 126–131, Vicenza, Italy.

Charlesby, A. (1960). Atomic Radiation and Polymers. Pergamon Press. Oxford.

Crawford, M.H., Wierer, J.J., Fischer, A.J., Wang, G.T., Koleske, D.D., Subramania, G.S., Coltrin, M.E., Tsao J.Y., Karlicek, R.F. (2004). Solid-State Lighting: Toward Smart and Ultra-Efficient Materials, Devices, Lamps and Systems. Andrews, D.L., Ed., Photonics Volume 3:

Photonics Technology and Instrumentation. Sandia National Laboratories, U.S. Department of Energy, Wiley.

Donald, J. L. (2007). Engineering Analysis of Smart Material Systems. John Wiley and Sons. New Jersey, pp. 5-10.

Fukuda, T., Kosaka, T. (2002). Cure and health monitoring', in Encyclopedia of Smart Materials vol. I. New York, John Wiley & Sons, pp. 291-318.

Fujishima, A., Zhang, X. and Tryk, D.A.(2006). Heterogeneous photocatalysis: From water photolysis to applications in environmental cleanup. International Journal of Hydrogen Energy.

Giurgiutiu, V., Redmond, J., Roach, D. and Rackow, K. (2000). Active Sensors for Health Monitoring of Ageing Aerospace Structures. Proceedings of the SPIE Conference on Smart Structures and Integrated Systems, SPIE 3985: 294-305.

Geiser, K., Commoner, B. (2001). Materials Matter: Toward a Sustainable Policy. Published by The MIT Press, 237-38, 49.

Ghandi, M. V., Thompson, B. S. (1992). Smart Materials and Structures. Chapman and Hall, London.

Harrison, J.S., Ounaies, Z. (2001). Piezoelectric Polymers. NASA ICASE Report No. 43. pp. 59-75.

Kauffman, G. B., Mayo, I. (1993). "The Metal With a Memory." Invention and Technology; Vol 9, No. 2. Fall, pp. 18-23.

Kauffman, G., ve Isaac M., (1993). Memory Metal. Chemistry Matters. October. pp. 4-7.

Kessler, S.S., Spearing, S.M., Attala, M.J., Cesnik, C.E.S. and Soutis, C. (2002). Damage Detection in Composite Materials Using Frequency Response Methods. Composites, Part B: Engineering, 33: 87-95.

Lisi, D. (2002). Self- Cleaning Glass. Corso di laurea in Ingegneria dei Materiali. Scienza e Tecnologia dei Materiali Ceramici. Universita Degli Studi di Lecce, Italia.

Navigant Consulting Inc.(2008). Energy Savings Estimates of Light Emitting Diodes in Niche Lighting Applications, Prepared for: Building Technologies Program Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. U.S. Department of Energy.

Negroponte, N. (1970). "The Architecture Machine", M.I.T. Press. Cambridge.

Oğuz, O. (2007). Akıllı Bina Kavramı Ve Akıllı Bina Değerlendirme Metodları. İ.T.Ü Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. s.22,23,45.

Okay, O. (2003). Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Orhon A.V. (2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı, İzmir Mimarlar Odası, Ege Mimarlık Dergisi.

Orhon, A. V. (2006). Modern Yapı Malzemeleri. Yapı, sayı: 300, YEM Yayınları. İstanbul.

Orhon A. V., Altın M. (2012). "Beton Yapıların Karbon Ayak İzi", Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı, Bornova.

Özgür, H., Gemici, Z., Bayındır M. (2007). "Akıllı Nanoyüzeyler", Bilim ve Teknik Dergisi Sayı 473, syf. 52-56.

Ritter, A. (2007). Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design. Birkhause, Publishers for Architecture. Almanya.

Rogers, C. (1995). Intelligent Materials. Scientific American September. pp. 154-157.

Shih, H., Zheng, W., Walters, W.L.(2009) Applications of Smart Materials in Structural Health Monitoring, ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress.

### 3. BÖLÜM

Addington D.M. (2004). HVAC, in S. Sennott (Ed.), Encyclopaedia of 20th Century Architecture. Fitzroy–Dearborn, New York.

Al- Baldawi, M., T. (2015).Application of Smart Materials in the Interior Design of Smart Houses, College of Architecture and Design, Al-Ahliyya Amman University, PO box 133, Amman 19328, Jordan, Civil and Environmental Research www.iiste.org ISSN 2224-5790 (Paper) .

Altın, M., Aşıkoğlu, A. (2014). Sürdürülebilir Yapılarda Aerojel Kullanımı, Yalıtım Dergisi, sayı 123, s. 58-70.

Anderson, G. L., Crowson, A. (1992). Introduction to Smart Structures. Intelligent Structural Systems. H. S. Tzou and G. L. Anderson. Dordrecht, Boston, London, Kluwer. Vol. 13: 453.

Ashby M., Ferreira P., Schodek D. (2009). Nanomaterials, Nanotechnologies and Design, ISBN: 978-0-7506-8149-0,Elsevier Ltd.,321-324.

Banerjee, S., Dionysiou, D., Pillai, S.C. (2015). Self-cleaning applications of TiO<sub>2</sub> by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis, *Applied Catalysis B: Environmental* 176, 396–428, Elsevier.

Banham, R. (1984). *Architecture of the Well-Tempered Environment*, University of Chicago Press.

Bayrakçı, H., C., Davraz, M., Başpınar, E. (2011). Yeni Nesil Isı Yalıtım Malzemesi: Vakum Yalıtım Paneli Süleyman Demirel Üniversitesi, *Teknik Bilimler Dergisi*, cilt 1, sayı 2, s. 1-12.

Begeç, H. ve Savaşır, K. (2004) “Akıllı Giydirme Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi”, 5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, 5-16 Nisan 2004, İstanbul, s. 1-10.

Benedix, R., Dehn, F., Quaas, J., Orgass, M. (2000). Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials, *Leipzig Annual Civil Engineering Report LACER No. 5*, Universita Leipzig, Germany, pp. 157-167.

Berge, B. (2009). “The Ecology of Building Materials”, ISBN: 978-1-85617-537-1, Elsevier Ltd., Burlington, USA, 260-262.

Bilgiç, S. (2002). Akıllı Cephe Sistemleri, *Ege Mimarlık Dergisi*. Sayı 44, s.21.

BRE (2006). “The quantification and evaluation of the benefits of self-cleaning glass”, Building Research Establishment (BRE), Research Report.

Brodrick, J.R. (2012). Energy Savings Potential of Solid-State Lighting in General Illumination Applications. Prepared for: Lighting Research and Development Building Technologies Program Office of Energy Efficiency and Renewable Energy U.S. Department of Energy.

Brown, S.K., Sim, M.R., Abramson, M.J., Gray, C.N., (1994), Concentrations of Volatile Organic Compounds in Indoor Air-A Review, *International Journal of Indoor Environment and Health*, 4, 2, 123-134.

Brunner, S., Wakili, K.G., Koebel, M.M., Simmler, H. (2014). Vacuum insulation panels for building applications-Continuous challenges and developments, *Energy and Buildings* Volume 85, Elsevier, Pages 592-596.

Ciabattoni, L., Grisostomi, M., Ippoliti, G., Longhi, S. ve Mainardi, E. (2012). On line solar irradiation forecasting by minimal resource allocating networks. 20th Mediterranean Conference on Control Automation (MED), 1506 –1511.

Comitte of IEA/ECBCS. (2005). High Performance Thermal Insulation, Annex 39 Report-Subtask A.

Compagno, A. (2003). From Double Windows to Double Building Envelopes. Glass Processing Days. pp. 244,245,246,248.

Darçın, P. (2008). Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Deniz, E., Binark, A. (2008). Vakumlu Yalıtım Panelleri, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu UTES"2008, İstanbul, 17-19 Aralık.

El-Samny, M., F. (2008). "NanoArchitecture Nanotechnology and Architecture", Alexandria Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.

Erturan, B., Eren, Ö. (2011). Akıllı Cepheleer, 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Fan, C., Guo, Y. (2011). The application of a ZigBee based wireless sensor network in the LED street lamp control system. International Conference on Image Analysis and Signal Processing (IASP), , vol., no., pp.501-504, 21-23 doi: 10.1109/IASP.2011.6109093.

Forbes, D. J. (2010). An Analysis of Municipal Tools For Promoting Green Roof Technology into Dense Urban Development. Tufts University, Urban and Environmental Policy and Planning, The Degree of Master of Arts.

Fraas, L., M. (2014). Low-Cost Solar Electric Power. Springer. New York.

Gavrilović, D., Stojić, J. (2011). "Usage of "smart" glass panels in commercial and residential buildings", Facta Universitatis, Architecture and Civil Engineering, Vol 9, N°2, 2011, pp. 261-268.

Gilbride, T.L., Ton, M.K., Richman, E.E. (2008). Residential Downlights and Undercabinet Lights. Prepared for the U.S. Department of Energy by Pacific Northwest National Laboratory Demonstration Assessment of Light-Emitting Diode (LED), Oregon.

GlassX (2005). "GLASSX@crystal: The glass that stores, heats and cools", GlassX AG, Zürich.

Guo, Y., Pan, M., ve Fang, Y. (2012). Optimal power management of residential customers in the smart grid. IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, vol. 23, no. 9, pp. 1593 – 1606.

Gür, M. (2010). Nanomimarlık Bağlamında Nanomalzemeler, Makale, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 2.

Harper, R. (2003). "Inside the Smart Home", Springer-Verlag London Limited.

Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems; An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. Cambridge, Mass., MIT Press.

Hrubesh, L., W. (1998). "Aerogel Applications", *Journal of Non-Crystalline Solids* 225, pp: 335–342.

Jin, C., Kunz, T.(2011). Smart home networking: Combining wireless and powerline networking. *Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2011 7th International* , vol., no., pp.1276-1281, doi: 10.1109/IWCMC.

Johansson, P. (2012). *Vacuum Insulation Panels in Buildings, Literature review, Report in Building Physics, Department of Civil and Environmental Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.*

Kasap, M. (2012). *Nanoteknolojik Malzemelerin Mekan Tasarımındaki Yansımalarına Genel Bir Bakış*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Klooster, T. (2009). *Smart Surfaces and Their Application in Architecture and Design*, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, pp 168.

Kwok A., Grondzik W. (2007). "The Green Studio Handbook", ISBN-13: 978-0-7506-8022-6, Elsevier Ltd., Burlington, USA, 23-25.

Leydecker, S. (2008). "Nano materials in architecture, interiorarchitecture and design", Birkhauser, Basel, Boston, Berlin.

Markvart, T. (2000). *Solar Electricity*. John Wiley and Sons. West Sussex. 24-39.

Morales-Beltran, M., Teuffel, P.M. (2013). Towards smart building structures : adaptive structures in earthquake and wind loading control response – a review. *Intelligent Buildings International*, 5(2), 83-100.

Marosy, G., Kovacs, Z., Molnar, G., Poppe, A.(2010). Diagnostics of LEDbased streetlighting luminaires by means of thermal transient method. *Thermal Investigations of ICs and Systems (THERMINIC), 16th International Workshop on*, vol., no., pp.1-6, 6-8.

Micronal (2006). "Intelligentes Temperaturmanagement für Gebäude". BASF, Ludwigshafen.

Milošević V., Đurić-Mijović D.(2010). "Dvostruke fasade kao korak ka energetski održivim objektima", *Nauka + Praksa*, br. 13, str. 81-84, 2010.

Mo J., Zhang, Y., Xu, Q., Lamson, J.J., Zhao, R. (2009). Photocatalytic Purification of Volatile Organic Compounds in Indoor Air: A Literature Review, *Atmospheric Environment*, 43, 14, 2229–2246.



Nelson, J. (2004). *The Physics of Solar Cells*. Imperial Collage Press. London. Pp.177-78, 211-13, 289.

Obee, T.N., Brown, R.T. (1995), TiO<sub>2</sub> Photocatalysis for Indoor Air Applications Effects of Humidity and Trace Contaminant Levels on the Oxidation Rates of Formaldehyde, Toluene, and 1,3-Butadiene, *Environmental Science & Technology*, 29, 5, 1223-1231.

Orhon, A. V. (2012). "Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı", *Ege mimarlık*, 82, 18-21.

Orhon A. V. Altın, M., (2012). "Beton Yapıların Karbon Ayak İzi", *Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı*, Bornova, 12-13.

Orhon A.V. (2013). *Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı*, VIII. Uluslararası Sinan Sempozyumu, Trakya Üniversitesi, Edirne.

Qu, X., Wong, S.C., Tse, C.K. (2007). Color Control System for RGB LED Light Sources Using Junction Temperature Measurement. *Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE*, vol., no., pp.1363-1368, 5-8 Nov. 2007 doi: 10.1109/IECON.

Özgür,H., Gemici, Z., Bayındır, M. (2007). Akıllı Nano Yüzeyler, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Nisan, s. 52,53,54,56.

Parepalli, Y., Pamanji, S.R., Chavalli, M. (2014). An overview of smat materials in Nanoscience and Nanotechnology, *Int. J. Nano Science and Technology*, ISSN 2319-8796, Vol 3 (1), pp. 9-14.

Ramsden, J. (2009). *Applied nanotechnology*, Elsevier, William Andrew Applied Science Publishers, 71.

Savić, J.,Durić-Mijović, D., Bogdanović, V. (2013) Architectural glass: Types, performance and legislation, *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering* Vol. 11, No 1, 2013, pp. 35 – 45, DOI: 10.2298/FUACE1301035S, Serbia.

Selkowitz, S. E. (2001). "Integrating Advanced Facades into High Performance Buildings", *LBNL Report No: 47948*.

Schwartz, A. (2013). "The First Net-Zero-Energy Stadium Will Be in the Next World Cup",<http://www.fastcoexist.com/1680755/the-first-net-zero-energy-stadium-will-be-in-the-next-world-cup>,erişim: 14.01.2013

Schwab, H., Stark, C., Wachtel, J., Ebert, H. P., Fricke, J. (2005). "Thermal Bridges in Vacuum-insulated Building Façades",*Journal of Building Physics*, Vol. 28 no. 4p.345-355.

Service, R., F. (2018). Solar cells that work in low light could charge devices indoors, Science, doi:10.1126/science.aat9682

Seçer, F. (2006). Teknolojik Gelişmelerin Konut İç Mekan Tasarımına Etkisi ve Akıllı Evler, MSGSÜ, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul.

Seventekin, N., Demir, A., Özdoğan, E. (2006). Lotus Etkili Yüzeyler, Dergi Park, Tekstil ve Konfeksiyon, Cilt 16 , Sayı 1 , Oca 2006 , Sf. 287 – 290.

Smith, P. (2005). "Architecture in a Climate of Change" ISBN: 0 7506 6544068-71, Elsevier Ltd., Burlington, USA, 68-77,

Swami, R. (2012). Solar Cell, International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 2, Issue 7, July, ISSN 2250-3153.

Spencer, J. B. F., Nagarajaiah, S. (2003). "State of the Art of Structural Control." Journal of Structural Engineering 129(7): 845-856.

Schubert, E.F., ve Kim, J. K. (2005). Solid-State Light Sources Getting Smart. Science Review 27 May2005:Vol.308, Issue5726, pp.1274-1278 DOI: 10.1126/science.

Teuffel, P. (2009). Architectural Engineering and Beyond, Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures 28 September – 2 October 2009, Universidad Politecnica de Valencia, Spain.

Tohum, N. (2011). Sürdürülebilir Peyzaj Tasarım Aracı Olarak Yeşil Çatılar. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi s. 64.

Tokuç, A.(2013). "Faz değişim malzemelerinin ısı enerji depolama amacıyla yapı elemanlarında kullanılması", DEÜ FBE,Yayımlanmamış Doktora Tezi, İzmir

Tokuç, A., Taşçı, B., G. (2014). Enerji Etkin Cepheelerde Nanoteknoloji, Yapı Dergisi, sayı 197, s. 146-150.

Weathersby, W. (2005). "Chanel Ginza", Architectural Record, 11.

Wigginton, M., Harris, J. (2002). Intelligent Skins, Oxford: Architectural Press.

Vuceljic, S., V. (2009). "Application of Smart Materials in Retrofitting Homes Can Help Housing EnergyEfficiency", Union University of Belgrade.

Vural, N., Yılmaz, S. (2015). Mimaride Nano Kaplamaların Kullanımı, Ege Mimarlık Dergisi, Sayı 89-90, syf. 12-15, İzmir.

2<sup>nd</sup> International Conference on Smart Materials & Structures (2016). February 29-March 02, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

2 Cited from Banham, R. (1984). The Architecture of the Well-Tempered Environment, 2nd edn. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 292–293.

### **İnternet Kaynakları**

URL-1. Şubat, 2018. <https://bit.ly/2PK98qc>

URL-2. Şubat, 2018. <https://bit.ly/2Bv6M9Y>

URL-3. Şubat 2018. <https://bit.ly/2S9DFiA>

URL-4. Mart 2018. <https://bit.ly/2A1YhmQ>

URL-5. Nisan 2018. <https://bit.ly/2UVerHd>

URL-6. Nisan 2018. <https://bit.ly/2rDITIG>

URL-7. Nisan 2018. <https://bit.ly/2EA7mHd>

URL-8. Nisan 2018. <https://bit.ly/2Cjq17H>

URL-9. Nisan, 2018. <https://bit.ly/2Gpr0r7>

URL- 10. Nisan 2018. <https://bit.ly/2CjuY0x>

URL- 11. Nisan 2018. <https://bit.ly/2Bu9Um6>

URL-12. Mayıs, 2018. <https://bit.ly/2R0Gru0>

URL-13. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2S2pMne>

URL-14. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2QG8uj9>

URL-15. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2EAvmAy>

URL-16, Mayıs 2018. <https://bit.ly/2PMLxoW>

URL-17. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2SWkNEK>

URL-18. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2BnKUwQ>

URL-19. Mayıs 2018. <http://rowarch.com/portfolio/>

- URL-20. Mayıs, 2018. <https://bit.ly/2PMM0aO>
- URL-21. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2PMLf1s>
- URL-22. Mayıs 2018. <https://bit.ly/2QqduaH>
- URL- 23, Ekim 2018. <https://bit.ly/2Ck7U1y>
- URL- 24, Ekim 2018. <https://bit.ly/2SeATJy>
- URL-25, Ekim 2018. <https://bit.ly/2rHcu3J>
- URL-26, Ekim 2018. <https://bit.ly/2Cj1rDY>
- URL-27, Ekim 2018. <https://bit.ly/2QZKxmi>
- URL- 28, Ekim 2018. <https://bit.ly/2CijmdP>
- URL- 29, Ekim 2018. <https://bit.ly/2BqLCcN>
- URL- 30, Ekim 2018. <https://bit.ly/2zY7Lzp>
- URL-31, Ekim, 2018. <https://bit.ly/2zY7FrX>
- URL-32, Ekim, 2018. <https://bit.ly/1Q9FI3i>
- URL-33, Ekim, 2018. <https://bit.ly/2KFMkHq>
- URL-34, Ekim, 2018. <https://bit.ly/2TTQdg9>
- URL-35, Ekim, 2018. <https://bit.ly/2TTQdg9>
- URL-36, Ekim, 2018. <https://bit.ly/2Awnqp4>
- URL-37, Ekim 2018. <https://bit.ly/2Awnqp4>
- URL-38, Ekim 2018. <https://bit.ly/2ra3e86>
- URL- 39, Ekim 2018. <https://bit.ly/2Pda0Uo>
- URL-40, Ekim 2018. <https://bit.ly/2BFTJ6V>
- URL-41, Ekim 2018. <https://bit.ly/2BFTJ6V>
- URL-42, Ekim 2018. <https://bit.ly/2Pda0Uo>
- URL-43, Ekim 2018. <https://bit.ly/2QzQI0R> , <https://bit.ly/2A5yF8C>
- URL-44, Ekim 2018. <https://bit.ly/2PJRpPH>
- URL- 45, Ekim 2018. <https://bit.ly/2PKSNBU>

URL-46, Ekim 2018. <https://bit.ly/2LmHZt8>

URL-47, Ekim 2018. <https://bit.ly/2SPIPIE>

URL-48, Ekim 2018. <https://bit.ly/2A3zLBs>

URL-49, Ekim 2018. <https://bit.ly/2A3zLBs>

URL-50, Ekim 2018. <https://bit.ly/2EtnrgU> , <https://bit.ly/2Esfq4D>

URL-51, Ekim 2018. <https://bit.ly/2QEQnK8> , <https://bit.ly/2Go6gQH>

URL-52, Ekim 2018. <https://bit.ly/2CiHbT0> , <https://bit.ly/2UQFtQ1>

URL-53, Ekim 2018. <https://bit.ly/2S8LiXo>

URL-54, Ekim 2018. <https://bit.ly/2URIOyl> , <https://bit.ly/2A6J4kf>

URL-55, Ekim 2018. <https://bit.ly/2SSR6UN>

URL-56, Ekim 2018. <https://bit.ly/1hHOCz4>

URL-57, Ekim 2018. <https://bit.ly/2rGtZRQ> , <https://bit.ly/2Et6y64> , <https://bit.ly/2Bq6O2K>

URL-58, Kasım 2018. <https://bit.ly/2POz1Wg>

URL-59, Kasım 2018. <https://bit.ly/2BqPDOX>

URL-60, Kasım 2018. <https://bit.ly/2E2MoQ5>

URL-61, Kasım 2018. <https://bit.ly/2LpPjUL>

URL-62, Kasım 2018. <https://bit.ly/2AVjOgo>

URL-63, Kasım 2018. <https://bit.ly/2Exw8HW>

URL-64, Kasım 2018. <https://bit.ly/2BpGN3E>

URL-65, Kasım 2018. <https://bit.ly/2ECDJF4>

URL-66, Kasım 2018. <https://bit.ly/2BrNceF>

URL- 67, Kasım 2018. <https://philips.to/2A5APVx>

URL-68, Kasım 2018. <https://bit.ly/2QMZDv8>

URL-69, Kasım 2018. <https://bit.ly/2GfDDVF>

URL-70, Kasım 2018. <https://bit.ly/2EgMzHC>

URL-71, Kasım 2018. <https://philips.to/2QtwS7u>

URL-72, Kasım 2018. <https://philips.to/2UyygnP>

URL-73, Kasım 2018. <https://bit.ly/2SSMhef>

URL-74, Kasım 2018. <https://bit.ly/2rwYEkt>



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

**Adı Soyadı :** Seçil YAĞLI

**Doğum Yeri ve Tarihi :** İzmir / 04.11.1985

### Eğitim Durumu

**Lise:** İzmir Atakent Anadolu Lisesi

**Lisans Öğrenimi:** Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

**Yüksek Lisans:** Politecnico Di Milano, Yapı Mühendisliği Bölümü, Mimari Proje ve Yapı Teknolojilerinin Dizayn ve Yönetimi

**Yabancı Diller:** İngilizce, İtalyanca

### İletişim

**E-Posta Adresi :** [secilyagli@gmail.com](mailto:secilyagli@gmail.com)

**Tarih :** 21.01.2019

# TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ETKİSİ İLE YÜZEYLERDE MALZEME KULLANIMI: AKILLI MALZEMELER

*Yazar Seçil Yağlı*

---

**Gönderim Tarihi:** 24-Oca-2019 11:45AM (UTC+0300)

**Gönderim Numarası:** 1067890407

**Dosya adı:** SE\_L\_YA\_LI\_TEZ\_F\_NAL\_B\_TT\_iiii.pdf (1.52M)

**Kelime sayısı:** 43948

**Karakter sayısı:** 320095



# TEKNOLOJİK GELİŞMELERİN ETKİSİ İLE YÜZEYLERDE MALZEME KULLANIMI: AKILLI MALZEMELER

## ORIJINALLIK RAPORU

%**21**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**20**

İNTERNET  
KAYNAKLARI

%**2**

YAYINLAR

%**4**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

## BİRİNCİL KAYNAKLAR

**1**

[polen.itu.edu.tr](http://polen.itu.edu.tr)

İnternet Kaynağı

%**7**

**2**

[docplayer.biz.tr](http://docplayer.biz.tr)

İnternet Kaynağı

%**2**

**3**

[ees2015.mehmetakif.edu.tr](http://ees2015.mehmetakif.edu.tr)

İnternet Kaynağı

%**1**

**4**

[www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080](http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080)

İnternet Kaynağı

%**1**

**5**

[megep.meb.gov.tr](http://megep.meb.gov.tr)

İnternet Kaynağı

%**1**

**6**

[yalitim.net](http://yalitim.net)

İnternet Kaynağı

%**1**

**7**

[dergipark.ulakbim.gov.tr](http://dergipark.ulakbim.gov.tr)

İnternet Kaynağı

%**1**

**8**

[www.ticaret.edu.tr](http://www.ticaret.edu.tr)

İnternet Kaynağı

%**1**

9

Submitted to Istanbul Aydin University

Öğrenci Ödevi

%1

10

KILIÇ, Onur. "KAFFE İÇ MEKAN TASARIMINDA AHŞAP KOMPOZİT MALZEMELERİN KULLANIMININ İRDELENMESİ", Dicle Üniversitesi, 2017.

Yayın

&lt;%1

11

[web.firat.edu.tr](http://web.firat.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

12

[acikerisim.deu.edu.tr](http://acikerisim.deu.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

13

[www.mobdek.8m.net](http://www.mobdek.8m.net)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

14

[www.mmo.org.tr](http://www.mmo.org.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

15

[www.boschvrf.com](http://www.boschvrf.com)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

16

[www.egemimarlik.org](http://www.egemimarlik.org)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

17

[studylibtr.com](http://studylibtr.com)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

18

[egemimarlik.org](http://egemimarlik.org)

İnternet Kaynağı

&lt;%1

[www.catider.org.tr](http://www.catider.org.tr)

19

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

20

[kisi.deu.edu.tr](http://kisi.deu.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

21

[kalem-kagit.com](http://kalem-kagit.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

22

[prezi.com](http://prezi.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

23

Submitted to Hacettepe University

Öğrenci Ödevi

&lt;% 1

24

[www.isbs2015.gazi.edu.tr](http://www.isbs2015.gazi.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

25

[slideplayer.biz.tr](http://slideplayer.biz.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

26

[issuu.com](http://issuu.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

27

[www.tekstilvemuhendis.org.tr](http://www.tekstilvemuhendis.org.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

28

[www.aku.edu.tr](http://www.aku.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

29

[ucmaz.home.uludag.edu.tr](http://ucmaz.home.uludag.edu.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

30

[orguculer.wordpress.com](http://orguculer.wordpress.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

31

Submitted to Trakya University

Öğrenci Ödevi

&lt;% 1

32

[www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

33

[e-maden.net](http://e-maden.net)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

34

[gayrimenkuldegerleme.co](http://gayrimenkuldegerleme.co)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

35

Submitted to Beykent Üniversitesi

Öğrenci Ödevi

&lt;% 1

36

[www.emo.org.tr](http://www.emo.org.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

37

[www.alseccosiva.com.tr](http://www.alseccosiva.com.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

38

[www.nano-arge.com.tr](http://www.nano-arge.com.tr)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

39

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

40

Submitted to Düzce Üniversitesi

Öğrenci Ödevi

&lt;% 1

41

[www.lirtek.com](http://www.lirtek.com)

İnternet Kaynağı

&lt;% 1

42

[www.ttmd.org.tr](http://www.ttmd.org.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

43

[tbekshome.blogspot.com](http://tbekshome.blogspot.com)

İnternet Kaynağı

<% 1

44

[dergipark.gov.tr](http://dergipark.gov.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

45

[mantolamanedir.org](http://mantolamanedir.org)

İnternet Kaynağı

<% 1

46

Submitted to TechKnowledge Turkey

Öğrenci Ödevi

<% 1

47

[archstudio2.cankaya.edu.tr](http://archstudio2.cankaya.edu.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

48

[archive.org](http://archive.org)

İnternet Kaynağı

<% 1

49

[ww3.ticaret.edu.tr](http://ww3.ticaret.edu.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

50

[www.megep.meb.gov.tr](http://www.megep.meb.gov.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

51

[www.intes.org.tr](http://www.intes.org.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

52

Submitted to Afyon Kocatepe University

Öğrenci Ödevi

<% 1

53

[www.yapkat.com](http://www.yapkat.com)

İnternet Kaynağı

<% 1

54

[tekstil.com.tr](http://tekstil.com.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

55

[www.1bilgi.com](http://www.1bilgi.com)

İnternet Kaynağı

<% 1

56

[aregem.kulturturizm.gov.tr](http://aregem.kulturturizm.gov.tr)

İnternet Kaynağı

<% 1

57

ERDEM İŞMAL, Özlenen and YÜKSEL, Ebru. "Tekstil ve Moda Tasarımına Teknolojik Bir Yaklaşım: Akıllı ve Renk Değiştiren Tekstiller", Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fak., 2016.

Yayın

<% 1

58

GÜNDÜZ, Gökhan, ÖZDEN, Seray and TEKÇE, Mustafa Serdar. "Türkler'de ahşap ok yapımı", Bartın Üniversitesi, 2010.

Yayın

<% 1

59

[www.luxuryshoppers.net](http://www.luxuryshoppers.net)

İnternet Kaynağı

<% 1

60

[refusetrucks.scrantonmfg.com](http://refusetrucks.scrantonmfg.com)

İnternet Kaynağı

<% 1

Alıntıları çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografyayı Çıkart

Kapat