

Küçük Şeylerin Hikayesi: Nanomalzeme

Zülfü Tüylek*

İnönü Üniversitesi, Yeşilyurt MYO, Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Bölümü, Malatya

Öz

Bu makalede, bulunduğumuz 21. yüzyılda nanomalzeme üretimi esnasında uygulanan genel üretim yöntemleri üzerinde durulmaktadır. Üretim yöntemleri ile ilgili olarak, yukarıdan aşağıya doğru üretim yöntemleri (top down) ve aşağıdan yukarıya doğru üretim (bottom up) yöntemleri üzerinde durulacaktır. Nanomalzemenin tanımı üzerinde durulacaktır. Nanomalzemelerin elde edilmeleri esnasında yapılarında ne tür değişikliklerin meydana geldiği üzerinde durulacaktır. Elde edilen nanomalzemeler üzerinde çevreye olan etkilerini araştırmak amacıyla ilgili çalışmalarından bahsedilecektir. Üretimi uygun bulunan nanomalzemelerin üretilecek bir şekle dönüştürülmesi ve seri üretim aşamasına geçilmesinden bahsedilecektir. Nanomalzeme alanında yapılan çalışmaların tam olarak kullanılmaya başlanması ve hayata geçirilmesi ile ilgili bilgiler verilecektir. Nanoteknoloji ve nanomalzemeleri tanımlamakta ve üretim teknikleri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nano boyut, Nanomalzeme, Nanotel, Nanotüp, Nanoüretim

Story of Smallthings: Nanomaterial

Abstract

This article focuses on general methods used during the production of nanomaterials in the 21st century. With regard to production methods, it will focus on the down ward production methods (top down) and production methods below upwards (bottom up). It will focus on the definition of nanomaterials. It will focus on what kind of changes occurred in structure of nanomaterials when obtaining. On the resulting nanomaterial, in order to investigate the impact on the environment operation with respect to performing will be discussed. Nanomaterials found suitable for production converting a shape to be produced and the transition to the series production phase will discuss. The work done in the field of Nanomaterials to being used fully and information regarding the implementation will be given. It defines nanotechnology and nanomaterials, and information is gives about manufacturing techniques.

Keywords: Nanomanufacturing, Nanomaterials, Nanoscale, Nanotubes, Nanowire

* e-mail: zulfu.tuylek@inonu.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde kullanmış olduğumuz tüm malzeme ve aygıtlar büyük boyutlu yapılara sahiptirler. Bu büyük boyutlu yapılardan farklı ve daha üstün özellikler sergileyen nano yapıli malzemeler nanomalzeme olarak adlandırılmaktadır [2]. Nanomalzemeleri elde edebilmek için günümüzde kullanılan geleneksel üretim teknolojilerinden farklı olan üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla günümüzde nanoteknolojik alanda kullanılmak üzere farklı üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu farklı üretim yöntemleri sayesinde yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip yapılar elde edilmektedir.

Yapılan bilimsel ve teknolojik çalışmalarda öncelikli olarak doğada var olan yapılar incelenir. Elde edilen veriler doğrultusunda incelenen yapıların özellikleri hakkında bilgi elde edilmeye çalışılır. Ulaşılan veriler doğrultusunda ise daha geniş ve kapsamlı bir inceleme yapılır. Daha sonraki aşamalarda ise ihtiyaca göre yeni düzenlemeler, buluşlar ve icatlar sayesinde farklı yapıya sahip malzemeler elde edilir [7]. Bu düşünce doğrultusunda hareket edilerek doğal olarak tabiatta var olan birçok sistem incelenir. Bu incelemeler sonucunda elde edilen veriler sayesinde yeni nano yapılara ulaşılır [4].

Son yılların önemli bir çalışma alanı olması sebebiyle, nanomalzemeler ile ilgili yapılan çalışmalar hızlı bir gelişme göstermektedir. Bu gelişmelerin sonucu olarak daha sağlam, daha kaliteli, daha ucuz, daha uzun ömürlü, daha hafif ve boyutları daha küçük ürünler elde edilmektedir [2]. Nanomalzemelerin elde edilmesi çalışmalarında, nano boyutlarda işlemler yapabilmeyi önünü açabilmek için yeni geliştirilen ve geliştirilmeye devam edilen görüntüleme tekniklerinden yararlanılmaktadır [15].

2. Nanoparçacık Ne Demektir?

Nanoteknoloji alanında kullanılan malzemelerin boyutları 1-100 nm aralığındadır. Bu aralıkta bulunan ya da elde edilen yapılara nanoparçacık denilmektedir [11]. Nanoparçacıklar, nanoteknolojinin dolayısıyla nanomalzemenin temelini oluşturmaktadır. Nanoparçacıklar sayesinde elde edilen ürünler yeni teknoloji ürünü malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Boyutları çok küçük olan bu yapılar mekaniksel olarak malzemenin değişim göstermesi, iletkenlik özelliğinin değişmesi, yüzey özelliklerinde değişim olması, kullanım ömürlerinin uzaması, yüksek yüzey/hacim oranına sahip olması gibi farklı üstün özellikler sergilemektedirler [5]. Nanoparçacıkların üstün özellikleri, onların boyutlarının, kontrol edilebilir şekillerinin ve içyapılarının farklılık göstermesi sonucu ortaya çıkmaktadır [11]. Nanoteknolojinin gelişim gösterebilmesi ve yeni nanomalzemeler elde edilebilmesi için tek şart laboratuvar ortamlarında yeni nanoparçacıkların üretilmesidir. Nanoparçacıkların geniş bir kimyasal bileşim aralığında olmaları ve farklı özellikler sergilemeleri yeni yapılar üretilme imkânı sağlamaktadır. Nanoparçacıkların özelliklerinden faydalanarak; güneş kremleri, kozmetikler, koruyucu kaplamalar, lekeye dayanıklı kaplamalar, tekstil (Akıllı, su geçirmeyen, kırışmayan ve leke tutmayan giysiler), yüzey kaplamaları, antibakteriyel bandajlar, deterjan ve dezenfektanlar, nanorobotlar, kendi kendini temizleyen boyalar gibi 1000'in üstünde ticari nano ürün pazarlanmaktadır.

3. Nanomalzeme Ne Demektir?

Nano boyutlu atom parçacıkları, tabiatta doğal olarak bulunan karbon ve gümüş gibi homojen yapılardan meydana gelmektedir. Bu homojen yapıların nanomalzeme olarak tanımlanabilmesi için ise

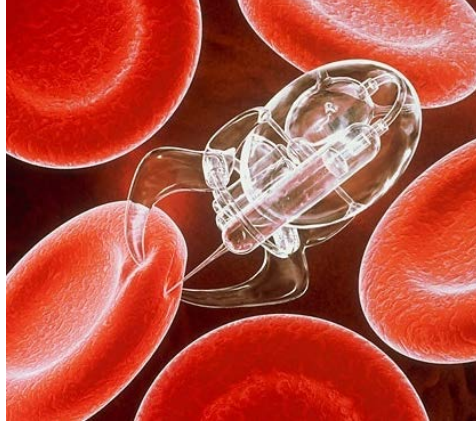
boyutunun nano mertebesinde yani 100 nanometreden küçük olması şarttır [1]. Atom boyutunda bulunan bu nano ölçekteki yapılar, nanoüretimde kullanılan malzemelerin farklı şekillerde düzenlenmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Malzemelerin atom ve molekül yapıları üzerinde yapılan değişiklikler sonucu elde edilen farklı yapılar işlevsel hale getirilerek nanomalzeme üretimi gerçekleştirilmektedir [2].

Nanomalzemeler, içyapılarına ve boyutlarına göre farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Nanomalzemelerin sınıflandırması yapılırken nasıl bir moleküler yapıya sahip olduğu ve boyutları göz önünde bulundurulur. Günümüzde kullanımda olan nanomalzemeler incelendiğinde, farklı boyutlarda elde edilen bu yapıların birçok özelliğinde değişimler meydana geldiği görülmektedir. Nanomalzemelerin içyapıları incelendiğinde, atomlarının son yörüngesinde bulunan serbest elektronların serbestlik derecesi malzemelerin boyutları üzerinde etkileyici bir rol oynadığı görülmektedir. Malzemelerin içyapıları, bu serbest elektronların hareket kabiliyetlerinin bir ölçüsü olarak değişime uğramaktadır. Eğer atomların son yörüngesindeki serbest elektronlar eksenel olarak üç yönde hareket edebilme kabiliyetine sahip ise katı maddeli (Üç boyutlu) yapılar elde edilir. Serbest elektronlar eksenel olarak iki yönde hareket edebilme kabiliyetine sahip ise iki boyutlu malzemeler elde edilir. Serbest elektronlar eksenel olarak tek yönde hareket edebilme kabiliyetine sahip ise bir boyutlu nanotel ve nanotüp gibi yapılar elde edilir. Serbest elektronlar, eksenel olarak sınırlanmış bir hareket edebilme kabiliyetine sahip değil ise sıfır boyutlu nanotop ve toprak gibi yapılar elde edilir [2].

Bilim adamlarının, nanoteknoloji ile üretim yapabilmek için üzerinde çalıştıkları üç temel adım bulunmaktadır.

1. Bilim adamları malzemelerin yapılarında bağımsız halde bulunan atomları tek tek kontrol edip istenilen noktaya getirilmesi için bir dizi çalışma yapmaktadırlar [8]. Laboratuvar ortamında nanomalzeme elde edilirken, sürekli hareket halinde bulunan atomların yakalanıp belirlenen noktaya taşınması gerekmektedir. Atomların çok hızlı hareket etmelerinden dolayı bu işlemi gerçekleştirmek oldukça zordur. Bu işlem esnasında ortaya çıkan zorlukları aşabilmek amacıyla kullanılan teknolojik aygıtların geliştirmesi çalışmaları yapılmaktadır.

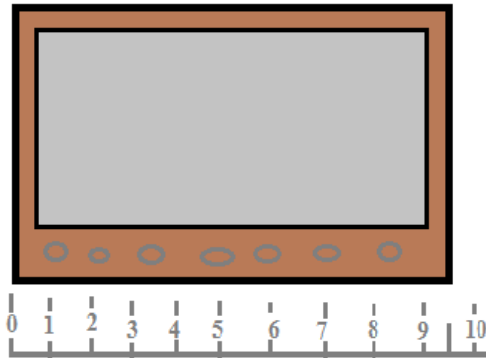
2. Bilim adamları malzemelerin atom ve moleküllerini istedikleri şekilde kontrol edebilmek için teknolojik alet yapımına yönelmektedirler. Kontrolün sağlanması için programlama özelliğine sahip makineler üretme çabası içerisine girmişlerdir. Yapılan bu çalışmalar sayesinde en uygun üretim sürelerine ulaşılmaya çalışılmakta ve fazla miktarlarda yeni ürünlerin üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda üretim esnasında çok fazla sayıda programlanabilme özelliğine sahip makinelerin kullanılması hedeflenmektedir [8]. Bu alanda yapılan çalışmaların en popülerleri tıp alanında karşımıza çıkmaktadır. Üretilen nanoteknolojik enjektörler sayesinde ilaçların, hedeflenen hücrelere ulaştırılarak hastalıklı bölgenin tedavi edilmesinde kullanılması sağlanıyor. Bu biyolojik robotlar damara verilir ve vücut taranır. Bu sayede yerinde teşhis ve tedavi yapılır.



Şekil 1. Damar içerisinde dolanan ve hücreler ile birebir temasta bulunan nanoteknolojik enjektör [18]

3. Bilim adamları elde edilen programlanabilir makinelerin geliştirilmesi için çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde yeterli sayıda elde edilen programlanabilir makineler kullanılarak programlanabilir çoğaltıcıların geliştirilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen programlanabilir çoğaltıcılar sayesinde var olan yapıların çoğaltılması ve kopyalanması daha kolay bir hale gelmiştir. Bu sayede kontrollü bir şekilde otomatik olarak belirli bir ürünün üretilmesi daha kolay bir hale gelmiştir [8]. Böylece günümüzde kullanılan geleneksel üretim yöntemlerine ait kalıplar değişime uğramaya başlamıştır. Bu yeni teknolojinin kullanılması sayesinde fazla miktarda üretim yapılabileceğinden üretim esnasındaki maliyetler azalacaktır.

Nano boyutlu parçacıklar ya da polimerler nanoteknolojinin yapı taşlarını oluşturmaktadır. Atomların birbirlerine tekrar tekrar eklenmesi ile oluşan polimerler bu çok uzun zincirli moleküler yapılar sayesinde elde edilirler [3]. Elde edilen bu yapılar nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalarda kullanılır. Nano boyutlu olarak elde edilen malzemeler fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak farklı özellikler kazanırlar. Nanoteknolojide kullanılan boyutların daha iyi bir şekilde anlaşılması için 9,5 cm nano boyutlu LCD ekran örnek olarak verilebilir. Üretilen nano yapılı LCD ekran renk ayrımı, görüntüleme açısı ve hızlı görüntü yenileme işlemleri gibi göz kamaştırıcı özelliklere sahiptir. Nano yapılı LCD ekranın boyutu ele alındığında günümüzde kullanılan ekran çeşitlerinin ne kadar kaba bir yapıya sahip olduklarının farkına varılır.



Şekil 2. Nano yapıya sahip LCD ekran

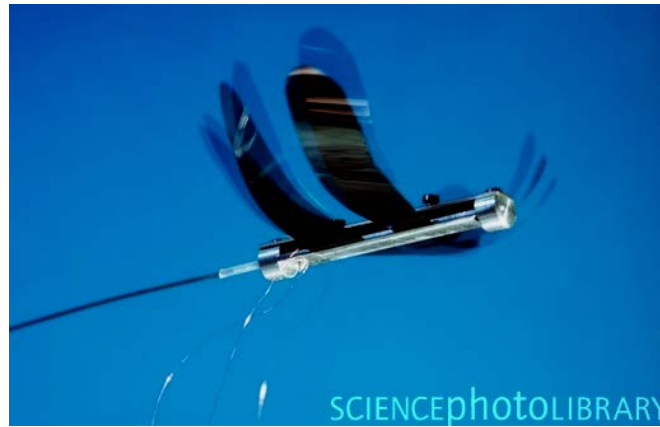
Nano boyutta elde edilen malzemelerin yapısal özelliklerindeki değişimlerin nedenleri iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır.

1. Nano boyutlu malzemelerde yüzey/hacim oranı çok büyük değerlere çıkmaktadır. Yüzey/hacim oranlarında meydana gelen değişim, malzeme yüzeyinde bulunan atom miktarının değiştirilmesi sonucu elde edilir [5]. Atom miktarlarında yapılan değişim miktarları sayesinde yüzey/hacim oranı değişikliğe uğrar. Bir malzemenin yüzeyinde bulunan atom miktarının değiştirilmesi aynı zamanda yüzey enerjisini de etkiler. Malzemenin yüzey enerjisinde meydana gelen değişim ise ergime sıcaklığının değişmesine neden olur. Yüzey/hacim oranındaki değişim, elde edilen malzemelerin laboratuvar ortamında kullanılmaya uygun hale gelmesine ayrıca yüksek saflık derecesine sahip kimyasal bileşiğe sahip olmasına neden olur. Günümüzde kullanmış olduğumuz malzemelerin yüzey/hacim oranları nanomalzemelere göre çok daha küçük değerlere sahip olmaktadır. Örneğin günümüzde leke tutmayan, su geçirmeyen, kendi kendini temizleyen ürünler oldukça ilgi görmektedir.



Şekil 3. Leke tutmayan nanoteknolojik yüzey kaplama malzemesi [19]

2. Nano boyutlu olarak elde edilen nanomalzemeler, boyutlarında meydana gelen değişim neticesinde farklı birçok yeni özellik kazanır. Kazanılan bu yeni nano özelliklerin bir araya gelmesi, elde edilen malzemelerin özelliklerine de etki eder. Sonuç olarak elde edilen yeni nano özellikler maddenin özelliklerine hâkim olmaya başlar. Ayrıca nano boyutlu malzemenin optik, elektrik ve manyetik özelliklerinde değişimler meydana gelir [5]. Bu nano boyuttaki yapılar elektronik alanı açısından oldukça kullanışlı olmaktadır. Günümüzde elektronik alanında kullanılan birçok nano robotlar hayatımıza girmişlerdir.



Şekil 4: Yusufçuk böceği örnek alınarak tasarlanmış nanoteknolojik robot [18]

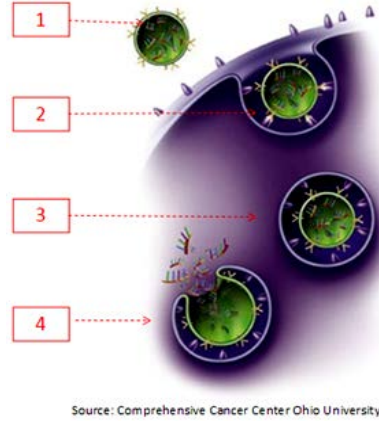
olarak bulunan nano yapılar kadar verimli bir çalışma ortamı oluşturamaz [4]. Doğada bulunan nano yapıların üretim, onarım, ayrıştırma ve taşıma gibi birçok özelliği sorunsuz bir şekilde çalışır. Bilim adamlarının elde ettiği nano yapılarda bu özelliklerin sorunsuz bir şekilde çalıştığı gözlenmez. Hatta bu yapıların canlılar üzerinde yan etkisinin olduğu ve canlıya zarar verebileceği düşüncesi hâkimdir. Nano yapıların küçük hacimli olması fonksiyonlarını verimli bir şekilde yerine getirmelerinde etkili olmaktadır. Laboratuvar ortamında elde edilen nano yapılarda sıcaklık artışı, mukavemette azalma ve sürtünme gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Canlı hücrelerde bulunan doğal nano yapılar ise problemsiz bir şekilde çalışmaktadır. Örneğin kendi kendini temizleme özelliğine sahip lotus çiçeği bunlardan sadece bir tanesidir. Lotus yaprağının yüzeyinde bulunan mikron ve nano seviyesindeki çukur ve tepecikli yapılar sayesinde, bitkinin yaprakları kesinlikle ıslanmaz ve kirlenmez. Severek yediğimiz şeftalinin tüylü yüzeyi de benzer özellik göstermektedir.



Şekil 6. Kendi kendini temizleyen lotus bitkisi [21]

Nano yapı olarak adlandırılan bu yapılar hayatımızın her evresine girerek hızla yaygınlaşmıştır. Nanoteknolojinin günümüzdeki uygulama alanları incelendiğinde tekstil, elektronik, tıp, inşaat, enerji, iletişim, savunma, uzay, otomotiv ve gıda gibi birçok sektör karşımıza çıkmaktadır [12]. Bu uygulamalardaki amaç daha hafif, daha dayanıklı ve daha ekonomik yeni ürünleri kolay bir şekilde üretimini gerçekleştirmektir. Uygulama alanlarını incelediğimizde tıp alanı en hayati uygulamalar içerisinde yer almaktadır. Bu uygulamalar sayesinde günümüzde çözüm bulunamamış birçok hastalığın teşhis ve tedavisinde yeni yöntemler geliştirilmiştir. Sağlık alanında yapılan nanoteknolojik çalışmalar sonucu elde edilen ilerlemeler sayesinde, hastalıkların teşhis ve tedavilerinde önemli ölçüde üstünlükler ve avantajlar sağlanacaktır. Artmış ilaç çözünürlüğü, parçalanmaya karşı koruma, toksik etkilerin azalması, uzatılmış etki, biyoyararlanım geliştirilmesi, farmakokinetik ve dağılım özelliklerinin düzenlenmesi ve hedefleme gibi avantajları bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalar sonucunda canlıların vücut yapıları tarafından büyük moleküllü partiküllerin dışarı atıldığı gözlemlenmiştir. Nano boyutlara indirgenmiş partiküllerin ise hücreler tarafından kabul gördüğü ve emiliminin gerçekleştiği görülmüştür.



Source: Comprehensive Cancer Center Ohio University

Şekil 7: Nano yapı ile ilaçların hücre içerisine alınması

Nanoteknoloji alanında elde edilen veriler doğrultusunda hücre içerisine nanopartiküllerin aktarılması sırasında yapılan işlemler şu şekilde sıralanmaktadır.

1. Biyo-uyumlu olan bir nanopartikül içerisine ilaç enjekte edilir.
2. Biyo-uyumlu zar yapısına sahip olan nanopartikül hedef hücre tarafından kabul görür ve etkileşim gerçekleştirmeye başlar.
3. Hücre tarafından emilen ilaç ortamdaki biyomoleküllerle etkileşime geçer.
4. En son olarak hücre içerisindeki nanopartiküller parçalanır ve ilaç serbest kalır.
5. Böylece hastalığın tedavi edilmesi işlemi başlamış olur.

5. Nanomalzeme Üretimi

Doğadaki doğal yapıların molekülleri bir bütün halinde bulunur. Doğal nanomalzemelerin yapısında bulunan kimyasal ve elektriksel bağlar sayesinde moleküller bir bütün oluşturacak şekilde bir araya gelir. Bu doğal yapıların molekülleri laboratuvar ortamında istenilen özelliklere uygun işlendiğinde nano boyutlu yapılar elde edilir. Bilim adamları laboratuvar ortamında nanomalzeme elde etmeye başlamadan önce sürekli olarak doğrulanmış gözlemleri temel alır. Bu gözlemler sonucu ulaşılan düşüncelere, tesadüflere ya da bunların karışımı olarak yapılan çalışmalara bakarak küçük boyutlu yapılara ulaşır [7].

Nano boyutta elde edilen nanomalzemelerle çalışmaya başlamadan önce fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Nanomalzemeler hakkında yapılan çalışmalar sonucu elde edilen bilgiler bu yapılara ait risklerin fark edilmesine imkân sağlar. Sağlanan faydalardan bir diğeri ise nanomalzemeler arasındaki benzerlik ve farklılık ölçütlerinin belirlenmesidir. Bilim insanları yapısal, biyokimyasal, fiziksel ve davranışsal özellikler sergileyen nanomalzemelerin ortaya koyduğu etkileri halen tam olarak tespit edebilmiş değildir [9]. Günümüzde nanomalzeme üretimi esnasında ortaya çıkan yan etkiler tam olarak bilinmediğinden olası yan etkiler tahmin edilememektedir. Canlı vücuduna yutma, solunum, gözler ve deri yoluyla geçmesi sonucu olası yan etkilerinin olabileceği düşünülmektedir. Nanomalzemelerin canlı sağlığı açısından riskli olan etkileri, vücut içerisine alınma şekli ve sistemler üzerindeki etkileri gibi konularda araştırma yapılmaktadır [14]. Yapılan çalışmalar sonucu bu alanda bulunan bilgi eksikliğinin azalacağı ve daha kapsamlı tehlike analizi yapılmasında yardımcı olacağı aşikârdır. Çalışma sonucu elde edilen kapsamlı tehlike analizi raporu sayesinde ileride yeni geliştirilecek

olan nanomalzeme üretim aşamalarına ışık tutacak nitelikte bilgi birikimi oluşması sağlanacaktır. Elde edilen yeni nanomalzemenin kimyasal yapıları farklı olacağından yeni yan etkiler ortaya çıkacaktır. Günümüzde mevcut olan malzemeler için kullanılan yaklaşımların nanomalzemeler için yeterli olmadığı açıktır. Nanomalzemenin ortaya çıkan etkilerini öğrenebilmek için yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla laboratuvar ortamında ya da yapay koşullarda kullanılan metotların geliştirilmesi gerekir. Geliştirilen bu yöntemler sayesinde elde edilen bilgiler canlı vücudunda oluşan işlevsel bozuklukların ve hastalıkların belirlenmesini sağlar. Elde edilen semptomların canlı üzerinde meydana getireceği gizli kalmış ya da henüz ortaya çıkmamış etkilerin tam olarak açığa kavuşturulması gerekir.

Evrenin veya olayların bir bölümünü konu olarak ele alan, deneye dayalı yöntemlerden yararlanarak sonuç çıkarmaya çalışan bilgi edinme ve araştırma sürecine dayalı olarak yapılan çalışmalar sonucu nano yapılara ulaşılmıştır [10]. Ulaşılan bu doğal ya da sonradan üretilmiş yapılar üzerindeki araştırmalar neticesinde çeşitli özelliklerin ölçülmesi ve anlaşılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar neticesinde ulaşılan yeni özellikler etraflıca inceleme işlemine tabi tutulmuştur. Yeni elde edilen yapıların üretime uygun bulunması sonucu yeni malzemenin imalatı yapılmadan önce ilk örnek oluşturulma çalışmaları başlatılmıştır [3]. Son olarak yapılan tüm bu araştırmalar sonucu elde edilen nano yapıların üretimlerinin uygun bulunması sonucunda nanomalzeme üretimi aşamasına geçilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu nanomalzemelerin üretilmesinde herhangi bir sakınca bulunmadığı sonucuna ulaşıldığında, nanoüretim yöntemi uygulamasına geçilmiştir. Bu amaç doğrultusunda iki farklı üretim yöntemi ortaya çıkmıştır.

5.1. Yukarıdan Aşağıya Doğru (Top Down)

Bu üretim yöntemi kullanıldığında genel olarak ucuz bir şekilde nanomalzeme elde edilemez. Bu yöntem kullanıldığında, nanomalzeme üretim aşaması esnasında uzun bir zamana ihtiyaç duyulur. Eğer fazla miktarda nanomalzeme üretimi gerçekleştirilecek ise bu yöntem uygun değildir. Bu üretim yöntemi, çok farklı üretim yöntemlerinde kullanılmasına rağmen fiziksel üretim uygulamaları için en ideal yöntemdir. Bu yöntem ile günümüzde kullanımda olan büyük boyutlu malzemeler nano boyutlara indirgenmek suretiyle nano yapıya sahip malzeme üretilmesi sağlanır. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için dışarıdan mekaniksel ve kimyasal işlemlere tabi tutulması ve enerji uygulanması gerekmektedir. Uygulanan enerji çok yüksek miktarlarda olmaktadır. Bu yöntemde fiziksel üretim yöntemi de denilmektedir. Yukarıdan aşağıya yöntemi aynı zamanda mekanik, yüksek enerji, ısı (termik), kimyasal işlemler ve doğal yöntemler olarak da isimlendirilmektedir [17]. Yukarıdan aşağıya olan üretim yöntemleri, mekanik aşındırma, elektro patlama, dağlama, ısı (termik) yöntem, dönen soğuk yüzeyde katılaştırma, gaz atomizörü, yüksek enerji, litografi, aşırı ultraviyole ve yumuşak litografi gibi üretim yöntemleri kullanılarak elde edilir [6].

5.2. Aşağıdan Yukarıya Doğru (Bottom Up)

Aşağıdan yukarıya doğru olan üretim yöntemi parçaların birleştirilmesi işlemi olarak adlandırılır. Atom ve molekül yapıları üzerinde işlemler yapılarak nano boyuttaki nano yapılara ulaşılır. Nano boyutlu yapıların atom ve molekül yapıları kimyasal reaksiyona tabi tutularak yeni nanomalzeme elde edilir [17].

Bu üretim yöntemindeki nanomalzemeler diğer üretim yöntemine göre çok daha ucuz olarak elde edilir. Bu üretim yöntemi genel olarak doğal halde bulunan malzemelerde kullanılır. Kimya ve biyoloji alanına ait faaliyetler olarak görülmektedir. Bu üretim yönteminin doğada birçok örneği bulunmaktadır. Bu şekildeki üretim yönteminin oluş ve davranış biçimini laboratuvar ortamından üretim ortamına yönlendirmek çok daha kolay olmaktadır. Hayatını devam ettirebilmek için belirli koşullar altında kendi kendini yenileme özelliğine sahip olan bir üretim yöntemi daha avantajlı olmaktadır. Aşağıdan yukarıya olan üretim yöntemleri, asal gaz yoğunlaştırma, alev sentezi, kimyasal buhar yoğunlaştırma, moleküler huzme, atom tabaka çökmesi, yanma, yaş kimyasal sentez, elektro-patlama, lazer ablasyonu, sol-jel ve ultrasonik sprey piroliz gibi üretim yöntemleri kullanılır [6].

6. Nanoteknolojide Uygulama Alanları

Nanoteknoloji, 21. yüzyıla damgasını vuran popüler bir gelişme olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde bu alandaki ilerlemelerin insanoğlunun daha rahat bir dünya oluşturma çabalarının sonucu olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Ulaşılmaya çalışılan bu rahatlık ise kullanılan malzemelerden elde edilen faydanın ölçüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Nanoteknoloji, günümüzde birçok alanda hayatımızı kolaylaştıran uygulamalar içermektedir. Nanoteknolojinin ilk karşımıza çıkan etkisi malzeme ve aygıtlardaki boyutların azalmasıdır. Boyutları azalan malzemelere baktığımızda ise maliyetin arttığını gözlemlemekteyiz. Diğer bir etkisi ise nano boyutlu malzeme ve aygıtların üretilmeleri esnasında karşılaşılan zorluklar. Nano boyutlu malzeme ve aygıtların üretilmeleri için günümüz üretim teknolojilerini kullanamayız. Nanoüretimi gerçekleştirebilecek nanoteknolojilere ihtiyaç vardır. Bunun için yeni nanoüretim yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulur. Ancak bu sistemler sayesinde elde edilen malzeme ve aygıtlar, dayanıklı, hafif, üretim esnasında daha az enerji gereksinimi, artık malzeme üretilmemesi gibi özelliklere sahip olabilir.

Nanoteknoloji alanındaki uygulamaları belirli alanlarla sınırlamak uygun değildir. Çünkü bu teknoloji her geçen gün şaşırtıcı bir şekilde yeni uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır. Bu alandaki gelişmeler incelendiğinde ne kadar haklı olduğumuz açık bir şekilde görülecektir. Günümüzde malzeme ve üretim, elektronik ve bilgisayar, uzay ve havacılık, tıp ve sağlık, çevre ve enerji, biyoteknoloji ve tarım, savunma, bilim ve eğitim şeklinde başlıklar altında incelendiğini görmekteyiz. Ayrıca bunların dışında birçok uygulamayla karşılaşmaktayız. Örneğin daha hafif ve dayanıklı emniyet sistemleri, çevre temizlik ölçümleri ve kontrolü, algılayıcı sistemler gibi [13].

Günümüzde yapılan nanoteknolojik çalışmalar sayesinde uygulaması bulunan birçok alan karşımıza çıkmaktadır. Örneğin sileceğe ihtiyaç duymayan ve çizilmeyen cam, kendi kendini temizleyen boya, kendi kendine şarj olan aygıtlar, görselin nano boyutlarda tasarlanması, hidrojen yakıt pili ile çalışan uçak, intel firmasının gerçekleştirdiği atom işlemci, tekstil alanında kullanılan akıllı ve leke tutmayan kumaşlar, manyetik hafıza, IBM firmasının ürettiği en hızlı transistör, kanseri bulup yok eden algılayıcıların geliştirilmesi, yüksek hassasiyete sahip cihaz üretimi, gen tabancaları, elektronikte nano boyutlu devre üretiminde kullanılan lehimleme tekniği, yağ lekesini kendi ağırlığının 20 katı oranında emebilen kâğıt üretimi gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır [5].

7. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde kullandığımız teknolojik ürünlere bakalım. Hayatımızın her alanında kullandığımız bu teknolojik ürünlerin sürekli olarak daha akıllı hale geldiklerine şahit olacağız. Bu teknolojik gelişmeler insanlık açısından yeterli olmamış olsa gerek, küçük boyutlu malzeme üretilme çabaları sonucu teknolojik gelişmelerle karşı karşıya kalmaktayız. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen nanomalzemelerin çeşitliliğinin ve kullanım alanlarının hızla artması sonucu hayatımızın her alanına gireceği aşikârdır. 21. yüzyılın teknolojik devrimi olan nanoteknoloji sayesinde her geçen gün yeni yeni nanomalzeme üretimi gerçekleşmektedir. Önümüzdeki yıllarda yediğimiz gıdalardan üzerimize giydiğimiz elbiseye kullandığımız otomobillerden bilgisayarların gücüne hastalıklardan kurtulmak için kullandığımız ilaçlardan içerisinde ikamet ettiğimiz evlere ve daha sayamadığımız birçok alanda hayatımıza tamamen girecektir [16]. Nanomalzeme üretimindeki çalışmalar her geçen gün hızlı bir şekilde gelişme göstermektedir. Bu gelişmeler sonucunda ise nanoteknolojinin etkisinin çok daha fazla olacağı günlerin insanlığı beklediğini söyleyebiliriz. Bu nedenle önümüzdeki yıllar hızla gelişen nanoteknolojik çalışmalar sayesinde uygulamaların ivmeli bir şekilde üretime dönüşeceği bir dünya olacaktır [13]. İnsanlık açısından büyük bir değişim ve dönüşüm söz konusundan ülkelerin bu gelişmelerin olası sonuçları üzerinde düşünmesi gerekmektedir. Bu gelişen teknolojinin gerisinde kalmamak için gerekli teknolojik yatırımların yapılması ve bu alanda çalışacak insan gücünün yetiştirilmesi gerekmektedir.

8. Kaynaklar

- [1] Ayhan A., “Yeni Bir Teknolojik Çağın Kapısı Aralanırken: Nanoteknoloji”, *İpek Yolu Dergisi*, Konya, 2004
- [2] Baykara T., Günay V., Musluoğlu E., “Nanoteknoloji ve Nano-Malzeme Süreçleri”, *Tübitak Mam Malzeme Enstitüsü*, Ankara, 2010
- [3] Çıracı B., “Bilkent Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi”, *Bilim ve Teknik*, Yeni Ufuklara eki, sayı 453, s. 4-5, Ankara, 2005
- [4] Edward L., Wolf, Manasa M., “Nanoteknoloji Devrimini Anlamak (Çev. Lişesivdin BS, Lişesivdin SB)”, *Nobel Yayın Dağıtım*, 203s, Ankara, 2014
- [5] Erkoç Ş., “Nanobilim ve Nanoteknoloji”, *ODTÜ Yayıncılık*, 107s, Ankara, 2007
- [6] Hosokawa M., “Nanoparticle technology handbook”, *Elsevier*, 622s, Amsterdam, 2007
- [7] Köksal F., Köseoğlu R., “Nanobilim ve Nanoteknoloji”, *Nobel Akademik Yayıncılık*, 351s, Ankara, 2014
- [8] Luther, W., *International Strategy and Foresight Report on Nanoscience and Nanotechnology*, March 2004
- [9] Moghis U. Ahmad., “Lipids in nanotechnology”, *AOCS Press*, 294s, Urbana, 2012
- [10] Pulickel M. Ajayan, Linda S. Schadler, Paul V. Braun., “Nanocomposite science and technology”, *Wiley-VCH*, 230s, Weinheim, 2003
- [11] Ramsden J., ; çeviren Alper İnce., “ Nanoteknolojinin esasları”, *ODTÜ Yayıncılık*, 156s, Ankara, 2011

- [12] Storrs Hall J., ; çeviren Mehmet Dođan, “Nano Gelecek : Nanoteknolojinin Yarını”, *Bođaziçi Üniversitesi Yayinevi*, 331s, İstanbul, 2013
- [13] Uldrich J, Newberry DEB., Çev. Tolga Alıcı “Nanoteknoloji Gelecekteki İşlerinizi Nasıl Değiştirecek? Sıradaki Büyük Şey Aslında Çok Küçük”, *Ledo Yayıncılık*, İstanbul, 2005
- [14] Vo-Dinh T., “Nanotechnology in Biology and Medicine : Methods, devices, and applications”, *CRC Press*, Boca Raton, 2007
- [15] Yao N., Lin Wang Z., “Handbook of microscopy for nanotechnology”, *Kluwer Academic Publishers*, 731s, Boston, 2005
- [16] Winston R.,; çeviren Mihriban Dođan., “Baş Belası İcatlar : Parlak Fikirlerin Karanlık Tarihi”, *Say Yayınları*, 552s, İstanbul, 2012
- [17] Wolfgang Fritzsche K., “Nanotechnology : an introduction to nanostructuring techniques”, *Wiley-VCH*, 272s, Weinheim, 2004
- [18] Blogcu.com “<http://nanotech.blogcu.com/nano-teknoloji-uygulama-resimleri/5129728>”, 2016
- [19] Leke Tutmayan Yüzey Kaplama “<https://alkanhulya.wordpress.com/2014/03/03/neverwet-nanoteknolojik-yuzey-kaplama-malzemesi/>”, 2016
- [20] Süleyman Demirel Üniversitesi
“<http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sdugeo/article/viewFile/3137/2732>”, 2016
- [21] Blogcu.com “http://img03.blogcu.com/images/k/e/y/keyfizaman/lotus_1242424574.jpg”, 2016