

## Nanoteknolojinin İnsan Sağlığına Faydalı ve Zararlı Yönleri

Ayşe Demirkıran

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fizik Bölümü, Muğla

(Geliş Tarihi/Received Date: 16.11.2019; Kabul Tarihi/Accepted Date: 06.12.2019)

### Öz

Nanoteknolojinin akıl almaz hızlı ilerleyişi, bu teknolojinin özünü oluşturan nano partiküllere dikkatleri çevirmektedir. Nanoteknolojide kullanılan bazı nano partiküllerin başta solunum sistemi olmak üzere insan vücudunda muhtemel toksik etkilerinin önemi üzerine yapılan çalışmalar sınırlıdır. Sürekli insan hayatına kolaylıklar sağlayan, daha fazla tüketilmeye başlayan nanoteknolojinin avantajları ve dezavantajları her geçen gün artmaktadır. Bu yeni teknolojinin gelecek için de büyük umutlar vaad etmesinden dolayı, insanların konu hakkında faydalı ve zararlı yanlarını bilerek tüketimine dikkat etmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışma ile nanoteknolojinin insan sağlığına olan etkilerinin olumlu ve olumsuz tarafları ele alınmıştır. Ayrıca bu alanda yapılan sağlık uygulamalarından da bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, Sağlık, Partikül, Toksik Etki.

## Useful and Harmful Aspects of Nanotechnology to Human Health

### Abstract

The unbelievable rapid progress of nanotechnology turns attention to the nanoparticles that form the core of this technology. Studies on the importance of possible toxic effects of some nanoparticles used in nanotechnology in the human body, especially in the respiratory system, are limited. The advantages and disadvantages of nanotechnology, which is becoming more and more consumable, which provide convenience to human life, are increasing day by day. Since this new technology promises great hopes for the future, it is necessary to pay attention to the consumption of people knowing the beneficial and harmful aspects of the subject. In this study, the positive and negative aspects of the effects of nanotechnology on human health are discussed. In addition, health practices in this area are mentioned.

**Keywords:** Nanotechnology, Health, Particulate, Toxic Effect.

## 1. Giriş

Bilim ve teknolojiye yeni buluşlar, insanların yaşamlarına yeni değişimler sunarken gelecek adına da umut vaat etmektedir. Dünyada yaşanan bu değişimler bir yandan insanların yaşamlarını kolaylaştırıp fayda sağlarken, bir yandan da tehdit oluşturmaktadır. Bilim ve teknolojiye yaşanan gelişmeler çevre kadar insanların sağlığını da etkilemektedir. Hatta insan yaşamını sosyal, kültürel, ekonomik yönde de değişime uğratmaktadır. Dünyada yaşanan değişimlerin geleceği nasıl ve ne yönde etkileyeceğinin önceden tahmin edilerek olumsuz etkileri için önlemlerin alınması, olumlu etkilerinden de daha çok yararlanılması önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Tunca 2015).

Günümüzde nanoteknoloji gelişmeleri oldukça popüler olup, bilimsel araştırmalar için yeni bir alan oluşturmaktadır. Nanoteknolojik uygulamaların artış göstermesiyle artık pek çok tüketici ürünü kullanılmaya başlanmıştır (Hanks ve ark. 2015). Nanoteknolojik ürünler farklı, eşsiz özellikleri sebebiyle önem taşımakta olup, katalizörler, ilaç sanayi, optik materyaller, sensörler ve enerji depolamanın da dâhil olduğu pek çok alanda uygulamaları mevcuttur (Haverkamp & Marshall 2009). Bu nanoteknolojik ürünlerin fonksiyonları ve kullanım alanları nano partiküllerin boyutuna ve bileşimine göre farklılık göstermektedir (Haverkamp ve ark. 2007). Gümüş(Ag) nano partikülleri ev aletlerinde (Siripattanakul-Ratpukdi ve ark. 2014), platin(Pt) nano partikülleri endüstride ve biyomedikal uygulamalarda (Asztomborska ve ark. 2015), altın(Au) nano partikülleri sensör alanındaki çalışmalarda (Yanez-Sedeno & Pingarron 2005) görülmektedir. Kullanım alanlarının ve uygulamalarının artması ile nano partiküllere maruz kalma durumunu da arttırdığı için insan sağlığına olan etkileri de önemli ölçüde artmaktadır (Nartop 2017). Nano partiküllerin farklı çevresel davranışlara ve etkilere sebep olabileceği düşünülmektedir (Ma & Wang 2010). Bu sebeple, çevreyle etkileşim içinde olan nano partiküllerin insan sağlığına olası potansiyel negatif ve pozitif etkileri günümüzde önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Hanks ve ark. 2015).

Nano partiküllerin insan sağlığına olan etkisinin anlaşılması diğer büyük materyallerden boyut farkı nedeniyle özel bir önemi olması açısından zordur (Turgut ve ark. 2011). Fakat son yıllardaki sağlık alanında farklı uygulamalar ve yaratacağı etkiler üzerine yoğunlaşmalar fazla yer almaya başladı. Örneğin, medikal görüntüleme, çok özel hücrelere gen transferinde kullanılması gibi birçok alanda uygulamaları mevcuttur. Yapılması zor olan analizlere ve tedavilere imkân verirler. Sağladığı imkânların yanı sıra, söz konusu yapılar aynı zamanda sağlık açısından ve çevresel, sosyal anlamda da birtakım zorlukları beraberinde getirmektedir. Özellikle toksik etkisi bu zorlukların başında gelmektedir (Turgut ve ark. 2011; Tüylek 2018). Bu konudaki bilimsel çalışmaların çeşitliliği göz önüne alındığında, bu makalenin temel amacı, nanoteknoloji ile geliştirilen sağlık ürünleri ve bu yeni bilim dalının insan sağlığına olan olumlu ve olumsuz tarafları ele alınarak farkındalığı arttırmaktır. Bu çalışmada yapılan yenilikler kadar bu yeniliklerin insan sağlığına olan etkilerinin de önemli olduğu belirtilmiştir.

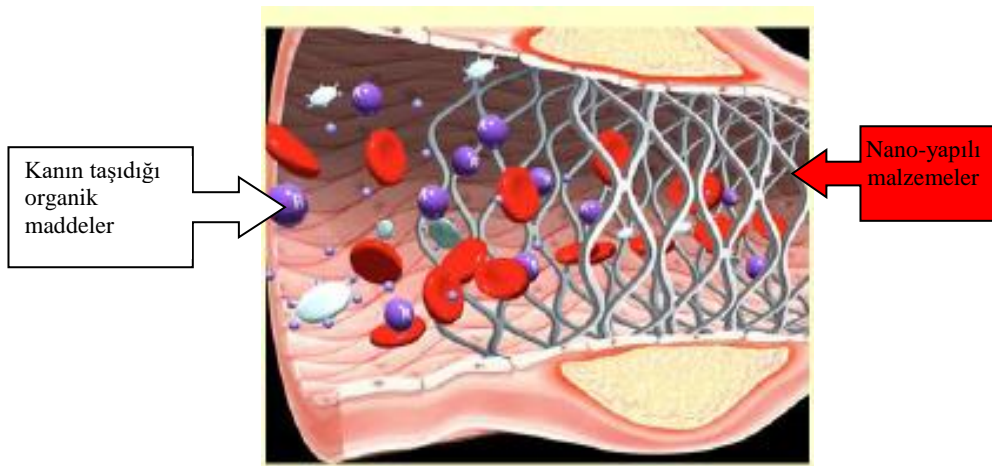
Sürekli ilerleyen nano teknoloji sayesinde gelecekte de umut vaat eden gelişmeler beklenmektedir. Örneğin, çok küçük boyutlarda nano robotlar üretilebilecektir (Demirkıran 2019; Gu ve ark. 2010). Teşhis ve tedavi amaçlı nano robotlar dolaşım sistemindeki toksik maddelerin metabolizması, hasarlı dokulara oksijen sağlanması, çeşitli hastalıkların izlenmesi ve teşhisi gibi birçok alanda kullanılabilir. Hatta bu tip bir teknolojinin ilk örnekleri şimdiden tanıtılmıştır. İnsan vücudundaki molekülleri işleyen dünyanın en küçük

iki kollu nano robotu üretilmiştir. Programlanabilen bu robot, DNA benzeri görülmemiş bir ölçekte müdahale etme imkânı sağlamaktadır (Gu ve ark. 2009).

Nanoteknolojinin şimdiden geldiği noktaya ve sunduğu imkânlarla bakılınca, yakın gelecekte biyolojik nano ürünlerin kullanımının kaçınılmaz olacağını, yapay organ yapımında nano parçalar kullanılacağını, bunun yanı sıra anında teşhis koyabilen sağlık tarama araçlarının da bu teknoloji sayesinde üretilebileceğini öngörülmektedir (Demirkıran 2019). Bütün bu gelişmelerden insanlar sağlık açısından faydalı sonuçlar elde ederken, oluşabilecek riskler üzerine de dikkat edilmektedir.

‘Nanoteknoloji Pazarı’ olarak da anılan NANO TR konferansları da Türkiye’de bu alanda yapılan önemli etkinliklerin başında gelmektedir. 2009’da UNAM da yapılan ve ‘Nano Today’ dergisinde yayınlanan çalışmada; yara ve yanık nedeniyle hasar gören dokuların tedavisi için geliştirilen ve % 99’u su ve % 1’i sentezlenen nano malzemeden oluşan jel kıvamındaki malzeme hasarlı bölgeye uygulandığında, hasarın daha çabuk iyileşebildiği gösterilmiştir (Toksöz & Güler 2009). ABD’de yapılan benzer çalışmada ise, tedavi için kullanılan bu nano yapıların harekete geçmesi için dışarıdan büyüme hormonu takviye etmek gerektiği işaret edilmiş ve bununla birlikte böyle bir müdahalenin maliyetinin şu an için çok yüksek olduğu belirtilmiştir.

Gazi Üniversitesi ve Washington Üniversitesi’nin beraber yürüttüğu çalışmada içerisinde ilaç molekülü bulunan nano-kapsüllerle malign hücelere karşı başarı elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada ilaç molekülleri, metrenin elli milyarda biri büyüklüğündeki altın nano-kapsüllerin içine yerleştirmişlerdir. Kapsüllerin yüzeyindeki nanometrik çaptaki delikler akıllı polimerlerle kaplanarak, içi ilaç dolu nano kapsüller hedef kanser hücresine immünolojik yöntemlerle hedeflendikten sonra infrared ışınlar kullanarak ısıtmışlardır (Yavuz ve ark. 2009). Kalp ameliyatlarında takılan stent içerisinde zaman geçtikçe, beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak, maddeler stent duvarında birikmeye başlamaktadır. Belirli süre sonra ciddi komplikasyonlar kendini göstermektedir. Bunun için Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde bir grup araştırma ekibi tarafından bir çözüm bulundu. Malzeme Bilimindeki bu grup kanı ve içerisinde taşıdığı maddelerin yüzeye tutunmasını engelleyen nano-yapılı malzemeler geliştirdi (Bayındır 2007).



Şekil 1: Kanın akışkanlığına süreklilik kazandıran tıkanmayan stent (Bayındır 2007).

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Öğretim Üyesi Prof. Dr. Necip Atar ile İskenderun Teknik Üniversitesi (İSTE) Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mehmet Lütfi Yola'nın ortaklaşa yürüttükleri kalp krizi riskini tahmin edebilen biyosensör geliştirme çalışmaları yaklaşık 9 ayda tamamlamışlardır. Biosensors and Bioelectronic isimli dergide yayımlanan çalışmada geliştirilen elektrokimyasal biyosensör, kalp kasında meydana gelen hasarlar sonrasında kan dolaşımına salınan ve kalp krizini tetikleyen troponin değerlerini anlık ve yüksek seçicilikle tespit edebilecektir. Böylelikle zaman içinde oluşabilecek riskler en aza indirgenebilecektir. Nanoteknolojik esaslı biyosensörlerin geliştirilmesi, elektrokimyasal sensörlerin hazırlanması, çevre açısından da değerlendirilmesi üzerine çalışmalar yapmaktadırlar (Atar & Yola 2018). Biyosensör elektrotunun bor nitrür kuantum nano parçacıklarla yapıldığı belirtilmiştir (Atar & Yola 2018).

İsviçre'de Federal Teknoloji Enstitüsü'nün Biyofotonik Laboratuvarı'nda görevli Doç. Sylvie Roke, beyindeki nöronları incelemek için yeni bir teknik geliştirdi. Roke, birbirlerine elektrokimyasal sinyaller göndererek haberleşen nöronların hücre içi ve dışı arasında oluşturduğu voltaj farkındaki (membran potansiyeli) değişimleri su moleküllerinin hareketlerini inceleyerek belirlediklerini açıkladı. Bu yöntemin hastalar için risk oluşturmadığını vurgulayan Roke, kullandıkları teknikte nöronları çevreleyen su moleküllerinin lazer sinyallerinin etkisiyle farklı frekanslarda fotonlar oluşturmasından yararlanılarak çalışmayı sonuçlandırmıştır (Roke 2018). Çalışma, Nature Communications Dergisi'nde yayımlanmıştır (Roke 2018).

## 2. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, nanometre boyutlarında fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması ile kontrol edilebilen, fonksiyonel materyallerin, cihazların, sistemlerin geliştirilmesidir (Berk & Akkurt 2012; Güneşoğlu 2009; Kocaefe 2007; Kadioğlu ve ark. 2014). Nanoteknoloji, 1-100 nanometre boyutlarındaki maddelerin davranışlarını anlama ve kontrol etme bilimidir (Dağ 2014; Calıpınar & Ulaş 2019). Bir nanometre, 1 metrenin milyarda biridir (Çıracı 2005; Bayındır 2007). Nanoteknoloji, moleküler düzeyde fonksiyonel sistemler mühendisliği olarak da tanımlanabilir (Özdemir 2015). 1974 yılında ilk defa Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Taniguchi nanoteknolojiden bahsetmiştir (Taniguchi 1974). Nanoteknoloji ürünlerinin gelişimi dört nesile ayrılabilir. Pasif nano yapılar olarak adlandırılan birinci nesil ürünler, yaklaşık 2000 yılında, aktif nano yapılar olarak tanımlanan ikinci nesil ürünler ise yaklaşık 2005 yılında hayatımıza girerken; üçüncü nesil ürünler ise 2010 yılından beri kullanıma girmişlerdir. Moleküler boyuttaki aletler ve atomik dizaynlar ise dördüncü nesil ürünler olarak 2015-2020 yıllarında hayatımızda yerini almış ve devam etmektedir. Nanoteknoloji'nin 2025 yılı itibariyle hayatımızı büyük ölçüde etkileyeceği düşünölmektedir. Sağlık, ilaç sanayi, tekstil, elektronik, otomotiv, gıda, boya gibi farklı sahalarda birçok ürünlerde kullanımı yaygınlaşmıştır (Turgut ve ark. 2011). Nanoteknoloji, hayatımızı birçok alanda etkileyebilecek hatta çığır açabilecek bir gelişmedir. Hatta bu teknoloji çağımızın yeni sanayi devrimi olarak nitelendirilmektedir (Bayındır 2007). Nanoteknoloji, çevreye zararı olan materyalleri faydalı hale dönüştürerek, sağlık açısından önemli ve heyecan verici bir potansiyel vaad etmektedir. Özellikle günümüzde fosil yakıtların verimliliğinin artırılması için nano malzemeler geliştirilmektedir (Kut & Güneşoğlu 2005). Ayrıca bu teknoloji ile canlı sistemlere moleküler seviyede müdahale edebilme olanağı yaratılmaktadır. Harvard Üniversitesi'nde yapılan araştırmada kötü huylu hücrelerle bağlantılı proteinler izlenerek,

kanserın yayıldığı yerleri işaretleyen silikondan nano kablo geliştirilmiştir. Bu nano kablo sayesinde her türlü kanser çeşidi saptanmaktadır. Hatta nanoteknoloji, nano boyutlarda üretilen araçlar ile birçok yeni teşhis ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine de ışık tutmaktadır. Örneğin, hastalığın bulunduğu veya yayıldığı bölgelere müdahale ederek ilaç verebilen makineler, teşhisi daha hızlı yapabilmek için vücutta rahatlıkla hareket edebilen nano robotlar sağlık alanında muhtemel uygulamalardandır (Naschie 2006; Demirkıran 2019).

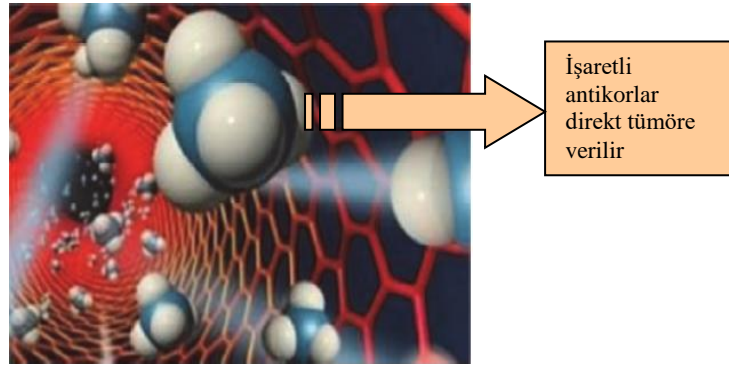
### 3. Nanoteknoloji ve Sağlık

Her alanda başarılı uygulamaları ile insanların hayatında yer edinen nanoteknoloji sağlık alanında da kanserli hücrelerin vücuda zarar vermeden öldürülmesinden, günlerce etkisini kaybetmeyen kremlere; tek şarbon mikrobunu bile algılayabilen sensörlerden, bakterileri öldürdüğünden dolayı kokmayan çoraplara ve mikrop barındırmayan buzdolaplarına kadar hayatımıza girmeye başlamıştır (Bayındır 2007; Demirkıran 2019; Turgut ve ark. 2011; Özdemir 2015). Büyük bir gelişme potansiyeline sahip nanoteknoloji, ilaç geliştirme, gen transferi, tedavi, hastalık ve travmatik yaraların önlenmesi ile insan sağlığının korunması ve önlemler alınmasında daha uygun cihazlar üretimini sağlayarak sağlık alanında önemli ilerlemelere ve faydalara kaynaklık etmektedir (Singh ve ark. 2009; Sahoo ve ark. 2007). Fakat son yıllarda ise hasta takip cihazları ve ilaç dağıtım sistemleri ile ilgili çalışmalar üzerine yoğunlaşmalar daha fazla önem kazanmıştır (Staggers ve ark. 2008). Nanoteknoloji etkili bir şekilde ilaç dağıtım alanına girmiştir. İlaç dağıtım sistemleri arasında nano partiküller, karbon nano tüpler, fulleren, nano jeller, dendrimerler bulunmaktadır (Canefe & Duman 1994; Sayiner & Çomoğlu 2016). Akıllı ilaç dağıtım sistemlerini performansını, en üst düzeye çıkarmak ve istenmeyen yan etkileri en aza indirmek amacıyla sürekli olarak iyileştirmeler yapılmaktadır. Yeni nanoteknoloji tabanlı ilaç dağıtım sistemlerinin geliştirilmesi için temel gereksinimleri vurgulamak amaçlı son yıllarda yapılan çalışmalar artmaktadır (Safari & Zarnegar 2014; Sayiner & Çomoğlu 2016). Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde bilim insanları nörolojik hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçların doğrudan beynin ilgili bölgesine ulaştırılmasını sağlayan bir ilaç dağıtım sistemi geliştirildi. MINDS olarak adlandırılan sistem çelikten bir iğnenin içindeki tungsten elementinden üretilmiş bir elektrot ve iki tüpten oluşmaktadır (Sarıgöl 2018). Chung ve ark. PLGA nano partiküllerin tümör hedefleme etkinliğinin arttırılması üzerine araştırmalar yapmışlardır. Tümör hücreleri üzerine tutulumun bu PLGA nano partiküllerinin daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir (Chung ve ark. 2010). Nafee ve ark. PLGA nano partiküllerinin taramalı prob mikroskopu ile gerçekleştirilen morfolojik analizler sonucunda özelliklerini belirleyerek, akciğer kanser hücre dizisi üzerinde tutulumun arttırılmasını sağlamışlardır (Nafee ve ark. 2007).

Nano partiküllerin özelliklerinin üstün olmasında onların boyutlarının yanı sıra kontrol edilebilen şekillerinin ve morfolojilerinin de etkisi vardır. Kimyasal yüzey aktif maddelerinin kullanılmasıyla yüzey ve ara yüzey özellikleri geliştirilebilir. Bu katkı ilaveleri ile partiküllerin yüzeyi şarj edilir ve partiküller arasında etkileşmeye karşı stabilizasyon sağlanabilir. Nano partikülleri büyük materyallerden ayıran özellik sadece boyutlarının özel önemi değildir. Bu yapılar fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri açısından diğer materyallerden farklı bir yapıya sahiptirler. Nano boyutlarda oldukları için, deri yoluyla vücuda alınarak, akciğerlere ve sindirim sistemine geçiş yapması kolaylıkla gerçekleşmekte ve hücreye zarar veren özgür radikallerin üremesine neden olabilmektedir (Turgut ve ark. 2011).

### 3.1 Nanoteknolojinin Sağlık Açısından Faydaları

Nanoteknolojinin sağlık uygulamaları arasında, hastalıkları teğhis etmek, izlemek, tedavi etmek ve önlem almak için kullanılan nano boyutta materyaller ve nano elektronik biyosensörler yer almaktadır. Diyabet, kanser, parkinson gibi bazı rahatsızlıkların erken teğhis edilebilmesinde nanoteknoloji ile üretilmiş nanosensörlerin önemli rolü vardır. Nanoteknolojinin faydalı uygulamalarından biri de ilaç salınımıdır. Bu uygulama alanı ile ilgili de günümüzde pek çok araştırma yapılmaktadır. Nano parçacıklara yüklenmiş ilaçların hastanın vücuduna enjekte edilmesi ile kanser hücreleri gibi hastalıklı hücrelerin belirlenip, ilacın verilmesi sağlanarak hastalıklı hücrelerin yok edilmesi mümkün hale gelmiştir.



Şekil 2: İlaç salınımı sağlıkta önemli uygulamadır (Ersöz ve ark. 2018).

Günümüzde manyetik özellikli demir oksit nano parçacıklar ile tümörlü dokular tespit edilerek işaretle nmekte ve bu tümöre karşı geliştirilen özel antikorlar vücuda verilmektedir. İşaretili antikorlar tümör yüzeyine yapışarak, bu toplanan demir oksitler sayesinde tümör MRI cihazı tarafından algılanmaktadır. Bu sayede en küçük bir tümör bile tespit edilebilmektedir (Nikalje 2015).

Son yıllarda nanoteknoloji cihazlarının artması ve polimerik ilaç verilmesi konusunda daha fazla bilgi edinilmesi sayesinde nano aşı alanı hızla ilerlemektedir. Bu aşular vücudun bağışıklık sisteminin tanıyabildiği tümör proteinlerini içeren sentetik polimer nano parçacıklar içermektedir. Bu aşı insanların kendi kendine yapacağı kanser mücadelesinde önemlidir (Luo ve ark. 2017). Nanoparçacıklı aşular gelecekte birçok hastalığın tedavisinde kullanılacaktır.



Şekil 3: Nano parçacıklı aşular (Ersöz ve ark. 2018)

Ayrıca vücutta meydana gelen yaraların mikroplardan arındırılması, gümüş nano parçacıklar ile sağlanabilmektedir. Bazı nano parçacıklar enfeksiyonları iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bunlara, içinde nitrik oksit gazı yerleştirilmiş nano parçacıklar bulunan yara kremleri örnek olarak verilebilir. Bu kremler yara üzerine uygulandığında bu nano parçacıklar bünyelerindeki nitrik oksit gazını serbest bırakarak bakterilerin ölmesini sağlarlar (Adnan 2010). Son yıllarda çalışılan konulardan biri de hayati sinyalleri tespit eden nanoteknoloji ile üretilen tekstillerdir. Bu ürünlerin çalışma prensibi şu şekildedir; sensörden gelen sinyal işlemcide toplanır, sonuçların izlenmesi ve görüntülenmesi, istendiği takdirde kablolu, kablosuz bir yere iletilmesi şeklindedir (Karahanlar 2014). Bu konuda çalışan firmalardan biri de Sansatex firması olup, “SmartShirt” adında bir tişört geliştirmiştir. Bu tişört ile insanların hareketleri, kalp atışları, nefes alıp verişleri gibi hayati bilgileri yüzlerce metre uzaklıktaki bilgisayarlara aktarılabilir. Hafif pamuklu malzemeden üretilen bu tişörtün dokusuna yerleştirilen ince kablolar vücutla temas ederek, tişörte yerleştirilmiş sensörler aracılığıyla bilgisayarlara verileri aktarmaktadır (Kayacan 2008).



Şekil 4: Hayati Sinyalleri Tespit Eden Tekstil Ürünü (Smart Shirt) (Kayacan 2008)

Nanoteknoloji ile Sağlık Alanında Kullanılmak Üzere Geliştirilmiş Giysiler (Şener & Bulat 2009);

- Açık yaraların tedavisine yardımcı olan giysi,
- Alev almayan giysi,
- Mantar gibi cilt hastalıklarından koruyan giysi,
- Giyildiğinde vücuda masaj yapan giysi,
- Anti alerjik ve antibakteriyel giysi,
- Güneşin zararlı ışınlarından koruyan UV filtreli giysi.
- Vücudun elektrik dengesini düzenleyen giysi,
- Vücudun doğal nem dengesini koruyan giysi,
- Isıyı emerek depolayan ve ihtiyaç anında serbest bırakan sıcaklık düzenleme teknolojisi,
- Serinletici ve stres azaltıcı giysi,

- Baş ağrıları için ağrı kesici etki yapan bereler,
- Vücutun otuz hayati fonksiyonunu 24 saat boyunca ölçen ve beklenmeyen bir değişiklik olduğunda gerekli kişileri haberdar eden giysi,
- Aloe-vera kapsülleriyle bezenmiş her yıkamada koku yayan giysi,
- Ani bebek ölüm sendromuna karşı bebeğin soluk alışı durduğunda haber veren giysi.

### 3.2 Nanoteknolojinin Sağlık Açısından Zararları

Günümüzde nanoteknoloji kullanılarak milyonlarca ürün tasarlanarak üretilmektedir. Her yeni teknolojinin tam olarak oturması ve güvenilirlik testini geçmesi için üzerinde yıllarca çalışılması ve araştırmalar yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar sonucu elde edilen nano ürünlerin birçoğu kullanılmaktadır. Her ne kadar nano ürünlerin çoğu kullanıma sunulsa da çevreye olan toksik etkileri hakkında elde edilen bilgiler oldukça sınırlı kalmaktadır (Nel ve ark. 2006; Tunca 2015; Tüylek 2018; Öztürk & Dağlıoğlu 2018). Toksik etkileri ile ilgili çalışmalarını nano partiküllerin insan sağlığı üzerine zararlı etkileri olabileceği üzerine bulgular kısmen mevcut olmakla birlikte bu konuda birçok belirsizlik de bulunmaktadır. Nanoteknoloji birçok avantajının yanı sıra insan sağlığı açısından risk ve belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir (Moore 2006; Medina vd 2007; Yazıcı 2009). Örneğin, gümüş nano parçacıkları kıyafetlerde koku kontrolünü sağlar ve yıkanıldığı zaman kaybolurlar. Gümüş gibi antibakteriyel özellik gösteren materyaller fazla birikirse, hasara neden olurlar (Öncül 2014; Yazıcı 2009).



Şekil 5: Artan Antibakteriyel Etkinlik Hücreye Zarar verir (Öncül 2014).

Nano partiküllerin geniş yüzey alanları, toksik kimyasal kirleticilerin bağlanabilecekleri ve taşınabilecekleri yüzeyler sağlamaktadır. Nano partiküllerin vücudun ve hücrelerin içerisine girebilme yetenekleri toksik maddelerin vücudun içinde yayılmasına neden olabilmekte ve bunun sonucu olarak hücre, doku zararları ve savunma mekanizmasında bozukluklar oluşabileceği ifade edilmektedir (Moore 2006). Nanoteknoloji laboratuvar atıkları çoğunlukla sulara, sonra sular aracılığıyla toprağa, oradan da yiyeceklerimize taşınmaktadır. Nano partiküller solunarak, yiyecek ve içecek yoluyla hatta deri yoluyla gelip vücudumuza girmektedir (Tüylek 2018; Öztürk 2019). Nano boyutlardaki partiküller, hücreler açısından toksik etki göstermektedir. Aynı zamanda vücuda alınan nano partiküller kolayca kana geçmektedir. Nano partiküllerin kana geçmesi sonucu insan vücudundaki birçok organı etkileme olasılığı bulunmaktadır (Chau ve ark. 2007). Nano



partiküllerin solunması sonucu etkilenen hedef bölge genellikle akciğerlerdir. Nano malzemelerin vücutta tahriş, yaralanma veya enfeksiyona karşı tepkilere neden olduğu kanıtlanmıştır. Bununla beraber tepkilerin ciddiyetini belirleyen faktörler tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Bu bağlamda; nanoteknolojiyle gen transferi, enzim değişimi ve yüzeyler üzerinde lokal değişiklikler yapılması durumunda; risk, kontrol edilebilir düzeylerin de üzerinde olacaktır.

Sağlık alanında kullanılan metal nano partiküller, insan üzerinde hücre zehirlenmesine de neden olabilmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda nano partikül konsantrasyon artışıyla birlikte DNA hasarında artış olduğu belirlenmiştir (Revell 2006). Metal nano partiküller küçük boyutlu olduklarından doğrudan hücreye ve çekirdeğe girerek, hücrede serbest radikal oluşumuna yol açabilir. Ayrıca DNA'ya bağlanarak genetik hasara neden olabilir. Yapılan bir deneyde hamile farelerin deri altına nano titanyum dioksit uygulanmış ve yavruya geçtiği görülmüştür. Yavruların izlenmesi sonucu, beyin hasarı ve erkek yavrularda üreme sorunları olduğu belirlenmiştir. 48 saat nano partiküle maruz bırakılan balıklarda da beyin hasarının olduğu görülmüştür. Bu yapıların hücreler tarafından alınması, bakteri yoluyla besin zincirine de girebileceğini göstermiştir. Örneğin, balıklarda cıva ve etteki hormonlar sağlık açısından tehdit oluşturabilir (Syed ve ark. 2013; Donaldson ve ark. 2010). Farelerde kullanılması sonucu beyin hasarına neden olan titanyum dioksit nano partikülü güneş kremlerinde de kullanılmaktadır. Araştırmalar sonucu nano partiküllerin sinir sistemi üzerinde de zararlı etkilerinin olduğu görülmüştür (Syed ve ark. 2013).

## 5. Sonuç

Nano partiküllerin toksik etkileri hakkında bilgi edinebilmek için nano partiküllerin canlı sistemlerde ve hücrelerdeki tutulumunun ve birikiminin çok iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenle farklı tür canlılar üzerinde farklı doz ve maruz kalma sürelerini kapsayan doğal çalışmaların yapılması da oldukça önemlidir (Xie ve ark. 2011). Bu alanda yapılan çalışmaların kısıtlı olması nedeniyle bu makale çalışmasının nanoteknolojinin insan sağlığına olan faydalı ve zararlı etkilerini incelemenin önemli olduğu düşünülmektedir.

İlerleyen nanoteknolojik gelişmelerin sağladığı olumlu etki kadar zararlarının da olduğu bilinmektedir. Nano partiküllerin konsantrasyonları hızlı bir şekilde artarken, pozitif ya da negatif etkileri hakkında çok az bilgi mevcuttur. Nano partiküllerin bir ortamdaki tespiti büyük önem taşımakta olup, bu alandaki çalışmaların artırılması gerekmektedir. Çok az sayıda mevcut olan çalışmanın yetersizliği vurgulanarak bu konuyla ilgili yeni çalışmaların gerekliliği üzerinde durulmalıdır. Böylece insanlar tarafından dikkat çekilerek doğabilecek olumsuzlukların önüne geçilebilir. Gelecekte nanoteknolojinin daha yaygın kullanılabilir hale gelmesi, insanların nano partiküllerle daha fazla teması anlamına gelecektir. Bu nedenle nano partiküllerin, başta solunum sistemi olmak üzere insan sağlığı üzerine ve çevreye muhtemel olumsuz etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir (Tüylek 2018).

Mühendislik, fizik, kimya ve biyolojiden türetilmiş, çeşitli aygıtları kapsayan çok disiplinli bir alan olan nanoteknolojinin toplumumuzda rolü giderek artmaktadır. Nanoteknoloji, enerji ve çevre, inşaat, mühendislik, ulaşım, telekomünikasyon ve tıp alanlarındaki kullanımları ile yeni bir dönemin başlangıcı olmasının yanı sıra insanların yaşam tarzını değiştirmektedir (Sia 2017). Bilim ve teknolojiadaki hızlı gelişmelerin yol açtığı yeni gelişen nanoteknoloji alanı, insan sağlığı hizmetlerinde hastalıkların tedavisinin ilerletilmesinin sağlanması için sayısız yeni fırsatlar yaratmaktadır (Sahoo ve ark. 2007). Pek çok kullanım alanının oluşması ile nano partiküllerin sentezlenmesinin de önemi

artmaktadır. Sentezleme ile yapılmış az sayıda çalışma olmakla birlikte sentezlemede gümüş, altın, platin, zirkonyum nano partiküllerine sık rastlanmaktadır (Tunca 2015; Öztürk & Dağlıoğlu 2018). Çeşitli sentezleme yöntemleri ile üretilen nano partiküller başlangıç çözeltilisi, konsantrasyon, sıcaklık ve çalışma frekansından etkilenmektedir. Buna bağlı olarak maruz kalma süreleri artmakta ve insan sağlığına olan etkileri de daha fazla olmaktadır (Yazıcı 2009). Örneğin, çok sayıda hastalığa sebep olan mikroorganizmaları yok ettiği bilinen gümüş nano partikülleri biyosentez yoluyla bitkisel özüt kullanılarak elde edildikten sonra bazı bitkilerden alınan parçalarda yüzey sterilizasyonunda kullanırken toksik etki yaratmakta olup, büyümeyi, gelişmeyi engellemektedir (Nartop 2017). Nano partiküller çevreyle yakından etkileşim halinde olup, en çok etkilenen insanlar, bitkiler tüm ekosistemin temel birer bileşenidir. Nano partiküllerin insan ve evre üzerindeki toksik etkileri tam olarak kesinleştirilememekte, bu canlıların nano partiküllere karşı tepkileri de kesin saptanamamaktadır (Andreotti ve ark. 2015; Dağlıoğlu & Yılmaz 2018).

### Kaynaklar

1. Adnan A (2010). Application of Nanotechnology in Medicine. *Biotech Articles*.
2. Andreotti F, Mucha AP, Caetano C, Rodrigues P, Rocha Gomes C & Almeida CMR (2015). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 120: p. 303-309
3. Asztemborska M, Steborowski R, Kowalska J & Bystrzejewska-Piotrowska G (2015). Accumulation of Platinum Nanoparticles by *Sinapis alba* and *Lepidium sativum* Plants. *Water, Air and Soil Pollution* 226, (4)
4. Atar N & Yola ML (2018). Biyosensör ile Kalp Krizi Önceden Tespit Edilecek. <http://www.gazetemizmir.com/> (erişim tarihi 2019)
5. Bayındır M (2007). Yeni Bir Nanoteknoloji Devrimi: Nanoteknoloji. Bilkent Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Enstitüsü
6. Berk S & Akkurt İ (2012). Nanopartikül: Geleceğin Korkulu Rüyası. *Tuberk Toraks* 60(2)180-4
7. Canefe K & Duman G (1994). İlaçların Seçici Taşınması ve Hedeflendirilmesi. *Ankara Ecacılık. Fakültesi Dergisi* 23, 1-2
8. Calıpınar H and Ulaş D (2019). Development of Nanotechnology in the World and Nanotechnology Standarts in Turkey. *Procedia Computer Science* 158, 1011-1018
9. Chau CF, Wu SH & Yen GC (2007). The development of regulations for food nanotechnology. *Trends in Food Science & Technology* 18: 269-280
10. Chung, Y., Kim, J.C., Kim, Y.H., Tae, G., Lee, S.Y., Kim, K., Kwon, I.C. (2010). The effect of surface functionalization of PLGA nanoparticles by heparin- or chitosan-conjugated Pluronic on tumor targeting. *Journal of Controlled Release.*, 143, 374-382
11. Çıracı S (2005). Metrenin Bir Milyarda Birinde Bilim ve Teknoloji. *Bilim ve Teknik/ Yeni Ufuklara Dergisi* ISSN 977-1300-3380, 453:6-10
12. Dağ A (2014). Nanoteknolojinin Gıdalara Uygulanması ve Sağlık Üzerine Etkisi. *Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi Beslenme ve Diyet Dergisi* 42(2):168-174
13. Dağlıoğlu Y & Yılmaz HÖ (2018). Nanopartikül Karakterizasyon Yöntemleri ve Ekotoksikite Deneyleindeki Önemi. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 1:174-196

14. Demirkıran A (2019). Geleceğin Büyük Ayak Sesleri: Nanoteknoloji.(1. Baskı) Almanya: Lambert Academic Publising
15. Donaldson K, Poland CA & Schins RPF (2010). Possible Genotoxic Mechanisms of Nanoparticles: Criteria for İmproved Test Strategies. *Nanotoxicol* 4(4):414-434
16. Ersöz M, İşitan A & Balaban M (ed.) (2018). Nanoteknoloji 1.(1.Baskı)Denizli: Bilal Ofset Matbaacılık
17. Gu H, Chao J, Xiao SJ & Seman NC (2010). A Proximity-based Programmable DNA Nanoscale Assembly Line. *Nature* 13:465(7295):202-5
18. Gu H, Chao J, Xiao SJ & Seman NC (2009). Dynamic Patterning Programmed by DNA Tiles Captured on a DNA Origami Substrate. *Natural Nanotechnol* 4(4):245-8
19. Güneşoğlu C (2009). Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamalar (Nanotekstillere). *Mühendis ve Makine Dergisi* 50(591):25-9
20. Hanks NA, Caruso JA & Zhang P (2015). Assessing Pistia Stratiotes for Phytoremediation of Silver Nanoparticles and Ag(I) Contaminated Waters. *Journal of Environmental Management* 164: p. 41-45
21. Haverkamp RG & Marshall AT (2009). The Mechanism of Metal Nanoparticle Formation in Plants: Limits on Accumulation. *Journal of Nanoparticle Research* 11, (6): p.1453-1463
22. Haverkamp RG, Marshall AT & Van Agterveld D (2007). Pick your Carats: Nanoparticles of Gold–Silver–Copper Alloy Produced in vivo. *Journal of Nanoparticle Research* 9, (4): p. 697-700
23. Kadioğlu Y, Demirkıran A, Yaraneri H & Aktürk OÜ (2014). Investigation of NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub> adsorption on Pt<sub>n</sub> (n= 2 – 15, 18, 22, 24 ) clusters by using density functional theory. *Journal of Alloys Computational* 591:188-200
24. Karahanlar Ü (2014). Dokuma ve Örne Tekstillere Üzerinde Akıllı Uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
25. Kayacan O (2008). Akıllı Giysi Dizaynı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
26. Kocaepe Ç (2007). Nanotıp: Yaşam Bilimlerinde Nanoteknoloji Uygulamaları. *Hacettepe Tıp Dergisi* 38(1):33-8
27. Kut D & Güneşoğlu C (2005) Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Uygulamaları. *Tekstil&Teknik* 224-230
28. Luo M, Wang H, Wang Z, Cai H, Lu Z, Li Y, Du M, Huang G, Wang C, Chen X, Porembka MR, Lea J, Frankel AE, Fu YX, Chen ZJ & Gao J (2017). A STING-Activating Nanovaccine for Cancer Immunotherapy. *Nature Nanotechnology* 12, 648–654
29. Ma X & Wang C (2010). Fullerene Nanoparticles Affect the Fate and Uptake of Trichloroethylene in Pphytoremediation Systems. *Environmental Engineering Science* 27, (11): p. 989-992
30. Medina C, Santos-Martinez MJ, Radomski A, Corrigan OI & Radomski MW (2007). Nanoparticles: Pharmacological and Toxicological Significance. *British Journal of Pharmacol* 150: 552-560

31. Moore MN (2006). Do Nanoparticles Present Ecotoxicological Risks for the Health of the Aquatic Environment? *Environmental International* 32(8):967-976
32. Nafee N, Tactz S, Schneider M, Schaefer UF & Lehr CM (2007). Chitosan-coated PLGA nanoparticles for DNA/RNA delivery: effect of the formulation parameters on complexation and transfection of antisense oligonucleotides. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology. And Medicine* 3, 173-183
33. Nartop P (2017). Biyosentetik gümüş nano partiküllerinin *Pyraecantha coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 23(6), 759-761
34. Naschie MSE (2006). Nanotechnology for the Developing World. *Chaos Solitons&Fractals* 30(4):769-773
35. Nel A, Xia T, Madler L & Li N (2006). Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 311, 622-627
36. Nikalje AP (2015). Nanotechnology and its Applications in Medicine. *Medicinal Chemistry* 5(2), 81-89
37. Öncül O (2014). Nanometrik Partiküller. Sunum, İstanbul Tıp Fakültesi İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji ABD, İstanbul
38. Özdemir L & Metin Gök Z (2015). Nanoteknolojinin Sağlık Alanında Kullanımı ve Hemşirenin Sorumlulukları. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi* 18:3
39. Öztürk YB & Dağlıoğlu Y (2018). The ecotoxicological effects of ZnO-TiO<sub>2</sub> Nano composite in chodatodesmus mucranulatus. *Fresenius Enviromental Bulletin* volume 27 no:5
40. Öztürk YB (2019). Intercellular and extracellular gren synthesis of Silver nanoparticles using Desmodesmus sp: their antibacterial and antifungal effects. *International Journal of cytology, cytosystematics and cytogenetics*
41. Revell PA (2006). The Biological Effects of Nanoparticles. *Nanotechnol Percept* 2: 283–381.
42. Roke S (2018). Beyindeki Nöronları İncelemek için Yeni Teknik Bulundu. <http://www.aydınlık.com.tr/> (erişim 2019)
43. Sahoo SK, Parveen S & Panda JJ (2007). The Present and Future of Nanotechnology in Human Health Care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 3(1):20
44. Safari J & Zarnegar Z (2014). Advanced drug delivery systems: Nanotechnology of health design A review. *Journal of Saudi Chemical Society* Volume 18 Issue 2
45. Sarıgöl T. (2018). Minyatür İlaç Taşıma Geliştirildi. <http://www.ilacdagitimi.com> (erişim 2019)
46. Sayiner Ö & Çomoğlu T (2016) Nanotaşıyıcı Sistemlerde Hedeflendirme. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* 40(3), 62-79
47. Sia PD (2017). Nanotechnology Among İnnovation, Health and Risks. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 237 1076 – 1080

48. Singh N, Manshian B, Jenkins GJS, Griffiths SM, Williams PM & Maffei TGG (2009). Nanogenotoxicology: The DNA Damaging Potential of Engineered Nanomaterials *Biomaterials* 30(23-24):3891-914
49. Siripattanakul-Ratpukdi S, Ploychankul C, Limpiyakorn T, Vangnai AS, Rongsayamanont C & Khan E (2014). Mitigation of Nitrification Inhibition by Silver Nanoparticles using Cell Entrapment. *Journal of Nanoparticle Research* 16,(2)
50. Stagers N, McCasky T, Brazelton N & Kennedy R (2008). Nanotechnology: The Coming Revolution and Its Implications for Consumers, Clinicians and Informatics. *Nurs and Outlook* 56(5):268-74
51. Syed S, Zubair A & Frieri M (2013). Immune response to nanomaterials: Implications for Medicine and Literature Review. *Current Allergy Asthm Report*. 13 (1): 50-57
52. Şener F & Bulat F (2009). Nanoteknoloji ile Üretilen Akıllı Tekstiller ve Tüketici Beklentilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. *Hacettepe Üniversitesi Sosyoloji Araştırmalar e-Dergisi* 27 Nisan
53. Taniguchi N (1974). On the Basic Concept of NanoTechnology. Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo Part II *Tokyo: Japan Society of Precision Engineering*
54. Toksöz S & Guler MO (2009). Self-assembled Peptidic Nanostructures. *Nano Today* 4(6):458-69
55. Tunca ÜE (2015). Nanoteknolojinin Temeli Nanopartiküller ve Nanopartiküllerin Fitoremediasyonu. *Ordu Üniversitesi Bilim Teknik Dergisi* Cilt:5 Sayı:2 23-34
56. Turgut O, Keskin L & Avşar F (2011). Nanoteknoloji Nedir? *Turkish Medical Journal* 5(1) 45
57. Tüylek Z (2018). Nanoteknolojinin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Riskleri. *Kilis 7 Aralık Fen ve Mühendislik Dergisi*
58. Yáñez-Sedeño P & Pingarrón JM (2005). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 382 (4): p.884-886
59. Yavuz MS, Cheng Y & Chen J (2009). Gold nanocages covered by smart polymers for controlled release with near-infrared light. *Natural Material* 8(12):935-9
60. Yazıcı E (2009). Ultrasonik Sprey Piroiliz Tekniğiyle Küresel Gümüş Nanopartiküllerinin Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
61. Xie H, Mason MM & Wise Sr JP (2011). Genotoxicity of Metal Nanoparticles. *Revolation Environmental Health* 26 (4): 251-319