

## Atomik Boyuttaki Mühendisliğin Adı “Nanoteknoloji”

### The Name of Atomic-Size Engineering is “Nanotechnology”

**Mehtap Demir** 

Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Adıyaman, Türkiye

\* Corresponding author: mehtapdemir@adiyaman.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 15.08.2024  
Kabul Tarihi / Accepted: 19.09.2024

Derleme Makalesi/Review Article  
DOI: 10.5281/zenodo.13979882

#### ÖZET

Nanoteknoloji, metrenin milyarda bir boyutlarındaki malzemelerin endüstriyel amaçlarla atomik, moleküler ve supramoleküler boyutlarda üretimi ve kullanımınıdır. Bu boyuttaki malzemeleri üretmek ve aktif olarak kullanabilmek ve ayrıca değiştirmek yüzyılın başarısıdır. Uluslar üzerinde büyük ve önemli bir etkiye sahiptir. Nano cihazların üretilmesi ile insanlığın biyolojik sistemlerini moleküler boyutlarda gözlemeler, yeni umut verici tedavi yöntemleri bulmak ve uygulamak, yeni malzemeler üretmek, var olan malzemeye yeni işlevler eklemek, nano boyutta elektronik ve bilgisayar teknolojileri geliştirmek, çevre dostu enerji üreten malzemeler geliştirmek, uluslar için büyük öneme sahip olan askeri ve savunma sektöründe çağı yakalamak ve çağın gerisinde kalmamak, tarım, gıda, sağlık ve akla gelebilecek birçok sektörde yeni ve umut verici gelişmeler mümkün olmuştur. Bu çalışmada nanoteknolojinin var oluşu, önemi ve uygulamalarından bahsedilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, nanomalzeme, nanobilim.

#### ABSTRACT

Nanotechnology is the production and use of materials in the dimensions of one billionth of a meter for industrial purposes at atomic, molecular and supramolecular dimensions. Producing and actively using materials of this size and also changing them is the success of the century. It has a great and important impact on nations. With the production of nano devices, it has been possible to observe the biological systems of humanity at molecular dimensions, to find and apply new promising treatment methods, to produce new materials, to add new functions to existing materials, to develop electronic and computer technologies at nanoscale, to develop environmentally friendly energy-producing materials, to catch up with the age and not to lag behind the age in the military and defense sector, which is of great importance for nations, and to make new and promising developments in agriculture, food, health and many other sectors that come to mind. This study discusses the existence, importance and applications of nanotechnology.

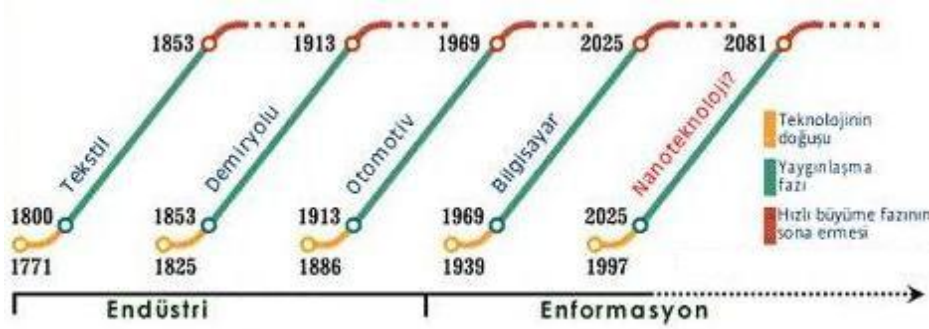
**Keywords:** Nanotechnology, nanomaterials, nanoscience.

#### GİRİŞ

“Küçük yaşlı adam veya cüce” anlamına gelen, Yunanca nanus kelimesinden türeyen nano kelimesi ile bilimsel metotların ticaret ile buluşması olan teknoloji kelimesi birleşince nanoteknoloji kelimesi ortaya çıkmıştır. İlk olarak, Tokyo Üniversitesi’nde Norio Toniguchi tarafından, 1974 yılında, kullanılan nanoteknoloji kelimesi [1] fikir olarak, ünlü fizikçi Richard Feynman tarafından, 1959 yılında "Aşağıda daha çok yer var" başlıklı konuşmasında dile getirilmiştir. Böylece "Görebildiğim kadarıyla fiziğin ilkeleri tek tek atomları hareket ettiremeyeceğimize dair bir şey söylemiyor. Bu herhangi bir kanuna aykırı değildir. Prensipte yapılabilecek bir şeydir. Fakat pratikte yapılamıyor çünkü biz çok büyüğüz." sözleri ile nanoölçekte yapılabilecekleri öngörmüştür. Feynman, bu

konuşmasında, atomları ve molekülleri kontrol edebileceğimizi, bunu yapabilmek için de yeni aygıtlara ihtiyacımız olduğunu söylemiştir. Atomik seviyede, yer çekimi kuvvetinin öneminin azalacağını, Van der Waals gibi zayıf kuvvetlerin öneminin artacağını da belirtmiştir. Bu öngöründen 20 yıl sonra, tarama tünelleme mikroskobu ile atomları bir yüzey üzerinde hareket ettirmek mümkün oldu. Çok bilinen karbon nanotüpler ise 1991 yılında keşfedildi. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), 2000 yılında Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'ni kurarak bu alandaki araştırmaları sistemli bir şekilde yürütmeye başladı. ABD'nin nanoteknolojiye yatırım yapması sonucu tüm Dünya'nın birçok ülkesinde nanoteknoloji araştırmaları başlamış oldu.

Böylelikle insanoğlunun zaman tüneline geçirdiği teknolojik köklü değişimler zincirine bir yenisi daha eklendi [2]. Buharlı makine, raylı sistem, otomotiv, bilgisayardan sonra nanoteknoloji de yeni teknoloji köklü değişimini adresledi. Şekil-1'de gösterildiği gibi, 1997'de ilk evrelerinin yaşandığı 2000 yılında ABD ve Avrupa'nın gündemine aldığı nanoteknoloji için ülkeler yatırımlarını arttırdı. Avrupa Birliği çerçeve programları içinde de bu teknoloji önemli yer tuttu. ABD kaynaklı nano ürünlerin başı çektiği dünyada, küresel nanoteknoloji pazarının 2015 yılında 1,1 trilyon dolar olduğu gözlemlendi, 2025 ve 2081 döneminde de nanoteknolojilerin yaygınlaşma evresine geçeceği düşünülmektedir.



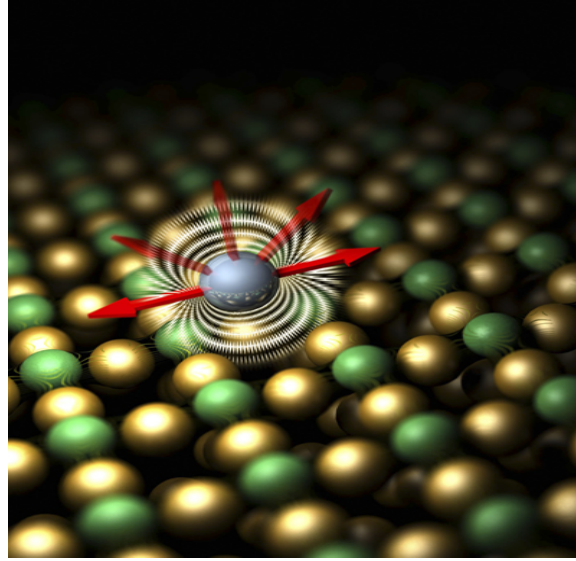
Şekil 1. 19. yüzyıldan günümüze çığır açan sanayi evreleri [3].

Ulusal nanoteknoloji politikaları geliştirilirken, nano teşvik yasaları çıkarılmaktadır. Teknoloji yarışında geri kalanlar için de nanoteknoloji, doğru adımlar izleyerek araştırma yapıları ve mekanizmalarını oluşturabilenler için yeni bir fırsat kapısı aralamaktadır [4]. Türkiye'de de başta TÜBİTAK olmak üzere nanoteknoloji odaklı araştırma merkezleri bu alanda faaliyetlerini sürdürürken, tekstil ve boya sektörü ağırlıklı olarak 70 Türk şirketi, nano teknolojiyi ürünlerinde kullanmaktadır [4]. Üniversiteler bünyesinde çok sayıda araştırma merkezinin faaliyet gösterdiği ve Bilkent Üniversitesi'ndeki Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nin (UNAM) hayata geçtiği nanoteknoloji alanında, Sabancı Üniversitesi bünyesinde de bir araştırma merkezi kurulmuştur. Bu merkez, zamanında, Sabancı Vakfı ve Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından karşılanan 50 milyon TL'lik yatırımla hayata geçirilmiştir [4].

## NANOTEKNOLOJİ

Nanoteknoloji, var olan teknolojilerin daha ileri düzeyde hassas ve küçük ölçeklendirilmesine bağlı olarak hızla ortaya çıkan teknolojilerdir. Hızla ortaya çıkan teknolojiler olmasının sebebi, kendi üretim araçlarını kendileri yeniden üretebilmektedir. Geleceğin dünyasında, söz sahibi bütün uluslar,

geleceğimizi şekillendirecek ve kontrol edecek bu teknolojileri geliştirip ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürmekte yetkinlik kazanabilmenin peşindedirler.



**Şekil 2.** Nano ölçekte atomlar arası etkileşimin bir gösterimi.

Maddeler üstünde, 100 nanometre ölçeğinden daha küçük boyutlarda gerçekleştirilen ölçüm, işleme, düzenleme ve modelleme gibi çalışmalar olarak nitelenen nanoteknoloji insanlara atomik ölçekte maddeye müdahale gücü ve kabiliyeti kazandırmıştır. Bir nanometre (1 nm), metrenin milyarda biridir. Çevremizde çıplak gözle baktığımız makro âlemde çoğunluk metre boyutundadır. Daha küçük boyutlara indiğimizde milimetre, sonra mikrometre ile ölçeriz.

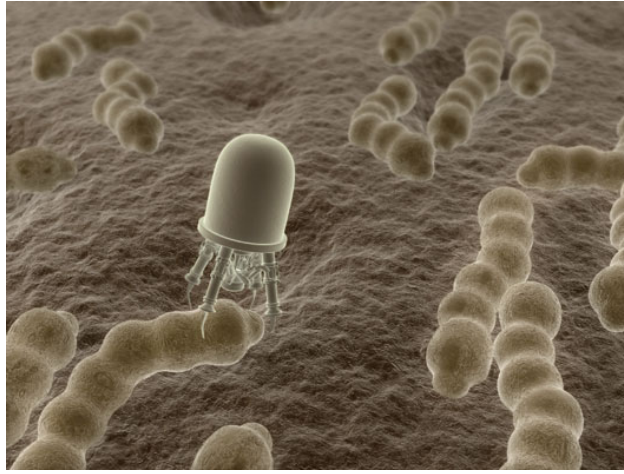
Mikrometre metrenin milyonda biridir. Sonraki ölçek nanometredir. Günümüz teknolojisi ile 1nm ve 10 nm arasını aygıtlar vasıtasıyla anca görebilmekteyiz. Çok çok ileriki zamanlarda, kim bilebilir belki de piko ölçeğinde görüntüleme ve üretme şansı bulacak insanlık ve belki de nanoteknoloji değil de pikoteknoloji konuşulacak...

Nanoteknoloji, atomları tek tek kullanarak, yalnızca çalışan değil, iş gören, makro dünyada olmayan niteliklere sahip cihazların üretilmesini ve kullanılmasını amaçlayan bir bilimdir. Başka bir ifade ile amacı, var olan teknolojiyi nano seviyeye indirmeye çalışmak değil, makro ve mikro düzeyde uygulanabilirliği olmayan olayları nano seviyede başarmaktır. Bu teknoloji ile elektronik dünyası minyatürleşmektedir. Çoğunlukla, nano ölçekte atomlar arası etkileşimin ve kuantum mekaniksel özelliklerin etkin olduğu cihazlarla ilgilenen *nanoelektronik*, nanoteknolojinin elektrik alanındaki uygulamalarına verilen genel isimdir. Nanoteknoloji birçok alanı kapsayan bir bilim dalıdır. Aygıt fiziği, malzeme bilimi, elektronik, kimya, biyoloji gibi dallardan bilim araştırmacıları, nanoteknoloji çalışmaları yapmaktadır. Atomik ölçek sınırlarına inildikçe, bilim dalları da multidisipliner çalışmalar yapmak zorunda kalmış bilimler bir anlamda ortak bir noktaya yaklaşmışlardır.

Nanoteknoloji, hayata geçirildiği sürece hemen hemen tüm sektörlerde ve toplumun her alanında önemli bir yere sahip olacaktır. Bu yeni teknoloji özellikle askeri uygulamalar ve tıp teknolojisinde çığır açmaktadır. Öyle ki insan vücudunda dolaşan, kanser hücrelerini geç olmadan bulup imha eden tıbbi bir cihaz veya çelikten oldukça hafif ama on kat daha güçlü malzemeleri üretilmesidir. Örneğin, nanorobotlar geliştirilmektedir (Şekil-3). Günümüzde, hastanelerde kullanılmaya başlanmış olan ve sindirim sistemini inceleyen endoskopik mikro-kapsülleri, robot olarak geliştirilmiştir. Ayrıca ulusal güvenliği ilgilendiren yeni savunma sistemlerinin geliştirilmesine *nanomalzeme* damgasını vuracaktır. Büyük ve gelişmiş devletler, savunma sanayinin gelişmesi adına bu çalışmalara oldukça

yüksek paralar aktarmaktadır. Nano esaslı projeler arasında, bir hafta uykusuz kalabilmesine rağmen yüksek performansından hiçbir şey kaybetmeyen süper askerler, insansız uçabilen ve arıza yaptığında kendini tamir edebilen uçaklar gibi projeler de yer almaktadır.

Nanoteknoloji sayesinde, üzerimize giydiğimiz giysilerin veya evlerimizdeki koltukların kirlenmemesi ve ıslanmaması mümkündür. Otomotiv sektörünün en elzem sorunlarından biri olan araçların üzerindeki boyaların çizilmesi ve kaportalarının aşınması sorunu da nanoteknoloji sayesinde çözülebilmektedir. Birden fazla pencereye sahip olan ve temizlenmesi zorlu olan dış cepheler kendi kendini güvenli ve kolay bir şekilde temizleyebilmektedir. Ahşap ve beton yapılar sudan, nemden veya kirden etkilenmeyebilmektedir. Hiçbir şekilde üzerinde su, yağmur, çamur ve kir barındırmayan Lotus çiçeğinden esinlenerek hayata geçirilmiş nanoteknolojik koruma sistemleri ile elde edilen bu sonuca, *lotus etkisi* denilmektedir.



**Şekil 3.** Bir nanorobotun gösterimi.

Nanoteknoloji, inşaat sektöründe de oldukça önemli bir yer edinmiştir. Nanoteknoloji uygulamaları kullanılarak yapılan zemin-beton kaplaması, mineral kökenli zeminlerin zarar görmelerine, aşınmalarına ve kirlenmelerine karşı daha dirençli ve korunabilir olmasını sağlamaktadır. Bunların dışında, mezar taşlarının ve heykellerin kirlenmesi ve renklerinin değişmesi de kaplama sayesinde engellenebilmektedir. Adıyaman'daki kültür varlıkları da başta Nemrut Ören Yeri olmak üzere, nanoteknoloji ile üretilmiş kumaş kullanılarak hazırlanan kılıflarla korunmaktadır.

Ne kadar sonra olacağını tahmin edemsek de bu teknoloji ile görme engellilere görebilme, işitme engellilere duyabilme, felçlilere hareket edebilme şansı verilebilir. AIDS ve diyabet gibi kronik veya ölümcül hastalıklar tedavi edilebilir. İşlemez hale gelmiş, fonksiyonunu kaybetmiş organların yerine yeni organlar geliştirilebilir. Çevresel kirlenme ile yaşayan dünya daha temiz bir hale getirilebilir. Yeşile dost yeşil enerjiler üretilebilir ve kullanılabilir. Bakterilerden küçük *nanobilgisayarlar* üretilebilir. Binlerce kitap bir küp şekerin içine depolanabilir.

## **NANOTEKNOLOJİ ETKİLERİ**

Nanoteknolojinin en belirgin etkilerinden biri, elektronikteki gelişmelerdir. Nanoteknoloji, yüksek performanslı bilgisayarların, cep telefonlarının, tabletlerin ve diğer cihazların üretiminde kullanılır. Nanoteknolojinin bu alandaki önemli etkisi, yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerdir. Bu, daha hızlı ve daha küçük işlemcilerin üretilmesine olanak sağlar. Ayrıca, nanoteknoloji, daha dayanıklı ve daha güvenilir malzemelerin üretiminde de kullanılır.

Nanoteknoloji, birçok endüstride kullanılan bir teknolojidir ve günlük hayatımızın birçok alanında etkilidir. Elektronik, tıp, gıda endüstrisi, enerji, malzeme bilimi, temizlik ve hijyen ve giyim gibi birçok endüstri, nanoteknoloji sayesinde yeni ürünler ve çözümler geliştirmekte ve mevcut ürünlerin daha iyi hale getirilmesine yardımcı olmaktadır.

Nanoteknoloji, enerji üretiminde ve depolamada da kullanılır. Örneğin, güneş pilleri, nanoteknoloji sayesinde daha verimli hale getirilir. Ayrıca, nanoteknoloji, enerji depolama cihazlarının kapasitesini artırır ve daha hızlı şarj olmalarını sağlar.

Nanoteknoloji, gıda endüstrisinde gıdaların korunması için kullanılabilir. Nanomalzemeler, gıdaların daha uzun süre taze kalmasını sağlar ve gıdaların bozulmasını önler. Ayrıca, nanoteknoloji, gıdaların vitamin ve mineral içeriğini arttırmak için de kullanılır. Örneğin, nanoteknoloji kullanılarak, süt ürünlerine D vitamini eklenebilir.

Nanoteknoloji, enerji üretiminde ve depolamada da kullanılır. Örneğin, güneş pilleri, nanoteknoloji sayesinde daha verimli hale getirilir. Ayrıca, nanoteknoloji, enerji depolama cihazlarının kapasitesini artırır ve daha hızlı şarj olmalarını sağlar.

Nanoteknolojinin malzeme bilimindeki etkileri de oldukça büyüktür. Nanomalzemeler, daha güçlü, daha dayanıklı ve daha hafif malzemelerin üretiminde kullanılır. Örneğin, nanoteknoloji kullanılarak, uçak ve araba parçaları gibi birçok endüstride kullanılan malzemeler daha hafif ve daha güçlü hale getirilebilir.

Nanoteknoloji, temizlik ve hijyen ürünlerinde de kullanılır. Örneğin, nanoteknoloji kullanılarak, antibakteriyel özelliklerin sağlandığı temizlik ürünleri üretilebilir. Ayrıca, nanoteknoloji, koku önleyici ürünlerin üretiminde de kullanılır.

Nanoteknolojinin giyim endüstrisindeki etkileri de oldukça büyüktür. Nanomalzemeler, giysilerin su geçirmez, leke tutmaz ve antibakteriyel özellikler kazanmasını sağlar. Ayrıca, nanoteknoloji kullanılarak, güneş ışınlarından koruyan giysiler üretilebilir [5].



**Şekil 4.** Nanoteknoloji kullanılarak elde edilmiş bir tekstil ürünü.

Nanoteknoloji savunma alanında, mevcut askeri uygulamalarının çeşitliliği, artan Ar-Ge seviyesi, artan talep ve mevcut pazar etki derecesi göz önüne alındığında, kilit teknoloji alanlarından biri hâline gelmiştir. Bu nedenle, yarınlarda askeri yetenekler üzerinde dikkate değer bir etkisinin olacağı aşikârdır. Nanoteknolojinin savunma alanında kullanılması ile birçok zorluk ortadan kalkabilecektir. Bu alandaki nanoteknoloji uygulamaları üzerine yapılan araştırmalar, çoğunlukla optik sistemlerde olmak üzere; nanomakineler, robotik sistemler, akıllı malzemeler, minyatür ve akıllı silah sistemleri, artırılmış gerçeklik uygulamaları, insan hafızasını artırıcı bellekler, askerin performansını artırıcı ilaç ve dış iskelet sistemleri, nanoelektronik, zırh teknolojisi, akıllı giysi, biyo uyumlu protez ve implant,

yapay doku-organ-kas uygulamaları, kuantum bilgisayarlar ve iletişim sistemleri üzerine artış göstermektedir[6].

Otomotiv endüstrisinde de nanomalzemelerden yararlanılmaktadır. Nanomalzemelerin kullanımında öncelik, araç, emniyet ve güvenliğidir. Ayrıca araç ağırlığının hafifletilmesi, yüksek dayanıklılık ve esnek yapılar oluşturulması da öncelikler arasında sıralanabilir.

Otomotiv endüstrisi, büyüme, gelir, iş yaratma ve inovasyon açısından ekonomiyi canlı tutan endüstri kollarından biridir. Bu nedenle nanoteknolojik gelişmeleri de yakından takip etmektedir. Nanoteknoloji, otomotiv endüstrisinde üretim ve yenilikçi düşünce için önemli bir alandır. Bu alanlar aşağıda sıralanmıştır [7]:

- Daha hafif ve sağlam malzeme,
- Yakıt verimliliği,
- Araç emniyet ve güvenliği,
- Motor verimi (katalistler, yakıt katkıları ve oto yağları ile),
- Çevre dostu gelişimler (hidrojen, yakıt hücreleri),
- Gelişmiş ve daha da küçük elektronik sistemler ve sensörler.

Nanoteknoloji, günlük hayatımızın birçok alanında etkilidir ve birçok endüstride yeni ürünlerin geliştirilmesine ve mevcut ürünlerin iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır. Ancak, kullanımıyla ilgili bazı riskler de vardır ve bu nedenle, nanoteknolojinin kullanımı ile ilgili güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir.

## **NANO MALZEMELER İÇİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ**

Mevcut potansiyeli ile çığır açan nanoteknoloji, doğru finanse edilen ve çok hızlı yayılan bir çoklu (multi) disiplin olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle gelişmiş ülkeler, nanoteknolojinin önemini ve getireceklerini kavramış, bu sebeple, bu alanda gayretlerini yoğunlaştırarak bir yandan bütçelerinden büyük paylar tahsis etmiş bir yandan da ulusal nanoteknoloji araştırma birimlerini kurup nitelikli personel yetiştirilmesi için adımlar atmışlardır. Bu alandaki mevcut durumun tespiti ve var olan eksikler giderilmesi ve ayrıca gerekli iyileştirmelerin yapılması için Kamu-Sanayi-Üniversite arasındaki sinerji artırılarak, nanoteknoloji alanında kümelenme sağlamışlardır.

Nanoteknoloji, teknoloji yarışında geri kalan uluslar için büyük fırsattır. Uluslar, geri kalınmışlığın dışında bu teknoloji ile zaruri olarak tanışmak, sosyal ve ekonomik olarak önlemler almak, uygun yapı ve etkili mekanizmalar ve organizasyonlarla sahip olmaları gereken konumu korumak zorundadırlar [6].

Atomik boyutta malzemeler üretilirken, nano ölçekteki bu malzemeler diğer malzemelere göre daha uzun ömürlü, daha hafif, daha akıllı, daha sağlam ve daha az malzeme ile çoğu zaman daha ekonomik ve daha kullanışlı ve hiç artık oluşturmaması, nano malzeme üretimini diğer geleneksel üretim yöntemlerine göre üstün kılan yetkinliklerdir. Malzemelerin nano boyutlardan başlayarak imal edilmesi, geleneksel yöntemler ile elde edilenlere göre daha üstün ve farklı özelliklere sahip olmasını sağlar [8]. Bu malzemelerin sahip olduğu bu üstün ve farklı özellikler, endüstriyel sürece çığır açan değişimler ve yenilikler getirmektedir.

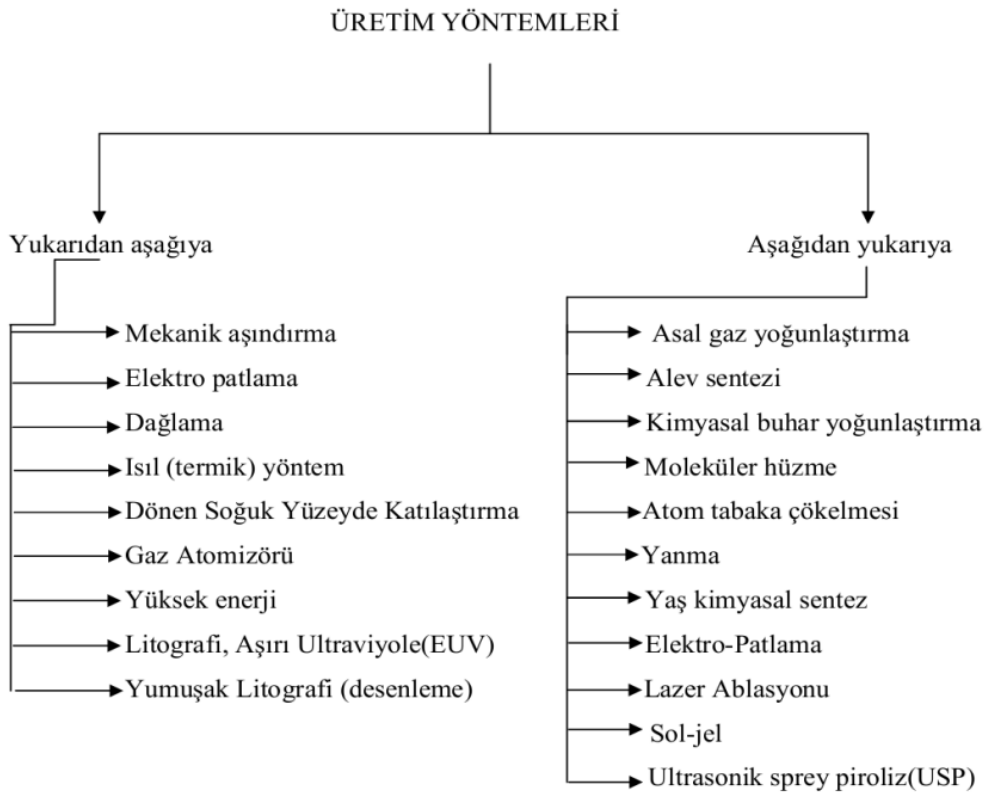
Boyut küçüldükçe yaşanan yüzey alanı artışı ve kuantum etkisi, malzemenin kimyasal, optik, elektriksel ve manyetik özelliklerini önemli ölçüde değiştirir [9]. Bu durum aynı girdi ile farklı özellikte ürünlerin imal edilmesine olanak tanır [9]. Nanoteknoloji ya mevcut malzemelere yeni bakış açıları getirebilmemize olanak sağlar ya da geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmesi olanaksız yeni

malzemelerin üretimine imkân verir [9]. Bu sayede, mevcut malzemelere yeni özellikler kazandırılmış ve işlemez malzeme işlenir hale gelmiş olur.

Nano malzeme ve yapı imalatında, iki genel yaklaşım vardır:

- Yukarıdan-aşağıya
- Aşağıdan-yukarıya

İlk yaklaşım olan yukarıdan aşağıya yaklaşımında, malzeme bütün halinde iken küçük parçalara ayrılır, özel işleme ve kimyasal aşındırma teknikleriyle, kusursuz yüzey şekillendirmeye, mikroskobik elementlerin yapısal boyutları, nanometre boyutuna indirilir. İkinci yaklaşım olan aşağıdan yukarıya üretim yaklaşımında ise malzeme, atom ve moleküllerin kimyasal reaksiyonlarla boyutça büyümesi sonucu sentezlenerek elde edilir [8].



**Çizelge 1.** Atomik boyuttaki malzemelerin üretiminde kullanılan esas yöntemlerin şeması [8].

## NANOKARAKTERİZASYON

Nano ölçekte malzemelerin özellikleri, makroskobik ölçekten farklılaşıp nano ölçğe yaklaştıkça yeni ve birbirinden farklı özellikler ortaya çıkar. Momentum, enerji ve kütle gibi iletim özellikleri artık sürekli değil kesikli olarak görülür. Benzer bir şekilde, optik, elektronik, magnetik ve kimyasal davranışlar artık klasik değil kuantum olarak tanımlanmaktadır. Böylece, maddeyi nanometre ölçğinde inceleyerek ve işleyerek yeni teknolojik aygıtlar ve malzemeler yapılmaktadır. Ayrıca bu yeni malzemeleri üretmek için kullanılan yeni nano ölçekte ölçüm yapabilen cihazlar da üretilmeye başlandı. Bunlardan biri olan Tarama Tünelleme ve Atomik Kuvvet Mikroskobu sayesinde maddenin yüzey üzerinde atomları iterek birbirlerinden ayırmak ve istenilen şekilde dizmek mümkün hale gelmiştir. Bütün bu gelişmeler, 19. yüzyılda dünyayı yeniden şekillendiren sanayi oluşumuna eşdeğer bir bilimsel ve teknolojik oluşum başlatmış olup elektronik, kimya, fizik, malzeme bilimi, uzay ve

hatta sağlık bilimlerini bir ortak arakesitte buluşturmuştur [10]. Nanoteknolojinin, bu yuzyilda insan hayatını etkilemesi ve dnyayı değiştirmesi beklenmektedir [11].

## **NANO ÖLÇEKTE KUANTUM BİLGİ İŞLEME**

Elektronik cihazların boyutlarının oldukça küçölüp nanometre boyutlarına inmesi, bilgi işlemede de yeni arayışları ve yeni anlayışları mecbur kılmıştır. Buna çözüm olarak, kuantum bilgi işleme ve kuantum bilgisayarların varlığı devreye girmiştir. Erişilebilecek yüksek bilgi işlem hızları ile yeni kuantum bilgisayarları, dünyada hemen hemen her gelişmiş ülkede, standart bilgisayarların yerini alacaktır.

On altı bitlik işlem kapasitesi olan bir kuantum bilgisayar, normal bilgisayarlar ile hesaplanması üç yüz yıl sürebilecek bir karmaşık hesabı bir ayda tamamlayabilecektir [10].

## **NANOTEKNOLOJİ, ENERJİ VE ÇEVRE**

Enerji üretimi, üretilen enerjinin depolanması ve verimli kullanılmasında nanobilimin uygulama alanları bulunduğu gibi çevresel kirleticilerin tespitinde ve temizlenmesinde de uygulamaları mevcuttur. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminde oluşan enerji verimi kayıpları fazladır. Ayrıca üretilen enerjinin bir yerden başka bir yere taşınması, depolanması ve kullanılması sırasında da enerji kayıpları yaşanmaktadır. Nanoteknolojinin sıralanan bu sorunlarla ilgili sunduğu yeni çözümler ile çalışmalar hızla devam etmektedir [7].

Enerji alanında gerçekleştirilen bir diğer gelişme yakıt pilleri ve pil ömürleri üzerine yapılan çalışmalarda görölmüştür. Araştırmacılar, pil ömrünü uzatmak için pillerin yapılarında nanoteller kullanmıştır. Kullanılan nanoteller ile yüzey alanı büyütölmüş böylece daha fazla depolama alanı sağlanarak daha fazla elektron transferi gerçekleştirilmiştir. Ancak yapılan çalışmalarda nanotellerin oldukça hassas olduğu tekrar şarj edilemediği gözlemlenmiştir.

Nanoteknolojinin çevre ile ilgili uygulamaları; sürdürülebilir ürünler, tehlikeli maddelerle kirlenmiş materyallerin iyileştirilmesi ve çevresel tehditler için sensör uygulamaları olarak incelenmekte, araştırmalar ve uygulamaları devam etmektedir.

## **NANOTEKNOLOJİNİN MEVCUT DURUMU**

### **Dünyada Mevcut Durum**

Uluslararası rekabet, ekonomileri, az enerji tüketerek katma değeri yüksek ürünlere yöneltmiştir. Bu nedenle bilim ve teknoloji kaynaklı yeni fikir ve buluşlara sahip girişimcileri desteklemek ulusal ekonomilerin öncelikli politikası olmuştur. Bu yönden bakıldığında nanoteknoloji, dünya ölçeğindeki sosyoekonomik faydaları, yeni iş imkânları ve katma değeri yüksek tüketim ürünleri sağlaması nedeniyle gelişmiş ülkelerin politika ve stratejilerinde önemli bir yere sahiptir. Yüzyılımızda, çağır açan bir dönemsel gelişme olarak görölen nanoteknoloji henüz emekleme aşamasındadır. 2025 yılında gelişimini tamamladıktan sonra hayatın her alanında yer alacağı beklenmektedir [7].

### **Türkiye' de Mevcut Durum**

Ölkemizde nanoteknoloji ile ilgili Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri-Vizyon 2023 Projesi düzenlenmiştir. Bu projede, nanoteknoloji, önümüzdeki 10-15 yıl sürecinde büyük, şaşırtan ürünler ve yeni pazarlar ile insan yaşamı ve ekonomide radikal değişiklikler sağlayacak bir alan şeklinde tanımlanmış ve bu amaçlar yönünde bir nanoteknoloji yol haritası hazırlanmıştır. Bu doğrultuda nanofotonik, nanoelektronik, nanomanyetizma, nanomalzeme, yakıt hücreleri ve enerji, nanokarakterizasyon, nanofabrikasyon, nano ölçekte kuantum bilgi işleme ve nanobiyoteknoloji



öncelikli faaliyet alanları olarak görülmüştür. Bu alanların her birinde politika, strateji ve hedefleri belirten yol haritaları oluşturulmuştur. Bu yol haritası, yetişmiş insan kaynaklarını sağlama, üniversite ve sanayiinin AR-GE altyapısını oluşturma, yasal düzenlemeleri sağlama, araştırma merkezlerinin sayısını arttırma, teknoparkların yaygınlaştırılması amaçlarını yerine getirmektedir.

## SONUÇ

Önemli olan bu gelişmelerin ne kadar yakın bir zamanda yapılacağı değil ulusumuzun bu yeni teknolojiye ne kadar hazır olabileceğimizdir. Ulusal refahımız ve güvenliğimiz için bu teknolojiye hazırlıklı olmalı ve bu tür konularda hem temel bilimlerden hem de teknolojik olarak ön sıralarda yer almalıyız. Bu teknolojiye sahip ülkelerin refah seviyesi, ekonomisi ve ulusal güvenliği çok daha güçlü konuma sahip olacaktır.

Zamanında sanayi ve mikroelektronik-enformatik köklü değişimlerini yakalayamamış ülkemiz için, nanoteknoloji bir son fırsattır. İvediyetle, TÜBİTAK ve benzeri ulusal araştırmaları destekleyen kuruluşların, bu kritik araştırmaları daha çok desteklemesi gerekmektedir. En önemli mevzu ise, Türkiye, bu fırsatı kaçırsa, aygıtlar, dedektörler, hızlı bilgisayarlar, uzay, uçak teknolojileri, tıp teknolojisi, gen terapi ve benzeri nanoteknoloji uygulamaları için bu teknolojiye hükmeden ülkelere büyük bedeller ödemek zorunda kalabilir.

## KAYNAKLAR

1. Taniguchi, N., (1974). On the Basic Concept of 'Nano-Technology, *Proc. Intl. Conf. Prod. London, Part II, British Society of Precision Engineering*.
2. <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1328.php>
3. Bilim ve Teknik Dergisi, (2006). Türkiye’de Nanoteknoloji, *TÜBİTAK*, Sayfa:2.
4. [http://www.tubitak.gov.tr/tubitak\\_content\\_files//vizyon2023/Vizyon2023\\_Strateji\\_Belgesi.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files//vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf)
5. <https://malzemebilimi.net/nanoteknoloji-gunluk-hayatimiza-etkileri.html>
6. Ergül, V., Çakır, S., (2023). Nanoteknoloji’nin Sektörel Uygulamaları, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 43(1): 1-22.
7. Özer, Y., (2008). Nanobilim ve nanoteknoloji: ülke güvenliği / etkinliği açısından doğru modelin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü*. Ankara.
8. Ateş, H., Bahçeci, E. (2015). Nano malzemeler için üretim yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 483-499.
9. Gupta, T., Jayatissa, A.H. (2003). Recent Advances in Nanotechnology: Key Issues & Potential Problem Areas. *Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences*, 28(1),124.
10. Nanoteknoloji Strateji Grubu, (2004). Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri, Vizyon 2023 Projesi., *TÜBİTAK*, Ankara.
11. Öndürücü, A., Bilgin, E., (2008). Nanoteknoloji, *Mühendis ve Makine*, Cilt: 48, Sayı: 586.