

NANOMALZEMELER VE TEHLİKELERİ

Çeviri: Merve İSTİF - İSG Uzm. Yrd. ; Dr. Fatma IŞIK COŞKUNSES- İSG Uzm.
İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü

1. Nanomalzeme Nedir?

Bilim adamları nanomalzemeler için henüz tam bir tanımda fikir birliğine varmış değillerdir fakat kısmen nanometrelerle ölçülen küçük boyutlarıyla bunları karakterize etmişlerdir. Bir nanometre milimetrenin milyonda biridir ve insan saç telinden yaklaşık olarak 100,000 kat daha küçüktür.

Nano-boyutlu partiküller doğada karbon veya gümüş gibi çeşitli minerallerden meydana gelebilir fakat nanomalzeme olarak tanımlamak için bunların en azından tek boyutunun 100 nanometreden küçük olması gerekir. Nano düzeydeki çoğu materyal insan gözüyle klasik mikroskopları kullanarak görebilmek için bile oldukça küçüktür.



Şekil 1: Nanomalzemelerle boyut karşılaştırması

Bu skalada tasarlanmış materyaller sıklıkla tasarlanmış nanomalzemeler (engineered nanomaterials (ENMs)) olarak adlandırılırlar ve benzersiz manyetik, elektriksel, optik vb. özelliklere sahiptirler. Ortaya çıkan bu özellikler elektronik, ilaç ve diğer alanları önemli ölçüde etkileyebilecek potansiyele sahiptirler.

Örnek olarak:

-Nanoteknoloji, kanser hücreleri gibi vücuttaki spesifik organ veya hücreleri hedef alarak tedavinin etkisini arttıran ilaçların tasarlanmasında kullanılabilir.

-Nanomalzemeler, çimento kaplama ve diğer materyallere eklenerek, bunların daha hafif ve daha güçlü olmasını sağlarlar.

Boyutları nanomalzemelerin elektronik alanda oldukça kullanışlı olmasını sağlar ve aynı zamanda çevresel ıslahta veya yapıştırıcıları temizleme ve toksinleri nötralize etmede kullanılırlar.

Bununla beraber tasarımılanmış nanomalzemeler her bakımdan büyük avantaj sağlarlarken bunların insan sağlığı ve çevre ile ilgili potansiyel etkileri hakkında çok az bilgi mevcuttur. Örnek olarak gümüş gibi iyi bilinen materyaller bile nano boyuta indirildiğinde tehlike doğururlar.

Tablo 1: Nanomalzeme türleri

Materyaller	Boyut (yaklaşık)	Örnekler
Nanokristaller veya kuantum noktalar	1-10 nm	Metaller, yarı iletkenler, manyetik materyaller
Nanopartiküller	1-100 nm	Metaller, seramik oksitler
Nanoteller	1-100 nm	Metaller, yarı iletkenler, oksitler, nitritler
Nanotüpler	1-100 nm	Karbon
Nano gözenekli katılar	0,5-10 nm (gözenek yarıçapı)	Zeolitler, alümina
İki boyutlu nanopartiküller	Birkaç nm^2 - μm^2	Metaller, yarı iletkenler, manyetik materyaller
İnce filmler	1-1000 nm (kalınlık)	Yarı iletkenler

Nano-boyutlu partiküller solunum, sindirim ve deri yoluyla vücuda girebilirler. Araştırmalar bazı nanomalzemelere maruziyetin akciğerlerde inflamasyon ve fibrosise veya deride inflamasyona neden olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Bununla beraber uzun-dönem tekrarlı maruziyetin sonuçları için yeterli bilgi bulunmamaktadır. Nanomalzemelerin bu tür etkilerini doğru bir şekilde anlayabilmek için daha fazla araştırma gerekmektedir [1].

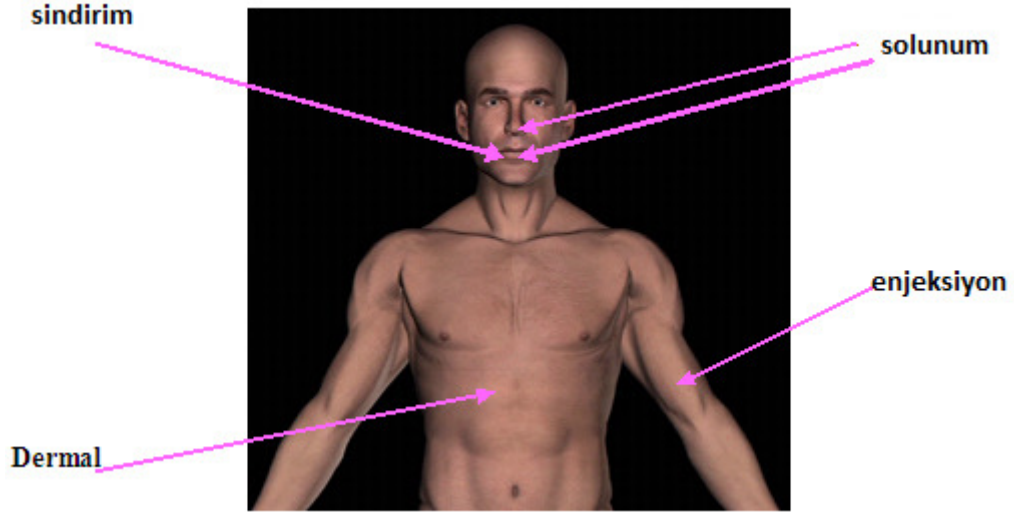
2. Nanomalzemelerin Toksik Özelliklerinin Günümüzdeki Algısı

Bilim adamları farklı türlerde tasarımılanmış nanomalzemelere maruziyetin doğurduğu etkileri halen tam olarak tespit edebilmiş değildir. Bilgi boşluğu, maruziyet rotaları, nanomalzemelerin vücuda alınma yolu ve bunların vücudun biyolojik sistemleriyle etkileştikleri yollar gibi sağlık risklerini tahmin etmek için bilinmesi gereken kilit konularda meydana gelmektedir. Çalışmalar bu alandaki boşlukları doldurmaya yardımcı olabilecek nitelikte olmasına rağmen, kapsamlı tehlike verisi mevcut olan veya yakın gelecekte elde edilebilecek olan nanomalzeme çeşidi oldukça azdır. Benzer kimyasal yapıya sahip farklı nanoformlar farklı toksikolojik özellikler gösterirler. Bu nedenle nanomalzemelerin tehlikelerini değerlendirebilmek için geleneksel toksisite testlerinden farklı olarak yeni yaklaşımlara ihtiyaç olacaktır.

Siliko yaklaşımlarda in vitro metotlar, tehlike bilgisine ulaşmak için kullanılacak alternatif kaynaklardır. Günümüzde in vitro çalışmalardan elde edilen bulguların insanlar üzerinde meydana gelebilecek potansiyel etkilerle nasıl ilişkilendirilebileceği tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Genellikle bu çalışmalarda kullanılan dozlar, işyeri maruziyetlerinde gözlemlenenden oldukça farklıdır. Aynı zamanda in vitro test, nanomalzemenin vücuda giriş noktasından itibaren hedef bölgeye yolculuğu sırasında uğradığı değişikliklere de cevap vermeyebilir. Bundan dolayı in vitro verilerinden genel sonuçlar çıkarmak zordur. Toksikolojik davranışları belirleyebilmek için kullanılan bilgisayar

modellerinde yararlanılan yapı aktivite ilişkilerinin, nanomalzemeler için uygulanabilir olup olmadığı da açık değildir. Bu alanda daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

2.1. Nanomalzemelere Maruziyet Yolları



Şekil 2: Nanomateryallere maruziyet yolları

2.1.1. Solunum Yolu

Solunan tasarımılanmış nanomalzemeler için, etkilenen hedef bölge genellikle akciğerlerdir. Nanomalzemelerin inflamatuvar tepkilere neden olduğu kanıtlanmıştır. Bununla beraber tepkilerin ciddiyetini belirleyen faktörler tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Aynı zamanda tekrarlanan maruziyetlerde bir çok vaka için uzun dönem sağlık sonuçları bilinmemektedir. Ortam hava kirliliğine bağlı sağlık etkilerini inceleyen epidemiyolojik çalışmalar, akciğerlerdeki etkilere ek olarak, yüksek oranda nanopartikül içeren hava soluyan insanların kardiyovasküler sistem hastalıklarına yakalanma olasılığının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bununla beraber bu bulguların iş ortamında nanomalzemelere maruz kalan işçilerle ilişkisi tam olarak ortaya konmamıştır.

2.1.2. Dermal Yol

Solunumun yanında işyeri maruziyetinin bir sonucu olarak nanomalzemelerin deri ve sindirim kanalı ile ilişkisi de söz konusudur. Kozmetik ürünlerde kullanılan nanomalzemeler dışında, cildi etkileyen nanomalzemeler hakkındaki araştırmalar oldukça kısıtlıdır. Cilde temas sonrası oluşan etkilerin temas bölgesinde olması beklenir. Nanomalzemeler için cilt absorpsiyon potansiyeli hakkında yapılan araştırma, gerçekleşecek herhangi bir cilt emiliminin çok düşük miktarlarda olacağını ortaya koymuştur.

2.1.3. Enjeksiyon

Sindirim kanalına giren nanomalzemelerin akibeti ile ilgili genel sonuçlar ortaya koyabilecek herhangi bir bilgi yoktur.

2.2. Nanomalzemelerin Karakterizasyonu

Nanomalzemelerle çalışmadan önce bunların kimyasal bileşimini ve fiziksel karakteristiklerini anlamak önemlidir çünkü bu bilgiler risk değerlendirmesi için anahtar unsurlardır. Kullanılan nanomalzemelerin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri ile ilgili yeterli bilgiye sahip olunursa, bu nanomalzemelerin diğer nanomalzemelere ne kadar benzediğini veya ne kadar farklı olduğunu belirlemek mümkün olacaktır.

Nanomalzemelerin tehlikeleri değerlendirilirken, benzer materyallerle ilgili bilgilere gönderme yapılabilir. Nanomalzemelerin biyolojik/toksikolojik verileri hakkındaki tüm karşılaştırmalar, benzerlik ve farklılıklarını sergileyecek şekilde her iki materyalin detaylı fiziksel karakterizasyonu ile desteklenmelidir. Fiziksel karakteristiklerin yeterli değerlendirmesinin yapılmadığı durumlarda benzer kimyasal yapıya sahip nanopartiküller hakkında genel sonuçlar öne sürülür fakat aslında farklı boyutlar, şekiller, kristal yapı, yüzey şekli ve yüzey reaktivite karakteristikleri yanıltıcı olabilir. Genel olarak bu yaklaşımın uygun olduğunu doğrulayabilecek sağlam veriler olmadıkça risk değerlendirmesinde “benzer” nanomalzemeler için geçerli tehlike bilgilerine itimat etmek tavsiye edilmez.

Tasarımlanmış nanomalzemelerin karakterizasyon bilgilerini içeren malzeme güvenlik bilgi formu, üreticilerden veya tedarikçilerden elde edilebilir olmalıdır. Bu bilgiler mevcut değilse üretici veya tedarikçiden bu bilgilerin sağlanması talep edilmelidir.

2.2.1 Toksisitenin Fizikokimyasal Etkenleri

Bahsedilecek olan fiziksel ve kimyasal özellikler tasarımlanmış nanomalzemelerin tehlike potansiyelini belirlemek için önemli parametrelerdir. Bu liste çok kapsamlı olmamakla birlikte, gelecekte yapılacak araştırmaların diğer önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemede yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2.2.1.1. Boyut

Spesifik partikül boyutlarıyla alakalı olarak tehlike özelliklerinde meydana gelen herhangi bir değişikliğe dair bir kanıt yoktur. Bununla birlikte 20-30 nm altında boyutlara sahip partiküllerin termodinamik olarak kararlı oldukları ve benzer kimyasal bileşime sahip daha büyük partiküllerle karşılaştırıldığında kristal yapıda çarpıcı değişiklikler meydana geldiği bildirilmiştir. Bu değişiklikler çok küçük partiküllerin çevreleri ve biyolojik ortamları ile etkileşme yolunu etkileyecektir. Sonuç olarak daha büyük boyutlu partiküller için gözlemlenen bilgilere dayalı olarak nanopartiküllerin toksikolojik davranışlarını tahmin etmek oldukça zordur.

Nanomalzemelerin spesifik etkilerinin çoğu 1-100 nm boyut aralığında bulunan partiküllerde meydana geldiği için Avrupa Komisyonu tanımlamasında 100 nm’lik boyut kesintisi kullanılmıştır. Bu, diğer yerlerde kullanılan tanımlamalarla da uyumluluk sağlar. Bunun 100 nm altında herhangi bir

boyutu olmayan partiküllerin tehlike taşımadığı ve en azından bir boyutu 100 nm altında olan partikülün çok tehlikeli olduğu anlamına geldiği varsayılmamalıdır. Diğer maddelerin tehlike potansiyellerinde geniş çeşitlilik olduğu gibi, nano boyutlu partiküllerin tehlike potansiyellerinde de geniş çeşitlilik olacaktır.

2.2.1.2. Topak/Topaklaşma Hali

Nanomalzemeler serbest kaldığında, neredeyse tüm durumlarda topaklar oluşturacaklardır. Böylece pratikte daha büyük partiküllerin yanında öncelikli olarak nano-boyutlu partiküllere maruziyet söz konusudur. Topak/topaklaşma boyutu materyalin işyeri havasında kalma süresini etkileyecektir ve belki de nanomalzeme soluma potansiyelini azaltacaktır. Nanomalzemelerin topaklaşma davranışı dış çevreden (çalışma odası havası, dispersiyon ortamı vb.) oldukça etkilenir. Bundan dolayı risk değerlendirmesi yürütülen çevredeki topaklaşma davranışını anlamak faydalıdır.

2.2.1.3. Topaklar

Nanopartikül topakları dış ortam değişiklikleri sonucunda stabil kalmayabilir. Örneğin işyeri havasından solunan havaya geçiş sonucu topak hali değişebilir. Bundan dolayı nanomalzemenin işyeri havasında nispeten büyük topaklar içinde bulunabilmesine rağmen, solunum yolunda daha küçük öncül partiküllere ayrılarak akciğere nüfuz etme potansiyeli vardır. Bu sebeple topak halinde olması nanomalzemenin solunma potansiyelini azaltmasına rağmen, özellikle işyeri havasında topak halinde bulunan nanomalzemelerin bulunduğu da bu formda kalacağı varsayılmamalıdır. Önlem olarak nanomalzemenin bulunduğu akciğerlere nüfuz edebilme potansiyeli olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.1.4. Yüzey Alanı

Tanecikli materyallerin hepsi olmamakla birlikte çoğu partikül yüzeyinde meydana gelen olaylar sonucu açığa çıkar. Partikülün boyutu azaldıkça, “yüzey alanı/kütle” oranı yükselir. Böylelikle partikül yüzeyindeki etkileşimlerden kaynaklanan tüm etkiler daha büyük partiküllerle karşılaştırıldığında nanomalzemeler için daha fazladır. Bu, nano-boyutlu partiküllerin, dozlar kütle bazında karşılaştırıldığında benzer kimyasal bileşime sahip daha büyük partiküllerden daha güçlü görünmelerinin nedenlerinden biridir. Dozlar toplam yüzey alanı bazında karşılaştırıldığında, toksikolojik etkide belli bir farklılık sıklıkla görülmez. Bu nedenle bilim çevreleri nanomalzemeler için yapılan toksikoloji çalışmalarında maruziyetler ve dozajlar için kütleden ziyade yüzey alanının kullanılmasını önermişlerdir.

Maruziyetleri ve dozları ifade etmek için yüzey alanının kullanıldığı durumlar azdır. Günümüzde mevcut tehlike verilerinin büyük çoğunluğu dozu açıklamada kütlenin kullanıldığı çalışmalardan elde edilmiştir. Bu durumda, daha büyük partiküller için kütle olarak ifade edilmiş doz-tepki ilişkisi, nanomalzemeler için olan doz tepki ilişkisinde kimyasal bileşim aynı olsa bile eksik tahmine yol açar. Bu nedenle doz-tepki ilişkisinde daha büyük partiküller için etki –olmayan seviyelerde, ekstrapolasyonun doğru olduğunu gösteren bilimsel bir kanıt olmadığı sürece, nanomalzemeler için ekstrapolasyon yapmak uygun değildir.

2.2.1.5. Şekil

Nanomalzemelerin şekillerinin toksisitelerini etkilediği kanıtlanmıştır. Bu etki, yüksek en/boy oranlı nanomalzemeler için (high aspect ratio nanomaterials (HARN)) tam olarak gösterilmiştir. Yüksek en/boy oranı partikülün üç boyutundan bir veya ikisinin diğer boyutundan (boyutlarından) çok daha küçük olması anlamına gelir. Lifler yüksek en/boy oranlı materyallere verilebilecek klasik örneklerdendir. Dünya sağlık örgütü, (WHO), solunabilir lifleri, uzunluğu 5µm'den daha büyük genişliği 3 µm'den daha küçük ve en/boy oranı 3:1' den büyük nesnelere olarak tanımlamıştır. Bu boyutların tümünün nanoskalada yer aldığı, 3:1' den büyük en/boy oranına sahip nesnelere HARN olarak nitelendirilirler. Mikro levha gibi yalnızca tek bir boyutu nano-boyut aralığında bulunan yapılar da HARN olarak nitelendirilirler.

Karbon Nanotüpler (CNTs)

HARNs'ların aşağıdaki özelliklere sahip olduğu kanıtlanmıştır.

- 3 µm'den incedirler,
- 10-20 µm'den uzundurlar,
- biyodayanımlıdır,
- daha kısa liflere dönüşmezler (kırılarak veya çözünerek)

Göğüs boşluğunda uzun zaman boyunca tutulabilirler.

Göğüs boşluğunda tutulan uzun lifler akciğer kanseri gibi hastalıklara öncülük eden kalıcı inflamasyona neden olabilirler. HSE'nin tavsiyesi bu karakteristiklere sahip nanomalzemeleri soluma potansiyeli olan işçilerin bulunduğu ortamlar için önlemsel risk yönetimi yaklaşımını tavsiye etmişlerdir.

Kullanılan nanomalzemelerin tehlike özellikleri hakkında yeterli bilgiye sahip olunmadığı durumlarda, maruziyeti önleyen kontrol tedbirleri alınmalıdır.

Yukarıda açıklanan karakteristiklere sahip HARN'ların ciddi olumsuz etkilere neden olma potansiyeline sahip olduğu her geçen gün yeni verilerle desteklenmektedir. Karbon nanotüpler (CNTs), HARN'ların farklı bir türüne ait gruplardır. Bazı CNT'ler uzun, düz liflerden oluşurlar ve aksine bir kanıt olmadıkça, bu tip CNT'lerin yukarıda açıklanan özelliklere sahip olduğu varsayılır.

CNT'lerin diğer tipleri daha karmaşık yapıya sahiptirler ve düşük yoğunluklu yumuşak nanotüp topakları olarak tarif edilebilirler. Bu tip CNT'lerin, göğüs boşluğu için herhangi bir tehlike arzettiğine dair bir kanıt bulunmamıştır. Bununla beraber yine de akciğerlerde iltihaplanmaya sebep olma potansiyeli taşırlar. Karmaşık yapıları CNT'lere tekrarlı maruziyet sonucu oluşan uzun dönem sağlık sonuçları hakkında şuan için kesin ifadeler kullanmak mümkün değildir.

Durum, levha-benzeri partiküller gibi, HARN olarak nitelendirilebilecek diğer yapılar için de benzerdir. Aerodinamik davranışları derin akciğere nüfuz etmelerine sebebiyet verebilir. Levha-benzeri partiküllerden akciğerlerin kolaylıkla nasıl temizlenebileceğine dair bir bilgi yoktur fakat şekil ve boyutlarının etkili tasfiyelerini önlemelerinin mümkün olduğu bilinmektedir. Bu durumda derin

akciğerlerde iltihabi reaksiyonlar meydana gelebilir. Levha-benzeri partiküllere maruziyetin uzun dönem sağlık etkileri bilinmemektedir. Bu tip partiküllerin neden olduğu tehlike seviyesinin anlaşılabilmesi için daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

HARN olmayan nanomalzemelerin şekillerinin toksikolojik özelliklerini nasıl etkileyebileceğini gösteren herhangi bir bilgi yoktur, fakat partikül şekilleri üzerinde yapılan gözlemlerden elde edilen bilgiler, non-HARN nanomalzemeler için bu parametrenin önemiyle ilgili gelecekte yapılacak bilimsel araştırmalar için faydalı olacaktır.

2.2.1.6. Yüzey Yükü

Partikülün yüzey yükü, iyonların ve kirleticilerin emilimini, partiküllerin biyomoleküllerle etkileşimini, hücre içine alınımını ve partiküle maruziyet sonrası hücrelerin reaksiyon yolunu etkileyebilir. Partikülün zeta potansiyeli yüzey yükünün bir ölçüsüdür (zeta potansiyeli tanecikler arasındaki itme veya çekme değeri ölçümüdür). Son zamanlardaki araştırmalar çabuk alevlenebilir olarak bilinen belli metal ve metal oksit nanoparçacıklarının yüksek pozitif zeta potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, bu parametrenin, belirli toksikolojik etkiler için kullanılacak bir öngördürücü olduğunu akla getirmektedir. Zeta potansiyeli ve toksikolojik etkiler arasındaki ilişkiyi tam olarak anlayabilmek için daha fazla araştırma gereklidir fakat bu özellik üzerinde bu bilgiyi gözlemek gelecekteki risk değerlendirmeleri için yararlı olacaktır.

2.2.1.7. Yüzey Kimyası/Yüzey Modifikasyonu

Bu, çözünürlük dengesinin elementlerini, katalitik özelliklerini, yüzey yükünü, yüzey absorpsiyonunu ve çözeltideki moleküllerin desorpsiyonunu içeren genel ve spesifik olmayan bir terimdir. Bu özellikler atomik veya moleküler bileşimin ve fiziksel yüzey yapısının fonksiyonlarıdır. Aynı zamanda kimyasal saflık, fonksiyonellik ve yüzey kaplama da yüzey kimyasını etkileyebilecek önemli etmenlerdir.

Yüzey modifikasyonu CNTs'nin toksisitesini uygulanan modifikasyona bağlı olarak azaltabilir veya çoğaltabilir. Bu durum titanyum dioksit (TiO₂) için de gözlemlenmiştir. Günümüz bilgileri göz önüne alındığında, spesifik yüzey modifikasyonunun tehlikeli olup olmadığını tahmin etmek oldukça zordur. Bununla beraber, fonksiyonizasyon ve yüzey modifikasyonu, mevcut tehlike bilgisinin materyale uygun olup olmadığına karar verebilmek için göz önünde bulundurulması gereken önemli konulardır.

2.2.1.8. Kimyasal Bileşim

Bazı elementler kanserojen, mutajen, reproduktif toksik maddeler-üreme üzerindeki toksik etkili maddeler-, topluca CMRs (Carcinogenic, mutagenic and reprotoxic) olarak tanımlanmışlardır veya astıma sebep olma potansiyelleri vardır. Bu tehlikeli özellikleri taşıyan elementlerden birini veya birkaçını içeren nanopartiküllerin bu tehlikeleri gösterme potansiyeline sahip olduğu varsayılabilir.

Reaktif metallerin varlığının kaynak dumanı gibi kompleks yapıları tanecikli karışımların toksisitesine neden olduğu düşünülebilir. Bu tür metalleri önemli ölçüde içeren nanomalzemeler (örneğin CNTs içinde büyük miktarda katalizör kalıntısı olması), daha düşük miktarlarda reaktif metal içeren benzer materyallere göre sağlık açısından çok daha büyük tehlike oluşturur.

2.2.1.9. Çözünürlük

Bu olumsuz etkilerin bazıları nanomalzemelere maruziyeti takiben materyalin çözünürleştirilmesi sonucu ortaya çıkar. Nanomalzemenin çözünürlüğünün, aynı maddenin daha büyük partiküllerinden daha farklı olabileceği bulunmuştur. Örneğin, nano boyutlandırılmış gümüş partikülleri ile daha büyük gümüş partikülleri karşılaştırıldığında, nanopartiküllerin çözeltide gümüş iyonlarını serbest bırakmaya çok daha meyilli olduğu görülür. Eğer çözünme reaktif veya sitotoksik (hücrelerin ölümüne neden olan) bileşiklerin salınımına neden olursa ve bunlar büyük partiküllere oranla nano formdan daha kolay salınıyorsa, daha büyük partiküller için olan doz-tepki ilişkisi nano formlar için olan doz-tepki ilişkisinin gerçek değerinin altında kalır.

Reaktif ve sitotoksik bileşiklerin salınmadığı bazı durumlarda, artan çözünme, akciğerler vb.'nin nano boyutlu partiküllerden temizlendiği oranda hızlanacaktır. Bu daha büyük partiküllerle karşılaştırıldığında, daha büyük partiküller için görülen etki tipine bağlı olarak, nano formların daha düşük seviyede tehlike göstermesiyle sonuçlanır.

Nanomalzemelerde bulunan elementlerin iyonik formlarının toksikolojik özellikleri hakkındaki bilgiler, takip eden maruziyetin vücudun hangi bölgelerini etkileyebileceğini anlayabilmeye yardım etmesi açısından faydalıdır. Ekstrapolasyonun doğru ve yerinde olduğunu gösteren bilimsel bir kanıt olmadıkça, büyük partikül boyutlarıyla veya nanomalzemeler için iyonik formlarla yapılan çalışmalardan gözlemlenen doz tepki bağlantısına ekstrapolasyon yapmak uygun değildir.

2.2.2. Potansiyel İlgili Diğer Özellikler

Fotokatalitik aktiviteye sahip nanomalzemelerin inflamasyona neden olabilecek potansiyellerinin, partikülün ışığa maruziyeti sonucu daha reaktif hale gelmesi nedeniyle daha büyük olduğu öne sürülmüştür.

Yüksek oranda asidik veya alkali olan nanomalzemelerin de temas bölgesinde (akciğerler, deri, sindirim kanalı vb.) yerel irritasyona neden olabilecekleri bildirilmiştir.

2.2.3. Nanomalzemenin Tehlikelerini Değerlendirme

Risk değerlendirmesini yürütmek için kullanılan materyalin tehlike özelliklerini bilmek önemlidir. Günümüzde çoğu nanomalzeme için sınırlı tehlike verisi mevcuttur, bu yüzden spesifik nanomalzemelerin toksikolojik davranışlarını kesinlik derecesinde belirlemek zorlu olacaktır. Çoğu durumda benzer nanomalzemeler için gözlemlenen bilgiler gerekli olacaktır. Bu durumda bu bilgilerin kullanılan materyale uygun olduğunu kanıtlamak önemlidir.

En çok kullanılan nanomalzemelerin çoğu, "bulk" olarak adlandırılan daha büyük partiküllerle aynı veya benzer kimyasal bileşime sahiptirler. Bununla beraber, bu tür büyük tanecikli partiküllerin hangi özelliklerinin nano boyutlu partiküller için de geçerli olduğu netleşmiş değildir. Aynı zamanda, aynı veya benzer kimyasal bileşime sahip fakat farklı fiziksel karakteristikleri olan nanomalzemelerin taşıdığı hangi özelliklerin diğer nano boyutlu partiküller için de geçerli sayılabileceği çoğunlukla bilinemeyen bir konudur. Bu nedenle bir materyalin tehlike özelliklerini belirlemek için diğer bir materyal hakkındaki bilgileri kullanırken benzerliği kullanmak önemlidir.

2.2.3.1. Benzerliği Tespit Etmek

Kullanılan materyal ile tehlike verisi mevcut materyal arasındaki benzerlik ve farklılığı belirlemek için, her iki materyalin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri ile ilgili mümkün olduğunca çok bilgi toplamak önemlidir. Yani benzerlik ancak mevcut bilgilere dayanılarak değerlendirilebilir. Aşağıda verilen karakteristikler benzerliği tespit etmede minimum olarak önerilmiştir (diğer karakteristikler fiziksel karakteristiklerle tehlike arasındaki ilişki tespit edildikçe listeye eklenebilir).

-Kimyasal bileşim ve saflık

-100 nm'den küçük birincil partiküllerin sayı fraksiyonlarının gösterimiyle birincil partikül boyut dağılımı

- Nanof orm kullanımı sırasında mümkün yığın formlarını temsil eden diğer partikül boyut dağılımları

-Yüzey işlevselleştirilmesi

-şekil

-Yüzey alanı.

Kullandığınız materyalinizin ve diğer materyallerin benzer kimyasal bileşime sahip olsalar bile fiziksel ve kimyasal karakteristikleri arasındaki fark ne kadar büyükse, iki materyal arasındaki tehlike verisinde yapılan ekstrapolasyonun belirsizliği de o kadar büyüktür. Bu nedenle kullanılan materyalin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmak, benzer fiziksel ve kimyasal karakteristiklere sahip materyaller için gerekli tehlike verisini sağlamak açısından önemlidir. Tehlike verisi bulunduğu halde test edilen materyallerin karakteristikleri uygun olarak tanımlanamamışsa, sonuçların materyal için uygulanabilir olduğunu varsaymak doğru olmayacaktır.

Çalışılacak nanomalzemenin fiziksel karakteristikleri (boyut, şekil, kristal yapı, yüzey yapısı, yüzey reaktivitesi vb.) hakkında yeterli bilgi olmadığı durumlarda, benzer kimyasal bileşime sahip diğer nanomalzemeleri baz alarak bu yaklaşımın uygun olduğunu doğrulayacak iyi verilere sahip olmadıkça genel sonuçlara varmak doğru değildir. Nanomalzemelerin toksikolojik etkilerinin tam olarak açıklanamadığı durumlarda bunların solunma, ağızdan alınma veya absorpsiyonunun tehlikeleri hakkında güçlü veriler olmadıkça risk yönetiminde önlemsel yaklaşımlar alınmalıdır [2].

Kaynaklar

1. *Using nanomaterials at work-HSE*

2. *Understanding the hazards of nanomaterials - Nanotechnology - HSE*