

Article Info	RESEARC ARTICLE   ARAŞTIRMA MAKALESİ	
Title of Article	<b>The Place of Nanotechnology in Architecture</b>	
Corresponding Author	İnanç ATİK, E Posta: mim-atay@hotmail.com	
Submission Date Admission Date	17/04/2018 / 10/06/2018	
How to Cite	ATİK, İ. (2018). <b>Mimarlıkta Nanoteknolojinin Yeri</b> , Kent Akademisi, Volume, 11 (33), Issue 2. Page, 232-242.	
		ORCID NO: 0000-0002-7528-3979

## Mimarlıkta Nanoteknolojinin Yeri

İnanç ATİK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> [mim-atay@hotmail.com](mailto:mim-atay@hotmail.com)

### ABSTRACT:

Today's scientific and technological developments directly influence contemporary architecture. One of these developments is nanotechnology, an interdisciplinary science that enables the design and manipulation of materials at atomic scale. Developments in material science, especially, are closely affecting architecture. Nanotechnology allows for the development of more robust, better quality, longer lasting, lighter and smaller structures compared to conventional materials. Nanotechnology and nano materials produced in harmony with the environment have advanced features such as fulfilling certain functions. In the near future, it seems possible to produce self-sustaining materials such as a system that lives with the development of nanotechnology. In this study, it is aimed to reveal the relation of architecture of nanotechnology applications, which is the most advanced technological method in present day conditions, bringing together the disciplines of engineering and architecture which is an important element that will guide and give to the designs of present and future and examine the situation in this area and analyze the nanotechnological materials It is aimed to investigate the architectural sample in architecture.

### KEYWORDS:

Nanomaterials, Nanotechnology, Nanoarchitecture.

## ÖZ:

Günümüzün bilimsel ve teknolojik gelişmeleri doğrudan çağdaş mimariyi etkilemektedir. Bu gelişmelerden biri olan nanoteknoloji, atom ölçeğinde malzemeleri tasarlama ve manipüle etmeyi sağlayan disiplinlerarası bilim dalıdır. Özellikle malzeme bilimlerindeki gelişmeler, mimariyi yakından etkilemektedir. Nanoteknoloji, geleneksel yöntemlerle üretilen malzemelere kıyasla daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha hafif ve daha küçük yapıların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Çevreyle uyumlu olarak üretilen nanoteknoloji ve nano malzemeler, belirli işlevleri yerine getirme gibi gelişmiş özelliklere sahiptir. Yakın gelecekte, nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte yaşayan bir sistem gibi kendi kendini yetiştiren materyaller üretmek mümkün görünmektedir. Bu çalışmada, mühendislik ve mimarlık disiplinlerini bir araya getirerek, günümüzün ve geleceğin tasarımlarına yön veren ve verecek olan önemli bir unsur olan nanoteknolojik malzemelerin mimarlıkta ki kullanılabilirliğinin düzeyi belirtilmeye çalışılmıştır. Son olarak Belirtmek isterim ki en ileri düzey teknolojik metot olarak ifade edilen nanoteknoloji uygulamalarının bu alandaki durumunun incelenmesi ve nanoteknolojik malzemelerin mimari örneklemelerle araştırılması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Nano malzemeler, Nanoteknoloji, Nanomimarlık.

## Mimarlıkta Nanoteknolojinin Yeri

### GİRİŞ:

Sanayi Devrimi'nin sonuçları ve 19. ve 20. yüzyıllarda kentlerdeki geniş nüfus artışı nedeniyle, kullanıcı ihtiyaçlarının da göz önüne alınması ile bina inşaat yapım ve yıkım teknikleri, büyük ölçüde gelişmiştir. Ne yazık ki, bu uygulama, geri dönüşü olmayan kaynakların tüketimi ve çevreye geri gönderilemeyen hasarın majör etki sonrası etkileri olarak ortaya çıktığı bazı olumsuz ekolojik sonuçlara yol açmıştır. Bu bağlamda, nanoteknoloji, 21. Yüzyılda artan çevresel sorunlara en umut verici cevaplardan biri olarak tasarım sahnesine dönüşmüştür. 1990'lı yılların nanoteknolojisi, mimarlık alanında kendine özgü varlığını göstermiş ve daha önce hayali kurulan pek çok olasılığı beraberinde getirmiştir. Bu, tasarımda insan yapımı malzemeler açısından sürdürülebilirliği ve sürdürülebilir tasarımı yönlendiren ilk kıvılcım olmakla birlikte, lider insanlar, endüstriler, mühendisler yenilenebilir malzemeler kaynaklara doğru

yön vermesine neden olmuştur. Bu bağlamda, ekoloji temelli ilkeleri, başka bir deyişle ekolojik tasarımı kullanarak, sürdürülebilirlik kavramı, mimarlık ve tasarım alanında önemli bir rol kazanmıştır. Bu nedenle, mimari tasarımda sürdürülebilirliğin uyarlanması, tasarımın ve tasarlanan çevrenin geleceği için en önemli sorun haline gelmiştir (Naschie, 2006). Böylelikle, mimari alanda sürdürülebilir çözümlerin hedefine ulaşılması açısından, çevre dostu malzemelerden oluşan yeni tasarımlar lehine kaynak tüketimini ve tüketimini azaltmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu amaçla nanoteknoloji, nano ölçekli malzemelerin özelliklerini, çevresel faktörlere göre yönlendirerek, nano malzeme ölçeğinde bile gelişmiş tasarım optimizasyon ve inovasyon yoluyla sürdürülebilir bir yapıya kavuşarak gelişmiş fonksiyonel nanomalzemeleri sunması açısından oldukça önemli bir bilim dalı haline gelmiştir. Nanomalzemeler, mimarlık alanında oldukça yaygın

olarak kullanım için geliştirilmiştir. Örneğin bu kullanım alanları; ticari alanlardan, ev tesislerine, okullardan sağlık tesislerine ve hastanelere vb. kadar uzanmaktadır (Niroumand ve diğ., 2013).

Nanoteknoloji zamanımızın en hızlı büyüyen teknolojisidir. Nanoteknoloji, geleneksel malzemelere göre daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha hafif ve daha küçük yapı malzemeleri geliştirmeyi mümkün kılmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda çalışma, mimaride kullanılan veya yakın gelecekte kullanılacak nanomalzemeleri içermektedir (Niroumand, 2012). Bu araştırmada; disiplinler arası bilim dalı olan nanoteknolojinin ve nanoteknolojik malzemelerinin mimari tasarımdaki yeri ile ilgili literatür kapsamında incelenmesini içermektedir. Çalışma yöntemi olarak öncelikle literatür taraması yapılmıştır. Bu kapsamda, nanoteknoloji, mekan tasarımı ve gelecek kavramlarının işlendiği, nanoteknolojik malzeme özelliklerinin incelendiği bölümlerde hem kitap hem internet kaynaklarının taraması yapılmıştır.

Malzeme bilimi ve mimarlık etkileşiminin kaynak bilgilerinin yer aldığı internet ve literatür taraması yapılarak gerekli olan ve birbiriyle bağlantılı olan belgeler bir araya getirilmiştir. Ayrıca ulusal ve uluslararası tezler ve güncel yayınlar incelenerek nanoteknolojik malzeme ve gelecek kurgusunun nasıl ele alındığı araştırılmıştır.

Nanoteknolojinin mimariye etkisinin, malzeme bilimlerindeki gelişmelere bağlı olarak artacağı beklenmektedir.

### 1.Nano ve Nanoteknoloji Kavramları

"Nano" kelimesi Yunanca cüce anlamına gelen "nanos" kelimesinden türemiştir. Nanoteknolojide ölçü birimi olarak kullanılan nanometre, milyonlarca metreden biridir ve kısaca 'nm' olarak ifade edilir. Bir nanometre içinde yan yana düzenlenebilirler, ancak 2-3 atom,

yaklaşık 100-1000 atomu nano ölçekli ölçekler üzerinde bir nesne oluşturmaktadır. Örneğin, insan saçı yaklaşık 100.000 nm çapında, kırmızı kan hücresi 7.000 nm ve su molekülünde 0.3 nm'dir. Kısaca nano ölçek; nanoteknoloji bilim, mühendislik ve teknoloji, malzemenin yapısını görselleştirme, ölçme, modelleme, tasarlama ve değiştirme boyutudur (Vural, 2012).

Nano ölçeğin yapılarındaki farklılıklar, sadece boyutların küçüklüğü ile değil aynı zamanda nano boyutlarda farklı fiziksel özelliklerin ortaya çıkmasıyla da ilgilidir. Boyutlar nanometre ölçeğine yaklaştıkça, kuantum mekaniğinin etkisi olan materyaller, geleneksel yöntemlerle elde edilen makro-boyutlu materyallerden farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere sahiptir. Kuantum teorisi ve mekaniği madde ve enerjiyi nanometre ile ilişkilendirir. Nano ölçekli madde, sadece birkaç atomdan oluşur ve yüzey atomları, özelliklerin oluşmasında baskın bir rol oynar. Bu atomların davranışı kuantum fiziği kuralları ile anlaşılabilir (Silverman, 2014).

Malzemelerin nano boyutlu özellikleri iki nedenden dolayı farklı olabilir (Silverman, 2014):

1. Nano boyutlu malzemeler makro boyutlardan daha yüksek bir yüzey-hacim oranına sahiptir. Bu durumda, yüzeydeki atomların oranı malzemenin tamamına göre artar, malzemenin yüzey enerjisi artar ve materyal daha reaktif hale gelir.

2. Nano yapılar özellikle de nanometre ölçeğine doğru hareket ederken, kuantum etkileri malzemenin optik, elektriksel ve manyetik özelliklerini baskılamaya ve değiştirmeye başlamaktadır. Malzemeyi oluşturan atomik yapının geometrisi, hatta atomun numarası bile, fiziksel özelliklerin belirlenmesinde etkili bir rol oynamaktadır. Bir nano ölçeğin yapısındaki değişiklikler, bu atomun doğasına, nano yapının doğasına ve geometrisine bağlı olarak, her yeni eklenen atomun fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Örneğin, bir nanoyapının iletkenliği, bu yapıya tek bir



atom eklenmiş olsa bile değişebilmektedir. Yarı iletken olarak bilinen silikondan yapılmış tel çapı nano boyutlara yaklaştığında tel benzeri bir karakter sergilemektedir.

Nanoteknoloji atomik moleküler boyutta mühendislik yaparak maddenin yeni özelliklerinin ortaya çıkmasıdır; nanometre ölçeğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi için fonksiyonel materyallerin, yapıların ve sistemlerin geliştirilmesidir.

Nanoteknoloji, atomik ve moleküler yapıları tek tek değiştirerek istenen yapının manipüle edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Nanoteknolojik uygulamalarda, atomlar ayrı ayrı ele alınmaktadır. Nanoteknoloji aynı zamanda bu bağlamda "çok küçük malzemelerin teknolojisi" dir. Bir malzemenin sahip olduğu özellikler, bir veya daha fazla yöndeki malzemenin boyutu, nanometre seviyesine indirildiğinde değişmektedir. Malzemenin boyutu nanometre skalasına gittikçe, kuantum davranışları bilinen geleneksel davranışları üstlenir ve üretilen yeni malzemeler, geleneksel yöntemlerle elde edilen makro materyallere kıyasla daha önce görülmemiş üstün fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklere sahiptir. Örneğin, seramik, normalde kırılğan malzeme iken nano boyutlara küçüldüğünde kolayca deforme olabilir ve şekil alabilmektedir.(cümle anlamsız). Boyut olarak 1 nm altında parçacık kırmızı görünüme sahip olmaktadır. Nano ölçek ve boyuta inen malzeme daha işlevsel ve daha yüksek mukavemetli olabilir. Kimyasal ve fiziksel özellikler, yapının büyüklüğü ve atomik yapının detayları, dış sisteme **bağlı yabancı bir atomun** türüne ve yerine göre çok farklı ve sıra dışı davranışlar sergiler ve malzemeler ısı ve elektrik iletim özelliklerine sahip olabilirler. Bu yabancı atom (nasıl geçtik bu konuya bağlantı cümlesi yok) bir geçiş elemanı olduğunda, manyetik ve optik özelliklerinde önemli bir artışa veya azalmaya ve hatta rengini değiştirebilir. Nanoteknolojinin kapsadığı malzemeler için 100 ila 1 nm (1/10 milyon ila 1/1 milyar metre) arasındaki herhangi

bir boyut (uzunluk, genişlik veya kalınlık) ifade edilmektedir. Nanoteknoloji uygulanabilir bir şey olduğu için, atomların yapısı ve aralarındaki mükemmel organizasyonel yapı, atomların yapısı ve davranışları iyi bilinmelidir. Nano ölçekteki malzemelerin kazandığı farklı özellikler onlara artan bir endüstriyel değer kazandırmaktadır ve nanoteknoloji günümüzde dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Çünkü üretilen nanoteknolojik materyaller daha dayanıklı, daha düşük hata seviyesi, daha hafif ve daha hassas gibi üstün özelliklerle donatılmıştır (Demirkan, 2006).

Nanomalzemelerin çoğu doğada bulunmaktadır. Bu nedenle, nanomalzemeler, tarih boyunca çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Nanomalzemelerin kullanımının en eski örneğidir. Bu çalışmada bulunan gümüş ve altın nano parçacıkları nedeniyle, güneş ışınları ile rengi yeşilden koyu kırmızıya dönüştürebilir. Farklı ışık koşullarında renk değiştiren bu materyaller, ortaçağ katedrallerinde cam süsleme için de kullanılmıştır. 14. yüzyılda, belki de tesadüfen keşfedilen ancak isimlendirilmemiş bir teknik olan plazmonik etki kavramı ortaya çıkmıştır. Nobel Ödülü fizikçi Richard Feynman'ın sunduğu imkanlar ilk olarak 1959'da moleküler boyutlarda malzeme ve cihazlar üreterek nelerin başarılacağına dair ünlü bir konferansta ortaya çıktı. Richard Feynman konferansa "Alt tarafta daha çok yer var" başlıklı konuşmasında, "Malzemeler ve cihazlar moleküler düzeyde yapılabiliyorsa, bu yeni keşiflerin kaynağı olacaktır" şeklinde ifade etmiştir. Nano yapıların yeni hedeflenen cihazlar ile yeni hedefler doğrultusunda yönetilebileceği, ölçülebileceği ve kullanılacağı söylenebilir. Feynman, 24 ciltlik Britannica Ansiklopedisinin bir iğne deliği kafasının büyüklüğünde bir alana sığabileceğine inanıyordu ve tekniğin bu düşüncenin gerçekleşmesi için yeterli olmayacağını, ancak gelişmekte olan teknoloji ile mümkün olacağını ifade etmiştir. Nanoteknoloji terimi

ise ilk olarak Japon bilim adamı Norio Taniguchi tarafından 1974'te kullanılmıştır (Atwa ve diğ., 2015).

Nanoteknoloji hızla 21. yüzyılın endüstri devrimini, yaşamın her yönünü etkileyecek şekilde biçimlendirmektedir. Nanoteknolojinin gelişimi, yeni malzemelerin üretilmesini, böylece yeni uygulama yöntemlerinin ve mimariye yönelik unsurların ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

### 1.1. Nanoteknolojinin Amacı ve Yararları

Nanoteknoloji, geleneksel mekanik ve kuantum mekaniği arasında uygulanan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Nanoteknolojide, kısmen taklit edilmeye ve maddenin atomlarından başlayarak yapılmaya çalışılmaktadır. Nanoteknoloji büyük bir öneme sahiptir; çünkü geleneksel yöntemlerden çok daha ucuz, daha güvenilir, daha sürdürülebilir ve daha ekonomiktir. Nanoteknoloji ile, nanometre seviyesinde maddeyi manipüle etmek ve ortaya çıkan farklı özellikleri kullanarak nano ölçekli cihazları, sistemleri ve malzemeleri yapmak mümkündür. Nanoteknoloji, herhangi bir nesnenin yapı taşları olan atomların yaratılmasını mümkün kılan, istenilen şekilde düzenleme şansına sahip olan ve her alanın daha dayanıklı, daha hafif, çevreye daha az zararlı olacak şekilde üretilmesini sağlayan bir teknolojidir (Demirkan, 2006).

Nanoteknolojinin amaçları kısaca şu şekilde özetlenebilir (Akyol ve Örgülü, 2014):

- Nanometre ölçekli yapıların analizi ve fiziksel özelliklerin anlaşılması,
- Nanometre ölçekli yapıların üretimi,
- Nano ölçekli cihazların geliştirilmesi,
- Uygun metotlar kullanılarak nano ölçekli ve makro-dünyalar arasındaki bağların kurulmasıdır.

Nanoteknolojinin önceliği, atomik ve moleküler seviyede, 1-100 nm arasında bir boyutta çalıştığı ve gelişmiş ve / veya tamamen yeni fiziksel, kimyasal ve

mekanik özelliklere sahip yapıların elde edilmesine olanak sağlamasıdır. Nanoteknoloji kullanarak geleneksel yöntemlere göre, daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha hafif ve daha küçük yapılar geliştirilebilir. Nanoteknoloji, üretim süreçlerini kısaltır, zamandan ve paradan tasarruf sağlar, önemli miktarda enerji tasarrufu sağlar ve ürün kalitesini artırır, insanların yaşam standartlarını ve kalitesini yükseltir ve daha sağlıklı ve güvenli bir yaşam sağlamaktadır.

Nanoteknolojinin gelişimi, özellikle son yıllarda, bu teknoloji ile üretilen ürünlerin kullanım alanını genişletmiş ve daha fazla ürünün günlük yaşantımıza girmesine neden olmuştur. Günümüzde farklı amaçlar için kullanılan çok sayıdaki nanoteknolojik ürün, insan yaşamındaki yerini almıştır. Yüksek mukavemetli nano kompozit, kir içermeyen, kolay temizlenen yüzey özellikleri, nanokompozitler, çok ince malzeme kalınlığında yüksek ısı yalıtım değeri sağlayan malzemeler, mimari disiplinde kullanılan nanoteknoloji ürünlerinin örnekleridir. Nanoteknolojinin hızlı gelişimi, insan ve çevre için potansiyel teknolojik yeniliklerin yanı sıra potansiyel zararlara da potansiyel yenilikler getirdiği gerçeğini gündeme getirmektedir. Bu, nanoteknolojinin altında yatan nanoparçacıklara dikkat çekmiş ve nanopartiküllerin yaşam ve çevre sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini belirleme çabalarını gerektirmiştir. Nanoteknoloji oldukça yeni bir bilimdir ve potansiyel tehlikeler hakkında henüz net bir bilgi elde edilmemiştir. Gelecekte, nanoteknolojinin yaygın kullanımı insanlar ve nanopartiküller arasında daha fazla temas anlamına gelecektir. Bu nedenle, bilimsel toplumun nanoteknolojinin temelini oluşturan nanopartiküllerin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olası olumsuz etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir (Ashby ve diğ. 2009).

### 1.2. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları



Nanoteknoloji, nanomalzemelerin üstün fiziksel özelliklerini kullanarak teknolojik devrim alanlarında yeni ürünler elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Nanoteknoloji geniş bir uygulama alanına sahiptir, ancak bazı bölgelerde etkisi ve önemi daha fazla hissedilmektedir.

Nanoteknoloji, gelecekte yapılması düşünülen malzeme ve cihaz imalat yöntemleriyle, çok büyük miktarlarda hatasız büyük miktarlarda üretim yapılabilmesi ve nano boyutta çalışan cihaz, sistem ve malzemelerin malzemelerin içine yerleştirilmesi için yeni yöntemler geliştirmeyi gerekli kılmaktadır. Atomik ve moleküler boyutlardan başlayan malzemelerin yapımı, geleneksel yöntemlerle elde edilen malzemelere göre daha sağlam ve daha hafif malzemelerin üretilmesini sağlar. Bu malzemeler, daha az hata seviyeleri ve benzersiz dayanıklılık mukavemetleri ile, mevcut birçok endüstriyel sürece devrim niteliğinde yenilikler getirmektedir. Eşsiz ve sıra dışı özellikleriyle, nano tüpler ve kaplama malzemeleri üretim yöntemleri ve tekniklerinin geliştirilmesine olanak tanıyacağı düşünülmektedir. Nane süreç için potansiyel uygulama alanlarının bir örneği, üretim aşamasında daha az enerji tüketmeye ve atık malzemelerin üretimini önlemeye yardımcı olacak düşük maliyetli üretim yöntemlerinin geliştirilmesidir (Atwa ve diğ., 2015).

Nanoyapı elde etmek için iki ana yöntem vardır. "Aşağıdan yukarıya" ve "yukarıdan aşağıya" olarak adlandırılan bu iki üretim yöntemi şu şekilde özetlenebilir (Ashby ve diğ. 2009):

1. Aşağıdan aşağıya üretim (küçükten büyüğe); moleküler nanoteknolojidir. Bu yaklaşım, malzemenin atomik yapısından, organik veya inorganik yapılardan başlayarak, bir atom veya molekül molekülünün oluşturulması için bir yöntem anlamına gelir.
2. Yukarıdan aşağıya üretim (büyük küçük); nano yapıları, makineler, asitler ve benzerleri gibi mekanik ve

kimyasal yöntemler kullanarak imal etme ve imal etme yöntemlerini ifade etmektedir. Şu anki teknoloji seviyesinin nedeni ile yapılan çalışmaların çoğu, aşağıdaki üretim yaklaşımında değerlendirilmektedir.

Nanoteknoloji yardımıyla doğada bulunmayan yapıları tasarlamak mümkün olabilir; biyolojik materyaller de dahil olmak üzere düşük maliyetli üretim yöntemleri geliştirilebilir. Muhtemel uygulama alanları, nano yapıda, sonraki işlem için ihtiyaç duyulmaksızın tamamen arzu edilen şekilde üretilen metal, seramik, polimer malzemeleri içermektedir. Nano ölçekli parçacıklardan yapılan boya ve boya malzemeleri kullanılarak geliştirilen baskı yöntemleri; nano ölçekli kesme aletleri, elektronik, kimyasal uygulamalar; nano ölçekteki yeni ölçüm standartları; çip üzerindeki nano ölçek karmaşık ve çok işlevli nano üretimdir.

### 1.3.Nanoteknolojinin Mimarlıktaki Yeri

Birçok disiplinde gelişen nanoteknoloji, nanomateryallerin üretimi ve kullanımı olarak inşaat endüstrisindeki en önemli yansımayı göstermektedir. Nanoteknoloji, nano ölçekli materyalleri kontrol etme ve özelliklerini ve yapılarını anlamak için moleküler düzeyde çalışmayı sağlamaktadır. Bu bağlamda, mimari uygulamalarda kullanılan geleneksel malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmek veya tamamen yeni malzemeler üretmek mümkündür (Bertolini ve diğ., 2010; Farahmandjou & Khalili, 2013).

Nano boyutlardaki malzemelerin özellikleri makro boyutlardakilerden farklıdır. Kuvvet, yüzey alanı, iletkenlik ve esneklik gibi malzemelerin yapısını oluşturan temel özellikler, nano boyutlara müdahale edilerek geliştirilebilir veya yeni malzemeler üretmek için farklı şekilde tasarlanabilir. Bu bağlamda, mimari uygulamalarda kullanılan geleneksel malzemeler yerine yüksek performanslara, çok işlevli, aktif ve orta yönelime uyum sağlayabilen nano malzemeler ve

nanokompozitlerin kullanılması mümkündür. Nanomalzemeler bir çok özelliği bir araya getirir ve geleneksel malzemelerle çözülemeyen enerji, çevre, üretim, güvenlik gibi birçok problemi çözme potansiyeline sahiptir. Nanoteknolojik malzemelerin mimari yapılarda kullanılması, geleneksel yöntem ve malzeme seçiminde ortaya çıkan ihtiyaçları ve gereksinimleri değiştirmektedir. Nanoteknoloji, geleneksel malzemelerin ağırlığını ve hacmini azaltır ve malzemelerin daha verimli kullanılmasına izin verir. Malzemelere kazandırılan gelişmiş özelliklerin yardımıyla, malzemelerin hasar görmesini önler ve bakım ve onarım ihtiyacını azaltır. Bu faydalara ek olarak, nanoteknoloji üretim adımlarının sayısını azaltır, kaynakların korunmasında, hammadde, enerji tüketiminde ve dolayısıyla CO<sub>2</sub> emisyonlarında önemli bir azalma sağlar ve ekonomi olumlu bir katkıdır (Mehdinezhad ve diğ., 2013; Miralaei,2015).

Nanoteknolojinin olanakları ve betonun yapısı ve davranışları geleneksel yöntemlerden daha etkili bir şekilde incelenebilir. Nano ölçekli boyutlarda meydana gelen değişiklikler makro boyutların ve nanoteknolojinin malzeme özelliklerine ve çok daha yüksek fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere sahip beton materyalleri etkileyebilir, ki bu da daha fazla enerji, daha uzun ömürlü, sürdürülebilir, kendi kendini geliştirmek için uygulamalar nanoteknoloji ile beton malzemelerin özellikleri (Vural, 2012)

1. Geleneksel çimento malzemesinin parçacıklarının nano boyutlarına çıkarılması,
2. Beton karışımına nanomalzemeler, nanopartiküller, mikroorganizmalar ve mikrokapsüller ekleyerek malzeme özelliklerini geliştirilmesi,
3. Beton karışımına akıllı agrega / nanosensör yerleştirilerek veri toplanmasıdır.

Beton karışımında kullanılan konvansiyonel çimento malzemesi öğütüldüğünde ve nano boyutlara çekilen partikül büyüklükleri alındığında, elde edilen nano

çimento ile üretilen betonun mukavemeti yaklaşık 4 kat arttırılır. Ayrıca nano-çimento kullanımı, uçucu kül ve cüruf gibi malzemelerin beton karışımında kullanılmasına izin vererek, daha az enerji tüketen sürdürülebilir beton üretimine olanak sağlamaktadır. Yapıdaki bileşenlerin boyutlarının farklı olması dışında, beton karışımlarına nanomateryaller, nanopartiküller, mikroorganizmalar ve akıllı agregatlar/ nanosensörler eklenerek çeşitli şekillerde beton özellikleri geliştirilebilir. Bu amaçla, beton karışımlarında kullanılan nano kuvvetlendiriciler ve özellikleri aşağıda verilmiştir.

Nanosilika adı verilen silikon dioksit (SiO<sub>2</sub>) nanopartikülleri;

- betonun yoğunluğunu arttırmak,
- betonun mekanik özelliklerini iyileştirmek,
- suya doymuş kalsiyum betonunun neden olduğu bozulmayı kontrol etmek ve su sızmasını önlemek için geleneksel beton karışımlarına eklenir.

Malzemenin mekanik özellikleri, çok küçük bir miktar (karışım ağırlığının% 1'i) karbon nanotüpünün beton karışımına eklenmesiyle geliştirilebilir. Karbon nanotüplerin çeşitli türleri arasında, oksitlenmiş çok duvarlı karbon nanotüpler, iki özellikte en iyi gelişmeyi sergiler ve beton malzemeye, sıkıştırma mukavemetinde ve gerilme mukavemetinde ek bir değer vermektedir. Bu özelliklere ek olarak, çimento esaslı malzemelerde çatlakların yayılmasını önlerler. Karbon nanotüplerinin beton karışımlarına eklenmesi, tüplerin kümelenme eğilimi ve aralarındaki çekim kuvveti eksikliği gibi iki üstün özelliğe sahiptir (Naschie, 2006).

Çelik malzemelerde nanoteknolojinin en yaygın kullanımı, çelik malzemelerin üretimine farklı nanopartiküller ekleyerek farklı özelliklere sahip çelik



malzemeler elde etmektir. Bu şekilde elde edilebilecek bazı özellikler arasında çeliğin sertliğinin artırılması, korozyon direncinin ve mukavemetinin artırılması, manyetik özelliklerin geliştirilmesi, aşınma direncinin artırılması ve yüksek veya düşük sıcaklıklarda mekanik özelliklerin geliştirilmesi bulunmaktadır. Örneğin, bakır (Cu) nanopartiküllerin eklenmesi; çeliğin yüzey pürüzlülüğünü ortadan kaldırır ve mukavemetini artırır. Konutlar, köprüler, vb. gibi birçok fonksiyonda kullanılan nanoteknik çelikler, geleneksel çelik malzemelere göre 3 kat daha dayanıklı olduğu gibi korozyon açısından da 5 kat daha korozyona ve geleneksel çelik malzemelere göre 3 kat daha dayanıklıdır. Nanoteknoloji, mikro boyutlardaki liflerin birbirine bağlanmasının kontrol edilmesi ve nano boyutlarda nanofiber bağlantıların yapılması gibi ahşap malzemelerin yapısal performansını ve kullanılabilirliğini geliştirme fırsatı sunmaktadır. Ayrıca nanokatalystler aracılığıyla kendi kendini temizleyen ahşap yüzeyler; Nanosensörler ile kalıp, çürüme ve termitleri tespit etmek ve ahşap malzemeleri daha işlevsel hale getirmek mümkündür. Ahşap malzemelerin yapısal sistemlerde kullanılması ile ilgili en önemli sorunlardan biri çürümedir. Çürümeyi önlemek için geleneksel ahşap malzemelere basınç uygulaması uygulanır, ancak uygulama sırasında kullanılan metalik tuzların insan sağlığı ve çevre üzerinde olumsuz etkileri vardır. Nano ölçekli, ahşap lifler arasında organik bileşenlerle doldurulmuş plastik kapsülleri birleştirerek, bakteri, mantar, yosun, küf veya maya içeren mikroorganizmaları kontrol eden veya öldüren çevre dostu ahşap malzemeler üretilir. Ayrıca, inşaat sistemlerinde kullanılan ahşap elemanlar, ahşap malzemenin enjekte edilen zeolit kristalleri ile nano ölçekte ahşabın moleküler yapısını değiştirerek bir güneş enerjisi depolama ortamına dönüştürmektedir. Karbon nanotüpler ve nanoclay parçacıkları, ahşap malzemelerin sertliğini ve mekanik özelliklerini geliştirmek ve yeni

nesil kereste elde etmek için kullanılabilir (Niroumand, 2012).

Nanoteknoloji, günümüzde yapısal sistemlerde kullanılan geleneksel malzemelerin (beton, çelik, ahşap) fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Geleneksel malzemeler üzerindeki nano boyutlu müdahaleler, makro boyutlardaki malzeme özelliklerini etkilemiş ve daha gelişmiş özelliklere sahip yapı sistemleri inşa edilebilir. Yakın gelecekte, tamamen nano malzemelerden (nanotüpler, nanofiberler, nanolevhalar) oluşan yapısal sistemler geliştirilmesi öngörülmektedir. Örneğin, araştırmacılar tarafından üretilen, çelikten çok daha yüksek gerilme mukavemetine sahip şeffaf nanotüpler, yapıların yapısal sistemlerini kendi başlarına oluşturacak niteliklerdir. Bu malzemelerle oluşturulacak yeni nesil nanoyapılar, yapı ile kabuk arasındaki geleneksel ilişkiyi ve düşüncüyü önemli ölçüde değiştireceği planlanmaktadır. Örneğin, çok ince karbon nanotüpleri aynı anda yapı, yapı ve kabuk fonksiyonları yapabilir ve geleneksel yapısal sistemler tamamen kaldırılabilir. Bu uygulama ile yapı sistemlerinde aydınlatma fonksiyonu da kurulabilir. Kısacası, yeni nesil nanoyapılı sistemler ile artık hayali olduğu düşünülen yüksek mukavemetli, düşük bakım gerektiren, düşük enerji tüketimine sahip bina yapıları ve yapısal sistemlere sahip sürdürülebilir yapılar mümkün olacaktır.

Nanokaplamalar; bir yüzey ya da bir boya ya da ince bir film şeklinde bir tabaka ile birleştirilmiş bir tabaka ile kaplanmış bir nanopartiküller içeren bir kaplamadır. Bazı durumlarda, nanopartiküller, arzu edildiği gibi yüzey özelliklerini geliştirmek için doğrudan geleneksel malzemelerin karışımlarına eklenebilir. Nano boyutta makro boyutlarda görülmeyen kimyasal ve fiziksel değişimler gözlenir ve yüzeydeki nano boyutlu parçacıkların muntazam hizalanmasıyla kaliteli kaplamalar elde edilebilir. Fonksiyonel nano kaplamalar istenilen özelliklerin sağlanması için kimyasal



hammadelerin oranlarının hesaplanmasından sonra cam, metal, seramik, beton, plastik gibi herhangi bir yüzeye uygulanabilir. Nanokompozitler, sağladıkları yüzey özelliklerini dikkate alarak, çeşitli yöntemlerle (daldırma, sprey vb.) malzeme yüzeylerine uygulanır. Bunlara örnek olarak; kendini temizleyen, kolay temizlenebilir, havayı temizleyen, yağışmayan, antibakteriyel, parmak izi olmayan, UV ışınlarının korunması, çizilmez ve aşınmaya dayanıklı malzemeler örnek olarak verilebilir (Silverman, 2014).

## 2.Sonuç

21. yüzyılın teknolojisi olarak kabul edilen nanoteknolojinin, iyileştirilmiş özelliklere ve / veya sınırlı performansa sahip geleneksel yapı malzemelerine sahip yeni yapı malzemelerinin (nanomateryaller, nanokompozitler) özelliklerini iyileştirebileceği görülmektedir. Gelişmiş fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere sahip olan nanomalzemeler, ekonomik, estetik, çevresel ve diğer avantajları nedeniyle günümüzde mimarlık alanında giderek önem kazanmakta ve tercih edilmektedir. Son 10 yılda gelişmiş ülkelerde nanomalzemeler kullanılmaya rağmen, ülkemizde kullanımları oldukça sınırlı ve büyük ölçekli bir uygulama henüz gerçekleşmemiştir. Nanomalzemelerin mimaride kullanım olanaklarını ortaya çıkarmak amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar iki başlık altında toplanmıştır.

### 2.1.Genel Sonuçlar

Yapısal çalışmaların literatür arama kısmındaki genel sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Nanoteknoloji yeni bir endüstri ve enformasyon devrimi olarak damgalanacak ve yakın gelecekte bir ülkenin nanoteknolojisinin seviyesinin o ülkenin iktidarının bir işareti olabileceği ve geleceğin dünyasının tartışıldığı düşünülmektedir.

- Nanoteknolojinin öncelikle biyoteknoloji ve malzeme alanlarında gelişmesi bekleniyor. Malzemeler alanındaki gelişmeler de mimariyi etkileyecektir. Günümüzde uygulanmakta olan ve önümüzdeki yıllarda uygulanacak olan nanoteknolojik malzemelerin kullanımı, yapılarda daha hafif, daha dayanıklı ve daha büyük açıklıklara ulaşabilen sistemler oluşturmak için mimarlarda kullanılabilir.

- Nano ölçekli kaplamalar malzeme yüzeyine farklı işlevler sağlayacaktır. Isı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi, nano boyutlarda enerji verimli sistemlerin oluşturulması ve kaynakların verimli kullanılması gibi.

- Nanoteknoloji ve nanomateryallerin kullanımı fotovoltaik akülerin verimini artırılarak parklarda,dinlenme alanlarında, otobüs duraklarında ampüllerin çalıştırılması ile aydınlatma sağlanması

- Nanomalzemelerin kullanımı ile konvansiyonel malzemelerle çözülemeyen birçok problem çözülebilir hale gelecek. Çünkü, nanoteknoloji alanındaki araştırmaların sürmesi, yüksek maliyetler, nanometre boyutunda üretim yapılması ve bu ölçeğin gözlenmesi kolay olması, özel üretimin gerekliliği, muayene ve onarım yöntemleri, onarım ve muayene işlemleri için yeterli teknik personel olması uzun zaman olmuştur.

- Nanomalzemelere ilişkin standartların henüz tam olarak gelişmemiş olması gibi potansiyel riskler, nanoteknolojinin sorgulanmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasıyla gelecek yıllar nanoteknoloji ile şekilleneceği düşünülmektedir. Tıp, eczacılık, kimya, biyoloji, fizik gibi disiplinlerin yanı sıra mimarideki nanoteknoloji, önemli değişimlere yol açacak ve geleceğin mimarisini şekillendirmede aktif rol oynayacaktır.

### 2.2.Nanomalzemelerin Mimarlıkta Kullanımı İle İlgili Sonuçlar

Nanomalzemeler, 21. yüzyılın başından beri inşaatta kullanılmıştır. Geleneksel malzemelere göre çok daha gelişmiş özelliklere sahip olan nanomalzemelerin kullanım olanaklarını araştırılmıştır. Bucaraştırmalar, aynı zamanda, yapılarda nanomalzemelerin kullanımına ilişkin genel durumu yansıtmaktadır.

- Bugün, nanoteknoloji geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu alanların başında madde bilimi gelmektedir. Bu nedenle, nanoteknoloji mimarisinin etkisinin madde bilimindeki gelişmelere bağlı olarak artacağı beklenmektedir. Nanomalzemeler farklı fonksiyonel yapılarda kullanılabilir ve genellikle konut yapıları için tercih edilir.
- Yollardaki nanomalzemelerin kullanımı, 21. yüzyılın başından beri artmaktadır. Nanomalzemeler yeni inşa edilen yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, yenileme / restorasyon çalışmaları geçiren yapılara da uygulanmaktadır.
- Nanomalzemeler çoğunlukla kaplama uygulamaları için kullanılır. Nanomateriyaller ayrıca yapı, ısı yalıtımı ve fotovoltaik panel uygulamaları için tercih edilir. İki boyutlu (2-D) ve üç boyutlu (3-D) nanomalzemeler ve ayrıca sıfır boyutlu (0-D) nanomateriyaller binalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek boyutlu nanomalzeme doğru devam etmekte, ancak bu tür nanomalzemeler henüz seri olarak üretilen ürünlere dönüştürülmemiştir.
- Nanomalzemeler, bina cephelerinde en çok boyave kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.
- Nanomalzemeler genellikle kendi kendini temizleyen özelliklere sahip yüzeyler oluşturmak için kullanılır. Nanomalzemeler genellikle ince film kaplamaları şeklinde kullanılır. Nanoteknoloji tarafından geliştirilen nanomalzemeler, farklı nanoyapılardaki gelişmiş özelliklerini kazanırlar. Nanomalzemeler kullanım alanlarına göre farklı uygulama özelliklerine sahiptir. Genellikle yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım ilkeleriyle inşa edilen yapılarda kullanılırlar. Gelişmiş özellikleri

sayesinde, nanomalzemeler geleneksel malzemelerle çözülemeyen uygulamaları mümkün kılar.

### 3.Kaynakça

- Akyol Altun, D., Köktürk, G. (2007). *Will Utopias Be Real? Microtechnology and Living Architecture*, Livenarch III, Contextualism in Architecture, 3rd International Congress, Liveable Environments & Architecture, Proceedings Volume III, Karadeniz Technical University, Department of Architecture, July 5-7, 2007, Trabzon, Turkey, 961-972.
- Akyol Altun, D., Örgülü, B. (2014). Towards a Different Architecture in Cooperation with Nanotechnology and Genetic Science: New Approaches for the Present and the Future, *Architecture Research*, 4(1B), 1-12.
- Ashby, M. F., Ferreira, P. J., Schodek, D. L. (2009). *Nanomaterials, Nanotechnologies and Design: An Introduction for Engineers and Architects*, Butterworth-Heinemann Pub.
- Atwa, M., Al-Kattan A, Elwan A. (2015). Research Article Towards Nano Architecture: Nanomaterial In Architecture - A Review of Functions and Applications. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6, 3551- 3564.
- Bertolini, C., Crivellaro, A., Marciniak, M., Marzi, T., Socha, M. (2010). *Nanostructured Materials For Durability And Restoration Of Wooden Surfaces In Architecture And Civil Engineering*, WCTE.
- Demirkan, Ö. (2006). Mimarlıkta Strüktür Ve Süsleme İlişkisinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, G.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mehdinezhad, M., Nikbakht, H., Nowruzi, S. (2013). Application of Nanotechnology İn Construction Industry, *Journal Of Basic And Applied Scientific Research*, 3(8),509-519



Miralaei, M. (2015).The Influence of Nanotechnology over Redesigning and Improving the Elements of Architecture, *Afghanistan Quarterly*, 11(2), 131-143.

Niroumand, H., Zain, M.F.M., Jamil, M. (2012).*Advanced Materials Research*. 457-458, 354-357.

Niroumand, H., Zain, M.F.M. Jamil, M. (2013).The Role of Nanotechnology in Architecture and Built Environment, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 89, 10-15.

Naschie, M., S., E., (2006). Nanotechnology for the Developing World, *Chaos Solitons & Fractals*, 30, 4769-773.

Silverman J. (2014). Will nano flakes revolutionize solar energy.  
<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-tech/energyproduction/nano-flakes1.htm>.

Vural, N., Engin, N. (2012). Mimaride Nanoteknolojik Malzemelerin Kullanımı, *6. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, İstanbul.

Kent Akademisi