

## NANOTEKNOLOJİNİN TEMELİ NANO PARTİKÜLLERİN İNSANLAR ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL RİSKLERİ

Ayşe DEMİRKIRAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fizik Bölümü, Muğla, Türkiye

### ÖZET

Yeni ve gelişmekte bir teknoloji olan nanoteknoloji, son yıllarda popüler marka haline dönüştü. Askeri, çevre, enerji ve sağlık vb. alanlarda sadece yeniliklerin esas kaynağı değil, aynı zamanda sürekli artan malzemelerle teknolojik gelişmelerin geleceği olarak görülmektedir. Dolayısıyla ülkelerin gelecek nesillerini yetiştirecek olan bilim dallarının nanoteknoloji hakkındaki ilgi, tutum ve bilgi seviyelerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Yapılan çalışmanın amacı, nanoteknolojinin temeli olan nano partiküllerin insan üzerindeki olası etkilerini tetkik etmektir.

Nanoteknoloji, üstün nitelikli yeni uygulamaların ortaya çıkmasına olanak tanıyan ve 1-100 nanometre(nm) boyutlarındaki partiküllerin kontrol edilebildiği bilim dalıdır. Diğer teknoloji alanlarında olduğu gibi, nanoteknoloji uygulamaları ile ortaya çıkan nano partiküllerin insan üzerinde potansiyel etkileri mevcuttur. Nanoteknolojinin sürekli artan farklı uygulama alanları sebebiyle, artık günümüzde nano partiküllerin ortamdaki yoğunluklarının da artış göstermesi söz konusudur. Bilim insanları nano partiküllerin çevre ile etkileşimleri sonucunda oluşabilecek etkilerini incelemektedirler. Ayrıca insan vücuduna ulaşan nano partiküllerin hücrelerin ve vücut fonksiyonlarının zarar görmesine, genlerin mutasyona uğramasına, zehirlenme etkisinin ortaya çıkmasına neden olduğu öngörülmektedir. Nanoteknoloji çalışmaları ile yeni kapılar açılırken, insanlar üzerinde oluşabilecek riskler de artmaktadır. Bu kapsamda; yapılan çalışmada insanlar tarafından her geçen gün daha fazla tüketilen nanoteknoloji ürünlerinin oluşturduğu risklerden sağlık, çevresel ve toplumsal açıdan bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nanoteknoloji, partikül, risk, insan, sağlık.

### ABSTRACT

Nanotechnology, a new and developing technology, has become a popular brand in recent years. Military, environment, energy and health etc. is not only the main source of innovations in the fields, but also the future of technological developments with continuously increasing materials. Therefore, it is very important to determine the interest, attitude and knowledge levels of the branches of science that will educate the future generations of the countries about nanotechnology. The aim of

this study is to investigate the possible effects of nanoparticles which are the basis of nanotechnology on human.

Nanotechnology is a science that enables the control of particles in the size of 1-100 nanometers which allows the emergence of new applications with superior properties. As in other technology fields, nanoparticles that are produced by nanotechnology applications have potential effects on human beings. Due to the ever-increasing application of nanotechnology, it is now possible to increase the density of nanoparticles in the environment. Scientists are investigating the effects of nanoparticles as a result of their interaction with the environment. Furthermore, it is predicted that the nanoparticles that reach the human body cause damage to cells and body functions, mutation of genes, and poisoning effects. With the opening of new doors with nanotechnology studies, the risks that may occur on people are increasing. In this context; In this study, health, environmental and social aspects of the risks posed by nanotechnology products consumed by people are mentioned.

**Keywords:** Nanotechnology, particle, risk, human, health.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda insanların günlük hayatında uygulamalarıyla daha fazla yerini almaya başlayan nanoteknoloji, atomlarla oynayarak farklı dizaynlar sunan bir teknolojidir. Bilimsel araştırmalarda elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, 21. yüzyılda her alanda etkili olacak farklı bir teknoloji alanıdır. Bu yeni teknoloji mevcut yapılara nano seviyede atomların işlenmesi, özelliğini kaybetmesi veya üstün nitelikte farklı özellikler kazandırması ile ön plana çıkmaktadır[32]. Nanoteknoloji uygulamalarının çalışıldığı alanlar geniş kapsamlı olup, insan yaşamı için büyük öneme sahip olan çevre, sağlık, ilaç dağıtımını gibi pek çok alanda etkilidir. Örneğin, sağlık açısından bakıldığında; hastalıkların önlenmesi, teşhis ve tedavi amaçlı yapılan araştırmaların ilerlemesi gibi gelişmeler farklı ve yeni alternatiflerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Nanoteknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesinde en önemli etkenler kurulan araştırma - geliştirme merkezleridir. Bu teknolojinin gelişimi ve sürdürülebilirliği insanların yaşamları üzerinde bilinen ve henüz tam olarak kesinleştirilemeyen birçok riski de beraberinde getirmektedir. Nanoteknoloji alanında gerçekleşen uygulamalar sonucunda oluşan riskler, diğer bilim dallarında ortaya çıkan risklere kıyasla farklıdır. Bu uygulamalarla üretilen bazı nano malzemelerin çevre ve insan hayatı üzerinde oluşturacağı olumsuzlukların

tam olarak bilinmiyor olması, aynı zamanda yeni gelişen bir teknoloji olması açısından kritiktir[24].

Nanoteknoloji ile geliştirilen nano ürünlerin ulusal ve uluslararası platformda katkısı oldukça fazladır. Bu sebepten nano ürünlerin gelişimi ile ilgili yapılan araştırmaların ulusal veya uluslararası ortaklık sayesinde daha hızlı ilerlemeler gösterdiği görülmektedir. Ayrıca bu ilerlemelere üniversite ile sanayi işbirliğinin de bir ölçüt olduğu karşımıza çıkmaktadır. Uluslararası alanda yapılan ortak çalışmaların teknolojik gelişmelere fırsatlar kazandırmasının yanı sıra ekonomik, kültürel ve sosyal anlamda da elde edilen ilerlemelere yön verdiği bilinmektedir[36].

Nanoteknoloji ilaç sektörü, optik malzemeler, sağlık, uzay çalışmaları, tekstil, enerji depolama ve aktarma gibi pek çok alanda önemi her geçen gün artan göz kamaştırıcı uygulamalara sahiptir[40]. Nanoteknoloji ile yeni üretim yöntemleri ortaya çıkarma, suyu arıtan mekanizmalar geliştirme, az enerji kullanımını sağlayan sistemler oluşturma ve var olan üretim metotlarının zararlarını azaltma gibi büyük yararları üzerine çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu alandaki araştırmalarla insanlık adına yenilikler sağlanırken, zararsız şekilde kullanıma sunabilmek diğer teknolojilere nazaran bir ayrıcalık elde ettirecektir[12, 22, 34]. İnsan üzerindeki riskleri, çevresel, sağlık ve toplumsal açıdan değerlendiren, bu çalışmanın amacı son yılların en yeni ve sıra dışı uygulamalarını insan hayatına katan nanoteknolojinin sebep olabileceği potansiyel etkileri, yapılan uygulamalarla birlikte ele almaktır. Nanoteknoloji, maddelerin atom ve moleküllerinin dizaynını değiştirerek veya atom ekleyerek yeni malzemeler yarattığı için kazandırdığı kolaylıkların farklı açılardan insana olan etkilerinin araştırılmaya ihtiyacı vardır[9]. Çalışmada nanoteknolojinin gelişiminden, kullanım alanlarından ve yeni malzemelerin insan sağlığına gösterdiği yararlı ve zararlı yönlerinden bahsedilmiştir. Dünyadaki ülkeler bu teknolojinin geliştirilmesinin gerekli olduğunu düşünüp, büyük yatırımlar yaparken toplumumuzdaki insanların bu konuda bilinçlendirilerek farkındalık oluşturulması gerekmektedir.

## 2. NANOTEKNOLOJİ ve GELİŞİM SÜRECİ

Nanoteknoloji sözcüğündeki “nano”, belirli bir ölçeği ifade ederken, önümüzdeki yıllar için yaşamımızın kaçınılmaz bir parçası haline gelmektedir. Ayrıca “nano-“ ön eki, metrik sistemde bir ölçü birimi olup, bilimsel birimlerde birimin milyarda birini ifade eden bir ölçüdür[4, 7, 10, 40]. Nanoteknoloji, makro-dünyanın dışında nano düzeyde araştırmalarla elde edilen sonuçlardan faydalanmanın yöntemleri üzerine çalışmaktadır[16]. Bilim adamları içinde yaşadığımız doğayı gözlemleyip, mevcut canlılar ve bitkilerden nanoteknolojik malzemeler uyarlayarak, farklı tasarımları faydalanabilecek şekilde insanların yaşamlarına kazandırmaktadırlar[40, 41]. Örneğin, lotus yaprağının özelliğinin taklit edilmesi ile elde edilen nano boyalar bugün insanlar tarafından yaygın kullanılmaktadır. Doğadaki atomların dizilimlerini taklit etme prensibine dayanarak elde edilen kumaşlar, mayolar, boyalar insanların tüketimine her geçen gün fazlasıyla sunulmaktadır[40].

Nanoteknoloji, farklı yapılar oluşturarak, yeni olağanüstü özellikler ortaya çıkarmakta olup, elde edilen bu kazanımları işlevlerde uygulamayı amaçlamaktadır. Başka bir deyişle, nanoteknoloji yapıya yeni atom ve moleküller ekleyerek işlevsellik kazandırmaktadır. Örneğin, bu şekilde elde edilen bazı yapay nano yapılar çok aktif özellik kazanarak, önemli kimyasal süreçlere eşlik ederler[11].

Nanoteknoloji, 1950’li yıllardan günümüze kadar yoğun araştırmalarla sürekli ilerlemiş ve halen devam eden bu yeni teknolojinin, mevcut teknolojik kazanımları çok daha iyi seviyelere taşınması beklenmektedir[6, 14]. 1959’da Amerikalı bilim insanı Feynman’ın moleküler boyutta yapılacak üretimin sağlayacağı kazanımları vurguladığı ünlü konuşması nanoteknolojinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Richard Feynman, ilk defa nano boyutların farklılığına bu konuşmasında dikkat çekmiş, bu boyutlarda ölçüm yapma ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesinin önemini ifade etmiştir[9, 14, 43]. Konuşmada dikkat çeken ifadeler arasında nano boyutlarda motorlar, nano bilgisayarlar, atomlarla oynayarak yeniden yapılandırma gibi ilk kez söylenen farklı görüşler mevcuttur[14, 43].

Bilim adamlarının günümüzde yaptıkları çalışmalar ile vardıkları nokta, nano boyutta herşeyin yenilenebilir olduğu niteliktedir. Araştırmacılar nanoteknoloji ile dünyadaki hemen herşeyin yeniden elde edilip, üretilebileceğini kanıtıyorlar. Yapılan çalışmalarla elde

edilebilecek olan sonsuz yenilikler, her sektörde uygulandıkları malzeme, cihaz ve araçların kaderini de hızla değiştirmektedir[40].

### 3. İNSAN ÜZERİNDEKİ POTANSİYEL RİSKLER

Nanoteknoloji çalışmalarının yeni teknikler ve yöntemler kazandırdığı araştırmalar arasında suyun arıtılması, atık kontrolünün sağlanması ve kirli havanın filtrelenmesi gibi insanlar için hayati önem taşıyan konular da mevcuttur. Nanoteknolojik üretim ile az enerji kullanımı ve daha fazla verimli kaynak üretebilmek için daha güçlü ve daha küçük malzemeler elde etmek amaçlanmaktadır. Ayrıca üretilen ürünlerin ömürleri boyunca insana ve çevreye olumlu katkıları artırarak, olumsuz etkilerini azaltmak hatta yeni geliştirilen nano malzemelerin zararlarını minimize etmek için çaba göstermektedir[30, 36]. Nanoteknoloji araştırmalarının devam ettiği süreçte artan bilgiler, uygulanabileceği alanlarda üretim yöntemlerinde iyileştirme yapılabilmesi için kullanılabilir. Enerjinin az harcandığı ve sürdürülebilir malzeme kullanımına öncelik sağlayan uygulama alanları örnek olarak verilebilir. Bu şekilde sağlanan sürdürülebilir üretim ve yeşil alan insan yaşamının kalitesi açısından son derece önem teşkil etmektedir. Nano atık yönünden temiz ortam oluşturmada daha kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır[17].

Nano parçacıkların çevre üzerinde bir takım zararları nedeniyle kaygıların olmasına rağmen, bu nano parçacıkların yenilenebilir teknoloji üretiminin artırılmasına etkisi oldukça iyidir. Malzemelerin üstün nitelikleri ile sorunları çözmeye, hatta bilinen malzemelerin elde edemediği performansları sağlayabilme olasılığı mevcuttur[38]. Tarihsel olarak da malzemelerin, çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuzlukları olduğu için nanoteknolojinin de oluşturduğu zararları üzerinde ilgi olmaktadır. Nanoteknoloji ile üretilen malzemelerdeki nano parçacıkların yapısal özellikleri ve bu parçacıkların davranışı gibi özelliklerin bilinmesi, oluşturabileceği riskler açısından bilgi edinilmesinde etkilidir[3].

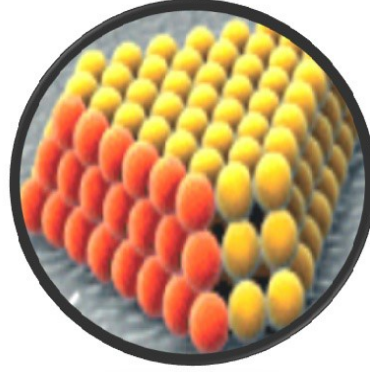
Nanoteknolojinin yaşam döngüsü, ürünlerin üretiminden kullanımına ve yok edilmesine kadar bu malzemeleri kapsamlı şekilde ele alarak anlamayı içermektedir. Bu sayede nanoteknolojinin yaratacağı riskler belirlenebilir, sürdürülebilirliklerle ilgili zorlukların nasıl yönetileceği ve gelecekte geliştirilebilecek olan uygulamaların ne gibi olumsuzluklara sebep olma durumu olduğu tespit edilebilir[20]. Bu kapsamda yapılan çalışmada nanoteknoloji

uygulamalarının insan üzerinde oluşturabileceği riskler sağlık, toplumsal, çevresel açıdan ele alınmıştır. Günümüzün en popüler alanlarından biri olan nanoteknoloji ile üretilen malzemelerin insanların hayat koşulları üzerindeki risklerinin değerlendirilmesi bu konunun daha iyi anlaşılması ve kaynak olması açısından çalışılmıştır.

### 3.1 Sağlık Açısından Riskler

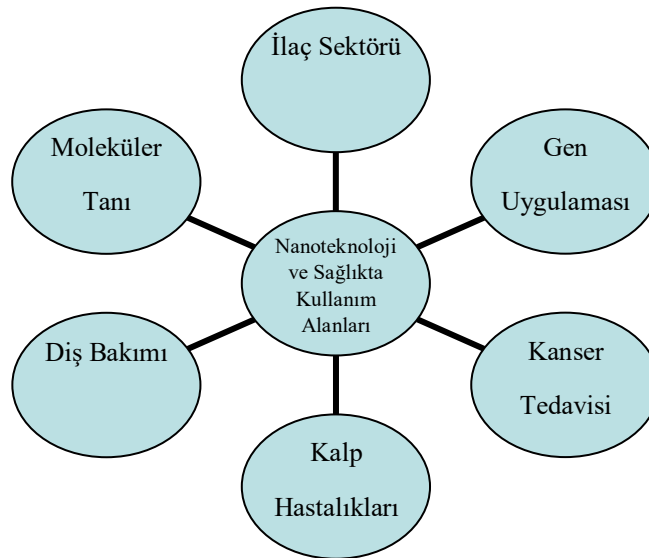
Günlük hayatımızda artık daha fazla yer alan nanoteknolojinin insan sağlığı üzerinde olası riskleri, nanoteknoloji ile geliştirilen malzemelerin kullanımı sonucunda oluşabilecek etkilere bağlıdır. Nanoteknoloji farklı alanlarda uygulamaları yeni ilerlemeler gösteren bir teknoloji olması sebebiyle, faydaları ve insanların sağlığı açısından ne gibi riskler taşıyabileceğine dair tartışmalar fazladır[1]. Nanoteknolojinin sağlık bakımından riskleri iki şekilde değerlendirilebilir; nanoteknolojik yeniliklerin hastalığı tedavi etmek için kullanılan tıbbi uygulamalarının oluşturacağı potansiyel sağlık riskleri ve nano malzemelere maruz kaldığında yarattığı potansiyel sağlık tehlikeleridir.

Nanoteknolojide kullanılan nano partiküller için farklı tanımlamalar mevcuttur ki, bunlardan birisine göre partiküllerin boyutları iki veya üç boyutta olup, 1-100 nanometre uzunluğundaki parçacıklar şeklinde tanımlanmaktadır, Şekil1'de gösterilmiştir. 2009 yılında ilk defa nano partiküllerin insanlar üzerindeki olumsuz etkileri üzerine bir çalışma Song ve grubu yapmıştır. Grup araştırmayı 2007'nin Ocak ayı ile 2008'in Nisan ayı arasında gerçekleştirmiştir. Bu araştırmaya 18- 47 yaş aralığında yedi kişi dâhil edilmiştir. Bu kişilerin özellikleri daha önceden sağlık problemi yaşamamış, sigara kullanmamış, farklı hastanelerde aynı klinik ortamlarda izlenmişlerdir. Kişiler üzerinde bulunan ortak klinik bulgular arasında nefes darlığı olduğu belirtilmiştir[35].



Şekil 1. Nano Boyutta Partikül[36]

Nano boyutlara doğru ilerlendikçe maddenin birtakım özellikleri değişim göstermektedir. Bu kapsamda; alanın hacme oranlanmasının düşük olması sebebiyle, maddelerin bazı mekanik, elektronik, kimyasal farklı özellikleri ortaya çıkmakta ve değişen bu mekanik, elektronik özellikler boyut etkisi olarak tanımlanmaktadır[19, 31]. Bu bilgiler ışığında şekil2’de gösterilen nanoteknolojinin sağlıkta kullanıldığı alanlar açısından, nano parçacıkların diğer parçacıklara kıyasla farklı olması sebebiyle ayrıntılı olarak incelenmesi şarttır. Sağlık alanında mevcut birçok uygulaması ile fayda sağlarken, dezavantajları da göz ardı edilemez durumdadır.



Şekil 2. Nanoteknolojinin Sağlıkta Kullanıldığı Alanlar[15]

Nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar sayesinde mevcut yapıların küçültülerek, daha verimli yapılara ulaşılması sağlanmaktadır[15, 36, 42]. Nanoteknoloji ile üretilen nano malzemelerin potansiyel sağlık risklerinin incelendiği alan nano toksikolojidir. Nano partikülleri boyutları açısından diğer parçacıklarla kıyasladığımızda, insan vücudunun alması kolaylıkla gerçekleşmektedir. Alınan nano partiküllerin vücuttaki davranışlarının belirlenmesi, oluşabilecek risklerin bilinmesi konusunda önemli gelişmeler kazandıracaktır[30]. Bu partiküllerin organlarda birikiminin yaratacağı olumsuzlukların yanında, vücut içerisindeki biyolojik etkileşimleri de başka problemlerin oluşumuna sebep olmaktadır. Yeni üretilen her nanoteknolojik ürünün içindeki tüm malzemelerin özellikleri hesaba katılarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebepten, çok çeşitli toksit maddelerin varlığı söz konusudur ki, maruz kalınması durumunda geniş çaplı sağlık sorunları oluşturmaktadır. Aynı zamanda bu sağlık sorunlarını genellemek zordur[29].

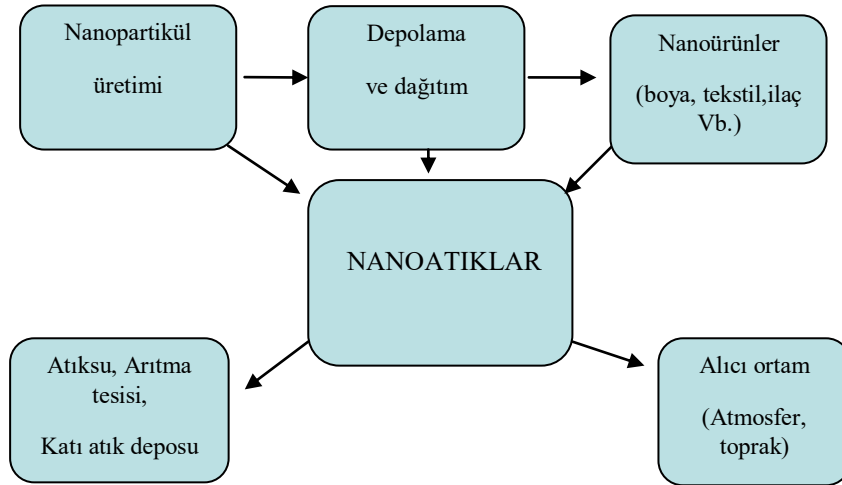
Nano partiküller, çok küçük boyutlarda oldukları için vücuda deri yoluyla alınabilir. Vücuda alınan nano partiküllerin akciğerlere hatta sindirim sistemine ulaşması kolaylıkla gerçekleşmektedir. Böyle bir sonuç, hücrelere tehlike oluşturabilecek serbest radikallerin çoğalmasını sağlayabilir[36]. Dolayısıyla insan gözü tarafından algılanabilen, ölüme sebep olan atıklar yılda yaklaşık 3000 kişinin kaybedilmesine neden olmaktadır. Nano boyuttaki partiküllerin yüz binlerce insanın yaşamını yitirmesine sebep olma riski taşıdığı için daha fazla üzerinde durulması gerekmektedir. Nanoteknoloji sayesinde enzim değişimi, gen transferi gibi yerel farklılıklar yapılması ile oluşacak tehlikeler, kontrol altına alınabilir düzeylerden daha fazla olacaktır[8, 13].



Şekil 3. Gen uygulamalarında nanoteknoloji[29]

### 3.2 Çevresel Riskler

Günümüzde birçok nano partikülün endüstriyel anlamda kullanılması ile yeni ürünler tüketicilere gün geçtikçe daha fazla sunulmaktadır. Nano partiküller hangi yolla elde edilirse edilsin içinde buldukları çevreye çeşitli şekillerde salınırlar[23, 25]. Özellikle son 20 yıldır ürünlerin üretiminin artması ve kullanım alanlarının genişlemesine bağlı şekilde atık miktarında da artış söz konusudur. Bu partiküllerin oluşturduğu atıklar, ürünlerin üretiminden tüketimine kadar her aşamada tüketici ortamlarda deşarj edilmektedir, Şekil4’de bu aşamalar gösterilmiştir. Nano atıklar, çevreye bırakılan parçacıklar veya başka bir deyişle, dışarıya atılan ürünlerin üzerinde partiküllerin var olmasıdır[28]. Bu atıkların miktarı ve özelliklerinin verimli şekilde ele alınabilmesi için tüketilen ortamlarda oluşturduğu etkilerinin tam olarak belirlenebilmesi gerekmektedir. Atıkların toksit etkilerinin en aza indirgenebilmesi için sürdürülebilir bir çerçevede gerekli plan ve uygulamaların hazırlanması şarttır[30].



**Şekil 4.** Nano atıkların oluşumu ve izledikleri Yol[30]

Nano kirlilik, genel olarak ifade edilirse; nano malzemelerin, geliştirilen cihazların üretimi sırasında meydana gelen atıkların tamamıdır[28]. Bu atıkların özelliklerinin tespit edilmesinden sonra bulunduğu çevredeki davranışları ve ortaya çıkardıkları etkileri belirlenerek en uygun yok etme metodu uygulanabilir. Nano partiküller kontrolsüz şekilde alıcı ortamlara karışabildiği gibi, alıcı ortamlarda birikip toksit miktarını daha fazla oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca nano partiküllerin alıcı ortamdaki birtakım

özelliklerinden dolayı oluşan çeşitli mayalanma, çözünme, yüzey özelliklerinin değişmesi gibi transformasyonlarda çevreyi kirletmelerine sebep olmaktadır[26]. Çevreye bırakılan nano partiküller çoğu zaman, farklı ortama temas ettikleri için kaybolurlar. Örneğin, günlük hayatta yoğun var olan gümüş nano parçacıkları kıyafetlerde koku kontrolünü sağlar ve yıkandığı zaman kaybolurlar[33]. Gümüş gibi antibakteriyel özellik gösteren malzemeler fazla birikirse, hasar oluşmasına neden olurlar[29].



**Şekil 5.** Antibakteriyel gümüş hasara neden olur[29].

Havada kolaylıkla tutunabilen nano partiküller, hücrelere etki ederek dolaylı şekilde de bilinmeyen veya istenmeyen sonuçlara sebep olabilirler. Nano boyutlar, bu partikülleri diğer parçacıklara kıyasla değişik özellikler kazandırması ve yüzey alanlarının fazla olmasından dolayı daha fazla etkili kılmaktadır[27, 36]. Üretilen birçok nano parçacık doğada görünmediği için canlı organizmalar tarafından yok edilemeyebilirler. Bu nano parçacıkların bütün yaşamsal döngülerinin incelenerek öğrenilmesi insanların sağlığı açısından oluşabilecek risklerin ortaya çıkmasına yardım edecektir. Nano parçacıkların üretilmesinden, muhafaza edilmesine ve imha edilmesine kadar, tüm aşamalar yaşam döngüsünü ifade etmektedir[20, 30]. Bu yaşam döngülerinin farklı evrelerinde çevre üzerindeki etkileri de değişiklik gösterebilir. Örneğin, anti-bakteriyel özelliğe sahip gümüş toprakla karşılaştığında sağlıklı toprakta mevcut olup, önem arz eden sağlıklı bakterilerin ölümüne neden olur[29]. Sonuç itibarıyla bu ürünlerin çevreye bırakıldığında çevreyle etkileşimlerinin nasıl olacağını veya kontrolünün tam olarak bilinmemesinden kaynaklı durumlar söz konusu olmaktadır[5].

Nano ölçeklendirme kullanılarak güçlü bağlara sahip olan metallerin özellikleri takip edilebilir. Ayrıca metaller, doğada parçalanması oldukça zor veya imha edildiğinde epey uzun süre doğada kalabilmektedir ve çevreye zararları önemli seviyededir. Nanoteknoloji uygulamalarının ilerlemesi ile metallerin oluşturduğu nano çöpler artacaktır. Çözüm yöntemlerinin bulunmaması, atıkların buldukları ortamlarda daha fazla toplanmasına sebep olacaktır. Bu durumda çevre üzerinde ciddi tehlikeler oluşturacağı öngörülmektedir. Nanoteknolojinin yararları olduğu gibi zararlarının da göz ardı edilemez seviyede olduğu öngörülmekte ve üzerine araştırmalar devam etmektedir[30].

### 3.3 Toplumsal Riskler

İnsan sağlığında ve çevrede tehlikeli riskler oluşturmasının yanı sıra, nanoteknoloji ürünleri aynı zamanda toplumsal etkenlere sahiptir. Dolayısıyla geniş çapta toplumsal problemler meydana getirmektedir. Birçok sosyolog ve kuruluş ortaya çıkan teknolojilerin değerlendirilmesinin ve denetimlerinin yapılmasının toplumsal açıdan katılımların artırılmasını önermektedir. Topluların nanoteknoloji ve ürünleri hakkında bilinçlendirilmesi, nanoteknoloji ürünlerinden doğabilecek riskler açısından bilgi sahibi olması gerekmektedir. Ayrıca çevreye bağlı olması ve onu kullanması insanlık tarihinin başından beri varolan bir durumdur. Teknolojik gelişmeler sonucunda toplum, bundan faydalanarak ferah bir yaşam sağlama adına fırsatlar oluşmasıyla ilerlemektedir. Aksi durumlarda buna paraleldir. Bu sebepten toplumun nanoteknolojik gelişmelerle elde edilen ürünlerin atıklarından dolayı çevrenin yaşayacağı riskten etkilenmemesi mümkün değildir[1, 2].

Roco'ya göre, eğitim açısından değişiklikler yapılmaya başlanmalı ve öncelikle eğitim müfredatının, nano boyutları öğrenmeye ve bu boyuttaki maddeleri analiz edilerek, yaratıcılığın geliştirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde eğitimin tamamının yapılmasını öngörmektedir. Bu nedenle, toplumu bilinçlendirme adına eğitim programlarını nanoteknolojik gelişmelere uygun olarak yeni düzenlemelerle yapılandırma gerekmektedir. Toplular çevreye duyarlı olmalıdır. Bu bağlamda enerji ve hayati öneme sahip su kaynaklarının bilinçli şekilde kullanımı konusunda dikkatli olmayı hayat felsefesi haline getirmek esas olmalıdır[32].

Nano patent iddialarında hızla ilerleme görülmektedir. Şirketler, nanoteknoloji ile elde edilen keşiflere büyük önem vermektedir. Bu konu üzerinde yapılan araştırmalarla pek çok patente imza atmaktadırlar. Örneğin, Nippon Electronic Company ve International Business Machines adlı iki şirket, karbon nano-tüplerin patentine sahiptir. Bu nano-tüpler çok fazla uygulamada kullanılmaktadır. İlaç dağıtımının yapılmasında, hastalıkların teşhis edilmesinde güçlendirilmiş malzeme olarak, elektronik alanda ve çeşitli sektörlerde çok önemlidir. Ayrıca bu nano-tüplerin kullanıldığı alanlar arttıkça veya üretim yapılmak istendiğinde yasal olarak öncelikle bu iki şirketten lisansını satın almak zorundadır[39]. Bu rekabetin daha da hızlanmasıyla nanoteknolojik gelişim ve üretilen ürünler farklı özellikleri ile insanların gözünü kamaştırarak hayatlarında yerini hızla almaya devam edecektir. Nanoteknolojik ürünlerin tüketimindeki artışı göz önünde bulundurarak toplumların zarar görme riskine karşın bilinçlendirme ve kullanım konusunda farkındalık uyandırılmalıdır[30].

#### 4. SONUÇ

Nanoteknoloji, varolan malzemelerin belirli bir amaca yönelik geliştirilebilmesine olanaklar getirdiği gibi daha hafif, daha dayanıklı ve üstün özellikler kazandırarak uygulama alanlarını arttırmaktadır. Ayrıca endüstriyel ve ticari alanlarda da hızla kullanımının arttığı görülmektedir. Nanoteknolojideki bu sürekli ilerleyen gelişmeler bilim insanlarını bu teknolojinin özünü oluşturan nano partiküller üzerine yoğunlaşmaya doğru çekmiştir[1, 37]. Bu çalışmada nanoteknoloji ürünleri ile var olan nano partiküllerin hem solunum sistemi üzerine hem de insan vücudunda olası zararlı etkileri, çevre üzerinde oluşturdukları riskler ve toplum açısından risklerinden bahsedilmiştir.

Nano partiküllerin insan üzerinde sağlık, çevre ve toplum bağlamında oluşturacağı önemli risklerin iyi belirlenmesi için bulunduğu ortamdaki durumunun, aynı zamanda takip ettiği aşamaların tamamıyla belirlenmesi gerekmektedir. Nano partiküllerin alıcı bir ortama ulaştığı zaman başta insan olmak üzere, doğadaki ilkel ve gelişmiş tüm canlılar üzerinde yayılım göstererek, önemli toksit sorunlara neden olabileceği düşünülmektedir[18].

Nanoteknoloji ile üretilen nano ürünlerin üretim tekniklerinin daha uygun ve daha verimli olacak şekilde kurulan sistemlerle değiştirilmesi sayesinde alternatif çözümler üretmek, oluşabilecek risklerin azaltılması yönünde katkılar sağlayabilir. Ayrıca toksik

etkileri fazla olan nano partiküllerin kullanımının kısıtlanması, oluşacak olan atık miktarında da ciddi bir azalmaya neden olabilir[8]. Kaynaklardan uygun şekilde faydalanması, atık uygulaması, yeni nesillere temiz ve içinde hayat devam ettirilebilecek çevre bırakabilmemiz adına bu konularda toplumların bilinçlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Oluşan nano atıklar için uygun arıtma ve etkisiz hale getirme yöntemlerinin araştırılması, yeni gelişmeler sağlanması yönünde uygulamaların kazandırılması, insan sağlığı ve çevre için faydalı olacaktır[17]. Fakat nano partiküller için etkili bir atık sınıflandırması belirlenemeyip, yapılan kullanımlar sonucunda ortaya çıkan bu atıkların kontrol edilemeden depolanması yapılırsa, yakın tarihte içinde birçok canlının da bulunduğu ortamlarda olumsuzluklara neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca uygun kaynakları da tahrip ederek kullanılamaz bir durum oluşturması öngörülmektedir[30].

## KAYNAKLAR

- [1] Aliyeva M., Aziz kız Safarova T., “Nanoteknolojinin İnsan Sağlığına Yararlı ve Zararlı Yönleri”, TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi, 9 (34), 278-283, 2017.
- [2] Allhoff F., Lin P. ve Moore D., Nanoteknoloji Nedir ve Neden Önemlidir?, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 2017.
- [3] Nel A., Xia T., Madler L., Li N., “Toxic Potential of Materials at the Nanolevel”, Science, 311 (5761), 622-625, 2006.
- [4] Calpınar H., Ulaş D.,” Development of Nanotechnology in the World and Nanotechnology Standarts in Turkey”, Procedia Computer Science 158 (2019), 1011-1018, 2019.
- [5] Asztemborska M., Steborowski R., Kowalska J., Bystrzejewska-Piotrowska G. “Accumulation of platinum nanoparticles by Sinapis alba and Lepidium sativum plants”.Water, Air& Soil Pollution, 226 (4), 1-7, 2015.
- [6] Ateş H., “Nano Parçacıklar ve Nano Teller”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 3(1), 437-442, 2015.

- [7] Bayındır M., Nanoteknoloji Devrimi Geliyor, [http://www.fen.bilkent.edu.tr/mb/Dokumanlar//NanoteknolojiDevrimiGeliyor\\_TED\\_\\_pdf](http://www.fen.bilkent.edu.tr/mb/Dokumanlar//NanoteknolojiDevrimiGeliyor_TED__pdf). Yayın tarihi: 2007, Erişim tarihi: 2019.
- [8] BeruBe K., Balharry D., Sexton K., Koshy L., Jones T., “Combustionderived nanoparticles: mechanisms of pulmonary toxicity”, *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 34(10), 1044-1050, 2007.
- [9] Celep Ş., Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
- [10] Çıracı S., “Metrenin Bir Milyarda Birinde Bilim ve Teknoloji”, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 496(453), 4-5, 2005.
- [11] Demirkıran A., Aktürk O.Ü., Manyetik Nanoatom Kümelerinin Moleküllerle ve Yüzeyle Etkileşmesinin Yoğunluk Fonksiyonel Teori ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 2014.
- [12] Doak SH., Griffiths SM., Manshian B., Singh N., Williams PM., Brown AP., “Confounding Experimental Considerations in Nanogenotoxicology Mutagenesis”, 24 (4), 285-293, 2009.
- [13] Duffin R., Mills NL., Donaldson K., “Nanoparticles-a thoracic toxicology perspective”, *Yonsei Med J.* 48(4), 561-572, 2007.
- [14] Erkoç Ş., Nanobilim ve Nanoteknoloji, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, no.107, 2007.
- [15] Ersöz M., Işıtan A. ve Balaban M., Nanoteknoloji 1, Nanoteknolojinin temelleri, Bilal Ofset Basın-yayın matbaacılık, Denizli, 2018.
- [16] Gök H., “Fiziksel tıp ve rehabilitasyon uzmanlarının nanoteknolojiden beklentileri”, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 53(2), 13 – 20, 2007.
- [17] Gül A., “Güvenli ve Sürdürülebilir Nanoteknoloji Uygulamaları”, *Ohs Academy*, 5(1), 50 – 53, 2015.

- [18] Hanks NA., Caruso JA., Zhang P., “Assesing *Pistia stratiotes* for phytoremediation of Silver nanoparticles and Ag(I) contaminated waters”, Journal of Environmental Management, 164(1), 41-45, 2015.
- [19] Hosokawa M., Nogi K., Naito M., Yokoyama T., “Nanoparticle Technology”, Handbook Elsevier, 381(1), 151-157, 2015.
- [20] Joyce ST., “Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part IV:Risk Assessment of Nanoparticles”, Toxicological Sciences, 89(1), 42-50, 2006.
- [21] Körözlü N., “Bilim ve teknolojinin geleceği nanoteknoloji”, Ayrıntı Dergisi, 4(39), 27-30, 2016.
- [22] Kuzma J., Priest S., “Nanotechnology, Risk and Oversight:Learning Lessons From Related Emerging Technologies”, Risk and Oversight, 30(11), 1688-1698, 2010.
- [23] Lam CW., James JT., McCluskey R., Hunter RL., “Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation”, Toxicol Sci,77(1), 126-134, 2004.
- [24] Lux report, Nanomaterials State of the Market Q3: Stealth Success, Broad Impact, [https://portal.luxresearchinc.com/research/document\\_excerpt/3735](https://portal.luxresearchinc.com/research/document_excerpt/3735), Yayın tarihi: 2008, erişim tarihi: 2019.
- [25] Ma XC., “Fullerene nanoparticles affect the fate and uptake to trichloroethylene in phytoremediation systems”, Environmental Engineering Science, 27(11), 989-992, 2010.
- [26] Maurer-Jones MA., Gunsolus IL., Murphy CJ., Haynes CL., “Toxicity of engineered nanoparticles in the environment”, Analytical Chemistry, 85(6), 3036-3049, 2013.
- [27] Medina C., Santos-Martinez MJ., Radomski A., Corrigan OI., Radomski MW., “Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance”, Br. J. Pharmacol, 150(5), 552-558, 2007.
- [28] Musee N., “Nanowastes and the environment: Potential new waste management paradigm”, Environment International, 37(1), 112-128, 2011.

- [29] Öncül O., “Nanometrik Partiküller”, İstanbul Tıp Fakültesi İnfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, sunum, 2014.
- [30] Özkaleli M., Erdem A., “Nanoatıklar ve Çevre: Atık Yönetiminde Yeni Bir Yaklaşım”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(3),183-188, 2016.
- [31] Parham HR., “Solid phase extraction–spectrophotometric. determination of fluoride in water samples using magnetic iron oxide nanoparticles”, Talanta, 80(2), 664–669, 2009.
- [32] Roco MC., “International perspective on government nanotechnology funding in”, J. Nanopart Res.,12(3), 700-707, 2005.
- [33] Ottoni CA., Lima MC, Leo P., Ortolan BD., Barbieri E., DeSouza AD., Environmental Impact of Biogenic Silver Nanoparticles in Soil and Aquatic Organisms, Chemosphere, 239(6), 277- 279, 2019.
- [34] Shatkin JA., Abbott LC., Bradley AE., Canady RA., Guidotti T., Kulino KM., “Nano Risk Analysis: Advancing the Science for Nanomaterials Risk Management”, Risk Analysis: An International Journal, 30(11), 1680-1687, 2010.
- [35] Song, Y., Li, X. and Du, X., “Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma”, Eur Respir J, 34(3), 559-567, 2009.
- [36] Tüylek Z., “Nanoteknolojinin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Riskleri”, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Türkiye, 50(1), 50 – 53, 2018.
- [37] Tse LA., Yu IT., Goggins W., Clements M., Wang XR., Au JS., Yu KS., “Environ Health Perspect. Are current or future mesothelioma epidemics in Hong Kong the tragic legacy of uncontrolled use of asbestos in the past? “, Environ. Health Perspect, 118(6), 382-386, 2010.
- [38] Tang Y., Xin H., Yang S., Guo M., Malkoske T., Yin D., Xia S., “Environmental Risks of ZnO Nanoparticle Exposure on Microcystis Aeruginosa: Toxic Effects and Environmental Feedback”, Aquatic Toxicology, 204(19-26), 261-270, 2018.

- [39] IBM Patent Listesi, <http://www.nanopatent.com>, yayın tarihi: 11.01. 2018, erişim tarihi: 2019.
- [40] Demirkıran A., Geleceğin Büyük Sesleri: Nanoteknoloji, Lambert Academic Publishing, Berlin, Almanya, 2019.
- [41] Karahanlar Ü., Dokuma ve Örne Tekstiller Üzerinde Akıllı Uygulamalar, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- [42] Turan NB., Erkan HS., Guleda E., Engin O., Bilgili MS., “Nanoparticles in the Aquatic Environmental: Usage, Properties”, Transformation and Toxicity- A review. 130(1), 238-246, 2019.
- [43] Turan H., Ünal HE., Özdemir B., Kulakçı M., “Nanoteknoloji Güneş Enerjisi Dönüşümünde Yeni Ufuklar Açıyor”, Bilim Teknik Dergisi, 523(44), 1-112, 2011.