



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ**

**İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı**

**KENTSEL DONATI BAĞLAMINDA AKILLI MALZEME VE  
SİSTEMLER; TASARIMCI VE KULLANICI DENEYİM  
ÖRNEĞİ**

**Şükran Büşra ÜMÜTLÜ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ankara, 2020**



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı

Anabilim Dalı

KENTSEL DONATI BAĞLAMINDA AKILLI MALZEME VE  
SİSTEMLER; TASARIMCI VE KULLANICI DENEYİM  
ÖRNEĞİ

Şükran Büşra ÜMÜTLÜ

Yüksek Lisans Tezi

Ankara, 2020

# KENTSEL DONATI BAĞLAMINDA AKILLI MALZEME VE SİSTEMLER; TASARIMCI VE KULLANICI DENEYİM ÖRNEĞİ

**Danışman:** : Prof, Bilge SAYIL ONARAN

**Yazar:** Şükran Büşra ÜMÜTLÜ

## ÖZ

Teknolojik atılımlar, günlük yaşamın her noktasına yansiyarak toplumun yaşayış biçimine dolayısıyla mekanlara etki etmektedir. İnsan, kullanıcısı olduğu her mekanı donatıyı ve ürünü etkileyerek modern yaşamın gereksinimleri doğrultusunda tasarımlar ortaya koymaktadır. Günümüz teknolojisinin kapsadığı akıllı ürün ve malzemelerin temelinde modern yaşam gereksinimleri yatmaktadır. Akıllı malzeme ve ürün teknolojisi her ne kadar son on yılda popülerlik göstermiş olsa da aslında bu teknolojinin başlangıç noktası materyal bilimi üzerine 1960'lı yıllarda yapılan çalışmalara kadar dayanmaktadır. Bu çalışmalar malzeme bilimi adına çok aşama kaydedilmesini dolayısıyla bugün bilinen teknolojik karmaşık veya basit akıllı ürünlerin tasarımlarında kullanımını sağlamıştır. Araştırmalar, malzemelerin bulunduğu ortamla, kullanıcıyla veya herhangi bir uyaranla etkileşimini incelemiş ve bu uyaranlara tepki veren farklı yapıda akıllı materyallerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Akıllı malzemeler çok farklı uyaranlara tepki verebilecek türde gelişmiştir. Bu malzemelerden belirli türlerde olanlar, akıllı sistemler için algılayıcı ve dönüştürücü ara malzeme olarak kullanılabilir. Akıllı ürünler, bahsi geçen akıllı malzeme ve sistemlerin bir dizi programlama ve tasarım dahilinde çalıştırılması ile geliştirilmiştir.

Her mekân, yaşamın getirdiği bu modern teknolojiden etkilenecek biçimlenmektedir. Kent mekanı da kullanıcısının gelişen bu yeni teknolojik gereksinim ve yaşayışına yanıt verebilir, bu anlamda kullanıcının kent içerisinde daha konforlu olmasını ve kullanıcıyı çevreye daha duyarlı bir biçimde yaklaşması adına teşvik edebilir. Bu bağlamda modern bir kent yaşamının gereksinimleri, akıllı sistemlerle tasarlanan akıllı kent mobilyaları ile sağlanabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, akıllı malzeme ve sistemlerin türlerini kullanıldığı ürün örnekleri üzerinden inceleyerek, kentsel mekanlarda kullanımı üzerine akıllı bir kent donatısı önerisi geliştirerek, bu bağlamda kullanıcı-tasarım-tasarımcı arasındaki etkileşimde, temel düzeyde kurulabilen bir akıllı kent donatısı ile tasarımın gelişmesi, akıllı kent donatısı kullanım farkındalığı ve kentsel mekân ölçeğinde kullanıcıda çevresel yaklaşım anlamında bir bilinç oluşturmaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde, tez çalışmasının amacı, konuya yaklaşım, kapsam ve yöntem aktarılmıştır. İkinci bölümde, donatı kavramı tanımlanmış, donatı ve mobilyanın farkı üzerinde durulmuş, kentsel donatı tanımı ve türleri örneklerle incelenmiştir. Üçüncü bölümde, akıllı malzeme ve sistemler tanımlanarak sınıflandırılmıştır.

Akıllı malzeme ve sistem türleri kullanım örnekleriyle incelenerek aktarılmıştır. Dördüncü bölümde, tez çalışması kapsamında öneri olarak tasarlanan akıllı kent donatı uygulamasının, konumu, barındırdığı akıllı sistem modülü, çalışma biçimi ve tasarım özellikleri görselleştirmelerle verilmiştir. Tasarımın kullanım biçimi, uygulama hedefleri ve yaklaşım biçimleri anlatılmıştır. Tez çalışmasının sonucunda yapılan literatür incelemeleri ve çalışma kapsamında önerilen tasarımın, kentsel mekân içerisinde ve tasarımda kullanıcıyla etkileşiminin kent yaşamı bağlamında oluşturabileceği katkıya değinilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Akıllı malzeme, akıllı sistem, donatı, kentsel donatı, kent mobilyası, malzeme.

# **SMART MATERIAL AND SYSTEMS IN THE CONTEXT OF URBAN EQUIPMENT; DESIGNER AND USER EXPERIENCE EXAMPLE**

**Supervisor:** Prof, Bilge SAYIL ONARAN

**Author:** Şükran Büşra ÜMÜTLÜ

## **ABSTRACT**

Technological breakthroughs are reflected in every point of daily life and thus affect the way of living of the society and therefore the places. The human, creates designs in line with the requirements of modern life by affecting the equipment and product in every place he is a user. Modern living requirements, creates lay the foundation the smart products and materials covered by today's technology. Although smart material and product technology has gained popularity over the last decade, the starting point of this technology actually dates back to the studies on material science in the 1960s. These studies have led to the advancement of many steps in the name of material science, so that they can be used in the design of technological complex or simple smart products known today. Researchs, has examined the interaction of the materials with the environment, the user or any stimulus, and has led to the emergence of different types of intelligent materials that react to these stimuli. Smart materials have evolved to respond to many different stimuli. Certain types of these materials can be used as sensors and transducers for smart systems. Smart products are developed by operating the smart materials and systems mentioned in a series of programming and designs.

Each space is shaped by being influenced by this modern technology brought by life. Urban space can also respond to this new technological need and life of its user, and in this sense, it can encourage the user to be more comfortable in the city and to approach the user in a more sensitive manner. In this context, the requirements of a modern city life can be met with smart city furniture designed with smart systems.

The purpose of this study is to examine the types of smart materials and systems over the product samples used, to develop a smart urban equipment proposal for its use in urban spaces, in this context, the interaction, between the user-design-designer, the development of the design through a urban equipment that can be established with a basic level smart system, is to create awareness in terms of smart urban equipment usage awareness and environmental approach in urban space scale. In the first part of the study, the purpose of the thesis study, the approach to the subject, scope and method are presented. In the second part, the concept of reinforcement is defined, the difference of reinforcement and furniture is emphasized, the definition and types of urban reinforcement are examined with examples. In the third section, smart materials and systems are defined and classified.

Smart material and system types are examined by using usage examples. In the fourth chapter, the location, smart system module, working style and design features of the smart city reinforcement application designed as a proposal within the scope of the thesis study are given with visualizations. The way of using the design, implementation goals and approaches are explained. The literature reviews made as a result of the thesis study and the contribution of the design proposed within the scope of the study, the interaction of the user with the user in urban space and design within the context of urban life are mentioned.

**Keywords:** Smart materials, smart systems, equipment, urban equipment, urban furniture, materials.

## TEŞEKKÜRLER

Lisans eğitimimden itibaren akademik kariyer başlangıcım olan bugüne değin, beni her an engin bilgi ve tecrübesiyle yol göstererek aydınlatan, tez çalışmamın her detayında ve aşamasında enerjimin düştüğü zamanlarda dahi motivasyonumu güçlendirerek bana destek olan sevgili hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Bilge Sayıl ONARAN'a,

Bu yolculuğa çıkmamda, bana ilham ve ışık olan Sayın Prof. Dr. Ayşe Müge BOZDAYI'ya, çalışmalarımda beni her zaman destekleyerek yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şaha ASLAN'a, tez sürecimde anlayışı ve pozitif enerjisiyle desteğini esirgemeyen TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölüm Başkanı Sayın Dr. Öğr. Üyesi Meryem YALÇIN'a, tez çalışmamın başlangıcında bana destek olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Emre Demirel'e,

Tüm hayatım boyunca, her anımda yanımda olan sevgili annem Müzeyyen ÜMÜTLÜ, beni daima başarabileceğime inandıran babam Orhan Kemal ÜMÜTLÜ ve her zaman yüzümü gülümseten kardeşim Ülkü Berra ÜMÜTLÜ'ye,

Tez çalışmam süresince, sorduğum sorulara sabırla yanıt veren Rafet Can ÜMÜTLÜ'ye, güler yüzü ve dostluğu ile bana her zaman destek olan Zeynep ÖZTOP'a ve ilk adımlarımda varlığını hissettiğim büyükannem Şükran ÜMÜTLÜ'ye

Varlıklarından ve heyecanıma katkılarından ötürü sonsuz teşekkürler...

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZ .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜRLER .....	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ.....	vii
GÖRSEL DİZİNİ .....	viii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: AMAÇ, KAPSAM VE YAKLAŞIM .....	3
1.1. Çalışmanın Amacı ve Konuya Yaklaşım .....	3
1.2. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi .....	4
2. BÖLÜM: MEKÂNSAL ANLAMDA.....	6
DONATI VE MOBİLYANIN TANIMI.....	6
2.1. Mekânsal Donatının Tanımı .....	7
2.2. Mekânsal Mobilyanın Tanımı .....	10
2.3. Mekânsal Donatı ve Mobilyanın Farkı .....	11
2.4. Kentsel Mekan ve Kentsel Donatı Kavramları .....	14
2.4.1. Kentsel Mekan Kavramı .....	14
2.4.2. Kentsel Donatı Kavramı .....	18
2.4.3. Kentsel Donatıların Çeşitlendirilmesi.....	20
2.5. Bölüm Sonucu.....	43
3. BÖLÜM: AKILLI MALZEMELER VE SİSTEMLER .....	45
3.1. Akıllı Malzemeler.....	45



3.2. Akıllı Malzemelerin Özellikleri ve Sınıflandırılması .....	50
3.2.1. Akıllı Malzemelerin Özellikleri.....	50
3.2.2. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması .....	56
3.2.2.1. Özellik Değiştiren Malzemeler.....	62
3.2.2.2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler .....	84
3.3. Akıllı Sistemler .....	98
3.4. Bölüm Sonucu.....	109
4. BÖLÜM: KENTSEL TASARIM BAĞLAMINDA BİR UYGULAMA .....	110
4.1. Uygulama alanı .....	111
4.2. Uygulamanın Barındırdığı Sistemler .....	113
4.3. Uygulama.....	116
4.4. Bölüm Sonucu.....	123
5. BÖLÜM: SONUÇ .....	124
KAYNAKLAR .....	128
ETİK BEYANI .....	138
YÜKSEK LİSANS TEZİ ORJİNALLİK RAPORU .....	139
MASTER'S THESIS ORIJINALITY REPORT .....	140
YAYIMLAMA VE FİKRÎ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI.....	141

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Donatı Ve Mobilyanın Farkları.....	13
Tablo 2. Başarılı Mekanları Değerlendirme Diyagramı .....	42
Tablo 3. Tasarım Sürecinde Malzemenin Rolü.....	45
Tablo 4. Yapı Malzemelerinin Gelişim Süreci.....	46
Tablo 5. Akıllı Malzemelerinin Gelişim Süreci .....	48
Tablo 6. Addington Ve Schodek'e Göre Akıllı Malzemelerin Özellikleri ...	51
Tablo 7. Akıllı Malzemelerin Özellikleri.....	55
Tablo 8. Akıllı Malzeme Türleri .....	56
Tablo 9. Akıllı Malzeme, Sistem Ve Ortamların Ayırt Edilmesi .....	57
Tablo 10. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması .....	60
Tablo 11. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması .....	61
Tablo 12. Renk Değiştiren Belirli Akıllı Malzemelerin Uyarılarına Göre Sınıflandırılması.....	63
Tablo 13. Şekil Değiştiren Belirli Akıllı Malzemelerin Uyarılarına Göre Sınıflandırılması.....	72
Tablo 14. Farklı Girdi / Çıktı Kontrol Modelleri.....	102
Tablo 15. Uygulamanın Temel Ve Yan İşlev Şeması .....	117
Tablo 16. Uygulamanın Amaçladığı Temel Yaklaşımlar .....	119
Tablo 17. Akıllı Kent Donatılarının Tasarımında Kullanılabilecek Akıllı Malzeme Ve Sistemler .....	125

## GÖRSEL DİZİNİ

Görsel 1. Geleneksel Türk Konutu Sedir Örneği, İzbeli Konak .....	9
Görsel 2. Sterling Place Apartmanı Brooklyn .....	9
Görsel 3. Barcelona Apartmanı .....	11
Görsel 4. İç Mekânda Donatı Örneği Oturma .....	12
Görsel 5. İç Mekânda Donatı Örneği Çalışma .....	12
Görsel 6. İç Mekânda Mobilya Örneği Oturma.....	13
Görsel 7. Kentsel Mekânın Alan Sınırlarının Tarifi.....	16
Görsel 8. Mimari Mekân, Kentsel Mekân Ve Doğal Mekân Ayrımı..	16
Görsel 9. Kentsel Mekân Donatı Örneği-Oturma .....	19
Görsel 10. Kentsel Mekân Donatı Örneği-Oyun.....	19
Görsel 11. Ölçeği Büyütülmüş Koltuklar Halinde Tasarlanan Beton Kent Mobilyaları .....	24
Görsel 12. Slope, Güçlendirilmiş Beton Oturma Elemanı-Bank.....	25
Görsel 13. Ağaçların Etrafında Konumlanabilen Hem Izgara Hem Oturma Elemanı Olarak Kullanılan Bir Kentsel Donatı.....	26
Görsel 14. Kamusal Alanlar İçin Eğlenceli Oturma Elemanları .....	26
Görsel 15. Fransa'dan Florent Prat Tarafından Tasarlanan Otobüs Durağı .....	28
Görsel 16. Fransa'dan Florent Prat Tarafından Tasarlanan Otobüs Durağı .....	28
Görsel 17. Egon Møller-Nielsen Tarafından Tasarlanan İkonik Heykel Oyun Alanları 1954 .....	29
Görsel 18. Punggol Brooks, Çok İşlevli Bütünleşik Çocuk Oyun	

Alanı .....	30
Görsel 19. Mine / Carve + Omgeving Olarak Oyma Oyun Parkuru .....	30
Görsel 20. Step Bench, Çocuk, Genç Ve Yetişkinler İçin Tasarlanmış Kas Hareketlerini Geliştirmeye Yönelik Donatı	31
Görsel 21. Ball Game, Çocuk, Genç Ve Yetişkinler İçin Tasarlanmış Kas Hareketlerini Geliştirmeye Yönelik Donatı.....	32
Görsel 22. Pıt In Yaratıcı İki İşlevli Bisiklet Duraklama Ünitesi.....	33
Görsel 23. Katlanabilen Satış Büfeleri, Londra .....	34
Görsel 24. Kei Miyazaki Bilgilendirme Haritası Waterras.....	35
Görsel 25. The Kiosk .....	35
Görsel 26. Hem Aydınlatma Hem De Sınırlama Elemanı Olarak İşlevlendirilmiş Bir Donatı Elemanı .....	37
Görsel 27. Solar Tree-Street Lamp.....	38
Görsel 28. “Droppit” Klasik Sigara Kutusu .....	39
Görsel 29. Eğlenceli Şekilde Yeniden Tasarlanmış Çöp Kutuları .....	39
Görsel 30. Central Park Çöp Ve Geri Dönüşüm Kutuları .....	39
Görsel 31. Central Park Çöp Ve Geri Dönüşüm Kutuları .....	40
Görsel 32. Arap Dünyası Enstitüsü, Institut Du Monde Arabe .....	49
Görsel 33. Barrisol Welch .....	58
Görsel 34. Foto-Elektrokromik Cam Sistemleri.....	64
Görsel 35. Fotokromik Bir Camda Görme.....	65
Görsel 36. Sigmar Polke, Almanya Duvar Montajı.....	66
Görsel 37. Anrealage Ve Kunihiro Morinaga, 2018 İlkbahar Yaz Bayan Pist Podyumu.....	68

Görsel 38. Polimer Opal Courtesy University Of Cambridge .....	68
Görsel 39. Elektrokromik Cam Kesiti .....	70
Görsel 40. Farklı Yansıtıcı Ve Şeffaf Durumlarına Sahip Olan Akıllı Pencere. Gesimat Teknolojisi:.....	71
Görsel 41. Termal Olarak İndüklenen Şekil Hafızası Efektini Sergileyen Şekil Hafızalı Alaşımlar (Örn. Nitinol) .....	76
Görsel 42. Ni-Ti Alaşımlı Kancaların Isıl Etkisi Altındaki Davranışları .....	77
Görsel 43. Odalarda Kullanım İçin Sma İçeren Tekstil Ürünleri .....	77
Görsel 44. Kendinden Montajlı Köpük Mobilya, Material District .....	79
Görsel 45. Elektroaktif Polimerler (Eap'ler).....	81
Görsel 46. Kendi Kendini Temizleyen Etki Gösterimi.....	82
Görsel 47. Garden Chapel.....	84
Görsel 48. Ruth Handschin, (Işık Entelasyonu) .....	86
Görsel 49. Shush Night Light Hannaliisa Hailahti .....	88
Görsel 50. Digitalart Artlab İçin Antonin Fourneau'dan Su Işık Grafiti .....	89
Görsel 51. Işık Kinetik Oda Bölücüler Loop.Ph Ltd. ....	91
Görsel 52. Oled Aydınlatmanın Yapısı.....	93
Görsel 53. Oled Aydınlatma Ross Lovegrove .....	93
Görsel 54. Dssc Boya Güneş Pilleri .....	96
Görsel 55. Piezoelektrik Nabız Hızlarını Ölçmek İçin Sensör Bandı .....	97
Görsel 56. Termokromik Ateş Ölçmek İçin Üretilen Termo Şerit .....	99
Görsel 57. Engo Planet Şarj Ve Kablosuz Ağ İstasyonu.....	100
Görsel 58. "Hiposurface" Kurulumu, .....	102
Görsel 59. Lotus Kubbesi   Daan Roosegaarde.....	103
Görsel 60. Philips Lumiblade (+ Film) Dietmar Oled .....	104

Görsel 61. Velop2 İnteraktif Işık Kurulumu Loop.Ph, Taipei - Tayvan....	105
Görsel 62. Termobimetal Higrobikompozit Spiral Yaylarla Renk Topları .....	106
Görsel 63. The Pavegen V3, .....	107
Görsel 64. Sc-601 Endirek Enerji Direği, Aks Elektronik.....	107
Görsel 65. Tobb Ekonomi Ve Teknoloji Üniversitesi Yerleşkesi İçerisinde Seçilen Alanların Harita Üzerinde Gösterimi .....	112
Görsel 66. Tobb Ekonomi Ve Teknoloji Üniversitesi Yerleşkesi İçerisinde Seçilen Alanların Kullanım Yoğunluğunun Harita Üzerinde Gösterimi.....	112
Görsel 67. Mp3 Oynatıcı Modül Vs1003 .....	115
Görsel 68. Sd Kart Modülü .....	115
Görsel 69. Arduino Mega 2560 R3 Klon Modülü .....	116
Görsel 70. Hc-Sr04 Arduino Ultrasonik Mesafe Sensörü.....	116
Görsel 71. Arduino Sistem Kurulum Denemesi .....	116
Görsel 72. Akıllı Atık Geri Dönüşüm Ünitesi Kullanım Görünümü .....	121
Görsel 73. Akıllı Atık Geri Dönüşüm Ünitesinde Bulunan Kağıt Modülüne Kağıt Bir Atığın Atılması, Kağıt Modülü Kesiti. ....	122
Görsel 74. Akıllı Atık Geri Dönüşüm Ünitesinde Bulunan Metal Modülüne Metal Bir Atığın Atılması, Metal Modülü Kesiti. ....	122

## GİRİŞ

İnsanlık, gelişimi boyunca pek çok noktada atılımlar gerçekleştirmiştir. Atılımların sonuçları, insanlığın farklı noktadaki arayışlarının bir ürünü olarak nitelendirilebilir. Öyle ki, bu atılımların odak noktalarına ve alanlarına göre farklı zaman dilimlerini kapsadığı ve oluşan ürün yoğunluğunun zaman dilimlerine göre farklılık gösterdiği söylenebilir. Endüstriyel ürün tasarımcısı Akın'a (2009) göre, materyal alanında insanlık, son yirmi yılda, daha önceki zaman dilimlerine kıyasla daha fazla yenilik ortaya koymuştur. Bu yeni malzemelerin pek çoğunun, farklı alanlardaki farklı ihtiyaçların karşılanmasına veya problemlerin çözümüne yönelik olduğu görülmektedir. Mimar Blownell'e (2006) göre, malzemedeki yenilikçilik 1980'lerde askeri ve NASA araştırmalarındaki gelişmelere atfettiği "hızlandırılmış temposunu" günümüzde de yaşamlarımızda sürdürmektedir. Dünyanın hammadde kaynakları ile ilgili bilinç, biyomimikri veya sadece belirli bir fayda amacı olmayan ürünlerdeki estetik ve psikolojik etkilere ulaşma arzusu için, "Potansiyel uygulama" için bekleyen birçok "yeni malzeme ve teknoloji" vardır (Addington ve Schodek 2005). Bu yeni malzeme ve teknolojinin kullanımı yalnızca mühendislik anlamında değil, aynı zamanda tasarımsal yaklaşımlarla da görülmektedir.

Akıllı malzeme ve sistemler, yirmi yıla yakın bir süredir geliştirilmekte ve incelenmektedir. Ancak materyalin tasarımcı tarafından tanınması ürüne ve tasarıma uyum sağlamaya başlaması zaman almıştır. Günümüzde akıllı materyal ve sistemlerin pek çok tasarımda kullanımı yaygınlaşmıştır. Aynı yönde, bu malzeme türünün gelecekte de pek çok alanda tasarımlara dâhil olarak gelişerek kullanımının artacağı söylenebilir.

Bu çalışma, yeni ve hayatın içine yerleşmekte olan Akıllı malzeme ve sistemleri, kent mobilya ve donatı tasarımı bağlamında ele alarak, akıllı sistemlerin bütünleşmiş edildiği tasarımların kullanıcı deneyimi üzerinden etkileşimini konu almaktadır.

Hedef, akıllı malzemenin tür ve çalışma prensiplerini aktarmak, kullanım olanaklarını irdelemek ve bunu belirlenen noktalarda, tasarlanan temel bir akıllı sistem modeliyle kentsel bir donatı ile kullanıcıyla buluşturmadır. Tasarımcının gözlemlemeyi amaçladığı noktaların, kullanıcı yaklaşım ve deneyimini, gözleme yoluyla incelemesi ve deneyden elde edilen sonuçlar ile çalışmanın hipotezlerini ölçmek amaçlanmaktadır. Akıllı malzemeler, pek çok üründe var olmaya ve tasarımlarda yer almaya devam etmektedir. Akıllı ekranlar, LED teknoloji ekranlar vb. birçok üründe en yakın şekilde gözlemlenebilmektedir. Çalışmanın inceledikleri ise, kentsel donatı kavramı ve sınıflandırılması, akıllı malzeme ve sistemlere dair üretilen örnekler vasıtasıyla bu materyallerin ne olduğu, türleri, nasıl aktifleştikleri, kullanıcı ve ortamla etkileşim biçimleri ve tasarımlarda kullanılma amaçlarının ele alınması ve aktarılmasıdır. Gözleme sayesinde, kullanıcının ürüne yaklaşımı, ürünü deneyimlemesi ve bu ürünlerin kent mekânı içerisindeki varlığının etkisinin ölçülmesi planlanmaktadır. Bu sayede, akıllı malzeme ve/veya sistemlerin kentsel donatı tasarımlarında kullanımının deneyimlenmesi ve geliştirmeye yönelik önerilerin sunulmasıdır. Bu doğrultuda, akıllı malzeme ve sistemlerin tanınırlığının artması beklenmektedir. Akıllı materyal ve sistemlerin, erişilebilirlik ve kullanımının, tasarımcı-ürün-kullanıcı bağlamında yakından incelenmesi, kentsel donatı tasarımlarında kullanımını artırmak ve kullanıcı kitlenin akıllı ürünlere dair farkındalığını artırarak ilgisini çekmek planlanmaktadır.



## **BÖLÜM 1: AMAÇ, KAPSAM VE YAKLAŞIM**

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Konuya Yaklaşım**

Akıllı malzemeler, ortaya çıkışından bugüne belirli bir süreci takip ederek gelmiştir. Bu süreci inceleyerek kullanımın artışına ne gibi çalışmalarla, nasıl katkılar yapıldığını incelemek gerekmektedir. Bu süreci incelemek, çalışmanın; akıllı materyal kullanımının, tasarım-kullanıcı etkileşiminin hangi noktalarında katkı sağlayabileceğini aramak ve bu bileşenleri odak alan gözlem kısmında daha çok hangi noktalara dikkat edilmesi gerektiğine de yardımcı olacaktır. Bu doğrultuda, amaca yönelik sorular oluşturularak, bu soruların cevapları da gözlemler ve araştırma içerisinde irdelenecektir. Çalışmanın amacı, bu anlamda akıllı malzeme ve/veya sistemi, öncesindeki süreci araştırmakla başlamaktadır. Beraberinde uygulamanın gereksinimlerini, çalışmanın cevap aradığı soruları netleştirerek, uygulamanın tasarımı sırasında ve yapılan gözlemlerde bu sorular göz önünde tutularak cevaplar aranacaktır. Amaç doğrultusunda kentsel donatı kavramı ve türleri, akıllı malzemelerin; etkileşime göre türleri, kullanıldığı noktalardan örnekler, bu malzemelerin çalışma biçimlerinin incelenmesi, kullanıcı-ürün-tasarımcı bağlamı ve bu bağlamın bütün olarak incelenmesinin hedeflendiği kentsel donatı uygulaması öneri olarak tasarlanacaktır. Bu kentsel donatı uygulamasında, akıllı sistem ele alınacaktır. Bu anlamda akıllı sistemlerin çalışma prensiplerinin ve uygulanışının aktarımı hedeflenmektedir. Bu deney ve araştırmanın sonunda, önerilen tasarımın sonuç verilerinin aktarımı, bu verilere göre belirlenen soruların cevaplanması ve sonuca yönelik önerilerin aktarımı da çalışmanın hedeflerini oluşturmaktadır.

Temelde konuya, akıllı malzemelerin ve sistemlerin kentsel donatılar aracılığıyla kullanıcı-tasarımcı etkileşimi üzerinden yaklaşılacaktır. Aynı zamanda, bu malzeme ve sistem türünün kullanıma geçiş sürecini kavramak ve kullanım farkındalığını artırma bağlamında yaklaşılarak, bu anlamda tasarımcının ve kullanıcının akıllı sistem odağında tasarlanan kentsel donatı ile bir araya gelişini sağlamak amaçlanmaktadır.

## Araştırma Soruları/ Hipotezler

Çalışma belirli soruların izinden gelişmekte ve çözülmektedir. Bunlar;

1. Akıllı Malzeme ve sistemlerin kullanıldığı ürünler ve bu ürünlerdeki kullanım şekli nedir?

2. Tasarımcı-Ürün-Kullanıcı bütününde akıllı malzeme sistemiyle tasarlanan ürünün, tasarımcı ve kullanıcı ile etkileşimi nasıldır?

3. Akıllı malzeme ve sistem ile tasarlanan bir donatının üretim sürecinde getirdikleri nelerdir?

## 1.2. Çalışmanın Kapsam ve Yöntemi

Tez kapsamında, giriş kısmında konuya genel bakış anlatılmış ve birinci bölümde konuya giriş, çalışmanın amacı, konuya yaklaşımı, kapsamı ve yöntemi aktarılmıştır. Çalışmanın hangi sorulara yanıt aradığı sunulmuş, hipotezleri aktarılmıştır. Kapsamı ve yöntemi belirtilmiştir. Hedeflenen noktalar ve konuyu ele alış biçimi anlatılmıştır.

İkinci bölümde, iç mimari, mimari ve kentsel tasarım bakış açılarıyla mekânsal donatı, mekânsal mobilya ve kentsel donatı kavramları tanımlanmıştır. Kentsel mekân kavramı tanımlanmıştır. Kentsel donatı elemanları, türleri ve örnekleri üzerinden aktarımlar yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, akıllı malzeme ve sistemlerin; türleri, çalışma prensipleri uygulandığı ürünler üzerinden incelenmiş ve anlatılmıştır. Bölümün aktarım biçimindeki amaç; akıllı malzemeyi tasarımcıya akılda kalıcı ve kullanım anlamında faydacı biçimde anlatmaktır. Böylece akıllı materyalin, kendi özelliğinin temel alınarak kullanıldığı noktalardaki örnek aktarımları ile tanınırlığını artırmak amaçlanmıştır.

Dördüncü bölümde, tez kapsamında yürütülen uygulamanın nasıl yöntemi anlatılarak saha analizi yapılmıştır. Öneri tasarımın, yapılan analizlere göre üretim safhaları ve barındırdığı çalışma sistemi anlatılmaktadır. Tasarımın barındırdığı özellikler ve sistemsel gereksinimler, çizimler ve üretim aşaması

görsellerle aktarılmıştır. Ürünün konumlandırıldığı noktalarda kullanıcıların ürüne yaklaşım ve deneyimleri, gözlemlenerek analizlerle verilmiştir.

Sonuç bölümünde ise, akıllı kent donatı tasarımı deneyinin gözlem sonuçları incelenerek aktarılmıştır. Bu doğrultuda tez kapsamına yer alan araştırma soruları yanıtlanmıştır. Elde edilen verilere göre çalışmanın değerlendirilmesi yapılarak, literatür ve tasarıma katkısı aktarılarak, konu bağlamında öneriler sunulmuştur.

## 2. BÖLÜM: MEKÂNSAL ANLAMDA DONATI VE MOBİLYANIN TANIMI

İnsanoğlu, her zaman kendini dış etmenlerden korumaya gereksinim duymuştur. Barınma ihtiyacı, insanın ve tüm canlıların en temel gereksinimlerinden biri olmuştur. İnsanlar varoluşundan bu yana yaşadıkları çevreyi ihtiyaçlarına göre şekillendirmiştir (Dikel, 2019). En basit şekilde ele alındığında korunma ve güvende olma ihtiyacı ile oluşturulan barınma alanları, fiziksel sınırlardan oluşan hacimlerdir. Barınma alanı ihtiyacı ile oluşturulan bu sınırlar beraberinde “iç” ve “dış” kavramlarını getirmektedir (Emrali, 1994). Barınma ihtiyacı ile ilk dönemlerdeki barınaklar kovuk, mağara gibi yapılar olmuştur. Sonraki süreçte barınaklar, değişen yaşam biçimleri ve ölçütlerine göre gelişmiştir. İnsanlar, zaman içinde topluluklarını ve yaşam biçimlerini sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan yükseltmiş böylece toplumların değişen ihtiyaçlarına uygun barınma yapıları inşa etmiştir. Bu durum barınakların, konuta dönüşerek tasarlanmasının ve konut tasarımlarında malzeme arayışlarının da başlangıcı olmuştur. Barınakların gelişip değişmesi ile mekânın oluşumu ve mekân tasarımının malzeme ile bağlantısının kurulmasına imkân tanımış, mekânın işlevleri, donatısı ve malzemesi bu bağlama dâhil olmuştur.

Mekân, TDK’de anlamlarıyla;

- Bulunulan yer; bir yapı, arazi, bölge ve buna benzer birçok farklı alanı ifade eder.
- Uzay; tanımlaması ile uzay-zaman kavramı içerisinde yer alan varsayımsal boşluğu ifade eder.
- Ev-yurt, olarak tanımlanmıştır. Ev, yurt insanların en temelde barınma ihtiyacı için oluşturulmuş fiziksel sınırlardır (Sözlük, 2019).En kısa haliyle mekân kavramı, insanın bulunduğu yer ve çevre olarak tanımlanabilir. (Dikel, 2019)

Doğan Hasol, Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğünde mekânın alt başlıklarını dış mekân, kentsel mekân ve tümel mekân olarak belirlemiştir. Dış ve kentsel mekân, yapıların arasında kalan ve bunlarla sınırlanan mekân olarak, tümel

mekân ise mekânı farklı işlevlerden bölmekten kaçınarak birçok işlevin bir arada çözülmeye çalışıldığı ortam olarak aktarmıştır. (Hasol, 2010)

Mekânın tanımı ölçeği fark etmeksizin beraberinde işlevler getirmektedir. Bu işlevler iç, dış, kentsel veya tümel mekân için farklılaşarak tasarlanan mekanların tarifinin ortaya konması için bir gereksinim oluşturmaktadır. Tanım ve ölçekleri farklı olsa da mekân bağlamında planlanan işlevler üzerinden belirlenen eylemleri ve eylem alanlarının sınırlandırılarak belirtilmesine dolayısıyla bu mekanların her birinde gereksinimler haline gelen donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

## **2.1. Mekânsal Donatının Tanımı**

Donatı, pek çok farklı alanda kullanımı olan bir terimdir. Bununla birlikte temelde; donanım, teçhizat anlamlarının yanı sıra bir iş ya da eylemi gerçekleştirmek için gerekli araç gerece verilen isme de karşılık gelmektedir (Sözlük, 2019).

Donatı için, peyzaj tasarımcısı Çetiner (1991) , insanın ihtiyaçlarına cevap verecek ve gerekli yaşama ortamını sağlayacak tesislerin tümünü içeren çalışma alanları, dinlenme alanları, ulaşım alanları vb. alanlar ile barınmaya hizmet eden alanlar tanımlamasını yapmaktadır.

Bir mekânın, yapının veya yerleşkenin, kullanıma göre tasarlanmış, işlevsel olarak ihtiyaçlara yönelik yapı bağlamında kurgulanan tasarım eklentileri olarak tanımlanabilmektedir. Mekânın işlevlerinden kaynaklanan eylemleri gereksinimlere uygun olarak karşılayan ve kullanıcıyı doğrudan ilgilendiren eylemleri içine alan, mekânın tümünü kapsadığı gibi, işlevleri birbirine bağlayan, mekânı düzenlemeye, çok yönlü kullanıma hazırlamaya yarayışlı tasarım eklentilerini de kapsayan bir kavramdır (Sakal, 2007).

Mimar Doğan Hasol (2010) donatı kavramını, donatmaya yarayan şeyler, teçhizat olarak tanımlayarak, servis eşyası ve mobilyaların binanın, kentsel mobilyanın ise kentin donatıları olduğunu eklemiştir.

Mekân, sınırlayıcılardan oluşmaktadır. Bu unsurlar içerisinde kalan hacimler iç mekânları oluşturur. İç mekân ve dış mekân, yapısal unsurlar ile birbirinden ayrılmaktadır. Yapısal unsurlar; döşeme, duvar, tavan gibi taşıyıcı ve sınırlayıcı donatılardan oluşmaktadır. Fiziksel sınırlar içerisinde yer alan iç mekânda ise mekânın nitelikleri ve işlevlerini uygun biçimde karşılayacak iç mekân donatıları yer alır (Dikel, 2019).

İç ve dış mekânlarda kullanılan birçok donatı elemanı ve aksesuar, mobilya başlığı altında incelenebilmektedir. Mimari mekânlar; sabit ve hareketli donatı elemanlarından oluşmaktadır.

Duvar, zemin ve tavan kaplamaları, büyük bölücü paneller, gömme dolaplar vb. unsurlar mekânın sabit yapısal donanımları, mobilya olarak bilinen; masa, sandalye, koltuk, sehpa, TV dolabı, elbise dolabı vb. eşyalar, hareketli donatı elemanları olarak nitelendirilebilmektedir. Mekân içerisinde bu unsurlara ek, dekoratif (resim tablosu, çiçek vb.) ve fonksiyonel (aydınlatma elemanı, kapı kolu, çekmece rayı vb.) elemanları bulunmaktadır (Dikel, 2019).

Geleneksel bir Türk evini ele alacak olursak, mekânın kendi kurgusundan geliştirilmiş olan oturma elemanı (sedir) bir donatı olarak gösterilebilmektedir. Aynı şekilde bu sedirin ortasında konumlanmış ayaklı sehpa-bakır tepsi mobilya tanımına uygun görülmektedir (Görsel 1.).

Konut iç mekânı dışında da pek çok mekânda işlevlerin birbiri içerisinde gelişerek kimi zaman dönüşebilen donatılarla karşılık bulunduğu görülmektedir.



**Görsel 1.** Geleneksel Türk konutu sedir örneği, İzbeli Konak, (Torolsan, 2011)

Mekân içerisinde donatı kullanımına örnek olarak, mekânın temel unsurlarıyla bağlantılı olarak, o mekânın yapısına özel tasarlanıp uygulanan sabit oturma, depolama, yatma üniteleri örnek verilebilmektedir. Bu üniteler sabit mobilya olarak tanımlanabildiğinden mekânın donatısını oluşturan tasarımlar olarak görülmektedir.



**Görsel 2.** Sterling Place Apartmanı Brooklyn, İç mekânda donatı kullanımı örneği (Cogley , 2019)

Mekân, sahip olduğu tüm işlevler ve onlara karşılık gelen gereçlerle bir bütündür. Bu gereçler sabit olabildiği gibi hareketli de olabilmektedir. Mekânın içerisinde yer alan bu gereçler mekânın kendisinden türetilmiş yerleşik yapıya sahip olabilmektedir. Aynı şekilde mobil-hareketli olabilir. Mekânın işlevini, kullanıcısı doğrultusunda karşılayan sabit veya hareketli donanımlar tasarlanmaktadır. Sabit donanımlar, mekân içerisinde mekânla

bütünleşik olarak tasarlanır ve mekânın yerleşik bir uzantısı olarak düşünülebildiğinden donatı olarak tanımlanabilmektedir.

## 2.2. Mekânsal Mobilyanın Tanımı

İnsanlar, ihtiyaçlarına göre yaşam alanlarını oluşturmaktadır. Bu durum, mekânlar için de belirli işlevlerin gerekliliğini beraberinde getirir. Mekân içerisinde kullanıcının ihtiyaçlarını ve konforunu sağlayan bu nesnelere, bu işlevlerin karşılığı kullanıcıya sabit donatıyla sağlandığı gibi hareketli donatıyla da sağlanabilmektedir. Hareketli donatılar aynı zamanda mobilya olarak bilinir. Mobilya, İtalyanca “mobilia”, Fransızca “mobilier” kelimesinden gelmektedir. Mobilya, oturlan, yemek yenilen, çalışılan, yatılan yerlerin döşenmesine yarayan taşınabilir eşyaya verilen genel ad, donatı ise bir iş ya da işlemi gerçekleştirmek için gerekli araç gerece verilen ad tanımlamasıyla sözlükte yer almaktadır (Sözlük, 2019). Sanat ve mimarlık sözlüklerinde mobilya tanımı birbirine yakın bir aktarımdadır. Sanat tarihçileri, Sözen ve Tanyeli (2014)' e göre; Koltuk, kanepeler, dolap, sedir, sehpa gibi örneklerle aktarılırken, Mimar Hasol (2010) 'a göre; oturma, yatma, çalışma ve depolama gibi temel fiziksel gereksinimler, şeklinde kullanıcının eylem ve ihtiyaçlarına yönelik bir tanımlamayla aktarılmaktadır.

Mobilya; “yapıların iç düzenini kurmak amacıyla sonradan yerleştirilen ve çeşitli gereksinimleri karşılayan eşya” olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, içinde yaşanan mekân, kullanıcının yer aldığı sosyal ortamların yarattığı farklı ihtiyaçlar üzerinden de değişmekte ve gelişmektedir (T.D.K., 2000).

Mobilyanın, tespit edilmiş türleri olmakla birlikte, bağımsız ve taşınabilir eşyalardan oluşmaktadır. Görünen kullanım amaçları yemek, yatmak, eşya depolamak vb. yoluyla günlük yaşamı kolaylaştırmaktadır. Bunun yanında tarihsel gelişimi içinde mobilyanın kentleşmeyle birlikte gelişmiş yapılarda da yer aldığı görülmektedir. Mobilya insanların beğenilerini ortaya koymada aracı olmak gibi başka işlevleri de yerine getirmektedir (Eczacıbaşı. Sanat Ansiklopedisi,1998).





**Görsel 3.** Barcelona Apartmanı, Raúl Sánchez Mimarlık, İç mekanda mobilya örneği (Levy , 2019)

Mobilya toplumun, kimliği, yaşam biçimleri, kültürü, ihtiyaçları ve inançlarının ortaya koyduğu unsurları üzerinde taşıyarak biçimlenir. Toplumlari oluşturan bireyler-kullanıcılar temel yaşamsal gereksinimlerini karşılayabilmek adına belirli işlev alanlarına ihtiyaç duyarlar. Bireyler, bu gereksinimleri doğrultusunda mekânlar oluşturur. Mekânın içerisinde bu işlevlerin de beraberinde getirdiği birtakım nesnelere ihtiyaç vardır. Kullanıcının alet ve eşya ihtiyacı ile mobilya ilk çağlardan günümüze kadar gelişerek varlığını sürdürmüştür. İcat olunduğu zamandan itibaren mobilya, ihtiyaç olarak görülmesinin yanı sıra bir süsleme aracı olarak görülmüştür. Mobilya, dönemler boyunca uygarlıkların yaşam koşullarına ve estetik anlayışlarına bağlı kalarak çeşitli evrimler geçirmiştir. “Hareketli, devingen ve taşınabilir” olarak tanımlana mobilya her toplumun yaşam biçimi, alışkanlıkları, kültürü ve estetik değerleri hakkında pek çok veri sağlamaktadır (Şekercioğlu, 2017).

### **2.3. Mekânsal Donatı ve Mobilyanın Farkı**

Bir mekânın, kullanım işlevi nedeniyle belirli gereçlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereçler mekânın işlevini yerine getiren sabit veya hareketli nitelikte ürünler veya yapılar olabilmektedir. Donatı ve mobilya kavramları, kentsel tasarım ve mekân tasarımı özelinde birbirinden farklılaşan yönleri

bulunmaktadır. Mekân tasarımı yönünden donatının, mekânın yapı ve işlevleriyle uyum sağlayan yerleşik bir kurgusu vardır. Buna karşın mobilyanın, mekân tasarımında hareketli bir işleve sahip olduğu görülmektedir.

Hoffman'a göre ise mekân ve mobilya aynı bütünün parçalarıdır ve aynı bütünde ikamet etmektedirler (Colomina, 2011). Mobilya kelimesi Fransızca'da ekipman anlamına gelen "*Furniture*" kelimesinden gelir. Latince kökenli donatı manasına gelen mobilis sıfatı kullanılmaktadır. Avrupa Kıtası'nın mobilya deyimi daha tanımlayıcı olarak kabul edilmektedir. Ekipmanın mobilya olabilmesi için hareketli olması gerekmektedir (Britannica, web, Erişim: 10.12. 2019)



**Görsel 4.** İç mekânda donatı örneği oturma (Williamson, 2019)



**Görsel 5.** İç mekânda donatı örneği çalışma (Abdel, 2020)



**Görsel 6.** İç mekânda mobilya örneği oturma (Abdel, 2020)

Donatı ve mobilya temelde aynı fonksiyonlara karşılık gelebilen ancak belirli farklılıklar gösteren mekân elemanları olarak bilinmektedir. Oturma elemanının donatı olması mekâna sabit ve bulunduğu yere uygun bütünleşik bir formda tasarlanmış olmasını gerektirmektedir (Görsel 4-5.). Ancak bir mobilya olması için mekân içerisinde o işlevi karşılayabilen hareketli olabilen bir şekilde tasarlanmış olması gerekmektedir (Görsel6.).

DONATI	MOBİLYA
Yapısal	Bağımsız
Bütünleşik	Taşınabilir
Sabit	Hareketli
Mekân içerisinde Ek işlev alanları oluşturabilir	Mekân içerisinde İşlev alanları tarifler

**Tablo 1.** Donatı ve mobilyanın farkları (kişisel arşiv 2019)

Mekân içerisinde donatı ve mobilya her kullanıcının zamanla değişen kendi kullanım kurgusuyla tasarlanarak şekillenmektedir. Bir konutun işlevsel kullanım biçimi, gerek her an değişime açık olan, mobilya ile gerekse çoğunlukla sabit bir kurgu oluşturan donatılarla olsun bulunduğu zamanın

ihtiyaç ve koşullarını yansıtmaktadır. Sabit mobilyalar duvarlar yerine mekân içinde bölücü elemanlar olarak da kullanılabilir (Coates, Brooker, & Stone, 2011). Aynı şekilde mekân içerisinde her mobilyanın içinde konuşlandığı mekânın yapısal kurgusu özelinde tasarlanmayabilir. Mobilyalar, birden fazla mekânda kullanıma elverişli olabilir. Bu tip mobilyaların literatürde hareketli donatı olarak da geçmektedir. Aynı şekilde mobilyaların mekân içerisinde kullanımına uygun olan ürünler kapsamında; koltuk, lambader, sehpa, masa, sandalye vb. de örnek verilebilir. Donatı ve mobilya tanımları, literatürde donatı ve hareketli donatı ve sabit mobilya ve hareketli mobilya olarak iki farklı şekilde yer almaktadır. Donatı ve mobilyanın temel farkının mobilyanın hareketli, donatının ise sabit bir mekânsal donanım elemanı olması görülmektedir.

## **2.4. Kentsel Mekan ve Kentsel Donatı Kavramları**

### **2.4.1. Kentsel Mekan Kavramı**

Mimar Hasol (2010) mekânı, 'İnsanı çevreden belli bir ölçüde ayıran ve içinde eylemlerini sürdürmesine elverişli olan boşluk; boşluğun sınırlandırılmasıyla ortaya çıkan ve içindekilerin görsel izlenim ve algısına açık, belirleyici ortam, boşun' olarak tanımlamaktadır. İnsanların mekânları algılama biçimi onların, yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, kültürel yapısı gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Aynı mekânda bulunan insanlar için bu özelliklere bağlı olarak, mekânın etkisi farklı algılanması mümkün olmakla birlikte, ayrıca mekân içerisindeki ısı, ışık, ses, renk, koku gibi fiziksel etmenler mekân algısına etki etmektedir (Aslan, 2018).

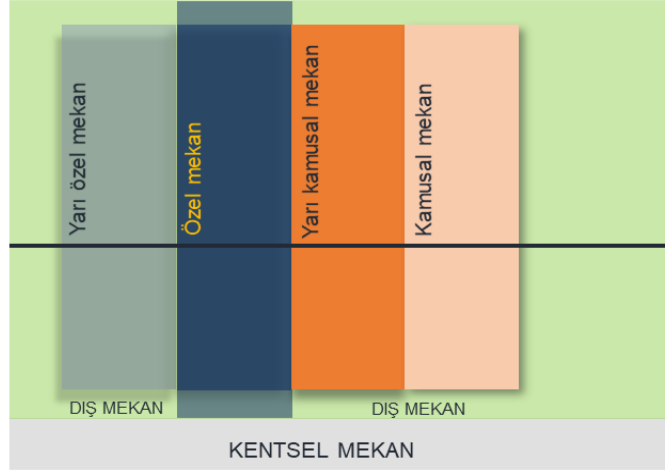
Mekânın bir diğer ölçüğünü oluşturan türü kentlerdir. Kentler toplumların daha geniş bir ölçekte temas ettiği ve kullandığı mekânlardır. Kentsel mekânları, içerisinde barındırdığı kullanıcısı olan toplumların erişimine kullanımına uygun biçimde yapılaşmış ya da yapılaşmamış olan alanları kapsamaktadır. Mesken alanları, parklar, caddeler, meydanlar ve kamusal toplanma alanları da kentsel mekânların kapsamına dâhil edilebilmektedir.

Lynch (2015) kenti şöyle ifade eder:

“Kent, çok çeşitli sınıf ve karakterlere sahip milyonlarca insan tarafından algılanabilen ve hatta zevk alınan bir nesne olmanın ötesinde, yapısını kendilerince sebeplere göre sürekli geliştiren pek çok yaratıcının da ürünüdür. Genel hatlarıyla bir süreliğine sabit kalsa da ayrıntıları sürekli değişir. Büyümesi ve formu üzerinde ancak kısmi bir kontrol sağlanabilir” (s. 2).

Kentlerde, farklı kültürel ve ekonomik yapıdaki kullanıcıların, barınma gibi temel yaşam gereksinimlerinin yanı sıra, modern kent yaşamının gerektirdiği sosyal gereksinimleri de karşılayabilmelidir. Bu gereksinimler toplumsal olabildiği gibi bireysel de olabilir. Her kent kullanıcısı, içinde yaşadığı zamanın yaşam şeklinin getirdiği gereksinimlere kentsel açıdan erişebilmeli ve bulunduğu kent içerisinde gerektiğinde erişilebilir olabilmelidir. Kentsel mekânlar, kullanıcısının; dinlenme, yürüyüş yapma, spor yapma, yemek yeme, alışveriş yapma, temiz havadan ve güneşten yararlanma, çocukların oyun oynaması, çalışanların iş stresinden uzaklaşıp rahatlama gibi ihtiyaçlarının karşılanmasına elverişli olmalı ve psikolojik, fiziksel ve ekonomik gereksinimlere de cevap verebilmelidir. Kullanıcının bu ihtiyaçları karşılanırken, mekânın insan odaklı kurgulanarak kullanıcı konforunun ön plana alınması gerekmektedir. Bu durum sadece bireysel açıdan değil sağlıklı bir toplum için de önemlidir. Ayrıca kentsel mekânlara verilen değer sosyal ve kültürel açıdan gelişmişliğin bir göstergesi olarak görülmektedir. Kentsel mekân türleri;

- Özel mekanlar,
- Kamusal mekanlar,
- Yarı-özel mekanlar ve
- Yarı-kamusal mekanlar olarak sınıflandırılmaktadır (Aslan, 2018) (Görsel 7.).

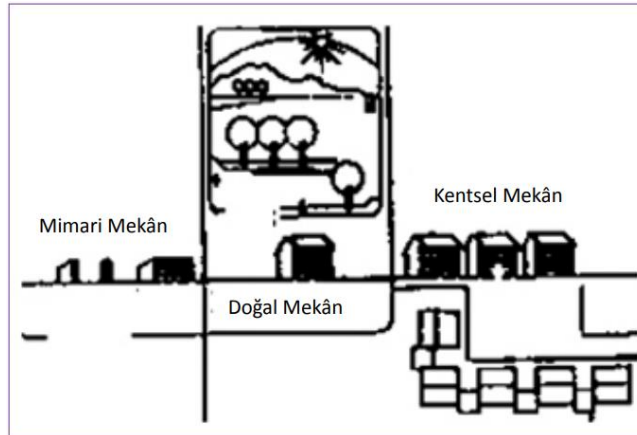


**Görsel 7.** Kentsel mekânın alan sınırlarının tarifi (Kişisel Arşiv 2019)

Mimar Kayhan Bakan ve şehir bölge plancısı Güzin Konuk (1987) 'ye göre;

“kentsel dış mekânlar özel yaşamın aksine toplu yaşamın tüm etkinliklerinin süregeldiği her yaş cins ve meslek grubunun yararlanmasına açık kent strüktürü içerisinde yer alan mekânlar olarak tanımlanabilir. Kent alanı üç boyutlu kentsel mekân ise içindeki beşerî eylemler ile (ekonomik, sosyal, kültürel, politik, dinsel, eğitim, spor gibi) çok boyutludur” (s. 12-13).

Mimar İlhan Altan, mimar Joedicke'nin mekân sınıflandırma tariflemesini destekleyerek; “Mekânı sınırlandıran öğelerin farklılığına göre mimari mekân ve doğal mekân ayrımı yaparız. Bu öğeler; duvarlar, tavanlar, döşemeler, sütunlar, kolonlar ve kirişler ise mimari mekândan söz ederiz. Bu öğeler; yeryüzü, gökyüzü, ufuk, çalılık, ağaçlar ve bulutlar ise doğal mekândan söz edilebilir. Mimari mekânın veya doğal mekânla birlikte mimari mekânın özel durumu olan kentsel mekânlar; sokaklar, binalar veya bunlarla birlikte yeşil mekânlar, ağaçlar vb. ile sınırlanır” demektedir (Altan, 1992; Joedicke , 1985) (Görsel 8.).



**Görsel 8.** Mimari mekân, kentsel mekân ve doğal mekân ayrımı (Usta, 1995)

Kent içinde yerleşik konumdaki yapılar, kentin simgeleşmiş tarihi eser konumundaki yapıları, yerleşim içerisinde yaşayan kullanıcı ve kent için belirli role sahip olmaktadır. Örneğin; kent içerisinde belirli bir bölgenin tariflenmesi o konumda bulunan, meydan, yapı, ulaşım terminali, anıt, mabet gibi yapılarla desteklenmektedir. Bu yapıların çevresi kentsel donatı ve mobilyalarla işlevsel bir yaşam kurgusu sağlamaktadır. Kent donatısı, kentsel mekânın bir elemanı olarak tanımlanabilmektedir. Kentsel mekân, mekân kavramının farklı ölçeklerdeki çeşitlemelerinden biri olarak, yapının dışında kalan alanın tümünün bölge sınırlarına tarifinden gelişmektedir. Bununla birlikte kent mekanını oluşturan bileşenler farklı disiplinlerce farklı noktalardan ele alınmaktadır. Bu farklılık tasarım ölçeği bağlamında geniş bir yelpazeye sahip olsa da kentsel tasarımcılar ve peyzaj mimarları benzer yönden ele almaktadır. İç mekân tasarımı bağlamında bir kentsel mekânın tanımı, kentin belirli sınırlamaları olan, kendi içerisinde işlevlendirmelere sahip olabilen bir hacim olarak yapılabilmektedir. Mekânın işlevlerini kullanıcıya doğru şekilde sağlayan öğeler mekânın donatı ve mobilyasıdır. Kentsel mekanlarda da kullanıcının belirli ihtiyaçlarını sağlamada donatı ve mobilyalara gereksinim vardır. Bu donatı ve mobilyalar pek çok yönden genel literatürdeki tanımlamalarla benzerlik gösterse de ölçek ve bağlam olarak farklılaşmalar görülebilmektedir.

Kentsel mekânların, kullanıcının üzerinde büyük etkisi olduğu görülmektedir. Kentte yaşayan bir kullanıcının kişisel alanı olan konuttan çıkışında, ilk karşılaştığı dış mekân o kentin her gün ki akışının dahil olduğu kentsel mekandır. Bu nedenle “Kentsel mekânların, insanın günlük hayatına huzur ve kolaylık verici düzenlemeleri, yaşama gücü veren, uyumlu, sağlıklı bir moral ortamı doğurur (Sakal, 2007)”.

Kentsel donatıların, kent mekânı ve kullanıcısının, ihtiyacı ve organizasyonu adına birçok fonksiyonu vardır. Kentsel donatılar, çok katlı yapılarla, ticaret merkezi, otopark gibi yapılarla çevrelenmiş kent alanlarında mekânın rekreasyonlar ve rekreasyon kullanımları açısından zenginleştirilmesi, canlandırılması ve yapay çevrenin insanlar üzerindeki ruhsal baskı etkilerinin azaltılmasında etkin bir kaynak olarak önem kazanmaktadır (Aykut 1997).

Peyzaj mimarı Aslan (2018)' e göre:

“İnsanların yaşadıkları mekanlar, hayat kalitelerini etkilemektedir. Bir kentli evinin kapısından dışarıya çıkmasıyla kentsel mekanla olan ilişkisi başlar. İnsanın ön planda tutulduğu, yaşanabilir, sosyo-kültürel aktivitelerini yerine getirebilme imkânı olan ve gerekli konforun sağlandığı kaliteli mekanlarda yaşayan insanların hayat kaliteleri de artar. Kentsel mekân düzenleme çalışmaları ile insanlara daha sağlıklı ve güvenli ortamlar sunarak toplumsal yaşama ve bireylerin sosyal ilişkilerine katkı sağlanmaktadır. Kentsel mekanlarda kullanıcı için çeşitli gereksinimleri karşılamanın yanında, yaşanabilir bir ortam ve konfor için kent mobilyaları önemli rol oynamaktadır” (s. 85).

Kentsel mekânın kalitesi kentsel araştırma verilerine göre değerlendirilmektedir. Mekânın işlevsel yaklaşımı, kullanıcı etkileşimi ve eylem tarifi için gerekli olan mobilya ve donatıların tasarımı ve kullanıcı yaklaşımının aynı zamanda kent mekanının kalitesini etkileyen önemli unsurlardan olduğu görülmektedir. Kent mekanının, insan etkileşimini içinde barındıran tüm mekânlar gibi insanların ihtiyaçlarına cevap veren nitelikte olması gerekmektedir. Gereksinimlerin karşılanması kent gibi bir ölçekte yapı ve yönetimi de beraberinde getirmektedir. Ancak sadece bununla kalmayıp kullanıcı eylemlerinin de bir gereksinim olması, mekânın kimlik ve işlev tarifi ve konforun da sağlanması gerekmektedir.

#### **2.4.2. Kentsel Donatı Kavramı**

Kentsel donatılar, önceleri kent mekanının zorunlu ihtiyaç alanları olarak planlanan ve tasarlanan alanların kullanım elemanları olmuşlardır. Son dönemde ise, kullanıcıların ihtiyaç ve problemlerini karşılayacak belli işlevlere yanıt vermenin ötesinde, kültürel ve sosyal aktivitelerin gerçekleştiği mekân parçaları olabileceği gibi birkaç fonksiyona tahsis edilmiş alanlar haline gelmiştir (Sakal, 2007).

Zamanla, kent planlaması ve kentsel tasarım süreçlerinde kentsel, mekânsal amaçları ve elemanları ile farklı ölçek ve konumda olsa da kentin mekânsal kurgusu içindeki yerini almıştır. Kentsel donatılar her ne kadar temel işlevleri karşılıyor olsalar da bu işlevler zaman içerisinde, teknolojinin ve hızlı değişen modern kent yaşamının gerekleri açısından yetersiz kalmaya başlamaktadır.



Ancak temel işlevlere sahip oldukları göz önünde bulundurulduğunda kentsel mekanlar ve kent kullanıcısı açısından önemini yitirmediği görülmektedir. “Anıtsal yapı, mimarî öge, toplanma mekanları, ulaşım arterleri, açık yeşil alanlar vb. kentsel donatılar yerleşmenin hangi döneminde yer alırsa alsın, kentin tarihsel gelişme sürecini gösteren ve kimliğini taşıyan mekânlar olmuştur” (Sakal, 2007).



**Görsel 9.** Kentsel mekân donatı örneği-oturma (ArchDaily, 2019)



**Görsel 10.** Kentsel mekân donatı örneği-oyun (González, 2019)

Çetiner'e (1991) göre yerleşmelerin düzenlemelerinde mekân ile ilgili olan bütün olaylar sistemli bir şekilde gözlenmeli, çeşitli analizlere dayanarak veri

tespiti yapılmalı, merkezi ve mahalli programlar içinde kalan kabuller göz önüne alınarak planlaması ve uygulaması yapılmalıdır. Planlamada bölgelerinin coğrafi konum olarak uygun mevkide olması, bu bölgeye yaya ve taşıt ulaşımının gerekli ölçüde sağlanması, alan kullanımı için yeterli otopark, teknik altyapı gibi hizmetlerin verilmesi, birbiriyle ilişkili olan donatı tesislerinin iyi organize edilmesi, bütünlük ilişkisi içinde planlanması önemlidir (Çetiner, 1991). Çetiner donatıyı, “insanın ihtiyaçlarına cevap verecek ve gerekli yaşama ortamını sağlayacak tesislerin tümünü içeren çalışma alanları, dinlenme alanları, ulaşım alanları vb. alanlar ile barınmaya hizmet eden alanlar” olarak tanımlanmaktadır (Çetiner, 1991)

Kentsel donatı kavramı, peyzaj tasarımı literatüründe kapsam bakımından ölçek olarak farklı işlenmektedir. Yaklaşım olarak, kentsel tasarımcıların kentsel donatı kavramına kent mobilyalarının da ötesinde kentin ulaşım hatları, kent mekânı içerisindeki alanlar ve yapıları da dahil ettikleri bilinmektedir. İç mimarlık disiplininin bakış açısıyla ele alındığında donatı kavramı hem ölçeksel hem de kullanım olarak farklı şekilde tariflenmektedir. İç mekân tasarımı için donatı tanımı, iç mekânın kullanıcılarına yapısal, sabit, işlevsel ve yerleşik bir mekan tanımı sunan mekan elemanları olarak tariflenmektedir. Bu nedenle, kent mobilya ve donatısının iç mimari bağlamda tanımlanması da kent mekânı içerisinde yapısal, işlevsel ve mekân kurgusuyla bütünleşebilen aynı şekilde mekânın kullanıcılarına türü doğrultusunda çözümler sunan mekân unsurları olarak tariflenebilmektedir. Kent mobilyası ise aynı şekilde kent içerisinde kullanıcılarına işlevsel çözümler sunan ancak donatılar kadar yerleşik olmayan mekân unsurları olarak tariflenebilmektedir. Bu tanımlama, kent mekânının tasarımsal kurgusunu yönlendirmeye katkı sağlayan aynı biçimde kentin kullanıcılarına da daha konforlu donatı ve mobilya kullanım alanının kent mekânı içerisinde sunulmasını da desteklemektedir. Kent donatısı, bir kenti kullanım konforu, kent düzeni ve de kullanıcı eğitimi ile destekleyebilmektedir.

#### **2.4.3. Kentsel Donatıların Çeşitlendirilmesi**

Donatı, temel anlamda aynı tanımlarla aktarılsa da iç mekân donatısı ve kentsel donatı, anlamında belirli ayrımları bulunmaktadır. Kentsel donatı pek çok farklı yönden ele alınıp sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar, altyapıya

bağlı olma, işlevine göre, kentsel mekâna yerleştirilme amaçlarına göre, ürün tasarım bakış açısına göre şeklinde çeşitlenebilmektedir. Kent mekanının, önce işlevsel karşılıklarına cevap veren donatıları sonraları gelişerek kentlerin simgesini oluşturmaya başlamıştır. Bu nedenle kentsel mekan tasarımı bağlamında kent donatısının sınıflandırılması da farklı kaynak ve bakış açılarına göre çeşitlenmiştir. Kentsel donatıyı Başal (2002), kent donatısı ve kentsel mekân donatısı bağlamında iki ana başlık altında aktararak; Bir yerleşimin kent ögesi sayılabilecek alt yapı donatıları ve mekânsal donatı sayılabilecek alt yapıdan bağımsız elemanları olarak sınıflandırmaktadır (Başal, 2002; Sakal, 2007). Ancak kentsel donatının farklı disiplinler ve ölçeklerce aktarımının farklılaşması ile bu sınıflandırmanın da çeşitlenmektedir.

Kent donatısı, kentsel mekânı oluşturan önemli unsurlardan biridir. Kentsel mekânın kullanımı bütünüyle ele alındığında kullanıcı için, kentin bölgelerinin oluşturduğu bir dış mekandır. Kentsel mekânlar, o kentte yaşayan insanların, kültürel birikimlerini sosyal bir ortak alanda paylaştığı, aktardığı ve deneyimleyerek yeniden öğrendiği yerlerdir. Kentin tanımlanması ve deneyimlenmesi adına kullanıcıların; kültürel kimlikleri, kişisel gelişimleri ve birbirleriyle etkileşimleri bu mekânlarda gerçekleşmektedir. Dış mekânda yapıların birbirleriyle ve diğer öğelerle olan ilişkilerinin, yakınlıklarının oluşturduğu mekâna “kentsel mekân” denilmektedir (İnceoğlu & Aytuğ, 2009)

Kent mekanının tanımlayıcı öğeleri yalnızca yapılar değildir. Kent yaşamı kullanıcısı açısından pek çok unsura gereksinim duyan bir yapıdadır. Kentsel mekânda kullanıcının ve kentin sosyal, işlevsel, erişilebilir, konforlu, aktif alanlarla birlikte onları destekleyecek donanımlara gereksinimi vardır. İnsanlar kent içerisinde sosyal aktivitelere katılabilir, kentin başka bir noktasına seyahat etmek için bekleyebilir veya sadece kitap okuyup oturabileceği bir banka ihtiyaç duyabilir. Kentler, kullanıcısına kent mekanını keyifli ve kaliteli bir yaşam konforuna elverişli halde donatılar sunabilmelidir. Kullanıcı bu sayede yaşadığı kentle daha iyi etkileşim içerisinde bulunabilir. Kentsel mekanlarda, pek çok işlevi sağlayan donatılar mevcuttur. Bunlar sokak lambaları, bisiklet kiralama kioskları, otobüs-tramvay durakları, reklam panoları, geri dönüşüm konteynerleri, oyun ekipmanları vb. olabilir.

Kamusal mekânın en önemli parçalarından olan kent donatılarının ortak bir dile ve uyuma sahip olması, bulunduğu kentsel mekanın bütünlüğünü sağlaması, daha işlevsel ve tanımlı olması ve kentsel kimliği kullanıcıya yansıtması bakımından çok önemli olarak aktarılmaktadır (Demir, 2018). Kentsel donatılar, insan-doğa ilişkisinde dengeleyici olabilmektedir. Kentsel yaşam koşullarının yükseltilmesinde ve kullanıcıya, onun fiziksel ve zihinsel ihtiyaçlarını karşılayarak yaşamıyla uyumlu bir kent ortamı sunması gerekmektedir. Kent mekânı içerisinde donatı kullanıcıya kimi zaman tasarım yönüyle pragmatik bir çözüm ve karşılık sunarken, yine tasarım yönüyle kullanıcıyı bilinçlendirme yönlendirmede hem çevresel hem de toplumsal rol oynamaktadır. Bu kapsamda pek çok gelişmiş ülkenin kullanıcısının ve kentlerin çağdaş yaşamın gerektirdiği ihtiyaçları odak alarak kullanıcıya ekolojik ve modern yaşama uygun kentsel mekanlar ve donatılar sunmaya yöneldiği görülmektedir. Modern ve yaşanılabilir kentlerin gerçekleşmesi; kent mekânı ve donatısının modern dünyanın içinde olduğu duruma ekolojik çözümler sunabilen, teknik anlamda yeterli ve sürdürülebilir, kullanıcı açısından yeterli, evrensel ve erişilebilir olması hedef ve gerekleri dikkate alınarak tasarlanması ve sürekli hale gelmesiyle mümkün olabilecektir.

Kentler, bireylerin sosyal, kültürel, fiziksel psikolojik ihtiyaçlarını karşılayarak onlara konfor alanları sunan mekanlar olmalıdır. Kentsel mekân, donatılarıyla bir bütün oluşturarak, keyifli bir kent ortamı sağlamalıdır. Kentsel donatı tasarımının, bu bağlamda estetik, işlevsel, konforlu, ergonomik ve evrensel bir tasarıma sahip olması gerekmektedir. Kentsel mekanlardaki donatı elemanları, kentsel yaşamı daha zevkli ve anlamlı kılmaya, kentsel konfor ve kentsel estetik yaratmaya olanak verebilmektedir (Yücel, 2006). Kent mobilya ve donatıları, kentsel mekân tasarımı bağlamında kent kullanıcıları ve kimliği açısından önemli bir yere sahiptir.

Peyzaj mimarı Gökçen Yücel (2006)' e göre;

“Planlı ve çağdaş kentsel alanların (cadde, sokak, meydan vs.) hem kenti hem de kentin parçalarını tanımlayan ve yazılı olmayan kentsel karakteristikleri, kişilikleri vardır. Bu bağlamda, ortak kent mekanları ve kent donatılarının nitelikleri ve organizasyonlarının kent kimliğinin oluşmasında ve kent alanlarının karakter ve hayat kazanmasında çok önemli rolü bulunmaktadır” (s. 26-29).

Kentsel donatı elemanları yerleştirildikleri kent mekânı içerisinde, mekân ve kentin karakteristik özellikleriyle uyum sağlamalıdır. Tasarlanacak ve kullanılacak olan donatı elemanları, konumlanacağı mekândaki yerine, boyutuna ve işlevine göre belirlenmelidir. Donatı elemanları buldukları mekân içerisinde sirkülasyona engel oluşturmamalı, evrensel kullanım olanağı taşınmalıdır.

Donatı elemanları evrensel tasarım bağlamında uluslararası belirlenen standartlara uygun olarak tasarlanmış olmalıdır. Kentsel donatı elemanlarının sınıflandırılmasında peyzaj mimarları ve iç mimarlar açısından farklılık gösterebilmektedir. Kent mekânı içerisinde donatıyı iç mimari anlamda sınıflandırmak, kent mekanını iç mimari bir yaklaşımla ele almayı da beraberinde getirmektedir. Donatının tariflenmesi, kent donatısı açısından, mekânın kullanıcıya mekanın amacıyla bütünleşik işlevlere yönelik çözümler sunan unsur ve ürünler olarak yapılabilmektedir.

Kentsel donatılar türleriyle örnekler üzerinden aktarılacak olursa;

- i. Oturma elemanları
- ii. Duraklar-Bekleme elemanları
- iii. Oyun-Egzersiz elemanları
- iv. Bisiklet park elemanları
- v. Bilgi, iletişim ve satış donatıları
- vi. Aydınlatma elemanları
- vii. Çöp-Geri dönüşüm konteynerleri

Olarak çeşitlendirilebilmektedir. Donatının tariflenmesi ve sınıflandırılması mekânın ölçeği ve temel işlev nitelikleri yönünden değişmektedir. Kentsel mekân tasarımı bağlamında donatılar, çoğunlukla sabit olmakla bulunduğu noktalarda kullanıcı kitlesinin çoğunluğu, yaş aralığı veya genel günlük gereksinimler göz önünde bulundurularak yapılabilmektedir. Mekân tasarımı, donatının bir gereksinimden öteye geçerek aynı zamanda tasarlandığı ve konumlandırıldığı mekânda kullanıcıyı yönlendirme, organize edebilme, işlevi ve eylem alanlarının mekânın niteliğine uygun olarak tariflenmesi için de gerekmektedir.

## i. Oturma elemanları

Kent, insanların meydanlarda parklarda sosyalleştiği, birbirleriyle etkileşim içerisinde bulunduğu belirli sınır ve işlevlere sahip mekanlardır. Bu nedenle kent mekanlarının gereksinimleri de yine pek çok farklı ölçekteki mekânın gereksinimleriyle benzerlik göstermektedir. İhtiyaç duyulan donanımların belirlenmesinde kentin kullanıcısı olan insanın rolü büyük önem taşımaktadır.

Her mekân gibi kent mekanlarında da kullanıcısının sosyal işlev arayışına yanıt verecek olan oturma elemanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Oturma elemanları kentsel bağlamda insanları birbirine yaklaştırabilirken onlara özel alanlar da oluşturarak kendilerini rahat hissettirebilmektedirler.



**Görsel 11.** Ölçeği büyütülmüş koltuklar halinde tasarlanan beton kent mobilyaları (XXI, 2017)

Kentsel donatı ögesi olarak kullanıcı kitlesini sosyal anlamda yakınlaştıran bir tasarım örneği olarak; ölçeği büyütülmüş koltuklar şeklinde tasarlanan beton mobilyalar üç boyuttan oluşmaktadır. Yerleşme düzeni ise aslında oturma alanı olmayan ancak insanların kısa süreli dinlenmek üzere iliştikleri duvar kenarları ve basamaklardan; insanın en ideal dinlenme pozisyonunu arama davranışından esinlenilmektedir (Görsel 11.) (XXI, 2017). Farklı seviyelerdeki oturma yükseklikleri sayesinde kullanıcıların bu beton kümeyi kullanım senaryoları da çeşitlenebilmektedir. Proje, insanları üzerine basmaya, tırmanmaya ve dinlenmeye davet eden kentsel bir oluşum sunmayı amaçlamaktadır.



**Görsel 12.** Slope, Güçlendirilmiş beton oturma elemanı-bank (Architonic P.-A. A., 2000)

Kentsel ölçekte kullanıcısına hem konfor alanları hem de sosyal anlamda canlı bir yaklaşım sunan SLOPE, Pich-Aguilera Arquitectos' un tasarladığı, güçlendirilmiş farklı formlara elverişli malzemelerden bir araya gelmektedir. SLOPE, doğanın kentsel mekanlarda yeniden üretilmesine ve kentleşmenin doğaya çözülmesine izin veren takviyeli taş elementten oluşan kalıplanmış bir mobilyadır. Donatının, detaylı çalışılmış pürüzsüz dokusunun, ölçüklerin bir araya gelme şekli, yapının hareket gerektiğinde elde edilen geçiş halindeki dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Doğal dokusu ve modülleriyle çok yönlü esnek bir tasarım olması amaçlanmıştır. Biçimsel olarak, tasarımcı tarafından parametrik bir yaklaşım sergilenmiştir. SLOPE, modülleri birbirine eklendiğinde, formlar ve renk oyunları ile dolu bir tasarım ortaya çıkmakta ve doğal bir birleşim yakalanmaktadır.

Dalgalı topografik yüzeyi, yoldan geçenlere konfor, dinlenme ve seyretme fikrini yansıtmaktadır. Bağlantısız monte edilebilir ve 1500 kg ağırlığından dolayı kendinden stabilize kabul edilmektedir. Kentsel bir donatı tasarımı olan Slope, Escofet için 2000 yılında mimarlardan Felipe Pich-Aguilera tarafından tasarlanmıştır (Görsel 12.) (Architonic P.-A. A., 2000).





**Görsel 13.** Ağaçların etrafında konumlanabilen hem ızgara hem oturma elemanı olarak kullanılan bir kentsel donatı (Architonic, 2010)

Oturma elemanları aynı zamanda farklı işlevlerle de birleştirilebilmektedir. Hem ağaçlar için toprak ızgarası hem de modüler bir oturma elemanı olan SINUS, çok işlevli yapısıyla; oturma, bisiklet standları ve ağaçlar için korkuluklar sağlayan bir donatı seçeneğidir. Toz boya kaplamalı veya galvanizli çelik sacdan yapılmış yapı, Citépin oturma yeri çelik yüzeyi ile termal olarak izole etmektedir. Böylece kullanım rahatlığı artmaktadır (Görsel 13.) (Architonic, 2010). Amaçlanan işlevleri etkilemeden yüzey ızgarasını kullanımı ve insanlar için daha işlevsel bir kamu alanı kullanımının yanı sıra ağaçlar için koruma sağlamaktadır.



**Görsel 14.** Kamusal alanlar için eğlenceli oturma elemanları DAC: Danimarkalı mimarlık merkezi, kopenhag (Straschnow, 2013)

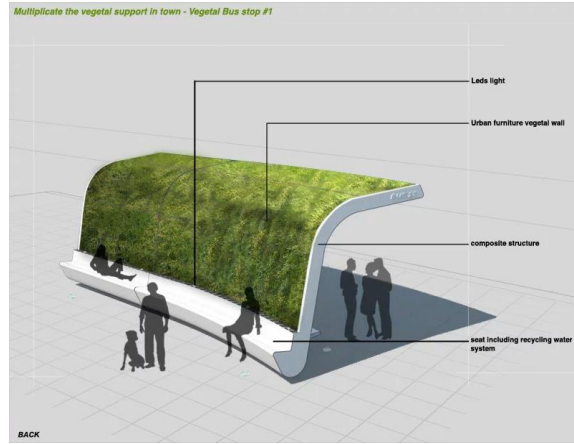


Kentsel donatılar her zaman tek işleve karşılık olarak tasarlanmadığı gibi sıradan ve bildik tasarımlardan oluşmayabilir. Oturma elemanları yalnızca bank tasarımı olarak düşünülmemektedir. Bir donatının kullanıcının ilgisini çekerek ona keyifli bir kullanım deneyimi yaşatması kent yaşamı açısından büyük değer taşımaktadır. Kullanıcısını hem konforlu hem de keyifli bir donatı tasarımı ile tanıştırmak isteyen Hollanda Amsterdam merkezli tasarımcılar olan Jair Straschnow ve Gitte Nygaard tarafından tasarlanan 'off-ground' kente farklı eğlenceli oturma alternatifleri olan çok işlevli bir kentsel donatı sunmaktadır. DAC: Kopenhag, Danimarkalı mimarlık merkezinin de yürütücülüğünü üstlendiği bu çalışma, 2013 yaz döneminde gerçekleşmiş ve geri dönüştürülmüş malzemelerden yapılmıştır. Tasarımda amaç, kamusal alanın kullanılması ve algılanması, tasarımın yetişkinler için eğlenceye ve oyuna yönelik olmasıdır. Her bir oturma elemanı, alçak bir koltuk, bir hamak ve bir salıncak arasında kolayca dönüştürülebilmektedir. Kullanılan ana malzeme eski yangın hortumlarından oluştuğu için tasarım sürdürülebilir bir şekilde sağlanmaktadır. Asılı, yüzer, sallanır, döşenir – oturma elemanları her kullanıcıya göre yorumlanabilir şekilde tasarlanmıştır (Görsel 14.) (Straschnow, 2013). Straschnow'un tasarımı, kentsel donatı bağlamında yenilikçi ve basit bir çözüm sunmaktadır. Kullanıcıyı keyifli bir biçimde her zaman karşılaştığı sıradan oturma elemanlarından farklı, eğlenceli ve ilgi çekici bir çeşitlemeyle karşılamaktadır. Kentsel donatılar kullanıcısına sadece pragmatik çözümler sunmakla kalmayıp, aynı zamanda kent mekanına canlılık katarak kent içerisinde yaşayan insanları daha sosyal hale getirerek motive edecek yönler ve yenilikler sunması gerekmektedir.

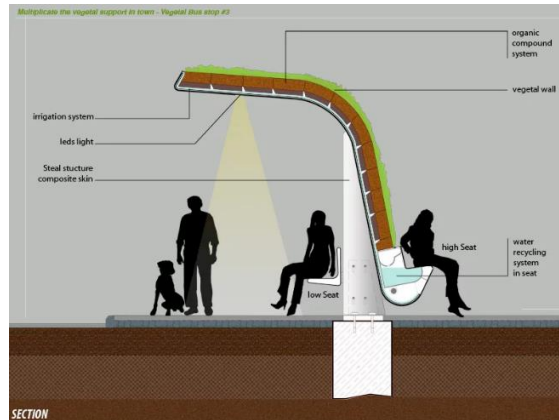
## ii. Duraklar-Bekleme elemanları

Kent içerisinde ulaşım insanlar adına önemli yer tutmaktadır. Her insan ister sabah işe giderken ister akşam iş çıkışında tüm bunlardan hariç günün istediği her saatinde kentin bir noktasından bir noktasına ulaşmak durumundadır. Bu durum kent kullanıcısının yaşam konforunu da büyük bir ölçüde etkileyen ulaşım kavramını beraberinde getirerek kentin bu noktada belirli çözümler taşımamasını gerektirmektedir. Ulaşım yalnızca kişiye özel vasıtalarla sağlanmadığı gibi toplu ulaşımın getirdiği pek çok olanak kent yaşamının akışını kolaylaştırmakta hem ekonomik hem de ekolojik çözümler sunmaktadır. Toplu ulaşım bekleme noktaları

olan duraklar kent içerisinde bir düzenin kurulmasına destek olmaktadır. Bu duraklar, kullanıcı kitlesinin çeşitliliği ve kimi zaman karşılaşılan durumlara çözüm sağlayan donatı tasarımlarını da gerektirmektedir. Fikir, tasarımcısı Florent Prat'ın aktarımıyla, tasarım şehirdeki bitki örtüsü desteklerini ekolojik bir sistemde çoğaltmakla ilgilidir. Kentsel alanlarda çevreye duyarlı donatıların sayıca az olması, bitki örtüsünün kent yüzeyi içerisinde yayılmasını azaltmaktadır. Bitki örtüsünün binalar, kamusal alanlar veya kent mobilyalarına yeniden kazandırılması, insan çevresini korumak için önemli bir gerekliliktir. Burada önerilen bitkisel otobüs durağı projesi, şehirdeki bitkisel yüzey alanlarının mümkün olan çok sayıda artırılmasına tasarım yönüyle destek vermektedir. Otobüs veya tramvay durağı, şehirlerdeki araçların yerini azaltmak ve sera etkisi gaz emisyonlarını sınırlamak için sembolik bir kentsel mobilyadır. Burada ürün, bir manzara ortamı sunarken, beklemeye ve durmaya izin vermektedir. Yağmur suyunu depolar, ayrıca düşük enerji tüketen aydınlatmalar kullanılmaktadır.



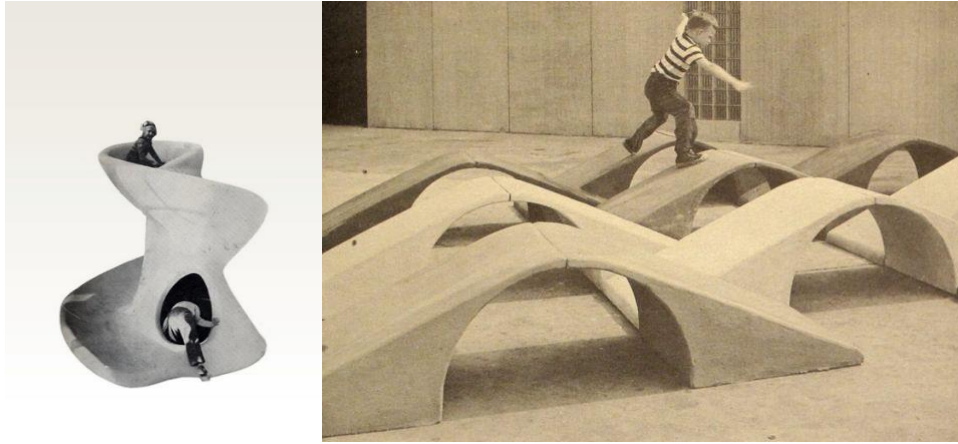
**Görsel 15.** Fransa'dan Florent Prat tarafından tasarlanan otobüs durağı (Designboom, 2009)



**Görsel 16.** Fransa'dan Florent Prat tarafından tasarlanan otobüs durağı (Designboom, 2009)

### iii. Oyun-Egzersiz elemanları

Şehir, bireylerin ihtiyaç duyduğu günlük ulaşım, bekleme, gibi kullanım alanlarına olduğu kadar sosyal aktivite alanlarına da gerek duymaktadır. Kent yaşamı da tıpkı sürecin uzun zaman içerisinde yenilenme çabasının daha kısa süre içerisinde güncellenmeye doğru yönelmektedir. Bu arayışın modern kent yaşamında önceleri çoğunlukla çocukların gereksinim duyduğu oyun alanlarının zamanla gelişerek daha yetişkin bireylere de hitabeden spor alanlarına dönüşmesi söz konusudur. Kullanıcının zamanla birlikte artan bu gereksinimi kentlere oyun ve egzersiz işlevli donatıları kazandırmaktadır.



**Görsel 17.** Egon Møller-Nielsen tarafından tasarlanan ikonik heykel oyun alanları 1954 12 (Paolinelli, 2010), 13 (Mondo, 2012)

Kullanım açısından daha önceleri kimi tasarımcılar tarafından daha heykelsi işlevlere sahip olan oyun donatıları o zamanlar daha çok çocuklar için tasarlanmaktadır. Günümüzde oyun donatılarının kullanım noktalarının ve yaş gruplarına göre de ergonomik açıdan çeşitlendiği görülmektedir. 1954'te mimar Egon Møller-Nielsen tarafından tasarlanan ikonik heykel oyun alanları, tasarlandığı dönemde büyük ilgi görmüştür. Çocuk oyun alanı donatısını heykel yönüyle ele alan tasarımcı, bu bağlamda kullanıcıya hem görsel hem deneyimsel anlamda farklı bir kentsel donatı sunmuştur (Görsel 17.).



**Görsel 18.** Punggol Brooks, çok işlevli bütünleşik çocuk oyun alanı (Playpoint, 2016)

ADDP Mimarlık tarafından tasarlanan Punggol Brooks oyun alanı, kullanıcıya eğlenceli ve farklı yumuşak materyallerin kullanıldığı güvenli bir oyun alanı sunmayı hedeflemektedir (Görsel 18.) (Playpoint, 2016). Oyun alanları kullanıcısının çocuklar olduğu göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Bu donatılar, eğlenceli olmanın yeterli olmadığı aynı zamanda tehlike oluşturmayan malzeme ve form kullanımını gerektirmektedir. Farklı dönemlerde oyun alanları farklı malzemelerle tasaransa da günümüzde kullanılan malzemeler ahşap, plastik bazlı kompozitler olarak öne çıkmaktadır.



**Görsel 19.** MINE / Carve + OMGEVING olarak oyma oyun parkuru (Archdaily, 2016)

Kent mekânı içerisinde oyun donatıları kimi zaman parkur formunda tasarımlar olarak yapılmaktadır. Oyun parkurlarının kullanıcı kitlesi oldukça çeşitli olmakla beraber inşa edildiği alanda sosyal bir işleve karşılık gelmektedir. Beringen, Belçika' da Carve, OMGEVING tarafından tasarlanan, çok yönlü oyun parkuru kullanıcılarına aktif ve farklı seçenekler sunarken bulunduğu mekâna manzara yönüyle katkı sağlaması amaçlanmaktadır (Görsel 19.).



**Görsel 20.** Step Bench, çocuk, genç ve yetişkinler için tasarlanmış kas hareketlerini geliştirmeye yönelik donatı (Richter-spielgeraete, 2016)

Richter-Spielgeraete Firması tarafından çok yönlü bir kentsel donatı olan Step Bench'in beden ölçüsü ve arzularına göre oturma için üç farklı yüksekliği bulunmaktadır. Ayrıca, alternatif olarak önceden belirlenmiş üç tip yükseklikten her bir yükseklikte durma ve oturma, bacak ve sırt kaslarını kuvvetlendirme ve çalıştırması amacıyla tasarlanmıştır. Top kolları, ayağa kalkmaya yardımcı olmak için kol dayanaklarına monte edilmiştir.

Kullanıcı kitlesi;

- Okul çocukları
- Genç insanlar
- Yetişkinler
- Anaokulları, okullar, okul sonrası programlar veya benzeri gibi denetimli oyun alanları
- Anaokulları, okullar gibi halka açık alanlar
- Okul programları veya benzeri

Tasarım kullanıcılarına yaşa yönelik kullanımda, evrensel bir tasarım yaklaşımı sunarak, pek çok oyun ve egzersiz kabiliyeti sunmaktadır (Görsel 20.).





**Görsel 21.** Ball Game, çocuk, genç ve yetişkinler için tasarlanmış kas hareketlerini geliştirmeye yönelik donatı (Richter-spielgeraete, Ball Game, 2015)

Richter-Spielgeraete Firması tarafından çok yönlü bir kentsel donatı olan Ball game tasarımı ile tek ayak üstünde durma denge hissini artırmayı ve kas sistemini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Topu pistinde hareket ettirmek aynı zamanda eş zamanlı olarak koordinasyonu ve göz ile bacak arasındaki etkileşimi de eğiterek güçlendirir. Yetişkinlerin yanı sıra çocuklar için de bu zor ama aynı zamanda eğlenceli bir aktivite olabilmektedir. Okunması kolay egzersiz talimatları optimum kullanıma yardımcı olmaktadır.

Kullanıcı kitlesi:

- Okul çocukları
- Genç insanlar
- Yetişkinler
- Daha ileri yaştaki insanlar
- Oyun alanları, parklar ve benzeri gibi denetlenmeyen halka açık oyun alanları (Görsel 21.). (Richter-spielgeraete, Ball Game, 2015)

#### **iv. Bisiklet Park Elemanları**

Günümüzde şehirler teknolojik gelişimin yanında gitgide kalabalık bir popülasyona ulaşmakta ve bu durumun en büyük etkisi trafik yoğunluğu yönüyle kent insanının hayatına yansımaktadır. Kimi kentlerde insanların trafiği azaltacak bir çözüm olarak görebildiği, hem ekonomik olması hem de çevre duyarlılığının artması ile bisikletlere

yöneldikleri görülmektedir. Kent mekanlarında bisikletlerin organizasyonu için park donatılarına, yolara ve bu ulaşım aracının gereklerinin karşılık bulacağı çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.



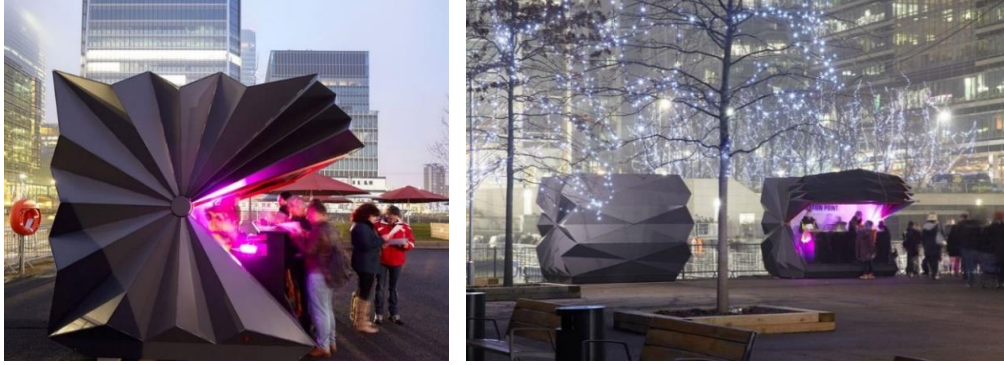
**Görsel 22.** PIT IN Yaratıcı iki işlevli Bisiklet duraklama ünitesi (Inhabitat, 2011)

Japonya merkezli MUU STORE tasarım stüdyosu tarafından tasarlanan PIT IN bilinen bisiklet park ünitelerinin aksine, tamamen işlevsel bir masa olmasının yanı sıra, duraklama ünitesi olma işlevine de sahip olması amaçlanmaktadır. Bisikletle ulaşım biçimini kent yaşamı ve kent mekânı içerisine eğlenceli ve işlevsel bir yönden entegre eden bir tasarıma sahiptir. PIT IN çok yönlü çalışma masası, hem bisikletinizi saklamak için güvenli bir yer olarak görev görürken hem de hızlı bir kahve alırken veya e-postanızı kontrol ederken kullanılabilmesi adına tasarlanan ürün, modern kent yaşamının hızlanan ritmini yakalamaktadır. Ürün malzeme olarak; kontrplaktan yapılmıştır. Diğer noktalardaki kilitlenme sıkıntısı olmadan, “cafe pit” durakları için kullanılabilir. Bu tasarım 2009 yılında Milan Salone Satellite'deki Tasarım Rapor Ödülü'ne aday gösterilmiştir (Görsel 22.) (Inhabitat, 2011) .

#### **v. Bilgi, İletişim ve Satış Donatıları**

Kentler hem kendi kullanıcılarını hem de ziyaretçilerini doğru yönlendirecek gereçlere ihtiyaç duymaktadır. Kent içerisinde erişebilirlik ve erişilebilirlik çağımızın en büyük gereksinimlerinden biri haline gelmiştir. Kullanıcı kent içerisinde belirli birimlere ulaşmaya olduğu kadar doğru bilgi edinmeye de ihtiyaç duymaktadır. Kentler için

tasarlanan kimi noktada geçici kimi noktada ise kalıcı olarak düşünölmüş kent kioskları bilgilendirmenin yanı sıra pek çok yönden kullanıcıya kolaylık sunarak acil çözümler üretilmesine yardımcı olmaktadır. Kioskların yanı sıra büfeler de hem kullanıcının şehirdeki günlük rutini için gerek duyduğu ürünleri temin edebileceği birer durak hem de bilgilendirerek doğru yönlendirme sağlamak açısından bir referans noktası olarak kullanılabilir. Her gün değişen ve gelişen yaşamın kullanıcıya daha kolay adapte olmasına yardımcı ve kenti daha erişilebilir kılan kent donatılarının tasarlanması gerekli hale gelmektedir.



**Görsel 23.** Katlanabilen satış büfeleri, Londra (arkitera, 2017)

Make Architects tarafından tasarlanan satış büfesi hafif birimlere sahip olmanın yanında, tasarımında kâğıt katlama tekniklerinden yararlanılmaktadır. Londra'da konumlandırılan katlanabilen satış büfeleri Make Architects tarafından tasarlanmıştır. Kalıcı, bakımı kolay ve dayanıklı bir tasarım talebine cevap vermeyi hedefleyen kiosklar, güncel ve çarpıcı görünümde olmasıyla kent içerisinde sanatsal bir yöne de hitap ettiği görölmektedir.

Tasarım stüdyosu amacın, kioskların sadece pratik amaçlarla kullanılması değil sanatsal olarak da bir ifade bulmaları olduğunu dile getirmektedir. Kâğıt katlama sanatı origamiden esinle geliştirilen büfeler, çelik çerçevelerin dışına kontrplak ve su geçirmez kaplama uygulanarak inşa edilmiştir. Açılıp kapanabilen tasarıma sahip olan bu yapılar yer değiştirebilecek kadar hafif üretilmiştir. Bilgilendirme noktaları oluşturmak adına tasarlanan yapı kent içerisinde hem estetik hem de dinamik bir görünümle fark edilir hale gelmektedir (Görsel 23.).





**Görsel 24.** Kei Miyazaki tarafından tasarlanan bilgilendirme haritası WATERRAS (km-d.jp, 2013)

Kei Miyazaki tarafından tasarlanan bir bilgilendirme haritası olan WATERRAS, Tokyo'nun Awaji-cho bölgesinin büyük ölçekli kentsel yeniden geliştirme projesi olarak planlanan ofis, apartmanlar, ticari, salon, galeri ve parkı içeren “eski geleneklerin başarısı ve yeni gelişmiş topluluklara yeniden doğma” konseptiyle karmaşık bir tesisin harita aktarımı olarak gelişmiştir. Tabela yüzeyi için, ışıkla aydınlatılan çizgilerin şeffaf taban panelinde yüzüyor gibi görünmesini sağlamak için çerçeve kenarına aydınlatma fikri kullanılmıştır. Böylece iç aydınlatma tipine kıyasla ışığın etkilerinde daha net ve grafik çizgilerinde ise hassas ve keskin görünüm oluşturulması amaçlanmıştır. Donatıda kullanılan fikir ile gece daha dikkat çekici bir hale gelen pano üç boyut efekti de taşıyan bir görünüm kazanmaktadır. Bilgilendirme panolarının, kolay fark edilir, açık ve net tarifler içeren bir aktarıma ve okunur bir tasarıma sahip olması gerekmektedir. Kullanıcı algısı dikkate alınarak tasarlanmalıdır (Görsel 24.).



**Görsel 25.** Londra'nın batısında, İngiliz firması Archio tarafından tasarlanan The Kiosk (Pallister, 2014)

Londra'nın batısında, İngiliz firması Archio tarafından tasarlanan The Kiosk, çiçek yapraklarının mikroskobik görünülerinden ilham alınarak geliştirilen dalgalı ahşap çitalarla çevreli bir tasarıma sahiptir.

Tasarımcılar, Ladbroke Grove'daki St Helen's Gardens çiçek duraklarını inşa etmek için dijital ve el yapımı imalat tekniklerinin bir kombinasyonunu kullanmaktadır. Yatay ahşap çitalar, cephede dalgalanma etkisi yaratmak için dalgalı profillerle CNC ile kesilmiştir. Çitalar daha sonra tabakalı hale getirilerek oval şekilli beton taban üzerine oturan galvanizli çelik bir yapıya civata ile bağlanmıştır. Stüdyo, küçük sipariş için geleneksel çiçek motiflerinin ötesine bakmak istemi ve Mimar Kyle Buchanan, "Petal yüzeyinde küçük üç boyutlu sırt desenlerini ortaya çıkaran çiçek yapraklarının elektron tarama mikroskobik görüntülerinden ilham aldık" demiştir. Kiosk kapıları gün boyunca açıktır ve Accoya kereste tezgahına çiçek hazırlamak ve sarmak için alan yaratmaktadır. "KIOSK" yazımını paslanmaz çelik harfler yapının çatısına yerleştirilmiştir. Çiçekler çevredeki kaldırıma yerleştirilen raflarda görüntülenir ve geceleri kioska muhafaza edilmektedir. Bu proje, daha önce bir çiçekçi olan bir komşu dükkân için kullanım değişikliğinin bir parçası olarak ortaya çıkmıştır (Görsel 25.) (Pallister, 2014). Başlangıçta planlamacılar tarafından reddedilen proje, büyük yerel destek aldıktan sonra onay kazanmıştır. Teklifi araştırırken uygulama mimarı Buchanan, CZWG'nin Westbourne Grove'daki halka açık tuvaletlerinin yanı sıra Londra'daki diğer kiosklar olan Kensington Kraliyet İlçesi ve Chelsea'deki bir dizi gazete büfesi olan Thomas Heatherwick'in Paperhouse'u incelemiştir ve "Londra, Foley Caddesi'ndeki süslü demir iskelet umumi tuvaleti ve bir sokak direğinin dibinde yer alan ve en küçük polis merkezi olan Trafalgar Meydanı'ndaki polis karakolu da dahil olmak üzere ilginç bir kiosk binaları geçmişine sahip, "demiştir. Proje, uygulamanın yeni açılan Londra ofisi tarafından tamamlanan ilk projelerden biridir.

## **vi. Aydınlatma elemanları**

Şehirler yalnızca gündüz yaşanan mekanlar olarak düşünülmediği gibi kendi içerisinde kullanıcılarına geceleri de hizmet sunmak durumundadır. Geçmişten günümüze olan süreçte kullanıcının başlarda tek tek manuel olarak yakılan sokak lambaları zamanla yerini elektronik aydınlatmalara

daha da ötesine bugüne geldiğinde yenilenebilir güneş enerji sistemleriyle çalışan kent aydınlatmalarının tasarlandığı görülmektedir.

Teknolojinin gelişim yansımaları, kent donatılarında farklı donatı türleri ve kentin tümüne yakınında görülebileceği gibi aydınlatma donatılarında da görülebilmektedir. İnsanlara kent içerisinde belirli oranda aydınlatmanın yerinde ve doğru kullanımıyla kent tasarımı anlamında konforlu bir yaşam sunulabilmektedir.



**Görsel 26.** Hem aydınlatma hem de sınırlama elemanı olarak işlevlendirilmiş bir donatı elemanı (Forms-surfaces, 2018)

Her kentsel aydınlatmanın boyutları ve kullanım amaçları farklılaşabilmektedir. Kent mekânı içerisinde belirli sınırlayıcıları tanımlamak için kullanılması planlanan ve Forms+Surfaces'ın ürünü olan The Knight Bollard, kent içerisinde hem sınırlama elemanı hem de aydınlatma olarak kullanılan bir kentsel donatıdır.

Boyut olarak sınırlandırma elemanlarıyla aynı boyda kalması, kullanıcının adım noktalarında daha aydınlık bir görüş açısı oluşturarak yayalara avantaj sağlamaktadır. Aydınlatmanın kaynağı olan kısmın açılı olarak tasarlanması ile ışığın donatı etrafında aşağı yönde dağılmasını sağlamaktadır. Bu sayede kullanıcıyı rahatsız etmeyen bir aydınlatma sağlanmıştır (Görsel 26.)



**Görsel 27.** Solar tree-street lamp, Güneş enerjisi toplamada kullanılan bir sokak aydınlatması Milano (Rosslovegrove, 2010)

Güneş enerjisi dünyanın en fazla maruz kaldığı güneş ışığını elektrik enerjisine çevirmek için geliştirilmiş bir sistem olarak günümüz kent anlayışının donatı tasarımlarında gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Solar ağaçlar bu sistemi kullanarak gün içerisinde güneş ışığını toplayan dallanarak yayılan bir görünümü andıracak şekilde yüzey alanı artırılmış göğe doğru genişleyen yapılar olarak tasarlanmaktadır. Ross Lovegrove tarafından Milano İtalya'da tasarlanan, Artemide tarafından üretilen solar tree, bir güneş enerjisi toplama ağacıdır. Aynı zamanda topladığı güneş enerjisini akşamları aydınlatma elemanı olarak kullanmak üzere tasarlanmıştır. Güneş enerjili sokak lambası, fotovoltaik sistemden sağlanan güneş enerjisini kullanarak yenilikçi bir tasarımı LED aydınlatma sistemlerinin teknik performanslarıyla birleştirir. Güneş Ağacı, enerjisini ve ışığını kontrol eden yerleşik bir yapay zekaya sahiptir. Güneş Ağacı, aydınlatma elemanı olmasının yanı sıra ziyaretçiler için bir yer ve buluşma noktası olarak tasarlanmıştır (Görsel 27.).

#### **vii. Çöp-Geri dönüşüm konteynerleri**

Şehirler, gün geçtikçe kalabalıklaşırken en fazla ihtiyaç duyulan donatılardan biri geri dönüşüm donatıları olmaktadır. Kentin kullanıcı sayısı arttıkça atık miktarı da aynı ölçüde artmaktadır. Bu artışın kent içerisinde dengelenmesi sağlanarak kullanım ihtiyacı hem karşılayacak hem de Pratik çözümler sunacak tasarımlar üretilmesi gerekmektedir.



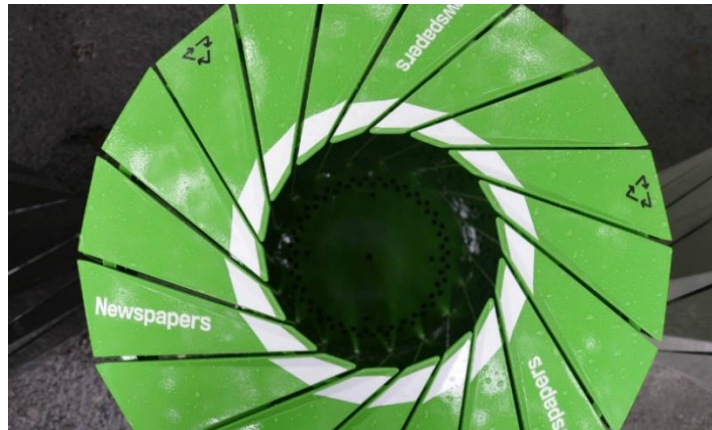


**Görsel 28.** “DropPit” klasik sigara kutusu (Geviews, 2019)

Geviews Tasarım stüdyosu’na ait bir tasarım olan DropPit sigara atık haznesi olarak tasarlanmıştır. Tasarımda amaç, kullanıcıya kolaylık sağlamanın yanı sıra 2400 atık kapasitesiyle, haznenin daha uzun aralıklarla boşaltılması ve zamandan kazanım sağlanmasıdır (Görsel 28.) (Geviews, 2019).



**Görsel 29.** Eğlenceli şekilde yeniden tasarlanmış çöp kutuları (Weburbanist, 2012)



**Görsel 30.** Central Park Çöp ve Geri Dönüşüm Kutuları (Segd, 2014)



**Görsel 31.** Central Park Çöp ve Geri Dönüşüm Kutuları (Segd, 2014)

Central Park çöp ve geri dönüşüm kutuları, Landor Associates tarafından 2013 yılında Amerika'nın New York şehrindeki Central Park için tasarlanmıştır. Central Park koruma konseyi, Amerika'nın en sevilenlerinden biri (ve yılda 40 milyondan fazla ziyaretçiyle en çok kullanılan) halka açık kentsel alanlardan biri olan New York City Central Park'ı restore etmek, bakımını yapmak ve geliştirmek için çalışmaktadır. Endüstri araştırmalarına ve saha içi çalışmalara dayanarak, Landor ekibi parkın geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik sorunlarını ele almak için çok yönlü bir yaklaşım geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Landor Associates'in tasarımı aynı zamanda ziyaretçileri geri dönüşüme teşvik etmek, The Central Park Conservancy bahçe personeli için çöp toplama işlemini kolaylaştırmak, Olmstead ve Vaux'un 19. yüzyıl yerel manzaraları ve mimarisine uyumlu olmak ve Central Park Conservancy'nin rolüne ve katkılarına yönelik ziyaretçi bilincini artırmayı hedeflemektedir. Bu kriterlerin tümü, kemirgenler, kuşlar, rakunlar, şehir madencileri, sağlamlık, bakım ve işletme güvenliği gibi diğer endişelerin yanı sıra tasarıma da dahil edilmiştir. Landor tasarım ekibi yeni çöp kutularını parkın çevre koruma görevine uygun bir şekilde tasarlayarak, park ziyaretçilerini yönlendirmek ve eğitmek için bir araç olarak işlev görmesi amaçlamaktaydı. Kutular, ABD'de, Alcoa tarafından tedarik edilen ve % 30 geri dönüştürülmüş içerik içeren ve sırayla geri dönüştürülebilir, korozyona dayanıklı, uçak sınıfı alüminyum alaşımdan elle üretildi. Kutular çevre dostu bir şekilde bitirildi. Ve imalatçı Landscape Forms tarafından geliştirilen tescilli, üç katmanlı toz boya ile boyandı. Ziyaretçilerin davranışını değiştirmeye yardımcı olmak için, tasarım ekibi kendi kendine sıralama geri dönüşümlerini daha sezgisel hale getirmek için renk kodlaması ve farklı boyutlarda açıklıklar kullandı. Dikey çitelerin eğimi, namlu ve kapağın spiral hareketi ve tipografik yerleştirme,

kullanıcının gözünü yukarı ve haznelerin açıklıklarına çekmek ve ayrıca kullanıcılara kutulara yaklaşırken karar vermeyi güçlendirmek için kullanılmıştır. Central Park Conservancy, New York Şehri Parklar ve Rekreasyon Bölümü, Kamu Tasarım Komisyonu, basın ve park ziyaretçilerinden övgü aldı. Ancak gerçek başarıları, dağıtımlarından bu yana geri dönüşümdeki%35'lik artışla kanıtlandı (Görsel 30-31.) (Segd, 2014).

Amerikan kent bilimcisi William Holly White (1917-1999) 1970'te kentsel alanların dinamiklerini araştırmak üzere, "The Street Life Project (Sokak Yaşamı Projesi)"adında bir araştırma grubu kurmuştur. White, kentsel öğelerin sosyal çevredeki etkisi üzerine kent bilimi alanında uzun yıllardan beri kabul görmüş sonuçlar elde etmiştir. Yıllarca süren araştırmaların sonucunda olarak 1980'de "The Social Life of Small Urban Spaces" adında bir kitap yayınlanmıştır. Yayın, New York şehrindeki meydanlar, sokaklar, parklar ve diğer kent mekanlarının incelemelerinin; insanların meydanları kullanım izlenimlerinin, bazı mekanların insanlar tarafından kullanılıp bazı mekanların ise boş olmasının sebeplerinin ve analizlerini aktarmaktadır. White ve ekibi çalışmasında, kentsel mekanların kullanımına dair; oturma alanının ideal yüzdesi, güneş, rüzgâr, ışık, su gibi etkenlerden, ağaç kullanımı dahil pek çok unsuru incelemiştir (White, 1980). White, ekibiyle gerçekleştirdiği kent araştırmalarında, kentsel mekân donatıları ve öğelerine dair belirli sonuçlar elde etmiştir. Bunlar;

- Bir mekânı kullanan kişilerin sayısı başarının ilk ölçütüdür.
- Köşebaşında bulunan bir meydan ve o mekânda bulunan bir satıcı orada hareketli bir akışı sağlar.
- Çocuklar ebeveynlerini görebildikleri her mekânda kendilerini güvende hissedip, rahatça oynar.
- Heykellerin buldukları mekâna güçlü sosyal etkisi vardır; kullanıcı etrafında dolaşır, fotoğraf çeker, arkadaşını bekler veya ona dokunur.
- Mekânda bulunan basamaklar sizi farkında olmadan bulunduğu alana çeker, mekanda hareket sağlar.
- Çiçekler, kaldırım taşları, oturma bankları bulunan meydanlar kent kullanıcısı için iyi bir buluşma alanlarıdır.
- Yeşil doku, mevcut kent ortamıyla uyum sağlamalıdır.
- Kentsel mekânda bulunan su öğesi toplumun sosyalleşmesine katkı sağlar

(White, 1980).

“White’tan sonraki kent bilimcilerine örnek teşkil eden araştırma yöntem ve bulguları esas alınarak 1975 yılında kurulan Project for Public Spaces (PPS)” adlı sivil toplum kuruluşu, yüzlerce kentsel mekânı inceleyerek, açık alanların tasarımına yönelik bir yaklaşım geliştirmiştir (Project for Public Spaces, 2002). White ve ekibi tarafından New York’un birçok farklı noktasındaki kamusal parkların, meydanların kullanımı incelenmiştir” (Demir, 2018). “Project for Public Spaces” (PPS) grubu inceleme ve analizler sonucunda başarılı mekânların sahip olması gereken özellikleri 4 ana grupta aktarmıştır;

- Kullanıcı için konforlu,
- Kullanıcıya farklı eylem alanları ve aktiviteler sunan,
- Kullanıcının insanlarla buluşma ve sosyalleşmesine olanak sunan,
- Ulaşılabilir ve erişilebilir

Elde ettikleri verileri bir diyagram aracılığı ile sunmuştur (Tablo 2.). Diyagramda, <sup>1</sup>iç halkada kullanıcıya verdiği sezgisel, soyut nitelikler; <sup>2</sup>dış halkada ise ölçülebilen, sayısal nitelikler gösterilmektedir (Project for Public Spaces, 2002). Bu diyagram üzerinden başarılı mekanların değerlendirilmesinde mekânın kalitesini belirleyen, soyut değerler ve ölçülebilen nitelikler, kullanıcıya ulaşabilen ve yaşayan kent mekanların oluşumunu sağlamaktır (Demir, 2018).



**Tablo 2.** Başarılı mekanları değerlendirme diyagramı (PPS, 2002’nin verilerine göre uyarlanmıştır.)



- “Site Furnishings” kitabında; William H. White’in yaklaşımları doğrultusunda kent donatı ve mobilyalarının buldukları mekânın kullanım başarısındaki etkisine dair farklı etkenlerden verilmektedir (Main & Hannah, 2010) Bu etkenlerden bazıları;
- Bir alanın başarılı veya başarısız olarak değerlendirilmesinde sadece o alanı kullanan insan sayısı etken değildir.
- Kent mobilyasını bulunduğu noktada bir sanat parçası olarak düşünülmüş olabilir. Bu yaklaşım mekânın farklılaşmasını ve insanlar üzerindeki algısının değişimini sağlar.
- Çeşme, heykel gibi özel figürler bir mekânı çekim merkezi haline getirebilir ve sosyal çevrenin simgesi haline gelebilir.
- Kent mobilyasının tasarımı, bulunduğu mekânın karakterini tanımlar.
- Tasarım üzerindeki kültürel etkiler başarılı sonuçlar çıkarabilir.
- Mekandaki rüzgârın veya suyun sesini hissetmek, ışık, gölge etkisi mekânın başarılı olma kriterlerindedir.
- Bir alanı yönetebilme ve sürdürme kabiliyeti mekânın başarısını belirleyebilir.
- Kent mobilyası bulunduğu mekânın kimliği ile etkileşim sağlar.
- Bir mekân kullanıcılarına oturma, oyun oynama, çalışma gibi farklı aktiviteleri yapma imkanı veriyorsa bu mekana başarı getirebilir (Main & Hannah, 2010).

Elde edilen veriler, kent mekanlarının tasarım ve kullanım açısından başarısını göz önüne koymaktadır. Araştırmanın sonuçları pek çok kent tasarımcısı tarafından desteklenmekte ve kabul görmektedir.

Günümüzde kent donatıları pek çok açıdan kullanıcı ile etkileşime geçmektedir. Gerek tasarımı gerek işlevleriyle olsun çağın getirilerini sunan kent mobilyalarının yanı sıra tümüyle yalın ve ilgi gören tasarımların şehirlerde kullanıcılarına sunulduğu görülmektedir.

## 2.5. Bölüm Sonucu

Bu bölümde, mekânsal anlamda donatı ve mobilya kavramları tanımlanarak mekân içindeki konum ve kullanımlarına değinilmiştir. Donatı ve mobilya kavramlarının, farklı tasarım odakları açısından ne şekilde tanımlandığı aktarılmıştır. Donatı ve

mobilya kavramları arasındaki ayrımlar örneklendirilerek aktarılmıştır. Kentsel mekân kavramı tanımlanarak incelenmiştir. Kent mekanının unsurları üzerinde durulmuş ve kentsel donatı kavramı tanımlanarak, kent mekânı içerisindeki yeri ve sınıflandırılması yapılmıştır. Kentsel mekânın yapısal unsurlarını içinde barındıran kent donatısı kavramı, altyapı ve donatı alanları olarak sınıflandırılmış ve örneklerle aktarılmıştır.

Kentsel mekân donatıları, peyzaj öğeleri donatısı ve kentsel donatı elemanları olarak sınıflandırılmış ve örneklerle aktarılmıştır. Kentsel mekanların başarılı olma kriterleri üzerinde durulmuş ve dünya üzerinde tasarlanmış modern kentsel donatı elemanlarından örnekler üzerinden kent donatısı aktarılmıştır. Bölümde aktarılmak istenen ana unsurlar, mekânsal anlamda donatı ve mobilya kavramlarının tanımı ve ayrımı, kentsel mekanların tanımlanması ve bunu sağlayan kent donatısı ve kentsel mekân donatılarının tanımlanması, kentsel donatıların farklı tasarımlarda, farklı bakış açılarıyla bir araya gelerek çeşitli işlevsel karşılıkların birleşmesi, bu sayede kent mekanının ve kullanıcısının kent donatısıyla etkileşimidir. Sonraki bölümde, akıllı malzemeler ve sistemler tanımlanarak tarihsel süreci kısaca aktarılacaktır. Akıllı malzemeler sınıflandırılarak örneklerle aktarılacaktır. Akıllı sistemler üzerinde durularak kentsel mekanlarda kullanımına dair örnekler ile incelenecektir.

### 3. BÖLÜM: AKILLI MALZEMELER VE SİSTEMLER

Malzeme kullanımında beklenti genel anlamda kullanım olarak malzemenin ortam etkilerine dayanım göstermesi yönünde olmuştur. Teknolojik gelişmeler ihtiyaçların değişimini doğurmuş ve pek çok alanda malzemelerden daha kapsamlı bir fayda beklenmeye başlamıştır. İnsanlar, ellerindeki imkanların da artışıyla yapısal anlamda materyalleri derinlemesine inceleyerek farklı etkilerini keşfedip bu etkilerin farklı alanlara işlevsel olarak yansımalarını sağlamışlardır.

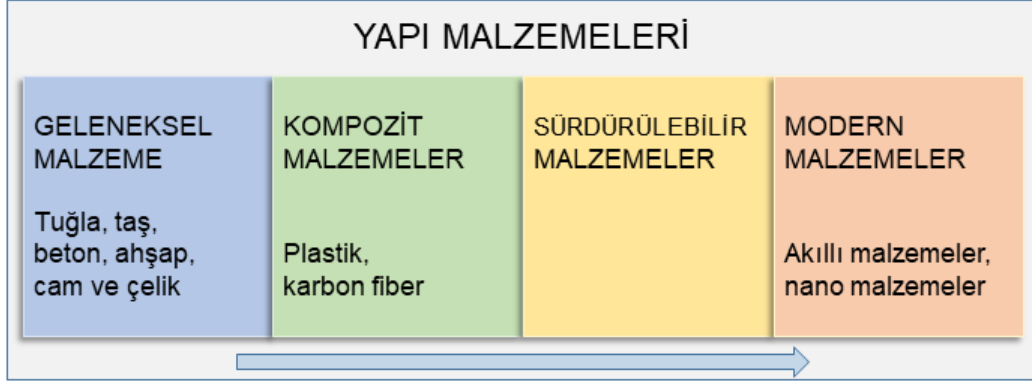


**Tablo 3.** Tasarım sürecinde malzemenin rolü (Mohamed, 2017'nin verilerine göre uyarlanmıştır.)

#### 3.1. Akıllı Malzemeler

II. Dünya Savaşı, malzeme araştırma ve geliştirmedeki ilerlemeler için büyük bir teşvik oluşturmuştur. Materyal ve ham maddenin tüketiminin artışıyla savaş ortamının gerektirdiği farklı nitelik arayışı kritik bir durum oluşturmuş, malzemeler için yerine kullanma ve dayanım artırımı üzerine galvanizli malzemeleri araştırma gereksinimi ve sofistike silah ve uçak ihtiyacı henüz geliştirilmemiş malzemeler için uygun şartlar yaratmıştır. Bu ihtiyaçlar, bitmeyen hükümet fonları ve barış zamanında yasaklanmış kurumsal bütünleşmelerle karşılanmıştır.

Sonuç katı hal fiziği, yarı iletkenler, yüksek sıcaklık alaşımları, elektrooptikler, nükleer fizik ve lazer teknolojisinde hızlı ilerlemeler olmuştur (Geiser, 2001). Malzemedeki bu gelişim, geleneksel malzemenin zamanla kompozit malzeme anlayışı, sürdürülebilir malzeme anlayışı, nano malzeme ve akıllı malzeme anlayışlarının ortaya çıkmasıyla günden güne gelişmeye devam etmektedir (Tablo 4).



**Tablo 4.** Yapı malzemelerinin gelişim süreci (Mohamed, 2017'nin verilerine göre uyarlanmıştır.)

Zaman içerisinde malzemenin geleneksel yaklaşımdan uzaklaşarak ortam uyarlanlarına tepki verdiği yaklaşımların gelişmesi akıllı malzeme kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Kimya mühendisi Okay akıllı malzemeyi; “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.” Şeklinde tanımlamaktadır. Akıllı materyaller tasarlanarak oluşturulmaktadır (Okay, 2003).”

Akıllı malzemeler, günümüz teknolojisinde farklı birçok alan üzerinde önemli bir etkiye sahip olan yeni ve son teknoloji ürünü malzemelerdir. “Akıllı” sıfatı, bu materyallerin ortamda gerçekleşmekte olan değişikliklere, önceden belirlenmiş tavırlarla- canlı organizmalarda da bulunan özelliklere- yanıt vermektedir. Buna ek olarak, bu “akıllı” konsept hem akıllı hem de geleneksel malzemelerden oluşan oldukça sofistike sistemlere genişletilmektedir. Akıllı bir malzemenin veya sistemin bileşenleri bir tür sensör bir giriş sinyali algılayan ve bir aktüatör duyarlı ve uyarlanabilir bir işlev gerçekleştiren içerir. Aktüatörler, sıcaklık, elektrik alanları ve / veya manyetik alanlardaki değişikliklere tepki olarak şekil, konum, doğal frekans veya mekanik özellikleri değiştirmek için yönlendirebilmektedir. (Callister, 2007)

Akıllı malzemeler; basınç, sıcaklık, manyetik alan, optik dalga boyu, elektrik alanı veya pH gibi çevresel koşullara tepki olarak özelliklerini değiştirebilen malzemelerdir. Çevresel değişikliklere tepki olarak tanıma, ayırt etme ve ayarlama kapasitesi ile tasarlanmıştır. Materyal alanındaki yenilenme arayışı II. Dünya

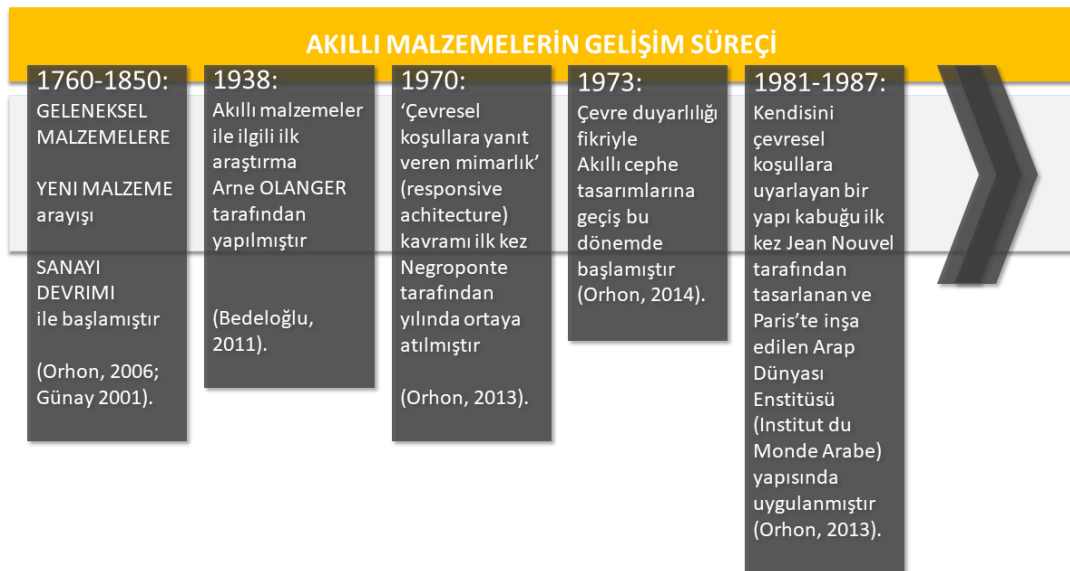
savaşıyla başlamış olsa da akıllı malzemelerin tarihi 1960'lı yılların başlarında S. Donald Stookey'in ışığa maruz kaldığında koyulaşacak ve ışık geri çekildiğinde aydınlanacak bir cam geliştirmek için yola çıkmasıyla başlamıştır. Stookey, Corning Glass çalışmaları ile ışığın geliş miktarını kontrol etmeyi hedeflemektedir. Corning Glass'ın çözümü ise kısmen ışıkla tetiklenen fotoğraf kimyasına dayanmaktadır. Stookey, gümüş ve bakır halojenürleri cam formülüne dağıtarak bir fotokromik cam geliştirmiştir. Bu cam formülü, ışığa duyarlı pencere camı ve şeffaflıkta kendiliğinden ayarlanan varyasyonlara sahip gözlükler için temel oluşturmuştur. Akıllı materyaller, bükme, esneme, sıkıştırma, kapasiteye sahip "şekil hafızası" veya "süper elastik" materyalleri de kapsamaktadır. Şekil hafızasına sahip materyaller deforme olabilir, ancak her zaman orijinal formuna geri dönebilme niteliği göstermektedir. Titanyum-nikel ve bakır-alüminyum-nikel alaşımlarının yanı sıra koruyucu kaplamalar, yorgunluğu izleme, ses ve titreşimlerin sönümlenmesi ve çeşitli tıbbi protezlerde uygulamaları olan çeşitli güçlendirilmiş kompozitler geliştirilmiştir. Metaller üzerine çalışmalar çoğunlukla sıcaklığa duyarlı kontrol ve ölçüm cihazları ve şekil hafızalı alaşımlar gibi uygulamaları olan titanyum, nikel ve demir gibi birleşimlere sahip alaşımlara odaklanmıştır. Günümüzde pek çok termostat, uçlarında birbirine bağlanmış farklı iki metal şeritten oluşan bimetalik bir şerit kullanmaktadır. İki metal farklı termal genleşme özelliklerine sahip olduğundan, şerit sıcaklık değiştikçe bükülme eğilimi gösterir, böylece elektrik kontaklarını açıp ve kapatabilmektedir. Bu tür termostatlar, sıcaklık değişikliklerine tepki olarak bükülen tek şekil bellekli alaşım şeritlerinden de yapılabilir ve bugün araba motorlarındaki bazı debriyaj fanları bu alaşımlar tarafından açılıp kapatılabilmektedir. "Akıllı polimerler" aynı zamanda "yanıt vermeyen polimerler" olarak adlandırılmaktadır. Bu polimerler fotooptik, basınç ve sıcaklık duyarlılıkları göstermektedir. Oldukça çok yönlü, esnek ve geri dönüşümlüdürler ve kolayca yapısal şekilde işlenebilme niteliği göstermektedir. Uygulamalar optik veri depolama, görüntü işleme, hareket sensörleri, ışığa duyarlı kaplamalar ve radyasyona duyarlı mikrodalga kalkanında çok sayıda görünmektedir.

"Akıllı yapılar", basınç noktalarındaki değişiklikleri algılayabilen ve direnci artırmak için moleküler yapının polaritesini yeniden düzenleyerek yanıt verebilen kirişler veya sütunlar olarak görünmektedir. Özellikle ilginç uygulamalar, antenleri, sensörleri ve vericileri araçların veya binaların yüzeyine entegre edebilen polimerik "akıllı

kaplamaların" geliştirilmesini ve kimyasal enerjiyi mekanik tepkilere dönüştürebilen sentetik kasların oluşturulmasını içerir.

1970'lerde, NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), yapısal malzemelerdeki olası hataları, çatlakları, yorgunluğu veya aşırı gerilmeleri algılayabilen ve gösterebilen malzemeler üzerinde araştırma başlatmıştır. Fikir, hava hızı, sıcaklık ve basınç gibi havacılık koşullarını algılayabilen ve potansiyel arızaya ilişkin erken belirtileri tespit edebilen akıllı kaplamalara sahip uçaklar yaratmaktı. Işık geçişindeki değişikliklerin tespit edilebildiği optik işaretler içeren kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Gömülü sensörlere sahip kaplamalar geliştirme konusundaki bu erken çaba, kısa sürede ışık, sıcaklık veya basınçtaki değişiklikleri algılayabilen ve bunlara yanıt verebilecek yapısal malzemeler üzerine araştırmalar yapma üzerine genişlemiştir. (Geiser, 2001)

Akıllı ve zeki terimlerinin malzeme alanında 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).



**Tablo 5.** Akıllı malzemelerinin gelişim süreci (kişisel arşiv 2020)

Akıllı materyaller 1900'lü yıllarda ortaya çıkmış ve kullanımı son yıllarda giderek artmış ve yaygınlaşmıştır. Akıllı malzemelerin tarihsel gelişim süreçleri tabloda her malzemenin alt başlığında verilmiştir (Tablo 5.):

- 1760-1850: Geleneksel malzemelere karşı yeni malzeme arayışı Sanayi Devrimi ile başlamıştır (Orhon A. , 2006; Günay, 2001)
- 1938: Akıllı malzemeler ile ilgili ilk araştırma Arne OLANGER tarafından yapılmıştır (Bedeloğlu, 2011)
- 1970: 'Çevresel koşullara yanıt veren mimarlık' (responsive achitecture) kavramı ilk kez Negroponte tarafından yılında ortaya atılmıştır (Orhon A. , 2013).
- 1973: Petrol kriziyle birlikte, fosil kaynaklı enerji tüketimini azaltmak için cephe tasarımlarının değiştirilmesi gerektiği, konfor koşullarının daha az enerji tüketerek ve çevreye daha az zarar veren enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiği anlaşılmıştır. Akıllı cephe tasarımlarına geçiş bu dönemde başlamıştır (Orhon A. V., 2014)
- 1981-1987: Kendisini çevresel koşullara uyarlayan bir yapı kabuğu ilk kez Jean Nouvel tarafından tasarlanan ve Paris'te inşa edilen Arap Dünyası Enstitüsü (Institut du Monde Arabe) yapısında uygulanmıştır (Orhon A. , 2013)



**Görsel 32.** Arap Dünyası Enstitüsü, Institut du Monde Arabe / Enrique Jan + Jean Nouvel+ Mimarlık-Stüdyo (Winstanley, 2011)

Akıllı materyallerin, yakın zamanda bilinir hale gelmesine karşın incelendiğinde pek çok teknolojik gelişme gibi temelini sanayi devriminden aldığı, araştırmaların bir materyal, yüzey ya da sistemin bir durum veya etkiye göstermesi istenilen tepkiyle yola çıkılarak ilerlediği görülmektedir. İlk ortaya çıkışında basit ve temel bir tepkiyle başlamış ancak zaman içerisinde tasarlanarak çeşitlenmiş ve günümüzdeki türlerinin oluşumu gerçekleşmiştir.

## 3.2. Akıllı Malzemelerin Özellikleri ve Sınıflandırılması

### 3.2.1. Akıllı Malzemelerin Özellikleri

Materyallerin geleneksel anlamından farklılaşarak yeni özelliklerin tasarlanması ve türetilmesiyle birlikte gelişen akıllı malzemelerin tanım ve aktarımında karşılaşılan temel sorun, "akıllı" kelimesinin hem gerçek anlamıyla hem de malzeme bağlamında ne anlama geldiğinin tanımlanması olmuştur. Farklı tanımlamaların, akıllı materyaller kapsamında yapılan araştırmalarda yer aldığı görülmektedir. Mimar ve akademisyen olan Addington ve Schodek'in "Smart Materials and Technologies in Architecture (2005)" adlı kitabında, akıllı materyallerin iki farklı tanımına değinilmektedir. İki NASA araştırmacıları tarafından tanımlanan "Belirli bir uyaran verildiğinde onlara uyabilen, bunu farklı girdiler altında gerçekleştirerek yapılandırmalara tabii olan konfigürasyonları hatırlayabilen malzemelerdir." Ayrıca bu malzemeler, moleküler yapıları ile nitelendirebilmektedirler.

İkinci olarak Kimya Teknolojisi Ansiklopedisi (1992)'nden alıntılanan, "Akıllı malzemeler ve yapılar, çevresel etkileri algılayan, duyuşal bilgileri algısal bilgi olarak işleyen ve daha sonra tepki veren nesnelere dir." Tanımlaması yer almaktadır. İki tanımlama benzer tipte davranışları aktarıyor gibi görünmesine rağmen, aynı bağlamın ayrı iki kutbuna değinmektedir.

İlk tanımda akıllı malzemeler, maddesel boyutta ele alındığında; elementler, alaşımlar veya bileşikler olarak düşünölebilmektedir. Ancak bu tanımlama içinde akıllı malzemelerin hepsi moleküler yapıyla tanımlanabilen ve ölçölebilen niteliktedir. Kimya Teknolojisi Ansiklopedisi'nde yer alan ikinci tanımda, materyaller bir dizi eylem olarak ifade edilerek birinciden ayrılır. Bu durumu Addington ve Schodek (2005) şöyle ifade etmektedir; "Bu durumda akıllı malzemeler; tekil, kompozit veya birçok materyalin bir araya getirilmesi mi, yoksa tanımlanabilir bir moleküler yapıdan, daha birçok sistemin bir araya getirilmesi midir? " (s. 8-9)

Addington ve Schodeck, bir malzemenin akıllı olma özelliğinin aşğıdaki özelliklere göre ayırt edilebileceğini öngörmektedir:



Akıllı Malzemeler	Aciliyet	Tepkiyi gerçek zamanda verme
	Geçicilik	Birden fazla çevresel koşula tepki verebilme
	Kendini etkinleştirme	Kendi kendine çalışabilir ve harekete geçebilir
	Seçicilik	Tepkileri ve sınırları öngörülebilir
	Doğrudanlık	Tepkileri etkinleştiren duruma bağlı olarak sınırlıdır, bölgeseldir.

**Tablo 6.** Addington ve Schodek'e göre akıllı malzemelerin özellikleri (Addinton & Schodek, 2005'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Akıllı materyalleri geleneksel malzemelerden ayıran genel özellikleri bulunmaktadır (Tablo 6.). Akıllı malzemeler, dışsal bir etkiye maruz kaldığında, algılayarak tasarlanan bir tepkiyle cevap verebilmektedir. Bu durum malzemelerin farklı içsel özellikler ile tasarlanmasını beraberinde getirmektedir. Malzemenin bulunduğu ortamın etkisine vereceği tepkinin türü kadar malzemenin tek bir molekülün farklı bir araya gelişlerinden oluşan bir yüzey veya bütünüyle bir durum veya ortamın etkisine tepki vermek üzere geliştirilen bir yapı olması da materyalin tasarlanma sürecini kapsamaktadır. Farklı çevresel girdilere verdikleri tepkilere göre akıllı materyaller çok sayıda çeşitlenmekte ve geliştirilmektedir.

Tanım olarak farklı bilimsel araştırmalarda çeşitli yönleriyle ele alınmaktadır. Mimar Axel Ritter, "Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design (2007)" adlı yayınında; "Akıllı malzemeler, değişebilir özelliklere sahip olan ve çevresel olarak 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 ". İfadesiyle tanımlamaktadır.

Akıllı malzemeler bir ortamın veya durumun getirdiği fiziksel ya da kimyasal girdileri tasarlandıkları biçim ve düzende algılayarak ve bu girdilere yapısal değişimlerle tepki verebilmektedir. Örneğin şekil bellek alaşımları ve polimerleri üzerlerine etkiyen sıcaklığa göre belirlenen şekli ve özelliklerini yapısal olarak değiştirerek tepki verebilmektedir.

Dr. Diane Talbot (2003) Akıllı Malzemeler kılavuzunda,

“Bu malzemeleri tanımlamada karşılaşılan temel sorun akıllı sözcüğünü tanımlamaktır. Akıllı kelimesi, zekice veya 'insan istihbaratıyla çalışıyormuş gibi' anlamındadır ve bunlar akıllı malzemelerdir. Akıllı bir malzeme, çevresine kendi başına tepki verebilen malzemelerdir. Değişiklik her akıllı materyalde kendine özgüdür ve bazı elektronik parçaların sonucu değildir. Reaksiyon, hacimde, renkte veya viskozitede bir değişiklik olarak kendini gösterebilir ve bu, sıcaklık, basınç, elektrik akımı veya manyetik alandaki bir değişikliğe yanıt olarak ortaya çıkabilir. Birçok durumda bu reaksiyon tersine çevrilebilir, bunun yaygın bir örneği, UV ışığının seviyesine tepki veren gözlüklere uygulanan kaplamadır ve sıradan gözlükleri güneş gözlüğü haline getirir. Bu kaplama fotokromik adıyla ifade edilen akıllı bir malzemedir yapılr.” (s. 1)

Akıllı malzemeler farklı araştırmacılar tarafından, farklı tanımlamalarla ifade edilse de bu tanımlamaların temelde benzer prensipler üzerinden ilerlediği görülmektedir. Literatür incelendiğinde akıllı malzemeler için standart bir tanımın olmadığı görülmektedir. Araştırmalarda, akıllı malzemeler, zeki materyaller, uyarlanabilir malzemeler, aktif cihazlar ve akıllı sistemler gibi terimler sıklıkla birbirinin yerine kullanıldığı görülmektedir. Genel tanım olarak akıllı malzeme terimi harici bir uyarana tepki olarak bir veya daha fazla özelliğini değiştiren bir malzeme belirtmektedir (Harrison & Ounaies, 2001).

Akıllı nitelikte tasarlanan bir ürünün akıllı bir malzeme veya akıllı bir sistem olması arasındaki fark önem taşımaktadır. Akıllı bir sistemde bulunan algılama işlevini yüklenen aktüatör ve sensörler, sistemin bulunduğu ortama tepki vermesini sağlamak adına tasarlanan kontrol donanımı ve yazılımını içermektedir. Bu sistemin içerisinde bulunan aktüatör ve sensörler aynı zamanda akıllı malzemelerden yapılabilmektedir. Böyle bir akıllı yapıya örnek olarak, uçuş sırasında en uygun hava dengesini vermek üzere sürekli profilini sürekli değiştiren bir uçak kanadı gösterilebilmektedir (Talbot, 2003)

Farklı tanımlamaların ortak odağında tariflenecek olursa; akıllı malzemeler buldukları ortamda, fiziksel (basınç, sıcaklık, nem, ışık, elektrik alan, manyetik alan vb.), kimyasal (pH, çözelti vb.) veya biyolojik özellikteki çeşitli harici uyaranlara, yapısal özelliklerini değiştirerek ve/veya enerji dönüşümü gerçekleştirerek tepki verebilen malzemeler olarak tanımlanabilmektedir. Akıllı materyaller; 'çevrelerindeki

farklılaşan niteliği kendine özel olarak geliştirilmiş biçimde algılayan ve kendine özgü biçimde nitelik veya enerji değişikliği ile cevap verebilecek biçimde tasarlanan, yüksek mühendislik ürünü malzemeler' olarak 21. yüzyılın teknolojik gelişmelerinin gerekliliklerine çözümler sunabilmektedir (Yağlı, 2019).

Akıllı materyaller, geleneksel nitelikteki malzemelerden ayıran genel özelliklerinin yanı sıra kendi içerisinde çok sayıda farklı nitelikte türlere ayrılarak sınıflandırılabilir. Sınıflandırmanın temelinde akıllı malzemelerin ortak olarak gösterdiği değişimler bulunmaktadır. Farklı uyaranlara benzer reaksiyonlar halinde benzer tepkiler gösterebilen ya da yapısal anlamda benzer değişimler gözlemlenen materyaller bu sınıflandırma içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle akıllı malzemelerin daha genel sınıflandırmasının yapılabilmesi adına ortak olan özellikler araştırmacılar tarafından tespit edilerek incelenmiştir. Akıllı malzemelerin en bilinen türleri arasında elektrikle reaksiyon gösteren sistemlerden olan, piezoelektrik ve termoelektrik malzemeler, rengi (kroması) değişerek tepki veren termokromik ve fotokromik malzemelerin yanı sıra sıcaklık ile etkileşim göstererek şekil değiştiren şekil bellek polimer ve alaşımları bulunmaktadır. Bu örnekler yirmiden fazla grup altında sınıflanabilen akıllı malzemenin yalnızca birkaç türünü oluşturmaktadır. Akıllı materyaller giderek ihtiyaca ve niteliğe göre gelişmekte ve çeşitlenmektedir. Bu özellikler, bir malzeme özelliğini optimize etmek, geçici giriş koşullarını daha iyi eşleştirmek veya belirli davranışları optimize etmek, ortamdaki sabit durum koşullarını korumak için potansiyel olarak kullanılabilir (Addington & Schodek, 2005). Akıllı malzemelerin sınıflandırılmasında ortak olarak gösterdikleri özellikler Addington ve Schodek (2005) in aktarımıyla bu durum akıllı malzemelerin organizasyonuna uygulandığında bu özellikleri aşağıdaki gibi gruplayabiliriz:

- Nitelik değişimi: Bu özellikteki akıllı malzemelerde, malzemenin ortam koşullarındaki bir değişikliğe yanıt olarak yapısal olarak bir veya birden fazla özelliği- kimyasal, termal, mekanik, manyetik, optik veya elektriksel- değişikliğe uğramaktadır. Ortam koşulları ortam olabilir veya doğrudan enerji girişi yoluyla üretilebilir. Bu sınıfa termokromikler, elektrokromikler, fotokromikler, vb. Gibi renk değiştiren tüm malzemeler dahil edilebilmektedir. Bu tip malzemelere Mimarlık alanında en fazla sayıda potansiyel uygulamaya sahip akıllı malzeme sınıfının nitelik değiştiren özellikteki malzemeler olduğu görülmektedir (Addington & Schodek, 2005).

- Enerji dönüşümü: Bu özelliğe sahip akıllı malzemeler bir diğer deyişle ‘Faz değiştiren malzemeler’ olarak da bilinmekte olup literatüre ‘Birinci Kanun’ malzemeleri olarak da tanımlanmaktadır. ‘Birinci kanun’ malzemeleri olarak bilinmesinin temelinde Termodinamiğin Birinci Yasasına uygun olarak bir çıktı enerjisi üretmek için girdi enerjisini başka bir forma dönüştürme özelliği bulunmaktadır. Akıllı Malzemenin yapısında gerçekteşen değişiklikler (faz değişimi) sırasında enerji bir formdan başka bir forma dönüşmektedir. Enerji dönüşümünün meydana geldiği akıllı malzemelere örnek olarak verilebilen piezoelektrikler, piroelektrikler ve fotovoltaikler de dahil olmak üzere enerji değiştiren akıllı malzemelerin çoğu, giriş enerjisi ve çıkış enerjisi arasındaki doğrudan ilişki ile ideal çevresel sensörler haline gelmektedir (Addington & Schodek, 2005).
- Faz değiştiren malzemelerin enerji emilimi özellikleri, faz değişiminin hangi yönde gerçekteştiğine bağlı olarak, bir ortamı stabilize etmek veya çevreye enerji salmak için kullanılabilir. Örneğin; şekil bellekli alaşımların çift yönlü doğası, malzemenin birçok parçadan oluşan bileşenlerin yerini almasına izin veren çoklu veya değiştirilebilir çıktıları üretmek için kullanılabilir (Addington & Schodek, 2005).
- Tersinirlik: Bu durum tanım olarak malzemede gerçekteşen “nitelik değişimi” veya “enerji dönüşümü” nün tersine çevrilebilmesi şeklinde ifade edilmektedir. Örneğin; termokromik bir malzemede sıcaklık değişikliği materyali etkileyen faktördür sıcaklık değişimi ortadan kalktığında malzeme eski rengine dönmektedir. Benzer biçimde Piezoelektrik malzemelerde sisteme bir kuvvet (mekanik enerji) uygulandığında elektrik enerjisi oluşmakta, tam tersi yönde aynı malzemeye elektrik uygulandığında ise elektrik, mekanik enerjiye dönüşmektedir. Elektrik enerjisi dönüşümünü gerçekteştiren malzemelerin birçoğu giriş ve çıkış enerji formlarını tersinir şekilde çalıştırabilmektedir (Orhon A. , 2012).

Tersinirlik bir materyalin tek özelliği olmamakla birlikte hem nitelik değişimi gerçekteştiren hem de enerji dönüşümü yapabilen sınıftan olan akıllı

materyallerin birçoğu, ya tersinirlik ya da iki yönlü çalışabilme özelliği göstermektedir.

- Boyut / konum: Akıllı malzemelerin sınıfından bağımsız olarak, onları geleneksel malzemelerden ayıran en temel özelliklerden biri, malzemenin boyutu ve doğrudan eylemi olarak ortaya çıkmaktadır. Akıllı bir malzemedan oluşan bir bileşen veya element, daha geleneksel malzemeler kullanılan benzer bir yapıdan çok daha küçük olmakla kalmayacak, aynı zamanda daha az altyapı desteği gerektirecektir. Elde edilen bileşen daha sonra en etkili yere yerleştirilebilmektedir. Daha küçük boyut, nitelik değişikliği veya enerji alışverişinin doğrudanlığı ile birleştiğinde bu, malzemelerin özellikle sensör olarak etkili olmasını sağlamaktadır. Bu sayede ölçtükleri çevreye müdahale etme olasılıkları ve kalibrasyon ayarlamaları gerektirme olasılıkları daha düşük olmaktadır (Addington & Schodek, 2005). Sensörler akıllı sistem ve malzemelerin daha hızlı tepki vermesini sağlamaktadır.



**Tablo 7.** Akıllı malzemelerin özellikleri (Mohamed, 2017'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Akıllı malzemelerin organizasyonunda yapısal olarak gerçekleşen değişimleri tarifleyen bu özellikler malzemelerin sınıflandırılmasında kolaylık sağlamaktadır. Bu özellikler akıllı malzeme ve sistemlerin çalışma biçimini tarifleyerek kullanım çeşitliliğini ve malzeme tasarımının, malzeme türünün temel çalışma prensibine göre geliştirilmesine sağlamaktadır.

### 3.2.2. Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması

Her malzemenin ister geleneksel ister akıllı özellikte olsun, kendi içerisinde belirli nitelikleri bulunmaktadır. Malzemelerin akıllı olması durumu kimi malzeme için tartışmalı bulunmaktadır. Kemiluminesan ışık çubuklarının ve piezoelektrik malzemelerin hala yeni malzeme türü başlığı altında kabul edilip edilmeyeceği tartışmalı görülmektedir. Bu iki malzeme üzerinde halen ulaşım alanında yenilikçi uygulamalar gerçekleşmekte olup bu sebeple çalışmalara dahil edilmiştir. Akıllı materyaller davranışları sayesinde, birçok malzemede bulunmayan, çevrelerinde bir özellik meydana geldiğinde benzersiz bir faydalı tepki üretecek şekilde tasarlanabilmektedir. Akıllı malzemelerin mevcut uygulamalarına örnek olarak sıcaklık ile renk değiştiren sıcaklığa duyarlı polimerden yapılmış akıllı kaşıklar, büzülme filmleri, kendiliğinden genişleyen stentler ve hepsi yeni materyallerin yararlı doğasını açıkça gösteren esnek hücresel sistemler gösterilebilmektedir (Sharp & Clemeña, 2004). Akıllı malzemeler, farklı alanlara ve araştırmacılara göre temelde benzer olmasına karşın farklı şekilde sınıflandırmaktadır. Materyalin iç yapısı, fiziksel tepkisi, kimyasal reaksiyonu veya içerdiği mikrosistemle beraber ortamdan edindiği girdiye davranışına göre çeşitlenmesi de üzerine çalışıldığı araştırma alanının, malzemeyi kullanım amacı ve edinilmek istenen materyal tasarımına göre farklı detaylarıyla incelenmekte dolayısıyla sınıflandırılması da farklılaşmaktadır.



**Tablo 8.** Akıllı malzeme türleri (Mohamed, 2017'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

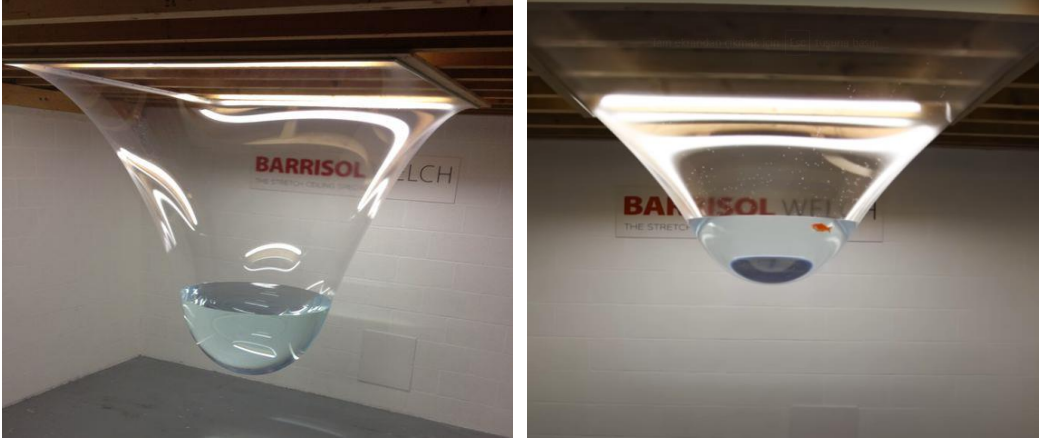
Geleneksel Malzemeler	Harici uyarılara verilen sabit yanıtlar (normal koşullar altında malzeme özellikleri sabit kalır)
Yüksek Performans Malzemeler	
Akıllı malzemeler Tıp 1 – Özellik Değiştiren	Tıp 1 - Belirli iç veya dış uyarılara malzemede içsel tepki değişimi olur.
Akıllı malzemeler Tıp 2 - Enerji Alışverişi Yapan	Tıp 2 - Yanıtlar hesaplama yoluyla kontrol edilebilir veya geliştirilebilir
Akıllı cihazlar ve sistemler	Çoklu iç- dış uyarılara içsel tepki verebilen veya kontrollere ilişkin hesaplama geliştirmelerine sahip cihaz veya sistemlere, akıllı malzemeler yerleştirilmiştir.
Akıllı ortamlar	Bütün ortamın içsel ve bilişsel olarak yönlendirilmiş tepki değişimleri, koşullar ve iç veya dış uyarıları kullanan akıllı cihazlar ve sistemlerden oluşur.

**Tablo 9.** Akıllı Malzeme, Sistem ve Ortamların Ayırt edilmesi (Addinton & Schodek, 2005'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Akıllı malzemeler, pek çok yönden farklı dallar tarafından incelenmiş ve tasarımlarda uygulanmaya başlanmıştır. Uygulandığı noktalar henüz çok yaygın olmamakla beraber tasarım alanında da kendini göstermeye başlamıştır. Materyalin kullanımı her alan adına belirli bir metot gerektirmektedir. Mevcut malzemeler tasarımca çok sayıda farklı nitelikte türe ayrılmakta olup sınıflandırma metodu kullanım alanına göre değişmektedir. Akıllı malzemeler birçok üründe yer alarak kimi geleneksel malzemenin yerine kullanılmaya ve yapısındaki davranış ile kullanıldığı noktalarda potansiyel teknoloji çözümleri sunmaktadır. Normatif sınıflandırmada ürün daha sonra birkaç ayrı kategoriye ayrılır ve bu da malzemenin çok yönlü karakterini ve performansının dikkate alınmasını özellikle zorlaştırmaktadır. Sınıflandırma şeklinin akıllı malzemelerin çok yönlü yapısal özellikleri göz önünde tutularak yapılması önem taşımaktadır.

Akıllı malzemede sınıflandırmanın çok katmanlı bir biçimde olması, bir katmanın malzemeyi fiziksel davranışlarına göre ve başka bir katmanın malzemeyi fenomenolojik davranışına göre (fiziksel davranışın sonuçları) karakterize etmesi gerekmektedir. Malzeme mimari anlamda değerlendirilecek olursa, sınıflandırmanın eylem alanlarına göre yapılması, malzemenin yapı veya tasarımdaki rolü üzerinden işlevinin tariflenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, kullanılan akıllı bir malzeme

enerji çevreleri (ışık, termal, akustik) üzerinde doğrudan etki yaratabilmekte veya sistemler üzerinde dolaylı etkiler (enerji üretimi, mekanik ekipman) oluşturabilmektedir. Bu yaklaşım, tasarımcıların çevre tasarımı ile ilgili akıllı malzeme ve sistemlerin kullanımını değerlendirmede işlevsel anlamda çok yararlı olabilmektedir (Addington & Schodek, 2005) .



**Görsel 33.** Barrisol Welch ısıyla şekil değiştirebilen gergi tavan sistemleri (Barrisolwelch, 2012)

Akıllı malzemeler genellikle içsel ve dışsal nitelikte olan bazı özellikleriyle ayırt edilmektedir. Malzemenin içsel bir özelliği, moleküler yapısı ve özellikle kimyasal bileşimi tarafından belirlenmektedir. Bu doğrultuda belirlenen malzeme, bütün yapısal (içsel) özellikleriyle de tanımlanmaktadır. Örneğin, malzemenin mukavemet özelliği, yapısını oluşturan moleküller arası kuvvetlerle ilişkili olarak moleküllerin içindeki atomlar arası kuvvetlerle ilgili olmaktadır. Bu doğrultuda kuvvetler ne kadar yüksek olursa mukavemet ve sertlik miktarı da o denli yüksek olmaktadır. Belirtilen molekül içi ve moleküller arası kuvvetlerin aynı zamanda malzemenin erime ve kaynama noktaları ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir. Örneğin; elmas atomlar arası ve molekül içi kuvvetleri bakımından çok güçlü bir yapıya sahip olan en sert malzemelerden biri olmanın yanı sıra olağanüstü yüksek bir erime noktasına sahip bir materyal olarak bilinmektedir. Bir malzemenin genel anlamda yapısal(içsel) olarak bilinen mukavemetinin yanı sıra, esnekliği ve dayanımını da içeren mekanik özellikleri, iletkenlik, özgül ısı ve yoğunluk gibi fiziksel özellikleri, reaktivlik, değerlik ve çözünürlük gibi kimyasal özellikleri de yapısal (içsel) olarak görülmektedir. Dışsal özellikler, malzemenin iç yapısındaki bileşim tarafından doğrudan belirlenemeyen özellikler olup malzemenin makro yapısı ile tanımlanmaktadır. Bir malzemenin optik özellikler olarak nitelenen; yansıtıcılık, geçirgenlik, emicilik vb. özellikleri dışsal nitelikler olarak bilinmektedir. Metal bir malzemenin yüzeyinin basitçe parlatılması



yansıtıcılığında önemli bir değişiklik yaratacaktır. Malzemelerin dışsal özellikleri kimi zaman çevrelerindeki enerji alanlarının niteliğine bağlı olmaktadır. Malzemenin rengi bulunduğu ortam ve gelen ışığın spektral dağılımına bağlı olarak değiştiğinden, malzemenin kendi özelliği olarak kabul edilmemektedir (Addington & Schodek, 2005).

Malzemenin özellik değişimi, içsel bir nitelik olup malzemeye enerji girişi ile başlatılan, materyalin bileşiminde bir değişiklik veya mikro yapısında oluşturulacak bir değişiklik ile üretilebilmektedir. Giriş enerjisi, çeşitli formlarda olabilmektedir. Örneğin; elektrik, ısı, kimyasal, mekanik veya radyasyon içeren çeşitli formlarda olabilmektedir. Bir enerji girişi olduğunda çoğu malzeme benzer nitelik değişimine maruz kalabilmektedir. Örneğin; çelik bir levha sıcak haddelemeye (merdaneleme) maruz kaldığında mikro yapısında değişiklikler meydana gelerek malzemenin özelliklerini değiştirmekte ve kalitesini yükseltmektedir. Bu durumun aksine akıllı malzemeler enerji girişi kaldırıldığında, orijinal özelliklerine geri dönerek değişiklikleri de tersine çevirebilmektedir (Addington & Schodek, 2005).

Her malzemenin belirli uyarılara tepkisi olabilmektedir. Addington ve Schodek (2005)'e göre; bu doğrultuda, tüm malzemeler içsel veya dışsal, akıllı veya akıllı olmayan nitelikte olmasına bakılmaksızın, beş kategoriden birine veya daha fazlasına dahil olabilmektedir. Mekanik, termal, elektrik, kimyasal ve optik olarak verilen kategoriler, her malzemenin yanıt vermesi gereken enerji uyarılarını göstermektedir. Çevresel enerji uyarıları, çevresel alandaki farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Bu farklılık dönüşümü beraberinde getirerek enerjinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Sıcaklık farkının ısı, basınç farkının ise mekanik bir enerji üretmesi örnek olarak gösterilebilmektedir. Malzemelerin ortamdaki farklılıktan kaynaklanan enerji oluşumuna aracılık eden malzemenin karakteristik özellikleri olmaktadır. Malzemelerin sınıflandırılmasına etkiyen durumlardan biri olarak, genellikle farkın doğasını yansıtan birimlere sahip olan özelliklere dikkat edilmektedir. Akıllı materyallerin fiziksel nitelikleri, içerisinde bulunduğu enerji ve bu alandan kaynaklanan enerji girdisinin dönüştürüldüğü mekanizma ile belirlenmektedir.

- Mekanizma, akıllı malzemenin moleküler yapısını değiştirip maddenin iç

yapısını etkiliyorsa, girdiye verilen yanıt malzemenin özellik değiştirmesine neden olmaktadır.

- Mekanizma, malzemenin enerji durumunu değiştirir ancak malzemenin yapısal niteliğini değiştirmezse, enerji girdisi bir formdan diğerine enerjinin alışverişiyle sonuçlanmaktadır.

İki farklı mekanizmanın ayırdı, nitelik değişikliği türü adına malzeme enerji girdisini emer ve bir değişim geçirmektedir. Ancak enerji değişim türü için malzemenin niteliği olduğu gibi kalırken enerji girdisi değişime uğramaktadır. Mekanizmaların ortak noktası olarak, ikisinde de mikro ölçekte çalışarak, malzemenin yapısında gerçekleşen değişikliklerin ve enerji değişimlerinin moleküler bir seviyede gerçekleştiği görülmektedir. Addington ve Schodek (2005) bu açıklamalardan yola çıkarak akıllı malzemeleri tip 1 ve tip 2 olarak (Tablo 10.) iki gruba ayırmaktadır:

- Tip 1- ortam koşullarındaki bir değişime tepki olarak özelliklerinden birini (kimyasal, mekanik, optik, elektrik, manyetik veya termal) değiştiren ve harici kontrole ihtiyaç duymadan yapan bir malzeme.
- Tip 2- istenen son durumu gerçekleştirmek için enerjiyi bir formdan diğerine dönüştüren bir malzeme veya cihaz.

<b>Tip 1: Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler</b>	
Renk Değiştiren:	Fotokromikler, Termokromikler, Mekanokromikler, Kemokromikler, Elektrokromikler
Faz Değiştiren :	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>	
Işık Yayan:	Lüminesans, Floresan ve fosforesans, Fotolüminesans, Elektrolüminesans
Enerji Alışverişi:	Temel Yarı İletkenler, Fotovoltaikler, Ledler, Transistörler, Termoelektrikler, Piezoelektrik
Şekil Hafızalı Alaşımlar(SMA):	Şekil Bellek Polimerleri, Şekil Bellek Alaşımları

**Tablo 10.** Akıllı Malzemelerin sınıflandırılması (Addinton & Schodek, 2005'in verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Akıllı malzemelerin sınıflandırılması, farklı araştırmalarda değişerek ilerlemiştir. Örneğin; Axel Ritter'ın, Smart material in architecture, interior architecture and design (Ritter, 2007) kitabına göre oluşturulan sınıflandırmaya göre; ışık, uv ışık(görünür ve görünmez dalga boyu aralığındaki ışık), sıcaklık, basınç, elektrik alanı, manyetik alan, kimyasal çevre, fiziksel ve kimyasal etki uyaranları, akıllı malzemelere etkiyen uyaranlar olarak tariflenmekte olup, akıllı malzemeler üç ayrı sınıf olarak; nitelik değişimi, enerji ve madde alışverişi yapan akıllı malzemeler biçiminde aktarılmaktadır (tablo 11.).

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

**Tablo 11.** Akıllı Malzemelerin sınıflandırılması (Ritter, 2007'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Akıllı materyaller, tasarlanma amacı ve yapısal bileşenleri doğrultusunda farklı girdilere tepki verebilmekte olup sınıflandırma sistemi de aynı doğrultuda çeşitlenmektedir. Sınıflandırmanın farklılaşmasındaki bir diğer etkenin ise akıllı malzemelerin gelişiminin teknolojik bir süreçle doğru bir orantıda olması ve artan çözüm arayışı, ihtiyaçlar neticesinde günden güne çeşitliliğin artışı olduğu görülmektedir. Aktarılan tablolarda yer alan, akıllı malzeme türleri ve malzeme sınıflandırması, tasarım ve mimari odağında ele alınmakta olup kullanılan malzemeler üzerinden yapılmıştır. Tasarım odağının temel alındığı bir aktarımın yapılmasında amaç, çalışmanın amaçladığı ürün-malzeme-kullanıcı bağlamında malzemenin tasarım ile etkileşimine değinmektir. Tasarım odağında yapılan sınıflandırma ve araştırmaların incelenmesinden yola çıkılarak seçilen materyaller, literatür ve örnekler vasıtasıyla ele alınacaktır.

### **3.2.2.1. Özellik Değiştiren Malzemeler**

#### **a. Renk Değiştiren Akıllı Malzemeler**

Kromojenik (renk değiştiren) akıllı malzemeler, kendi içerisinde isimlerini enerji kaynağından alan, optik özelliklerin değiştirilmesini destekleyen çeşitli kategorileri bulunmaktadır (Ferrara & Bengisu, 2014). Bu enerji kaynakları malzemeye dışarıdan etkiyen girdiler olarak malzemenin optik özelliklerinde değişikliklere (emicilik, yansıtma veya saçılma) neden olmakta ve bu durum materyalin gerçek anlamda bir renk değişimine uğramadığını göstermektedir. Renk değişiminin algılanmasındaki temel neden optik özelliklerin farklılaşması olup bu özellikler çeşitli dış uyaranlar (ısı, ışık veya kimyasal ortam vb.) etkisiyle değişmektedir (Addington & Schodek, 2005).

Renk ve optik özellik olarak değişebilen akıllı malzemeler, bir uyarıcının dış etkisiyle bir veya daha fazla etkiye (ışığın, sıcaklığın, sıkıştırmanın, elektriksel veya manyetik alanın ve/veya kimyasal) tepki olarak renklerini ve/veya optik özelliklerini tersine değiştirebilen malzemeleri ve ürünleri kapsamaktadır.

Renk ve optik özellik olarak değişen akıllı malzemeler, harekete geçiren uyaranlara göre aşağıdaki gibi ayırt edilebilmektedir (Ritter, 2007):

- Fotokromikler: Işık uyarımıyla renk değiştiren malzemelerdir.
- Termokromikler: Sıcaklık değişimi nedeniyle renk değiştiren malzemelerdir.
- Mekanokromikler: Basınç ve / veya deformasyonlar sebebiyle renk değiştiren malzemelerdir.
- Kemokromikler: Kimyasal bir çevrenin etkisinde kaldığında renk değiştiren malzemelerdir.
- Elektrokromikler: Elektriksel bir alan uyarımında renk değiştiren malzemelerdir. Günümüzde elektrokromik malzemeler için büyük bir pazar, özellikle gece sürüş güvenliği için parlamayı algılayan ve otomatik olarak telafi eden dinamik yansımaya önleyici aynalardır (Ferrara & Bengisu, 2014).

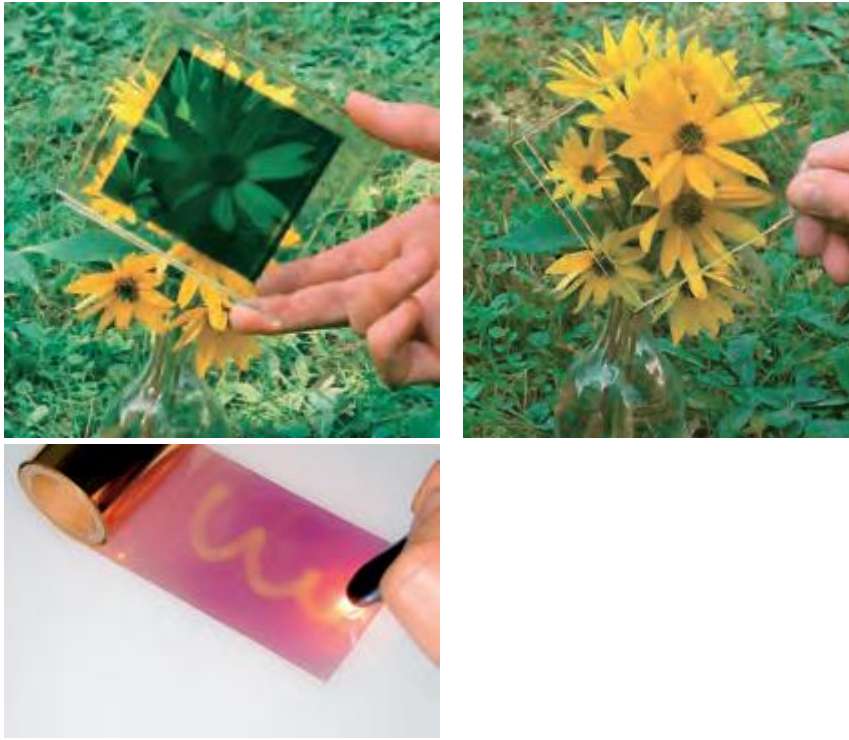
	Malzemenin Türü	Girdi / Uyarı	Çıktı / Tepki
Renk Değiştiren Akıllı Malzemeler	Fotokromik	Işık, ışıma	Renk değişimi
	Termokromik	Sıcaklık değişimi	Renk değişimi
	Mekanokromik	Basınç	Renk değişimi
	Kemokromik	Kimyasal konsantrasyon	Renk değişimi
	Elektrokromik	Elektrik potansiyeli değişimi	Renk değişimi

**Tablo 12.** Renk değiştiren belirli akıllı malzemelerin uyarılarına göre sınıflandırılması (Addinton & Schodek, 2005'in verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

### Fotokromik Malzemeler

Fotokromik malzemeler, gelen ışık yoğunluğundaki veya ışığın spektral dağılımındaki değişimlere tepki vererek renklerini tersine çevirerek değiştirmektedir.

Fotokromik materyaller genellikle kararsız organik moleküller olduğu için; ışık yumuşak olduğunda saydam ve renksiz özellik göstermektedir. Birbirine yakın UV (ultraviyole) elektromanyetik spektrumlarının enerjik açıdan zengin fotonları tarafından elektromanyetik radyasyonun ısıtılma etkisi nedeniyle, aktive olurlar ve moleküler yapılarını ve ışık iletim miktarlarını değiştirirler, böylece çıkıştaki renk spektrumu, bir renk ve azaltılmış şeffaflık göstermektedir. Parlak uyarın çıkarıldığında, malzeme orijinal moleküler yapısına geri döndüğü için renk kaybolmaktadır. Birçok biyolojik sistem fotokromizm göstermektedir. Örneğin; rhodopsin, göz retinasında bulunan doğal bir fotokromik maddedir (Ferrara & Bengisu, 2014; Klán & Wirz, 2009).



**Görsel 34.** Fotokromik BR bazlı film. Üzerine hafif bir kalem kullanarak bilgi yazılabilir. Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü teknolojisi: ışık heyecanından önce ve sonra fotokromik ve foto-elektrokromik cam sistemlerinin teknoloji göstergileri (Ritter, 2007)

Fotokromik malzemeler, kullanım odağına bağlı olarak farklı formlarda geliştirilebilmekte olup pigment formundaki fotokromik akıllı malzemeler geleneksel malzemelerle karıştırılarak bir renkten diğerine değişen etkileri olan boyalar ve mürekkepler elde etmek için diğer yaygın pigmentlerle kombinasyon halinde kullanılabilir. Bazı cihazlar, farklı enerji emilimine sahip iki geleneksel malzeme tabakası arasına yerleştirilen fotokromik maddelerden oluşmaktadır (Görsel 34.). Çalışma prensibi ışığın emilimine dayanan bu malzemeler genellikle

ultraviyole (UV) ve kızılötesi (IR) radyasyonun sınırlamasının, örneğin güneşten korunma için optik lenslerde olduğu gibi, temel bir amaç olduğu bağlamda kullanılabilir (Ferrara & Bengisu, 2014).



**Görsel 35.** Fotokromik bir camda görme: solda, düşük ışık koşullarında cam şeffaftır; sağda, yüksek parlaklık koşullarında cam gizlenir. Rudy Projesi'nin izniyle (Ferrara & Bengisu, 2014)

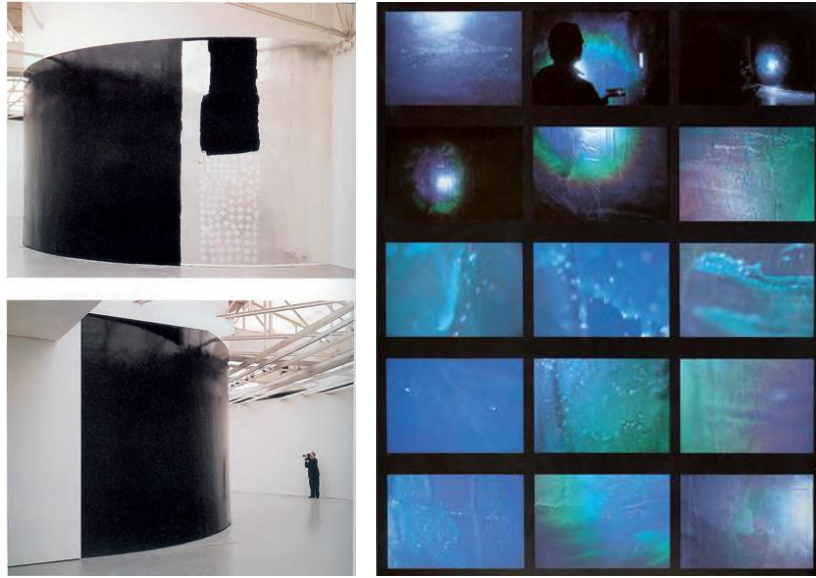
Fotokromizm ortaya çıkışındaki etmen olarak, on dokuzuncu yüzyılda fotokromik gözlüklerin geliştirilmesi için incelenmesi gösterilmektedir. Fotokromik gözlükler, ışık yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak iletim katsayılarını değiştirebilmektedir. İçlerinde bulunan gümüş halojenürlerin ve bakır katkı maddelerinin etkisi sayesinde, bu gözlükler güneş ışığına maruz kaldıklarında genellikle gri bir renge dönüşerek, özellikle güneş tarafından yayılan ısıyı tarayan, kızılötesi radyasyon için bir filtre görevi görmektedir (Görsel 35.). Fotokromik camlar ayrıca fotoğraf çoğaltımı ve “hassas” sistem ve binalar gerçekleştirmek için de kullanılmaktadır. (Ferrara & Bengisu, 2014) Fotokromik pencerelerin kullanımı, camda muntazam bir fotokromik madde homojenliği elde etme ve yorgunluk olarak da adlandırılan zamanla kademeli olarak tersinirlik kaybı gibi bazı teknik ve süreçle ilgili sorunlar nedeniyle bugüne kadar sınırlandırılmıştır. Ancak deneysel çalışmalar ile zamanla, fotokromik tabaka boyutunun artması ve teknik sorunların çözülebilir hale gelmesiyle maliyet düşerek kullanımı artmış, böylece teknoloji daha kullanılabilir bir hale getirilmiştir.

### **Termokromik Malzemeler**

Renk değiştirebilen akıllı malzemelerin maruz kaldıkları etkiye tepki olarak optik özelliklerinde değişimler gözlemlenmektedir. Tepkinin benzer olmasına karşın bu malzemeler farklı uyaranların etkisinde kaldığından kategorizasyonu da aynı



doğrultuda enerji kaynağına göre şekillenmektedir. Termokromik malzemeler, sıcaklık değişim uyarımı üzerine renk değiştirmektedir. Çoğunlukla termokromik renk değişimi tersinir olabilmekle birlikte geri dönüşü olmayan renk değişikliği gösteren malzemeler de bulunmaktadır. Farklı gruplara (Polimerler, katı hal yarı iletkenleri veya sıvı kristaller gibi) ait malzemeler termokromik davranış gösterebilmektedir. Termokromik etki, ilgili malzemeye bağlı olarak belirli bir sıcaklıkta ani biçimde olabilmekte veya bir sıcaklık aralığında kademeli olabilmektedir. Bu aralık termokromik anahtarlama veya geçiş sıcaklığı olarak tanımlanmaktadır. Kullanılan malzemenin türüne bağlı olarak, anahtarlama sıcaklığını farklı yaklaşımlarla ayarlanabilmektedir (Ferrara & Bengisu, 2014).



**Görsel 36.** Sigmar Polke, Almanya Duvar montajı | Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris, ARC, Paris, Fransa (1988) Termokromik Boya (Sentetik Bir Tutucu Sıvı Kristaller) Renk değişimine göre sıcaklık farklılıklarının (hava durumu) gösterimi (Ritter, 2007)

Termokromik akıllı malzemelerin farklı sıcaklıklarda farklı renk durumlarını benimsemeleri ve renk değişimlerini ve sıcaklık dalgalanmalarına tepki olarak sayısız kez orijinal renklerine dönme kapasiteleri onları özellikle ilginç kılmaktadır. (Ferrara & Bengisu, 2014) Bu doğrultuda termokromik malzemelerin kullanımı çeşitli kombinasyonlarda ve ürünlerde kendini geliştirerek göstermektedir. 1988'de Sanatçı Sigmar Polke XLII'de Alman pavyonu için Hydrowand'ını tamamladıktan iki yıl sonra sıvı kristallerden ve sentetik bir bağlayıcıdan oluşan geniş bir sıcaklığa duyarlı, renk değiştiren boya alanı ile dışbükey kavisli bir duvar kaplayarak termokromik özellik gösteren yapıyı oluşturmuştur (Görsel 36.). Thermowand, üç farklı sıcaklık aralığında renk değiştiren üç farklı tipte sıvı kristalin kullanılmasıyla, üzerine düşen



güneş ışığına tepki göstererek güneşin günlük yolunu göstermeyi amaçlamaktadır. Yapıda termokromik dispersiyon boya, 20 ° C ila 22 ° C, 20 ° C ila 25 ° C ve 27 ° C ila 33 ° C sıcaklık aralıklarını kapsayacak şekilde özel olarak seçilen sıvı kristal maddeler kullanılmıştır. Resim özelliği göstermesi adına tuval, duvara yapıştırılmış neme dayanıklı bir alüminyum membrandan oluşmaktadır. Boya toluen içermesi sebebiyle zehirliydi ve sanatçı solunum maskesi takmak zorunda kalmıştır. Yapının olası renk spektrumu siyahtan (soğuk, <20 ° C) mor-kırmızı, kırmızı, sarı, sarı-yeşil ve yeşil-mavi ile turkuaz (sıcak, > 26 ° C) arasında değişmektedir. Plan, çatı konstrüksiyonunun sürekli değişen bir "gölge çizimi" yaratması üzerine geliştirilmiştir. Güneş ışığının Thermowand'a planlandığı gibi ulaşmayı başaramaması nedeniyle, duvarın nasıl çalıştığını göstermek için bir kızılötesi lamba takılmıştır (Ritter, 2007). Termokromik materyallerin farklı ışığın spektrum farkının sıcaklık miktarına etkisini birleştiren bu tasarım ile uygun fiziksel şartların sağlanması halinde termokromik materyaller farklı noktalarda da kullanılarak çeşitli tasarımlara dahil edilebileceği görülmektedir.

### **Mekanokromik Malzemeler**

Mekanokromik malzemeler, kendilerine uygulanan mekanik basınç değişikliğiyle renkte veya şeffaflıkta bir değişiklik göstermektedir. Mekanokromik özellikteki akıllı malzemeler, sıkıştırma, çekme veya daha karmaşık etki formlarına yanıt verebilmektedir. Literatürde, Piezokromik terimi aynı malzeme grubunu tanımlamak için de kullanılmaktadır. Termokromik veya fotokromik materyaller gibi diğer renk ve optik özellik değişimi gösteren materyal tiplerine kıyasla, mekanokromik malzemeler kısmen ilgili teknoloji henüz olgun olmamasından kaynaklanarak şimdiye kadar çok ilgi görememektedir. Mekanokromik malzemelerle ilgili patent sayısı bile nispeten az bulunmaktadır. Çeşitli polimerlerde ve inorganik malzemelerde mekanokromik aktivite gözlemlenmektedir. Son dönemde Seeboth ve ekibinin (2011) polimerik bir karışım geliştirerek çok düşük basınç seviyelerine cevap verebilir ve kırmızıdan yeşil renge geri dönüşümlü olarak geçiş yapabilmektedir. Çeşitli çubuklarda geri dönüşümlü bir mekanokromik etki elde etme yeteneği, pratik ve ekonomik olarak uygulanabilir uygulamalar için önemli bir başarı olarak görülmektedir (Ferrara & Bengisu, 2014).



**Görsel 37.** ANREALAGE ve Kunihiko Morinaga, 2018 İlkbahar Yaz Bayan Pist Podyumu (Morinaga, 2018)

Mekanokromik malzemeler çok yaygın kullanılmamasına karşın günümüzde pek çok türdeki akıllı malzemeler gibi tasarımcıların ilgisini çekmektedir. ANREALAGE ve Kunihiko Morinaga, 2018 İlkbahar Yaz koleksiyonunda mekanokromik şerit detaylar kullanılmaktadır (Görsel 37.) (Morinaga, 2018).



**Görsel 38.** Polimer opal gerildiğinde kademeli olarak maviye döner ve orijinal rengine döner, bu durumda yeşil. Courtesy University of Cambridge (Ferrara & Bengisu, 2014)

Mekanokromik malzeme kullanılan ürünler çoğunlukla halen geliştirilmektedir. Cambridge Üniversitesi ve Fraunhofer Enstitüsü'nden araştırmacıların, “polimer opal” adını verdikleri bu malzeme ile; doğal opaller, farklı katmanlara yerleşen silika küreler nedeniyle çok sayıda renk sergilerken, polimer opaller, tercih edilen bir nano parçacık katmanından oluşarak tekdüze bir renk elde edilebileceği keşfedilmiştir. (University of Cambridge 2013). Polimer opalin dikkat çekici bir özelliği, doğada bulunan aynı fiziksel prensiplere dayanan, bazı böceklerde, kelebeklerde ve tavus

kuşlarında bulunanlara benzer yoğun renklerden kaynaklanmaktadır. Bu renk türü, nano ölçekli katmanların yapısal yerleşimi nedeniyle ışığın kırılması sonucu oluşmaktadır. Bu materyal yapısal renge sahip olmakta ve yapısal rengin önemli bir avantajı olarak yapı korunduğu sürece zamana ve sıcaklığa bağlı olmaması gösterilmektedir.

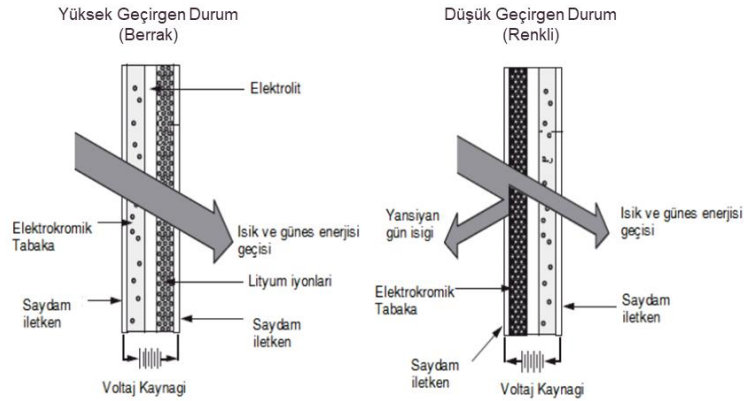
Yapısal renk gösteren malzemelerin, çoğu boyalı veya basılı reklamlarda olduğu gibi zamanla solmamasını sağlamaktadır. Temel malzeme kauçuksu bir kıvama sahip olduğundan polimer opaller gerilebilmekte ve bükülebilmektedir (Ferrara & Bengisu, 2014). Gerildiklerinde, nanoküreler arasındaki boşluk artarak spektrumun mavi aralığına bir renk değişikliğine neden olmaktadır (Görsel 38.). Malzemenin sıkıştırılması, kırmızıya doğru bir renk geçişi ile sonlanmakta ve bırakıldığında, malzeme orijinal rengine geri dönmektedir. Böylece malzemenin renk değişimi moleküler düzeyde çeşitli ürünlere adapte edilerek materyalin kullanım alanını artırmakta ve kullanıldığı alanlarda kimi tespitlerin hızlandırılmasını sağlamaktadır.

### **Elektrokromik Malzemeler**

Elektrokromik (EC) malzemeler, bir elektrik alanının uygulanması veya bir elektrik yükünün aktarılması üzerine rengi veya opaklığı tersinir olarak değiştirmektedir. Mimar ve araştırmacı Axel Ritter (Ritter, 2007), rengi tersinir şekilde değiştirebilen elektrokromik malzemeler ile elektriğe yanıt olarak optik özelliklerini (ör. Şeffaflık veya opaklık) tersinir biçimde değiştirebilen elektro-optik (EO) arasındaki farkı vurgulamaktadır. EO materyallerinin örnekleri arasında polimer dağılmış sıvı kristaller, asılı parçacık aygıtları ve mikro-güneşlikler içeren filmler yer almaktadır. Elektrokromizm fenomeni hakkındaki ilk keşifler, Kraus'un bir elektrik alanının uygulanması üzerine tungsten trioksitin yoğun bir mavi renk aldığını kaydettiği 1953 yılına dayanmaktadır (Ferrara & Bengisu, 2014). Çalışmalar, elektrokromik etki geçiş metali oksitler (TMO) (tungsten, molibden, titanyum, niyobyum, vanadyum, iridyum, kobalt, nikel oksitleri) dahil olmak üzere bazı inorganik malzemelerde meydana geldiğini göstermektedir.

Elektrokromizm, Addington ve Schodeck (2005)'in kitabına göre, bir malzemeye etkiyen elektrik akımı veya potansiyelinin tersinir biçimde renk değişimi biçiminde

tanımlanmaktadır. Örnek olarak elektrokromik bir cam, elektrik akımı veya potansiyelinin etkisi ile aktifleşerek koyulaşmakta, gerilimin ters yönde çevrilmesi ile açıklanmaktadır. Renk değiştiren akıllı materyaller içerisinde elektrik aktivasyonu ile renk değiştiren üç materyal sınıfı bulunmaktadır bunlar; Elektrokromik, sıvı kristaller ve asılı parçacıklar olarak tanımlanmaktadır (Yağlı, 2019; Addington & Schodek, 2005). Elektrokromik cam materyaller birlikte çalışabilen çeşitli materyal katmanlarını içeren bir bileşime sahip olmaktadır. İçerisinde yer alan katmanlar sayesinde, camın şeffaflık ve renk tonu ayarlaması elektrik aracılığıyla kontrol edilerek ısı ve ışık geçirimi ayarlaması sağlamaktadır. Elektrokromik kaplamalar 5 tabakadan oluşan nikel veya tungsten metali kullanılarak oluşturulmaktadır. Materyaller, iki şeffaf iletken arasına yerleştirilmektedir. İletkenlere voltaj uygulandığında cam içerisinde bir elektrik alanı oluşarak, yaklaşık 4 mikron boyutlarındaki renklendirici iyonların (genellikle lityum ve hidrojen) elektrolitten, elektrokromik tabakaya doğru hareket etmesi sağlanmaktadır. Elektrokromik yüzeyde meydana gelen reaksiyonun etkisiyle elektrokromik yüzey koyulaşarak mavi bir renk görülür (Prusya mavisini) böylece saydam olmayan fotokromik camların koyu yüzeylerine benzer bir yüzey elde edilebilmektedir. (Kazanasmaz & Diler, 2011). Elektrokromik camların verilen voltaja bağlı olarak renklenme yayılımı değişebilmektedir. Malzeme kesiti incelendiğinde yüksek geçirgen durumdan düşük geçirgen duruma dönüş gösterilmektedir (Görsel 39-40.).



**Görsel 39.** Elektrokromik cam kesiti, çalışma prensibi ve geçirgen ve yansıtıcı konumda davranışı (Kazanasmaz & Diler, 2011; Lee & Taviil, 2007).



**Görsel 40.** Farklı yansıtıcı ve şeffaf durumlarına sahip olan akıllı pencere. Gesimat teknolojisi: elektrokromik cam sistemi (Ritter, 2007).

Elektrooptik materyaller (EO), elektrokromik materyallere göre daha iyi performans göstermiştir. EC yani elektrokromik malzemeler ilk olarak ekranlarda denenmiştir. Sıvı kristaller, televizyonlarda ve elektrokromik katmanlı cam sistemlerinde kullanılmaktadır (Ritter, 2007). Elektrokromik malzemeler ışık etkisiyle renk değişimi gösterirken, elektrooptik malzemelerin, sıcaklığa tepki olarak optik (örn. şeffaflık) özelliklerini değiştirebilen malzeme veya bileşenler olduğu belirtilmektedir. Günümüzde, yapı ve tasarımda elektrokromik ve elektrooptik filtre ve cam sistemlerin yanı sıra elektrokromik boya ve polimerler de kullanılmaktadır.

#### **b. Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler**

Şekil değiştiren akıllı malzemeler; ışık, sıcaklık, basınç, kimyasal, elektrik veya manyetik alan gibi çeşitli dış uyaranlara maruz kaldığında tepki olarak şekil ve boyutlarını değiştirebilmektedir.

Şekil değiştiren malzemeler içerisinde; yalnızca şekil, yalnızca boyut veya hem şekil hem boyutlarını uyaranlar doğrultusunda değiştirebilen malzeme ve ürünler bulunmaktadır. Bu değişiklikler malzemelerin yapısal özelliklerindeki çeşitli ilkeler doğrultusunda gerçekleşmektedir. Şekil değiştiren akıllı materyaller, tepki verdikleri uyaranın türüne göre altı alt kategoriye ayrılmaktadır (Görsel 13.) (Ritter, 2007).

Şekil değiştiren akıllı malzemeler literatürde aynı zamanda faz değiştiren malzemeler olarak da tanımlanmaktadır. Addington ve Schodek (2005) genel bir tanım olarak “Çoğu şekil değiştiren malzeme bir fazdan diğer faza geçer” şeklinde aktarmaktadır. Bu tanımlama malzemenin en genel özelliği olan faz/şekil değişimi üzerinden yapılmakta olup kategorizasyonda materyalin sergilediği davranışın

uyaranı baz alınmaktadır. Örneğin; termostriktif malzemeler sıcaklık değişimi ile elektrostriktif malzemeler elektrik alanının uyarımı ile şekil değiştirmektedir.

	Malzemenin Türü	Girdi / Uyarın	Çıktı / Tepki
Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler	Fotostriktif	Işığın etkisiyle uyarılmış (elektromanyetik enerji).	Şekil Değişimi
	Termostriktif	Sıcaklığın etkisi ile uyarılmış (termal enerji).	
	Piezoelektrik	Basınç veya gerginlik etkisi (mekanik enerji) sayesinde uyarılmış.	
	Elektroaktif	Elektrik alanının etkisi ile uyarılmış (elektrik enerjisi).	
	Manyetostriktif	Manyetik alan etkisi (manyetik enerji) ile uyarılmış.	
	Kemostriktif	Bir kimyasal çevrenin etkisi ile uyarılmış (kimyasal enerji).	

**Tablo 13.** Şekil değiştiren belirli akıllı malzemelerin uyarınlarına göre sınıflandırılması (Ritter, 2007'nin verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)

Ritter (2007), şekil değiştiren akıllı malzemelerin mimari ve tasarım alanında en yaygın kullanım türleri, termostriktif, piezoelektrik, elektrostriktif ve kemostriktif malzemeler olduğu ifade etmektedir. Zaman içerisinde diğer şekil değiştiren materyaller olan, fotostriktif ve manyetostriktif malzemelerin de kullanımının artacağı öngörülmektedir.

### Termostriktif Malzemeler

Şekil değiştirebilen akıllı malzemeler buldukları ortam ya da etkisinde kaldıkları uyarınlara tepki olarak şekil değiştirmektedir. Termostriktif materyaller, ortam

sıcaklığındaki değişimlerin etkisine tepki olarak Şekil ve boyutlarını tersine çevirebilen akıllı materyaller olarak tanımlanmaktadır. Sıcaklıktaki değişim, materyalin iç ısıl durumunu, yüzeyinden çevresine sürekli biçimde ayarladığı pasif bir etki gösterebilmektedir. Bu malzemeler ayrıca, ısıtma ve soğutma yoluyla aktif bir etki gösterebilmektedir. Aktif ısıtma, bir elektrik alanı uygulanarak doğrudan bir ısıtma yahut ısı iletimi veya radyasyon uygulanması ile dolaylı bir ısıtma olabilmektedir (Ritter, 2007). Termostriktif akıllı materyallerin çeşitlendirmesi olmakla birlikte en yaygın olarak bilinen türü Şekil bellek efekti gösteren malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Şekil bellek efekti, Şekil hafızalı malzemelerin orijinal isminde yer alan “ezberleme” yeteneğini temsil etmekte olup malzemelerin, orijinal Şeklinin uygun uyaranlar altında geçici deforme olmuş bir Őekilden geri dönüşmesine izin vermektedir. Şekil bellek efektinin (SME): sabitlenebilirlik ve kurtarılabirlik olmak üzere iki niteliğı bulunmaktadır. Sabitlenebilirlik, Şekil hafızalı malzemeler (SMM)'in uygun bir programlama işlemini (yani, Şekil sabitleme) yoluyla, orijinal deforme olmayan Őekilden geçici bir forma dönüşme yeteneğini ifade etmektedir. Kurtarılabirlik ise, orijinal formu kurtarma yeteneğini göstermektedir.

Programlama sürecinde, Şekil hafızalı malzeme (SMM) mekanik olarak deforme olur ve deforme olan Şekil geçici olarak sabitlenmiş olmaktadır. Şekil hafıza efektinin en önemli özelliğı, olarak uygun uyaranların yokluğunda değişmeyen bu geçici olarak deforme olmuş Őeklin stabilizesi gösterilebilmektedir. Geçici Şekil, uygun bir uyarana maruz bırakılarak orijinal kalıcı Şekli kurtarmak için aktif olarak tetiklenmektedir (Hu, 2014). Şekil bellek efektini daha temel bir tanımla ile Addington ve Schodek (2005) e göre:

“Bükülebilir gözlük çerçeveleri, sıkıştırılmış bir biçimde eklenerek sonrasında arterleri açabilmesi için vücut tarafından ısıtıldığında doğru boyutta ve Şekilde genişleyen aralıklarla açılan tıbbi stentler, dizüstü bilgisayarlardan diskleri çıkartan küçük aktüatörler, 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.” (s. 105)

Şekil bellek efekti gösteren materyaller içerisinde, “Şekil Hafızalı Alaşımlar” ve “Şekil Hafızalı Polimerler” yer almaktadır.

### **Şekil Hafızalı Alaşımlar**

Termostriktif materyaller içerisinde en bilinen ve günümüzde tıp, uzay teknolojisi, ürün tasarımı gibi birçok alanda karşımıza çıkan türdeki akıllı malzemelerin şekil bellek efekti gösteren malzemeler olduğu görülmektedir. Şekil hafızalı alaşımlar programlanabilen bir biçimsel hafıza oluşumuna sahip malzemeler olup, biçimleri belirli formlarda sabitlenerek bir etkiye maruz kaldığında değişebilen ve etki ortadan kalktığında ise tekrar sabit formuna dönebilen akıllı malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Ritter (2007) araştırmalarında şekil hafızalı alaşımların, farklı kaynaklarda şekil hafıza metalleri veya hafıza metalleri olarak da adlandırıldığına değinerek, şekil hafızalı alaşımların (SMA), en az iki farklı metalik bileşenden oluşarak termomekanik bir işlemde geçtikten sonra, daha önce programlandıkları bir şekli almak için, tersine çevrilebilir ve sıcaklığa bağlı bir özelliğe sahip olduklarını açıklamaktadır. Bu etki, iki kristal yapı arasındaki tekrarlanabilir faz değişimine dayanmaktadır. Kritik bir sıcaklığın üzerinde metaller sert, yüksek mukavemetli, östenitik kristal kafes yapısına sahiptir, bu sıcaklığın altında yumuşak, kolay deforme olabilen martensitik kristal örgü yapısına dönüşmektedir (Ritter, 2007).

Malzemelerin içerdiği kristal yapılara (martensite-austenite), sırasıyla malzeme bilim adamı Sir William Chandler Roberts-Austen (1843 ila 1902) ve metalurji uzmanı Adolf Martens (1850 ila 1914) adı verilmiştir. Şekil hafızalı alaşımlar, form bakımından geçici deforme halinden, hali hazırda programlanmış orijinal formuna, belirli bir dış uyaranın etkisi ile kontrollü biçimde dönüşebilmektedir.

Materyalin orijinal formuna geri dönüşü çeşitli uyaranlarca tetiklenebilmektedir. Bu uyaranlar; çevresel sıcaklık, elektrik akımı, manyetik alan, UV ışık, manyetik alan vb. türde olabilmektedir.



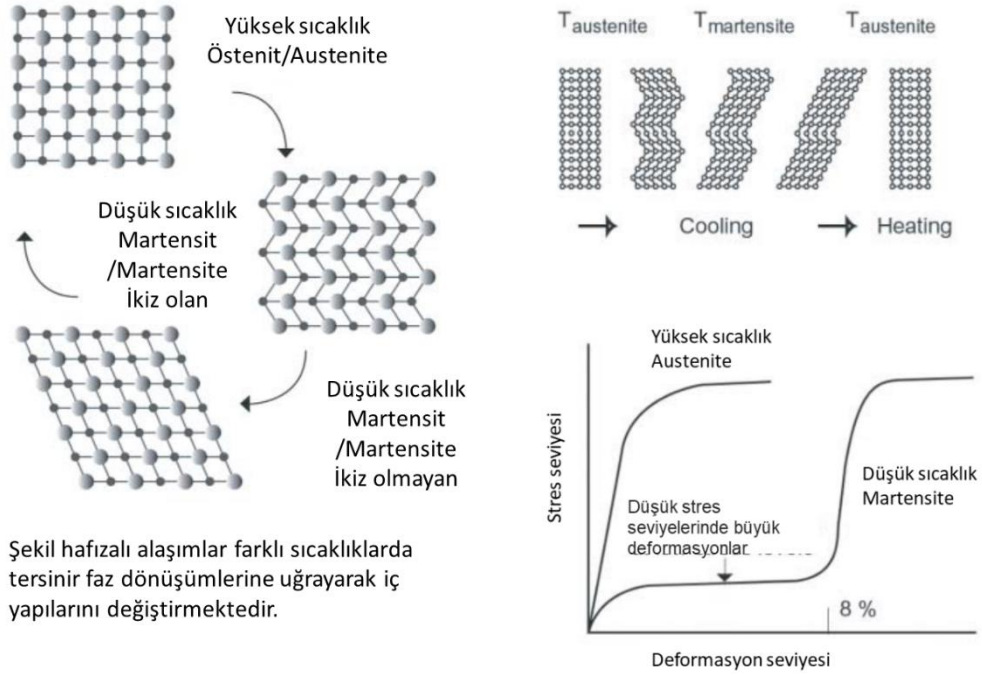
Şekil hafızalı alaşımların kendine özgün, anlık ve programlanabilen tepki mekanizması her SMA'nın kendi karakteristiğine göre, bu materyallerin akıllı malzeme sistemlerdeki pek çok parametrenin kontrol ve ayarlanmasında kullanılabilmesine olanak tanımaktadır. Böylelikle akıllı sistemlerde, şekil hafızalı malzemelerin sağladığı; şekil, yer, sönümlenme, uzama, bükülmezlik, sürtünme, buhar geçirgenliği ve yüzey gerilimindeki değişikliklerin avantajları görülmektedir.

Örnek olarak, sıcaklığa hassasiyeti bulunan şekil hafızalı materyaller, dönüşüm sıcaklığı altında mekanik anlamda deforme hale gelirse, sıcaklık dönüşüm sıcaklığının üzerine çıkarıldığında, orijinal formunun çoğunluğu geri kazanılabilmektedir. Bu durum, malzemenin iç yapısının sıcaklık yoluyla değişimi ile gerçekleşmektedir.

Materyale, tek sefer yeterli miktarda gerilim uygulandığında, elastik deformasyona çok benzeyen büyük bir deformasyon görülmekte olup uygulanan yükün kaldırılması ile materyal orijinal formunu kalıcı bir değişim olmadan geri kazanabilmektedir (Yüksel Ayvaz, 2019; Bedeloğlu, 2011).

SMM (şekil hafızalı malzemeler), inorganik veya organik yapıda olabilmektedir. Organik şekil hafızalı malzemelerin, inorganik şekil hafızalı malzemelere oranla; kolayca ayarlanabilen sıcaklık özelliğinin yanı sıra düşük maliyete ve büyük oranda geri dönüş deformasyonuna sahip olduğu görülmektedir. İnorganik şekil hafızalı materyaller; seramikler, camlar ve metal alaşımları kapsarken organik şekil hafızalı materyaller daha çok polimer ve jelleri kapsamaktadır (Yüksel Ayvaz, 2019; Bedeloğlu, 2011).

Organik ve inorganik şekil hafızalı malzemeler içerisinde en çok kullanıma sahip olanlar, şekil hafızalı alaşımlar ve şekil hafızalı polimerler özellikleri bakımından kimi zaman tekil kimi zaman ise kombinasyon halinde kullanılabilirlerdir.

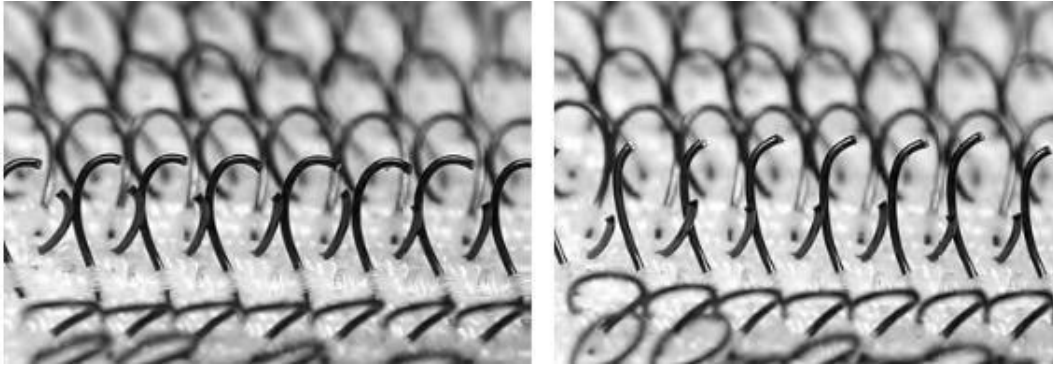


**Görsel 41.** Termal olarak indüklenen şekil hafızası efekti sergileyen şekil hafızalı alaşımlar (örn. Nitinol) (Addington & Schodek, 2005)

Addington ve Schodek (2005) Şekil hafızalı alaşımların yapısal niteliğinin temelini oluşturan Martensit ve Östenit yapısı, Nikel-titanyum (NiTi) malzemeler üzerinden örnekleyerek, bu alaşımların şekil hafızalı malzeme uygulamalarında yaygın olarak kullanıldığını, ancak diğer birçok alaşım türünün de şekil bellek etkisi gösterdiğini belirtmektedir. Bu alaşımların, nihai ürün formunda iki farklı sıcaklığa bağlı fazda bulunabildiği görülmektedir. Yüksek sıcaklık fazı olarak da adlandırılan birincil faz, östenit durumu, düşük sıcaklık faz ise martensit durumu olarak tanımlanmaktadır (Addington & Schodek, 2005). Östenit ve martensit fazlarındaki materyallerin fiziksel özellikleri oldukça farklı olup, Östenit haldeki malzemenin güçlü ve sert, martensit fazında yumuşak ve esnek olduğu görülmektedir. Östenit kristal yapısı temel bir kübik yapı, martensit kristal yapısı ise daha karmaşık bir eşkenar dörtgen yapıya sahip olmaktadır (Görsel 41.). Axel Ritter (2007) Şekil hafızalı alaşımların martensit ve östenit etkisini üç türde incelemektedir. Bunlar; Termal Bellek Etkisi (Tek Kapalı Etkisi, Tek Yön Etkisi): Bir şekil hafızalı alaşım, düşük sıcaklık fazında (martensit) kalıcı olarak mekanik olarak deforme hale gelirse ve sonrasında dönüşüm sıcaklığının üzerine ısıtılırsa, kristal yapısı östenit oluşturmak üzere değişerek yapı orijinal formuna döner ve daha sonra soğutma sonrasında bile bu orijinal formu koruyabilmektedir. Termal Hafıza Etkisi (Tekrarlanabilir Etki, İki Yönlü Etkisi): Buradaki yapı, tek seferlik etkinin aksine, sonraki soğutma sırasında orijinal şekline

geri dönebilmektedir. Soğutma sırasında orijinal şekle geri dönüş, örneğin bir yay veya ağırlık gibi bir dış kuvvetin etkisinden kaynaklanıyorsa, bu harici (dışsal) iki yönlü etki; eğer bileşenin termomekanik işleminden kaynaklanmakta ise, bu durum içsel iki yönlü etki olarak tanımlanmaktadır.

**Mekanik Hafıza Etkisi (Üstünlük, Psödoelastiklik):** Bazı şekil hafızalı alaşımlar, sabit sıcaklıkta geleneksel metallerden yaklaşık 20 kat daha esnek özelliğe sahip olmaktadır. Bu durum, kristal yapının mekanik değişiminden kaynaklanmaktadır (Ritter, 2007).



Normal Durum: Kapalı

Isı Etkisinden Sonra: Açık

**Görsel 42.** Ni-Ti alaşımlı kancaların ısı etkisi altındaki davranışları (Ritter, 2007).



**Görsel 43.** Odalarda kullanım için SMA içeren tekstil ürünleri (Ritter, 2007)

Şekil hafızalı alaşımlar çok farklı alanlarda kullanıldığı gibi mimari ve tekstilde de üzerine araştırma ve çalışmaların yürütüldüğü materyaller olarak bilinmektedir. 2003 yılında Leeds Üniversitesi'nde, Profesör Yvonne Chan Vili, geleneksel ipliklerden dokunmuş tekstil materyalleri ve yüzeyde birkaç yerde paralel SMA telleri kullanarak Odalarda kullanım için SMA içeren tekstil ürünleri tasarlamıştır (Görsel 43.) (Ritter, 2007). Bu yapıların işlevsel olması ve yüksek estetik çekiciliğe sahip olmaları amaçlanmıştır. Bu tip düzenleme, sıcaklığa duyarlı kablolarla, sıcaklığa bağlı olarak

az çok belirgin doğrusal veya düzensiz yapılar oluştururken büzülme için yeterli alan sağlamaktadır. Yvonne Chan Vili, ürünü çeşitli desen ve renklerde tasarlayıp ve üretmiştir. Ürün, dikey, eğimli veya yatay pencere ve kapı açıklıkları için gölgeleme, perde veya oda içi bölücü bir unsur ve duvar kaplama sistemlerinin bileşenleri olarak kullanılmaya uygun fonksiyonel tekstil ürünleri içerisinde yer almaktadır. Ürünün tasarımında yer alan açıklıklar, oda sıcaklığına ve derecesine göre gün boyunca etkili genişliklerini değiştirecektir.

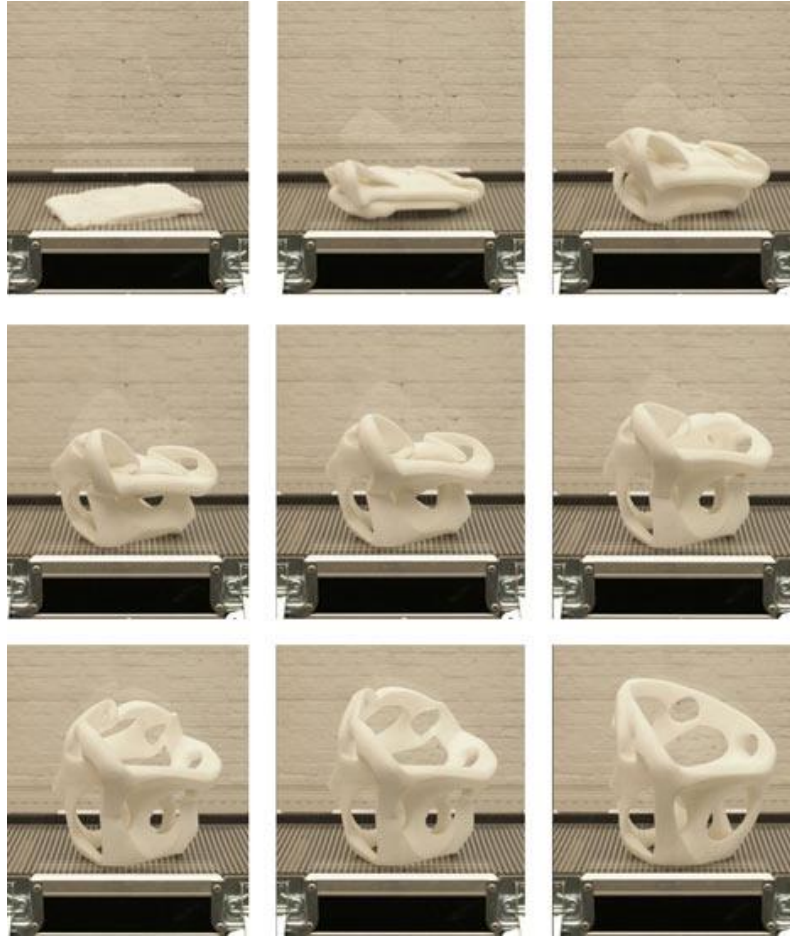
### **Şekil Hafızalı Polimerler**

Şekil hafızalı alaşımlar kadar şekil hafızalı polimerler de şekil bellek efekti gösterebilen malzemeler içerisinde yer almaktadır. Şekil hafızalı polimerler, çevresel sıcaklık değişikliği gibi üzerlerine etkiyen dış uyaranlara tepki veren 'aktif olarak hareket edebilen' polimer grubuna ait iki şekilli malzemeler olarak belirtilmektedir (Charlesby, 1960).

Kullanımının son dönemde artmasına karşın, şekil hafızalı polimerler 1980'lerin ortasından beri yaygın kullanılan akıllı malzemeler arasında yer almaktadır. Bu polimer türü; sıcaklık, pH, kimyasal ve ışık ile uyarılabilmekte olup, belli bir dış uyarana yanıt vermesi ve duyarlı olması ile tanımlanmaktadır (Hu, 2007).

Şekil bellek efekti gösteren diğer malzemelerde de olduğu gibi, bu materyaller yüksek sıcaklıkta deforme olur ve sıcaklık, kimyasal veya pH gibi dış uyarıcı etkenler vasıtasıyla tekrar orijinal şekline geri dönebilmektedir. Şekil hafızalı materyaller uyarıcıya duyarlı materyaller olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle, ısıya duyarlı şekil hafızalı materyaller, geçiş ısısı denilen belli bir ısıda yapısal değişikliklere uğrayan malzemeler olup, ısıdaki değişim formda değişime neden olduğundan, bu materyaller ısı uyarıcılı şekil hafızalı materyaller olarak da tanımlanmaktadır (Hu, 2007). Şekil bellekli polimerler, çift yönlü şekil değişim yeteneğine sahip malzemeler olarak bilinmektedir. Bu nedenle farklı form değişikliklerinin; yüksek uzayabilme, iyi işlenebilme, hafiflik gibi avantajlarından dolayı giyim endüstrisi için daha uygun bir hammadde olarak görülmektedir. Elastiklik, şekil hafıza efekti için önemli bir ön koşul olarak görülmektedir.

SMP şekil bellekli polimerler tekstil alanında tasarıma esneklik ve uzun süreli kullanım sağlaması ile öne çıkan malzemeler arasında yer almaktadır (Yüce, Yükseloğlu, & Canoğlu, 2017; Behl & Lendlein, 2007). Şekil hafızalı polimerler yapısal anlamda sahip olduğu form değişim avantajı sayesinde tekrar tekrar kullanılabilen bir materyal kaynağı sağlayabilmektedir. Bu durum malzemenin yer aldığı ürün ve alan çeşitliliğini artırmaktadır. Son zamanlarda gerçekleşen mühendislik çalışmaları ile polimerlerin farklı etkilere sahip olmaları ve uygulamalardaki kullanılabilirliği önem kazanmıştır. Polimerler bir dizi farklı formda kolayca üretilebilen malzemeler olduklarından tıbbi uygulamalarda, örneğin; cerrahi işlemlerde kendi kendine bağlayan düğümler olarak kullanılacak şekil hafızalı polimerik ipliklerin geliştirilmesi adına büyük bir role sahip olmaktadır. Çalışma biçimi olarak, teller kan damarlarını bağlamak için kullanılmaktadır. Tellere bir kap etrafında ilmekli bir başlangıç şekli verilerek vücut ısısı polimer üzerine etki ettikçe iplik kendini bir düğüm haline getirebilmektedir (Addington & Schodek, 2005).



**Görsel 44.** Kendinden montajlı köpük mobilya, Material District (Fairs, 2012)

Şekil hafızalı polimerler günümüzde yalnızca tekstil ve tıp alanında yaygınlaşmakla kalmayıp tasarımcıların da merakını ve ürünlerine uyarlamak adına ilgisini çekmektedir. Bu malzemelerin programlanabilen ama aynı zamanda temel duylara benzer şekilde tepki verebilen yönü günlük kullanımdaki ürünlerin tasarımına yansımada öncü olmaktadır. Bu duruma örnek olarak, Belçikalı tasarımcı Carl de Smet, kolay erişim adına orijinal boyutunun %5'ine kadar ezilebilen ve daha sonra ısıtılarak kendi tabiri ile "patlamış mısır gibi" genişletilebilen yüksek teknoloji ürünü köpük mobilyalar geliştirmiştir. Hâlâ araştırma aşamasında olan teklif kapsamında, poliüretan şekil hafızalı polimerlerden (SMP'ler) üretilen ürünler düz, hafif levhalara sıkıştırılır, böylece gerekli olana kadar çok az yer kaplaması amaçlanmıştır. Gerekli ısıya getirildiklerinde, malzemenin "hafıza köpüğü" özellikleri sayesinde mobilyalar orijinal formuna geri dönebilmektedir.

Ürün bir hasar gördüğünde tekrar uygun biçimde ısıtıldığında hasar kaybolmaktadır. Ürünün tasarımcısı de Smet, projenin bir uzay gemisinde daha küçük bir yük oluşturmak için sıkıştırılacak, daha sonra güneş ışınlarına maruz kaldığında tam boyuta genişletilecek parabolik bir anten tasarlamak için bir araştırma projesinden çıktığını ifade etmektedir. Sözü edilen uzay gemisi projesi, şekil hafızalı alaşımları (SMA'lar) içermektedir. SMA'lar, SMP'lerle aynı şekilde performans gösteren ancak maliyeti oldukça pahalı olan gelişmiş metaller olarak aktarılmaktadır. De Smet, Polimerlerin, onları büyük miktarlarda üretildiğinde, daha uygun fiyatlı olduklarını ifade etmektedir (Görsel 44.) (Fairs, 2012).

Halihazırda var olan ürünleri 70 derecelik gerekli sıcaklığa ulaşmak için sauna gibi geniş bir ısıtılmalı ortama yerleştirilmesi gerekmekte, ancak tasarımcılar, sıkıştırılmış formdan genişletilmiş forma geçişi tetikleme için diğer yollarını araştırmaya devam etmekte, örneğin "programlama" içinden elektrik geçirildiğinde hatırlanan biçimine geri dönecek bir malzeme üzerine araştırmalar süregelmektedir.

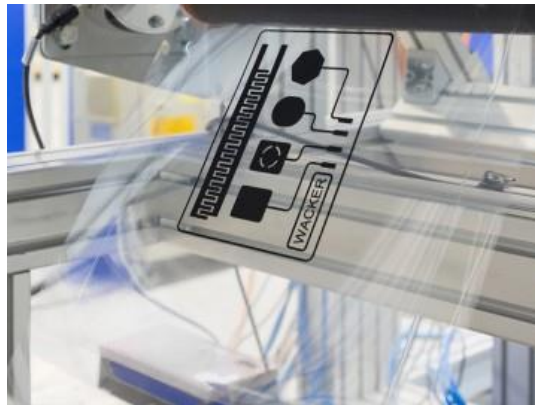
### **Elektroaktif Malzemeler**

Şekil değiştiren malzemeler içerisinde elektrik aktivitesi uyarımı ile şekil değiştirebilen akıllı malzemeler olan elektriksel iletkenliği içsel olan başka polimerler de yer almaktadır. Elektroaktif polimerler, malzemeye uygulanan bir elektrik alanının iç yapısındaki bir değişikliğe tepki olarak elektrik iletkenliklerini değiştiren



malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Malzeme içerisinde molekülleri belirli bir düzende hizalayan ve elektronları elektrik iletkenleri olarak serbest bırakan moleküler bir yeniden düzenleme meydana gelmektedir. Elektroaktif polimer örnekleri içerisinde polianilin ve polipirol bulunmaktadır. Bunlar normalde, elektronların daha serbest hareket edebileceği iç yapılara sahip organik bileşiklere dayanan polimerler olarak bilinmektedir. Bazı polimerler yarı-iletken davranışı sergiler ve ışık yayıcı olabilmektedir. Elektrokimyasal polimerler, mevcut kimyasal ortamın gücüne tepki olarak bir değişiklik göstermektedir. (Addington & Schodek, 2005).

Elektroaktif malzemeler elektrik alan etkisine karşı deformasyona uğrayarak tepki vermektedir. Bu özelliği malzemelerin akıllı sistemler içerisinde yer alarak verimli kullanım sağlayan ara kademelerinde kullanılabilmektedir. Bu elektroaktif polimerler ayrıca sensörler, aktüatörler ve hatta yapay kaslar oluşturulmasında da kullanılabilmektedir. Polimer üzerine uygulanan bir voltaj polimerin genişlemesine, büzülmesine veya bükülmesine neden olabilmektedir. Hareketler mekanik bir ilişki oluşturmadığından sıklıkla doğal kas yapısıyla karşılaştırılmaktadır. Böylece 'yapay kas' terimi ortaya çıkmıştır. Örneğin, bu polimerlerle balık yüzgeci benzeri hareketlerini kopyalama üzerine deneyler yapılmıştır. Bu materyallerin tümüyle yapay kas davranışı sergileyecek şekilde gelişmesi, kontrollü ve yeterli gücü elde etmesi zaman almıştır (Addington & Schodek, 2005). Yakın zamana kadar, elektroaktif polimerler, çok fazla enerji tüketmesi, yeterli güç üretememesi sebebiyle pratik bir çözüm olarak görülmemiştir. Bir kullanım alternatifi olarak, bükülebilme özelliği ile bu malzeme türünün sensörler olarak daha kullanışlı kılan gerilimler üretebileceği ortaya çıkmıştır.



**Görsel 45.** Elektroaktif Polimerler (EAP'ler) (Wacker, 2019)

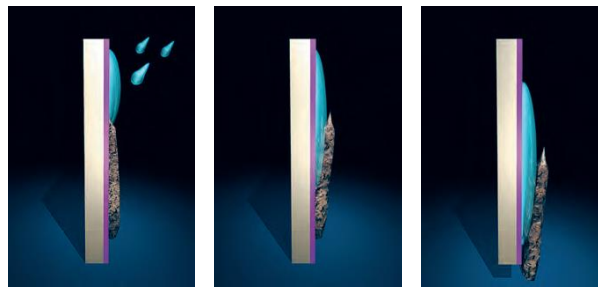
Elektroaktif polimerler, elektriksel uyarıları mekanik harekete dönüştürebilecek şekilde değiştirilmiş malzemeler olarak bilinmekte olup kapasitif sensörlerin, aktüatörlerin ve jeneratörlerin üretimini sağlayan WACKER bir firma olarak hizmet vermektedir. Elektroaktif polimerler ara sağlayıcılar olarak günümüzde aktif bir şekilde kullanılmaktadır (Görsel 45.).

### c. Adezyon Değiştiren Akıllı Malzemeler

Akıllı malzemeler dış uyarılara görünür ölçüde tepki verebildikleri gibi daha moleküler boyutta verilen ancak farklı şekilde ve zaman içerisinde etkilerini gösterebilen türleri de içermektedir. Adezyon bir yüzeye tutunma veya yapışma olarak da tariflenebilmektedir (Mandev, 2018). Adezyon değişimi özelliğine sahip olan akıllı materyaller; sıcaklık, ışık, elektriksel alan gibi dış uyarıların etkisiyle farklı fazlardaki (katı, sıvı veya gaz) bileşenlerinin atom veya molekülleri arasında adezyon değişikliği gösterebilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

#### Fotokatalitik Malzemeler:

Adezyon değiştiren malzemeler içinde en yaygın kullanıma sahip olan çeşit Titanyumdioksit ( $TiO_2$ ) olarak gösterilmektedir (Orhon A. , 2012). Titanyumdioksit ( $TiO_2$ ), fotokatalitik özelliğe sahip olması nedeniyle, yüzeyi üzerine tutunan kirletici maddelerden (uçucu organik bileşikler, azot oksitler, partikül maddeler vb.) ışık etkisi altında su ve karbondioksit parçalayarak üzerinden uzaklaştırabilmektedir. Işık etkisiyle gerçekleşen parçalama tepkisini gösteren materyaller Fotokatalitik özellik gösteren malzemelere olarak adlandırılmaktadır. Fotokatalitik malzemeler uygulandıkları yüzeylerin de aynı işlevi göstererek kendi kendini temizleyebilen özellik göstermesini sağlamakta olup tasarım ve mimari alanında kullanım anlamında öne çıkmaktadır (Orhon A. , 2013).



**Görsel 46.** Kendi kendini temizleyen etki gösterimi. Çizimi organik kirleticilerin fotokatalitik dönüşümü (Ritter, 2007).



Fotokatalizasyon işlemi ışık ve suyla kendi kendini temizleme olarak özetlenebilmektedir (Görsel 46.). Titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>), üç kristalin değişkeninde yer almaktadır bunlar: rutil, anataz ve brokit olarak bilinmektedir. Titanyum dioksit, genel olarak ışıkla kimyasal olarak aktive edilebilen yarı iletken bir malzeme olarak ifade edilmektedir. Işık etkisine maruz kaldığında malzeme organik materyalleri parçalama eğilimine geçmektedir. Rutil ve brokit ile karşılaştırıldığında, anatazın en yüksek fotoaktifliği gösteren kristal olduğu görülmüştür (Yağlı, 2019). Titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>), çok daha yeni bir malzeme algısı oluştursa da günümüzde yaygın kullanıma sahip olan ve ortaya çıkışı, 1970'lerde Amerikalı bilim insanı A. Heller ve Japon bilim insanları A. Fujishima ve K. Honda'nın çalışmalarına dayanmaktadır (Ritter, 2007).

Bilim insanı; A. Heller, A. Fujishima ve K. Honda'nın tanımıyla fotokatalitik işlem:

“UV ışığı TiO<sub>2</sub> anataz kristalinin yüzeyine çarptığında, pozitif yüklü delikleri geride bırakarak yüzeyden negatif yüklü elektronlar açığa çıkar. Suyun varlığında, OH (hidroksit) grupları TiO<sub>2</sub> yüzeyinde adsorbe edilir. Bağ o kadar güçlüdür ki, monomoleküler OH tabakası üzerindeki diğer H<sub>2</sub>O tabakaları fiziksel olarak adsorbe edilir ve yüzeyden itilen diğer maddeler, temizlenmesi kolay, hidrofilik bir yüzey oluşturur. Su damlacıkları hemen hidrofilik yüzeye yayılır ve temas açısının çok düşük olmasıyla kompakt bir film oluşturur.” (Ritter, 2007)

Adsorpsiyon, farklı bileşenlerin, atom ve molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerini tariflerken, absorpsiyon, aynı bileşenin atomları ve molekülleri arasındaki kuvvetlerin çekimi tanımlamaktadır. Daha önceden adsorbe edilmiş veya absorbe edilmiş bir atomun veya molekülün salımına, desorpsiyon olarak adlandırılmaktadır (Ritter, 2007). Acharya ve Gokhale, (2015)'ye göre TiO<sub>2</sub>, dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınlarının yaklaşık %5'ini absorbe etse de güneş enerjisinin kimyasal dönüşümü ve depolanması alanında geliştirilen en iyi yarıiletken olarak bilinmektedir. Son dönemde, TiO<sub>2</sub> kullanılarak yarıiletken fotokatalizasyonu, suyun ve havanın arındırılması gibi önemli çevre sorunları için çözüm olarak uygulanmaktadır.



**Görsel 47.** Garden Chapel. Fotokatalitik, kendi kendini temizleyen membranlı şapel. Hyatt Regency Hotel, Osaka, Japonya (2001) (Ritter, 2007).

Fotokatalitik malzemeler uygulandıkları yüzeye uzun süreli kullanım avantajları sağlamaktadır. Membran bir materyal fotokatalitik malzemeyle entegre halde uygulandığında yüzey fotokatalitik özellik göstermektedir. 2001 Ocak ayında, Japonya'nın Osaka kentindeki lüks bir otelin bahçesinde beyaz bir membran içeren bir şapel inşa edilmiştir (Görsel 47.). Yağmura maruz kalan membran yüzeyde  $TiO_2$  içeren kendi kendini temizleyebilen bir kaplama kullanılmıştır. Şapel dört desteğe sahip, çift katlı, yük taşıyıcı yapısı ile iki taraftan açık olacak biçimde tasarlanmıştır (Ritter, 2007). Harici olarak, üzerine yaklaşık  $50m^2$  membranın uygulandığı çok sayıda bağlı telkâri rhomboid sırası ile kaplanmıştır. Yüzeyde kullanılan membranın  $TiO_2$  içermesi ile yapı kendini temizleyen bir özellik kazanmıştır. Fotokatalitik malzemeler duvar kağıtlarının yanı sıra, kendi kendini temizleyen ve kirletici gazları parçalayabilen seramik plakalarda da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde piyasada  $TiO_2$ 'yi yalnızca organik kirleticileri parçalamak için kullanan çeşitli ürünler bulunmaktadır. Ürünler, kullanılan bileşenlerin seçilmesiyle, genelde ışığa bağımlı hidrofilik özelliklere sahip olmamakta, fakat kalıcı hidrofobik bir etki sergileyebilmektedir.

### 3.2.2.2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Malzemenin enerji alışverişi yapabilmesinin temelinde enerjinin sürekli aktarımını ve korunumunu destekleyen bir fizik yasası olan enerjinin korunumu kanunu bulunmaktadır. Enerjinin korunumu kanunu, fizikte termodinamiğin birinci yasası olan izole haldeki bir sistemdeki toplam enerjinin sabit kalması durumu olarak bilinmektedir. Termodinamiğin birinci yasasına göre enerji tüm maddeleri çevreler, belirli bir maddenin enerji durumu çevresel ortamın enerji durumuna eşdeğer

olduğunda, o malzeme dengededir böyle bir durumda hiçbir enerji değişimi yapılamamaktadır. Malzemenin farklı bir enerji durumunda olması, enerji alışverişini tetikleyen bir potansiyel oluşturmaktadır. Enerji alışverişi yapan tüm malzemeler atomik enerji seviyeleri içermektedir. Bunlar; giriş ve çıkış enerjisi olarak nitelenmektedir. Giriş enerjisi seviyeyi yükseltirken, çıkış enerjisi temel haline geri döndürmektedir. Örneğin, Güneş radyasyonu fotovoltaik özellikte bir malzemeye çarptığında, foton enerjisi materyalin atomları tarafından emilmektedir. Enerjinin korunması gerektiğinden, atomlardaki fazladan enerji atomu daha yüksek bir enerji seviyesine geçmeye zorlamaktadır. Seviye değişimi doğrultusunda atomun, korunamayan seviyeye karşılık gelecek miktarda enerji açığa çıkarması gerekmektedir. Fotovoltaikler, içerdikleri yarı iletken malzeme sayesinde bu enerji salınımını yakalayarak elektrik üretebilmektedir. Her malzeme için, enerji artışı, materyalin iç enerjisini çoğunlukla ısı biçiminde artırarak kendini göstermektedir (Addington & Schodek, 2005). Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler farklı olarak bu iç enerji geri kazanılabilir niteliği göstermektedir. Bu malzemeler çoğunlukla çift yönlü olup enerjiyi ısı yerine genelde elektrik, ışık vb. başka bir tür çıkış enerjisine dönüştürebilmektedir.

#### **a. Işık Yayan Akıllı Malzemeler**

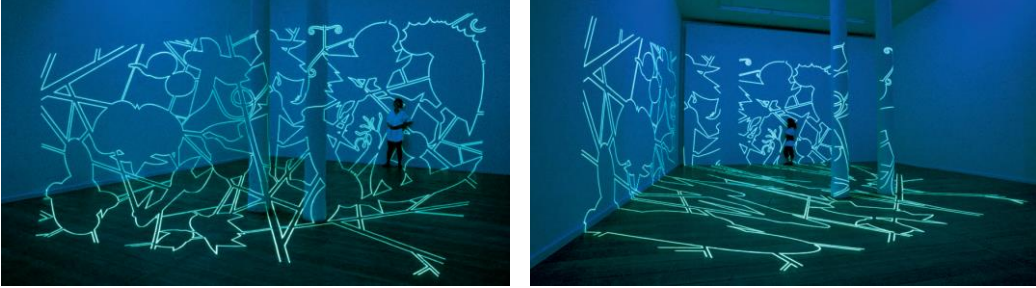
Işık yayan akıllı malzemeler, enerji değişiminin etkisiyle uyarıldıklarında ışık yayma eğilimi göstermektedir. Işık yayma, elektriksel alan veya ışığın etkisiyle de gerçekleşmektedir. Bu durum moleküllerin tekrar ayrılmadan önce geçir süreliğine daha yüksek enerjiye sahip olmaları sonucunda ortaya çıkmakta olup alınan enerjinin bir bölümü belirli miktarda termal radyasyonun eşzamanlı yayılımı olmadan görünür elektromanyetik bir radyasyon biçiminde yayılmaktadır (Ritter, 2007). Görünür biçimde gerçekleşen bu optik yayılma etkisi lüminesans olarak tanımlanmaktadır.

#### **Fotolüminesans Akıllı Malzemeler**

Işık yayan akıllı malzemeler içerisinde en yaygın kullanıma sahip olan malzemelerden biri olarak Fotolüminesans materyallerin parlama özellikleri ve yapılarına bağlı biçimde, Floresan ve Fosforesan olmak üzere iki türü bulunmaktadır.

### Floresan Akıllı Malzemeler:

Floresan akıllı malzemeler geri dönüşümlü bir kapasiteye sahip materyaller veya bileşenler şeklinde tanımlanabilmektedir. Elektromanyetik radyasyonun ışık şeklinde emilmesi vasıtasıyla, saniye 10-8'den daha büyük olmayan bir süre içerisinde uyarılmış durumdan zemin durumuna, neredeyse tam olarak ışık yayan malzemeler tanımı yapılabilir (Blasse & Grabmaier, 1994). İç mekanlar ve mimari uygulamalar için ilgi çeken floresan ürünler içerisinde özellikle alçı yüzeylerde kullanım için duvar boyaları için gün ışığına dayanım gösteren dispersiyon bazlı boyalar ve kapı panelleri, fayans, zemin gibi pürüzsüz yüzeylere uygulanabilme özelliğine sahip parlak filmler yer almaktadır. Ritter (2007) Floresan malzemeleri “Bir molekülün ışıkla, özellikle ultraviyole radyasyon bileşeniyle uyarılması; uyarılmış durumdan uyarılmamış duruma geçiş neredeyse aynı anda ışık yayılımı ile birlikte gerçekleşir” biçiminde tanımlamaktadır. Floresan Malzemeler çoğu akıllı malzemede olduğu gibi tasarım odağında ilgi görmektedir. Tasarımcılar, kimi iç mekanların yüzey kaplamalarında floresan materyalleri kullanmaktadır.



**Görsel 48.** Ruth Handschin, Almanya Leuchtzeichnung (Işık Entelasyonu) Künstlerhaus Bethanien, Berlin, Almanya (1990) (Ritter, 2007).

Floresan malzemeler tasarımcılar kadar sanatçıların da ilgisini çekmektedir. İsviçreli sanatçı Ruth Handschin'in ilk büyük kamu çalışması olan Leuchtzeichnung (Işık Entelasyonu) 1990 yılında Berlin'deki Künstlerhaus Bethanien sanat merkezinde gösterilmiştir (Görsel 48.). Çok sayıda farklı türde çizgiyi gömülü rastgele şekillerle ve aralıklı çift çizgilerden oluşan çalışma, organizmalar tarafından doldurulan bir yol ağının ana hatlarına benzemektedir. Çalışmasını “gece” olarak tanımlayan sanatçı

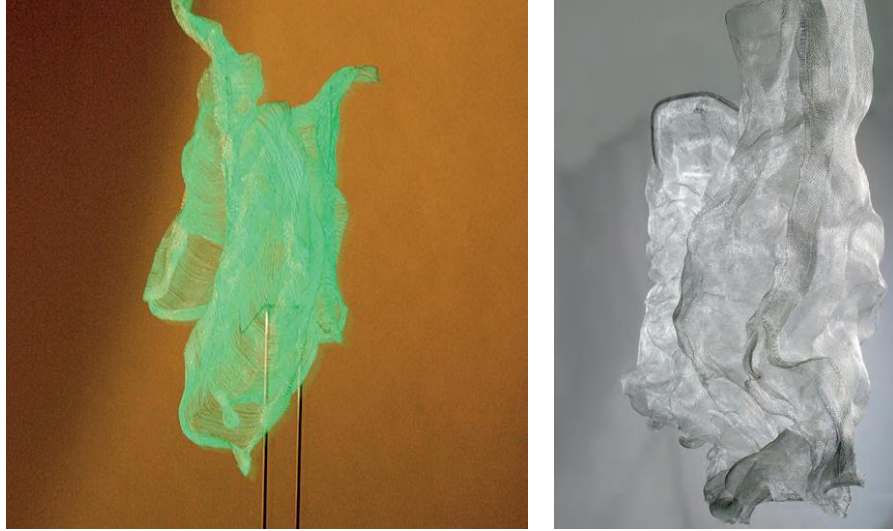
Ruth Handschin'in 1990'da kendi yorumuyla:

“Gündüz soluk, neredeyse hiç görünmüyor, (çizim) alacakaranlıkta ışıdamaya başlıyor. İlk önce açık mor-gri üzerinde açık sarı, daha sonra tam karanlıkta, mor-mavi üzerinde sarı şok edici. Parlak ve karanlığın bu aşırı kontrastı ile aşırı yüklenmiş insan gözü, bir çizgiden diğerine sıçramaya başlar. Tüm ağ kendini yerden ve duvarlardan kaldırıyor.” şeklinde ifade etmektedir (s. 115).

Çalışmanın kurulumu, yerinde ölçülerek kesilen ve daha sonra duvarlara, iki sütuna ve sergi alanının tabanına yapışan ve UV ışığı ile uyarılan floresan kâğıt şeritlerinden oluşmaktadır (Ritter, 2007). Çalışmanın etkisi, gözlemcinin odadaki konumuna ve Leuchtzeichnung'un görüş açısına bağlı olan bir noktaya kadar değişmektedir. Belirli bir konumdan bakıldığında, Leuchtzeichnung bir iki boyutlu, bozulmamış ışıklı yüzey olarak görülebilmektedir.

#### Fosforesan Malzemeler

Materyaller veya bileşenlerdeki optik fosforesans fenomeni, floresansın aksine, bir miktar gün ışığı etkisinden sonra ışıdamaya içermektedir. Bu durum, bir molekülün ışığı absorbe ettikten sonra ve uyarılmış bir durumdan uyarılmadan önceki durumuna geçiş sırasında 10-8 saniyeden daha fazla bir süre boyunca tekrar ışık yaymasıyla oluşmaktadır (Blasse & Grabmaier, 1994). Bazı malzemeler veya bileşenler kalıcı şekilde ışık yayabilme özelliği göstermekte olup fosforlar olarak tanımlanmaktadır. Fosforesan malzemeler farklı alanlarda ilgi görmektedir. Günümüzde bilinen aydınlatma diodlarından biri olan beyaz OLED'ler, küçük molekülü üçlü fosforesan malzemeler ve polimerler materyaller kullanılarak elde edilebilmektedir (Kitai, 2008). Bu materyal türü, bilinirliği yeni artan bir materyal olarak görünse de 1950 yılından sonra ilk ürün kullanımının ordudaki saat ve aletler üzerinde olduğu görülmektedir (Ritter, 2007). Başlangıçta farklı maddelerden elde edilse de zamanla geliştirilerek fosforlu ürünlerin üretimi için, çinko sülfür, magnezyum sülfür ve alkalin toprak kristaller kullanılmaktadır. Fosforesan malzemeler pigment halde entegre edilerek bugün birçok ürün üzerinden doğrudan uygulanabilme imkanına sahip olmaktadır.



**Görsel 49.** Shush night light Hannaliisa Hailahti, Finlandiya, Aydınlık kumaş Finlandiya (2005)  
(Ritter, 2007)

Fosforesan materyallerin kullanım yelpazesini genişleten durumlardan biri olarak materyalin farklı formlarda geliştirilebilme kabiliyetine sahip olması gösterilebilmektedir. İplik halinde geliştirilmesi sayesinde dokunarak tekstil tasarımında yer edinebilmektedir. Fin tasarımcı Hannaliisa Hailahti, daha farklı bir gece atmosferi yakalamak ve fazla ışık kaynağı kullanmadan aynı zamanda tam karanlıktan kaçınarak gece evin etrafında güvenli hareket sağlayabilmek adına enerjik aydınlatma öğeleri için başka bir tasarım arayarak; fosfor ve metalik gümüş yansıtıcı ipliklerden dokunmuş ince, parlak bir kumaş geliştirmiştir. Tasarımcının üründe kullandığı bitişik metalik iplikler sayesinde, fosforesan ipliklerden karanlıkta yayılan ışık ve parlaklık efekti artırılmış halde yansıtılmaktadır. Kullanılan metalin bükülme sertliği, kumaşın farklı formlarda ve elde dokunmasını sağlamaktadır. Bu türdeki fosforesan kumaşlar kesim şekli ve boyutlarına bağlı olarak iç ve dış mekanda aydınlatma öğesi, perde veya bölücü bir eleman olarak kullanılabilir (Görsel 49.) (Ritter, 2007).

### **Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler**

Elektrolüminesans akıllı malzemeler, bir voltaj veya elektrik alanı etkisi ile uyarılarak aktifleşmektedir. Materyalin tepki vermesi için gereken enerji voltajdan sağlanmaktadır. Elektrolüminesans iki farklı şekilde gerçekleşebilmektedir. İlk ve tipik durumda, yüksek bir elektrik alanı elektronların fosfordan geçmesine ve safsızlıklara çarpmasına yol açmaktadır. Böyle oluşan iyonize safsızlıkla bağlantılı halde meydana gelen sıçramalar ışıldamaya sebep olmaktadır. Işıldama ile yayılan



renk, aktif iyonları oluşturan safsızlık maddesinin çeşidine bağlı olmaktadır. İkinci tipolojideki ve daha karmaşık bir davranış biçimi olan diğer seçenek (Yarı İletkenler, Lazerler ve LED'ler (ışık yayan diyotlar) ise Elektronların ve deliklerin genel hareketi nedeniyle yarı iletkenler gibi özel malzemelerde ortaya çıkmaktadır (Addington & Schodek, 2005). Elektrolüminesans malzemeler, yaygın olarak ışık şeritleri ve panelleri kullanılmakta olup uygun fiyatlı saatlerin göstergeleri de dahil olmak üzere çeşitli boyutlarda ve filtrelerde farklı noktalar kullanılabilir.

#### Enjeksiyonlu Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler (Işık Yayan Diyotlar/ LED):

Enjeksiyon elektrolüminesans prensibi, ışık taşıyıcı diyotlar (LED) gibi yarı iletken ışık kaynaklarının ardındaki temel kavramdır, burada şarj taşıyıcıları enjeksiyon akımı olarak adlandırılan bir akım yoluyla dışarıdan verilir ve ışık elektronların ve deliklerin tekrar bir araya gelişi ile yayılmaktadır. LED'lerde, katkılı galyum arsenit lüminesans malzeme olarak işlev görmektedir. Çevresel ortamdan ayırmak galyum arsenit için ışık şeffaf plastik ile kapsüllenmiş halde iki elektrot arasına yerleştirilmiştir. Belirli bir süredir LED'ler sadece kırmızı, sarı ve yeşil renklerdeydi, zaman içerisinde olası ışık renklerini genişleten mavi LED'lerin geliştirilmesiyle, artık beyaz LED'ler de dahil olmak üzere farklı ışık renklerinin kombinasyonları ile üretilmektedir (Ritter, 2007).

LED'ler günümüzde farklı form ve işlevlerle entegre halde tasarımlara dahil olabilmektedir. Mimaride cephe tasarımlarında ve daha birçok kentsel ya da iç mekan aydınlatmalarında aktif olarak kullanılmaktadır. LED türleri gelişerek ürün tasarımlarında da yer edinmektedir.



**GörSEL 50.** DigitalArti Artlab için Antonin Fourneau'dan Su Işık Grafiti (Chalcraft, 2012)

Fransız sanatçı Antonin Fourneau'nun DigitalArti Artlab için tasarladığı Su Işık Grafiti, suyla temas ettiklerinde yanan binlerce LED ışıktan oluşturulmuştur.

Fourneau'nun bu enstalasyonunda bütünü boya yerine küçük LED ışık noktalarına sahip grafiti oluşturmaktadır. Bu interaktif çalışmada katılımcılar, kelimeleri ve resimleri çizmek için boya fırçaları, süngerler, parmaklar veya sprey kutuları kullanabilmektedirler (Chalcraft, 2012). Su Işık Grafiti, suyun temasıyla aydınlatılan binlerce LED'den oluşan bir yüzey olarak tasarlanmıştır (Görsel 50.). Çizmek için bir parlaklık fırçasını veya sadece bir boya fırçası, bir su spreyi, parmaklar veya nemli bir şey kullanılabilir. Water Light Graffiti, 22-24 Temmuz tarihleri arasında Poitiers sakinleri, sanatçı, Digitalarti Artlab ekibi ve bir grafiti kolektifi olan Painthouse ile gösteriler için davet edilen Water Light Graffiti'yi keşfedip deneyimine sunulmuştur. Çalışma, kentsel alanda bozulmadan kalabilen interaktif bir biçimde insanlar arasında iletişim kurmak ve paylaşmak için bir duvar olması adına tasarlanmıştır. Kent üzerinde aydınlatma anlamında bir ürüne akıllı malzemeler vasıtasıyla farklı bir işlev daha yüklenerek çalışmanın interaktif bir kullanım oluşturması sağlanmıştır.

#### Kalın Filmlili Elektrolüminesans Akıllı Malzemeler (EL):

Çoğu durumda, birkaç fonksiyonel katmanın etkileşimine dayan elektrominesans malzemedir (EL) yapılmış düz ışık kaynakları için olası bir çalışma prensibi olarak tanımlanmaktadır. Kalın film elektrolüminesans malzemelerin, ışık yayıcı olarak da adlandırılan katmanının kalınlığı, ince film teknolojisinde kullanılanlardan çok daha kalın olmaktadır. Materyale bir elektrik alan uygulandığında, biriken parlak pigment (fosfor) uyarılarak soğuk bir ışık yaymaktadır. Bu teknolojiden geliştirilen iki ürün olarak EL filmler ve EL kabloları bulunmaktadır (Ritter, 2007).

Kalın film teknolojisi ürünleri tasarım prensipleri neredeyse aynı olmasına rağmen, ince film teknolojisine dayalı ürünlere göre kendilerini piyasada daha fazla göstermiştir. İki ürün teknolojisinde de benzer şekilde, ışıldayan pigmentler şeffaf, organik veya seramik bir bağlayıcı vasıtası ile karıştırılmaktadır. Ön tabakada elektrot olarak çok ince şeffaf ve elektriksel anlamda iletken metal bir tabaka, arkada ise elektrot olarak yine iletken bir metal tabaka kullanılmaktadır. Yapısal olarak bir kapasitör ile aynı olduğundan lüminesans diyotları olarak adlandırılmaktadır.

Ritter (2007)'in tanımı ile, EL, ilk aşamalarda görünür bir ışık yaymanın yanında, absorbe edilen enerjinin çoğunu ısı enerjisine dönüştüren ve LED'ler için bir okta kaynağı özelliği olabilecek akkor ampullerle de rekabet etmesi öngörülen bir LED



film olarak da adlandırılarak lüminesan film halinde geliştirilmiştir. Zaman içerisinde temel alınan prensip kaybedilmeksizin geliştirilip Elektrolüminesans Malzeme (EL) şerit ve kablolar haline gelmiştir. Bu malzemenin bilinen akkor ampullere göre avantajı, uygun esnek bir katmana sahip olarak gerektiği zaman kavisli materyallerin dahi ürünlerle kaplanabilmesine olanak tanınması olmuştur. EL ürünler, sıvı kristaller kendiliğinden ışık yaymadığı için aydınlatmalı LCD ekranlarda kullanılmaktadır. EL'in farklı kullanım ve uygulama alanları arasında aydınlatmalı reklam panoları, güvenlik ürünleri vb. gösterilebilmektedir. Günümüzde mimari ve iç mekân dahil olmak üzere bir çok tasarım alanının yanı sıra EL kablo ve şeritler enstalasyonlarda, teknoloji ürünlerinde, aydınlatma ürünlerinde sıkça kullanılmaktadır. Günümüzde seri üretim ve mevcut boyutların sürekli olarak artmasına karşın, şu anda genel anlamda büyük parlak yüzeyler oluşturmanın bir yolu, birkaç küçük EL filmi bir arada gruplandırmaktan geçmektedir (Ritter, 2007). EL filmler ve EL şeritlerin kullanım alanları içerisinde, kamusal alanlardaki geniş formatlı ekranlar, (örneğin; televizyon stüdyolarında ve sanat eserlerinde) parlak zemin kaplamaları olarak gösterilebilmektedir. EL kablosu, binalarda şekiller ve kenarlar oluşturmak veya aydınlık yüzeylerde doğrusal formlar veya cephelerde aydınlık görseller oluşturmak için kullanılabilir. EL mürekkepleri mimar ve tasarımcılara çok sayıda imkan sunabilmektedir.



**Görsel 51.** Işık kinetik oda bölücüler Loop.pH Ltd.- Rachel Wingfield, Mathias Gmachl, Büyük Britanya | İngiltere (2004) (Loop.pH, 2004)

Londra'daki Loop.pH Ltd. şirketinde tasarımcılar Rachel Wingfield ve Mathias Gmachl'ın Blumen (Flowers) çalışması yenilikçi oda bölücülerinin geliştirilmesi için EL teknolojisinin geleneksel dekoratif çiçek desenleri ile birlikte nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Fonksiyonel oda bölücü paneller, tavandan asılı birkaç benzer modülün bir araya gelmesiyle oluşan, geniş, tekstil panjurdan oluşmaktadır (Görsel 51.). Paneller, yan yana ve yer kazandıracak bir biçimde

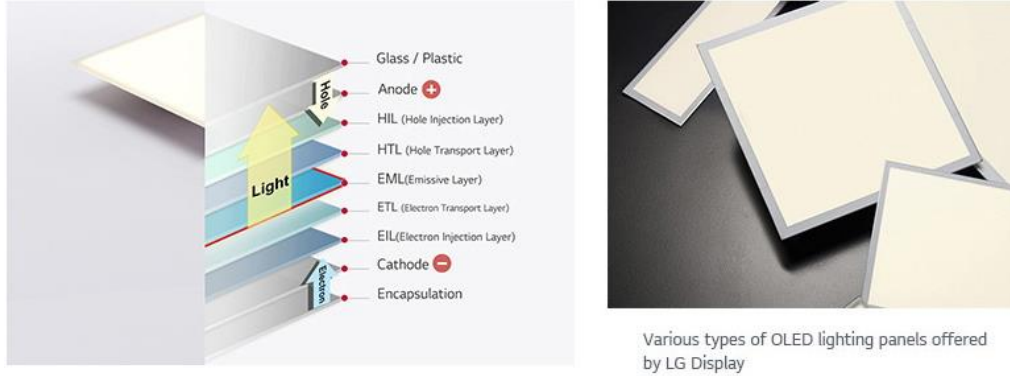
haznesindeki raylarla açılıp kapanacak bir mekanizmada tasarlanmıştır. Panellerdeki desen, sekiz kez yansıtıldığında, kare temel bir şekil oluşturan ve istenilen boyutlara bağlı olarak, eklenerek uzatılabilen daha büyük bir kare deseninde düzenlenmiş dört modüllü bir yaprak motifinden oluşmaktadır. Her bir modül üzerinde yer alan desen, mürekkep püskürten özel bir yazıcı kullanılarak, tekstile uygulanan bir elektrominesans mürekkeple ışıldaması sağlanmıştır (Ritter, 2007). Farklı renklere sahip ince elektrik teli her modülde desenleri ayrı ayrı çevreleyerek, modüllere akım iletimini kontrolü sağlamaktadır. Bölücü paneller mekanizmaya uygun özel olarak geliştirilen yazılımla, çeşitli uyarılara sensör özelliklerine bağlı olarak tepki verebilecek şekilde tasarlanabilmektedir. Bu sayede kullanıcıya farklı modül ve desen kombinasyonlarında bir aydınlatma sunulmaktadır.

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

Organik ışık yayan diyotlar (OLED), organik malzeme bazlı bir yüzey ışık kaynağı olarak, organik, yarı iletken polimerlere veya elektronların emilmesiyle soğuk ışık yayan küçük moleküllere dayanan düz LED'ler olarak üretilmektedir. Organik ışık yayan diyotların kullanılan bileşenlere bağlı olarak farklı kısaltmaları bulunmaktadır (Ritter, 2007). Bunlar; polimerlerle üretilen organik LED'ler PLED'ler veya POLED'ler ve küçük moleküllerle üretilen OLED'ler, SOLED'ler veya SMOLED biçiminde kısaltılmaktadır. Farklı özelliklere sahip olan OLED'ler de bulunmakta olup, özel bir esnekliği veya yapısında fosforesan bileşenlerinin kullanıldığı OLED'ler için, sırasıyla FOLED'ler veya PHOLED'ler kısaltmaları kullanılmaktadır. Birbiri üzerine yerleştirilmiş birçok fonksiyonel katmandan oluşan OLED yapısında, alt katman, örnek olarak bir cam plaka, üstündeki tabakaları taşımak için bir geçit görevi görmektedir. Bu katman üzerinde anot, örnek olarak indiyum kalay oksit (ITO) katmanı yer almaktadır.

Bir üst katmanda ise delik taşıma katmanı olarak da bilinen (HTL) katmanı bulunmaktadır. ITO ve HTL katmanları arasına başka bir katman uygulanabilmektedir. İstenilen duruma göre bu tabaka pürüzsüz bir yüzey elde etmek için kullanılabilir. HTL katmanının üzerinde, az miktarda pigment (yaklaşık %5 ila %10) ile oluşan veya %100 pigmentten oluşabilen yayıcı katman (EL) olarak bilinen başka bir katman daha bulunmaktadır. Bir üst katman olarak,

örneğin bir katodun bulunduğu elektron taşıma katmanı (ETL) gelmektedir. Böylelikle kalsiyum veya alüminyum biriktirilmektedir. Son katman olarak ise bir kaplama tabakası uygulanmaktadır (Görsel 52.).



**Görsel 52.** OLED Aydınlatmanın Yapısı (LGdisplay, 2020)

OLED'in beyaz veya renkli soğuk ışık yayma nedeni, üzerine bir elektriksel alanın uygulandığında pozitif ve negatif yüklerin bulunduğu yayıcıdaki pigmentin uyarılmasına ve kullanılan pigmente bağlı olarak gerçekleşmektedir. Tasarımda istenilen duruma bağlı olarak pigment değişikliği yapılabilmektedir. İlk OLED tasarımları, 1980'ler uluslararası bir fotoğraf şirketi tarafından ABD'de üretilmiştir. İlk ürünler SMOLED yani vakumda biriken küçük moleküllere dayalı OLED'ler daha sonrakiler ise POLED'ler olmuştur. Çoğunlukla en çok üretim ve geliştirmenin ABD, Japonya ve Almanya'da olduğu görülmektedir (Ritter, 2007). OLED teknolojisi günümüzde LED üzerinde gelişen son teknoloji olarak görülebilmekle birlikte değişken ve tasarımsal birçok avantajı ile akıllı ekranlarda, aydınlatmalarda ve daha pek çok alanda kendini göstermeye devam etmektedir. Kullanımı iç mekânda olduğu kadar dış mekân üzerinde de tasarımlara yansıdığı görülmektedir.



**Görsel 53.** OLED Aydınlatma Ross Lovegrove (Frearson, 2017)

OLED katmanlı ancak ince bir yapıya sahip olmaktadır. Bu durum OLED'in daha esnek bir formda olmasına olanak tanımaktadır. Tasarımcı Ross Lovegrove, 2017

Milano Tasarım Fuarında LG Display için bir çift ışık tasarlamıştır. Her iki tasarım da markanın OLED panellerinin esnekliğinden yararlanarak, bir noktadan ziyade bir yüzeyde aydınlatma yaratan bir aydınlatma türü oluşturmak adına tasarlanmıştır. Tasarımlarda ilkinde aynı adı taşıyan deniz canlılarından biri olan Pyroosome, ikincisine ise Medusa ismi verilmiştir. 3D baskı teknolojisi kullanılarak oluşturulan Pyroosome aydınlatma esnek bir yapıya sahip modüler formlardan oluşmaktadır. Medusa ise, merkezi bir halkadan uzanan ve farklı şekillere bükülebilen sekiz esnek OLED panel içermektedir (Görsel 53.) (Frearson, 2017). Tasarımcının kendi aktarımı ile "İzleyicilerin tipik algılardan kurtulmasını ve ışığın özünde bilinenin ötesinde organik bir varlığı olduğunu hissetmesi" şeklinde ifade edilmektedir. Tasarımda esnek ve farklı bir yaklaşım ihtiyacını da karşılayabilen OLED paneller günümüz teknolojisinde gelişmeye devam etmektedir.

### **b. Enerji Üreten Akıllı Malzemeler**

Elektrik üreten akıllı malzemeler, dış etkilerden, ışığın etkisinden, sıcaklık veya basınçtaki değişikliklerden kaynaklanan bir ya da daha fazla uyarana yanıt olarak bağlı bir alıcı ile (örneğin bir direnç yükü) bir elektrik akımı üretebilen malzemeleri ve ürünleri kapsamaktadır (Ritter, 2007). Temel anlamda üç ana grupta değinilebilmektedir.

#### **Fotoelektrik Akıllı Malzemeler**

Fotoelektrik akıllı malzemeler, bir alıcı ile bağlantı kurduktan sonra, ışığın etkisiyle (elektromanyetik enerji) uyarıldıklarında bir elektrik akımı üreterek tepki vermektedir (Ritter, 2007). Bu malzemelerin çalışma prensibi Fotoelektrik etkiye dayanmaktadır. Fotoelektrik etki, ilk kez 1887'de Alman fizikçi Heinrich Hertz tarafından belgelenmiş olup bu nedenle bazen Hertz etkisi olarak adlandırılmaktadır. Bir kıvılcım aralığı vericisi (ilkel bir radyo yayın cihazı) ile çalışırken Hertz, belirli ışık frekanslarının emilmesi üzerine maddelerin görünür bir kıvılcım çıkarabileceğini keşfetmiştir. Işık bir metal üzerinde parladığında, elektronlar fotoelektrik etki olarak bilinen bir fenomenle metalin yüzeyinden fırlatılabilmektedir. Bu işleme sıklıkla foto-emisyon denir ve metalden çıkarılan elektronlara fotoelektron denilmektedir. Davranışları ve özellikleri açısından, fotoelektronlar diğer elektronlardan farklı olmaktadır (Hanson, 2020). Fotoelektrik malzemeler doğal özellikleri sayesinde bağlı bir alıcı

yoluyla elektrik akımı üreterek ışığa (görünür ışık, UV ışığı; elektromanyetik radyasyon) tepki verebilmektedir.

Fotoelektrik material türleri; boya güneş pilleri, silikon güneş pilleri, ince film güneş pilleri, organik güneş pilleri olarak bilinmektedir. Boya güneş pilleri (DSC), katman kompozitleri olup diğerlerinin yanı sıra boyaların, ışığın soğurulması (elektromanyetik radyasyon) ile bağlı bir tüketici ile elektrik akımı üreten bileşenler olarak tanımlanabilmektedir. DSSC'ler, prensip olarak, birbiri üzerine yerleştirilmiş birkaç fonksiyonel katmandan oluşur: şeffaf bir anot, yaygın olarak kalay oksit, cam gibi destekleyici bir birinci bileşen tabakası üzerine yer almaktadır. Boya güneş pillerinin (DSSC) gelişimi 1990'ların başında Michael Grätzel ve araştırma ekibinin Lozan, İsviçre'deki Federal Teknoloji Enstitüsü'ndeki deneylerine dayanmaktadır. Bu deneylerde, boya ve TiO<sub>2</sub> silikon yerine güneş pillerinde denenmiştir (Ritter, 2007). Bu nedenle deneyin sonucunda oluşan hücreler aynı zamanda Grätzel hücreleri ve bilinen adıyla foto-elektrokimyasal güneş pilleri veya nano güneş pilleri olarak da bilinmektedir. Boyaya Duyarlı Güneş Pilleri (DSSC), bazen boyaya duyarlı Hücreler (DSC) olarak da adlandırılabilir, görünür herhangi bir ışığı elektrik enerjisine dönüştürebilen üçüncü nesil fotovoltaik (güneş) bir hücre olarak tanımlanabilmektedir (Görsel 54.).

Boya, DSSC'nin fotoaktif malzemesidir böylece hücre ışığa duyarlı hale geldikten sonra elektrik üretebilmektedir. Boya, gelen ışığın fotonlarını (güneş ışığı ve ortam yapay ışığı) yakalayarak enerjilerini fotosentezde klorofillerin yaptığına benzer biçimde gibi davranarak elektronları uyarmak için kullanmaktadır.

Uyarılmış olan bu elektron, boya vasıtasıyla Titanyum Dioksit (beyaz boyada yaygın olarak bulunan beyaz bir pigment) içine enjekte edilmektedir. Elektron, titanyum dioksitin nano ölçekli kristalize bir formu ile uzaklaştırılmaktadır (Zafer, 2006). Hücredeki kimyasal bir elektrolit daha sonra devreyi kapatır, böylece elektronlar boyaya geri dönmüş olmaktadır. Şarj edilebilir bir bataryaya, süper kapasitöre veya başka bir elektrikli cihaza toplanabilen enerji, bu elektronların hareketi yoluyla üretilmektedir.



**Görsel 54.** DSSC Boya güneş pilleri (Ritter, 2007)

Günümüz teknolojisinde bir dizi farklı kurum boya güneş pillerinin (DSC) optimizasyonu üzerinde çalışmaktadır. Almanya'nın Freiburg kentindeki Fraunhofer Güneş Enerjisi Sistemleri Enstitüsü tarafından yakın zamanda geliştirilen bir teknolojiyle, hücrelerin kenarlarının sızdırmazlığı incelenerek geliştirilmiş ve böylece sızdırma önlenmiştir. Bu teknoloji sayesinde sıvı elektrolit sızıntısı önlenerek ve hassas dahili bileşenleri erken bozulmaya karşı korumak için modülleri bir cam lehim ile sızdırmaz hale getirmektedir. DSSC Güneş pilleri bilenen kullanımının ötesinde renkli yapısıyla mimaride ve tasarımlarda kullanılabilir. Güneş pillerinin renkli filtreleri onların sadece çatılarda kullanılmayıp tasarım nesnelere ve camların bileşenlerinde de ilgi görmesini sağlamıştır.

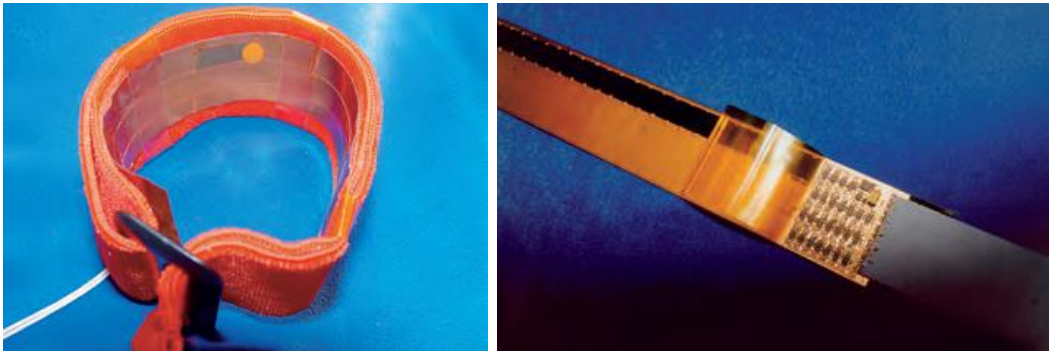
### **Piezoelektrik Malzemeler**

Basıncı elektrik için Yunanca bir terim olan piezoelektrik, mekanik bir etkiye tepki olarak bir malzemede elektrik polarizasyonunun üretilmesi olarak tanımlanmaktadır (Harrison & Ounaies, 2001). Piezoelektrik materyaller belirli bir mekanik etkinin tetiklemesiyle elektrik üretebilen malzemeler olarak tanımlanabilmektedir. Piezoelektrik malzemelerin, doğal özellikleri sıkıştırma gibi mekanik etkilerle deforme olduğunda elektrik yükleri üretmelerini sağlamaktadır. Piezoelektrik seramikler (PEC) ve piezoelektrik polimerler (PEP), mekanik bir yüke maruz kaldıklarında, yük dağılımındaki değişikliklerden dolayı deformasyonun bir sonucu olarak yüzeylerinde elektrik yükleri üreten inorganik veya organik malzemeler olarak bilinmektedir. Tersine, bir voltaj uygulayarak şekillerini değiştirebilmektedirler. Bu fenomenler literatürde sırasıyla piezoelektrik ve ters piezoelektrik etki olarak tanımlanmaktadır.



Piezoelektrik etki 1880 yılında Curie kardeşler tarafından, elektrostatik yüklerin kristal yüzeylerin (Rochelle tuzu, turmalin ve kuvars kristallerin) mekanik yüklenmesinden kaynaklandığını keşfiyle başlamıştır. 1960'ta İlk piezoelektrik sensörler geliştirilmiştir. 1990'lı yılların sonunda bir Fin şirketi, temel olarak bir dizi farklı uygulamadaki sensörler için kullanılan bir yarı-piezoelektrik elektrik filmi geliştirmiştir (Ritter, 2007). Bu aktif malzemeler içerisinde, piezoelektrik malzemeler, geniş bant açıklıkları, hızlı elektromekanik tepkileri, nispeten düşük güç gereksinimleri ve yüksek üretken kuvvetleri nedeniyle en yaygın olarak kullanılan malzeme olarak görülmektedir (Harrison & Ounaies, 2001).

Piezoelektrik etki uzun süredir pek çok farklı cihazda kullanılmaktadır. Çalışma prensibinin getirmiş olduğu basınç etkisinin voltaj üretimini gerçekleştirmesi kullanım açısından geniş imkanlar oluşturmaktadır. Örneğin kapı zili iticisinde uygulanan bir kuvvet voltaj üreterek yayılan titreşim ile elektrik devresinin kontrol edilmesini sağlamaktadır. Piezoelektrik etki tam anlamıyla anlık bir etki olup, piezoelektrik cihazlar küçük basınçlara veya gerilimlere karşı oldukça duyarlı bir yapıda olabilmektedir. Bu malzemeler ve çalışma prensibi günümüzde en basit üründen, çok daha karmaşık ürünlere kadar gelişim imkânı sağlamaktadır (Addington & Schodek, 2005). Bu ürünler; mikrofon, hoparlör gibi titreşimi yayıcı ürünler olabildiği gibi titreşimi absorbe edebilen ürünler de olabilmektedir. Bu duruma örnek olarak kayaklarda piezoelektrik malzeme kullanımı ile belirli koşullarda titreşimler sönmülenebilmektedir. Piezo elektrik malzemeler, sensör ve aktüatörler ile kurulan akıllı sistemlerde de bir çözüm olanağı sunmaktadır. Bazı piezoelektrik akıllı ürünler ile kurulan sistemde hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüşerek farklı bir noktaya aktarılabilmektedir.



**Görsel 55.** Piezoelektrik filmlerden yapılan nabız hızlarını ölçmek için sensör bandı (Ritter, 2007)

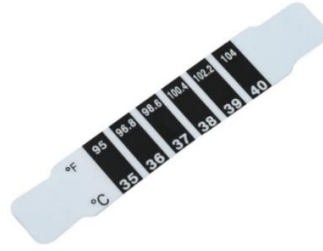
Piezoelektrik materyallerin çeşitli yapıdaki polimer türlerindeki polimer film yapıdaki sensörleri bulunmaktadır. Mirow teknolojinin üretimi olan nabız ölçmek adına üretilen sensör bant üzerine birbirine bitişik yedi piezo sensör yerleştirilmiştir(Görsel 55.). Bu sayede sensörler vasıtasıyla nabız atış hızı hassas biçimde ölçülebilmektedir. Boyut ve hassasiyet çeşitliliği sağlaması sayesinde piezoelektrik sensörler birçok farklı alanda sistem algılayıcısı olarak kullanılabilir.

### 3.3. Akıllı Sistemler

Akıllı malzemeler, belirli etkilere tepki vermek üzere geliştirilmiş materyaller olarak tanımlanmaktadır. Bu materyaller uyaranlara verdikleri tepkilere göre alt başlıklara ayrılarak incelenmektedir. İster nitelik değiştirebilme (şekil hafıza malzemesi, termokromik, fotokromik vb.), ister enerji alışverişi yapabilme (fotovoltaik, piezoelektrik, fotolüminesan vb.) özellikte olsun, her akıllı materyal yapısal anlamda etkinin tepkiye dönüştüğü bir dizi işlem haritası barındırmaktadır. Bu işlem haritası kimi materyal için daha analog ve doğrudan bir yol iken, kimi materyal adına daha sistematik ve programlama gereksinimi duyulan bir yapıya sahip olmaktadır. Akıllı sistemler, akıllı veya geleneksel malzemelerden bir araya gelebilen belirli bir çalışma düzeneği veya yöntemi ile analog veya mekatronik olarak programlanabilen çevresel koşulları ya da tasarım bağlamında beklenen bir durumu programlanarak algılaması sağlanabilen yapılar olarak tanımlanabilmektedir. Bu yapılar bünyesinde barındırdığı materyal türüne ve beklenen işleve göre bir çalışma yöntemine tabi olmaktadır. Kullanılan materyaller kendiliğinden bir tepki verebiliyorsa kimi zaman daha doğrudan bir yöntemle ürüne entegre olabilmektedir. Örneğin; renk değiştiren malzemeler ortam ışığının veya renginin değişimine kendiliğinden bir özellik değişimi ile tepki verebildiğinden, bu materyallerden üretilen ateş ölçmek için kullanılmakta olan “termo şeritler” imal edilmiştir (Görsel 56.). Bu şeritlerin termokromik özellikte olması sayesinde vücut ısısındaki değişimler doğrudan renk değişimi ile gözlemlenebilmektedir. Basit bir görsel sayısal ölçek, termokromik bir şerit üzerine yerleştirilir ve vücut sıcaklıklarının kolay ve hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlar. Böylece, renkler bir sıcaklık ölçüm cihazı sağlamak için sıcaklık seviyeleri ile kalibre edilebilmektedir. (Addington & Schodek, 2005). Günümüzde analog veya mekatronik olarak tepki verebilen birçok akıllı malzemenin ortam koşullarındaki veya bir durumun sayı ya da nitelik tespiti adına çeşitli



cihazlarda kullanılabilirdiği görülmektedir. Bu cihazlarda aynı şekilde bir enerjinin bir formdan diğere dönüşümünün sağlanmasına olanak veren (mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi vb.) dönüştürücüler bulunmaktadır. Temel jeneratör sistemi, mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Enerji bir formdan diğere aktarılabilirdiği gibi fiziksel ya da kimyasal bir eyleme cihazlar sayesinde dönüştürülebilmektedir. Akıllı malzemeler gerek akıllı bir sistem içerisinde gerekse kendi niteliğine bağlı olarak birçok form alabilmekte ve tanımlanan işlevleri çoğuna hizmet edebilmektedir.



**Görsel 56.** Termokromik malzemedan yapılan ateş ölçmek için üretilen termo şerit (JSG , 2020)

Addington ve Schodek (2005) çalışmalarında, nitelik değişimi veya enerji alışverişi özelliği gösteren akıllı malzemelerin çoğu çeşitli duyuşal işlevler sağladığını ifade etmektedir. Bu nedenle akıllı malzemelerin daha temel eylem ve davranışlarının çoğu, doğrudan sensörler, dönüştürücüler veya çalıştırma cihazları olarak rollere dönüştürülebilmektedir. Bu malzemelerin sergilediği davranışların, klasik anlamda sensörlerin, dönüştürücülerin ve aktüatörlerin başardıkları ile genellikle aynı olmaktadır. Ancak materyaller bunu kendi özellikleriyle bütünleyici bir biçimde yapmaktadır. Harici bir uyarana yanıt olarak ortaya çıkan bir malzemedeki özellik değişikliği normalde doğrudan aynı uyarana için bir sensör olarak kullanılabilir. Bir termokromik malzemenin rengini doğrudan değiştirmesi sayesinde ürünlerde kullanılabilmesi gibi, diğere özellik değiştiren malzemeler de benzer şekilde kullanılabilir. Örnek olarak ışık yoğunluğunun ölçümü için fotokromik veya bir ortamdaki kimyasal madde yoğunluğunun ölçümü için sensör olarak kemokromik bir malzeme kullanılabilir. Bu uygulamalar analog bir biçimde çalışan cihazlar olarak yükseltilebilen veya farklı şekilde koşullandırılabilen elektrik sinyalleri üretilmediğinden daha karmaşık duyu sistemleriyle çalışan doğru kullanımları sınırlı olmaktadır.

Enerji alışverişi yapan akıllı materyal türleri hem sensör hem de dönüştürücü işlevinin yan ısıra kimi türleri aktüatör işlevi de gösterebilmektedir. Bazı sistemlerde bir kuvvet mekanik olarak bir deformasyona neden olduğunda elektrik enerjisi çıkışı gelişi görülebilmektedir. Bu tür sistemler tersinir bir biçimde çalışabilmektedir. Bu etkiyi sistemde karşılayan malzeme bir kuvvet sensörü olarak kullanılabilir. Örneğin bir piezomateryalden gelen çıkış sinyali tespit edilerek koşullandırılıp yararlı bir biçimde yorumlanabilmektedir.

Bazen basit bir sayısal ekran yahut koşullandırılmış sinyal, mekanik bir cihazın karmaşık eylemlerini yönetmek için kullanılan bir mantık denetleyicisiyle çalıştırılabilir. Alternatif olarak elektrik akımı doğrudan bir biçimde mekanik bir kuvvet oluşturmak üzere kullanımı ile piezomateryal doğrudan bir kuvvet çalıştırma cihazı görevi görebilmektedir.



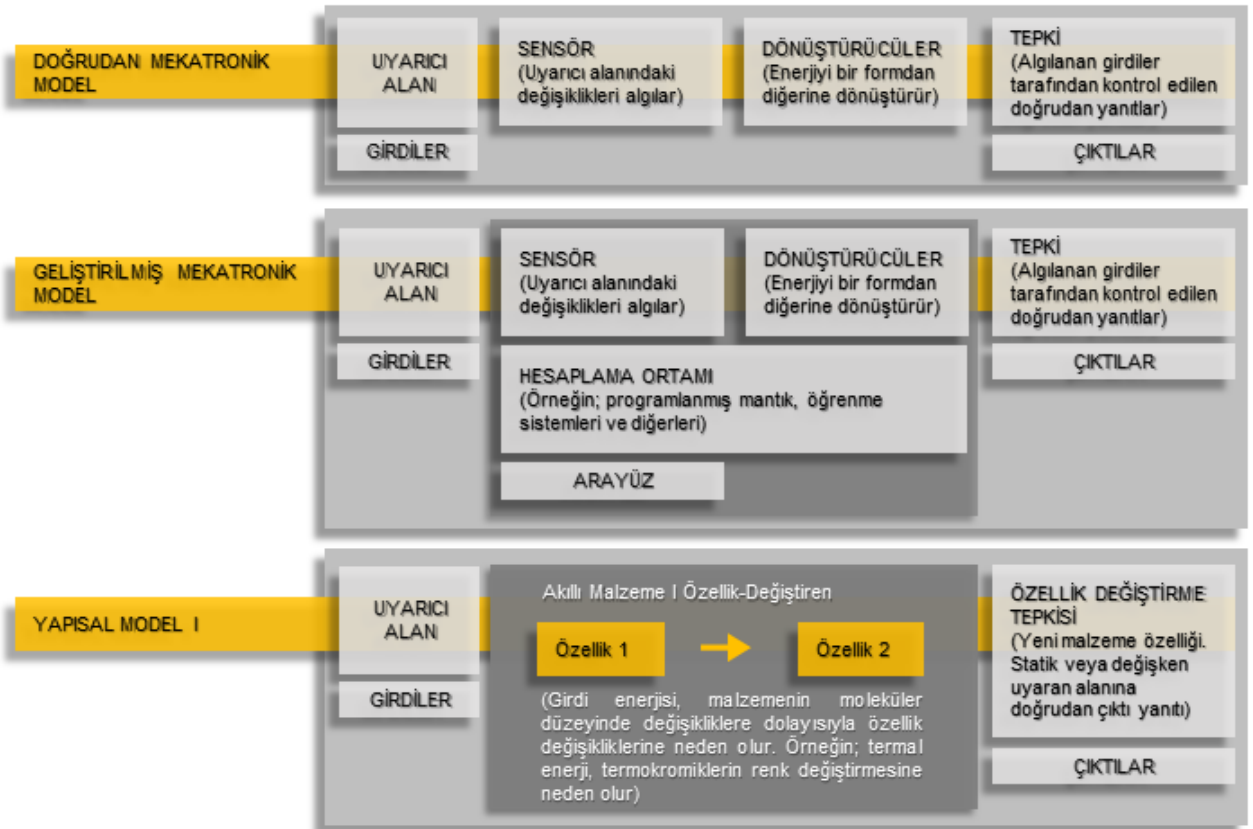
**Görsel 57.** EnGo Planet şarj ve kablosuz ağ istasyonu fotoelektrik solar paneller ve piezoelektrik seramikler kullanılarak çalıştırılan bir akıllı sistem örneği (EnGo, 2020)

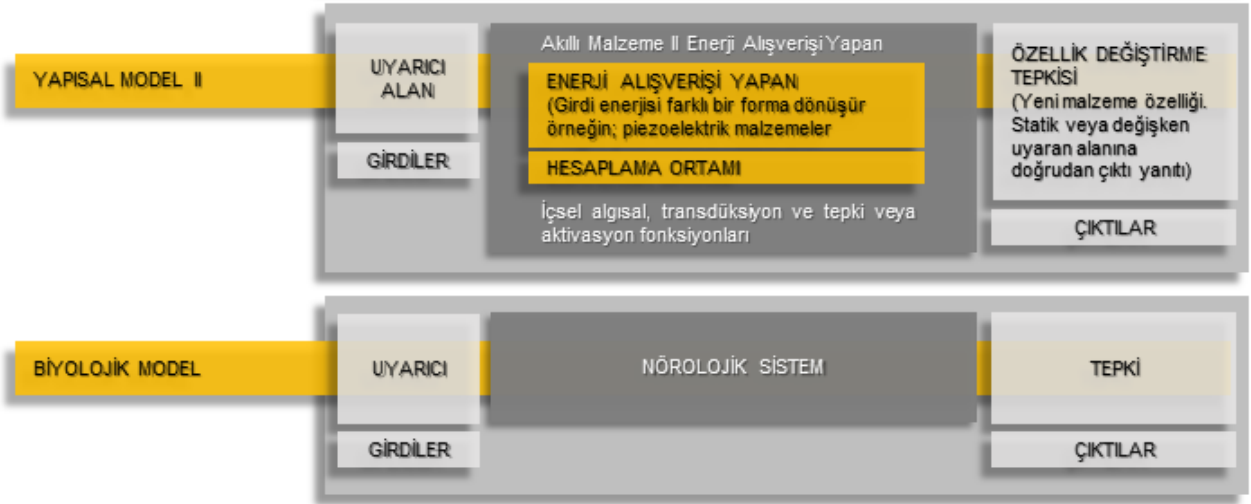
EnGo Planet tarafından tasarlanan şarj ünitesi hem fotoelektrik hem de piezoelektrik malzemeler kullanılarak oluşturulmuş bir akıllı sistem örneği olarak gösterilebilmektedir. Bu sistemdeki ihtiyaç olan enerji kullanıcının etrafındaki hareketi elektrik enerjeye dönüştüren piezoelektrik paneller ve güneş enerjisini elektrik akımına dönüştüren güneş panellerinden karşılanmaktadır (Görsel 57.). Araştırmacı Harrison ve Ounaies (2001) çalışmalarında en çok kullanılan malzemelerin bazılarını:"

En popüler akıllı malzeme sistemleri piezoelektrik malzemeler, manyetostriktif malzemeler, şekil hafızalı alaşımlar, elektroheolojik sıvılar, elektrostriktif malzemeler ve optik fiberlerdir. Manyetostriktifler, elektrostriktifler, şekil hafızalı alaşımlar ve

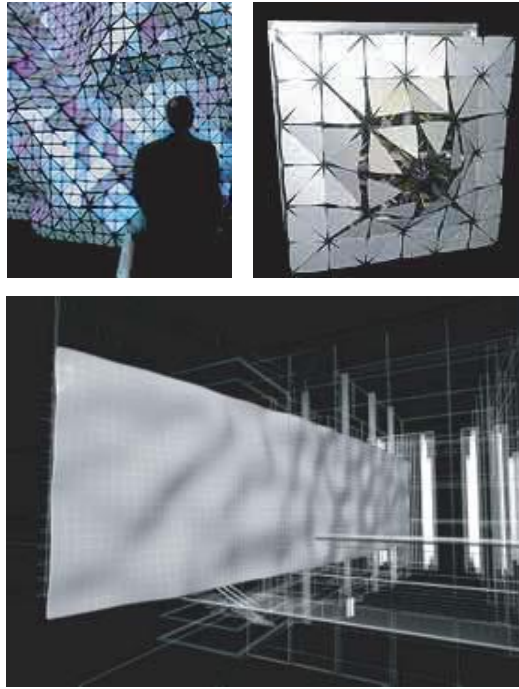
elektroheoiojik sıvılar aktüatör olarak kullanılırken, optik fiberler öncelikle sensör olarak kullanılır.” şeklinde aktarmaktadır.

Akıllı sistemlerde gerekli olan sensörler, dönüştürücüler veya aktüatörler olarak kullanılabilen akıllı malzemelerin bir araya getirilmesinde amaç, genel anlamda hedeflenen bir eylemin üretilmesi veya istenen tepki özelliklerinin karşılanması adına etkin hale getirilebilen veya kontrol edilebilen bir sistemi oluşturmaktır. Akıllı malzeme bileşenleri pek çok farklı uygulamada da kullanılabilir. Tasarlanan ürünlerdeki beklentiye göre çeşitli akıllı malzemenin dahil olduğu farklı akıllı sistem modelleri bulunmaktadır. Akıllı sistemlerin çalışma biçimini bünyesine dahil edilen malzeme, sensör ve dönüştürücüler belirlemektedir (Tablo 14.). Karmaşık bir donanımına sahip olan herhangi bir sistem modülünü belirli performans ve kontrol özelliklerine sahip bileşenler oluşturmaktadır. Temel bir girdi / çıktı modeli açısından sistem içerisinde yer alan elemanlar ve bileşenler genellikle tekil işlevler yerine getirmektedir. Akıllı sistemleri tasarım açısından daha cazip kılan özelliklerinden biri sistem içerisinde yer alan bileşenlerin birden fazla işlevi karşılayabilme özelliklerinin olmasıdır. Örneğin; akıllı bir sistem içerisinde yer alan akıllı malzeme bir sensör veya aktüatör hatta bazen her iki işlev için de kullanılabilir.





**Tablo 14.** Farklı girdi / çıktı kontrol modelleri (basit sensör / aktüatör sisteminden karmaşığa doğru) (Addington & Schodek, 2005'in verilerine göre yeniden düzenlenmiştir.)



**Görsel 58.** "Hiposurface" kurulumu, duyarlı bir yüzey oluşturmak için konum sensörlerini geleneksel aktüatörlerle birleştirir. Marc Goulthorpe ve DeCOI Architects (Goulthorpe, 2011)

DECOi mimarları tarafından geliştirilmiş olan Aegis Hyposurface, basit bir tip konum sensörü kullanılarak bir dizi pnömatis aktüatörü çalıştırmak için çıkış sinyalinin bir mikro denetleyici aracılığıyla iletmektedir (Görsel 58.). Tümüyle mükemmel olmasa da sonuç, vücudun hareketinin duvarda karşılık gelen bir hareket üretmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu sistem, kontrol uygulamalarının çoğunu belirleyen klasik mekatronik bir modeli temsil etmektedir (Addington & Schodek, 2005).



**Görsel 59.** Lotus Kubbesi | Daan Roosegaarde (Roosegaarde, 2013)

Fransa'nın Lille şehrinden aldığı ilhamla, Hollandalı sanatçı Daan Roosegaarde, yüzlerce ultra hafif duyarlı alüminyum çiçekten oluşan canlı bir kubbe olan 'Lotus Dome' adlı etkileşimli bir sanat eseri geliştirmiştir. 'Lotus Dome' sergisi Sainte Marie Madeleine Kilisesi'nde kurulmuş olup, Lille şehri ve sakinleri için tasarlanmıştır (Görsel 59.). İnsanlar ve teknoloji arasındaki bu dinamik ilişkiyi, sanatçı Roosegaarde 'Tekno-Şiir' olarak adlandırmaktadır. Sanatçısının ifadesiyle (2013) “Lotus Dome, mimarlık ve doğa, geçmiş ve geleceğin öğelerini birleştiren bir arabulucu işlevi görmektedir”. Büyük gümüş kubbe yapı çalışma şekli olarak, yaklaşıldığında ince ve ısıya duyarlı çiçeklerini açarak aydınlanmaktadır. Daha fazla insan etkileştiğinde davranışı daha dinamik bir hareket haline geçmektedir.

Işık, insanları yavaşça takip ederek interaktif bir ışık ve gölge oyunu yaratır. Lotus çiçeğinin duvarlardaki grafik gösterimleri ve derin bas sesi Rönesans ortamını bir “Tekno-Kilise” ye dönüştürmüştür. Akıllı Lotus yaprakları, Studio Roosegaarde ve üreticileri tarafından özel olarak geliştirilmiştir ve ışıkla dokunduğunda açılıp kapanan birkaç ince Mylar katmanından yapılmıştır.

Bu yüksek teknoloji ürünü işçilik, kilisenin 16. yüzyıl mimarisinin yenilikçi düşüncesine benzerliğini Roosegaarde (2013): “Rönesans'ı güncelliyoruz, mimariyi canlandırın yüksek teknoloji katmanı uyguluyoruz.” şeklinde ifade etmektedir. Akıllı bir sistem örneği olan Lotus Dome yapraklarının yapısındaki duyarlı katmanlar sayesinde duyuşsal bir algı işlevi ile yönlendirilmiş ve tasarlanmıştır.





**Görsel 60.** Philips Lumiblade (+ film) Dietmar OLED (organik ışık yayan diyot) (Howarth, 2012)

OLED'ler düşük çalışma sıcaklığı (30'C) özelliği ile aydınlatma kaynağının mobilyalara entegre edilebilmesini ve duvarlara kaplanabilmesini sağlamaktadır. OLED'ler, elektriğin cama monte edilen organik yarı iletken malzeme katmanlarından geçirilmesi durumunda ışık üretmektedir. Philips Lumiblade OLED karşısındaki kullanıcıyı algılayarak tepki verebilme özelliğine sahip akıllı bir sistemdir. Tasarımcı Thomas, "OLED, yüzey ışık kaynağı olan ilk ışık kaynağıdır. Diğer tüm ışık kaynakları alev, mum ile başlayıp ampul ve LED'e kadar uzanan nokta ışık kaynaklarıdır. İlk kez ışığı yaymak için bir sisteme ihtiyacınız yoktur. Sistem yerleşik." şeklinde ifade etmektedir (Görsel 60.) (Howarth, 2012). Bugünün OLED'leri 2 mm'den daha ince ve maksimum boyutları 12 x 12 cm' boyutlarda, ancak yakın gelecekte bir milimetreden daha az ve bir metre kareye kadar olacakları tahmin edilmektedir.

Lumiblade, Philips OLED aydınlatma ürünlerinin markasıdır ve Lumiblade Creative Lab, tasarımcıları OLED'lerle tanıştırmak ve teknoloji için yenilikçi kullanımlar geliştirmelerine yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Laboratuarda sergilenen ürünler arasında Tom Dixon, Jason Bruges ve rAndom International'ın prototipleri yer almaktadır.

OLED'lerin gelecekteki diğer kullanımları arasında LED teknolojisine kıyasla inceliğinin otomobil tasarımcılarının daha fazla iç alan sağlamasına veya daha kısa araçlar tasarlamasına izin vereceği otomobiller yer almaktadır. Akıllı bir sistem olan OLED yapısında barındırdığı akıllı malzeme teknolojisini sensörlerle birleştirmektedir.

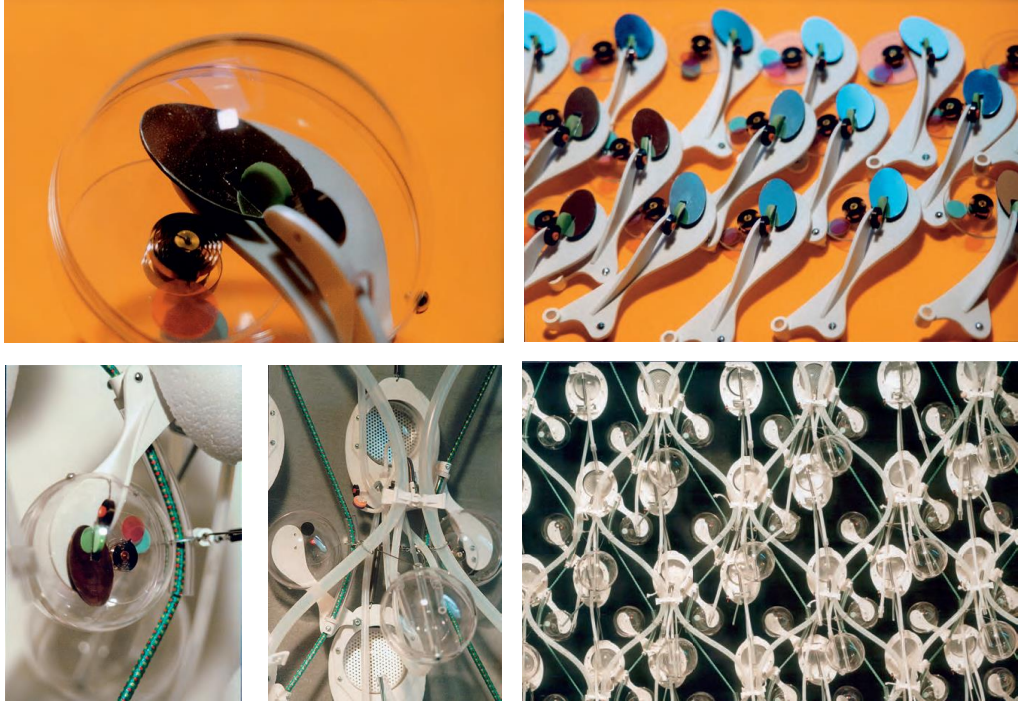


**Görsel 61.** Velop2 interaktif ışık kurulumu Loop.pH, Taipei - Tayvan (Loop.Ph, 2016)

Londra merkezli Loop.pH'den Rachel Wingfield ve Mathias Gmachl tarafından tasarlanan dinamik ve etkileşimli bir ışık tesisatı, kentsel yaşamın önemli bir konusuna dikkat çekmektedir. VelO2 aşırı kalabalık şehirlerde hava kirliliği bilincini görünmeyen deneyimi yaşanabilir kılmak için ışık kullanarak artırmak adına tasarlanmıştır (Görsel 61.).

Dalgalandan verileri toplamak için hava kalitesi sensörleri, katılımcılar iki parkur etrafında birbirlerine bisiklet sürerek kurulumla fiziksel olarak etkileşime girerken hafif yollar oluşturan ağ sisteminden beslenmektedir.

Shin Kong Life tarafından görevlendirilen ve bisiklet konferansı Velo-City Global 2016'nın yanında sahnelenen kurulum, sürdürülebilir şehirler inşa etmede aktif yaşam tarzlarının ve hava kalitesinin önemine dikkat çekmektedir. Bu bağlamda arenanın tasarımının hava sirkülasyonu sürecinde insan akciğerleri ve ağaç benzeri dalları biçimine dayandığı, döngüsel süreci interaktif tepki ile görsel olarak iletildiği düşünülmektedir (Loop.Ph, 2016). Loop Ph'in bu tasarımı kentsel ölçekli bir akıllı sistem olup kullanıcının oluşturduğu kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren, gelişmiş bir mekatronik sistem modeli örneği olarak gösterilebilmektedir. Akıllı sistemler kentsel tasarım ölçeğinde çevresel ve sosyal anlamda katkı sağlayabilen eğlenceli parkurlar yaratmak adına kullanılabilirlerdir.



**Görsel 62.** Termobimetal Ve Higrobikompozit Spiral Yaylarla Renk Göstergesi Toplari (Tb, Hb) Hava koşullarına duyarlı kinetik bina cephesi, Almanya (1997) (Ritter, 2007)

İnsan cildi modelinin bir yapı cephesi olarak teknik bir uygulamasına dayanan tasarım yaklaşımında, tasarımcı insan anatomisini ve özelliklerini, özellik değiştirme yeteneğini analiz etmiştir. Özellikle insan cildinin dış etkilere tepki verme yetenekleri, uygun reaktif yapılar ve akıllı malzemelerin kullanımı göz önüne alındığında, uyarlanabilir ve teknik olarak uygulanabilir niteliktedir. İnsan cildinin, sıcaklık değişimine bağlı olarak vücudun nem ve sıcaklık dengesini sağlamak için gösterdiği sıvı uzaklaştırma veya renk değiştirme tepkisi ile ortaya çıkan soğutma durumundan yola çıkarak tasarlanmıştır. Cildin ve bağlı sinir sistemlerinin reaksiyonlarında olduğu gibi, tasarlanan membranın reaksiyonları hava tarafından belirlenmektedir (Görsel 62.) (Addington & Schodek, 2005).

Membran, mekanik yüklere direnmek için yeterli elastik gücü, çevredeki hava sıcaklığı ve nem değişikliklerine tepki olarak renk değiştirebilme ve gerekli nemi alarak veya çıkararak doğal rol modeli gibi kendi sıcaklığını düzenleyebilme özelliklerini göstermektedir. Hava şartlarına göre tepki verilmesini sağlayan modüllerin bir araya gelmesiyle oluşturulmuştur. Hava şartlarına duyarlı bileşenlere sahip olarak esinlenilmiş bir membranın geliştirilmesi, gelecekteki yapılarda, bina cephelerinin nasıl yapılabileceğine örnek teşkil etmektedir.





**Görsel 63.** THE PAVEGEN V3, hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren karolar (du Besse, 2018)

Pavegen, ayak izlerini enerjiye, verilere ve ödüllere dönüştürerek vatandaşlarla yüksek etkileşimde bulunan bir uygulama olarak tasarlanmıştır (Görsel 63.). Pavegen, akıllı şehirler ve ulaşım merkezleri, perakendeciler, markalar ve eğitimciler için geliştirilmiştir. Uygulamalar, aydınlatma, sesler anında geri bildirim sağlamaktadır. Yayalar Pavegen sistemi boyunca yürürken, ayak izlerinden gelen ağırlık, aşağıdaki elektromanyetik jeneratörleri sıkıştırarak, adım başına 2 ila 4 joule yakın elektrik enerjisi üretilmesini sağlamaktadır. Düşük Güçlü Bluetooth işaretçileri akıllı telefon uygulamalarına bağlanır ve sistem aynı zamanda bina yönetim sistemleriyle iletişim kurabilmektedir. Pavegen Piezoelektrik ve elektromanyetik materyallerin bir bileşimi olan geliştirilmiş bir mekatronik modül olarak gösterilmektedir.



**Görsel 64.** SC-601 Endirek Enerji Direği, AKS elektronik tarafından tasarlanmıştır Karşıyaka, İzmir (akselektronik, 2020)

Akıllı sistemle tasarlanan kent donatıları, ülkemizde de tasarlanmakta ve üretilmektedir. Bu sayede kent içerisindeki kullanım ihtiyacı dahilinde

değerlendirilerek, kullanıcıya sunulan hizmet takip edilebilmektedir. AKS elektroniğin tasarladığı bu donatı ülkemizde, Kocaeli, İzmir gibi birçok şehirde belediyeler tarafından kullanıma geçmiştir. Donatı temel olarak kullanıcıya kablosuz internet erişimi ve şarj ünitesi fonksiyonu sumaktadır. Bu fonksiyonlar için gereken elektrik enerjisi güneş panelleri tarafından karşılanmaktadır. Hedef kent içerisinde kullanıcının erişim ihtiyacına karşılık verecek akıllı bir kent donatısı sağlanmasıdır.

Akıllı malzemelerin temel ve doğrudan bir çalışma biçimine sahip olan türleri aktifleşmek ve yanıt vermek için herhangi bir bağlantı aracı veya aktüatöre gereksinim duymamaktadır. Bu malzemelerin belirli türleri farklı aşamalara sahip basit veya karmaşık sistemler içerisinde duyuşal fonksiyonları karşılayan sensör veya sistemin aktifleşmesinde tetikleyici rol oynayan aktüatör olarak da kullanılabilir.

Akıllı sistemler farklı işlem kartlarının bir dizi belirli kod ve programlamalarla belirlenen fonksiyonlar doğrultusunda hedeflenen algı-tepki bildirimini ile çalıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Bu durum her sistemde belirlenen girdi-çıkıı işleminin ana uyarıcı ve ana tepkisi ile ilişkilidir. Bir sistemde, örneğin; algılanacak etki belirli bir mesafeden geçen bir nesneye verilecek tepkiyle ilgili olduğunda kullanılacak sensör türü, algılanan bilginin nasıl bir tepki vereceği durumu ise sistemin içerisinde bilginin seçilimi ve işlenmesine bağlı olarak ara aktüatör veya dönüştürücü işlem kartlarına bağlı biçimde gerçekleşmektedir.

Akıllı sistemlerin basit veya karmaşıklık durumu girdinin sistem içerisindeki etki ettiği noktaların sayısı ve çıkıya dönüşüm sürecindeki belirlenen fonksiyonların türüne ve sayısına bağlı olarak değişmektedir. Basit bir karmaşık sistemde belirli bir uyarıcı algılanır, ana karta iletilir ve programlama ile belirlenen çıkı verisi olarak ortama yanıt halinde döner. Temel anlamda bir çalışma prensibine sahip olan akıllı sistemler içerisinde günümüzde basit uygulamalarda kullanılan sistem türleri marka adı olarak da bilinen; Arduino, Raspberry, Sparkfun işlemci kartlarıdır.

Bu markalar temel bir akıllı sistem modülü için gereksinim duyulan çeşitli işlem kartlarını üretmektedir. Benzer şekilde ana işlem kartına farklı işlev modülleri de eklenerek sistem basitten daha karmaşık biçimde tasarlanabilmektedir. Tez

çalışması kapsamında, temel anlamda basit bir akıllı sistem kurulumuna sahip ve daha az maliyetli bir akıllı kent donatısı tasarımı için, Arduino sisteminin kullanılması uygun görülmüştür. Sistemde belirlenen işlevlerin gereksinimine göre ek sensör, aktüatör ve dönüştürücü gibi sistem modülleri de kullanılacaktır.

### **3.4. Bölüm Sonucu**

Tez kapsamında çalışmanın bu bölümünde, Akıllı malzemelerin tanımlanması, özelliklerinin ve özelliklerine göre sınıflandırılmasının tariflenmesi ve akıllı malzeme türleri aktarılmıştır. Akıllı materyallerin türleri etki-tepki türü ve özelliklerine göre açıklanarak örneklenmiştir. Akıllı sistemlerin çalışma biçimi, türleri ve akıllı bir sistemin gereksinimleri üzerinde durulmuştur. Örnekler vasıtasıyla akıllı sistemlerin hangi tasarımlarda yer alabildiği aktarılmıştır. Tez çalışmasının kentsel bağlamdaki bir tasarımın üzerinde durması gereği aktarılan örnek tasarımlar kentsel mekân ölçeğinde tasarlanarak konumlandırılmış ürün ve akıllı sistem üzerinden seçilmiştir. Aynı zamanda tez çalışması kapsamında kullanılacak akıllı sistem modülünün türü belirlenmiş ve aktarılmıştır. Sonraki bölümde tez çalışması kapsamında tasarlanan akıllı kent donatısı üzerinde durulacaktır. Tasarımın konumu, amacı, işlevleri ve çalışma biçimi görsellerle aktarılacaktır.

#### 4. BÖLÜM: KENTSEL TASARIM BAĞLAMINDA BİR UYGULAMA

Teknoloji endüstri devriminden bugüne, hayatın her noktasına yayılmaya ve çeşitli alanlar üzerinde kullanıcıya yeni ve faydacı çözümler sunmaya devam etmektedir. Teknolojinin, mekan ve tasarım ile bir araya gelmesi, tasarımcı, kullanıcı ve ürün/meکان ile gerçekleşmektedir. Tasarımın bütünü oluştururken unsurlar içerisinde, kullanıcının ihtiyacı ve tasarımcının çözüm yaklaşımının yanı sıra tasarlanan ürünün malzemesi de yer almaktadır. Malzeme türleri gün geçtikçe yenilenecek gelişmektedir.

Malzemenin bu gelişimi tasarım bağlamında mekanlara ve ürünlere yansıtılarak kullanıcının yaşam kalitesini, hem iç hem de dış mekan açısından etkilemektedir. Kent mekanları kullanıcının sosyal anlamda bir araya geldiği, belirli ulaşım hatlarını ve genel bir kullanım alanını içinde barındıran bir yer olarak kullanıcısının şehir içerisindeki gereksinimlerine çözüm sağlayan donatılara sahip bir mekan türü olarak tanımlanabilmektedir. Kent donatıları, kent mekanı içerisinde kullanıcıyla doğrudan etkileşim halindedir. Kentsel bir mekan, kullanıcının sosyal olarak veya bireysel olarak etkileşiminin gerçekleştiği yerdir.

Kent mekanında donatı, kullanıcılar arasında bir etkileşim aracı olmasının yanı sıra, farklı işlevler ve yönlendirmelerle bir çok gereksinime de karşılık verebilmektedir. Bu yönüyle kentsel mekanda donatının tasarımı için nitelik, kullanım kolaylığı ve erişilebilirlik önem taşımaktadır. Kent donatısının kullanıcının etkileşimine bu denli maruz kalması ona farklı yönde işlevler de yüklemektedir. Örneğin bir kent donatısı temel işlev olarak oturma veya aydınlatma elemanı olabildiği gibi tasarım yaklaşımına bağlı olarak akıllı bir sistemle entegre hale geldiğinde enerji üretimi gibi ek işlevlerle donatılabilmektedir.

Akıllı malzemeler bir uyarana doğrudan tepki verebildiği gibi, bir sistem üzerinde uygulanarak uyarılara mekatronik bir dizi işlem dizilimi vasıtasıyla yanıt verebilmektedir. Akıllı sistemle entegre edilmiş bir kent donatısı tasarımı çeşitli işlevlerin bir araya gelerek oluşturduğu bir akıllı üründür. Günümüzde kent kullanıcısı gelişen teknoloji ve yaşayış biçiminin de etkisiyle, mekanlardan ve donatılardan temel bir işlevin ötesinde sürekli güncellenen ihtiyaca yönelik

beklentiler geliştirmektedir. Örneğin; güneş enerjisini elektrik enerjisinde dönüştüren solar panellere sahip olan aynı zamanda bu enerjiyi kullanarak aydınlatma, cihaz şarj ünitesi gibi işlevlerin çalışmasını sağlayan kent donatıları tasarlanmaktadır. Tasarım ister ürün odaklı, ister mekan odaklı olsun, akıllı sistem ve akıllı malzemeler, söz konusu tasarıma belirli noktalarda pek çok avantaj ve çözüm sunması açısından önem taşımaktadır. Akıllı malzeme ve sistemlerin kentsel mekanlarda ve kent donatılarında kullanımı ile alt yapıya dahil edilebilir donatılara sahip bir akıllı şehir oluşturulabilmektedir.

Tez çalışmasının amacına göre, kent mekanlarının işlevsel bir tasarım öğesi olan kent donatısının tasarımında, akıllı malzeme ve sistem kullanımı incelenmektedir. Araştırma soruları doğrultusunda, donatı kavramı tariflenerek kent donatısının gereklilikleri ve türleri incelenmiş, akıllı malzemenin tanımı ve genel hatlarıyla tarihsel sürecine değinilerek sınıflandırılmış ve örneklerle aktarılmıştır. Akıllı malzeme ve sistemler kullanılarak tasarlanan kentsel donatılara yer verilmiştir.

Çalışmada, belirli bir alan ve yaklaşım dahilinde akıllı sistem kullanımı ile temel özellikteki bir kent donatısı tasarımı ile kentsel mekanlarda kullanılan akıllı donatılara farklı bir öneri getirmeyi hedeflemektedir.

#### **4.1. Uygulama alanı**

Uygulama amacı düşünöldüğünde, sečilmesi öngörölen alanlar uygulamanın henüz deneysel bir ölçekte gerçekteşmesi ve kullanıcı kitlesinin uygulamayı geliştirmesine yönelik olarak düşünölmesi sebebiyle, uygulamanın kullanıcı kitlesinin çoğunluğu yenilikçi bakış açılara sahip olan üniversite gençlerinden oluşan üniversite yerleşkesi seçeneği üzerinde yoğunlaşılmıştır. Üniversite yerleşkelerinin kullanıcı yoğunluğu ürünün tasarımcı adayı olan genç bireylerce deneyimlenmesine olanak sunmaktadır.

Çalışma, öneri halinde olup önerinin gerçekteşmesi halinde gözlemlenebilmesi için sınırları belirli bir kentsel mekana ihtiyaç duyulmaktadır. Gözlemleninin daha verimli yapılabilmesi için öngörölen alan sınırları dahilinde kullanım yoğunluğu dağılımı tespit edilmelidir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında geliştirilen önerinin

olası uygulama alanı için TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi yerleşkesi üzerinde belirlenen alanların kullanım yoğunluğu tespiti yapılarak harita ile gösterilmiştir.

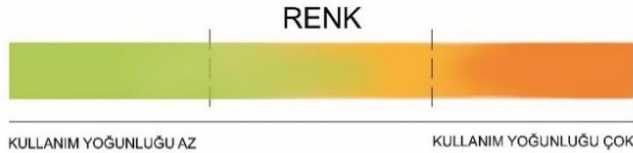


**Görsel 65.** TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi yerleşkesi içerisinde seçilen alanların harita üzerinde gösterimi (Google Maps uygulaması kullanılarak düzenlenmiştir.)

Yerleşke haritası(Görsel 65.) üzerinde gösterilen alanlar, kullanıcı için geçiş hatlarının olduğu noktalar içerisinde seçilmiştir. Bu sayede uygulamanın potansiyel olarak daha yoğun ve mekanda kullanıcının tercih etmiş olduğu sirkülasyon hattı üzerinde deneyimlenebilmesi hedeflenmiştir.



**Görsel 66.** TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi yerleşkesi içerisinde seçilen alanların kullanım yoğunluğunun harita üzerinde gösterimi (Google Maps uygulaması kullanılarak düzenlenmiştir.)



Belirlenen sirkülasyon hattı içerisinde yapılan incelemeye göre en yoğun kullanımın

yapıların giriş-çıkış noktaları, yeme-içme alanlarının yakını ve oturma elemanlarının çevresinde olduğu görülmektedir(Görsel 66.). Bu alanlar yakından incelendiğinde kullanıcı açısından bu denli bir yoğunluğun gözlemlenmesi uygulamanın çevresel anlamda kullanıcı ile etkileşiminin artması anlamında önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda kullanıcı yoğunluğu göz önünde tutularak, uygulama önerisi olarak tasarlanan kentsel donatının işlevi, geri dönüşüm atık ünitesi olarak belirlenmiştir.

#### **4.2. Uygulamanın Barındırdığı Sistemler**

Akıllı bir kentsel donatı tasarımı çok daha karmaşık bir akıllı sistem ile kurulabileceği gibi tasarım temel işlevler ile bağdaştırıldığında daha basit bir akıllı sistem vasıtasıyla oluşturulabilmektedir. Karmaşık akıllı sistemlerle tasarlanan donatılar her ne kadar donanımları fazla da olsa maliyet ve üretim güçlüğü gibi kriterleri de beraberinde getirebilmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda maliyet fazlalığı ve üretimin güçleşmesi aslında her noktada akıllı bir donatı kullanımını zorlaştırmaktadır.

Basit düzeyde bir akıllı kent donatısı tasarımı her işlevi yüklenemiyor olsa dahi temel farkındalıklar yaratmak adına kullanılabilir. Basit düzeydeki akıllı sistemlerin kentsel donatı tasarımında kullanımı ile ürün maliyeti düşürülerek kullanımı artırılabilir. Temel anlamda belirli işlevlendirmelere sahip bir akıllı kent donatısı tasarımının kullanıcı ile etkileşim kurması akıllı kent donatısı kavramı üzerine kullanıcıda farkındalık oluşturacaktır. Bu farkındalık düzeyi kentsel anlamda, sosyal veya bireysel çevre yaklaşımlarını da geliştirmeye yönelik bir biçimde, olumlu yönde tasarım vasıtasıyla kurgulanabilmektedir.

Çalışma kapsamında önerilen uygulamada amaç, akıllı kent donatısı bağlamında kullanıcı bilincinin artırılması yönünde olmaktadır. Üniversite kampüsleri, kullanıcı kitlesinin aktif ve yenilikçi düşünce yapısına sahip olması nedeniyle çalışmanın deneyimsel olarak ürünün gelişimi ve kullanım farkındalığı amaçlarını karşılar nitelikte alanlardır. Uygulamanın sesli bir biçimde kullanıcısıyla etkileşim kurması beklenmektedir.

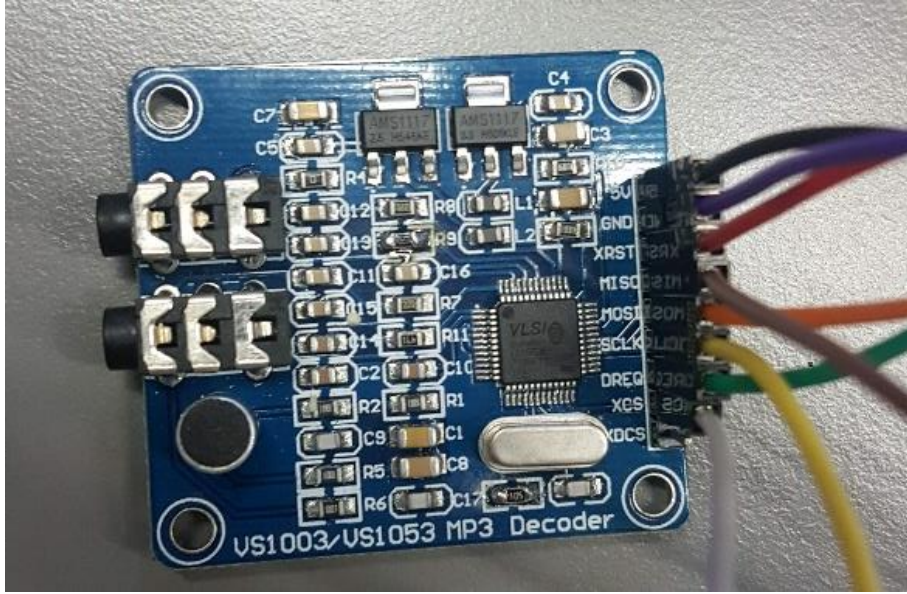
Tasarımın işlevinin geri dönüşüm atık ünitesi olmasının sebebi kullanıcının akıllı kent donatısı aracılığıyla atık geri dönüşümü farkındalığını teşvik etmektir. Bu nedenle tasarım, kullanıcı ile temel düzeyde etkileşim halinde, aynı zamanda dikkat çekici bir nitelikte olmalıdır. Uygulamanın çalışma sistemi temel düzeyde bir akıllı sistem modülüne dayanmaktadır. Bu bağlamda seçilen sistem Arduino MEGA 2560 R3 Klon modülü(Görsel 69.) kullanılmıştır. Ürün, kullanım isteğine bağlı olarak; iki, üç veya dört modülden oluşabilen geri dönüşüm atık ünitesinden oluşmaktadır.

Bu modüller kağıt, plastik, metal, cam şeklinde ayrılmış geri dönüşüm modülleri olarak belirlenebilmektedir. Ürünün çalışma biçimi aşamalar ile aktarılacak olursa;

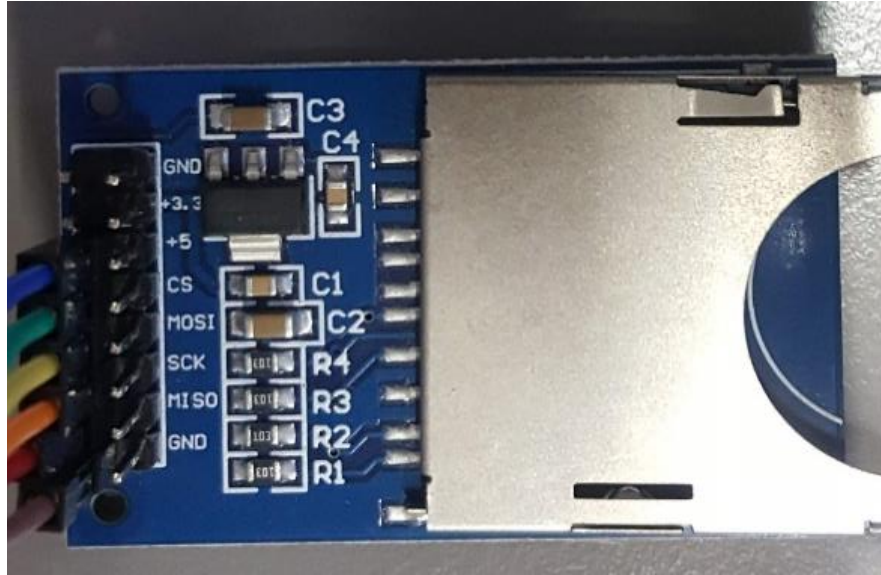
- Kullanıcı elindeki atığın türüne göre doğru modülü belirler.
- Seçilen modüle (Örn. Plastik modülü) atığı atar.
- Seçilen modül(Örn. Plastik modülü) içerisindeki sensör(HCSR04 Ultrasonik mesafe sensörü) tarama alanına giren atık sistem tarafından algılanır(Görsel 70.).
- Algılanan atığın bilgisi Arduino MEGA 2560 kartına iletilir.
- Eş zamanlı olarak, modüle takılı SD kart içerisinde (Görsel 68.), programlanan bilgiyle seçilen ses dosyası bilgisi(Örn. Plastik şişenin buruşturulma sesi) tekrar Arduino MEGA 2560 kartı üzerinden MP3 Oynatıcı Modül VS1003'e iletilir.
- Son olarak, MP3 Oynatıcı Modül VS1003 kartı(Görsel 67.) sayesinde hoparlör vasıtasıyla ses çıkışı(Örn. Plastik şişenin buruşturulma sesi) gerçekleşir.

Bu sistemde temel olarak aktifleşmeyi sağlayan ilk adım atığın hazne içerisinde sensör alanına girişi ile olmaktadır. Kullanıcı ile etkileşim aşaması hoparlörden ses çıkışı esnasında gerçekleşmektedir.





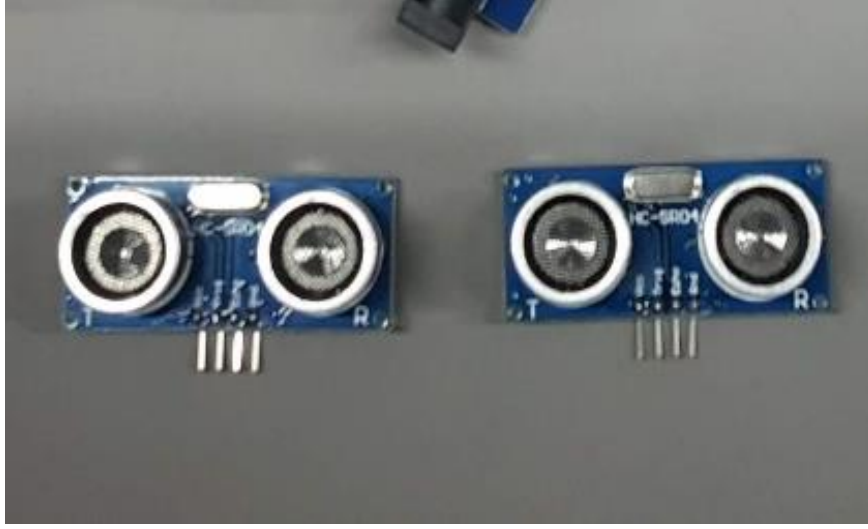
Görsel 67. MP3 Oynatıcı Modül VS1003 (kişisel arşiv)



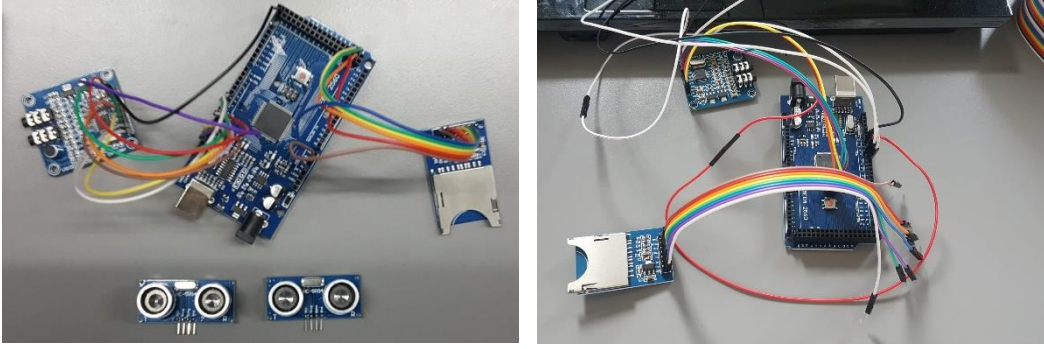
Görsel 68. SD Kart modülü (kişisel arşiv)



**Görsel 69.** Arduino MEGA 2560 R3 Klon modülü (kişisel arşiv)



**Görsel 70.** HC-SR04 Arduino Ultrasonik Mesafe Sensörü (kişisel arşiv)



**Görsel 71.** Arduino sistem kurulum denemesi (kişisel arşiv)

### 4.3. Uygulama

Tez çalışmasının amacı doğrultusunda akıllı malzemeler ve sistemlerin kent donatısı tasarımında yer alması ve donatı aracılığıyla kullanıcı-tasarım-tasarımcı bağlantısının kurulması yönünde hareket edilerek bir öneri uygulama tariflenmiştir. Bu anlamda uygulamanın konumlandırılması ve gözlemlenmesi uygun görülen kentsel mekan belirlenerek incelenmiştir. Seçilen mekânın kullanım analizinden ve yapılan araştırmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda uygulamanın işlevi belirlenmiştir.

Belirlenen işlevin atık geri dönüşüm ünitesi olarak belirlenmesi ile tasarıma eklenecek ana işleve bağlı yan işlevler tariflenmiştir. Temel işlev kent donatı bağlamında geri dönüşüm atık ünitesi, yan işlev ise kullanıcı ile etkileşim kurma kapsamında, atık modüllerinden her biri kendi içerisinde ayrılmakta olup her bir

modül içerisine atılan atığı algılayarak bu doğrultuda ayrıştığı madde türüne göre ses yayabilme olarak tanımlanmıştır(Tablo 15.). Her modülün ayrıştığı materyale göre ses yayması kullanıcının dikkatini çekme amaçlıdır.



**Tablo 15.** Uygulamanın temel ve yan işlev şeması (kişisel arşiv)

Uygulamaya belirlenen işlevler doğrultusunda entegre edilecek temel akıllı sistem modülü araştırılmıştır. Uygulama, çalışmanın kapsamı göz önünde bulundurularak, üç ana yaklaşımla geliştirilmiştir.

Bu yaklaşımlar;

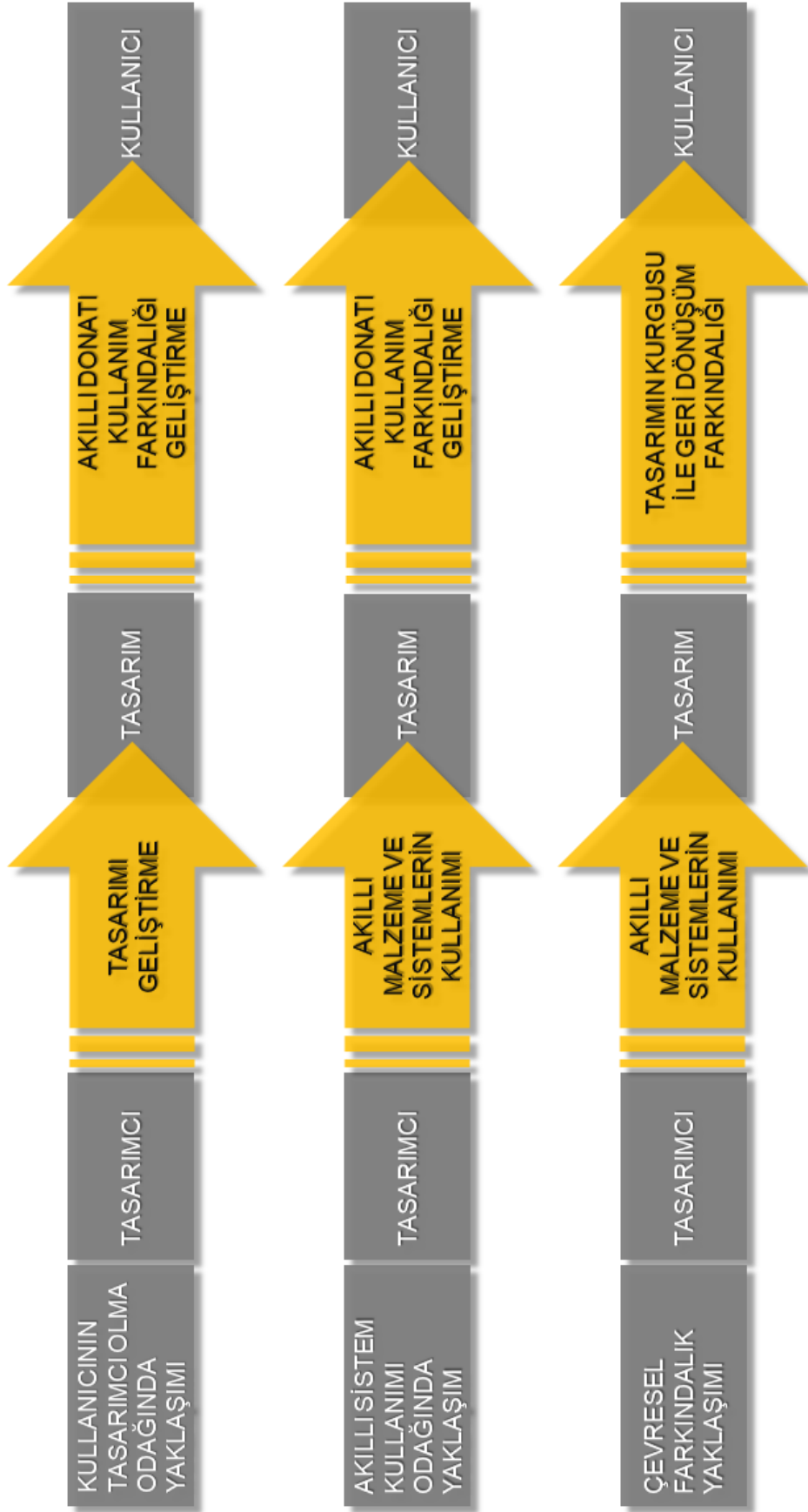
- Kullanıcının tasarımcı olma odağında yaklaşımı
- Akıllı sistem kullanımı odağında yaklaşım
- Çevresel farkındalık yaklaşımı

şeklinde belirlenmiştir(Tablo 16.). Bu doğrultuda tasarımcı-tasarım-kullanıcı arasında akıllı malzeme ve sistem bağlamında farklı yönlerden irdelenebilecek bağlantılar kurulması amaçlanmıştır.

Çalışma, akıllı malzeme ve sistemlerin kentsel donatıya entegre olma halini ele almanın yanı sıra temel düzeyde çalışan akıllı sistemlerle tasarlanan akıllı bir donatının karmaşık bir akıllı sistemle tasarlanan modüllere göre daha düşük maliyette ve kullanıcı-tasarımcıyı efektif etkileyebilecek bir biçimde tasarım yoluyla kurgulanabilmesini önermektedir.

Günümüzde kentlerde wifi noktası veya şarj ünitesi işlevlerine sahip akıllı kent donatıları yer almaktadır. Bu donatılar kullanıcı fark ettiği veya ihtiyaç duyduğu durumlarda onunla etkileşime geçebilen donatılardır. Bu nedenle kullanıcıya herhangi bir sesli bildirim vermemektedir. Uygulamanın, kullanıcının tasarımcı olma ve akıllı sistem kullanımı odağında yaklaşımları ele alındığında, tasarım kullanıcısı, akıllı malzeme ve sistem kullanarak tasarlanan donatı vasıtasıyla akıllı donatı ile etkileşime geçmektedir.

Böylece kullanıcıda akıllı donatı kavramı farkındalığı geliştirilmiş, kullanıcının tasarımcı olabilme durumu da düşünüldüğünde kullanıcıyı(tasarımcı) tasarımı geliştirmeye teşvik etme durumu oluşturulmaktadır. Böylece kentsel donatı tasarımında akıllı sistem kullanımı konusunda tasarımcı ve kullanıcı yönünden bir etkileşim oluşturulabilir. Kullanıcı ile etkileşim kuran bir donatı, akıllı donatı kullanım farkındalığı kazanımının yanı sıra belirlenen işlevlere göre kent mekanı içerisinde konumlandırıldığı noktalarda tasarımı ve etkileşim kurgusu ile kullanıcı kitlede çeşitli sosyal ve çevresel konularda da farkındalık oluşturabilmektedir.



**Tablo 16.** Uygulamanın amaçladığı temel yaklaşımlar (kişisel arşiv)

Kent mekanı da diğer mekanlarda olduğu gibi belirli aşamalarda sosyal bir kullanıcı kitlesine sahiptir. Özel bir konut iç mekanının kullanıcısı, mekanın sosyal açıdan yaklaşımını, mekanın sınırları dahilinde kendisi belirleyebilirken, daha genel kullanıma sahip iç mekanlar barındırdığı işlev ve kullanım türü ile kullanıcının sosyal sınırlarını tanımlamaktadır.

Ancak bir kent mekanı bu durumdan biraz daha farklı biçimde daha kamusal bir kullanıma sahip olduğundan bu tür mekanlarda sosyal sınırlandırmanın tarifi tasarım açısından çoğu zaman donatılar ile belirlenmektedir.

Dolayısıyla kent mekanı kullanıcı açısından daha sosyal ve içiçe bir yapıdadır. Bu durum kent mekanı içerisinde kullanıcının sosyal bir yaklaşımda olmasını mekandaki donatının, kullanıcının sosyal ve çevresel yaklaşımını yönlendirebilmesini sağlamaktadır.

Bir kent mekanının göze çarpan önemli başlıklarından biri çevresel atık yönetimi ve geri dönüşüm olarak gösterilebilir. Akıllı bir kent donatısı tasarımı kent mekanı içerisinde kullanıcıyı çevresel atık yönetimi ve geri dönüşüm bağlamında olumlu olarak yönlendirebilmektedir.

Çalışmanın önerdiği uygulama tasarımı, çevresel farkındalık yaklaşımı yönüyle ele alındığında, donatıda akıllı sistem kullanımı ile kullanıcı tasarım vasıtasıyla atık geri dönüşümü konusunda farkındalık kazandırılması hedeflenmektedir. Akıllı donatı tasarımının konumlandırılması, seçilen kentsel mekanın kullanım yoğunluğu ve gereksinimleri belirlenerek gerçekleştirilmelidir(Görsel 72.).

Donatı;

- Kentsel mekan içerisinde dolaşıma engel olmayacak bir konumda,
- Kullanıcı için ayrı yönlerden de deneyimlenebilir olanağı sunan,
- Bulunduğu konum ve barındırdığı sistem dahilinde erişilebilir olmalıdır.





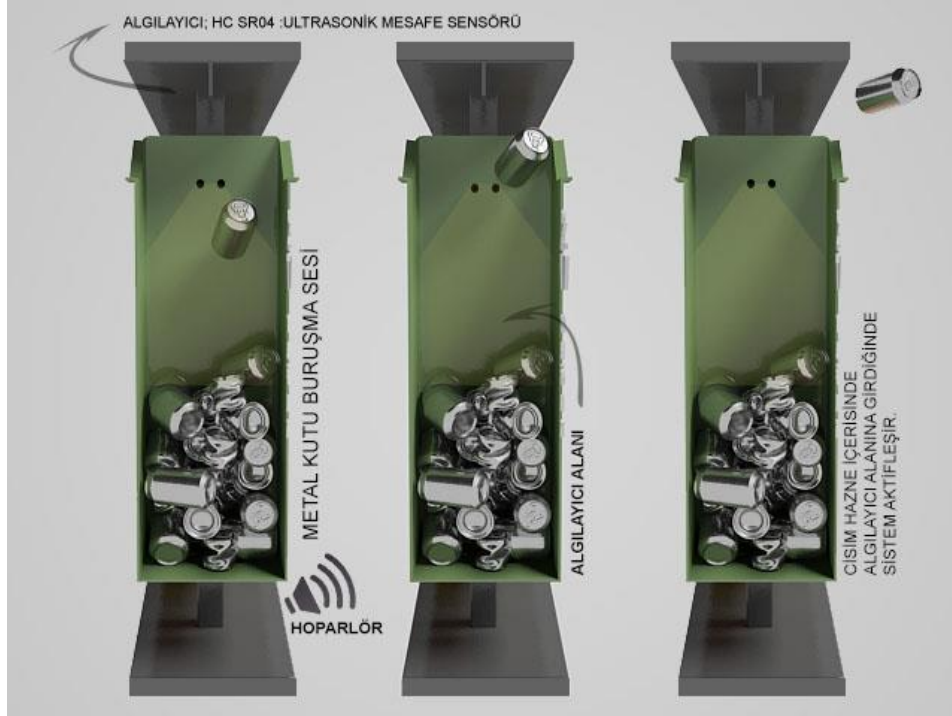
**Görsel 72.** Akıllı Atık Geri Dönüşüm Ünitesi kullanım görünümü (kişisel arşiv)

Çalışma kapsamında önerilen donatı tasarımı örneğinin kullanım ve çalışma biçiminde sistem, kullanıcının geri dönüşüm ünitesi içerisinde yer alan atık modüllerinden uygun olanını seçerek, modül içerisine çöpü atma işlemiyle aktifleşmektedir. Sistem, görselde atık geri dönüşüm ünitesi içerisinde yer alan dört ayrı hazneden her biri için ayrı birer cihaz kurulumu veya her iki modül için birer cihaz kurulumu ile çalıştırılabilmektedir. Sistemin toplamda dört veya iki kurulumla çalıştırılması tasarıma ve hazne türüne göre çeşitlilik gösterebilmektedir. Her iki durumda da sistem içerisinde seçilen ses dosyaları yine her bir modül için ayrı çalışabilmektedir.

Çalışma biçimine göre her modülün ses dosyası ayrı bir şekilde oluşturularak kaydedilmiştir. Ses dosyaları dört farklı geri dönüşüm modülü olan; kağıt, metal, plastik ve cam modülleri için seçilmiş olup sırasıyla; kağıt buruşma ve parçalanma sesi, metal içecek kutusunun buruşma sesi, plastik su şişesi olan pet şişenin buruşturulma sesi ve cam bir şişenin parçalanma sesi olarak belirlenmiştir. Böylelikle kullanıcı bir kağıt atığı kağıt dönüşüm modülüne attığında sistemdeki sensörün bildiriyle başlatılıp, kullanıcının kağıdın parçalanma sesini duymasıyla sona ermektedir(Görsel 73.).



**Görsel 73.** Akıllı atık geri dönüşüm ünitesinde bulunan kağıt modülüne kağıt bir atığın atılması, Kağıt modülü kesiti. (kişisel arşiv)



**Görsel 74.** Akıllı atık geri dönüşüm ünitesinde bulunan metal modülüne metal bir atığın atılması, Metal modülü kesiti. (kişisel arşiv)



#### **4.4. Bölüm Sonucu**

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında öneri olarak tasarlanan uygulamanın amacı ve bağlamı aktarılarak amacına değinilmiştir. Uygulamanın gerçekleştirilebileceği kentsel mekan belirlenmiştir. Seçilen kentsel mekan üzerinde yapılan araştırmalar, kullanıcı yoğunluğu haritalandırması ile ifade edilmiştir. Uygulamanın temel ve yan işlevleri belirtilerek işleve uygun çalışma temel akıllı sistem modülleri incelenmiştir. Seçilen sistem ile tasarımın aktifleşme ve çalışma biçimi kullanılan akıllı sistem üzerinden aşamalarıyla aktarılmıştır. Seçilen temel ve yan işlev arasındaki bağlantı ifade edilmiştir. Uygulamanın bu işlevlere ve akıllı sistem kullanımına bağlı olarak tasarımında hedeflenen tasarımcı-tasarım-kullanıcı yaklaşımları ifade edilmiştir. Son olarak, öneri olarak tasarlanan akıllı kent donatısının kullanıcı yönünden çevresel yaklaşımı ve kullanım-etkileşim aşamaları içerdığı sistem ve modüllerle birlikte aktarılmıştır.

## 5. BÖLÜM: SONUÇ

İnsanlık endüstri devriminden günümüze kadar, üretim ve sanayileşme anlamında gelişerek bugün kullanılan birçok yeni teknolojinin temelini oluşturmuştur. II. Dünya savaşı döneminin gerektirdiği silah ve yapı üretimindeki gelişmeler yeni malzeme arayışını tetikleyici bir etki oluşturmuştur.

Bu etkiyle beraber sonraki dönemleri de kapsayan atılımlar gerçekleşmiştir. Akıllı malzemenin ortaya çıkış temeli S. Donald Stookey'in Conning Glass çalışmalarına dayanmaktadır. Bu çalışmalar bugün kullanılan güneş gözlüklerinin ve daha birçok akıllı teknoloji camların tasarımının önünü açmıştır.

Akıllı malzeme teknolojisi, doğrudan akıllı malzeme adlandırmasıyla ortaya çıkmamış ancak aşamalı bir biçimde, geleneksel malzemelerin kompozit ve sürdürülebilir materyal anlayışlarını takip ederek duyarlı malzeme anlayışının ortaya atılması ve geliştirilmesiyle zaman içerisinde bugünkü tanımına erişmiştir.

Akıllı malzemeler, çevresel uyaranlara duyarlı malzemelerdir, bu malzemeler akıllı sistem düzeneklerinde algılayıcı ve dönüştürücü olarak kullanılabilir. Akıllı sistemler tasarım açısından karmaşık veya daha basit yapıda olabilmektedir. Karmaşık mekatronik yapıdaki akıllı sistemler günümüzde kullanılan LCD tv, akıllı cep telefonları gibi akıllı ürünlerin bünyesinde yer almaktadır. Daha temel düzeyde kurulabilen akıllı sistemler de bulunmakla birlikte bu sistemlerin maliyeti daha düşük olmaktadır.

Teknolojinin bu gelişimi sadece ürünleri değil mekanları da etkilemiştir. Her mekan, içerisinde taşıdığı öğelerle bütün halde düşünülebilir. Bu öğeler, mekanın tasarımını oluşturan yapısal ve hareketli unsurlar olarak düşünüldüğünde bu unsurların kullanıcısı olan insan, tasarımın mekan içerisinde oluşturduğu kurgu ve kullanıma dahildir. Bunun anlamı, mekanın sahip olduğu işlev, donatı ve kullanıcıdan bağımsız olmaması olarak gösterilebilir.

Sisteme dahil olma durumu	Uyarılma Biçimi	Malzemenin Türü	Malzeme İsmi	Donatıda kullanımı	Donatı İşlevi
Algılama/ Sensör veya doğrudan etkileyen sistemin kendisi	Işık, renk, sıcaklık, kimyasal, mekanik	Renk değiştirgen	Fotokromikler, Termokromikler, Mekanokromikler, Kemokromikler,	Kentsel donatı yüzeyine uygulanarak ortamdaki etken madde uyarımına göre renk değiştirir.	Bekleme Ünitesi Oturma Elemanı
Algılama/ Sensör ve uyarana tepki verme	Elektrik	Faz Değiştirgen Özellik Değiştirgen	Elektrokromik (Renk Değiştirgen) İletken Polimerler Reolojik (Akışılmsel) Sıvı Kristal Teknolojiler Asılı Parçacıklı Ekranlar, Akıllı jel ve kristaller Elektroaktif Polimerler	Kentsel donatı yüzeyine uygulanarak kullanıcının bilgilendirilmesi ve ışık geçirgenliği kontrolü sağlanabilir.	Bekleme ünitelerinde kullanılan cam yüzeyler ve ekranlar, Bilgilendirme kiosklarının ekranları
Algılama/ Sensör sistem içi iletim veya doğrudan etkileyen sistemin kendisi	Sıcaklık	Faz Değiştirgen	Termosetli Malzemeler Şekil Bellek Polimerleri, Şekil Bellek Alaşımları	Kentsel donatılarda kullanımı donatının tümünde olabileceği gibi, sadece sistem içerisinde bir iletken olarak da kullanılabilir.	Oturma elemanı Bekleme elemanı
Algılama/ Sensör Çıktı verisinin yansıtılması	Işık Elektrik	İşık Yayan Enerji Alışverişi Yapan	Lüminesans, Floresan ve Fosforesans, Fotoluminesans, Elektrolüminesans LED, EL, OLED	Kentsel donatılarda kullanımı donatının yüzeylerinde kullanıcıyı uyarıcı bir biçimde olabilir. Bir akıllı sisteme dahil edildiğinde kullanıcıyla etkileşim kurabilir.	Oturma elemanı Bekleme elemanı Kioskların ekranları Donatı yüzeyi Aydınlatma elemanları Mekânsal sınır elemanları
Algılama/ Sensör Dönüştürme Veya aktifleştirme	Işık Kinetik enerji	Enerji Üreten	Fotoelektrik DSSC Boya güneş pilleri Piezoelektrik Çihazlar ve Paneller	Kentsel donatılarda kullanımı Donatının aydınlatma vb. işlevleri için gereken elektrik enerjisinin üretilecek depolanması veya belirlenen üniteye aktarımı	Oturma elemanı Bekleme elemanı Kioskların ekranları Donatı yüzeyi Aydınlatma elemanları Mekânsal sınır elemanları

**Tablo 17.** Akıllı kent donatılarının tasarımında kullanılacak akıllı malzeme ve sistemler (kişisel arşiv)

Her mekanın işlevi, donatısı, kullanım ve yaklaşım biçimi kendi içerisinde mekanın, iç-dış veya özel-kamusal olma kriterine göre tariflenmektedir. Mekan özel bir iç mekan olduğunda kullanıcı sayısı, mekanın donatısı ve donatıya uygun biçimde tasarımın etkileri de değişmektedir. Örneğin bir konut iç mekanı kullanıcısı olan bireylerin mekanın tasarımı ve sınırlarını kullanımına göre biçimlenirken aynı konutun özel mekan sınırları dışında kalan bölge daha kamusal bir mekan olarak daha fazla kullanıcının kullanımına açık bir kentsel alandır. Bu kentsel mekanın kullanımı bulunduğu bölge içerisindeki kullanıcı yaklaşımını tariflemektedir.

Kentsel mekanlar kullanıcı türü bakımından çok daha geniş bir kitleye sahiptir. Bununla birlikte mekanın kullanımı kentin tümüne açık olduğundan daha sosyal ve toplumsal bir kullanıma sahip olmaktadır. Kentsel bir mekanda donatının kullanıcıyı yönlendirme işlevi de bulunmaktadır. Kent donatısı bu yönüyle birçok kullanıcıyla doğrudan etkileşim kurmaktadır.

Akıllı ürün teknolojisinin günlük hayata adaptasyonu sadece bireysel olarak değil aynı zamanda toplumsal hayata da gündün güne yansımaktadır. Akıllı şehir ağları akıllı kent donatılarıyla bağlantı kurularak oluşturulabilmektedir. Ancak akıllı bir kent donatısı, kimi zaman kullanıcının farkında olmadığı bir ürün kimi zaman ise maliyeti yüksek olduğundan kent yönetimi ve tasarımınca tercih edilme durumu az olan ürünler haline gelmektedir.

Akıllı bir kent donatısı tasarımı ;

- Temel düzeydeki akıllı sistemlerle de kurularak çalıştırılabilmektedir.
- Böylece tasarımın maliyeti düşerek kullanım miktarının artması sağlanabilmektedir.
- Kullanıcıyla doğrudan etkileşim kuracak biçimde tasarlanarak kullanıcıyı ve dahi hedef kullanıcı kitlesinin içerisindeki tasarımcıları ürünü geliştirmeye ya da benzer sistemler aracılığıyla kurgulanacak başka bir ürünün tasarımına teşvik edebilmektedir.
- Bir kent donatısının akıllı bir sistemle tasarlanması, akıllı kent ağı kurulumuna katkı sağlamaktadır.
- Kentsel mekanlarda önemli yer tutan problemlere ışık tutmak, kullanıcıya bu

yönde bir farkındalık kazandırmak için kullanılabilir.

Sonuç olarak, akıllı malzeme ve sistem kullanımının etkisi günümüzde her alanda görülmeye devam etmektedir. Kentsel donatılarda akıllı malzeme ve sistemlerin daha temel düzeydeki modüllerle kurulması donatının yaygınlığını ve kullanıcı farkındalığını artırmakla beraber kentin işleyişine adapte olarak modern kent yaşamındaki her gün değişen gereksinimlerin daha hızlı bir biçimde karşılanmasına olanak tanımaktadır.

Akıllı kent donatıları kullanıcı ile sesli görsel veya dokunsal olarak etkileşim kurabilmektedir. Bu durum, her gün pek çok kent kullanıcısıyla doğrudan etkileşim sağlayan kent donatılarının, akıllı bir sistem dahilinde tasarlanarak, kullanıcının, mekan ve ürün ile etkileşimini artırmaktadır. Böylece kent içerisinde kurgulanan bir akıllı sistem ile kent kullanıcısının konforunun ihtiyaçları doğrultusunda iyileştirilmesi sağlanabilmektedir.

Malzeme biliminde olduğu kadar; tıp, mühendislik, uzay teknolojisi, kimya gibi birçok alanda yer edinen akıllı malzemeler, gerek malzeme özelinde gerekse sistem dahilinde, mekan ve tasarım odağında da gelişerek tasarımların kurgusunda önemli işlevler üstlenebilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akselektronik (2020). akselektronik: <http://www.akselektronik.com/en/akilli-sehir-mobilyalari/sc-601-endirek-enerji-diregi.html> adresinden alındı
- Abdel, H. (2020, 04 29). *archdaily*. archdaily: [https://www.archdaily.com/938428/house-in-hannan-uemachi-laboratory?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/938428/house-in-hannan-uemachi-laboratory?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- Acharya, A., & Gokhale, V. (2015). Titanium: A New Generation Material for Architectural Applications. *Journal of Engineering Research and Applications*, 22-29.
- Addington, M., & Schodek, D. (2005). *Smart materials and technologies for the architecture and design professions*. Burlington: Architectural Press.
- Akın, T. (2009). *Communication Of Smart Materials: Bridging The Gap Between Material Innovation And Product Design*. Ankara: Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University.
- Alkan, T. (2015). "Akıllı Kentler ya da 21. Yüzyıl Şehirleri". *Bilişim Dergisi*, Sayı. 182, s. 70-77.
- Altan, İ. (1992). *Mimarlıkta Mekan Kavramı, Mimarlık ve Şehircilikte Mekan*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Yerleşme ve Mimarlık Bilimleri, Uygulamalı Araştırma Merkezi,.
- Archdaily. (2014). *Bicycle snake / DISSING + WEITLING Mimarisi*. Archdaily: <https://www.archdaily.com/522669/bicycle-snake-dissing-weitling-architecture> adresinden alındı
- Archdaily. (2016, Ekim 03). *Play Landscape be-MINE / Carve + OMGEVING*. archdaily: [https://www.archdaily.com/796396/play-landscape-be-mine-carve-plus-omgeving?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/796396/play-landscape-be-mine-carve-plus-omgeving?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- ArchDaily. (2019, 11 15). *Archdaily*. Archdaily: [https://www.archdaily.com/926865/10-innovative-outdoor-benches-shaping-public-spaces?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/926865/10-innovative-outdoor-benches-shaping-public-spaces?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- Architonic. (2010). *sinus Tree guard*. architonic: <https://www.architonic.com/en/product/mmcite-sinus-tree-guard/1149425> adresinden alındı
- Architonic, P.-A. A. (2000). *Slope by Escofet 1886*. architonic: <https://www.architonic.com/en/product/escofet-1886-slope/1039517#&gid=1&pid=1> adresinden alındı
- Arkitera. (2017, Şubat 7). *Katlanır Şehir Büfesi*. arkitera: <https://www.arkitera.com/haber/katlanir-sehir-bufesi/> adresinden alındı

- Aslan, M. (2018). *Ekolojik Tasarım Açısından Kent Mobilyalarında Ahşabın Kullanımı Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü .
- Ayanoğlu, H. (2010). *Konut İç Mekân Mobilya Ve Donatısında Teknolojik Gelişmelerin Ve Değişen Tasarım Kriterlerinin Mekâna Yansımaları*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü iç Mimarlık Ve Çevre Tasarımı Ana Sanat Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Aykut, F. (1997). *Dış Mekân Donatı Elemanlarında Ahşap Malzeme Kullanımı: Bartın Belediye Parkı Örneği Yüksek Lisans Tezi (basılmamış)*. Bartın: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Bakan, K., & Konuk, G. (1987). *Türkiye’de Kentsel Dış Mekanların Düzenlenmesi*. Ankara: TÜBİTAK YAPI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ.
- Balanlı, A. (1997). *Yapıda Ürün Seçimi*. İstanbul: Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Eğitim ve Kültür Hizmetleri Derneği Yayını.
- Barrisolwelch. (2012, 08 05). *project-goldfish*. Barrisolwelch: <http://www.barrisolwelch.com/videos/creative-project-goldfish/> adresinden alındı
- Başal, M. (2002). *Donatı elemanları, Basılmamış ders notları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü.
- Bedeloğlu, A. (2011, 09 15). ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLAR VE TEKSTİL. *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası, Tekstil ve Mühendis*, s. 27-37.
- Bedeloğlu, A. (2011). Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Tekstil Malzemelerindeki Uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 18, 83, 27-37.
- Behl, M., & Lendlein, A. (2007, 4 10). Shape-Memory Polymers. *Materialstoday*, s. 20-28.
- Blasse, G., & Grabmaier, B. (1994). *Luminescent Materials*. Berlin : Springer.VerJag Berlin Heidelberg.
- Boya duyarlı güneş pili*. (tarih yok). edubilla: <http://www.edubilla.com/invention/dye-sensitized-solar-cell/> adresinden alındı
- Brownell, B. (2006). *Transmaterial a catalog of materials, products and processes*. New York: Princeton Architectural Press.
- Callister, W. (2007). *Material Science an Engineering, An Introduction*. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Chalcraft, E. (2012, 08 20). *DigitalArti Artlab için Antonin Fourneau'dan Su Işık*



*Graffiti*. dezeen: <https://www.dezeen.com/2012/08/20/water-light-graffiti-by-antonin-forneau-for-digitalarti-artlab/> adresinden alındı

Charlesby, A. (1960). *Atomic Radiation and Polymers*. Oxford: Pergamon Press.

Coates, M., Brooker, G., & Stone, S. (2011). *Görsel İç Mimarlık Sözlüğü*. (Çev: N. Işık.). İstanbul: Literatür.

Cogley, B. (2019, Mart 18). *Baltic birch storage system organises Brooklyn apartment by Light and Air Architecture*. dezeen: [https://www.dezeen.com/2019/03/18/sterling-place-apartment-renovation-brooklyn-light-air-architecture/?li\\_source=LI&li\\_medium=bottom\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2019/03/18/sterling-place-apartment-renovation-brooklyn-light-air-architecture/?li_source=LI&li_medium=bottom_block_1) adresinden alındı

Colomina, B. (2011). *Mahremiyet ve Kamusalılık Kitle İletişim Aracı Olarak Modern Mimari*. (Çev: A. Ufuk Kılıç). İstanbul: Metis.

Çetiner, A. (1991). *Şehircilik Çalışmalarında Donatım İlkeleri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Baskı Atölyesi.

Demir, B. (2018). *Kamusal Mekanların Akıllı Kent Mobilyaları Kullanılarak Düzenlenmesi Üzerine Bir Öneri: Maltepe Dolgu Alanı Orhangazi Şehir Parkı Örneği*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Designboom. (2009, Kasım 19). *vegetal bus stop by florent prat from france*. Designboom: <https://www.designboom.com/project/vegetal-bus-stop/> adresinden alındı

Dikel, Y. Z. (2019). *Evrensel Tasarım Kapsamında Kullanıcıların İç Mekan Donatılarına Erişebilirliğinin İncelenmesi*. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Du Besse, A. (2018, Mart 14). *impakter*. impakter: <https://impakter.com/pavegen-paving-way-sustainability/> adresinden alındı

Emrali, R. (1994). *İç Mekânda Mekân Problemleriyle Birlikte Yeni Plastik Arayışlar, Sanatta Yeterlilik Tezi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

EnGo. (2020, 4 19). *EnGo*. engoplanet: <https://www.engoplanet.com/social-media> adresinden alındı

Fairs, M. (2012, 10 25). *Noumenon by carl de smet*. Dezeen: <https://www.dezeen.com/2012/10/25/noumenon-by-carl-de-smet/> adresinden alındı

Ferrara, M., & Bengisu, M. (2014). *Materials that Change Color; Smart Materials, Intelligent Design*. Milano: Springer Science+Business Media .

- Finditbro. (2019, Temmuz 25). finditbro:  
<https://decor.finditbro.com/index.php/2019/07/25/15-stunning-minimalist-wardrobe-spring-ideas-2/> adresinden alındı
- Forms-surfaces. (2018). *Knight Bollard*. forms-surfaces: <https://www.forms-surfaces.com/knight-bollard> adresinden alındı
- Frearson, A. (2017, 03 28). *Ross Lovegrove, LG Display için iki yeni ışık oluşturmak için esnek OLED panelleri kullanıyor*. Dezeen:  
<https://www.dezeen.com/2017/03/28/ross-lovegrove-uses-flexible-oled-panels-to-create-two-new-lights-for-lg-display/> adresinden alındı
- Geiser, K. (2001). *Materials Matter Toward a Sustainable Materials Policy*. Cambridge, Massachusetts: The Massachusetts Institute of Technology Press.
- Geviews. (2019). *Droppit Classic Cigarette Bin*. geviews:  
<https://www.geviews.co.uk/droppit-cigarette-bin> adresinden alındı
- González, M. (2019, 08 12). *Archdaily*. Archdaily:  
[https://www.archdaily.com/921233/dune-square-bureau-druzhba?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/921233/dune-square-bureau-druzhba?ad_medium=gallery) adresinden alındı
- Googlemaps. (2020, Mart 15). *googlemaps*. googlemaps:  
<https://www.google.com/maps> adresinden alındı
- Goulthorpe, M. (2011). *Hyposurface*. decoi-architects: <http://www.decoi-architects.org/2011/10/hyposurface/> adresinden alındı
- Günay, D. (2001). Mühendislik, Teknoloji ve Tarih. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 30, 6-14.
- Gürakın, H. (2012). *Elektrokromik uygulamalar için iletken polimer elektrolitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Habertürk. (2018, 10 31). *Atatürk Arboretumu nerede ve nasıl gidilir?* haberturk:  
<https://www.haberturk.com/ataturk-arboretumu-nerede-ve-nasil-gidilir-2200195> adresinden alındı
- Hanson, D. (2020, 03 28). *Fotoelektrik Etki*. chem.libretexts:  
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical\\_and\\_Theoretical\\_Chemistry\\_Textbook\\_Maps/Book%3A\\_Quantum\\_States\\_of\\_Atoms\\_and\\_Molecules\\_\(Zielinski\\_et\\_al.\)/02%3A\\_Foundations\\_of\\_Quantum\\_Mechanics/2.03%3A\\_Photoelectric\\_Effect](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Book%3A_Quantum_States_of_Atoms_and_Molecules_(Zielinski_et_al.)/02%3A_Foundations_of_Quantum_Mechanics/2.03%3A_Photoelectric_Effect) adresinden alındı
- Harrison, J., & Ounaies, Z. (2001). *Piezoelectric Polymers*. NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia : ICASE Report No. 2001-43.
- Hasol, D. (2005). *Mimarlık ve Yapı Sözlüğü*. İstanbul: YEM Yayınları.

- Hasol, D. (2010). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*. İstanbul: YEM yayınları.
- Hoover, K. (2019, February 19). *futuristarchitecture*. futuristarchitecture: <https://www.futuristarchitecture.com/53625-function-walls-an-optimized-living-place-with-modern-interior-and-three-built-in-walls.html> adresinden alındı
- Howarth, D. (2012, 12 13 ). *Dezeen*. dezeen: <https://www.dezeen.com/2012/12/13/oled-philips-lumiblade/> adresinden alındı
- Hu, J. (2007). *Shape memory polymers and textiles*. Cambridge, England: WOODHEAD PUBLISHING LIMITED.
- Hu, J. (2014). *Shape Memory Polymers: Fundamentals, Advances and Applications*. Shawbury, United Kingdom: Smithers Rapra Technology Ltd.
- İnceoğlu, M., & Aytuğ, A. (2009, Aralık 1). Kentsel Mekânda Kalite Kavramı. *MEGARON*, s. 131-146.
- İnhabitat, Y. Y. (2011, March 08). *Store Muu's 'Cycle In' Desk Transforms Your Bike Into a Chair*. İnhabitat: <https://inhabitat.com/store-muus-cycle-in-desk-transforms-your-bike-into-a-chair/> adresinden alındı
- Joedicke , J. (1985). *Raum und Form in der Architektur: Ä Über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit [Space and Form in Architecture]*. Stuttgart, Germany: Kraemer.
- JSG , a. (2020, 4 17). *jsg-online*. JSG: <https://www.jsg-online.co.uk/forehead-thermometer-strip-fever-cold-baby-child-adult-check-test-temperature-529-p.asp> adresinden alındı
- Kayapınar, E. (2017 sayı:77). Akıllı Şehirler ve Uygulama Örnekleri. *İTÜ Vakıf Dergisi*, 14-19.
- Kaygısız, Ü., & Aydın, S. Z. (2017, cilt 9 sayı 18). "Yönetişimde Yeni Bir Ufuk Olarak Akıllı Kentler". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, s. 56-81.
- Kazanasmaz, T., & Diler, Y. (2011). Gelişmiş Cam Teknolojileri İle Enerji Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu Ve Sergisi Bildirileri*. İzmir: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Genel Merkezi.
- Kitai, A. (2008). *Luminescent Materials and Applications*. Ontario, Canada: John Wiley & Sons, Ltd.
- Klán , P., & Wirz, J. (2009). *Photochemistry of Organic Compounds*. Chichester, West Sussex: Wiley.

- Miyazaki K., Km-d.jp. (2013). *waterras*. km-d.jp: <http://km-d.jp/works/waterras/?lang=en> adresinden alındı
- Kroschwitz, J. I. (1992). *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: John Wiley & Sons.
- Kushiro Hokkaido manhole cover*. (2012, January 8). Flickr: <https://www.flickr.com/photos/28074232@N06/6658606467/in/album-72157612036691185/> adresinden alındı
- Lee, E., & Tavit, A. (2007). Energy and visual comfort performance of electrochromic windows with overhangs. *Building and Environment*, 2439-2449.
- Levy , N. (2019, Eylül 23). *Raúl Sanchez Architects strips back Barcelona apartment to showcase architectural details*. Dezeen: [https://www.dezeen.com/2019/09/23/atic-aribau-barcelona-apartment-interiors/?li\\_source=LI&li\\_medium=rhs\\_block\\_1](https://www.dezeen.com/2019/09/23/atic-aribau-barcelona-apartment-interiors/?li_source=LI&li_medium=rhs_block_1) adresinden alındı
- LGdisplay. (2020, 04 15). *OLED*. lgdisplay: [http://www.lgdisplay.com/eng/product/oled\\_light.jsp](http://www.lgdisplay.com/eng/product/oled_light.jsp) adresinden alındı
- Loop.pH. (2004, 10 01). *Flowers*. loop.ph: <http://loop.ph/portfolio/droog-design-british-design/> adresinden alındı
- Loop.Ph. (2016, 03 07). *Velop2 interaktif ışık kurulumu Loop.pH, Taipei - Tayvan*. retaildesignblog: <https://retaildesignblog.net/2016/03/07/velo2-interactive-light-installation-by-loop-ph-taipei-taiwan/> adresinden alındı
- Lynch, K. (2015). *Kent İmgesi, Çev. İrem Başaran , 7.Baskı*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Main, B., & Hannah, G. (2010). *Site Furnishings, A Complete Guide to the Planning, Selection, and use of Planning Landscape Furniture and Amenities*. New Jersey: John Wiley and Sons, inc.
- Mandev, Y. Z. (2018). *Fiziksel Buhar Kaplama (Pvd) İle Büyütülmüş Tin, Crn Ve Dlc Filmlerde Artık Gerilme-Adezyon İlişkisi*. Erzurum: Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mohamed, A. S. (2017). Smart Materials Innovative Technologies in Architecture; Towards Innovative Design Paradigm. *Energy Procedia*, 115, 139-154.
- Mondo. (2012, Mart 03). *creative playthings catalog*. mondo: <http://mondo-blogo.blogspot.com/2012/03/creative-playthings-catalog.html> adresinden alındı
- Morinaga, K. (2018). *Anrealage ve Kunihiko Morinaga, 2018 İlkbahar Yaz Bayan Pist Podyumunu*. denimjeansobserver: <https://www.denimjeansobserver.com/mag/2017/09/26/anrealage-2018->

spring-summer-womens-runway-paris-fashion-week-sports-tape-straps-cinch-leg-of-mutton-tartan-denim-jeans-observer/ adresinden alındı

Müze. (2019). muze.gov.tr: <https://muze.gov.tr/urun-detay?CatalogNo=WEB-AYS01-01-008> adresinden alındı

NTV. (2018 , 08 13). NTV HABER web sitesi: [https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/medeniyetlerin-bulustugu-ankara-kalesi-yuzyillardir-dimdik-ayakta,I\\_R0SSSSsEOw4R\\_QZ1H1EA/g9lJLUNjZEip6d4w95ML-Q](https://www.ntv.com.tr/galeri/seyahat/medeniyetlerin-bulustugu-ankara-kalesi-yuzyillardir-dimdik-ayakta,I_R0SSSSsEOw4R_QZ1H1EA/g9lJLUNjZEip6d4w95ML-Q) adresinden alındı

Odunpazari.bel. (2017, 09 12). odunpazari.bel: [http://www.odunpazari.bel.tr/haber-685-yer\\_alti\\_cop\\_konteynerleri\\_ile\\_kotu\\_kokunun\\_onune\\_geciliyor](http://www.odunpazari.bel.tr/haber-685-yer_alti_cop_konteynerleri_ile_kotu_kokunun_onune_geciliyor) adresinden alındı

Okay, O. (2003). Polimerik Malzemelerin Bugünü ve Yarını. *İstanbul Teknik Üniversitesi*.

Orhon, A. (2006). Modern Yapı Malzemeleri. *Yapı Dergisi*, 300, 104-109.

Orhon, A. (2012). Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı . *Ege Mimarlık* 82, 18-21.

Orhon, A. (2013). Akıllı Yapı Kabukları. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-Bina Fiziği Sempozyumu*, (s. 1481-1487 ). Nisan, İzmir.

Orhon, A. (2013). Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı. *8. Uluslararası Sinan Sempozyumu*, (s. 297-304). Nisan, Edirne.

Orhon, A. V. (2014). Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri. *7.Ulusal Çatı & Cephe* (s. 139-147). İstanbul: Bildiriler Kitabı.

Pallister , J. (2014, Ocak 23). *Dalgalı ahşap çiteler Londra'daki bu çiçek kioskunu çevreliyor*. dezeen: <https://www.dezeen.com/2014/01/23/undulating-timber-slats-surround-london-flower-kiosk-by-archio-ltd/> adresinden alındı

Paolinelli, N. (2010, Mayıs 25). *Egon Møller-Nielsen*. zero1magazine: <http://zero1magazine.com/2010/05/places/> adresinden alındı

Peker , O. (2015). *Varlık Olarak Mobilya Ve Endüstri Devriminin Mobilya Üzerine Etkileri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık Anasanat Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Playpoint. (2016, July). *Punggol Brooks*. playpoint: <http://playpoint.asia/projects/punggol-brooks/> adresinden alındı

PPS. (2002). *WHAT MAKES A SUCCESSFUL PLACE?* PPS: <https://www.pps.org/article/grplacefeat> adresinden alındı

- Richter-spielgeraete. (2015). *Ball Game*. richter-spielgeraete: <https://www.richter-spielgeraete.de/en/playground-equipment/products/pedagogics/senior-citizens/1150200-ball-game/> adresinden alındı
- Richter-spielgeraete. (2016). *Step Bench*. richter-spielgeraete: <https://www.richter-spielgeraete.de/en/playground-equipment/products/pedagogics/senior-citizens/1101300-step-bench/> adresinden alındı
- Ritter, A. (2007). *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design*. Almanya: Birkhause,.
- Roosegaard, D. (2013, 01 13). *arch2o*. arch2o: <http://www.arch2o.com/lotus-dome-daan-roosegaard/> adresinden alındı
- Rosslovegrove. (2010). *Artemide Solar Energy Trees*. rosslovegrove: [http://www.rosslovegrove.com/custom\\_type/solar-tree/](http://www.rosslovegrove.com/custom_type/solar-tree/) adresinden alındı
- Sakal, A. N. (2007). *Ankara'da Kentsel Donatıların Peyzaj Planlama ve Tasarımı Açısından Analizi ve Değerlendirilmesi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Seeboth, A., Loetzsch, D., & Ruhmann, R. (2011). Piezochromic Polymer Materials Displaying Pressure Changes in Bar-Ranges. *American Journal of Materials Science*, s. 139-142.
- Segd. (2014). *Central Park Trash and Recycling Receptacles*. segd: [https://segd.org/central-park-trash-and-recycling-receptacles?utm\\_source=SEGD+Master&utm\\_campaign=9418038697-GDAP\\_2017\\_PublicInstallation\\_011717&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_ea87b1ddbd-9418038697-60569045](https://segd.org/central-park-trash-and-recycling-receptacles?utm_source=SEGD+Master&utm_campaign=9418038697-GDAP_2017_PublicInstallation_011717&utm_medium=email&utm_term=0_ea87b1ddbd-9418038697-60569045) adresinden alındı
- Sharp, S., & Clemeña, G. (2004). *State-Of-The-Art Survey Of Advanced Materials And Their Potential Application In Highway Infrastructure*. Charlottesville: Virginia Transportation Research Council.
- Sözen, M., & Tanyeli, U. (2014). *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü (13. Basım)*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Sözlük, G. T. (2019). *Türk Dil Kurumu, İnternet Sitesi*. tdk: [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr) adresinden alındı
- Straschnow, J. (2013, August 05). *off ground - playful seating elements for public spaces*. Designboom: <https://www.designboom.com/design/off-ground-playful-seating-elements-for-public-spaces/> adresinden alındı
- Şekercioğlu, S. (2017). *Mobilyanın Gelişim Süreci Ve Doğu-Batı Sentezinin Osmanlı Mobilyası Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: T.C. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı.

- Talbot, D. (2003). *Smart Materials*. New York, USA.
- Tang, F. (2018, 07 18). *contemporist*. <https://www.contemporist.com/the-renovation-of-a-home-in-brooklyn/> adresinden alındı
- Tang, L. P., & Stylios, G. (2006, 2 18). An Overview of Smart Technologies for Clothing Design and Engineering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, s. 108-128.
- Toptaş, E., & Akkuş, N. (2007). Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Endüstriyel Uygulamaları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 15-22.
- Torolsan, B. (2011). *İzbeli Konak*. cornucopia: <https://www.cornucopia.net/magazine/articles/the-ottoman-farmhouse/> adresinden alındı
- Usta, A. (1995). Kentsel Çevre Modeli Olarak Kampus Yerleşmelerinde Dış Mekan Kaliteleri. *Mimari ve kentsel çevrede kalite arayışları sempozyumu 4-5-6 Haziran* (s. 104-111). İstanbul: İTÜ.
- Uzun, V. (2018, Nisan 2). *Ankara Anafartalar Çarşısı*. kolajart: <http://kolajart.com/wp/2018/04/02/vecdi-uzun-ankara-anafartalar-carsisinde-ihmal-edilen-sanat-eserleri/> adresinden alındı
- Wacker. (2019, 04 08). *Elektroaktif Polimerler (EAP'ler)*. Wacker: <https://www.wacker.com/cms/en-us/products/applications/electrics/electroactive-polymers/electroactive-polymers.html> adresinden alındı
- Weburbanist. (2012, Şubat 07). *Trash Can Art? 28 Garbage Cans That Belong In A Gallery*. weburbanist: <https://weburbanist.com/2012/02/07/trash-can-art-28-garbage-cans-that-belong-in-a-gallery/> adresinden alındı
- White, W. (1980, Aralık 12). *Project for Public Spaces*. PPS: <https://www.pps.org/article/wwhyte> adresinden alındı
- Whitten, R., Furore, D., & Szurlej, S. (2019, May). *America's 100 Greatest Public Courses*. briogolf: [https://www.golfdigest.com/gallery/americas-100-greatest-public-courses-ranking?mbid=nl\\_050917\\_daily\\_hitlist&CNDID=49052893&spMailingID=10984796&spUserID=MTgzMDc4MDQyMDc4S0&spJobID=1160785221&spReportId=MTE2MDc4NTlyMQS2](https://www.golfdigest.com/gallery/americas-100-greatest-public-courses-ranking?mbid=nl_050917_daily_hitlist&CNDID=49052893&spMailingID=10984796&spUserID=MTgzMDc4MDQyMDc4S0&spJobID=1160785221&spReportId=MTE2MDc4NTlyMQS2) adresinden alındı
- Williamson, C. (2019, 07 15). *DesignMilk*. designmilk: <https://design-milk.com/a-modern-villa-in-sweden-clad-in-blackened-wood/> adresinden alındı
- Winstanley, T. (2011). *archdaily*. archdaily: [https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel?ad_medium=gallery) adresinden alındı

- XXI, E. ., (2017, Eylül 27). *Konforun Keşfi*. XXI: <https://xxi.com.tr/i/konforun-kesfi> adresinden alındı
- Yağlı, S. (2019). *Teknolojik Gelişmelerin Etkisi İle Yüzeylerde Malzeme Kullanımı: Akıllı Malzemeler*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Yüce, İ., Yükseloğlu, S., & Canoğlu, S. (2017). Şekil Hafızalı Tekstiller Ve Şekil Hafızalı Apre Uygulamaları. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 41-47.
- Yücel, G. (2006). Kamusal Açık Mekanlarda Donatı Elemanlarının Kullanımı. *EGE MİMARLIK*, 26-29.
- Yüksel Ayvaz, Ö. (2019). *Akıllı Malzemelerin Mimaride Kullanım Olanakları*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü.
- Zafer, C. (2006). *Organik Boya Esaslı Nanokristal Yapılı İnce Film Güneş Pili Üretimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.