

Werken met nanodeeltjes

1.	Indeling nanodeeltjes	2
1.1	Klassenindeling	2
1.2	Ruimtelijke indeling	2
1.3	Chemische indeling	2
1.4	Overige termen	2
2.	Risico's	3
2.1	Gezondheidseffecten	3
2.2	Veiligheidseffecten	3
3.	Grenswaarden	3
4.	RI&E Nano UT	4
4.1	Informatie nanomateriaal.....	4
4.2	Gezondheidsgevaar nanomateriaal.....	4
4.3	Inventarisatie werkhandelingen.....	5
4.4	Maatregelen: plan van aanpak	5
4.5	Metingen	6
4.6	Voorlichting en training.....	6
4.7	Gezondheidsmonitoring	6
4.8	Vervoer en verwijderen van nanomaterialen	6
5.	Literatuur	7
	Bijlage I: Indeling nanodeeltjes en toepassingen	8
	Bijlage II: RI&E Nano.....	9

Werken met nano-deeltjes

Er is (nog) geen wetgeving specifiek gericht op nanomaterialen. De algemene verplichtingen in de Arbowet en Arbobesluit voor gevaarlijke stoffen zijn van toepassing. In deze richtlijn zijn de uitgangspunten weergegeven waaraan moet worden voldaan bij het werken met nanodeeltjes binnen de UT.

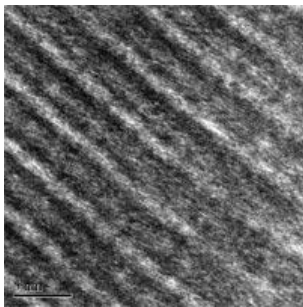
1. Indeling nanodeeltjes

1.1 Klassenindeling

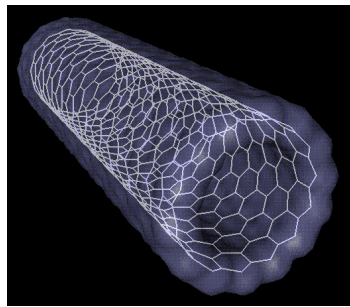
Hoewel er geen internationale definitie is voor nanodeeltjes, beschouwt men als algemeen geaccepteerde omschrijving: deeltjes die in één of meer dimensies kleiner of gelijk zijn aan 100 nm. Overigens hebben nanodeeltjes in het algemeen een sterke neiging tot onderling agglomereren, waardoor losse nanodeeltjes weinig voorkomen. Nadere klassenindeling van nanodeeltjes is arbitrair, maar gebruikelijke indelingen zijn gebaseerd op hun ruimtelijke verschijning en hun chemische eigenschappen (NEN 2008).

1.2 Ruimtelijke indeling

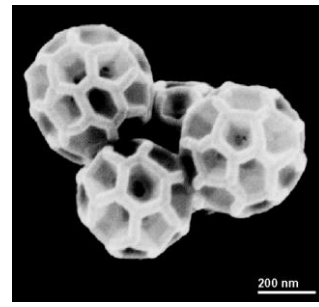
De ruimtelijke verschijningsvorm geeft de dimensie aan waarin het deeltje zijn nanogrootte vertoont: in 1, 2 en 3 dimensies.



1 dimensie (als coating, film, multilayer)



2 dimensies (zoals koolstofbuisjes)



3 dimensies (als buckyballs).

1.3 Chemische indeling

Chemisch zijn nanodeeltjes in te delen in de volgende categorieën: koolstofstructuren, metaaloxides, metalen, quantum dots, organische polymeren en biologische nanodeeltjes. In bijlage 1 is een uitgebreid overzicht van deze categorieën opgenomen inclusief toepassingen.

1.4 Overige termen

Term

Ultrafine particles

Nano-aerosolen

Nanostructured material

Uitleg

Deze term wordt soms gebruikt voor stoffen op nanoschaal die voorkomen in bijvoorbeeld lasrook en bij dieseluitstoot.

Dit zijn nanodeeltjes in een gas. De deeltjes kunnen als nanodeeltje maar ook als aggregaten of agglomeraten van nanodeeltjes voorkomen. Als bij de laatste twee vormen de grootte meer dan 100 nm is maar de fysische eigenschappen voldoende overeenkomen met de nanodeeltjes, worden ze toch nano-aerosolen genoemd.

Hiermee wordt bedoeld aggregaten van nanoparticles.

2. Risico's

2.1 Gezondheidseffecten

Micro- en nanodeeltjes zijn in de natuur altijd al aanwezig geweest, maar over de eeuwen heen is hun concentratie in de lucht sterk toegenomen als gevolg van verbranding van fossiele brandstoffen. Kleine stofdeeltjes kunnen tot diep in de longen doordringen en indien ze niet oplossen of afbreken, kunnen ze in het lichaam accumuleren en schade aanbrengen (Kalusa 2010). Door hun doordringend vermogen kunnen nanodeeltjes zelfs via de slijmvliezen van de neus de hersenen bereiken. Vanwege de minieme omvang van nanodeeltjes, kunnen ze daarna cellen binnendringen en cellulaire processen beïnvloeden. Door hun bijzondere vorm en hoge reactiviteit kan het effect van nanodeeltjes op het metabolisme van mens en dier niet eenvoudig worden voorspeld.

In het lichaam kunnen nanodeeltjes de vorming van schadelijke stoffen bevorderen zoals reactieve zuurstofverbindingen. Daarnaast kunnen ze ontstekingsreacties bevorderen die mogelijk leiden tot schadelijke concentraties reactieve substanties in het bloed, afkomstig van het immuunsysteem. Er is weinig bekend over het vermogen van nanodeeltjes om de huid of het spijsverteringskanaal te doordringen. Totdat meer onderzoek op dit gebied is gedaan, moet men voorzichtig zijn. Niettemin worden bijvoorbeeld TiO₂ nanodeeltjes al op grote schaal toegepast in zonnecrèmes.

Onderzoek naar de schadelijke effecten van nanodeeltjes richt zich voornamelijk op drie effecten: oxidatieve stress, ontstekingseffecten en genotoxiciteit (Aitken 2009). Ontstekingseffecten worden vooral gezien bij vezelvormige nanodeeltjes zoals koolstofnanobuisjes en er worden asbest-achtige gezondheidseffecten verwacht; het ontstekingseffect is echter sterk afhankelijk van de bouw van het nanobuisje (meerwandigheid, open of dichte einden). Specifieke informatie hierover ontbreekt echter nog. Oxidatieve stress is een vaak waargenomen effect van nanodeeltjes, maar – net als bij ontstekingseffecten – varieert het effect sterk per soort en moet het effect steeds per geval beoordeeld worden. Over de genotoxische effecten van nanodeeltjes is nog weinig bekend.

2.2 Veiligheidseffecten

Andere veiligheidseffecten van nanomaterialen dan toxische beperken zich voornamelijk tot brandbaarheid en explosiviteit. Door hun hoge oppervlak/gewicht ratio kunnen nanomaterialen een aanzienlijk grotere reactiviteit met zuurstof hebben, dan de conventionele verschijningsvorm van hetzelfde materiaal. Het is daarom belangrijk om de pyrofore eigenschappen van het te gebruiken nanomateriaal vooraf te onderzoeken en met name voorzichtig te zijn bij het hanteren van grotere hoeveelheden.

Naast brandbaarheid en explosie, kan het vermogen van nanomaterialen om gemakkelijk binnen apparatuur binnen te dringen, een risico opleveren, als het geleidende nanomaterialen betreft. Het is bekend dat nanokoolstof kortsluiting kan veroorzaken in printcircuits.

3. Grenswaarden

De Arboret verplicht de werkgever middels een RI&E het arbeidsrisico van zijn medewerkers in te schatten. Door middel van maatregelen dient daarna het risico zo laag mogelijk en op een acceptabel niveau gehouden te worden. De overheid geeft voor een aantal gevaarlijke stoffen gezondheidkundige grenswaarden. Voor de stoffen waar geen officiële grenswaarden van worden gegeven moet de werkgever zelf waarden vaststellen waarbinnen de medewerker voldoende beschermd is.

Voor nano-materialen is er echter nog te weinig wetenschappelijke kennis beschikbaar om onderbouwde grenswaarden vast te stellen. In afwachting van gezondheidkundige grenswaarden wordt geadviseerd te werken met '**tijdelijke nano-referentiewaarden**' (zie Tabel 3.1). Het blijft echter altijd noodzakelijk om de concentratie zo laag mogelijk te houden en het "As Low As Reasonably Achievable"-principe (ALARA) na te streven.

Tabel 3.1: Tijdelijke grenswaarden, zoals aan de minister wordt geadviseerd in het RIVM-rapport (RIVM 2010)

Categorie	Omschrijving categorie	Voorstel benchmark exposure limits (BEL's)*
1	Ultrafijne vloeibare deeltjes (vetten, koolwaterstoffen, siloxanen)	Huidige gezondheidskundige grenswaarden van de niet-nanovorm
2A	metalen, metaal oxiden en andere biopersistente granulaire nanomaterialen met een dichtheid > 6000 kg/m ³ en deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	20.000 deeltjes/cm ³ **
2B	biopersistente granulaire nanomaterialen met een dichtheid < 6000 kg/m ³ en deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	40.000 deeltjes/cm ³ **
3	Koolstof nanobuisjes waarvoor asbestachtige effecten niet zijn uitgesloten	0,01 vezels/cm ³ (gebaseerd op de blootstellingrisicoratio van asbest***)

* De voorgestelde benchmark exposure limits zijn erop gericht om de blootstelling te minimaliseren conform de huidige stand van de wetenschap en zijn niet toxicologisch onderbouwd. Gezondheidsrisico's voor werknemers kunnen bij deze niveaus van blootstelling niet worden uitgesloten. Daarom mogen deze benchmark exposure limits onder geen enkele omstandigheid worden verward met gezondheidskundige blootstellingslimieten voor de werkplek.

** 8-uur Tijd Gewogen Gemiddelde (TGG) toename ten opzichte van de achtergrond

*** Gemeten met fasecontrast microscopie.

NB: in Nederland is de huidige grenswaarde 0,01 vezels/cm³ uitgedrukt in metingen met Fase Contrast Microscopie (FCM): en 0,02 vezels/cm³ uitgedrukt in metingen met Transmissie elektronen microscopie (TEM)

4. RI&E Nano UT

Voor het werken met nanodeeltjes op de werkvloer wordt binnen de UT uitgegaan van het voorzorgbeginsel. Het voorzorgbeginsel impliceert bij het werken met nanodeeltjes, waarvan de risico's nog grotendeels onbekend zijn, dat de inspanning erop is gericht blootstelling te voorkomen en – in gevallen waarin blootstelling onvermijdbaar is – de blootstelling qua duur en omvang zo beperkt mogelijk te houden. Hiervoor dient een RI&E te worden uitgevoerd, in bijlage 2 is hiervoor een format weergegeven. De verschillende stappen hierin worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

4.1 Informatie nanomateriaal

Verzamel zoveel mogelijk beschikbare informatie over de toxische eigenschappen van het gebruikte materiaal (zowel van het uitgangsmateriaal als van het materiaal in nano-vorm voor zover daarover informatie beschikbaar is).

- Voorkom het gebruik van nanomaterialen waarvan bekend is dat ze (of het uitgangsmateriaal) zeer toxische eigenschappen bezit;
- Indien weinig informatie bekend is of achterhaald kan worden over de toxische eigenschappen van een stof, behandel dit nanomateriaal dan als een zeer toxische stof. Naarmate het kennisniveau groter is en dus de onzekerheid over de risico's groter is, moet een grotere veiligheidsmarge worden ingebouwd en moeten er dus meer maatregelen worden genomen om de blootstelling te voorkomen.

4.2 Gezondheidsgevaar nanomateriaal

Als startpunt voor de risico-beoordeling wordt een indeling gemaakt in drie groepen. Hoe hoger op de lijst, hoe meer maatregelen moeten worden genomen om de blootstelling te voorkomen:

1= (Water)oplosbare nanodeeltjes. Dit zijn nanodeeltjes met een oplosbaarheid > 100 mg/l

Vb: deeltjes van lipiden, sucrose, soloxanen in de range van 1-100 nm.

2= Synthetische, persistente nanomaterialen (niet vezelvormig)

Vb: metalen (bv. Ag, Au, Pb, La), metaaloxiden (b.v. TiO₂, ZnO, CeO₂, CoO), carbon black, fullerenen, nanoklei, polymeren, dendrimeren in de range van 1-100nm.

3= vezelvormige, onoplosbare nanomaterialen waarvoor asbestachtige effecten niet uitgesloten zijn.

Vb: SWCNT (=enkelwandig koolstof nanobuisjes) en MWCNT (=meerwandige koolstofnanobuisjes).

4.3 Inventarisatie werkhandelingen

Identificeer en scoor alle taken en handelingen met potentiële blootstelling en rangschik deze op basis van de hoogte van de mogelijke blootstelling (op basis van duur, frequentie en aantallen blootgestelde medewerkers).

- Verzamel zoveel mogelijk informatie over de processtappen die tot blootstelling kunnen leiden.
- Identificeer daarnaast ook alle taken en handelingen die buiten de normale procesvoering ook blootstelling aan nanodeeltjes kunnen geven (blootstellingsscenario's opstellen).
- Evalueer de geïdentificeerde risico's en neem zo nodig maatregelen.

Op basis van de kans op blootstelling en de gevarencategorie wordt een beheersklasse bepaald (zie beslismatrix in bijlage 2) voor eventueel te nemen maatregelen.

Voorbeelden van werkzaamheden met nanomaterialen die blootstelling kunnen geven:

- voorbereidende werkzaamheden zoals afwegen, oplossen, mengen, gieten, morsen, vernevelen;
- manipuleren zoals coatings maken, coaten, coatings onderzoeken op eigenschappen,
- synthetiseren van nanomateriaal in een niet gesloten systeem;
- onderhoud van apparatuur waarbij nanomateriaal kan vrijkomen.

4.4 Maatregelen: plan van aanpak

De aard van de maatregelen om blootstelling te reduceren voor nanodeeltjes zijn over het algemeen vergelijkbaar met de maatregelen die voor andere toxische stoffen moeten worden genomen. In feite zou het pakket van maatregelen voor nanodeeltjes strenger moeten zijn dan voor grotere deeltjes, gezien de onzekerheden over de toxische effecten van nanodeeltjes. De basis om blootstelling aan nanodeeltjes te voorkomen is de klassieke volgorde:

1. voorkomen gebruik van gevaarlijke nanodeeltjes;
2. vervangen van nanomateriaal met deeltjes die minder gevaar opleveren;
3. insluiten van nanomaterialen bij bewerkingen in een ruimte;
4. technische en organisatorische beheersmaatregelen;
5. persoonsgebonden beschermingsmaatregelen.

ad 1. **Voorkomen**

Voorkom gebruik van gevaarlijke stoffen of processen waardoor blootstelling ontstaat. Zo moet men bijvoorbeeld het gebruik van handelingen waarbij aerosolvorming kan plaatsvinden (zoals sproeien) voorkomen. Dit is natuurlijk moeilijk als nanomateriaal reeds is geselecteerd vanwege specifieke eigenschappen. Uiteraard moet overwogen worden of de betere eigenschappen van het nanomateriaal opweegt tegen de grotere risico's die het gebruik er van met zich mee brengt.

ad 2. **Vervangen**

Vervang het nanomateriaal of proces door één met minder risico. Als dat niet kan, probeer dan de blootstelling te verminderen door waar mogelijk nanodeeltjes te gebruiken in een matrix (dispersies, pasta's, in palletvorm ingekapseld) in plaats van als poeder of in de gasfase.

ad 3. **Insluiten**

Werk zoveel mogelijk in een afgesloten ruimte en in gesloten systemen (gesloten zuurkast, glove-box). Dit geldt met name voor nanomaterialen als poeder of in de gasfase. Zorg voor puntafzuiging waar toch handelingen met het materiaal plaats vinden. Maak werkplekken waar met nanomateriaal gewerkt wordt regelmatig schoon, bij voorkeur natte reiniging.

ad 4. **Technische en organisatorische maatregelen**

Indien gesloten systeem niet mogelijk is zet lokale/gerichte ventilatie in om de blootstelling bij de bron af te vangen:

- a. Een goed ontworpen ventilatiesysteem zal nanodeeltjes effectief afvangen (ventilatiesystemen moeten aan dezelfde kwaliteitscriteria voldoen als voor andere toxische stoffen);
- b. Nanodeeltjes zullen zich grotendeels als gas gedragen en dus eenvoudig kunnen ontsnappen uit lekkages;
- c. Ventilatiesystemen moeten goed worden onderhouden en regelmatig op effectiviteit worden beoordeeld (zie ook § 4.5);
- d. Voorkom recirculatie van de lucht.

Organisatorische maatregelen kunnen de technische beheersmaatregelen aanvullen:

- a. Beperk het aantal blootgestelde werknemers. Beperk (bijvoorbeeld) de toegang tot ruimtes met potentiële blootstelling;
- b. Beperk de duur van de blootstelling;
- c. Beperk de toegang tot ruimtes met potentiële blootstelling.

ad 5. **Persoonsgebonden maatregelen**

Indien de blootstelling niet adequaat kan worden vermeden, zet dan als uiterste middel persoonlijke beschermingsmiddelen in bij een beperkt aantal taken of handelingen:

- a. Beperk de draagtijd van de persoonlijke beschermingsmiddelen;
- b. Voor ademhalingsbescherming wijst de tot nu toe beschikbare informatie erop dat bestaande filtermedia nanodeeltjes goed afvangen. Gebruik minimaal een P3-filter. Het grootste risico is afkomstig van lekkage als gevolg van niet goed passende ademhalingsbescherming (nanodeeltjes zullen zich immers als een gas gedragen).
- c. Voor huidbescherming wijst de tot nu toe beschikbare informatie erop dat katoen geweven kleding minder goede bescherming biedt dan luchtdichte kleding (bijv. Tyvek/Tychem) .
- d. Gebruik wegwerphandschoenen (nitril, latex, neopreen).

4.5 Metingen

De effectiviteit van maatregelen kan bepaald worden door de blootstelling aan nanodeeltjes te meten. Een geschikt instrument hiervoor is de Philips nano-tracer. De Philips nano-tracer meet tussen 10 en 300 nm en geeft naast de concentratie ook de gemiddelde deeltjesgrootte weer. Meetapparatuur is niet standaard aanwezig op de UT maar moet worden gehuurd.

4.6 Voorlichting en training

Verzorg voorlichting en training aan de medewerkers. Instrueer alle betrokken werknemers over de eigenschappen van de nanodeeltjes en de noodzaak voor speciale maatregelen en zorg voor adequate training van de werknemers.

4.7 Gezondheidsmonitoring

Er is op dit moment geen specifiek meetbaar gezondheidseffect voor blootstelling aan nanodeeltjes, hetgeen suggereert dat medische surveillance op dit moment niet kan worden uitgevoerd. Vanuit het oogpunt van zorgvuldigheid, mede vanwege de onzekerheden over de effecten, moet in ieder geval de beschikbare informatie over gebruikte materialen en blootstellingduur worden verzameld voor het geval later gezondheidseffecten zouden worden waargenomen. Het bijhouden van een blootstellingregister kan op basis van de verzamelde informatie in stap 3 van de RI&E Nano (zie § 4.3). Dit register kan dan worden gebruikt zodra een relevant gezondheidseindpunt bekend is.

4.8 Vervoer en verwijderen van nanomaterialen

Voor het vervoer van nanomaterialen binnen laboratoria dient gebruik te worden gemaakt van gesloten containers.

Hoeveelheden van nanomaterialen (poeders, colloïden) boven het milligram bereik, moeten worden behandeld als chemisch afval wanneer de oplosbaarheid in water erg klein is (b.v. anorganische materialen zoals metalen, metaal oxiden, enz.). Als de oplosbaarheid hoger is, kunnen de regels volgens de toxiciteit klasse van het macroscopische materiaal worden toegepast.

Niet te reinigen besmette materialen moeten worden afgevoerd als chemisch afval.
Besmette materialen en oppervlakken kunnen worden gereinigd door ze af te vegen met een vochtige doek (water of oplosmiddel) en deze af te voeren als chemisch afval.

5. Literatuur

- Aitken, R. e. a. (2009) EMERGNANO: A review of completed and near completed environment, health and safety research on nano materials and nano technology. **Volume**, 198 DOI:
- Kalusa, S. e. a. (2010). workplace exposure to nanoparticles. Bilbao, OSHA EU: 89.
- NEN (2008). nanotechnologies - Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies. NPR-ISO/TR 12885. NEN. Delft, NEN: 79.
- RIVM (2010), Tijdelijke nano-referentiewaarden, Report 601044001/2010, S. Dekkers | C. de Heer

Bijlage I: Indeling nanodeeltjes en toepassingen

Indeling

Koolstofstructuren

- Koolstof fullerenen (diameter 4-36 nm) zijn bolvormige kooistructuren van koolstofatomen.
- Koolstof zwart (carbon black) (80-500 nm) is amorf koolstofpoeder op nanoschaal.
- Koolstof nanovezels (diameter: 2-100 nm; lengte micrometers-milimeters) zijn opgebouwd uit gebogen grafietlagen die elkaar overlappen. De nanovezels kunnen massief of hol zijn.
- Koolstof nanobuisjes (diameter 0,4-100 nm; lengte tot meerdere centimeters) zijn holle koolstof nanovezels waarvan de grafietlagen parallel aan de as van de buis liggen. Koolstof nanobuisjes kunnen hol zijn of aan de uiteinden afgedekt met een halve fullereen. Koolstof nanobuisjes kunnen een enkele wand hebben of meerdere wanden.
- Koolstof nanosheet: (1 nm dikte) is een 1-laags netwerk van koolstofatomen.

Metaaloxides

- Nano metaaloxides (5-10 nm) kunnen in verschillende vormen worden geproduceerd, zoals amorf, staafjes, buisjes, schijfjes en complexere structuren.
- Nano siliciumoxides (5-10 nm) komen niet vrij als deeltjes voor, maar bundelen kort na hun vorming samen tot grotere agglomeraten.

Metalen

- Nano gouddeeltjes
- Nano zilverdeeltjes
- Nano kobalt en koper

Quantum dots

- Quantum dots (1-10 nm) zijn bolvormige nanokristallen van halfgeleidermateriaal met bijzondere optische eigenschappen door quantum effecten.

Organische polymeren

- Dendrimeren zijn polymeren op nanoschaal waarvan de polymeerketens op atomair niveau te controleren zijn.
- Nanovezels zijn polymeren waarvan de eigenschappen meer algemeen gecontroleerd kunnen worden.

Biologische nanodeeltjes

- Biologisch nanodeeltjes worden gebruikt om biologisch materiaal absorberen, te dragen of te isoleren. Ze bestaan uit biologische bouwstenen zoals vetten, eiwitten en polysachariden.

Toepassingen

Vele toepassingen, o.a. in batterijen, brandstofcellen, plastic-additieven en medicijnen.

Met name gebruikt als pigment en in de bandenindustrie.

Polymeer additieven en katalysatoren.

O.a. polymeer additieven, elektronica, batterijen, composietstructuren

Elektronica en coatings

(Opto)elektronica, sensoren, transducers, medicijnen, verf en zonnecrème

Versterken van elastomeren, toevoegingen aan poeders en hitte-isolatie.

Medicijnen, geleiders en optische markers

Wondafdekking, desinfectans, sokken.

interconnectors in (nano)electronische schakelingen.

Fluorescentie, diagnostiek

Medicijnen

O.a. ultrafiltratie, bio-afbreekbare vezels, weefselkweek, medicijndosering, wondafdekking.

Medicijnen en biochemisch onderzoek

Bijlage II: RI&E Nano

Gebaseerd op de handleiding veilig werken met nanomaterialen en producten; FNV, VNO NCW, CNV, versie 1.0 november 2010.

RI&E Nanodeeltjes ^{*)}

Uitgevoerd door:

Faculteit: CTW/EWI/TNW

Vakgroep:

1. Informatie Nanomateriaal

Productnaam:	
Chemische naam:	
CAS-reg. nr.:	
Grootteverdeling van deeltjes of primaire deeltjes in product	nm
Is er sprake van vezelachtige deeltjes:	Ja/Nee lengte vezels = nm, diameter vezels = nm.
CMR eigenschappen van nanomateriaal (of moedermateriaal) ^{**)}	Carcinogeen Mutageen Reprotoxisch
Dichtheid (kg/dm ³)	kg/dm ³
Aggregatietoestand van het nanomateriaal	Vloeistof Vast

2. Gezondheidsgevaar nanomateriaal

Gevarenklasse	1, 2, 3
<p>1= (Water)oplosbare nanodeeltjes. Dit zijn nanodeeltjes met een oplosbaarheid > 100 mg/l <i>Vb: deeltjes van lipiden, sucrose, soloxanen in de range van 1-100 nm.</i></p> <p>2= Synthetische, persistente nanomaterialen (niet vezelvormig) <i>Vb: metalen (bv. Ag, Au, Pb, La), metaaloxiden (b.v. TiO₂, ZnO, CeO₂, CoO), carbon black, fullerenen, nanoklei, polymeren, dendrimeren in de range van 1-100nm.</i></p> <p>3= vezelvormige, onoplosbare nanomaterialen waarvoor asbestachtige effecten niet uitgesloten zijn. <i>Vb: SWCNT (=enkelwandig koolstof nanobuisjes) en MWCNT (=meerwandige koolstofnanobuisjes).</i></p>	

^{*)} Bij keuzemogelijkheden, doorhalen wat niet van toepassing is.

^{**)} Deze informatie wordt gebruikt om te beoordelen of naast de beheersmaatregelen beschreven in deze handleiding extra maatregelen genomen dienen te worden om te voldoen aan de wettelijke eisen voor het werken met stoffen met CMR-eigenschappen: zie UT richtlijn [werken met kankerverwekkende, mutagene en reprotoxische stoffen.](#)

3. Werkhandelingen, kans op blootstelling bij de werkhandeling en beheersklasse

Nr.	Werkhandeling/doel werkhandeling	Ruimte-nr	Blootstellings Categorie ¹⁾			Beheersklasse ²⁾			Hoeveelheid mg ml	Vrijkomen van stof/nevel mogelijk (ja/nee)	Tijdsduur van werkhandeling (minuten)	Frequentie Aantal malen per dag (d), week (w) of maand (m)	Aantal (blootgestelde) medewerkers
			I	II	III	A	B	C					
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													

¹⁾ Blootstellingscategorie:

I: Er komen geen vrije nanodeeltjes vrij door gebruik van een gesloten systeem (o.a. gebruik van glove-boxen of volledig ingekapseld ('contained') proces).

II: Vrijkomen van gebonden nanodeeltjes is mogelijk (bv. Bij het wegen van nanomateriaal, bij slijpen, spuiten en schuren van nanoprodukten)

III: Vrijkomen van vrije nanodeeltjes is mogelijk (bv. Bij productie van nanodeeltjes of onderzoekswerkzaamheden)

²⁾ Beheersklasse: Uit gevarenklasse (zie vorige blz punt 2) en blootstellingscategorie kan via de beslismatrix op de volgende bladzijde de beheersklasse worden bepaald:

A: Gebruiken wat nu al gangbaar is om risico's op de werkplek te beperken en volgens de wetgeving verplicht.

Dat wil zeggen: toepassen van voldoende ruimteventilatie, eventueel bronafzuiging en/of afscherming, aangevuld met geschikte pbm's.

B: Nagaan welke extra maatregelen redelijkerwijs inzetbaar zijn. *Hierbij worden volgens de arbeidshygiënische strategie gezocht naar maatregelen en worden alle maatregelen die technisch en organisatorisch haalbaar zijn nader beoordeeld op bedrijfseconomische haalbaarheid.*

C: Pas het voorzorgsprincipe toe. *Hierbij worden alle stappen van de arbeidshygiënische strategie achtereenvolgens doorlopen en worden alle oplossingen die technisch en organisatorisch haalbaar zijn ingevoerd.*

Beslismatrix voor het vaststellen van de beheersklasse van een werkhandeling met nanomaterialen

		Omschrijving gevarencategorie van nanomateriaal of nanoproduct		
		<i>Gevarenklasse 1:</i> (water)oplosbare nanodeeltjes	<i>Gevarenklasse 2:</i> Synthetische, persistente nanomaterialen (niet-vezelvormig).	<i>Gevarenklasse 3:</i> Vezelvormige, onoplosbare nanomaterialen waarvoor asbestachtige effecten niet zijn uitgesloten.
Kans op blootstelling aan nanodeeltjes bij een werkhandeling	<i>Blootstellingcategorie I:</i> Vrijkomen van nanodeeltjes is geminimaliseerd door het gebruik in een 100% gesloten systeem	A	A	B
	<i>Blootstellingcategorie II:</i> Vrijkomen van nanodeeltjes (1-100 nm) gebonden in grotere vaste of vloeibare deeltjes tot 100 µm tijdens werkhandeling is mogelijk	A	B	C
	<i>Blootstellingcategorie III:</i> Vrijkomen van primaire nanodeeltjes (1-100 nm) tijdens werkhandeling is mogelijk	A	C	C

4. Plan van aanpak

Nr.	Werkhandeling	Ruimte-nr	Beheersklasse			Maatregel	Actie door	Datum gereed
			A	B	C			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

Bij het selecteren van concrete beheersmaatregelen wordt de arbeidshygiënische strategie gevolgd (1. Bronmaatregelen, 2. Technische maatregelen, 3. Organisatorische maatregel en 4. Persoonlijke beschermingsmiddelen)

Voor het uitwerken van een aanpak met concrete beheersmaatregelen is een creatieve aanpak nodig. Op de volgende bladzijde staat een overzicht van mogelijke beheersmaatregelen, gerangschikt volgens de arbeidshygiënische strategie. Dit kan een handig hulpmiddel zijn.

Overzicht van mogelijke beheersmaatregelen om het werken met nanomaterialen veilig te maken, gerangschikt volgens de AH-strategie

Bronmaatregelen:

- o B1. Ga na of het nanomateriaal vervangen kan worden door niet-nano materiaal of door een nanomateriaal in een lagere gevaarsklasse;
- o B2. Gebruik nanomaterialen als poeder of in de gasfase zoveel mogelijk in een gesloten systeem;
- o B3. Vervoer nanomateriaal in een gesloten verpakking;
- o B4. Werk niet met meer materiaal dan nodig is;
- o B5. Probeer naar toepassingen te zoeken die kant-en-klaar aangeleverd worden, zodat niet zelf op de werkplek gemengd hoeft te worden;
- o B6. Gebruik de deeltjes waar mogelijk in een matrix (bijv. dispersie, suspensie, pasta, palletvorm of ingekapseld);
- o B7. Kies bewerkingsmethoden die weinig stof of aerosol produceren: knippen en snijden in plaats van zagen, en kwasten/ rollen in plaats van spuiten.

Technische maatregelen

- o T1. Nanodeeltjes verspreiden zich als een gas. Probeer zoveel mogelijk te werken in een gesloten systeem;
- o T2. Werk indien mogelijk in een zuurkast, glove-box om verspreiding van nanomaterialen naar de omgeving te voorkomen;
- o T3. Gebruik bij handelingen met nanomateriaal een doelmatige bronafzuiging. Bronafzuiging is doelmatig als de afstand van de afzuigmond tot de bron van nanodeeltjes niet groter is dan de diameter van de afzuigmond;
- o T4. Voorkom recirculatie van lucht die mogelijk verontreinigd is met nanomaterialen en draag er zorg voor dat de afgezogen lucht niet in een andere ruimte wordt ingebracht;
- o T5. Voorzie de ventilatiesystemen van HEPA-filters om de nanodeeltjes af te vangen;
- o T6. Nanodeeltjes zullen eenvoudig kunnen ontsnappen uit lekkages in ventilatiesystemen. Repareer lekkages en slechte afdichtingen direct;
- o T7. Voorkom ongewilde verspreiding van deeltjes na gebruik en leg ze vast in een hars, vloeistof etc. Voer de deeltjes af als chemisch afval;
- o T8. Maak ruimtes waar met nanomateriaal gewerkt wordt regelmatig schoon. Doe dit uitsluitend door middel van natte reiniging (schrobmachine) of met een industriële stofzuiger die uitgerust is met een speciaal HEPA-filter.

Organisatorische maatregelen

- o O1. Overleg met de producent/leverancier van nanomaterialen over de mogelijkheden voor het aanleveren van nanomaterialen in een verpakking die aansluit bij de uit te voeren werkzaamheden (bijv. een in water oplosbare verpakking);
- o O2. Laat door de leverancier een waarschuwing op de verpakking zetten in de trant van: alleen openen door de ontvanger / gebruiker van dit pakket in een gecontroleerde omgeving;
- o O3. Beperk het aantal handelingen dat met het product uitgevoerd moet worden (afwegen, overgieten, mengen etc.);
- o O4. Scherm de werkplekken af waar nanomaterialen worden verwerkt;
- o O5. Beperk de toegang van werkplekken waar nanomaterialen worden verwerkt;
- o O6. Gebruik zoveel mogelijk wegwerp hulpmiddelen en voer deze af als chemisch afval. Ook restanten dienen afgevoerd te worden als chemisch afval. Nog beter is om ze op te nemen in een matrix alvorens ze af te voeren (bijv. in een hars).
- o O7. Geef werknemers adequate voorlichting en instructie over het veilig werken met nanomaterialen.
De voorlichting dient afgestemd te zijn op:
 - mogelijke risico's van het werken met nanomaterialen;
 - het herkennen van de gebruikte nanomaterialen;
 - het veilig gebruik, opslag en afvalverwijdering van de gebruikte materialen;
 - eventuele bedrijfsgrenswaarden voor nanomaterialen;
 - het juiste gebruik en onderhoud van de voorgeschreven persoonlijke beschermingsmiddelen;
 - het juiste gebruik en onderhoud van de voorgeschreven technische voorzieningen;
 - wat te doen in geval van morsen en andere incidenten.
- o O8. Zorg voor adequaat periodiek onderhoud van de werking van het afzuigstelsel.

Persoonlijke beschermingsmiddelen

- o P1. Geef medewerkers goede gebruikersinstructies over het veilig en juiste gebruik van de voorgeschreven persoonlijke beschermingsmiddelen.
- o P2. Gebruik wegwerphandschoenen. Bij voorkeur geen geweven katoenen handschoenen. Handschoenen die als geschikt beschouwd worden zijn o.a. nitril, latex en neopreen.
- o P3. Gebruik een veiligheidsbril bij verspreidende werkzaamheden
- o P4. Gebruik voor werkkleding bij voorkeur geen geweven kleding, maar bijvoorbeeld Tyvek.
- o P5. Gebruik minimaal FFP3- ademhalingsbescherming (met een protectiefactor (NPF) van 30 of hoger).

RI&E Nanodeeltjes

Gezien en akkoord Leidinggevende

Naam:

Datum:

Handtekening: