



**Friska arbetsplatser
HANTERAR FÄRLIGA
ÄMNER PÅ ETT
SÄKERT SÄTT**



Tillverkade nanomaterial på arbetsplatsen

Viktiga punkter

- Tillverkade nanomaterial är material där minst 50 procent av partiklarna har en storlek på 1–100 nanometer (nm). De minsta nanopartiklarna är ungefär lika stora som atomer eller molekyler.
- Hur nanomaterial påverkar människors hälsa beror på deras egenskaper, till exempel vilket material de består av och partiklarnas storlek, form, löslighet och ytegenskaper. I många fall har nanomaterial samma påverkan på hälsan som grövre partiklar av samma material, men de kan också ha andra effekter. Exponering för nanomaterial sker främst genom inandning och hudupptag.
- Exponeringen för nanomaterial måste kontrolleras och hållas väl under det gränsvärde som gäller för motsvarande bulkmaterial (material som består av större partiklar men även kan innehålla nanopartiklar). Här ska försiktighetsprincipen tillämpas.
- Inom industrin är det en fördel om nanomaterial kan hanteras i form av exempelvis slurry (vätskesuspension) eller pasta eller förvaras i slutna system. På så sätt kan man minska mängden nanopartiklar som sprids och de anställdas exponering. I mer komplexa situationer rekommenderas att man tar hjälp av experter.
- Nanotekniken utvecklas snabbt, och det gör även kunskaperna om dess risker. Därför måste arbetstagare, arbetsgivare och arbetsmiljöexperter på arbetsplatser där nanopartiklar förekommer hålla sig uppdaterade på området.

Friska arbetsplatser hanterar farliga ämnen på ett säkert sätt

Under 2018 och 2019 bedriver Europeiska arbetsmiljöbyrån (EU-Osha) en Europaomfattande kampanj för att främja förebyggande av risker med farliga ämnen på arbetsplatser. Syftet är att minska förekomsten av och exponeringen för farliga ämnen på arbetsplatser genom att öka medvetenheten om riskerna och om effektiva sätt att förebygga dem.

Problemet

På grund av sina egenskaper kan nanomaterial ha en rad potentiellt toxiska effekter. Det har konstaterats att vissa, men inte alla, tillverkade nanomaterial innebär större hälsorisker än motsvarande material i bulkform. Ultrafin titandioxid, som kan innehålla nanopartiklar, har till exempel visat sig ha starkare effekter än grövre finpartikulär titandioxid. Flerväggiga kolnanorör av typen MWCNT-7 har klassificerats som potentiellt cancerogena för människor, medan andra kolpartiklar inte medför någon cancerrisk. Klassificeringen varierar mellan olika typer av kolnanorör.

Regler och förordningar om nanomaterial och arbetsmiljö

Föreskrifter och förordningar som behandlar kemikalier täcker även nanomaterial, till exempel följande:

Systematiskt arbetsmiljöarbete, AFS 2001:1
Föreskrifter och allmänna råd om

Syntetiska oorganiska fibrer AFS 2004:1
Föreskrifter och allmänna råd om

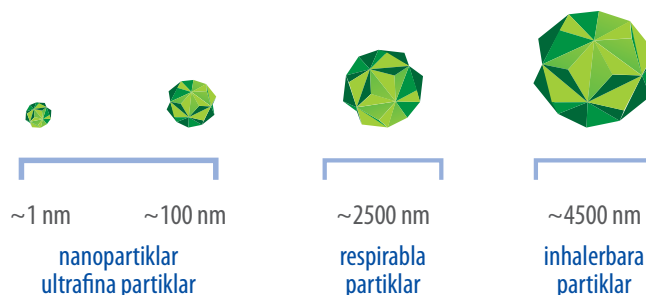
Kemiska arbetsmiljörisker AFS 2011:19
Föreskrifter och allmänna råd om

Hygieniska gränsvärden AFS 2018:1 Föreskrifter
och allmänna råd om

Förordning (EG) nr 1907/2006 (Reach-förordningen) av den 18 december 2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier

Förordning (EG) nr 1272/2008 (CLP-förordningen) av den 16 december 2008 om klassificering, märkning och förpackning av ämnen och blandningar

Vad är tillverkade nanomaterial?



Tillverkade nanomaterial är material där minst 50 procent av partiklarna har en storlek på 1–100 nanometer (nm). De minsta nanopartiklarna är ungefär lika stora som atomer eller molekyler.

De kan ha andra egenskaper än grövre partiklar av samma material. Det beror delvis på att de är mindre till storleken, men också på deras jämförelsevis stora yta samt deras form, löslighet, kemiska sammansättning, ytfunktionalitet och ytbehandling. Dessa egenskaper har lett till ett stort intresse inom forskningen och materialen används i nya produkter och tekniker.

Några exempel på nanomaterial:

- Nanotitandioxid används som UV-filter i exempelvis kosmetiska produkter, färg och lack samt fönsterglas.
- Grafen är ett tunt och extremt starkt material som består av ett enda lager kolatomer. Det har mycket god ledningsförmåga och stor potential inom vissa industrier, till exempel elektronik.
- Kolnanorör har egenskaper som är intressanta för elektronikindustrin. De används också för att förstärka olika material, till exempel i byggindustrin, och i OLED-skärmar.
- Nanosilver används exempelvis i läkemedel, kosmetika och livsmedel samt som antiseptiskt medel på en rad olika områden, till exempel i färg och lack, kläder, skor och hushållsprodukter.
- Kvantprickar är ett halvledarmaterial som bland annat används inom medicinsk bildteknik, diagnostik och elektronik.

Inom medicinen har man intresserat sig för nanomaterialens potential när det gäller att transportera läkemedel till målorgan och inom bilddiagnostik (t.ex. magnetiska nanopartiklar av järnoxid). Nanomaterial med nya egenskaper utvecklas genom att nanopartiklar ges olika typer av ytbeläggningar.

Åtgärder som krävs enligt arbetsmiljölagstiftningen

Hantering av nanomaterial på arbetsplatsen omfattas av samma krav som hanteringen av andra farliga kemikalier, bland annat kraven på information och utbildning för medarbetare, riskbedömningar och åtgärder för en säker arbetsplats. Förutsättningarna för att uppfylla kraven för nanomaterial skiljer sig dock åt från de flesta andra kemikalier. Än så länge är kunskapen om nanomaterialens risker begränsad och det finns inga gränsvärden för exponering på arbetsplatsen, även om referensvärden har föreslagits. Därför måste försiktighetsprincipen tillämpas så att exponeringen hålls på en nivå där risken kan förväntas vara under kontroll, även om det skulle visa sig att nanomaterial är farligare än man för närvarande känner till.

Det här informationsbladet ger allmänna praktiska råd om hur försiktighetsprincipen bör tillämpas vid hantering av nanomaterial. Närmare information finns i OSHwiki-artikeln "Nanomaterial" (på engelska).

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

Hälsorisker med nanomaterial

Hälsoriskerna skiljer sig åt mellan olika nanomaterial. I många fall har nanomaterial samma påverkan på hälsan som grövre partiklar av samma material, men de kan också ha andra effekter. Nanomaterial som hamnar i kroppen kan (precis som andra ämnen) tas upp, spridas och brytas ner. Nanomaterial har hittats i exempelvis lungor, lever, njurar, hjärta, fortplantningsorgan, hjärna, mjälte, skelett och mjukvävnader samt i foster. Mekanismerna bakom hälsoriskerna är fortfarande inte helt

kartlagda, men några av dem har identifierats.

- Vissa nanomaterial kan orsaka olika skador på lungorna, som såväl akut som kronisk inflammation. Risken för sådana skador verkar öka när partikelstorleken minskar. Andra skadliga effekter som kan uppstå är vävnadsskador, oxidativ stress, kronisk toxicitet, cytotoxicitet, fibros och tumörer. Vissa nanomaterial kan också påverka hjärt-kärlsystemet.
- Eftersom nanopartiklar är så små kan de tränga in i kroppen på ett annat sätt än grövre partiklar. Man har till exempel sett att metaller och metalloxider nått luktloben via luktnerven och att kolnanorör vandrat till fostret via moderkakan.
- Långa, tunna, trådiga och olösliga nanofibrer som kolnanorör kan orsaka skador på lungorna, exempelvis inflammation, granulom och fibros. Dessa effekter konstaterades dock inte hos möss som exponerats för kimrök (samma material, men i form av nanopartiklar istället för nanofibrer). Det har lett till slutsatsen att åtminstone vissa typer av kolnanorör kan skada hälsan på sätt som påminner om asbest. Internationella centret för cancerforskning (IARC) har klassificerat kolnanorör av typen MWCNT-7 som möjligen cancerogena för människa (grupp 2B). Å andra sidan har man sett skillnader i hälsopåverkan mellan olika typer av kolnanorör. Vissa kolnanorör har ytegenskaper som gör att de inte orsakar granulom eller fibros. Man har också sett att kolnanorör under vissa omständigheter kan brytas ner och komma ut med avföringen.

//
*Tillverkade nanomaterial
innebär större hälsorisker
än motsvarande material i
bulkform*



Exponering och exponeringsvägar

En annan säkerhetsrisk är att vissa nanomaterial i pulverform kan vara explosiva, brandfarliga och katalytiska. Framför allt kan metallpulver med nanopartiklar, som metalldamm på mikroskalan, explodera mer våldsamt och blir mer lättantändligt ju mindre partiklarna är. Självantändning kan också ske vid lägre temperatur när partiklarna är mindre.

Nanomaterial brukar agglomerera, alltså bilda löst sammanhängande kluster. Det gör inte att de blir större men påverkar totalytan väsentligt. Åtminstone hos vissa typer av nanopartiklar tros totalytan ha betydelse för påverkan på människors hälsa. Det är oklart om och i så fall hur agglomerering påverkar hälsoriskerna med nanomaterial.

Även om vissa mekanismer har identifierats, finns det fortfarande ett enormt behov av att ta reda på mer om när och varför nanomaterial påverkar hälsan. Tills vidare måste vi ta hänsyn till beläggen för att åtminstone vissa nanomaterial är mer toxiska än grövre partiklar av samma material och vidta försiktighetsåtgärder.

Det har gjorts åtskilliga studier av hur nanomaterial kan påverka hälsan, men i de flesta har man använt cellkulturer eller försöksdjur. Det finns mycket lite empiriska resultat som visar hur människors hälsa påverkas av exponering för tillverkade nanomaterial. Däremot finns det omfattande forskning som visar att exponering för luftföroreningar som innehåller naturliga nanopartiklar – till exempel svetsrök, dieselavgaser och andra typer av rök – kan vara farligt på en rad sätt. Forskningsunderlaget räcker dock inte för att avgöra om de negativa hälsoeffekterna beror på nanopartiklarna eller på andra luftföroreningar.

Hälsoriskerna kan leda till problem eller sjukdom som inträffar först efter exponeringen för nanomaterial. Exponering för nanomaterial sker främst genom inandning och hudupptag, men också genom förtäring.

Exponering för tillverkade nanomaterial kan uppstå när som helst under ett nanomaterials livscykel, bland annat under tillverkning av nanomaterial eller nanoprodukter, under användning av nanoprodukter eller vid återvinning, bearbetning och bortskaffning av uttjänta nanoprodukter.

Inandning

Om torra nanomaterial hanteras manuellt utan inkapsling – till exempel när de hålls upp ur en påse, lastas av eller på en container eller spills av misstag – finns en stor risk för exponering. Även när nanomaterial hanteras i slutna system kan exponering ske på grund av läckor eller olyckor. Exponering kan också ske när man hanterar avfall som innehåller nanomaterial.

Många nanomaterial hanteras som slurry, pasta eller granulat, eller som en integrerad del av ett fast material. Risken för exponering genom inandning är begränsad men förekommer till exempel om en slurry sprejas så att en aerosol bildas eller om granulat mals till mindre partiklar och då avger nanopartiklar. Exponering kan också förekomma om slurryn eller pastan torkar, så att man får ett torrt nanomaterial som kan virvla upp i luften. Även om nanomaterialet hanteras som slurry kan exponering förekomma, till exempel under rengöring och underhåll.

**Exponeringen för
nanomaterial
måste
kontrolleras**

Hudupptag

Nanomaterial kan tas upp via huden. För vissa nanomaterial är hudupptag en vanlig exponeringsväg, eftersom de används i kosmetika som appliceras på huden. För närvarande anses risken för hudupptag av nanomaterial dock vara mindre än risken för exponering genom inandning. Sår, eksem och andra skador på huden kan dock släppa igenom mycket små mängder nanomaterial. Den risken betraktas i nuläget som försumbar eller mycket liten, men hudupptag bör ändå förebyggas av försiktighetsskäl. På så vis kan man också förhindra att nanomaterial intas av misstag och att människor exponeras för ämnen som kan tas upp av huden även om detta inte har påvisats ännu.

Förtäring

Risken för förtäring på arbetsplatser är lägre, men dålig hygien kan leda till exponering, till exempel om medarbetare som har hanterat nanomaterial sedan håller i mat eller dryck utan att först tvätta händerna eller byta kläder, eller om de sprider nanopartikeldamm på en plats där mat och dryck förtärs. Exponering kan också uppstå av misstag, till exempel genom att partiklar råkar överföras från handen till munnen.

Utanför arbetsplatsen finns en risk för att få i sig nanomaterial via livsmedel, eftersom förpackningar avsiktligt kan innehålla nanomaterial. Precis som med nanomaterial i allmänhet beror hälsoeffekterna på vad nanomaterialet består av. I en färsk studie där 60 personer fick svälja silvernanopartiklar i ett experiment såg man inga kliniskt observerbara effekter.

Riskbedömning

I princip kan all hantering av nanomaterial utanför slutna system anses innebära exponeringsrisk för medarbetarna. Men även när ett slutet system används finns en risk för exponering, till exempel om en läcka uppstår eller under rengöring och underhåll. Den exponeringen bör man ta hänsyn till vid riskbedömning så att förebyggande åtgärder kan vidtas. Eftersom nanomaterial består av extremt små partiklar går det inte att se nanopartikeldamm. Det är också något man måste väga in i riskbedömningar.

Riskerna varierar med typ av nanomaterial. De största riskerna anses vara exponering för olösliga eller svårlösliga nanofibrer som är längre än 5 µm och minst tre gånger så långa som breda. Riskerna är också höga när det gäller andra svårlösliga eller olösliga nanofibrer och "nanoplättar" (t.ex. i nanotunna material som grafen). Exponering för nanomaterial som är vattenlösliga betraktas som mindre riskabelt.

Riskbedömningen grundar sig ofta på uppmätt exponering. Det går att få fram sådana mått, men det är inte alltid enkelt och det kräver sofistikerade direktvisande instrument. Luftburna nanopartiklar mäts främst inom ramen för forskning. En mätmetod har utvecklats utifrån en kombination av mått som fått fram med hjälp av olika slags direktvisande instrument för olika partikelfraktioner, där mätningar görs med filtertechniker och filtren analyseras i svepelektronmikroskop. När filtren analyseras finns dock en risk för att många partiklar kan sitta fast

i deras porer och därför inte syns i mikroskopet. Direktvisande instrument har också sina begränsningar. Exempelvis går det att analysera partiklar av olika storlek, men inte vilka material de består av. Det råder inte heller någon konsensus om vilken variabel som har störst betydelse för nanomaterialens påverkan på människors hälsa. Det finns ingen standardparameter – till exempel massdensitet, partikeltäthet eller yta hos luftburna nanomaterial – som används för att utvärdera påverkan på hälsan. Vilken parameter som är mest relevant kan bero både på typ av nanomaterial och påverkan på hälsan.

Direktvisande instrument mäter förekomsten av partiklar, oavsett material. Instrumenten kan störas av andra nanopartiklar än de tillverkade nanopartiklar man vill mäta. Mätningar kan till exempel påverkas av nanopartiklar i avgaser och rök, till exempel från cigaretter, svetsning, lödning och värmeförsegling. Nanopartiklar kan avges från brinnande ljus, när man skalar citrusfrukter och när vattenånga kondenserar.

Vid en riskbedömning av nanomaterial bör man alltså ta hänsyn till följande:

1. Den information som finns om nanomaterials farliga egenskaper är otillräcklig.
2. De metoder och instrument som kan användas för att mäta exponeringsnivåer och identifiera nanomaterial och spridningskällor har vissa begränsningar.

Det kan också saknas information om förekomsten av nanomaterial, i synnerhet i blandningar eller varor och längre ner i kedjan där nanomaterial och produkter som innehåller nanomaterial används eller bearbetas.



Att vidta åtgärder och hantera risker

En riskbedömning av tillverkade nanomaterial bör omfatta

1. en förteckning över nanomaterial som förvaras och används på arbetsplatsen,
2. information om hälsoriskerna med nanomaterial, vilka oftast framgår av säkerhetsdatabladet,
3. utvärdering av exponering genom inandning, hudupptag och förtäring,
4. beslut om åtgärder för att minska exponeringen och en åtgärdsplan som anger vad som ska göras, när och av vem,
5. särskild hänsyn till riskerna för speciellt utsatta arbetstagare, i synnerhet ungdomar och gravida eller ammande kvinnor, och eventuella särskilda åtgärder som behövs för att skydda dem,
6. regelbunden översyn av riskbedömningen,
7. utvärdering av de åtgärder som vidtagits och förbättringar av åtgärdsplanen om det behövs.

Riskbedömningarna måste grunda sig på försiktighetsprincipen och ta hänsyn till följande:

- Är nanomaterialet av ett slag som anses utgöra hög risk?
- Är det troligt att någon kan drabbas av hög exponering för nanomaterialet på arbetsplatsen eller genom en olyckshändelse?

Hög exponering för nanomaterial med hög risk är en allvarlig fara som kräver omedelbara åtgärder för att minska exponeringen. Vid låg exponering och nanomaterial med lägre risk är behovet av åtgärder inte lika brådskande, och ibland behövs inga åtgärder alls.

Det finns flera typer av verktyg och stöd för riskbedömning av nanomaterial.

En översikt presenteras i [Europeiska kommissionens vägledning Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work](#) (på engelska).

Mer information finns på [Europeiska kemikaliemyndighetens](#), [Världshälsoorganisationens](#) och [OECD:s](#) webplatser.

Arbetsgivare har skyldighet att erbjuda sina anställda en säker och hälsosam arbetsmiljö. I det ingår att skydda dem från riskerna med nanomaterial.

EU:s arbetsmiljölagstiftning föreskriver en hierarki för de åtgärder som ska syfta till att förebygga eller minska arbetstagarnas exponering för farliga ämnen (artikel 6 i direktivet om kemiska agenser). Denna rangordning – som det heter i direktivet – kallas även för STOP-principen.

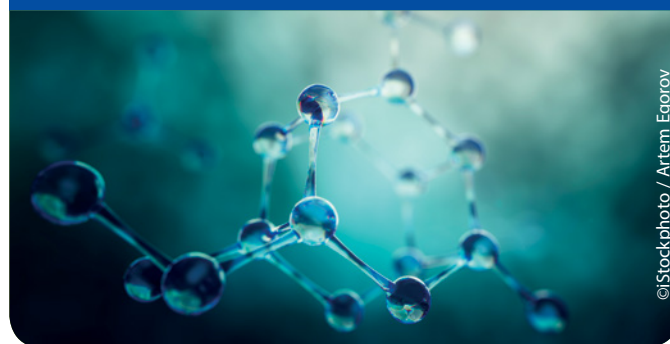
S = Substitution (täcker även in den totala elimineringen av ett farligt ämne)

T = Tekniska åtgärder

O = Organisatoriska åtgärder

P = Personliga skyddsåtgärder

S = Substitution



Ofta används nanomaterial för att de har unika tekniska egenskaper, så det kan vara svårt att byta ut dem. Men även om nanomaterialet inte helt kan elimineras, kan det vara möjligt att hantera det i en form som minimerar exponeringen, till exempel i fast form eller i flytande form som slurry eller pasta. Då minskar exponeringen väsentligt, i synnerhet exponeringen via inandning. Man bör dock undvika att spreja nanomaterial i flytande form eftersom de kan inandas i aerosolen.

//
*Exponering för nanomaterial
sker främst genom
inandning och hudupptag.*

T = Tekniska åtgärder



Luftburna nanomaterial kan i princip jämföras med aerosoler och kan kontrolleras på liknande sätt. Nanopartiklarnas extremt låga massa gör dock att de har mycket låg rörelseenergi. Därför uppför de sig mer som gaser än som damm. Valet av teknik styrs av exponeringens omfattning, som i sin tur beror på hur "dammigt" nanomaterialet är och hur mycket partiklar det avger. Man kan behöva kombinera flera metoder för att hantera exponeringen och risken. Inkapsling och ventilation är ett effektivt sätt att minska exponeringen från en process. Risken för läckor måste dock hanteras, liksom riskerna i samband med underhåll, reparation och rengöring.

Processer där nanomaterial hanteras genomförs ofta i slutna system eftersom man vill förhindra föroreningar. Ett slutet system är en bra teknisk åtgärd som har fördelen att det förhindrar att nanomaterial sprids till den omgivande miljön och de anställda. Slutna system rekommenderas särskilt när man ska mäta tillverkade nanomaterial, hålla (och blanda) dem i eller samla upp dem från tillverknings- och bearbetningsutrustning, rengöra behållare och hantera avfall, med undantag för om det inte finns någon risk för exponering.

Om substitution eller slutet system inte fungerar bör andra tekniska kontrollåtgärder för att minska exponeringen övervägas (t.ex. inkapsling, punktutsug, allmänventilation). De tekniska kontrollåtgärderna väljs med hänsyn till kraven på respektive arbetsplats och bör ta hänsyn till spridningskällan, risken behovet av att minska spridningen och exponeringen samt till nanomaterialets mängd aggregationsform och uppgiftens varaktighet och frekvens.

Punktutsug och allmänventilation bidrar till att förebygga spridning av luftburna nanomaterial på arbetsplatsen och till närliggande utrymmen. Ett lämpligt filtreringssystem måste användas för att rena frånluften från nanopartiklar. Det kan vara ett flerstegssystem med HEPA-filter (högeffektiva partikelluftfilter) eller ULPA-filter (ultra-low penetration air).

Exponeringen på arbetsplatsen kan minskas genom en optimering av processer och arbetssätt som minimerar mängden farliga biprodukter och farligt avfall.

Nanopartiklarnas explosionsrisk kan minskas med hjälp av säkerhetsåtgärder inom fyra specifika områden, nämligen följande:

- Förebyggande åtgärder: minska sannolikheten för olyckor genom att förbättra underhållsrutiner för att förhindra flyktiga utsläpp, oavsiktligt skapande av explosionsfarlig omgivning, ackumulering av statisk elektricitet och oönskade antändningskällor.
- Skadelindrande åtgärder: minska de processrelaterade riskfaktorerna genom lägre temperatur och tryck.
- Skadelindrande åtgärder: minska nanopulvrets explosionsbenägenhet genom substitution eller utspädning.
- Skyddsåtgärder: förbättra skyddsnivån för anställda i riskzonen.



O = Organisatoriska åtgärder



Några exempel på organisatoriska åtgärder är att informera medarbetarna om riskerna, de förebyggande åtgärder som vidtagits och de bestämmelser som måste följas. Medarbetarna bör även informeras om farorna med nanomaterial och vikten av att tillämpa försiktighetsprincipen eftersom vi i dagsläget har begränsad kunskap om hur nanomaterial kan påverka hälsa och säkerhet. Genom att dokumentera säkra förfaranden och rutiner för processer där nanomaterial används samt se till att dessa finns tillgängliga på arbetsplatsen skapar man förutsättningar för lämpliga arbetssätt och ett underlag för kontinuerliga förbättringar.

Organisatoriska åtgärder kan även inkludera att minimera antalet medarbetare som exponeras för nanomaterial och minska antalet arbetstimmar med potentiell exponering. Tillträdet till områden där det finns risk för exponering bör begränsas och varningsskyltar bör sättas upp där det är lämpligt.



Mer information

Alla referenser och mer utförlig information finns i OSHwiki-artikeln om nanomaterial (på engelska):
<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

[#Euhealthyworkplaces](#)

P = Personliga skyddsåtgärder



Om åtgärderna ovan inte kan tillämpas eller inte räcker för att skydda medarbetarna bör personlig skyddsutrustning användas. I många branscher används arbetskläder, skyddshandskar och skyddsglasögon när det behövs.

Information om rekommenderad personlig skyddsutrustning bör finnas med i säkerhetsdatabladet för kemiska produkter som innehåller nanomaterial. Rätt typ av personlig skyddsutrustning kan ge ett bra skydd mot nanomaterial.

