

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANOTEKNOLOJİNİN MİMARİYE ETKİLERİ**

**SEVKAN HARMAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
DOÇ. DR. ŞEBNEM YALINAY ÇİNİCİ**

**İSTANBUL, 2011**

## ÖNSÖZ

---

Nanoteknolojinin mimariye etkilerini araştıran bu alışma Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans Programı'nda yürütülmüştür. Tezin ortaya çıkması ve geliştirilmesi aşamalarında değerli katkıları ve yönlendirmelerinden dolayı tez danışmanım Doç. Dr. şebnem Yalınay inici'ye, yüksek lisans eğitimim boyunca hesaplamalı tasarım alanında edindiğim bilgiler için değerli hocalarıma ve bölüm arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim. Tez yazımı sürecinde benden desteğini esirgemeyen biricik aileme, yakınlarıma, dostlarım Serhat Anıktar ve Can Akın'a ve arkadaşlarıma minnet duygularımı sunarım.

Nisan, 2011

Sevkan HARMAN

## İÇİNDEKİLER

---

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	Vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	X
ÖZET .....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ.....	1
1.1    Literatür Özeti .....	1
1.2    Tezin Amacı .....	2
1.3    Orijinal Katkı.....	2
<b>BÖLÜM 2</b>	
MİMARLIK, MALZEME VE YAŞAYAN SİSTEMLER.....	4
2.1    Mimarlık ve Malzeme .....	4
2.2    Akıllı Malzemeler .....	6
2.3    Akıllı Mekân (Etkileşimli Mekân).....	8
2.4    Yaşayan Sistemler .....	10
2.4.1    Öz-Örgütlenme .....	11
2.4.2    Öz-Kurgu .....	11
2.4.3    Adaptasyon .....	12
2.4.4    Tepki Verme .....	12
<b>BÖLÜM 3</b>	
NANOTEKNOLOJİ VE NANO MALZEMELER.....	14
3.1    Nanoteknoloji Nedir?.....	14
3.2    Nanoteknolojinin Gelişimi .....	16
3.3    Nano Ölçek.....	18

3.4	Kuantum Fiziği ve Nanoteknoloji .....	20
3.5	Nano Malzemelerin Özellikleri ve Uygulamaları .....	21
3.5.1	Nano Malzemelerin Özellikleri.....	21
3.5.2	Nano Malzemelerin Uygulamalarına Göre Türleri.....	22
3.5.2.1	İyileştirilen Nano Malzemeler .....	23
3.5.2.2	Moleküler Üretim (MNT) ile Üretilen Nano Malzemeler.....	23
3.5.3	Nano Malzemelerin Uygulamaları .....	23
3.5.3.1	Mimaride Kullanılan Nano Malzemeler .....	26
3.6	Nano Üretim ve Nano Malzemeler .....	33
3.7	Nanoteknoloji ve Mimarlık İlişkisi.....	35
<b>BÖLÜM 4</b>		
<b>NANO YAPILAR.....</b>		
4.1	Etkileşimli Nano Yapılar .....	37
4.1.1	Depreme Dayanıklı Konut .....	37
4.1.2	Jetson Green Kule .....	38
4.1.3	Nano Ev .....	42
4.2	Yaşayan Nano Yapılar.....	43
4.2.1	Moleküler Üretilen Ev .....	43
4.2.2	Çok Katlı Apartman .....	47
4.2.3	Filizlenen Köprü .....	49
4.2.4	Biçimlenen Müze.....	50
<b>BÖLÜM 5</b>		
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>		
5.1	Değerlendirmeler .....	53
5.1.1	Etkileşimli Nano Yapılar .....	53
5.1.2	Yaşayan Nano Yapılar.....	54
5.2	Potansiyeller ve Gelecek Öngörüler.....	57
<b>KAYNAKLAR.....</b>		
<b>EK-A</b>		
<b>NANO MALZEME TÜRLERİ .....</b>		
A-1	Nano Partiküller.....	65
A-2	Fullerenler (C <sub>60</sub> ) .....	66
A-3	Karbon Nanotüpler (CNT).....	66
A-4	Nano Filmler .....	68
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>		
		69

## KISALTMA LİSTESİ

---

CNC	Computer Numerical Control
UV	Ultraviolet
LED	Light Emitting Diode
NMI	Nano Manufacturing Institute
NVS	Nano Vent Skin
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MNT	Molecular Nanotechnology
VIPs	Vacuum Insulation Panels

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Küp şeklinde form verilmiş beton malzemesi [77] .....	5
Şekil 2. 2	Isıya duyarlı (termokromik) sandalyeler (Addington ve Schodek [4]) .....	7
Şekil 2. 3	Işığa duyarlı (fotokromik) camlarla güneşten korunma [67] .....	7
Şekil 2. 4	Akıllı mekân [76] .....	8
Şekil 2. 5	Böcek Kapan Venüs Bitkisi [79] .....	13
Şekil 3. 1	Nanometrik ölçek [80] .....	14
Şekil 3. 2	Atomik Kuvvet Mikroskobu [68] .....	15
Şekil 3. 3	Atomik Kuvvet Mikroskobu [68] .....	16
Şekil 3. 4	Lycurgus Kupası'nın ışık etkisiyle renk değişimi [68] .....	17
Şekil 3. 5	Nano Ölçekteki Nesnelere [78] .....	19
Şekil 3. 6	Nano film kaplanmış malzeme (Leydecker [19]) .....	21
Şekil 3. 7	Lotus Bitkisi ve Hidrofobik Özelliği [69], [70] .....	24
Şekil 3. 8	Lotus etkili yüzeyin kendini temizleme aşamaları (Leydecker [19]) .....	25
Şekil 3. 9	Smart Wrap [71] .....	26
Şekil 3. 10	Kendini temizleyen camda kirin akması (Leydecker [19]) .....	27
Şekil 3. 11	Kendini temizleyen boya .....	27
Şekil 3. 12	Anti grafiti boya – Berlin Brandenburg Gate (Leydecker [19]) .....	28
Şekil 3. 13	Klinik Friedrichshain (Almanya), anti bakteriyel seramik .....	28
Şekil 3. 14	Hava temizleyen perdeler ve kumaşlar .....	29
Şekil 3. 15	Hava temizleyen kaldırım taşı (Leydecker [19]) .....	29
Şekil 3. 16	Güneşten koruyan camlar (Leydecker [19]) .....	30
Şekil 3. 17	Şeffaf ısı yalıtım malzemesi: Aerogel .....	31
Şekil 3. 18	Şeffaf ısı yalıtım malzemesi: Aerogel – Floransa Hayvanat Bahçesi .....	31
Şekil 3. 19	Isı yalıtım malzemesi: VIPs (Leydecker [19]) .....	32
Şekil 3. 20	Bir mekânda kullanılabilecek nano malzemeler (Leydecker [19]) .....	33
Şekil 3. 21	Nano Üretim Yöntemleri [63] .....	34
Şekil 4. 1	Jetson Green'in dış görünümü [29] .....	39
Şekil 4. 2	Nano Tribünler [29] .....	40
Şekil 4. 3	Nano tribünlerin nano strüktür detayı [30] .....	40
Şekil 4. 4	Jetson Green Kule [30] .....	41
Şekil 4. 5	Jetson Green Kule - iç mekândan görünüm [30] .....	41
Şekil 4. 6	NVS'nin başka bir yapının kabuğunda ve otoyol tüneline kullanımı [30] .....	41
Şekil 4. 7	Nano Ev [81] .....	42
Şekil 4. 8	Nano Ev cepheden görünüm [81] .....	42
Şekil 4. 9	Moleküler Üretilen Ev'in üretim safhaları (Johansen [26]) .....	45

Şekil 4. 10	Moleküler Üretilen Ev (Johansen [26]) .....	46
Şekil 4. 11	Çok Katlı Apartman [33] .....	47
Şekil 4. 12	Çok Katlı Apartman'ın üretim safhaları [33] .....	48
Şekil 4. 13	Filizlenen Köprü [33] .....	49
Şekil 4. 14	Filizlenen Köprü'nün üretim safhaları [33] .....	50
Şekil 4. 15	Biçimlenen Müze'nin dış görünümü [33] .....	51
Şekil 4. 16	Biçimlenen Müze'nin üretim safhaları [33] .....	52

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

	Sayfa
Çizelge 5. 1 Yapı türlerinin karşılaştırılması.....	56



## NANOTEKNOLOJİNİN MİMARİYE ETKİLERİ

Sevkan HARMAN

Mimarlık Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şebnem YALINAY ÇİNİCİ

Günümüzde gerçekleşen bilimsel ve teknolojik gelişmeler çağdaş mimariyi doğrudan etkilemektedir. Nanoteknoloji, malzemeleri atomik boyutta tasarlayan ve manipüle eden bilimdir. Nanoteknoloji ile üretilen nano malzemeler ortama uyum, kendiliğinden belirli fonksiyonları gerçekleştirme gibi gelişmiş özelliklere sahiptir. Yakın gelecekte nanoteknolojinin gelişmesiyle yaşayan bir sistem gibi kendi kendine büyüyen malzemelerin üretilmesi mümkün görünmektedir. Bu malzemeler yapıda kullanıldığında yapı da yaşayan bir sisteme benzeyebilir. Tezde nano malzemelerin kullanıldığı nano yapılar üzerinden mimarlık-malzeme ilişkisi yeniden irdelenmiş ve yapının yaşayan bir sisteme dönüşme potansiyeli tartışmaya açılmıştır. Nano yapılarda tasarım, üretim, kullanım ve yıkım süreçlerinde yaşanan değişimleri ortaya çıkarmak ve geleneksel yapı ile aralarındaki farkları ortaya dökmek amaçlanmıştır. Tezde örnek nano yapılar incelenmiş, onların üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Bu teze göre, nano yapılar yaşayan bir sistem gibi kendiliğinden üretildiği, kullanıcı gereksinimlerine karşılık verdiği, kendi onarımını ve yıkımını gerçekleştirdiği organik bir yapıya bürünebilir ve yapıdaki kodlanabilirlik ve esneklik mimaride öncü gelişmelere olanak sağlayabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, nano malzeme, nano yapı, öz-örgütlenme, moleküler nano üretim, yaşayan sistemler.

## ABSTRACT

---

### THE EFFECTS OF NANOTECHNOLOGY TO ARCHITECTURE

Sevkan HARMAN

Department of Architecture  
MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Şebnem YALINAY ÇİNİCİ

Today, scientific and technological developments that occur are directly affecting contemporary architecture. Nanotechnology is the science which designs and manipulates materials at atomic size. Nano materials produced by nanotechnology, have advanced features such as adaptation to the environment or self-perform functions. In the near future by developments of nanotechnology, some self-expanding materials, similar to living systems, are seems to be possible. When these materials are used in the construction, building may look like a living system. In the thesis, based on nano buildings made of nano materials, the relationship between architecture-materials re-examined and the potential of building to turn into a living system was opened to discuss. It is aimed to reveal the changes in design, production, use and destruction processes of nano buildings and to pour out their differences with the traditional buildings. In the thesis sample nano buildings were examined and evaluated over. In this thesis, nano buildings could be an organic structure such a living system, self-produced, responsive to user needs, able to make their own repairs. The ability to code and flexibility of building, pioneering developments could allow in architecture.

**Key words:** Nanotechnology, nano materials, nano-building, self-organization, molecular nano production, living systems.

---

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

#### 1.1 Literatür Özeti

Günümüzde yaşanan bilimsel ve teknolojik gelişmeler çağdaş mimariyi doğrudan etkilemektedir. Doğa bilimleri ve bilgi teknolojilerinde disiplinlerarası ilişkiler kurarak birçok alanda olduğu gibi mimarlıkta da yeni oluşumlar ortaya çıkmaktadır. Yeni tasarım teknikleri, malzemeler, üretim yöntemleri ve yapı sistemleri yaratılmaktadır. Mimarlıkta yöntemler ve öğeler değiştikçe mimari anlayışlar da değişmeye başlar.

Nanoteknoloji, malzemeleri atomik boyutta tasarlayan ve manipüle eden bilimdir. Robotik, genetik ve biyoteknoloji gibi bilimlerle ilişki kurarak malzeme teknolojisinde önemli adımlar atılmaktadır. Günümüzde hâlihazırda kullanılan ve yakın gelecekte kullanımına başlanacak gelişmiş malzemeler bulunmaktadır: dayanımı yüksek, sürdürülebilir, tepki veren, çevresine uyum gösteren ve kendini onaran malzemeler. Akıllı malzemeler ve nano malzemeler bu tür özellikler taşımaktadır. Akıllı malzemelerin üretimi makro boyutta olurken nano malzemelerin üretimi nano boyutta yapılmaktadır. Enformasyon teknolojilerindeki gelişmelerle de bu malzemeler yapıda uyarıcı ve değişken yapı sistemlerinin oluşmasına olanak sağlamışlardır. Malzemedeki bu değişim yapının da değişken, tepki veren, uyum sağlayan, kullanıcı ile ilişki kuran bir biçime dönüşmesine olanak vermektedir.

Akıllı malzemeler ve nano malzemelerde görülen etkileşim, öz-örgütlenme gibi özellikler canlı organizmalarda bulunan temel özelliklerdendir. Bu nedenle nano malzemelerin kullanıldığı yapıların yaşayan bir organizma gibi davranma olasılıkları ve potansiyelleri tezin odak noktasını oluşturmaktadır. Yaşayan organizmaların yaşamsal

fonksiyonlarını gerçekleştirme biçimlerini irdelemek, nano malzemelerin kullanıldığı bir “nano yapı”da fonksiyonların kurgulanmasına model oluşturabileceği için önem taşır.

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu tezin amacı nanoteknolojinin etkisindeki mimarlık anlayışında, mimarlık-malzeme ilişkisini yeniden irdelemek ve mimaride ortaya çıkan değişimleri değerlendirmektir. Nano malzemelerin kullanılmasıyla “yapı yaşayan bir sisteme dönüşebilir mi?” sorusu üzerinde durarak, bu olası durumdaki potansiyelleri değerlendirmek tezin ana hedefini oluşturur. Yaşayan bir sisteme dönüşen yapıyı, tasarımdan üretime ve kullanımına kadar değişen bütün özellikleri ile yeniden tariflemek amaçlanmaktadır. Nano ölçekten başlayan mimari düşünme biçimini keşfetme ve mimarın değişen rolünü ortaya koyma da hedefler arasındadır. Malzemenin yapıdaki konumu ve rolünün nanoteknoloji ile vardığı nokta ve potansiyelleri de tezin değerlendirme alanındadır. Yapının nano malzeme kullanımı ile yaşadığı dönüşümü ortaya koymak ve yapının yaşayan bir sisteme dönüşmesi potansiyelini tartışmaya açmak amaçlanmaktadır. Bu potansiyeli ortaya çıkarmak için yaşayan yapılar ile geleneksel yapı arasındaki farkların irdelenmesi hedeflenmektedir. Yaşayan yapının yaşamsal fonksiyonlarının yanında yıkım aşamasının da hangi özellikleri yansıtacağı tezin inceleme alanıdır.

## **1.3 Orijinal Katkı**

Nanoteknolojide “tek tek atomdan malzemenin bütünü oluşturma” şeklinde bir üretim yöntemi vardır. Üretilen bu nano malzeme atomik boyuttaki nano robotlar sayesinde biyolojik bir yaşam formu gibi büyüyerek üretilir. Bu üretim yöntemi yapıya adapte edilirse, başka bir deyişle yapı tek bir atomdan bütün yapısal öğeleriyle bitmiş bir forma dönüşürse, mimarlık ve yapının uğrayacağı değişimler tartışmaya açılmaktadır. Tasarım, üretim, malzemenin anlamı, kullanıcının katılımı gibi birçok alanda değişimler ve dolayısıyla olanaklar ortaya çıkmaktadır. Bu üretim yöntemi günümüzde hala kuramsal olmasına rağmen gelecek için yüksek potansiyellere işaret eder. Mimar Neil Spiller’in öngördüğü gibi: “Atomları kullanma tekniği nanoteknolojidir. Eğer binalar için uygulanırsa, saksıda çiçek yetiştirir gibi bina yetiştirebiliriz. Canlı organizmaların kullandığı mekanizmadan yararlanarak, herhangi

bir atom ya da molekülü tek tek yapıtaşı, örneğin tuğla gibi kullanarak, çeşitli yapılar oluşturabilmek mümkün olacaktır” (Spiller [1]).

Nanoteknolojinin etkilediği mimarlık anlayışında, “malzemenin dönüşümü ve yaşayan bir sisteme dönüşen mimarının değişimi ve bu değişimlerin mimaride yaratacağı ilerlemeler” tezin problem alanını oluşturmaktadır. Nano malzemelerle kurgulanan bir yapıda malzeme-yapı ilişkisinin değişerek, tezde malzemenin yapı üzerinde yaratabileceği potansiyellere dikkat çekilmektedir. Ayrıca bir yapıda malzeme kullanımının farklılaşması ile yapının tasarımından, üretimine kadar birçok safhasında yarattığı değişimler ve oluşturacağı potansiyeller tartışmaya açılmaktadır.

Nano malzemeler yapıda kullanıldığında yapı yaşayan bir organizmaya benzer biçimde davranır. Bu da yapının geleneksel yapıdan tasarım, üretim, kullanım ve yıkım aşamalarında farklılaşması anlamına gelmektedir. Yapıda canlı organizmalarda bulunan öz-örgütlenme, ortama uyum, kendini onarma, tepki verme, büyüme gibi özellikler görülür. Bu özelliklerle sabit yapı anlayışı değişir, ortamın ve kullanıcının gereksinimlerine uyum artar, mimarlık pratiği yeni yöntemler ve anlayışlar elde eder.

### MİMARLIK, MALZEME VE YAŞAYAN SİSTEMLER

#### 2.1 Mimarlık ve Malzeme

Tarih boyunca mimari söylem ve kuramlar mimarı “form veren kişi” olarak nitelendirmiştir. Pratikte de formun öncülüğü sürer, malzeme forma estetik ve teknolojik kapasitesiyle hizmet eder. Mimaride malzeme daha çok yapının uygulanması aşamasında öne çıkmaya başlar. Geçmişten günümüze bu söylemin geleneksel mimarlıkta kabul edildiği görülmektedir. Örneğin mimari çizimler daha çok forma dayalı iken, malzemeler çizim üzerinde notlar halinde yer alır. Mimarlık eğitiminde bile, öncelikle biçimsel ifadeler geliştirilir, malzeme ile ilgili kararlar sonraki aşamada teknik çizimlerle yapılır.

Tarihte form-malzeme ilişkisini irdeleyen söylemlerden biri de Aristo'nun Hilomorfizm kavramıdır. Hilomorfizme göre, malzeme form tarafından şekil verilir. Malzeme formu belirlemez, onun hizmetindedir. Malzeme form verilen olarak tanımlandığında ona durağan bir anlam yüklenmiş olur. Bu şekilde tanımlandığında malzemenin geçirdiği süreçler göz ardı edilir. Malzemeler, işlenir, üretilir, çalışır ve onarılır. Bu özellikleri ile malzeme aktiftir, form ile ilişkisi tek yönlü değil, sürekli yinelenen bir süreçtir.

Günümüzde malzeme-form ilişkisi bilimsel ve teknolojik gelişmelerle değişime uğramaktadır. Dijital teknolojiler ve malzeme bilimindeki gelişmeler bu ilişkiye yeni bakış açıları sunmaktadır. Malzeme üretiminin bilgisayar desteği ile yapıldığı dijital teknolojilerde (CNC milling, hızlı prototipleme vb.) form oluşturma ve malzemenin

üretimi arasında direkt bir bağlantı kurulmaktadır. Bu da form ve malzeme arasındaki ilişkinin karşılıklı olması anlamına gelmektedir.



Şekil 2. 1 Küp şeklinde form verilmiş beton malzemesi [77]

Malzeme bilimindeki gelişmelerle de akıllı malzemeler ve nano malzemeler adı altında iki tür malzeme üretilmektedir. “Akıllı malzemeler” sıcaklık, nem gibi dışarıdan bir uyarıcı tarafından kontrol edilip değişebilen özelliklere sahiptirler. Örneğin ortam sıcaklığına göre rengini değiştiren cam gibi. Akıllı malzemelerde form, malzeme ile birlikte ya da malzemenin istekleri doğrultusunda hareket eden bir öğedir. Malzeme aktif olmakta ve forma yön vermektedir.

Nano malzemeler ise akıllı malzemeler gibi aktif özelliklere sahip olup daha gelişmiş özelliklere sahiptirler. Malzeme tek bir özelliği ile değişime uğramaz, canlı bir organizmaya benzer biçimde yaşamsal fonksiyonlar gerçekleştirir; büyür, ortama adapte olur. Malzeme forma yön veren onun etkisinde değişen, büyüyen ve gelişen özelliklere sahip olmaktadır.

Günümüzde form-malzeme ilişkisinin tarifinde malzemenin öncülüğü görülmekte ve bu ilişkide karşılıklı bir etkileşim görülmektedir. Nano malzemelerin bu ilişkide yeri önemlidir. Çünkü malzeme canlı bir organizmanın özelliklerini göstermeye başlamakta, form değil yapının fonksiyonları önem kazanmaya başlamaktadır. Westbrook,

“Materials History Before and After 1800” adlı makalesinde nano malzemelerin gelişimine işaret etmiş ve canlı özellikleri olan malzemelere vurgu yapmıştır:

- Bugün bilebildiğimiz özelliklerden tamamıyla farklı malzeme kompozisyonları üretilebilir.
- Geleneksel kompozisyonlardan dahi yeni yapıların elde edilebileceği söylenebilir.
- Daha hassas kontrol süreci, daha yüksek verimlilik ve işlemde daha fazla devamlılık sağlanabilir.
- Hem bileşim ve hem de yapılar, bugünün ölçüğü olan tanecik ölçüğünden ziyade atomsal ölçekte kontrol edilebilir.
- Diğer belli başlı malzeme alanlarına nazaran polimer kimyasında daha geniş ve hızlı gelişmeler sağlanabilir.
- Biyo malzeme teknolojisi başlayabilir; hem canlı sistemlere sentetik malzemelerin uygulanması ve hem de yaşayan maddenin yapı ve bileşimine doğrudan müdahaleler olabilir (Westbrook [2]).

## 2.2 Akıllı Malzemeler

“Şu anda biçim ve yapının kaynağını, hareketsiz bir maddeye dışarıdan zorla kabul ettirilen bir şey veya yukarıdan hiyerarşik bir emir olarak değil [...] malzemelerin içinden gelebilecek bir şey, yarattığımız yapılarda onlara söz hakkı verirken bu malzemelerden elde ettiğimiz bir biçim olarak düşünebilecek bir konumda olabiliriz” (Landa [3]). De Landa’nın da değindiği gibi malzemeler artık durağan özelliklerinden sıyrılıp, yapıda aktif rol oynayacak öğeler haline gelmektedirler. Akıllı malzemeler bunların öncüsü olsa da asıl potansiyel nano malzemelerde bulunmaktadır.

Akıllı malzemeler, dışarıdan bir uyarıcı (basınç, sıcaklık, nem, pH, elektrik, manyetik vb.) tarafından kontrol edilip değişebilen bir ya da birden fazla özelliği olan malzemelerdir. Son on yıl içinde geniş bir sayıda yeni akıllı malzemeler uzay, nakliyat, telekomünikasyon için üretilmiştir. Ayrıca biyo malzemeler, sensörler, aktivatörler ve tekstil uygulamaları için yeni malzeme geliştirmek amacıyla akıllı malzeme üretimi nanoteknoloji ile entegre etme faaliyeti artmaktadır (Addington ve Schodek [4]).





Şekil 2. 2 Isıya duyarlı (termokromik) sandalyeler (Addington ve Schodek [4])

Günümüzde akıllı malzemelerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin fotokromatik akıllı malzemeler ışığa maruz kaldıklarında renk değiştirirler. Bunun gibi onlarca örnek sayılabilir. Malzemeler yapının akıllı davranışlar sergilemesini, yapıda yaşayan öğelerin doğmasına katkıda bulunurlar. Akıllı malzemelerle, yapı-malzeme ilişkisi değişmekte, tasarım adına yeniliklere zemin hazırlanmaktadır.



Şekil 2. 3 Işığa duyarlı (fotokromik) camlarla güneşten korunma [67]

Günümüzde yapıda kullanılan nano malzemeler de akıllı malzemelerin temel özelliklerini yansıtmaktadırlar. Ortama uyum sağlamalarının yanında, malzemelerin yüksek dayanımlı olmaları, kendi hasarlarını onarabilmeleri, kendilerini

temizleyebilmeleri gibi daha gelişmiş özelliklere sahiptirler. Akıllı malzemelerden farklı olarak nano ölçekte üretilmeleridir. Nanoteknoloji biliminin hızla geliştiği günümüzde, halen araştırma aşamasında olan bazı nano malzemelerin yakın gelecekte kullanıma başlanması mümkün olabilir. Böylece yaşayan sistemler gibi çalışan nano malzemelerin kullanıldığı nano mekânlarla yapı farklı anlayışlarda üretilip kullanılabilir.

### 2.3 Akıllı Mekân (Etkileşimli Mekân)

Akıllı mekânı anlayabilmek için önce akıllı (smart) ve zeki (intelligent) kavramını tanımlamak gerekir. Akıl kolay öğrenbilme ve değerlendirme becerisi iken zekâ, öğrenme, değerlendirme, soyut düşünebilme, plan yapabilme ve problem çözebilme yeteneğidir [8]. Yapay zekâ ise; bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insan özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanır (Dayangaç [5]).



Şekil 2. 4 Akıllı mekân [76]

“Mimarlık alanındaki yapay zekâ çalışmalarının genel amaçları tasarımcıyı destekleyecek, tasarım sürecini simüle edecek ve son nokta olarak tasarımcının yerini alabilecek sistemlerin yaratılabilmesidir. Öte yandan yapay zekâ, bilgisayar sistemlerinin geleneksel tasarım yöntemleri karşısındaki gelişmişliğini bir adım daha

yukarı taşıyarak, bilgisayar destekli tasarımda yeni arayüzlerin özel sistemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır. Bu sistemler mimari tasarım sürecinde kullanılacak etkileşimli modellerin ve 'akıllı oda' ya da 'akıllı ev' gibi mekânsal modellerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu çalışmaların 'mekansal bazda bilgi temsili', 'enformasyon mekanı', 'etkileşimli mimari yüzeyler' 'akıllı oda', 'mimari tasarımda uzman sistemler', 'dokunulabilir arayüzler' gibi prototip uygulamaları bulunmaktadır" [6].

Mimarlıkta yapay zekâ sistemleri, bilgisayarların karşısına oturup çeşitli arayüzlerle kullanabileceğimiz bilgi kutuları olmaktan çıkarıp günlük hayatımızda yaşantımızı belirleyen/sınırlayan mimari mekân içine yayılmış sistemlerin oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Geleneksel bilgisayar sistemlerinde kullanılan ekran, fare, klavye arayüzlerinin yerini mimari mekânın tüm yüzleri ve yüzeylere gömülü araçlar almaya başlamıştır. Günümüzdeki yaygın akıllı mekân çalışmalarında görülen ortak özellik, mekânların gömülü algılayıcılarla donatılması ve bunların kullanıcının isteklerine göre programlanmasına olanak veren yazılımlarla ve bilgisayar ve bilişim teknolojileri destekli kullanıcı yüzleri ile desteklenerek ileri düzey otomasyonların sağlanmasıdır. Yaygın uygulamalarda mekân edilgen olarak tasarlanmakta ve sistemin etkileşimli olması yukarıda özetlenen sistemlerle sağlanmaktadır. Bu bağlamda insanın mekân-bilgisayar etkileşimi çalışmaları, mimari mekânı çeşitli elemanlarla çevrelemiş bir uzay olmaktan çıkarıp, konuşan duyan algılayan, mimikleri tanıyan robotsu bir sisteme dönüştürmektedir. Bu bağlamda günümüz bilgisayar sistemlerindeki gelişmelerin mimarlık disiplinine getirdiği başlıca yenilikler etkileşim ve sanallık kavramlarıdır (Sorguç ve Arslan [7]).

Akıllı mekânda kullanıcı-mekân ilişkisi yeniden tanımlanır. Kullanıcılar yaşadıkları mekânla etkileşime girer ve ondaki değişime katkı sağlarlar. Akıllı mekanın bir özelliği de bilişim teknolojileri ile donatılmış olması ve kullanıcıların bu mekanda bilgiye ulaşma ve iletişim kurma gibi faaliyetleri için imkan yaratılmış olur. Yalnız kullanıcı etkileşimi ile değil, çevresel koşullar ile uyum sağlayan akıllı mekânlar da mevcuttur. Örnek olarak gün ışığını kontrol etmek için bir mekânda camların şeffaflığının azalması gösterilebilir. Bu örnekler yapıda bilgi yönetimini kendi kendine gerçekleştirebilecek mekânlar için öncülük eder.

Nano mekânlar da bünyesindeki nano malzemeler aracılığıyla akıllı mekânlar gibi, ortama uyum sağlama, kullanıcı ile etkileşime girme gibi özelliklere sahip olurlar. Bunun da ötesine geçerek, nano malzemelerin daha gelişmiş özellikleriyle beraber mekân yaşayan bir sistemin özelliklerini yansıtmaya başlar.

Mimarlık bilişim teknolojileri ile yeni bir döneme girmektedir. Biyolojik metaforlardan oluşturdukları akıllı ve nano mekânlarla mimarlar insanları mekânla daha fazla ilişki içinde kılmak ve sonunda mimari üründe söz sahibi olmalarını sağlamayı amaçlamaktadırlar. Odak noktası teknoloji ve akıllı malzemeler olmamalıdır. Bu projelerle yaşam sistemleri amaç, fonksiyon ve hedefler ile birlikte yorumlanmalı ve bu sistemlerin gerçekte kendilerini nasıl çalıştırdıkları sorgulanmalıdır (Haque [8]).

#### **2.4 Yaşayan Sistemler**

Nano malzemelerin kullanıldığı nano yapılar canlı organizmalara benzer fonksiyonlar gerçekleştirirler. Yapının yaşayan bir sisteme dönüşmesi modelini oluştururken yaşayan sistemlerin (canlıların) genel özelliklerine bakmak ve yaşam sistemlerini formüle etmek önem taşımaktadır.

Yaşayan bir sistem, organize olan ve bu organize karakteri sayesinde kendi devamını sağlayabilendir. Kendiliğinden çeşitli kimyasal tepkimeleri gerçekleştiren, bu tepkimeler sayesinde yapı taşlarını kendisi oluşturabilen veya gerektiğinde bunları yıkabilen, üreyebilen, içinde bulunduğu koşullardan haber alabilen ve bunlara karşı tepkiler oluşturabilen ve en önemlisi de, bunların hepsini yapabilmek için mutlaka enerjiye ihtiyaç duyan her şey "yaşayan bir sistem(canlı)"dır [9].

Canlıların kabul gören 3 temel ayırt edici özelliği; beslenme, üreme ve etraflarında olup bitenden haberdar olma (duyumsama) olarak sayılır. Bunların hepsinin temelinde ise, bir enerji gereksinimi vardır. Çeşitli yaşamsal fonksiyonların ortaya çıkması, canlıların doğal yapısal özelliklerinin bir sonucudur. Örneğin beslenme, hücrenin canlı yapısının devamı ve işlevlerini yerine getirebilmesi için gerekli olarak ortaya çıkmıştır. Tüm canlılar, DNA ve/veya RNA olarak bilinen nükleik asitleri taşırlar. Bu moleküller, yeni bir neslin meydana getirilebilmesi için gerekli olan bilgiyi depolar [9].

Yaşama kavramı esasında karmaşıktır, onu tanımlayabilmek için temel özelliklere ilave olarak belirli özelliklerin olması zorunlu olarak görülmektedir. Bunlar: öz-örgütlenme, ortaya çıkma (emergence), otonomi, büyüme, gelişme, çoğalma (reprodüksiyon), adaptasyon, tepki verme, evrim (evolution), ve metabolizma. Yaşamın öz mefhumu öz-örgütlenme olarak görülür. Çünkü bu özelliklerin bazıları (ortaya çıkma, otonomi ve gelişme) onunla ilişkili iken bazıları (büyüme, çoğalma, adaptasyon, tepki verme, evrim ve metabolizma) da onun alt ürünüdür (Diniz ve Turner [10]).

Nano malzemelerin de bu yaşamsal fonksiyonlara sahip oldukları görülmektedir. Böylece yapıda organizasyon, kendi kendine üretim, onarma, nano-sensörlerle bilgi alma gibi fonksiyonları yerine getirebilmektedirler. Nano malzemelerin kullanıldığı nano yapılar yaşayan bir siteme dönüştükleri zaman yukarıda bahsedilen yaşamsal fonksiyonları gerçekleştirdikleri görülmektedir.

#### **2.4.1 Öz-Örgütlenme**

Öz-örgütlenme, dışarıdan bir yönlendirme ve yönetme olmadan, yani içsel olarak sistemin kendini çevre etmenlerine karşı özel bir fonksiyon için düzenleme işlemidir (Hensel, 2006). Öz-örgütlenme çevre etkisinin minimum olduğu ve sistem boyunca yeni, kompleks strüktürlerin geliştiği bir evrim sürecidir [12].

Geleneksel tasarımda yapı mimar tarafından biçimsel olarak tasarlandıktan sonra yapının inşa süreci tündengelim yöntemi ile yapılır. Yani var olan malzemeler belirli bir hiyerarşiye göre kullanılır. Öz-örgütlenmeyi bünyesinde barındıran bir tasarımda ise tümevarım yöntemi ile hareket edilir. Her şey içsel bir mantıkla hareket eder ve üretim dışarıdan bir yönlendirme olmaksızın gerçekleşir. Nano malzemelerin üretim süreci ve malzemenin işleyişi esnasında öz-örgütlenmeyle bilgi yönetimini gerçekleştirmektedir. Örneğin malzemedeki bir hasar gerçekleştiğinde, nanosensörler aracılığıyla bilgi iletimi gerçekleşir, gerekli takviye malzeme hasarlı bölgeye ulaşır. Böylece yaşayan bir organizma gibi nano malzeme kendi fonksiyonlarını yönetir.

#### **2.4.2 Öz-Kurgu**

Dışarıdan bir yönlendirme olmadan düzensiz bir sistemin önceden var olan bileşenlerinden bir strüktür ya da paterni bileşenler arasında etkileşim sağlayarak

kurma sürecidir. Bir diğer tanıma göre öz-kurgu cansız kimyasal bileşenlerden oluşan bir sistemi yaşayan, biyolojik bir sisteme dönüştüren süreçtir. Öz-kurgunun gerçekleşebilmesi için strüktürün biçiminde gözlemlenebilen, sistemde düzensizlikten bir düzene doğru değişim olmalıdır [13].

Öz-kurgu öz-örgütlenmenin alt birimi gibi çalışır. Strüktürlerin dışarıdan bir yönlendirme olmaksızın kendiliğinden inşa edilmesini ifade eder. Doğada canlı varlıkların büyüme ve gelişme aşamalarını gerçekleştirdikleri yöntemdir. Mimari bir yapının öz-kurguyu kullanabilmesi önemli potansiyelleri beraberinde getirebilir. Aşağıdan yukarıya üretim yöntemi (moleküler üretim) ile üretilen nano malzemelerde de öz-kurgu özelliği mevcuttur. Malzeme tek atomdan bir bütün oluştururken, canlı bir organizma gibi kendi strüktürel kurgusunu gerçekleştirir.

### **2.4.3 Adaptasyon**

Canlıların belirli ortam koşullarında yaşama ve üreme şansını artıran fiziksel yapılar, davranışlar gibi kalıtsal özellikler kazanmasına adaptasyon adı verilir. Canlılar beslenme, barınma, avlanma, üreme ve düşmanlarından korunma gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için adaptasyon gösterirler. Nano malzemeler de canlı organizmalara benzer biçimde ortam koşullarına uyum sağlarlar.

### **2.4.4 Tepki Verme**

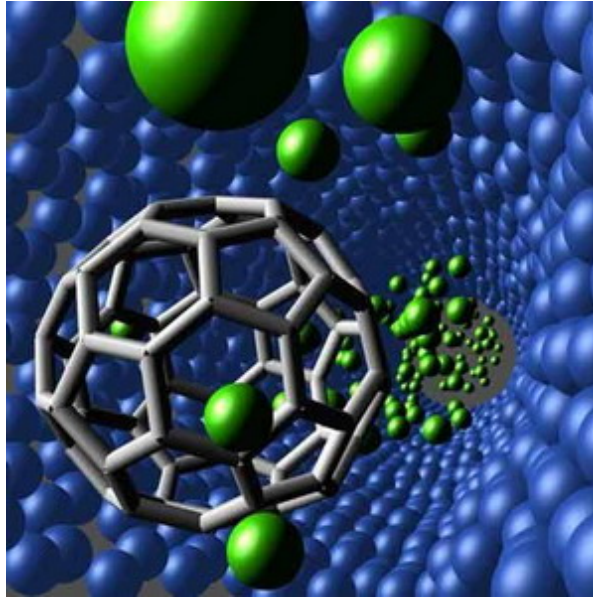
Canlılar kendilerine uygulanan reaksiyonlara tepki verme yetisine sahiptirler. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi böcek kapan bitkisinin böceği algılaması ve buna tepki olarak kapanması örnek olarak gösterilebilir. Akıllı mekânlar (etkileşimli mekânlar) da kullanıcıya tepki verme özelliği gösterirler. Nano mekânlar da kullanıcı isteklerine cevap verir ve kullanıcılar ile sürekli bir etkileşim içine girerek mekânın kişiselleşerek değişmesini sağlarlar.



Şekil 2. 5 Böcek Kapan Venüs Bitkisi [79]

### NANOTEKNOLOJİ VE NANO MALZEMELER

#### 3.1 Nanoteknoloji Nedir?



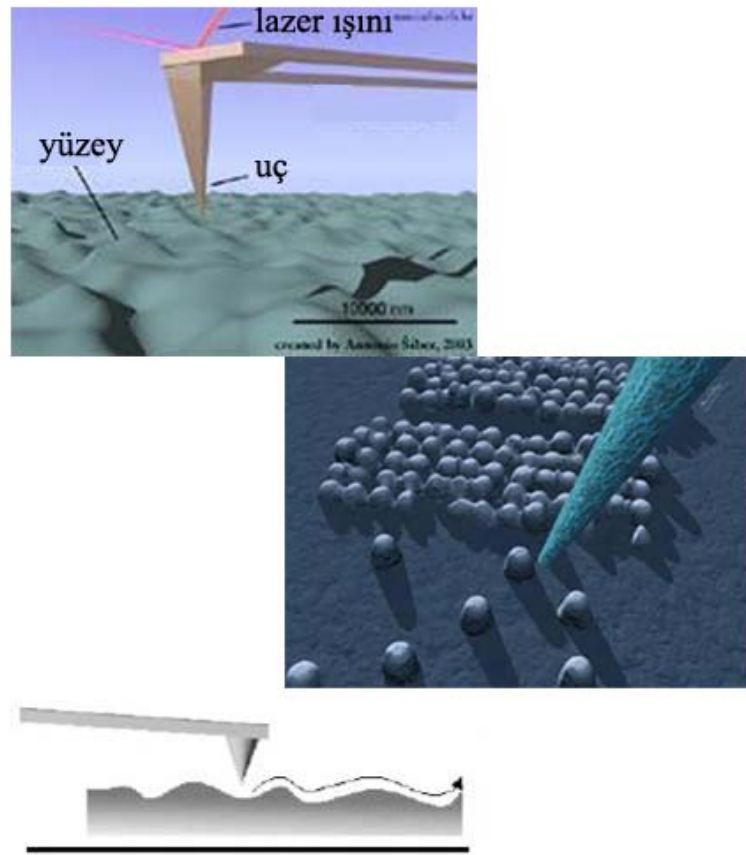
Şekil 3. 6 Nanometrik ölçek [80]

Nano malzemelerin üretimi nanoteknoloji biliminin ilerlemesi ile gerçekleşmiştir ve gün geçtikçe daha gelişmiş özelliklere sahip nano malzemeler üretilmektedir. Nanoteknoloji nesnelere nanometrik ölçekte (1–100 nm aralığında) gözlemlenme, ölçme, manipüle etme ve üretme teknolojisidir [14]. “Nano” kelimesi Yunan kökenli “nannos” kelimesinden gelir, anlamı “cüce”dir. Günümüzde ise “bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri” anlamına gelir. Nanoteknoloji nano ölçeği kullanır. Bu ölçek metrenin milyarda birine eşittir ( $1.000.000.000 \text{ nm} = 1 \text{ m}$  ve  $1.000.000 \text{ nm} = 1 \text{ mm}$ ). Bir nanometre içine 2–3 atom sığabilir, 100–1000 atom bir araya gelerek nano ölçekteki



bir nesneyi oluşturur. Birçok molekül de nano strüktür tanımına girmektedir (Çıracı [15]).

Nanoteknoloji temel olarak malzemelerin “nano ölçekte”ki moleküler davranışlarını inceleyerek makro ölçekte yeni malzemeler oluşması için gerekli alt yapıyı oluşturmaktadır (Vural [16]).Bu manipülasyon nanoteknoloji için geliştirilmiş Tarama Tünelleme Mikroskobu ve Atomik Kuvvet Mikroskobu (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3) ile yapılır. Malzeme birleşimleri ve malzeme üretimleri bu mikroskoplar yardımıyla yapılır.



Şekil 3. 2 Atomik Kuvvet Mikroskobu [68]

Nanoteknolojinin nano ölçekte malzemeleri manipüle etme sebebi bu ölçekte maddede kuantum fiziği kurallarının geçerli olmasıdır. Atom davranışlarının değişken olması ve maddelerin reaksiyon davranışlarının değişimi söz konusu olmaktadır. Örneğin altın makro ölçekte hiçbir madde ile etkileşime girmezken, nano ölçekte her madde ile etkileşime geçebilmektedir. Nano ölçekteki malzemeler daha kuvvetli, daha

hafif veya farklı elektrik ve ısı iletme özelliğine sahip olmaktadır. Malzeme renkleri de bu ölçekte değişime uğrayabilir.



Şekil 3. 3 Atomik Kuvvet Mikroskobu

Nanoteknoloji atom ve molekülleri bir araya getirerek nano ölçekte işlevli yapıların oluşturulmasını sağlamaktadır. Nano boyutlu elektronik, optik, nanobiyolojik sistemler ve nano ilaçlar gibi geniş bir uygulama alanı mevcuttur. Malzemelerin ve cihazların üretimi için fizikçi, kimyacı, malzeme bilimcileri, moleküler biyologlar, farmakologların disiplinlerarası bir çalışma yürütmesi gerekmektedir (Guozhong [17], Özkan [18]).

### 3.2 Nanoteknolojinin Gelişimi

Nano partiküller, tarih boyunca çeşitli ürünlerde kullanılmıştır. En erken örnekler Roma Kupaları ve kilise vitraylarıdır. Vitraya altın partiküllerin eklenmesiyle cama ışığa duyarlı renk değiştirme etkisi yaratılmıştır. Böylece koyu kırmızı renk, mavi veya mora dönüşebilmektedir. Bir başka Roma kupası olan Lycurgus kupası'nda da bu etki görülür; kırmızı renkli kupa, ışığın açısının değişmesiyle yeşil veya sarıya dönüşür. Bir diğer tarihi örnek de Samuray ve Şam kılıçlarıdır, bu kılıçlar nano malzeme türü olan "karbon nanotüpleri" içerir. Çelik ve bu nano malzemenin birleşimi ile olağandan fazla dayanım ve esneklik görülür (Leydecker [19]). Bu dönemlerde nanoteknoloji bilgisi olmadan malzemede değişim yapılarak bu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3. 4 Lycurgus Kupası'nın ışık etkisiyle renk değişimi [68]

Fizikçi Lord Faraday 19 yy.'da altının renk değişimi etkisini keşfetmiştir. Avusturyalı fizikçi Richard Zsigmondy 1913'te partikülleri 1 nm ölçeğinde görebilmeyi sağlayan bir mikroskop icat etmiştir. Bu gelişmelerden sonra 1959'da nanoteknolojinin öncüsü sayılan Richard Feynman, "Aşağıda daha çok yer var" konuşmasını yaparak, nano ölçeğe dikkatleri çekmiştir. Bu konuşmada Feynman malzemelerin atom ve moleküllerinin manipüle edilerek yeni özellikler kazanabileceği üzerinde durmuştur. 1981'de Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer Tarama Tünelleme Mikroskobu'nu icat etmişler, ardından da Atomik Kuvvet Mikroskobu'nun icadı ile nanoteknoloji büyük gelişim kaydetmiştir. Artık atomları sadece görmek değil, manipüle edebilmek de mümkün olmaya başlamıştır [14].

Nanoteknoloji terimi ilk olarak 1974'te Tokyo Üniversitesi öğretim görevlisi Norio Taniguchi tarafından kullanıldı. Taniguchi, mikrometre toleransındaki üretim metotlarını tanımlamak için bu terimi kullanmıştır. 1986'da Eric Drexler'in "Yaratma Makineleri" adlı kitabı nanoteknoloji ile ilgili ilk kitaptır, burada malzemeyi nano robotlarla molekül molekül üretmekten söz etmiştir (Leydecker [19]).

Mimar Richard Buckminster Fuller mimarlıkta en az gereçle örtme olanağını tanıyan "Jeodezik kubbe"yi tasarlamıştır. 1985'te F.Curl, Harold W. Kroto ve Richard E. Smalley tarafından keşfedilen karbonun molekülleri jeodezik kubbeyi andırdığı için Buckminster Fuller'in adı verilmiştir. C<sub>60</sub> olarak da bilinen "fullerenler" karbon atomunun elmas ve grafit dışındaki morfolojisidir. 1991'de Wolfgang Kartschämer,

fullerenleri çok sayıda üretmeyi başarmıştır, böylece karbon nanotüplerin gelişimi için önemli bir adım atılmış olmuştur. Yine aynı yıl, Japon NEC firmasından Sumio Iijima, “karbon nanotüpleri” keşfetti. Karbon nanotüpler fulleren molekülünün esnetilmiş bir şekli olup aynı zamanda çelik alaşımından 30 kat daha güçlüdür. Düğüm yapılabilecek kadar esnek malzemelerdir ve yoğunluğu, en hafif malzemelerden olan alüminyumun yarısı kadardır. 3000°C’ye kadar kararlı bir yapıya sahiptirler (Çubukçu [20]).

1980’lerden sonra dünyadaki nanoteknoloji araştırmaları hız kazandı. Üniversitelerdeki araştırma birimlerinin yanında ileri teknoloji şirketleri de nanoteknoloji geliştirme birimleri kurdu. Günümüzde malzeme analizleri gelişmiştir, örneğin Şam kılıçlarının dayanıklılığı ve keskinliği bugün yeni malzeme gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Karbon nanotüpler yüksek dayanımları, hafif oluşları ve kısa sürede hızlı üretilebilmeleri gibi üstün özelliklere sahiptir. Bu nano malzemenin yüksek dayanımı ve hafifliği söz konusu olduğunda yapıda taşıyıcı sistem olarak kullanılma potansiyeli ortaya çıkabilir.

Nanoteknolojinin gelişimi, yeni malzemelerin üretilmesi, dolayısıyla mimari için yeni uygulama yöntemleri ve elemanların ortaya çıkmasını sağlar. Nano malzeme yaşayan sistemlere benzer özelliklere sahip oldukça yapı da yaşamsal fonksiyonların gerçekleştiği bir ortam haline gelebilir.

### **3.3 Nano Ölçek**

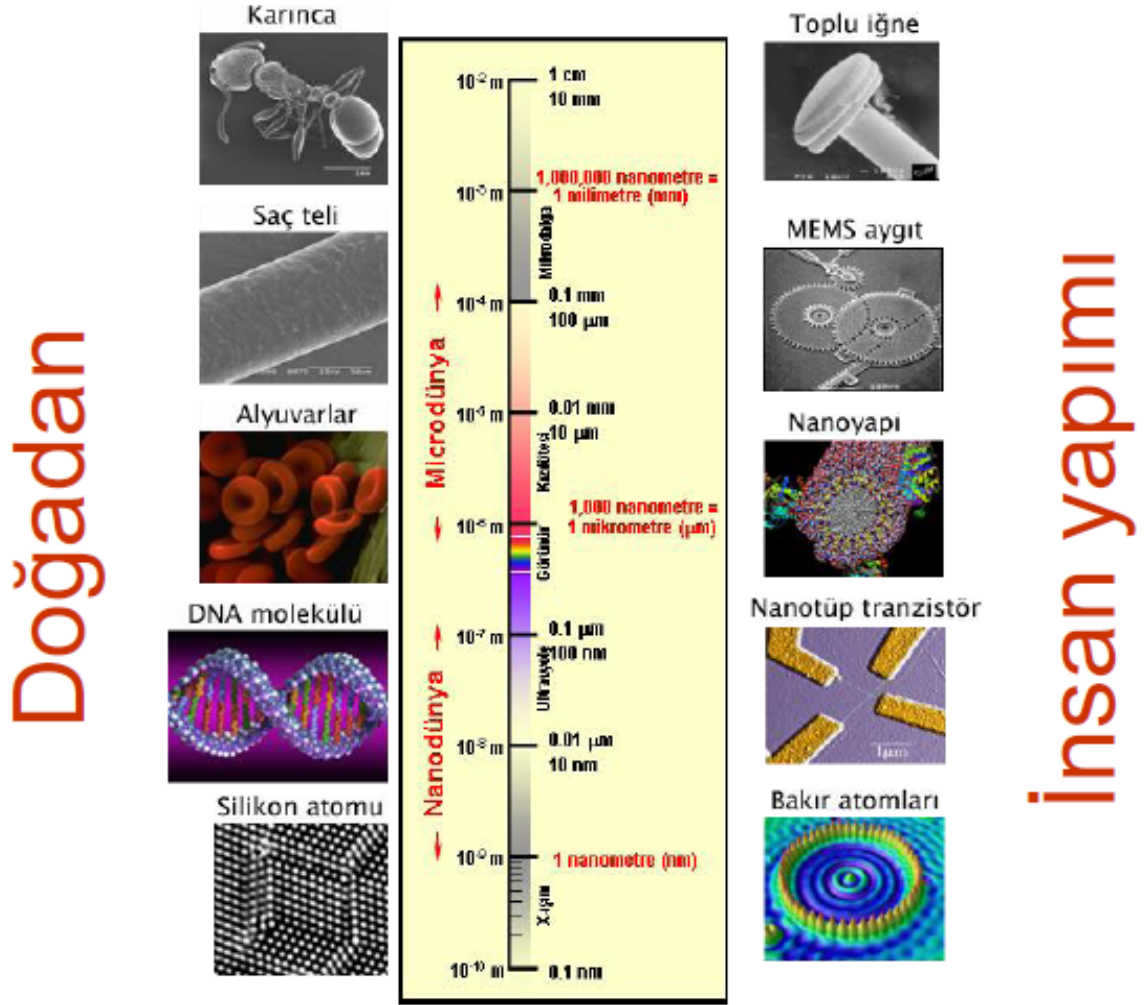
Nano ölçek nanoteknolojinin malzemeyi manipüle ettiği boyuttur. Birimi nanometredir. Bir nanometre (nm) metrenin milyarda biridir. Bir kırmızı kan hücresi 7000 nm iken, bir su molekülü 0.3 nm büyüklüğündedir. Bilim adamları nano ölçekle [100 nanometreden atom boyutuna kadar (yaklaşık 0.2 nm)] ilgilenir, çünkü malzemenin özellikleri bu ölçekte, daha büyük ölçektekinden farklılaşır (Leydecker [19]).

Nano ölçekteki malzemelerin özellikleri iki sebepten farklıdır:

1. Aynı malzemenin büyük formuna göre, nano malzemelerde geniş bir yüzey alanı olur. Bu malzemeleri kimyasal açıdan daha reaktif yapar (bazı durumlarda büyük ölçekte inert olan (yani reaksiyona girmeyen) malzemeler, nano ölçekte

üretirken reaktif olabilirler ve onların dayanımsal ve elektriksel özelliklerini etkiler.

2. Kuantum etkileri nano ölçekte baskın olmaya başlar; malzemelerin optik, elektriksel ve manyetik davranışlarına etki etmektedir [21].



Şekil 3. 5 Nano Ölçekteki Nesnelere [78]

Nano ölçek, nano malzemelerin manipüle edildiği ölçektir. Yapı nano yapılardan üretilmeye başlanırsa, nano malzemeler nano ölçekte üretileceği için mimarın da tasarımını nano ölçekte düşünmesi gerekebilir. Malzemenin nano ölçekteki davranışlarını göz önünde bulundurarak tasarım yapma zorunluluğu ortaya çıkabilir.

### 3.4 Kuantum Fiziği ve Nanoteknoloji

Klasik fizikte madde ve parçacıklar; kütle, hacim, zaman ve enerji bağlamında ele alınır. Diğer yandan atomik ve atom altı seviyedeki parçacıkların davranışları daha belirsiz ve olasılığa bağlıdır. Kuantum teorisi ve mekaniği, madde ve enerjinin bu ölçekteki ilişkisini tanımlar. Klasik fizikte, üç konum ve üç momentumla tanımlanan parçacıklar, sonsuz parametre ile tanımlanan alanlarla bir aradaydılar. Kuantum fiziği ise parçacıkları; 3 konum ve 3 momentum yerine dalga fonksiyonu ile tanımlar [22].

Nano ölçekte madde sadece birkaç atomdan oluşur ve özelliklerin oluşmasında yüzey atomları baskın rol oynar. Başka bir deyişle, bu atomların yüzeyi dış kabuktaki elektronlardan oluşur. Bu atomların davranışı kuantum fiziği kuralları ile anlaşılır. Elektronlarda görülen kuantum ilkeleri, nano ölçekteki fenomeni anlamak için önemlidir [22].

Elektronlara etki eden kuantum ilkeleri [22];

- Elektronlar parçacık olduğu kadar dalga olarak da davranır ve bunların karışımı halini de sergiler.
- Elektronların enerjisi kesin ayrık değerler olarak çeşitlenir ve bu enerji hesaplanabilir.
- Bir elektronun pozisyonu ve momentumu kesin olarak belirlenemez, pozisyondaki kesinliğin artması, momentumunun kesinliğinin azalması demektir.
- Elektronun dalga boyu onun momentumu ile ters orantılıdır.
- Bir noktadaki elektronun varlığının olasılığı; 3'lü koordinat uzayında, verilen zamanda, dalga fonksiyonu ile tanımlanır.

Yukarıda görülen özellikler ile elektronların daha kararsız olması, dalga olarak davranması ve pozisyonunun değişken olması, malzemelerin nano boyutta iken makro boyutta girmediği reaksiyonlara girebilmeleri yani farklı alaşımlar elde edebilmesi imkânını yaratır. Dolayısıyla daha dayanıklı, daha hafif ya da farklı fonksiyonları yerine getirebilen gelişmiş malzemelerin üretimi gerçekleşmiş olur. Malzemenin optik,

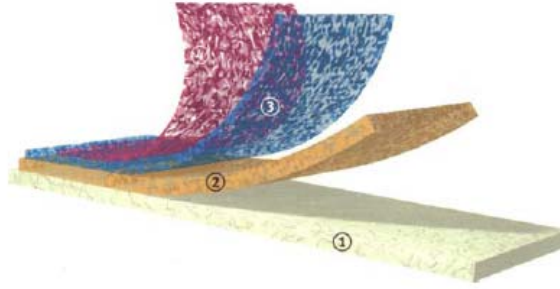


elektriksel ve manyetik davranışlarında değişim yaşanır. Böylece daha yalıtkan malzemelerin üretimi sağlanır. Mevcut malzemelerin kuantum etkisiyle manipülasyonunun yanında tek atomdan yeni bir bütün malzemenin oluşturması (moleküler üretim) da gerçekleşir.

### 3.5 Nano Malzemelerin Özellikleri ve Uygulamaları

#### 3.5.1 Nano Malzemelerin Özellikleri

Nanometre boyutlarında kuantum etkileri ortaya çıkmaktadır. Kuantum davranışların devreye girmesiyle birlikte malzeme özelliklerinde önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Nano ölçekteki malzemelerde üstün işlevsellik, mukavemet artışı, elektrik, ısı iletme özelliklerindeki performans artışı, esneklik, hafiflik ve daha birçok özellik gözlenebilmektedir (Vural, 2010).



Şekil 3. 6 Nano film kaplanmış malzeme (Leydecker [19])

Nano ölçekte kullanılan malzemelerde ortaya çıkan önemli bir avantaj da malzeme sertliğinde görülmektedir. Diğer yandan nano parçacıklar çok geniş yüzey alanına sahiptir. Yığın malzemelerde parçacık yüzeyinde nano malzemelere oranla çok daha az atom mevcuttur. Nano parçacıkların yüzeyindeki atomlar malzemenin davranışını değiştirir. Yüzey özellikleri, yüzey enerjisi elektronik yapısı ve reaktivitesi mikron boyutundaki malzemelerden çok daha farklıdır. Nanometaloksitler, nanometaller, nanomineraller ve nano yapılar ile esnek, sert ve hafif malzemeler elde etmek mümkündür. Ayrıca yarı iletken, iletken nano boyuttaki metaller ve biyolojik olarak

bozunabilir moleküllerin getirdiği yeni fonksiyonlarla, aktif ve akıllı malzemelerin üretimleri başlamıştır (Çeliker [23]).

İki özellik nano malzemeleri geleneksel malzemedan ayırır; artan bağıl yüzey alanı ve kuantum etkileridir. Bu faktörler reaktiflik, dayanım ve elektriksel karakteristik gibi bazı özellikleri değiştirebilir ya da arttırabilir. Nano malzemeler, var olan malzemelere onlarda mevcut olmayan bazı fonksiyonların eklenmesi ya da çoklu fonksiyonların tek malzemedan toplanması gibi avantajlara sahiptir. Malzemenin ekonomik olması ve var olan kaynakların korunması gibi faydalar söz konusudur (Leydecker, [19]). Somut katkıları;

- Var olan malzemeleri optimize etmek
- Malzemelerin hasardan korunmasını sağlamak (kendini onaran nano malzemeler)
- Malzemenin ağırlık veya haciminde azalma
- Üretim aşamalarının sayısının azalması
- Malzemelerin daha etkin kullanılması
- Onarıma olan ihtiyacın azalması (Örneğin kolay temizlenen malzemeler)

Direkt sonuçlar;

- Hammadde, enerji tüketiminde azalma ve CO<sub>2</sub> salınımında azalma
- Kaynakların korunması
- Ekonominin büyümesi
- Konfor (Leydecker [19]).

### **3.5.2 Nano Malzemelerin Uygulamalarına Göre Türleri**

Nano malzemeler üretim yöntemlerine göre iki kategoride incelenebilir; iyileştirilen nano malzemeler ve moleküler üretim ile üretilen nano malzemeler.



### **3.5.2.1 İyileştirilen Nano Malzemeler**

Mevcut malzemelere nano boyuttaki farklı malzemelerin partiküllerini ekleyerek oluşturulan gelişmiş özellikli nano malzemelerdir. Örneğin güneş kreminin bünyesine titanyum nano partikülleri eklenir. Bu partiküller sayesinde güneş kremi UV ışınlarına karşı koruyucu hale gelir. Günümüzde mimari ve endüstri ürünlerinde kullanılan nano malzemeler bu türdür.

### **3.5.2.2 Moleküler Üretim (MNT) ile Üretilen Nano Malzemeler**

Tek atomdan yeni bir bütün malzemenin oluşturulduğu (moleküler üretim) nano malzemelerdir. Oluşan bu malzemeler, üretimden malzemenin işleyişi süreçlerine kadar öz-örgütlenme ve diğer yaşamsal fonksiyonları gerçekleştirirler. Yaşayan bir organizmaya benzer şekilde davranırlar. Bu tür malzemeler halen araştırma aşamasındadır. Tezde sözü edilen “yaşayan nano yapıları”n üretildiği malzeme türüdür.

### **3.5.3 Nano Malzemelerin Uygulamaları**

Nanoteknolojinin kullanım alanlarını, malzeme üretimiyle başlayıp, tıp, sağlık, enerji, havacılık, savunma sanayi, bilgisayar teknolojileri, tarım, tekstil, inşaat gibi alanlara kadar sıralamak mümkündür. Tıp alanında nanoteknolojiyle, teşhis ve tedavi amaçlı nano robotların üretimi, dolaşım sistemindeki zararlı maddelerin temizlenmesi, hasarlı dokulara oksijen sağlanması, bakteri ve virüs enfeksiyonlarının tedavi edilmesi, kanser hücrelerinin saptanıp yok edilmesi, çeşitli hastalıkların izlenmesi ve teşhisi mümkün olabilecektir. Nanobiyoteknoloji alanında canlı organizmalara yönelik aktif maddelerin nanoteknolojik üretimi, aktif maddelerin taşınması için nano taşıyıcılar, nano makineler, araştırmalara yönelik nano robotlar, nanoteknoloji yöntemleriyle kaplanmış implantlar ve nanoelektronik implantlar olabilecek uygulamalar arasındadır (Vural [16]).

Nanofotonik alanda yapılan çalışmalarla bilginin optik olarak nanofotonik kristaller aracılığıyla taşınması ile bilgisayarların yüzlerce kat daha hızlı çalışabileceği ve internet hızının yüzlerce kat artması beklenmektedir. Yaklaşık 25.000 sinema filminin tek bir DVD’de saklanması mümkün olabilecektir. Nanofotonik, boyutları 1-100 nm arasında değişen nano yapıların ışıkla etkileşimini inceleyen bilim dalıdır. Nanofotonik

yöntemlerle üretilen yeni nesil DVD'lerin kapasiteleri 1000 kat artacağı beklenmektedir. Güneş kremleri ve kozmetik alanında ise, nano boyutlu titanyum dioksit ve çinko oksit kullanımı söz konusudur. Bu maddeler UV ışınlarını emip görünen güneş ışınlarına karşı da geçirgen oldukları için güneş kremlerinde kullanılabilir. Fakat nano boyutlu parçacıklarının kullanımlarının tüketici açısından endişe uyandırıcı bir boyutu da olmaktadır (Vural [16]).

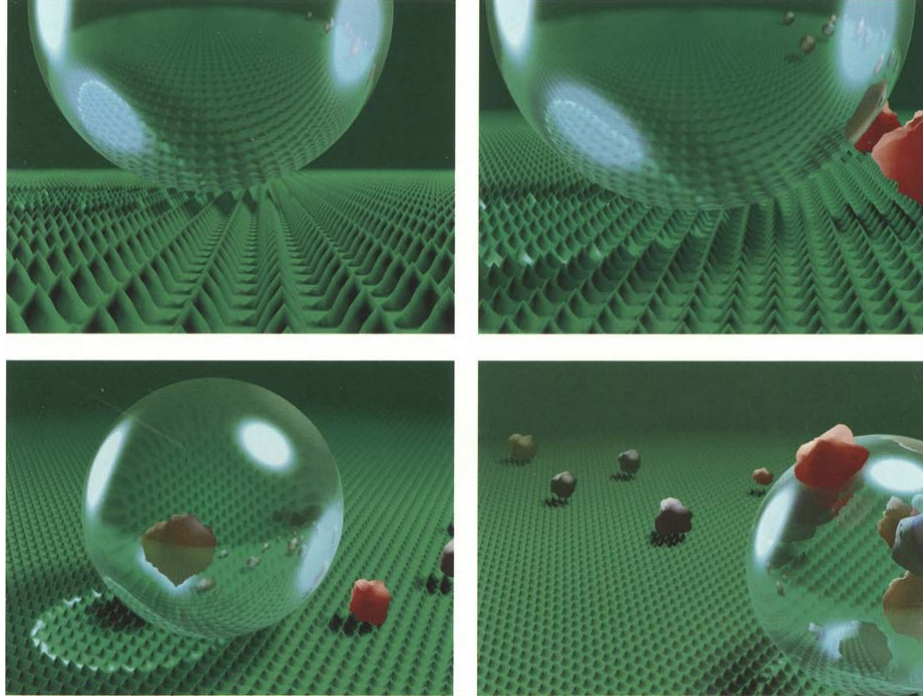


Şekil 3. 7 Lotus Bitkisi ve Hidrofobik Özelliği [69], [70]

Günümüze mimaride kullanılan nano malzemeler aktif yüzeylerde (örneğin camda) kullanılan çok ince film tabakalarıdır. Birçok uygulamada nano ölçekteki nano bileşenler eklenir, ancak bazı ürünlerde (örneğin kozmetik ürünleri) serbest nano partikülleri kullanılır. Karbon nanotüpler ise (silindir şeklindeki karbon allotropu, hafif ve dayanımı yüksek) nano ölçekteki bağlarının kontrolü ile mevcut malzemelerden daha sağlam, hafif ve esnek malzemeler üretilebilmektedir. Bazı bilgi ve iletişim

teknoloji, uzay ve otomotiv araçları ise daha fazla hassasiyet ve kesinlik için nano ölçekte üretilir [21].

Nano malzeme, boyutu 100 nm'dan küçük gelişmiş özellikli malzemedir. Mimarlık nanoteknolojideki gelişmeleri geç takip etse de günümüzde özellikle yüzeylerde ince kaplama olarak uygulanmaktadır. Dış kabukta kendi kendini temizleyen yüzeyler, çizilmeye karşı korumalı boyalar, UV korumalı camlar, ısı yalıtım malzemeleri gibi mimaride uygulamaları mevcuttur (Leydecker [19]).



Şekil 3. 8 Lotus etkili yüzeyin kendini temizleme aşamaları (Leydecker [19])

Günümüzde özellikle yoğun bir kullanım alanı olan “Biyomimesis” (hayatı taklit etme ya da hayattakileri taklit etmek) kavramı, nanoteknolojiyle yeni bir alanda daha yerini almaktadır. Nanoteknolojik çalışmaların bazı alanlarında işte bu bakış açısıyla Lotus adındaki bir bitki kopyalanmaya çalışılmıştır. Lotus bitkisinin yüzeyindeki nano boyutlardaki hidrofobik (su geçirmeyen) yapılar, yüzeye düşen su damlalarının yüzeyde tutunmalarını engellemekte ve yaprağın eğimiyle su damlası aşağıya doğru kayarken, yaprak üzerindeki kir ve tozları da kendine katarak aşağıya düşmekte ve yaprak böylece temiz kalmaktadır (Şekil 3. 7). Bu etki “Lotus Etkisi” olarak tariflenmiştir. Bu model esas alınarak cephe kaplamaları üretilmeye başlanmıştır. Su ve kir tutmayan (hidrofobik), kendi kendini temizleyen akıllı yüzeyler elde edilmiştir (Vural [16]).

Mimarlık alanında, geleneksel malzeme anlayışını dönüştürecek nano malzemelerin kullanıldığı prototip öneriler yapılmaktadır. Kieran&Timberlake Mimarlık tarafından geliştirilen ve zamanla bildiğimiz duvar üretimini dönüştüreceği öngörülen “Smart Wrap” projesi bunlardan biridir. Projede plastik soda şişelerinde de kullanılan, ince polimer bazlı filmlerden oluşan akıllı bir duvar önerilmektedir. İnce film tabakası üzerine kullanımda olan teknolojilerin birleşiminin baskı teknikleriyle birkaç tabaka halinde basılarak uygulandığı malzeme; yapıyı doğal etkenlerden koruyan polyester film katmanı, polimer reçine içine gömülen mikrokapsüller barındıran, gerektiğinde ısı depolayan yani ısıl dengelemeyi sağlayan bir katman, aydınlatma ve görsel bilgilendirme için OLED teknolojisini içeren bir katman ve silikon güneş pilleri aracılığıyla enerji depolayan ve güç kaynağı olarak işlev gören en üst katmandan oluşmaktadır (Altun ve Köktürk [24]). Bu akıllı duvar, yaşayan bir sistem yaratma sürecinde malzemelerin etkilerinin görüldüğü önemli bir örnektir.



Şekil 3. 9 Smart Wrap [71]

### 3.5.3.1 Mimaride Kullanılan Nano Malzemeler

Günümüzde yapıda kullanılan nano malzemeler belirli fonksiyonları kendiliğinden gerçekleştirebilmektedirler. Örneğin kendini temizleyen cam ve boyalarda malzeme öz-



örgütlenmesi ile kendini temizler. Bu malzemeler yapıda onarım masrafını azaltır. Şekil 3. 10'de kendini temizleyen camda yağmurun etkisiyle kirin akması gösterilmiştir. Şekil 3. 11'de kendini temizleyen boya ile beyaz renkli bir yapının sürekli rengini koruyabildiği görülmüştür. Bu örnekler nano malzemelerde kendini temizleme fonksiyonunu yerine getirir. Böylece malzemenin yapı içinde aktif görev yaptığı görülmektedir.



Şekil 3. 10 Kendini temizleyen camda kirin akması (Leydecker [19])



Şekil 3. 9 Kendini temizleyen boya

Kendini temizleyen bu tür malzemelerde, nano ölçekte titanyum ( $TiO_2$ ) partikülleri malzemelere eklenir. Titanyum bu ölçekte şeffaf hale gelir ve fotokatalitik reaksiyonlara girmeye başlar. Yani oksijen, nem ve UV ışınları ile karşılaştığında fotokatalitik reaksiyon gerçekleşir ve malzeme yüzeyindeki kirler parçalanır (Leydecker, [19]). Anti grafiti boyalar adıyla bilinen malzemelerde de (Şekil 3. 12) aynı etki görülür.



Şekil 3. 10 Anti grafiti boya – Berlin Brandenburg Gate (Leydecker [19])



Şekil 3. 13 Klinik Friedrichshain (Almanya), anti bakteriyel seramik

Kendini temizleyen fotokatalitik malzemelerde kirin parçalanması sırasında içindeki organik nesnelere de yok edilir. Böylece bu malzemeler aynı zamanda anti bakteriyel etkiye de sahip olurlar. Bu malzemelere nano boyuttaki gümüş partikülleri eklenirse iyi

birer anti bakteriyel ve anti septik malzeme olurlar. Seramik, vitrifiye, boya ve tekstil ürünleri gibi geniş bir yelpazede anti bakteriyel ürünler mevcuttur (Şekil 3. 13).

Bazı nano malzemelerde havayı temizleme fonksiyonu görülmektedir (Şekil 3. 14 ve Şekil 3. 15). İç mekânda perdeler ve halılar mekânın havasını temizlerken, dış mekânda beton ya da parke taşı da çevre kirliliğini azaltır.



Şekil 3. 14 Hava temizleyen perdeler ve kumaşlar



Şekil 3. 15 Hava temizleyen kaldırım taşı (Leydecker [19])

UV ışınlarından koruyan nano malzemeler, cam gibi malzemelere film tabakası olarak kaplanır. UV ışınlarının zararlı etkilerinden koruyan bu malzeme, yapıda daha geniş şeffaf yüzeylerin kullanılmasına olanak sağlar (Leydecker [19]). Şekil 3. 16'da görüldüğü

gibi güneşten gelen ısının miktarına göre camlar koyulaşır ve güneşten koruma durumuna geçer. Bu nano malzeme de ortam koşullarına kendiliğinden uyum sağlayarak bir fonksiyonu kendiliğinden gerçekleştirmiş olur.

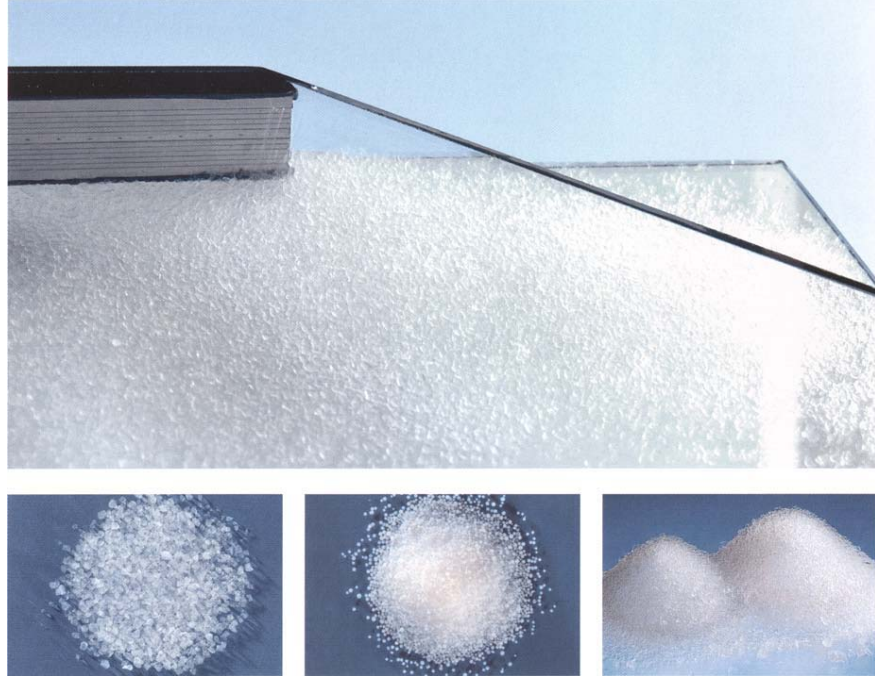


Şekil 3. 16 Güneşten koruyan camlar (Leydecker [19])

Seramik, ahşap, metal gibi malzemelerin yüzeylerine kaplanan çizik karşıtı nano malzemeler oluşan hasarı kendi kendine onarır. “Kendini iyileştiren” (self-healing), özelliği olan bu malzeme, yaşayan bir sistemdeki gibi kendi öz-örgütlenmesi ile hasarı belirler ve onu onarır.

Ahşap ve renkli boyalı yüzeyler UV ışınlarından olumsuz etkilenir. Hem renklerin solmasına hem de malzemenin dayanımının azalmasına neden olur. Bunları önleyen nano malzemeler üretilmiştir. Nano malzeme esas malzemenin üzerinde koruyucu bir tabaka gibi uygulanır, bu nano malzeme UV ışınlarını emer ve bunların alttaki malzemeye ulaşmasını engeller. Başka bir tür malzemede ise, esas malzemenin içine nano boyutta serbest radikaller eklenir. Eklenen bu radikaller reaksiyona girer ve UV ışınlarından zarar gören malzemenin onarılmasını sağlar (Leydecker, 2008). Bu malzeme de çevre koşullarına cevap veren özelliğe sahiptir. Hasarı onarma fonksiyonunu malzeme kendiliğinden gerçekleştirir.





Şekil 3. 17 Şeffaf ısı yalıtım malzemesi: Aerogel

Nano malzemeler yalıtım açısından yüksek performanslar göstermektedir. Örneğin nano ölçekte silikon diyoksitin %95-%99,9 oranındaki hava ile birleşmesi ile “Aerogel” adından bir malzeme üretilmiştir (Leydecker, 2008). Bu malzeme hem yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlarken, şeffaf olmasından dolayı gün ışığını geçirmektedir (Şekil 3.18). Bu nano malzemede makro boyutlarda gerçekleştirilemeyecek bir işlem nano ölçeğin getirdiği avantajla sağlanmıştır.

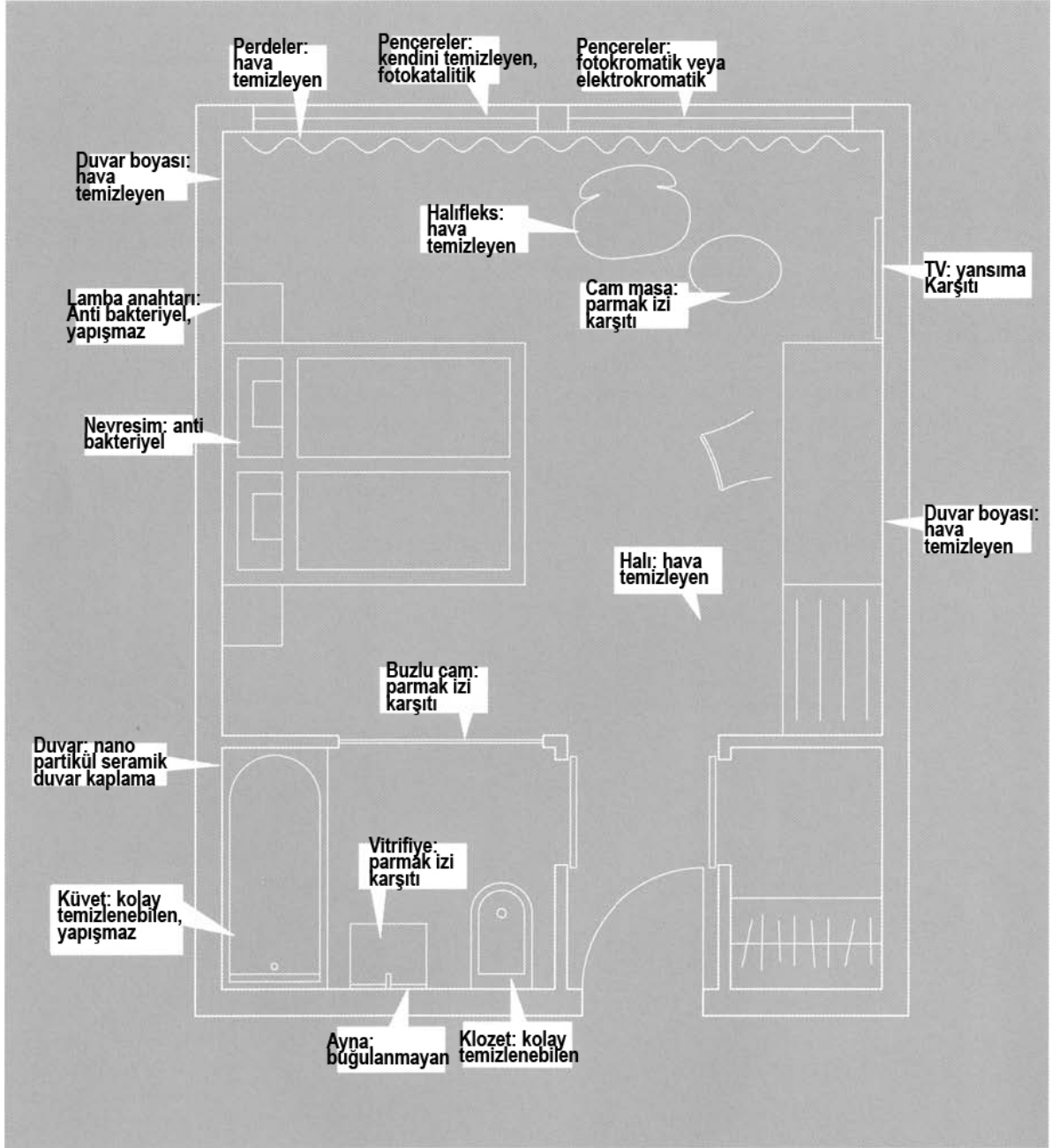


Şekil 3. 18 Şeffaf ısı yalıtım malzemesi: Aerogel – Floransa Hayvanat Bahçesi



Şekil 3. 19 Isı yalıtım malzemesi: VIPs (Leydecker [19])

Bir başka nano yalıtım malzemesi de “VIPs” olarak bilinen vakum yalıtım panelleridir (Şekil 3.17). Bilinen yalıtım malzemelerine göre 10 kat daha yalıtıcıdır ve daha incedir (2-4 mm). Bu malzemede termosun çalışma prensibi örnek alınarak üretilmiştir. İki tabaka arasındaki havanın vakumlanması yöntemini kullanır. Makro dünyada tabakalar ince olduğu için oluşan baskıya dayanmaz. Nano ölçekte ise bu tabakaların dayanımı artmaktadır (Leydecker, 2008). Böylece nano ölçeğin getirdiği olanaklarla gelişmiş malzeme üretimi yapmak mümkün hale gelmektedir.



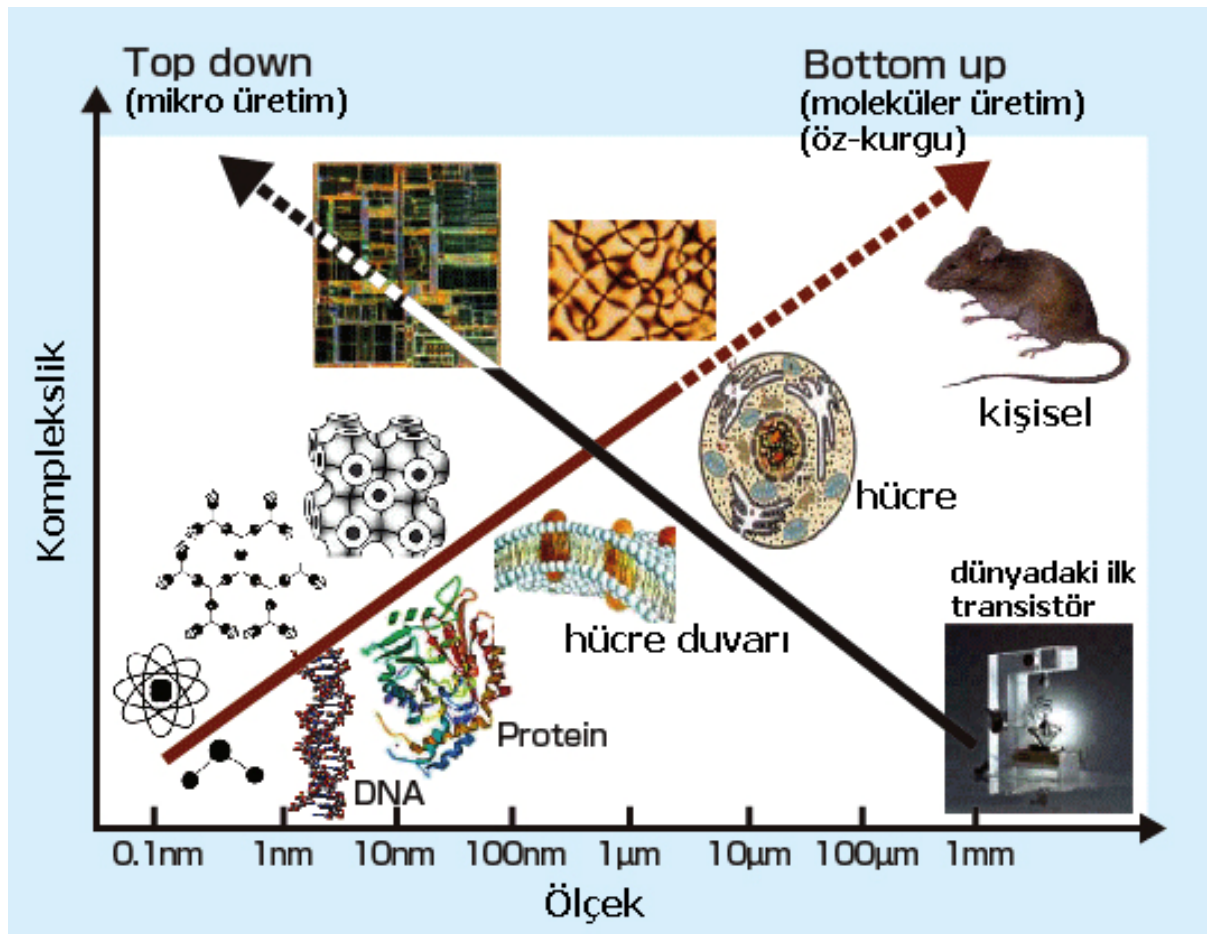
Şekil 3. 20 Bir mekânda kullanılabilecek nano malzemeler (Leydecker [19])

### 3.6 Nano Üretim ve Nano Malzemeler

Nano malzemeler elde edilirken başlıca iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi “aşağıdan yukarıya” (bottom-up) ya da “moleküler üretim” olarak adlandırılan yöntemdir. Bu yöntemde yapıları atomlardan başlayarak inşa etme prensibi esastır. Moleküler boyutta sistemler üreterek daha büyük sistemlerin kontrol edilebilmesi, organik veya inorganik yapıların, maddenin en temel birimi olan atomlardan başlayarak atom ve molekül inşa edilmesi yöntemlerini ifade etmektedir. Bu yaklaşımın bilime en önemli

aleti, taramalı uç mikroskobudur. Karbon nanotüp ve fullerener, bu üretim yöntemiyle üretilen tipik örneklerdir. Karbon nanotüpler, 1991 yılında iletim elektron mikroskobu kullanılarak karbon atomlarının tüp oluşturmak maksadıyla yan yana getirilmesi ile oluşturulmuştur (Özer [25]).

Bu üretim yöntemi ile üretilen malzemelerde öz-örgütlenme ile kendi bilgi yönetimlerini gerçekleştirirler. Üretimleri, onarımları, ortama uyum sağlamaları kendi içsel yönetimi ile gerçekleşir. Yaşayan sistemlere benzer şekilde bazı yaşamsal fonksiyonları gerçekleştirirler.



Şekil 3. 21 Nano Üretim Yöntemleri [63]

İkinci yöntem olan “yukarıdan aşağıya” (top-down) yönteminde ise birtakım aletler, yöntemler kullanılarak nano yapıların elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bilim adamları bu yaklaşım çerçevesinde kaba malzemeyi alıp daha küçük parçalara bölme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Aynı yaklaşım bugün kullanılan bilgisayar çipleri, minik hafıza ve veri depolama birimlerinde ve bilgisayarlarda kullanılan birleştirilmiş elektrik

devrelerinde görülmektedir. Hali hazırda bu yaklaşımın en çok geliştiği alan yarı iletken endüstrisidir. Bu endüstri, hızlı bir şekilde nanometre alt alanlarına girmekte ancak yüksek doğruluklu işlemler yapılabilmesi için pahalı cihazlara gereksinim duymaktadır. Sonuç olarak; yukarıdan aşağıya yaklaşımının nano malzemeler üretmek için oldukça pahalı bir süreç olduğu düşünülmektedir (Özer [25]).

Günümüzde kullanılan malzemelerin çoğunluğu bu yöntemle elde edilir. Mevcut malzemelere nano ölçekte partiküller ya da bileşenler eklenerek gelişmiş özellikte malzemeler üretilir. Bu malzemelerde kısmi yaşamsal fonksiyonlar görülür.

Nano malzemelerde görülen öz-örgütlenme ve öz-kurgu özellikleri aşağıdan yukarıya (moleküler üretim) tekniğinde görülür. Başka bir deyişle doğada canlı bir organizmanın tek bir hücreden çoğalarak büyümesine benzeyen bir üretim sürecidir. Tezde örneklendirilen yaşayan malzemeler, bu üretim yöntemini yani moleküler üretimi kullanarak oluşurlar. Malzemelerde yaşayan bir sistemin özelliklerini barındırırlar: örneğin öz-örgütlenme, öz-kurgu, kendini onarma, ortama adapte olma vb. Böylece bu malzemeler yapının üretim aşamasında içsel örgütlenme ile canlı bir organizma gibi görev yaparlar. Günümüzde bu tür malzemeler halen araştırma aşamasında olsa da, kısmi özellikleri (örneğin kendini onarma ya da öz-kurgu) gerçekleştirebilen malzemeler mevcuttur. Tezde etkileşimli nano yapılarda kullanılan nano malzemeler ise, yukarıdan aşağıya üretim yöntemi ile elde edilen malzemelerdir. Günümüzde mimaride kullanılan malzemeler bu türdendir.

### **3.7 Nanoteknoloji ve Mimarlık İlişkisi**

Nanoteknoloji esasen tasarımla ilgilidir; yapıların, aygıtların ve sistemlerin nanometre ölçeğinde üretildiği tasarım biçimidir. Nanoteknolojiyi bütünüyle anlayabilmek için ona tasarım çerçevesindeki bakmak gerekir. Tasarımın nesnelere olan malzemelerin değişimi beraberinde tasarım sürecinde de değişimlere neden olabilir. Örneğin moleküler olarak üretilen nano malzemelerle üretilen bir yapıda, yapının içindeki fonksiyonlar kadar tasarlanma ve yapım aşamaları da değişikliğe uğrayabilir. Böylece mimarlık pratiği ve anlayışı kökten bir değişim yaşayabilir.

Nano ölçekte tasarım yapmanın teknik karmaşıklığı mimarların tasarım sürecinde diğer bilimlerle koordineli çalışmaları gereğini ortaya çıkarır. Ekip olarak gerçekleştirilen nano yapıların tasarım sürecinde, mimarlar, endüstri ürünleri tasarımcıları ve diğer tasarımcılar malzeme kompozisyonları hakkındaki bilgilerini geliştirmek durumunda kalabilirler.

Nano malzemeleri kullanan tasarımcılar daha önce hiç karşılaşmadıkları özelliklerle karşılaşılır: akıllılık ve büyüme. Nano malzemelerin bir diğer karakteristik özelliği biyolojik (yaşayan) bileşenlere sahip olmaları ve dolayısıyla büyümeyi gerçekleştirebilmeleridir. Tıpta kullanılan biyo malzemeler gibi, nano malzemeler canlı organizmaya benzer fonksiyonlar gösteririr. Bu organik malzemeleri kullanan tasarımcılar için yeni anlayışlar ve olanaklar ortaya çıkabilir.

Yaşayan malzemelerle tasarım yapmak tasarımcılar için yeni bir deneyim olabilir. Ayrıca malzemelerde yalnızca büyüme özelliği değil, aynı zamanda çevresiyle etkileşim içinde de olma özellikleri görülebilir. Nanoteknoloji, tasarımcıları akıllı ve büyüyen malzemeler kullanmaya yönelttiği için tasarım metotlarını dönüştürme potansiyelini barındırır. Tasarımcıların ağlar arasında iletişim kurarak malzemedan çok sürece önem vermeye başlayacakları yeni bir dönemin başlayabilir.

Moleküler nano malzeme üretiminde tasarım kod yazarak yapılır. Nanoteknolojinin isim babası fizikçi K. Eric Drexler moleküler yapıların tasarımının simülasyonunu geliştirmiştir. Buna göre Drexler; “Yapay DNA ya da kodlama aygıtları malzemeyi oluşturma amacıyla insanların hizmetinde kullanılabilir ve geliştirilebilir. Herhangi Bir ürünün tasarlanması için moleküler yapıların içinde çeşitli yapılmış kimyasal atomlar seçilir, belirli bir paterne göre kurulur ve kendilerini çoğaltma için programlanır” (Johansen [26]) diyerek, moleküler üretimle tasarımın yöntemine değinmiştir.

### NANO YAPILAR

Nano yapı, nano malzemelerin kısmen ya da bütünde kullanıldığı, etkileşimli, akıllı ve ortama adapte olan yapılardır. Bu bölümde nano yapılar, etkileşimli nano yapılar ve yaşayan nano yapılar adı altında iki kategoride incelenecektir. Etkileşimli nano yapılarda yukarıdan aşağıya yöntemiyle üretilen nano malzemeler kullanılmıştır. Yaşayan nano yapılarda ise moleküler üretimle üretilen nano malzemeler kullanılmıştır. Bu bölümde nano malzemelerin yapıda kullanımı örneklenmiş, nano malzemeler ile yapıda meydana gelen değişimler ortaya konmuştur.

#### 4.1 Etkileşimli Nano Yapılar

Etkileşimli nano yapılarda yapı strüktürü geleneksel yapım yöntemiyle oluşturulur. Yapının çeşitli bölümlerinde etkileşimli, kendi öz-örgütlenmesi ile çalışan, çeşitli fonksiyonları gerçekleştiren nano malzemeler kullanılır. Bu bölümde incelenen üç projenin üretimi gerçekleşmemiştir ama önerilen malzemeler itibarıyla üretilmesi mümkün olan tasarımlardır. Kullanılan nano malzemelerin yapıda yaratacağı değişiklikler ortaya konmaktadır.

##### 4.1.1 Depreme Dayanıklı Konut

Leeds Üniversitesi ve Nano Üretim Enstitüsü (NMI), depreme dayanıklı konut projesi geliştirmiştir. Yapıda kendini onaran özelliğe sahip bir nano polimer malzeme kullanılır. Bu malzeme yapı duvarlarında kullanılan alçı malzemesine eklenerek uygulanır. Deprem anında konut duvarları baskı yaptığında malzeme kırılır, sonrasında sıvı faza geçer ve çatlakların arasına dolar. Böylece malzeme bütünleşerek katı form tekrar



oluşur [27]. Nano malzeme deprem etkisinde kırıldıktan sonra, sıvılaşıp katılaşması özelliklerini “kendini onarma” özelliği sayesinde gerçekleştirebilmektedir. Bu işlemleri dışarıdan bir müdahale olmadan yapabilmektedir.

Yapı duvarlarında yapı ile ilgili birçok veriyi gösteren monitörler bulunur. Kablosuz ağ sensörleri ve radyo frekans alıcıları ile birlikte sarsıntı, gerilim, sıcaklık, nem ve gaz seviyesini ölçerler. Duvarlar yük taşıyan çelik iskeletler ve yüksek dayanımlı alçı panolardan oluşur. Deprem ile ilgili bir uyarı geldiğinde kullanıcıların kaçmaya zamanları olacaktır [27], [28]. NMI'nin başkanı uzman Prof. Terry Wilkins'e göre; depreme dayanıklı konutlar grup halinde inşa edilirse, daha geniş bir sensörler ağı kurulabilir ve daha fazla veri elde edilebilir. Deprem sırasında yıkılan yapı olduğunda kaybolan sensörlerin bulunması ve yıkım anına ait datanın elde edilmesi mümkün görünmektedir [28].

Yapı malzeme kullanımı açısından benzersizdir. Deprem etkisine adapte olabilecek ve olası sarsıntılarda faz değiştirip tekrar yapıyı ayakta tutabilecek bir nano malzeme ile cevap vermektedir. Ayrıca yapı sensörler ağı ile donatılarak, deprem riskini haber verme özelliğine de sahiptir. Böylece yapı hem malzeme kullanımı hem de yapı enformasyon sistemleri ile ortam koşullarına uyum sağlamaktadır.

Yapı malzeme ilişkisi düşünüldüğünde, dış etmenlere tepki verip, faz değiştiren daha sonra öz-örgütlenmesi ile malzeme tedarikini yaparak çatlakları dolduran bir sistem görülmektedir. Malzeme yapıda deprem anında ayakta kalma fonksiyonunu yerine getirmektedir. Yapı bünyesindeki nano malzemenin yardımıyla belirli bir fonksiyonu dışarıdan bir yönlendirme olmadan yerine getirebilmekte ve bu fonksiyonu ile geleneksel yapıdan ayrılmaktadır.

#### **4.1.2 Jetson Green Kule**

Projede kule yapısına nano malzemedan bir kabuk tasarlanmıştır. Tasarımı Agustín Otegui'ye ait olan yapıda, kabuk rüzgâr ve gün ışığından enerji üreten nano tribünlere sahip bir nano malzemedan oluşmaktadır. Nano Vent Skin” (NVS) adıyla anılan malzeme organik fotovoltaik kullanarak güneş ışınlarını ve nano rüzgâr tribünler



kullanarak rüzgârı yakalama özelliğine sahiptir. Ayrıca malzemenin organik yapısı duvarların havadan CO<sub>2</sub> kapmasını sağlar [29], [30].

Tasarımcı Otegui; organik kabuk için; “Bu büyük tribünleri inşa etmektense, neden onları daha küçük bir ölçekte düşünüp var olan yapılarda kullanmıyoruz diye düşündüm” demektedir. Otegui, nanotüpleri kullanmayı düşünmüş ve MIT nano üretim araştırma merkezine başvurmuş [31].



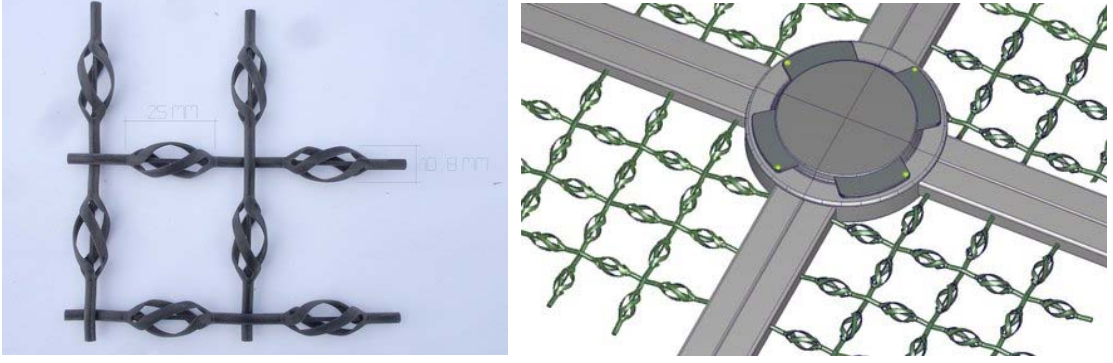
Şekil 4. 1 Jetson Green'in dış görünümü [29]

NVS'nin çalışma yöntemi;

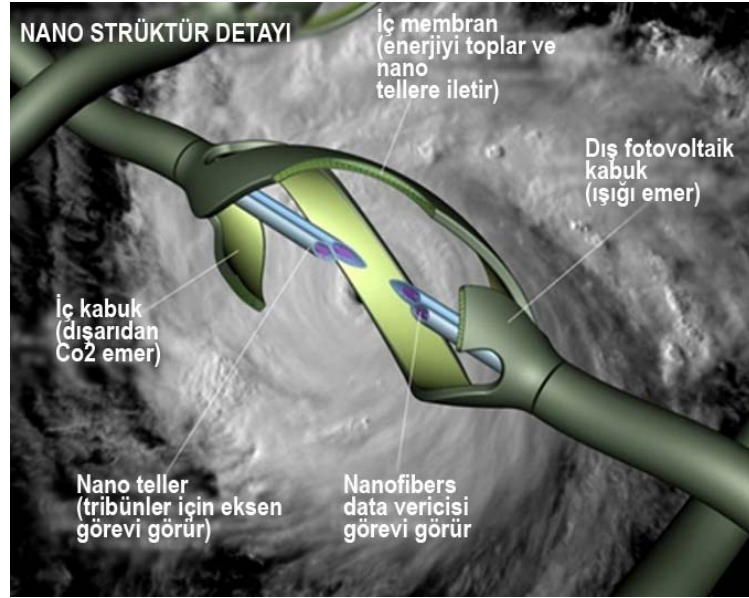
Yapının dış kabuğu, organik fotovoltaik bir kaplama aracılığıyla gün ışığını absorbe eder ve nano tellerin içindeki nano fiberlere transfer eder. Sonrasında bu fiberler, güneş ışınlarını her panelin sonundaki depo ünitelerine gönderirler. Paneldeki her tribün kimyasal reaksiyon ile enerji üretir. Polarize organizmalar ile her tribünün dönmesi sağlanır ve sürecin işlemesi sağlanır. Her tribünün iç kaplaması çevreden CO<sub>2</sub> emerek filtre görevi görür [29].

NVS panellerde sensörler bulunur. Nano tribünlerden biri arıza yaparsa ya da çalışmazsa sinyal nano teller yardımıyla merkezi sisteme iletilir. Mesaj merkezi sisteme

iletildiğinde, yapı malzemesi merkezi tüp yardımıyla gönderilir. Böylece hasarlı bölge öz-kurgu ile yeniden üretilerek onarımı sağlanmış olur [29].



Şekil 4. 2 Nano Tribünler [29]



Şekil 4. 3 Nano tribünlerin nano strüktür detayı [30]

Bu projede tasarım nano ölçekte düşünülerek geliştirilmiştir. Tasarımcı malzeme tasarımını disiplinler arası işbirliği ile gerçekleştirmiştir. Geleneksel bir yapıya nano malzemeden bir kabuk tasarlanarak yapının sürdürülebilir olması sağlanmış; enerji üretimi ve havayı temizleme fonksiyonu gerçekleştirilmiştir. Malzeme yapıda fonksiyonları gerçekleştirirken, kendi öz-örgütlenmesi ve öz-kurgusu ile dışarıdan bir müdahale olmadan yaşamını sürdürebilmektedir.



Şekil 4. 4 Jetson Green Kule [30]



Şekil 4. 5 Jetson Green Kule - iç mekândan görünüm [30]



Şekil 4. 6 NVS'nin başka bir yapının kabuğunda ve otoyol tüneline kullanımı [30]



#### 4.1.3 Nano Ev



Şekil 4. 7 Nano Ev [81]

Nano Ev, Avustralya Araştırma Konseyi'nin nanoteknoloji araştırmaları kapsamında ürettiği bir projedir. Nano Ev, 2002 yılında mimar James Muir'in katkılarıyla, Nano Ölçek Teknolojileri Enstitüsü'nden Carl Masens tarafından tasarlandı. Projenin amacı, günümüzde mimaride kullanılan nano malzemelerin neler olduğunu ve nasıl çalıştıklarını göstermektir. Örneğin pencerelerin kendini nasıl temizlediği ya da ahşap kaplamaların UV ışınlarının verdiği zararı nasıl onardığı yapı üzerinde örneklendirilebilir [32].



Şekil 4. 8 Nano Ev cepheden görünüm [81]

Günümüzde yapıda hali hazırda kullanılan birçok nano malzeme bulunmaktadır. Camların UV ışınlarına duyarlı hale gelmesi yapıda daha fazla şeffaf cidarın kullanılmasına olanak sağlar. UV ışınlarından ve kirlilikten etkilenmeyen boya ve kaplamalar da yapıda onarım masrafını azaltır. Nano Ev’de tüm bu malzemeler ve yapıya etkisi test edilir ve yeni malzeme tasarımlarına ilham olur. Projede mimar ve mühendisler işbirliği içersinde çalışırlar. Böylece tasarım ve bilimin etkileşim içinde olduğu bir ortam yaratılmış olur. Geleneksel yapım yöntemiyle yapılan bir yapıda nano malzemelerin kullanımı ile yapıda yeni fonksiyonlar görülür.

## **4.2 Yaşayan Nano Yapılar**

Yaşayan nano yapı, moleküler olarak (MNT) nano malzemedan üretilen yapılardır. Yapının tasarımı kod yazılarak yapılır. Bu kod doğrultusunda malzemeler kendi öz-örgütlenmesi ve öz-kurgusu ile üretilir. Yapı ortam koşullarına ve kullanıcı isteklerine göre alternatif biçimlerde üretilebilir. Yapı tüm özellikleri ile yaşayan bir sistem gibi çalışır.

Bu bölümde incelenen dört proje konsept projelerdir. Moleküler üretimle malzeme üretimi mümkün olsa da, yapının tamamının bu yöntemle üretimi günümüzde hala teori aşamasındadır. Bu projeleri incelemenin önemi, nanoteknolojinin yapı, malzeme, mimari anlayış, tasarım yöntemi, üretim süreci ve mimarın rolünde yaratabileceği değişimleri göz önüne sermektir. Bu projelerde yapı yaşayan bir sisteme benzer biçimde davranır ve bu özellik mimarlık için önemli potansiyellere işaret eder.

### **4.2.1 Moleküler Üretilen Ev**

Bu proje mimar John M. Johansen tarafından tasarlanmıştır. Projede yapının moleküler üretilmesi modelini örneklendirmek amaçlanmıştır. Yapı canlı bir organizmanın büyümesine benzer biçimde üretilir. Yapının 9 günlük üretim aşamaları şöyle sıralanır:

1.Gün: Montaj fiçilerinin yerleştirileceği alan hafredilir.

2.Gün: Seçilen kimyasallar ve sıvı haldeki yığın malzemeler boyunca fiçiler araziye dağıtılır. Çeşitli malzemeler fiçilerin içine pompalanır.

3.Gün: Mimarın tasarımından kod yazılır. Bı kod daha sonra teknik olarak ve moleküler olarak modellenir ve fiçinin içine yerleştirilir. Bu kod önceden var olan çizimler, şartname ve proje yönetimi stratejilerinin hepsini içerir Johansen [26]).

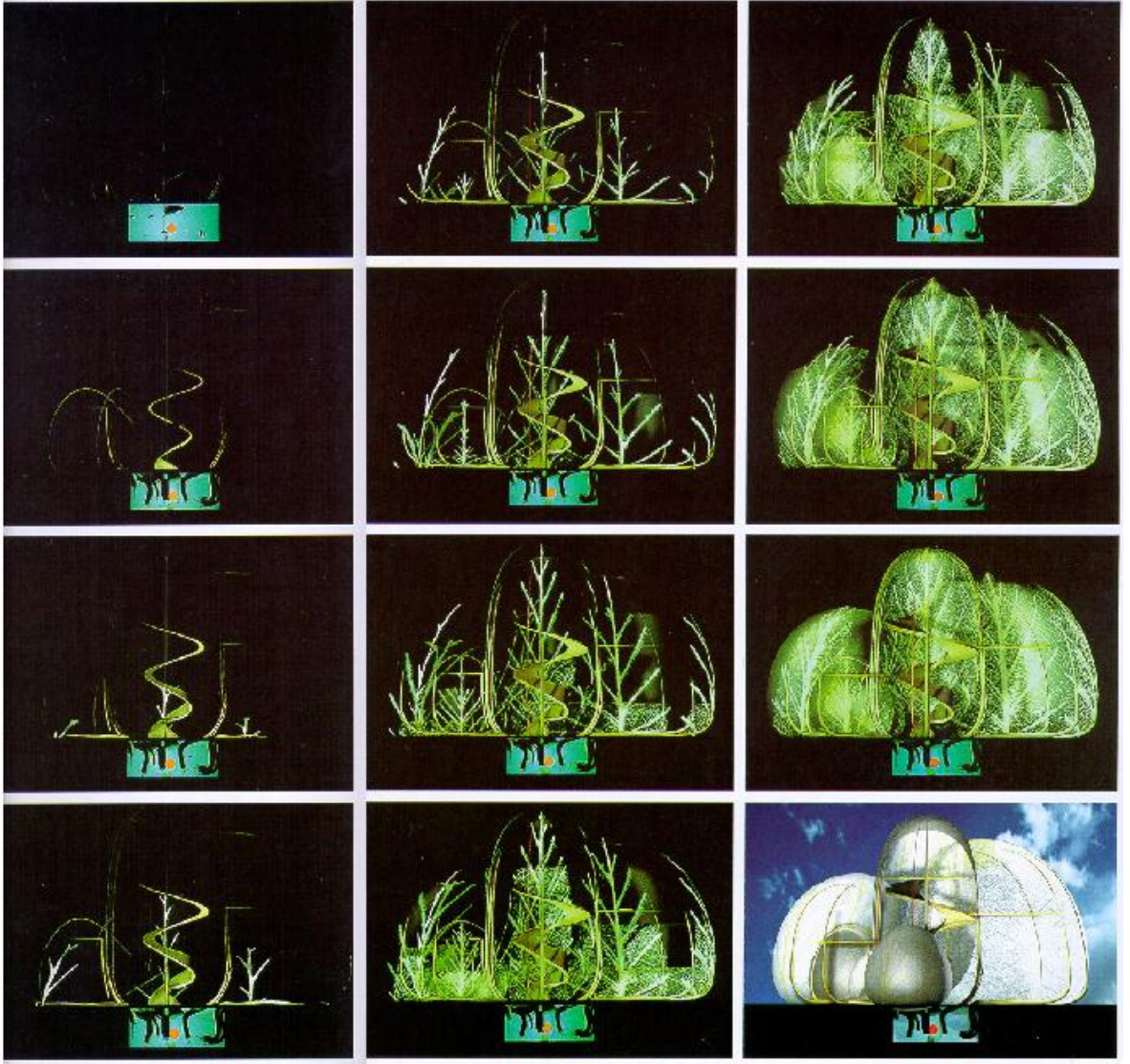
4.Gün: Kanallı sistem biçimindeki moleküler büyüme başlar. Büyüme köklerin kimyasal kompozitten çıkmasıyla başlamış olur. Kökler, ıslah edilen fasulye benzeri oluşumlardan çıkarak toprak seviyesine ulaşır. Kökler burada yapının sınırlarını oluşturacak şekilde uzarlar, üst yapıya destek için ise yukarıya doğru kıvrılarak uzarlar. Çapraz kirişler ıslah edilmiş fasulye benzeri oluşuma bağlanır ve zemin kat platformu oluşur.

5.Gün: Üst yapının çaprazları, dış ve iç dikey kirişlerin gelişimi ile başlar. Kirişlerin tamamının birleşimi olan “ızgara” gelişmeye başlar. Izgaralar çeşitli yoğunlukta dırlar ve baskı koşullarını karşılamak için programlanmışlardır. Örneğin daha az yoğun olan yerlerde kapı açıklıkları belirir. Membranlar, iç mekân bölümlerini koruyucu bir tabaka halinde kuşatır. Bir sinirsel ağ, iletimlerle komünikasyon kurar, kanalsal sistemlerle bağlantı kurar ve operasyona başlar.

6.Gün: Strüktürel kirişlerle desteklenen daha yüksekteki platformlara, filizlenen merkezi bir merdivenle erişilebilir. Membran molekülleri kırılmaz bir “dokuma” yaratırlar. Membranlar açıklıkları iki molekülün aktivastonu ile oluşturur:

1. Membranlar bir manuel selektörle moleküllerin boşalmasını ve açıklıkları şekillendirmeye yarayan elektrikle doldurulur.
2. Diğer moleküller, açık kenarda kas olarak görev yapar, dış membranın ayrılması için onu esnetip, çekerler. Böylece eve girilir (Johansen [26]).

7.Gün: İlk seferinde, mekânın bir küçük ev için heybetli olduğunu deneyimlenir. Eterik lambalar, şeffaf membranda yanar. Küçük bir sinyal ile membranlar şeffaftan mata doğru herhangi bir bölgede ya da zamanda değişebilir. Ev “kendine yeten” özelliktedir. Herhangi bir kamu hizmetine ihtiyacı yoktur. Güneş gücü ısıtma, soğutma, çöplerin geri dönüşümü ve su arıtma işlemlerinde kullanılır. Fıçı ve kanalsal sistem, evin büyümesi için hayatidir. Bunlar kalırlar, onarım ya da yer değiştirme durumunda ek malzemeleri taşırlar.



Şekil 4. 9 Moleküler Üretilen Ev'in üretim safhaları (Johansen [26])

İç mekânda bulunan son bitiş elemanları büyür. “Beden desteği” olarak bilinen koltuklar, sandalyeler, masalar ve yataklar döşemeden yukarıya, duvar kirişlerinden dışarıya doğru fırlarlar ve arkat şeklinde olan kubbeden asılırlar (mobilyalar, strüktürün uzantısı halindedirler). Döşeme, biçimlenebilen topografik halı, esnek, moleküler ve gözeneklidir. Bu özelliklerle yapı her çeşit konfor ya da dokunsal deneyime cevap verir (Johansen [26]).

8.Gün: Sonraki gün evi daha samimi yapabilmek amaçlanır. Bir ışık modülatörü gibi, membran çevrenin her durumuna göre değişir (bulutlu, rengârenk, örümcek ağımsı, yanardöner ve mat). Böylece organik ve koruyucu bir koza yaratılmış olur.



Şekil 4.10 Moleküler Üretilen Ev (Johansen [26])

9.Gün: Moleküler büyümeden 6 gün sonra taşınılır. Ev kullanıcının değişen ihtiyaçlarını algılar; yaşama mekânını küçük bir çalışma alanı için genişletmek, ebeveyn yatak odasını yeniden bölümlendirmek, mobilyaları yeniden düzenlemek ya da tasarlamak ve tekerlekleri yeni bir araziye sürmek. Bu türdeki değişiklikler, moleküler mühendisliğin esnekliğini kanıtlar.

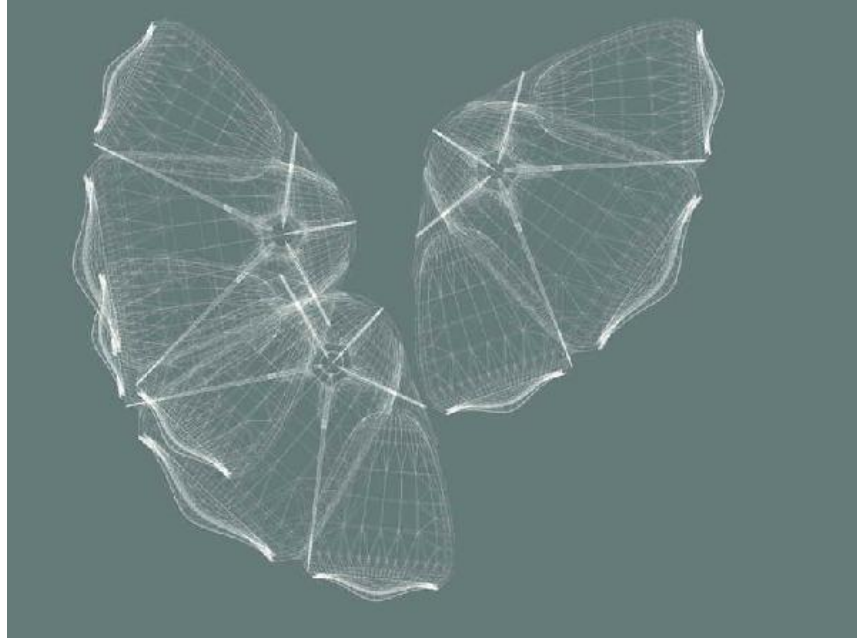
Gelecek yıllarda, örneğin ev için bir alıcı bulunmazsa ev kendi kendini yıkar. Gelecekte yapılacak binalar için, yapı büyüme uygulamaları geri dönüştürülecektir (Johansen, 2002).

Yapı, moleküler üretim yöntemiyle bir yapının nasıl tasarlanabileceğini örneklendirir. Yapı öz-kurgu ile kendini üretir, yönetir, ortama adapte olur, büyür, ölür. Bir canlının yaşam fonksiyonlarını benzer özellikler gösterir. Böylece kolayca kişisel özelliklere göre adapte olabilen, istenilen özelliklerin bir kod yardımıyla tasarlandığı, daha zengin ve pratik bir tasarım ve üretim süreci ortaya çıkar.



Yapıda malzemenin yapının tasarım ve üretim sürecini kökten değiştirebildiği, malzemenin etkisiyle yapının durağan değil yaşayan bir organizma gibi kendi fonksiyonlarını kendisinin karşılayabildiği görülür. Yapı daha otonom, üretimi kolay, kişiselleştirme seçenekleri sunan, daha gelişmiş özelliklere bürünür.

#### 4.2.2 Çok Katlı Apartman



Şekil 4. 11 Çok Katlı Apartman [33]

Bu proje mimar John M. Johansen, Marcel de Winter ve Dan Stoica tarafından tasarlanmıştır. Yapı moleküler üretim yöntemiyle üretilir, “Moleküler Üretilen Ev” gibi yine aşama aşama büyümesi ve aynı şekilde üretimi gerçekleşir, ancak kodlama stratejileri daha karmaşıktır. Arazideki fiçilerde kök, sap, dal, platform, ızgara, membran ve açıklıklar oluşur. Işık kontrolü, kendini temizleme, onarım ve yıkım sistemleri ortaya çıkar (Johansen [26]).

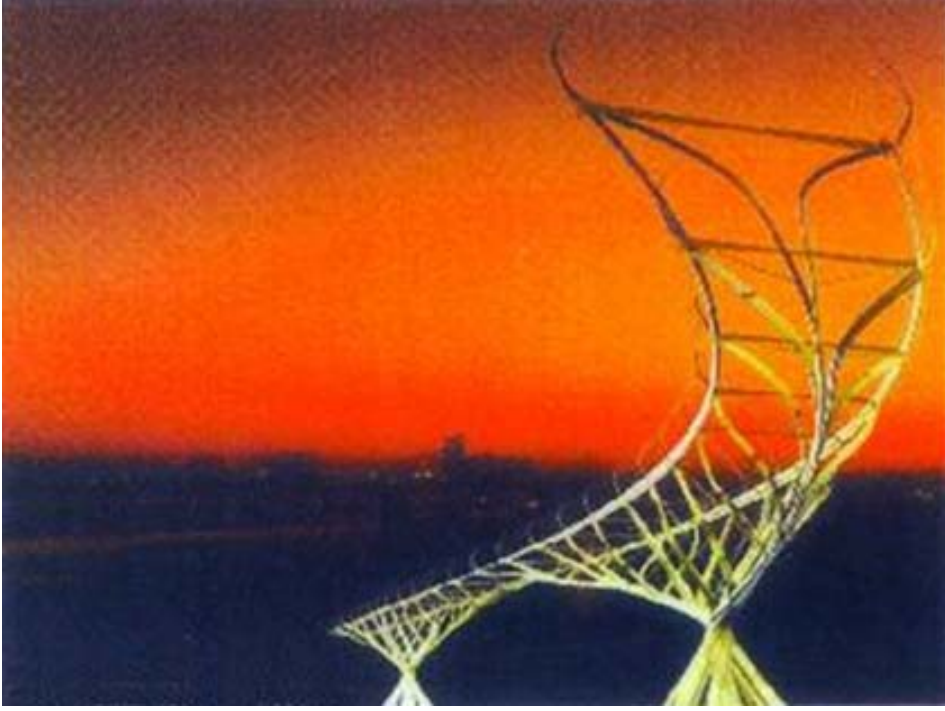
Bu büyüklükteki bir strüktür (apartman) kolonlarla desteklenmiş daha geniş bir zemine ihtiyaç duyar. Başka bir deyişle çok sayıda fiçi birbirine monte edilir ve arazide birlikte doldurulur. Bunların her biri sap demetiyle beslenir, her biri ayrı kodla ya da aynı kodla ama birbiriyle koordineli olarak oluşturulur.



Şekil 4. 12 Çok Katlı Apartman'ın üretim safhaları [33]

Bu yapının özelliği tek konut üretimi değil, değişebilen özelliklere sahip farklı konutların birlikte ya da ayrı zamanlarda üretiminin gerçekleşmesidir. Burada konutlar arasında üretim aşamasındaki koordinasyon önem taşır. Diğer özellikleri de “Moleküler Üretilen Ev” ile benzerlik gösterir. Yapının üretimi ve işleyişi esnasında yapı yaşayan bir sisteme benzer şekilde davranır. Büyür, ortama uyum sağlar, kullanıcı isteklerine cevap verir, kendi yıkımını gerçekleştirir, geri dönüşümlü malzemelerle çevreye duyarlı davranır.

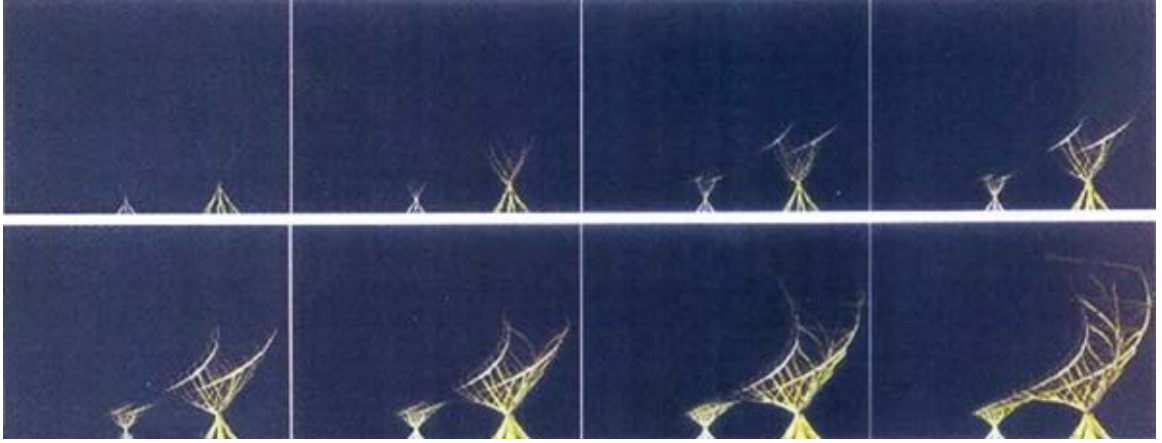
### 4.2.3 Filizlenen Köprü



Şekil 4. 13 Filizlenen Köprü [33]

Proje 2002 yılında mimar John M. Johansen ve Mohamad Alkayer tarafından tasarlanmıştır. Büyük strüktürlerin moleküler nanoteknoloji ile üretimini göstermek için köprü iyi bir örnek oluşturur. Çok sayıda büyük ve ustaca tasarlanan köprü türleri için iki gövdeli konsol köprü türü, her iki gövdenin denge içinde büyümesi için uygundur. Konsol köprü, ağır kablolardan değil, bütünleşmiş desteklerden oluşan, uzayıp giden bir kuşaktan meydana gelir. Gövdeden kendi kendine uzayan dallar şeklinde olup, dayanım-yük oranı korunarak enine ve boyuna büyür.

“Dallar” ya da başka deyişle “filizler”, asma bitkisine benzer biçimde gövdelerden birinden büyür ve bunlar birbirine yaklaşır. Gövdeler aynı seviyede olur, aşılana bitkilerin kadmiyum tabakalarının yaptığı gibi birlikte kaynaşarak büyürler. İki ayak arasındaki doğru hizayı sağlamak için havacılıkta kullanılan elektronik cihazlardan esinlenilmiştir [33].



Şekil-4. 14 Filizlenen Köprü'nün üretim safhaları [33]

Böyle bir köprüye ek bir özellik olarak, “deformasyonun değişken bir biçimde kontrolü” de sağlanır. Köprüde bütün strüktür boyunca, bütün elemanların değişen kuvvetleri uyum sağlaması, moleküler nanoteknoloji biçimlenmesi (morphability) olarak uygulanır. Bu köprü'nün taşıma sistemi “gergili bütünsellik” olarak adlandırılır ve doğada da örnekleri bulunur. Örneğin, canlı bir hücrenin lifleri ile askıda olması gibi [33].

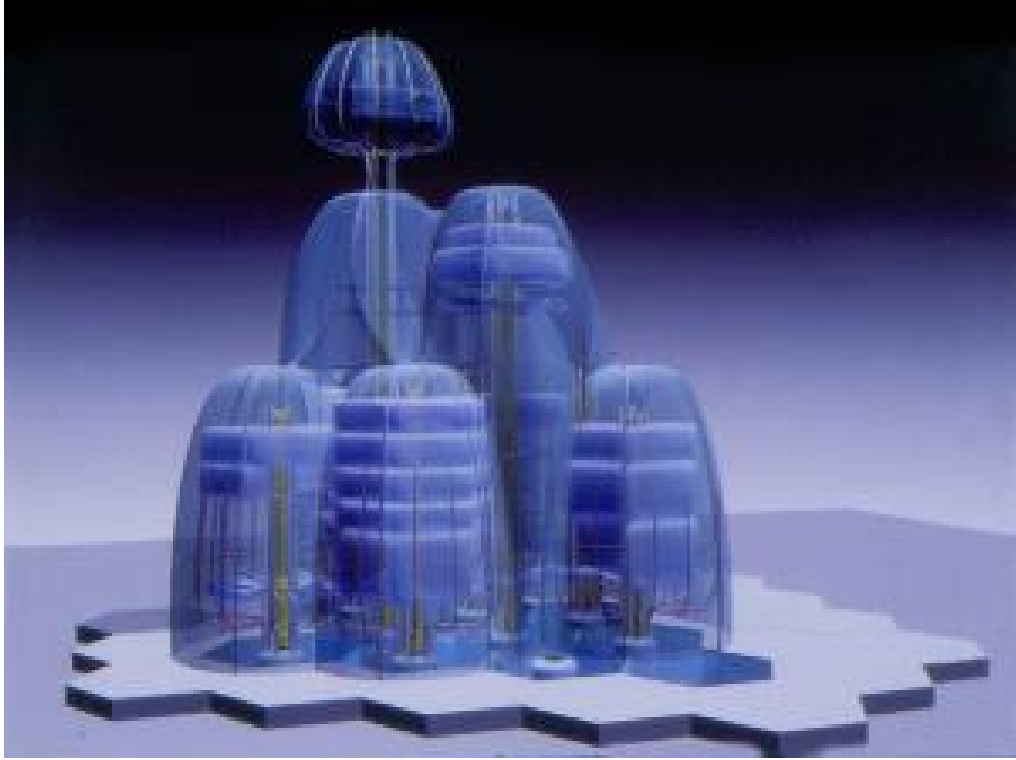
Bu yapıda doğadaki asma bitkisinin büyüme biçimi ve yük dağılımı örnek alınmıştır. Bu çerçevede yazılan kod ile, nano yapı canlı bir organizma gibi büyümüştür. Yapı üretildikten sonra değişken yüklere cevap vermesi ile çevre koşullarına uyum sağlama fonksiyonunu gerçekleştirmiş olur.

#### 4.2.4 Biçimlenen Müze

Bu proje John M. Johansen ve Mathew Hilyard tarafında 2004 yılında tasarlanmıştır. Müze yapısı, değişen sergi aktiviteleri için karmaşık yerleşim elemanlarına, deponun programlanmasına, nakliye ve sergi olanağına, ziyaretçilerin sirkülasyonunu düzenlenmesine, ikincil kamu fonksiyonlarının sağlanmasına gereksinim duyar [33].

Bu nedenden dolayı yapının formunun değişmesi yani “biçimlenme”(morphability) olgusundan faydalanılabilir. Bu müze, özel kodlama ile “büyüme merkezleri”nin geliştirilmesiyle tasarlanır, kimyasal ile doldurulmuş fiçılardan moleküller çekilerek kolonlar oluşturulur. Kat seviyeleri, yaprak ya da taçyaprağı gibi altı yönde dışa doğru

büyüyen platformlar şeklinde programlanır ya da sergileme gereksinimlerine göre bunlar geri çekilebilir [33].

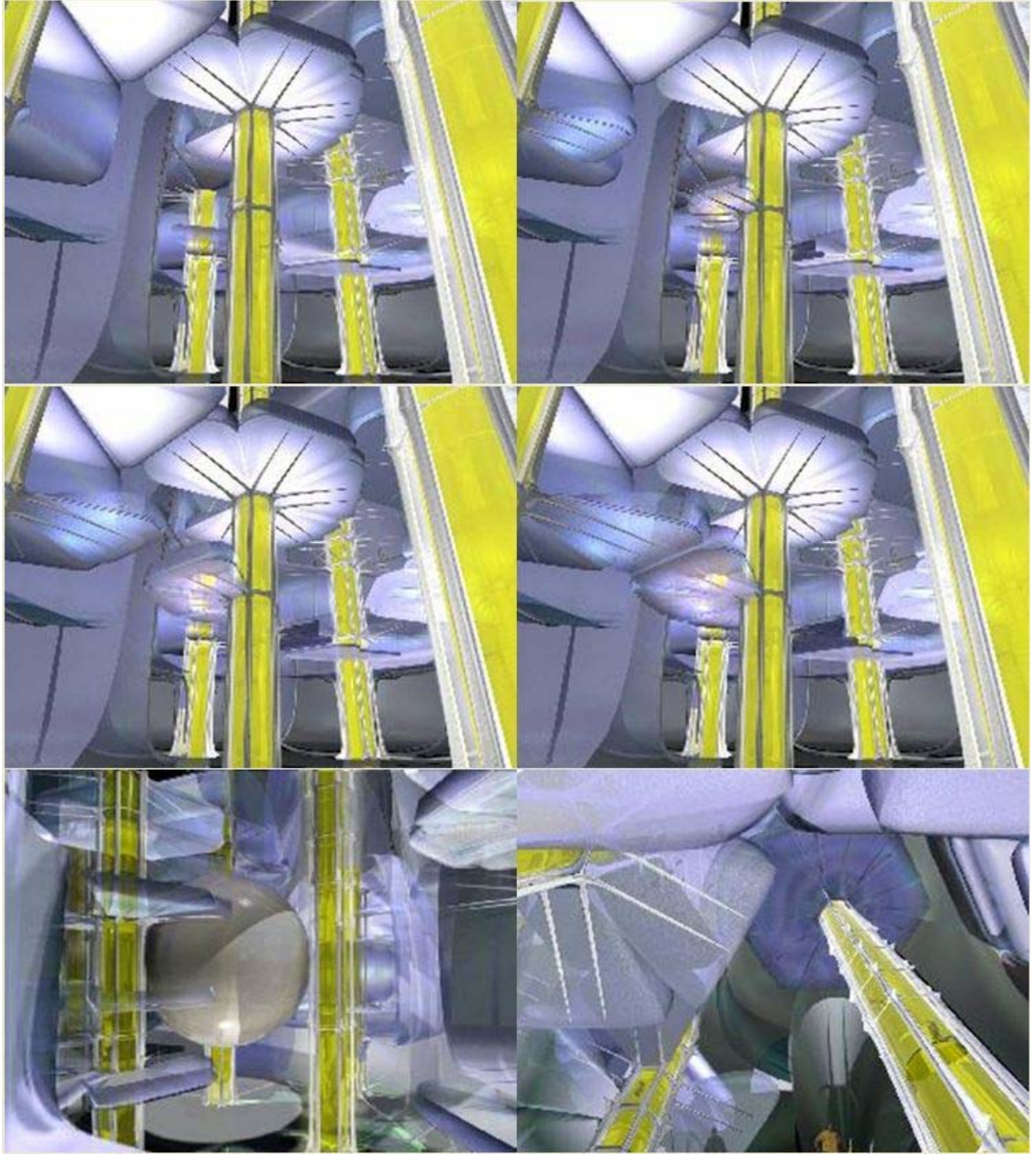


Şekil 4. 15 Biçimlenen Müze'nin dış görünümü [33]

Büyüme merkezleri ve zemin taç yaprakları hegzagonal geometriye sahiptir. Bu da bir taçyaprağın herhangi bir bitişik büyüme merkeziyle karşılaşması ve zeminlerin sürekli olacak şekilde birleşmesini sağlar. Ayrıca kapsamlı sergiler için birçok büyük ve küçük mekânın birleşmesini ya da multi-medya gösterimleri için oditoryumun eklenmesini sağlar. Bütün müze bölümleri şeffaf bir membranla birbirine bağlanır [33].

Asansörler, sergi malzemelerini ve ziyaretçileri dikey olarak yükseltebilirler. Devamlı olarak değişen strüktür ve mekânın dinamiği, günümüzde benzeri görülmeyen bir deneyimi gerçekleştirme imkânı sağlar [33]





Şekil 4. 16 Biçimlenen Müze'nin üretim safhaları [33]

Bu yapı da değişen gereksinimlere uyum sağlamak amacıyla yaşayan bir organizma gibi adaptasyon gösterir. Taç yaprakları şeklindeki döşemeler birleşir mekan genişler, oditoryum vb. mekanlar eklenir, depo büyür ya da küçülür, oluşan yeni mekanlara göre sirkülasyon alanları yeniden düzenlenir. Yapı gereksinimler doğrultusunda değişime uğrar ve yaşayan bir organizma gibi kendi içsel örgütlenmesi ile bütün gereklilikleri yerine getirir. Yapı değişiklik istenildiğinde onarıma giren sabit bir öge değil, öz-örgütlenmesi ile değişebilen dinamik bir yapıya bürünür.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1 Değerlendirmeler

##### 5.1.1 Etkileşimli Nano Yapılar

Geleneksel yapım yöntemi ile üretilip bünyesinde nano malzemelerin kullanıldığı etkileşimli nano yapılarda, malzemenin rolünün değişime uğradığı görülmüştür. Malzeme geleneksel yapıda yüzey oluşturuucu, taşıyıcı ya da görsel öge rolünde iken etkileşimli nano yapılarda belirli fonksiyonları yerine getiren eleman haline geldiği görülmüştür. Örneğin “Depreme Dayanıklı Konut”ta malzeme faz değiştirerek deprem sırasında ayakta kalmayı sağlamaktır. Nano malzeme, kendi içsel mantığı olan, ortama adapte olan, belirli bir fonksiyonu yerine getiren, kendini onaran ve kendi bilgi yönetimini gerçekleştiren daha aktif, canlı organizmalara benzer fonksiyonlar sergileyen elemana dönüşmüştür. Burada yaşayan özelliklere sahip bir nano malzeme kullanıldığında yapı da yaşamsal fonksiyonlar sergiler. Böylece etkileşimli nano yapılarda, dışarıdan bir yönlendirme olmadan bir fonksiyonun gerçekleşmesi, ortama veya kullanıcıya adaptasyon gibi özellikler bulunmaktadır.

Etkileşimli nano yapılarda enerji tasarrufu sağlayan malzemelerin kullanılması önemli bir avantajdır. Kendi öz-örgütlenmesi olan malzemelerin kendi kendini onarması ile birlikte yapıda onarım masrafları da azalmış olur.

Tezde etkileşimli nano yapıların nano malzemenin katkısıyla, daha gelişmiş özelliklere ve fonksiyonlara sahip oldukları ve yapıda yaşamsal fonksiyonların kullanıcı ve tasarımcı adına avantajlar sunabileceği görülmüştür. Geleneksel yapım yöntemiyle yapılan yapılarda bir bölümde bile nano malzeme kullanılması durumunda, tasarımın

nano ölçeğe inebildiği ve mimarın malzeme tasarımında söz sahibi olabileceği gözlemlenmiştir.

### **5.1.2 Yaşayan Nano Yapılar**

Moleküler üretim ile üretilen yaşayan nano yapılarda, geleneksel yapı tasarımı ve üretiminden yöntem ve anlayış olarak büyük farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Tasarım nano ölçekte düşünmeyi gerektirir. Mimari çizimlerin yerini kodlar tutmaktadır. Kodlar her çeşit değişime uyumlu olarak yazılır. Mimarın tasarımcı kimliğinin yanında yazılımcı olması ve nanoteknoloji ile ilgili bilgi sahibi olması gerektiği görülmüştür.

Yapının üretim sürecinin geleneksel yöntemlerden oldukça farklılaştığı görülmüştür. Yapı tek atomdan bir bütün oluşturma süreci şeklindedir. Bu süreç canlı bir organizmadaki büyüme sürecine benzer. Yapı öz-örgütlenme, öz-kurgu, otonomi, büyüme, gelişme gibi yaşayan sistemlerin özellikleri sayesinde üretilir. Ayrıca üretimin çok kısa bir sürede (günler ya da haftalar şeklinde) gerçekleştiği görülmüştür.

Yapı üretimi boyunca ve üretiminden sonra da kullanıcı isteklerine uyumludur. Kullanım sırasında hasarlar onarılır, atıklar atılır. Yapı dışarıdan bir müdahale olmadan, yaşayan bir sistem gibi (canlı bir organizma gibi) kendi gereksinimlerini karşılamakta, üstelik alternatifler de sunabilmektedir.

Tezde örneklendirilen nano yapılarda sadece konut projelerinde değil, müze, köprü gibi yapılarda yer alan yaşamsal fonksiyonlar ortaya konmuştur. Müze yapısında, değişen gereksinimlere göre hacimlerin daralıp genişlemesi ya da yeni düzenlemelerin yapılmasının yaşamsal fonksiyonlar sayesinde gerçekleştiği görülmüştür. Köprü yapısında ise değişen yüklere adaptasyon gözler önüne serilmiştir.

Yapı canlı bir organizma gibi yaşar ve gerektiğinde kendini yok eder. Geri dönüşümlü malzemelerden oluştuğu için ve enerji tasarrufu sağladığı için doğaya zarar vermeden yıkıma uğrayabilir. Yapı bir canlı gibi üretilirse, bir canlı gibi yaşamı son bulabilir.

Yaşayan nano yapılar, yaşayan nano malzemelerden oluşurlar. Bu malzeme de geleneksel malzeme kavramından oldukça farklıdır. Yapıda malzeme yalnızca destekleyici, koruyucu, yüzey oluşturucu, taşıyıcı, görsel öge gibi özelliklerde değil



yapının temel fonksiyonlarını gerçekleştiren öge olabildiği görülmüştür. Malzeme her çeşit değişime açık, aktif ve kendi öz-örgütlenmesine sahiptir. Yapı bileşenlerden oluşan bir parçalar bütünü değil, yaşayan bir sistem gibi işleyen organik bir bütün haline gelmiştir. Malzeme kendi kendine çoğalır, koşullara göre değişime uğrar, kendini yeniler, yaşayan bir sistem gibi davranır. Böylece yapı da bir yaşam sürecinin gereklerini yerine getirirken, dışarıdan bir müdahaleye ihtiyaç duymaz ve değişen durumlara kolay bir biçimde yanıt verebilir.

Yapı tasarımı sırasında, bir sonuç ürün değil, alternatifli tasarımların öngörüldüğü, yaşamsal süreç içerisindeki fonksiyonların tasarlandığı değişken bir biçime bürünür. Tasarımı yapanlar mimar ve bilim adamlarıdır.

Nano mimarlık, yapıyı nano ölçekte tasarlayıp, yapının üretiminden sonra dahi sürekli yenileyip dönüştürme imkânı yaratan, yapıda yaşayan bir sisteme benzer şekilde fonksiyonlar tasarlayan bir mimarlık türüdür. Nano ölçekte düşünmeyi, çok alternatifli tasarımlar yapmayı, diğer disiplinlerle koordineli çalışmayı, doğadan örnek almayı ve bir yapının yaşamasını tasarlamayı kapsadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 5. 1 Yapı türlerinin karşılaştırılması

Özellikler	Geleneksel Yapı	Etkileşimli Nano Yapı	Yaşayan Nano Yapı
<b>Malzemenin Yapıdaki Fonksiyonu</b>	Yüzey oluşturma, taşıyıcılık, görsel öge	Belirli bir fonksiyonu yerine getirme	Yaşamsal fonksiyonları yerine getirme
<b>Tasarım Yöntemi</b>	Makro ölçekte çizimle	Nano ölçekte düşünme ve makro ölçekte çizim	Kod ile
<b>Mimarın Rolü</b>	Tasarım yapar	Tasarım yapar ve bilim adamları ile koordineli çalışır	Bilim adamları ve mimar birlikte çalışır, mimar bilimsel altyapıya sahip
<b>Yapının Üretimi</b>	Geleneksel yöntemle	Geleneksel yöntemle	Yaşayan bir organizma gibi büyüme şeklinde
<b>Kullanıcı Etkileşimi</b>	Yok	Belirli fonksiyonlarda var	Yapının tüm fonksiyonlarında var
<b>Yapıdaki Durağanlık/Değişkenlik</b>	Durağan	Belirli yönleri değişken	Tamamen değişken
<b>Çevreye Duyarlılık</b>	Duyarlı değil	Bazı yönleriyle duyarlı	Tamamen duyarlı
<b>Yaşayan Sisteme Benzerlik</b>	Yok	Kısmi yaşamsal fonksiyonlar gösterir	Bütün fonksiyonları ile yaşayan bir sisteme benzer
<b>Ortama Uyum</b>	Yok	Bazı özelliklerde var	Gereken tüm özellikleriyle ortama uyumlu
<b>Öz-Örgütlenme</b>	Yok	Bazı malzemelerde vardır.	Tüm yapıda var
<b>Üretim Süresi</b>	Uzun	Uzundur.	Çok kısa
<b>Yapıda Fonksiyon Değişikliğine Uyum</b>	Yok	Yok	Var
<b>Yapının Yıkım Süreci</b>	Dışarıdan müdahale ile	Dışarıdan müdahale ile	Yapının öz-örgütlenmesi ile

## 5.2 Potansiyeller ve Gelecek Öngörülleri

Moleküler üretimin kullanılmaya başlanması durumunda, kendi kendine büyüyen, gelişen, yaşamını sürdüren ve ölen yapıları inşa etmek mümkün olabilir. Yapıdaki sabit özellikler, yaşayan bir organizmanın özelliklerine dönüşebilir. Böylece yapıda çeşitli fonksiyonlar kendiliğinden gerçekleşir, yapı daha gelişmiş özelliklere sahip olabilir. Mimarlık, inşaat ve yapının kullanımı radikal biçimde değişime uğrayabilir.

Mimarlık bu yeni üretim sürecinde, malzeme, genetik, elektronik, biyo mühendislik gibi alanlarla disiplinler arası bir çalışma yürütme gereği duyabilir. Mimar yazılımcı kimliği ile birlikte tanımlanır hale gelebilir. Tasarım ve bilim birbirini besler ve etkiler konumda olabilir.

Yaşayan malzemelerin üretilmesi ile birlikte malzemenin formu, dokusu, rengi gibi özelliklerinin nano ölçekte değerlendirildiği bir ortam oluşabilir. Yaşayan malzemelerden oluşan nano yapının yaşamsal döngüsü kodlarla tasarlanır, süreç tasarımı devreye girebilir.

Yaşayan bir sistem gibi büyüyerek üretilen bir yapının yıkımı da kendiliğinden gerçekleşebilir. Geri dönüştürülebilir malzemeler doğaya bırakılabilir ya da yeni bir yapının üretimi için saklanabilir.

Yaşayan yapı kavramı, her ne kadar mimarlık ve kullanıcılar için önemli gelişmelere işaret etse de beraberinde bazı riskleri de getirebilir. Kendi kendine büyüyen yapılar ve sonrasında kendi kendine büyüyen şehirler göz önünde alındığında kontrolün sağlanmasında zorluklar yaşanabilir. Bilgisayarlarda yer alan zararlı yazılımlar gibi, nano yapılarda benzer tehlikeler yaşanabilir. Kolay ve çabuk üretilen bu yapım yönteminin fazla üretim, yanlış üretim gibi dezavantajları olabilir. Ayrıca öz-örgütlenmesi olan bir yapıda dışarıdan müdahale olmaması yapıdaki hataların giderilmesinde zorluklar yaşanmasına neden olabilir.

Kullanıcılar açısından bakıldığında, yapı ile etkileşimin azami olduğu, daha esnek, değişen gereksinimlere kolayca yanıt verebilen, mekân çözümlerinde alternatifler sunan, belirli fonksiyonları kendiliğinden gerçekleştiren bir ortam oluşabilir. Değişime

yatkın ve özgürlükçü yaklaşımların yer aldığı bir ortam da sosyal açıdan değişimler yaratabilir.

Yaşayan nano yapılar günümüzde hala kuramsal olsa da mimarlığı ileriye taşıyacak potansiyellere işaret eder. Gelecekte nanoteknolojinin etkilediğı bir mimarlık türü, mimarlığı da, yaşam tarzını da, kişileri de etkilemesi ve değiştirmesi söz konusu olabilir.

## KAYNAKLAR

---

- [1] Spiller, N., (2001). "Vat Nano and Nat Nano", Architecture-The Subject is Matter, Routledge Press, London.
- [2] Westbrook, J.H., (1990). "Materials History Before and After 1800", Concise Encyclopedia of Building and Construction Materials, Pergamon Press and The MIT Press, UK, 423-434.
- [3] Landa, M.D., (2004). "Material complexity in Digital Tectonics" Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- [4] Addington, D. M. ve Schodek, D. L., (2005). "Smart Materials and New Technologies" Elsevier Press, Oxford.
- [5] Dayangaç, D., (2005). "Akıllı Bina Kavramının Mimari Tasarıma Etkileri" Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- [6] Tangible Media Group Projects, <http://tangible.media.mit.edu/projects/>, 10 Ocak 2011.
- [7] Sorguç, G. A. ve Selçuk, A. S., (2006). "Yapay Zeka Araştırmaları ve Biomimesis Kavramlarının Günümüzde Mimarlık Alanındaki Uygulamaları: Akıllı Mekanlar". 4. Yapı ve Kentte Bilişim Kongresi, Ankara, 8-9.
- [8] Haque, U., (2006). "Architecture, Interaction, Systems"
- [9] Bilim ve Teknik Canlılar Dünyası, Canlı Nedir, [http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/canlilar/canli\\_nedir.htm](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/canlilar/canli_nedir.htm), 10 Ocak 2011.
- [10] Diniz, N. ve Turner, A., (2007). "Toward a Living Architecture" Expanding Bodies: Art Cities Environment [Proceedings of the 27th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, Halifax (Nova Scotia), 164-173
- [11] Hensel, M., (2006). "Computing Self-Organisation: Environmentally Sensitive Growth Modelling", Architectural Design, 12-17.
- [12] Princibia Cybernetica Web, Self-organization, <http://pespmc1.vub.ac.be/selforg.html>, 10 Ocak 2011.

- [13] Self-Assembly, [http://www2.bc.edu/~strother/GE\\_146/lectures/14.html](http://www2.bc.edu/~strother/GE_146/lectures/14.html), 10 Ocak 2011.
- [14] Nanotürkiye, Nanoteknoloji Nedir, <http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/02/nano-101-nanoteknoloji-nedir.html>, 10 Ocak 2011.
- [15] Çıracı, S., Özbay, E., Gülseren, O., Demir, H. V., Bayındır, M., Oral, A., Senger, T., Aydınli, A. ve Dana, A., (2005). Tübitak Bilim Teknik Yeni Ufuklara: Türkiye’de Nanoteknoloji, Tübitak.
- [16] Vural, B., (2010). “Nanoteknoloji ve Malzeme Bilimi İçersindeki Yeri” Mimarlıkta Malzeme, 2010/1: 64-71.
- [17] Guozhong, C., (2004). “Nanostructures and Nanomaterials”, World Scientific Publishing Company Inc.
- [18] Özkan, İ., (2006). “Nanoteknolojik Özellikler ile Malzemenin İyileştirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- [19] Leydecker, S., (2008). “Nano Material In Architecture, Interior Architecture and Design”, Birkhauser.
- [20] Çubukçu, M., (2008). “Nanokompozitler ve Elektrokimyasal Biyosensör Uygulamaları” Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [21] Nano Werk, Introduction to Nanotechnology, [http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction\\_to\\_nanotechnology\\_4.html](http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_4.html), 10 Ocak 2011.
- [22] What is Significance of ‘Quantum Mecanics’ in Nanotechnology, [http://www.coatingsys.com/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/What\\_is\\_the\\_significance\\_of\\_%E2%80%98Quantum\\_Mechanics%E2%80%99\\_in\\_nanotec\\_%E2%80%A6.24175036.pdf](http://www.coatingsys.com/yahoo_site_admin/assets/docs/What_is_the_significance_of_%E2%80%98Quantum_Mechanics%E2%80%99_in_nanotec_%E2%80%A6.24175036.pdf), 10 Ocak 2011.
- [23] Çeliker, G., Boya Sektöründe Nanoteknoloji, <http://www.indeksiletisim.com/images/Makale/BOYA%20SEKT%C3%96R%C3%9CNDE%20NANOTEKNOLOJ%C4%B0.pdf>, 10 Ocak 2011.
- [24] Altun T. D. A., Köktürk G., (2007). "From Utopias to Real: Effects of Nature Science to Architecture-Robotic, Genetic and Nanotechnology", 15. Year Engineering Architecture Symposium, Isparta, 60-68,
- [25] Özer, Y., (2008). Ülke Güvenliği/Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Hava Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [26] Johansen, M. J., (2002). “A new Species of Architecture”, Princeton Architectural Press, Newyork.
- [27] University of Leeds Reporter, ‘Self Healing’ House will Dare to Defy Nature <http://reporter.leeds.ac.uk/524/s1.htm>, 10 Ocak 2011.

- [28] Science Daily, 'Self-Healing' House: Building-in Earthquake Resistance, <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/04/070402153349.htm>, 10 Ocak 2011.
- [29] Jetson Green, [www.jetsongreen.com/.../nano-vent-sk...](http://www.jetsongreen.com/.../nano-vent-sk...), 4 Eylül, 2010.
- [30] Nano Vent-Skin by Agustin Otegui, [http://www.yatzer.com/1033 nano vent-skin by agustin otegui](http://www.yatzer.com/1033_nano_vent-skin_by_agustin_otegui), 10 Ocak 2011.
- [31] Nano-vent Skin, <http://edition.cnn.com/2008/TECH/science/06/19/nanoventskin/index.html>, 10 Ocak 2011.
- [32] Institute for Nanoscale Technology,, Nanotechnology in Australia, <http://www.nano.uts.edu.au/about/australia.html>, 10 Ocak 2011.
- [33] The Office for Nanoarchitecture, Vision, <http://ona.vg/vision/multistoryapartment.html>, 10 Ocak 2011.
- [34] Altun, T. D. A., (2007). " Geleceğin Mimarlığı Bilimsel-Teknolojik Değişimlerin Mimarlığa Etkileri", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 9/1:77-91
- [35] Altun T. D. A., Köktürk G., (2007). "From Utopias to Real: Effects of Nature Science to Architecture-Robotic, Genetic and Nanotechnology", 15. Year Engineering Architecture Symposium, Isparta, 60-68,
- [36] Arpacioğlu, Ü. ve Kuruç, A., (2010). "Mimarlıkta Sayısal Teknolojilerin Kullanımı: Yeni Tektonikler ve Hibridleşen Malzemeler", Mimarlıkta Malzeme, 2010/1: 41-46.
- [37] Asby, M. F., Ferreira, P. J. ve Schodek D. L., (2009). "Nanomaterials, Nanotechnologies and Design", Elsevier Press, China.
- [38] Bawa R., Bawa, S.R., Maebius S. B., Flynn, T. ve Wei, C., (2005). "Protecting New Ideas and Inventions in Nanomedicine with Patents, Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine 1/2005:150-158, [http://www.rpotechnology.com/files/article\\_protecting\\_nano.pdf](http://www.rpotechnology.com/files/article_protecting_nano.pdf)
- [39] Benyus, J. M., (1997). "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" Harper Collins Publishers, USA.
- [40] Berne, R. W., (2006). "Nanotalk", Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey.
- [41] Daveiga, J. ve Ferreira, P., (2005). "Smart and Nano Materials in Architecture", Smart Architecture: Integration of Digital and Building Technologies, Proceedings of the 2005 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture, Savannah (Georgia), 58-67.
- [42] George, E., (2007). "The Nano Revolution", Architect Mayıs 2007, <http://www.architectmagazine.com/curtain-walls/the-nano-revolution.aspx>

- [43] Gleiche, M., Hoffschulz, H. ve Lenhert, S. (2006). "Nanoforum Report: Nanotechnology in Consumer Products", [www.nanoforum.org](http://www.nanoforum.org)
- [44] Gümüşderelioğlu, M. (2004), "Geleceğin Malzemeleri", Tübitak Bilim Teknik Haziran 2004 Eki, Tübitak Yayınları.
- [45] Hosey, L., (2002). "Why the Future of Architecture Doesn't Need Us", In the Cause of Architecture Online Architectural Journal, <http://archrecord.construction.com/inTheCause/0602ArchiFuture/archiFuture.asp>
- [46] Mainstone, R., (1999). "Structure in Architecture: History, Design, and Innovation", Aldershot, Hampshire.
- [47] Noon, J., (2004). "Biomimicry: Design Inspired by Nature" <http://www.sustainablesarasota.com/Biomimicry.aspx>
- [48] Özgür, H., Gemici, Z. ve Bayındır, M., (2007). "Akıllı Nano Yüzeyler", Bilim ve Teknik Dergisi Nisan 2007, Tübitak Yayınları.
- [49] Ritter, A., (2007). "Smart Materials In Architecture, Interior Architecture and Design", Birkhäuser Press, Berlin.
- [50] Selçuk, S.A. ve Sorguç, A.G., (2007). "Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 22:451-459.
- [51] Steadman, P., (2008). "The Evolution of Designs-Biological Analogy in Architecture and the Applied Arts", Routledge, Usa.
- [52] Tanaçan, L., (2010). "21. Yüzyıldan Geleceğe Malzeme, Teknoloji ve Mimarlık", Mimarlıkta Malzeme, 2010/1: 28-32.
- [53] Tilstra L., Broughton, S. A., Tanke, R. S., Jelski, D., French, V., Zhang, G., Popov, A. K., Western, A. B. ve George, T. F., (2008). "The Science of Nanotechnology: An Introductory Text", Nova Science Publishers, New York.
- [54] Vural, B., (2010). "Nanoteknoloji ve Malzeme Bilimi İçerisindeki Yeri" Mimarlıkta Malzeme, 2010/1: 64-71.
- [55] Trask, R. S., Williams, H. R. ve Bond, I. P., (2007). "Self-healing polymer composites: mimicking nature to enhance performance", Bioinspiration & Biomimetics Journal Ocak 2007.
- [56] Tunalı, İ., (2009). "Tasarım Felsefesi: Tasarım Modelleri ve Endüstri Tasarımı" Yem Yayın, İstanbul.
- [57] Utkutuğ, G., (2002). "Mimarlık", Bilim ve Teknik Dergisi Kasım 2002 Eki, Tübitak Yayınları.
- [58] Williams, L. ve Wade, A., (2006). "Nanotechnology Demistified", Mc Grow Hill Press, USA.
- [59] Yeadon P., (2005). "Cities in the Age of Nanotechnology" <http://www.yeadon.net/yeadon/support/projects/0511/Year2050.pdf>



- [60] Yeadon, P., (2008). "Smarticles: Nanotechnology Materializes" Architecture Boston 2008/Ağustos: 26-29.
- [61] Williams, L. ve Adams W., (2006). "Nanotechnology Demistified", Mc Grow Hill Press, USA.
- [62] Mimarizm Mimarlık ve Tasarım Platformu, Hayatı Taklit Eden Mimari, <http://www.mimarizm.com/Haberler/HaberDetay.aspx?id=47977>, 10 Ocak 2011.
- [63] AIST, Bottom-up Nanotechnology, [http://www.aist.go.jp/aist\\_e/aist\\_today/2007\\_23/nanotec/nanotec\\_02.html](http://www.aist.go.jp/aist_e/aist_today/2007_23/nanotec/nanotec_02.html), 10 Ocak 2011.
- [64] Arkitera, Biomimicry, Doğanın En İyi Fikirlerinden Öğrenmek, <http://www.arkitera.com/g146-biomimicry.html?year=&aID=2677>, 10 Ocak 2011.
- [65] Nanoteknoloji, <http://www.tusiad.org.tr/FileArchive/nano.pdf>, 4 Eylül 2010.
- [66] Nano Werk, Nanotechnology protection for houses in earthquake zones, <http://www.nanowerk.com/news/newsid=1715.php>, 10 Ocak 2011.
- [67] One Step Ahead, Stay Put Photocromic Car Shades, <http://www.onestepahead.com/catalog/product.jsp?productId=442781>, 10 Ocak 2011.
- [68] Bozkaya, Y., Nanoteknoloji ve Uygulamaları, <http://home.anadolu.edu.tr/~esuvaci/egitim/NANOTEKNOLOJIVEUYGULAMALARI.pdf>, 10 Ocak 2011.
- [69] Creative Resource Lab, Biomimicry- The Lotus Effect, <http://www.creativeresourcelab.com/materials-blog/detailed/biomimicry-the-lotus-effect>, 10 Ocak 2011.
- [70] Biomimetic Design, Lotus Effect, <http://biodsign.wordpress.com/2008/08/27/lotus-effect-efecto-lotus/>, 10 Ocak 2011.
- [71] Inhabitat, Smartwrap: Interactive Building Film, <http://inhabitat.com/2005/06/26/smart-wrap/>, 10 Ocak 2011.
- [72] Understanding Nano, Introduction to Nanotechnology, <http://www.understandingnano.com/introduction.html>, 10 Ocak 2011.
- [73] AZ Nano, Nanotechnology Positioned to Make Improvements in Building and Architecture-Nanotecture, <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=4597>, 10 Ocak 2011.
- [74] Indian Express, Nanotechnology will Dramatise Architecture Across the World, <http://www.indianexpress.com/news/nanotechnology-will-dramatise-architecture/454676/>, 10 Ocak 2011.

- [75] Small Plans, Nanotechnology, Architecture and Future of the Built Environment, <http://www2.arch.uiuc.edu/elvin/smallplans.htm>, 10 Ocak 2011.
- [76] New Media & Interactivity, More Interactive Architecture, <http://sweb.cityu.edu.hk/nmi/2006/02/more-interactive-architecture.htm>, 10 Ocak 2011.
- [77] Inhabitat, Is it Green: Concrete, <http://inhabitat.com/is-it-green-concrete/>, 10 Ocak 2011.
- [78] Nanotechnologies, [http://www.e-floor.eu/hot-floor.php?del\\_menu1=0&id\\_menu1=204&menu=102000&lang=en](http://www.e-floor.eu/hot-floor.php?del_menu1=0&id_menu1=204&menu=102000&lang=en), 10 Ocak 2011.
- [79] Killer Plants: the Venus Flytrap and other carnivorous plants <http://www.telegraph.co.uk/earth/earthpicturegalleries/6049861/Killer-plants-the-Venus-Flytrap-and-other-carnivorous-plants.html>, 10 Ocak 2011.
- [80] Teknobook, Nano Teknoloji Kullanılarak Dünyanın En Küçük Yazısı Yazıldı, <http://teknobook.blogcu.com/nano-teknoloji-kullanilarak-dunyanin-en-kucuk-yazisi-yazildi/4879292>, 10 Ocak 2011.
- [81] Institute for Nanoscale Technology, Nanotechnology in Australia, <http://www.nano.uts.edu.au/about/australia.html>, 10 Ocak 2011.

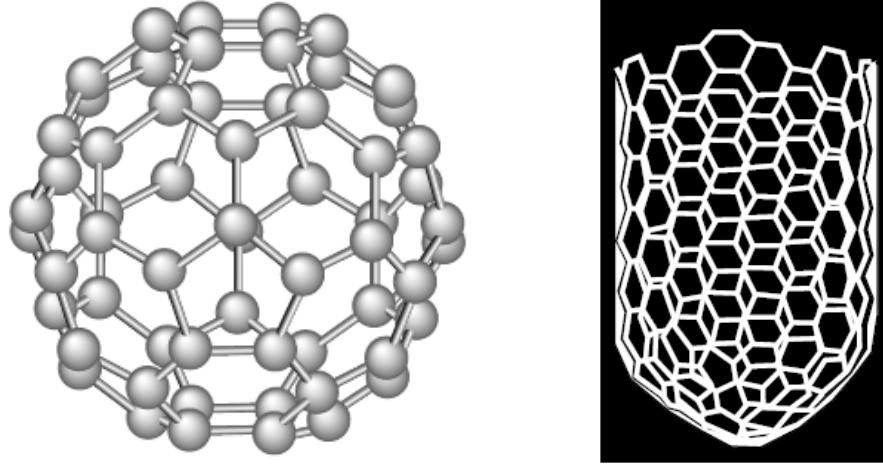
---

## NANO MALZEME TÜRLERİ

### A-1 Nano Partiküller

Nano partiküller 100 nm çaptan küçük olan partiküllerdir. Bununla birlikte nano partiküller, farklı biçimlere, kristal strüktürlere ve kompozisyonlara sahiptir, küçük oluşlarından dolayı temel özellikleri değişikliğe uğrar. Nano parçacıklar, suni olarak üretilmesinin yanında doğada da örnekleri de mevcuttur. Partiküller, yanmanın, endüstriyel imalatın ve diğer insan aktivitelerinin yan ürünü olarak ortaya çıkabilirler. Deniz püskürtmesi ve erozyon gibi tabiat olayları da nano parçacıklar üretebilirler (Daveiga ve Ferreira [41]).

Nano partiküllerin temel maddesi organik (örneğin gümüş) veya inorganik (örneğin seramik) olabilir. Bu maddeler karbon elementi, oksit bileşeni ya da farklı element ve bileşenlerin kombinasyonları olabilirler. Anahtar karakteristik, maddenin kendisi değil, partiküllerin boyutudur. Boyutlarına göre geniş bir yüzey alanına sahiptirler. Bu boyutta durağan malzeme oldukça reaktif olabilir ve kataliz gibi farklı kullanımlara imkân verebilir. Buna ilave olarak nano partiküller yığınlar halinde bulunma eğilimindedir (Leydecker [19]).



Şekil A.1 Fulleren ve Karbon Nanotüp

Nano partiküller, ışığın dalga boyundan küçük oldukları için ışığı yayamazlar bu nedenle de görünmezdirler. % 60 oranında nano partiküllerden oluşan bir malzeme bile saydam olabilmektedir. Örneğin titanyum dioksit ve çinko oksit nano ölçekte saydamdırlar, buna rağmen UV ışınlarını absorbe eder ve yansıtırlar. Böylece güneş kremlerinde uygulama alanı bulurlar. Yapay ürünlerin yanında nano partiküller doğada da bulunmaktadır. Bunlar direnç, dayanıklılık ve sağlamlık gibi özelliklere sahiptirler. Örneğin sedefte nano strüktürü nedeniyle yüksek dayanıklılık görülür (Leydecker [19]), [21].

### A-2 Fullerenler (C<sub>60</sub>)

Grafit ve elması oluşturan karbon, kendi kendine bağ yapabilmesi nedeniyle diğer elementlerden farklıdır. C<sub>60</sub> molekülleri beşgenler ve altıgenler şeklinde dizilen karbon atomlarından oluşur. Bu dizilim diğer elementlere göre oldukça güçlüdür ve dayanıklı malzeme üretimi için elverişlidir (Williams, [61]).

### A-3 Karbon Nanotüpler (CNT)

Nanotüpler, tek duvarlı veya çok duvarlı (iç içe geçmiş tüpler) grafitin yuvarlanmış katmanlarını içerir. Bir veya birkaç nm çapında olup çok sayıda nanometre uzunluğunda olabilirler. Çelikten daha fazla gerilim dayanımına sahiptir ve ona göre daha esnek ve hafiftir. Bununla birlikte ısı geçirgenliği elmasa göre daha yüksektir.

Yüksek dayanım ve hafiflik özellikleri ile gelecekte kompozit malzemelerde kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Nanotüpler, iletken veya yarı iletken olarak davranabilirler (Leydecker [19]).

Karbon atomları hem organik hem inorganik olmak üzere diğer elementlerle de bağ kurar. Bu nedenle kompozit malzeme üretimi için elverişlidirler. Karbon nanotüplerin üstün özellikleri vardır. Karbon katmanının tüp şekline gelirkenki yuvarlanma biçimi bile farklı elektronik özellikler sergilemesini sağlar; elektriksel olarak yalıtkan, yarı iletken veya iletken olabilirler. Güncel gelişmelerden biri de karbon nano tüpün dibinde ışığı yayabilmeleridir. Bu da görsel monitörleri ultra ince yapmaya olanak sağlar. Tüpler, güneş enerjisini emerek ya da rüzgârı tüpler boyunca hareket ettirerek elektrik üretmek için kullanılabilir. Karbon nanotüplerin önemli bir karakteristiği de maddeyi bir yerden bir yere taşıyabilmeleridir. Onlar, bir maddenin atomlarını birer birer ayırır ve yeni yerde tekrar birleştirir. Bir nanotüp kuvvetli bir strüktür, değişebilen bir yalıtkan, ışık kaynağı, enerji üreticisi, madde taşıyıcısı olabilmektedir (Yeadon [59]).

Karbon nanotüpler, kendi kendini organize edebilen (öz-örgütlenmesi olan) malzemelerdir. Moleküler üretim yöntemi yeni bir nano üretim yöntemidir, aşağıdan yukarıya metodu ile kesinliği yüksek yeni malzeme sınıfları ve aygıtlar üretilir. Çevredeki hammaddelerden belli bir enerji ile işlenmesini öngören yukarıdan aşağıya tekniği ile üretim yaygın olsa da, moleküler üretim yeni bir yaklaşımdır, bunun tam tersini önerir. Bir seferde bir molekül üretilir, bu malzemeler bu önceden belirlenmiş paterni organize etmek için görevlendirilmiş moleküllerden büyürler. Aslında 2 boyutlu tabaka malzemeler öz-örgütlenmeye sahiptir. Ancak IBM ve Kolombiya Üniversitesi son günlerde, 3 boyutlu kendini organize eden madde üretebilmişlerdir. Bu istisnai yöntem, daha önceden mümkün olmayan bir malzeme tasarlama olanağı sağlar, molekül kompozisyonu ile istenilen fiziksel özellikte malzeme üretilebilir. Bir molekülü moleküler üretimle bir seferde üretmek sıfır sarfiyat demektir, analogik olarak bir duvarı inşa etmek için gereken kesin tuğla adetini elde etmektir (Yeadon [59]).

Nanotüpler, başka malzemeler ile karıştırılır ya da çok ince yüzeylerde kullanılır. Örneğin plastikle karıştırılmasıyla mekanik yönden daha dayanımlı bir malzeme elde

edilebilmektedir. Beton gibi malzemelerde büyük miktarlar gerektiği için ekonomik değildir ve tercih edilmez (Leydecker [19]).

#### **A-4 Nano Filmler**

Nano filmler genellikle kompozisyon ve mekanik özelliklerin değişmesi istendiğinde yüzey işlemlerinde ya da farklı kaplama yüzeylerinde kullanılır. Nano filmler dayanıklıdır ve geniş alanları kaplayabilirler. Potansiyel uygulamaları; çiziğe dirençli plastikler, az sürtünmeli kaplamalar ve kırılma indisi düşük malzemeler. Uygulama alanları; mikro elektronik endüstrisi, güneş enerjisi alanı, optik aygıtlar ve tıbbi cihazlardır (Daveiga ve Ferreira [41]).

#### **A-5 Kuantum Noktaları**

Kuantum noktaları (yarı iletkenlerin nano partikülleri) yeterince küçük olduklarında enerjiyi sınırlayan kuantum etkileri devreye girer. Enerji dalga boyuna bağlıdır, böylece partikülün optik özellikleri ayarlanmış olur. Bu partiküller, çoğunlukla boyutları kontrol ederek, spesifik dalga boyundaki ışınları dağıtabilir veya absorbe edebilirler. Nano malzemelerde, aynı malzemedeki kontrollü bir şekilde başka dalga boylarında ışımaya elde etme olanağı yeni optoelektronik aygıtların yapılmasını mümkün kılar [34]. Bunlara bir örnek de mimaride de birçok kullanım alanı bulan LED (ışık diyot) uygulamalarıdır.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Sevkan HARMAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 20.05.1982  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : harman82@hotmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bilgisayar Ortamında Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2007
Lise	Fen - Matematik	Pertevniyal Lisesi	2001

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010	Yeditepe İnşaat Grubu	Mimar
2007	Form Yapı	Mimar
2006	Tepe - Otman İnşaat	Mimar