

Gebruik van synthetische nanomaterialen bij Nederlandse onderzoekinstellingen

Goede Praktijken

Deel B

Den Haag, januari 2014



Gebruik van synthetische nanomaterialen bij Nederlandse onderzoekinstellingen

Goede Praktijken

Deel B

Den Haag, januari 2014

Colofon

Titel	Gebruik van synthetische nanomaterialen bij Nederlandse onderzoekinstellingen – deel B
Auteurs	R.T.M. Cornelissen, M. Samwel-Luijt, M.B.H.J. Vervoort en D. Hoeneveld
<p>Alle meningen, adviezen, conclusies en aanbevelingen die in dit rapport vermeld zijn, zijn afkomstig van de auteurs en geven niet noodzakelijkerwijs de mening weer van de werkgevers binnen de sector (VSNU en WVOI). Gepoogd is op basis van de bestaande literatuur anno 2013 een beeld te schetsen van risico-inschatting en risicobeheersing ten aanzien van het gebruik van synthetische nanomaterialen in een onderzoek-omgeving.</p> <p>Gezien de vele verschillende typen synthetische nanomaterialen (zowel chemisch als qua vorm en samenstelling) is het beoordelen van het potentieel risico van het werken met nanomaterialen maatwerk. De in dit rapport genoemde adviezen en denkkaders kunnen daarbij ondersteunen, maar geven geen absolute zekerheid.</p>	
<p>Voor meer informatie over deze rapportage kunt u contact opnemen met: dhr. ir. R.T.M. Cornelissen T: 030-3006012 of E: ralf.cornelissen@fom.nl</p>	
<p>Gegevens uit deze rapportage mogen worden overgenomen, mits onder uitdrukkelijke bronvermelding. De auteurs en hun werkgevers aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.</p>	
<p>Het voorliggende onderzoek is mede tot stand gekomen door een bijdrage van SoFoKleS</p>	

Inhoudsopgave

Goede Praktijk 1	Definitie van synthetische nanomaterialen
Goede Praktijk 2	Arbeidsomstandighedenwet
Goede Praktijk 3	Nano relevantie: heb ik te maken met een nanomateriaal?
Goede Praktijk 4	Methoden voor risicobeoordeling en risicoschatting van nanomaterialen
Goede Praktijk 5	Planning van het onderzoek
Goede Praktijk 6	Opzet en uitvoering van een RI&E synthetische nanomaterialen
Goede Praktijk 7	Secundaire processen met nanomaterialen
Goede Praktijk 7A	Veilig vervoer van nanomaterialen
Goede Praktijk 7B	Schoonmaak in laboratoria
Goede Praktijk 7C	Omgaan met nanomateriaal houdend afval
Goede Praktijk 7D	Onderhoud van apparatuur
Goede Praktijk 8	Metten van blootstelling
Goede Praktijk 9	Beheersmaatregelen
Goede Praktijk 10	Standard Operating Procedure (SOP)
Goede Praktijk 11	Voorlichting en training
Goede Praktijk 12	Voorzieningen bij nieuwbouw
Goede Praktijk 13	Protocol voor onbedoelde (hoge) blootstelling aan nanomaterialen

GP 1 Definitie van synthetische nanomaterialen

Inleiding

In deze Goede Praktijk wordt nader ingegaan op de definitie van synthetische nanomaterialen, op de indeling van nanomaterialen naar vorm en op de huidige inzichten voor indeling van nanomaterialen naar schadelijkheid.

Definitie gehanteerd door de Europese Commissie

In oktober 2011 heeft de [Europese Commissie](#) een definitie voor nanomaterialen vastgesteld (1).

Nanomateriaal wordt gedefinieerd als:

een natuurlijk, incidenteel of geproduceerd materiaal dat uit deeltjes bestaat, hetzij in ongebonden toestand of als een aggregaat of agglomeraat en voldoet aan een van de volgende criteria:

- het bestaat uit deeltjes waarvan meer dan 50 procent van de deeltjesgrootteverdeling valt in het bereik van 1 – 100 nm (met een of meer externe dimensies);
- heeft interne of oppervlaktestructuren in een of meer dimensies binnen het bereik van 1-100 nm;
- heeft een specifieke oppervlakte-volume verhouding van meer dan $60 \text{ m}^2/\text{cm}^3$, (uitgezonderd materialen die bestaan uit deeltjes kleiner dan 1 nm).

In specifieke gevallen en waar nodig vanuit milieu-, gezondheid-, veiligheid- of mededingingsoogpunt kan de drempelwaarde van 50 procent voor de gekwantificeerde grootteverdeling worden vervangen door een drempel tussen 1 en 50 procent. Fullerenen, grafeenvlokken en enkelwandige koolstof-nanobuizen met een of meer externe dimensies beneden 1 nm moeten als nanomaterialen worden beschouwd

Kanttekening bij de definitie

In theorie kan het zo zijn dat de definitie van nanomaterialen, die voor wetgeving gebruikt gaat worden, afwijkt van een definitie die opgesteld is op grond van bijvoorbeeld gezondheidskundige effecten. Er is nog veel toxicologisch onderzoek nodig om de veelheid aan verschillende verbindingen en vormen te testen op toxiciteit. Elke combinatie van chemische verbinding en vorm (al dan niet gecoat) kan immers een ander (schadelijk) effect opleveren. Hierdoor is het lastig om een eenduidige definitie te geven van een synthetische nanoverbinding. Het is immers niet met zekerheid te zeggen of het mogelijk schadelijk effect geldt voor deeltjes beneden de 100 nm, of dat de grens wellicht hoger ligt (2, 3, 4, 5, 6).

¹ Commission recommendation on the definition of nanomaterial, 2011/696/EU, 18 October 2011.

² ICRP publication 66 (1994) *Ann. ICRP* (UK), vol. 24, Nos. 1-3, Pergamon.

³ Risk assessment of products of nanotechnology, SCENIHR, 2009.

⁴ Geiser, M., Ultrafine Particles Cross Cellular Membranes by Nanophagocytosis Mechanisms in Lungs and in Cultured Cells, *Environmental Health Perspectives*, volume 113 (11), November 2005.

⁵ E.A.J. Bleeker et al. (2012) Interpretation and implications of the European Commission Recommendation on the definition of nanomaterial RIVM Letter Report 601358001/2012.

⁶ E.A.J. Bleeker et al. (2013) Considerations on the EU definition of a nanomaterial: Science to support policy making *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, Volume 65, Issue 1, February 2013, Pages 119–125.

Definitie ten behoeve van onderzoekinstellingen

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat de grootte van 1 – 100 nm in een bredere context dient te worden gezien. Dit pleit ervoor om deeltjes die kleiner dan 1 nm, of groter zijn dan 100 nm (tot 500 nm) onder de definitie van nanomaterialen te laten vallen.

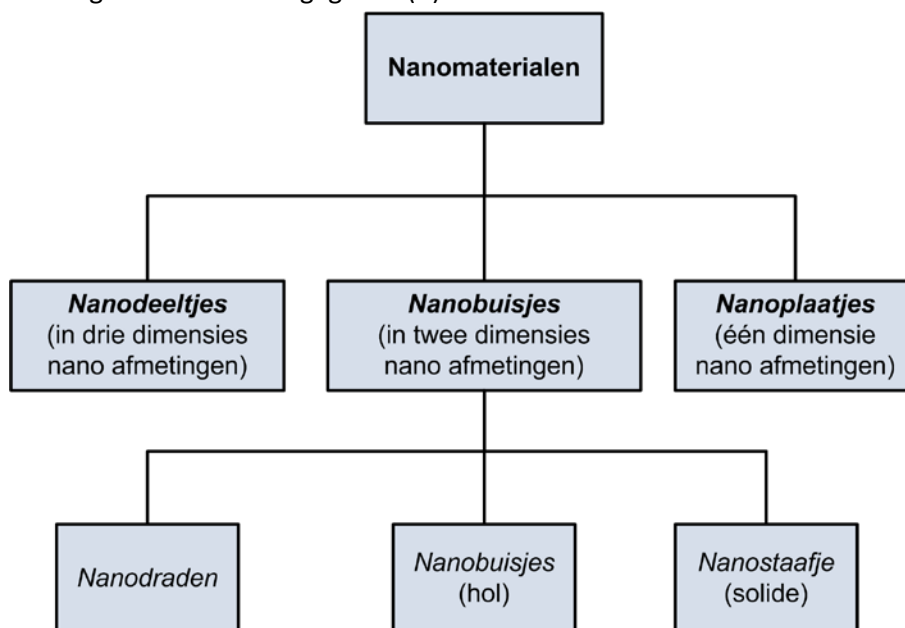
Aangezien in onderzoek nieuwe nanomaterialen gemaakt of nanomaterialen gemodificeerd worden waarvan de risico's vrijwel niet bekend zijn, dient overwogen te worden om voor deze materialen de onderstaande definitie te hanteren.

Een **nanomateriaal** is een enkelvoudige stof of een product waarin **welbewust** 'synthetische' nanomaterialen worden toegepast, met het oogmerk om aan het product specifieke eigenschappen toe te voegen en:

- een primaire deeltjesgrootte hebben tussen de 1 en 500 nm;
- ongeacht de concentratie/hoeveelheid toegepast in een product.

Indeling van nanomateriaal naar vorm

In het begin van deze Goede Praktijk is de definitie van nanomaterialen gegeven. Nanomaterialen kunnen ook ingedeeld worden aan de hand van hun verschijningsvorm. In onderstaande figuur is de indeling naar vorm weergegeven (7).



Figuur 1.1 Indeling van nanomaterialen naar vorm

⁷ NPR-CEN-ISO/TS 27687:2008-08 en: Nanotechnologieën - Terminologie en definities voor nano-objecten - Nanodeeltje, nanovezel en nanoplaat (2008).

Gevaarsindeling synthetische nanomaterialen

Blootstelling aan nanomaterialen kan plaatsvinden via de luchtwegen, het spijsverteringskanaal of de huid. Daarnaast worden nanomaterialen voor medische toepassingen (beeldvorming, diagnostiek of therapie) vaak rechtstreeks in de bloedbaan gebracht door middel van een injectie. Ook kunnen deeltjes in het lichaam vrijkomen door slijtage van implantaten (8). Van al deze mogelijke blootstellingsroutes zal naar verwachting voor werknemers blootstelling via inademing de meest dominante blootstellingsroute zijn.

Het werken met en het mogelijk blootgesteld worden aan nanomaterialen zal deel uit maken van de nadere inventarisatie gevaarlijke stoffen, waarbij de aard, mate en duur van de (mogelijke) blootstelling in kaart gebracht wordt (zie Goede Praktijk 2 en 6). Hierin verschilt blootstelling aan nanomaterialen niet wezenlijk van blootstelling aan chemische stoffen in macrovorm. Wel zal extra aandacht besteed moeten worden aan het in kaart brengen van de voor nanomaterialen relevante gevaarsaspecten. Voor het inschatten van het risico van nanomaterialen zal een andere blootstellingsmaat gebruikt moeten worden dan voor stoffen in macrovorm.

Hoewel er veel onduidelijkheden zijn over de mogelijke risico's van nanomaterialen, zijn er aanwijzingen over hoe de mogelijke schadelijkheid van nanomaterialen is in te schatten. Een veel gebruikte indeling naar potentiële schadelijkheid, waar momenteel consensus over bestaat, is als volgt (9,10):

- vezelvormige en rigide, stijve vormen die onoplosbaar zijn;
- onoplosbare deeltjes waarbij het moedermateriaal geclassificeerd is als CMR-materiaal;
- onoplosbare deeltjes (niet vezelvormig en moedermateriaal zonder CMR-eigenschappen);
- oplosbare deeltjes.

In bovenstaande indeling is het potentieel risico van hoog naar laag weergegeven. CMR staat voor carcinogeen, mutageen of reproductietoxisch.

⁸ Gezondheidsraad. (2006) Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad. publicatie nr. 2006/06;

⁹ PD 6699-2:2007 (2007) Nanotechnologies – Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. British Standards. ISBN 978 0 580 60832 2;

¹⁰ S. Dekkers en C. de Heer (2010) Tijdelijke nano-referentiewaarden – Bruikbaarheid van het concept en van de gepubliceerde methoden.

GP 2 Arbeidsomstandighedenwetgeving

Inleiding

Doordat nanotechnologie een vakgebied overschrijdende technologie is, kunnen bepaalde producten van deze technologie tussen de nationale en Europese regelgeving in vallen. Het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft vooralsnog geen plannen om aparte wetgeving voor nanotechnologie in Nederland op te stellen, aangezien de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) [voldoende mogelijkheden biedt](#) voor regulering voor het werken met nanotechnologie (1). Deze Goede Praktijk biedt enkele handvatten voor het inpassen van het werken met nanomaterialen binnen de huidige wet- en regelgeving.

Arbowet

Volgens de Arbowet is de werkgever verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de risico's die werknemers lopen tijdens de arbeid. Hij moet deze, inclusief (voorgenomen) beheersmaatregelen, opnemen in de risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E), ook in geval van nieuwe risico's waarvan nog weinig bekend is.

Ook is de werkgever in het huidige grenswaardenstelsel zelf verantwoordelijk voor het vaststellen van veilige grenswaarden voor op de werkplek gebruikte stoffen. Als hiervoor geen wettelijke grenswaarden vastgesteld zijn, dan dienen bedrijfsgrenswaarden opgesteld te worden op basis van gezondheidskundige gronden, zonder daarbij de economische of technische haalbaarheid in acht te nemen.

De werkgever is en blijft verantwoordelijk voor een veilige en gezonde werkomgeving, waarbij de stand der wetenschap en techniek in acht genomen moeten worden. Uitgangspunt is dat stoffen met onzekere of onbekende risico's, waartoe ook nanomaterialen behoren, behandeld moeten worden als (zeer) gevaarlijke stoffen. Dat houdt in dat het beleid en de beheersmaatregelen in die gevallen gericht moeten zijn op het voorkomen of minimaliseren van de blootstelling van medewerkers. Ook de Europese stoffenwetgeving ([REACH](#)) is daarbij van belang. Wanneer DNEL's voor nanomaterialen beschikbaar komen, zullen deze als uitgangspunt voor bedrijfsgrenswaarden gehanteerd moeten worden.

De basis voor het beleid ten aanzien van gevaarlijke stoffen zoals verwoord in de Arbowet, is artikel 3 (algemene zorgplicht werkgever). Aansluitend daarop zijn van belang:

- Arbowet artikel 5: RI&E verplichting;
- Arbowet artikel 6: het voorkomen van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen;
- Arbowet artikel 8: voorlichting en onderricht;
- Arbowet artikel 10: het voorkomen van risico's voor derden;
- Arbowet artikel 16: nadere inventarisatieverplichtingen voor gevaarlijke stoffen en biologische agentia;
- Arbobesluit hoofdstuk 4: nadere verplichtingen voor omgang met gevaarlijke stoffen.

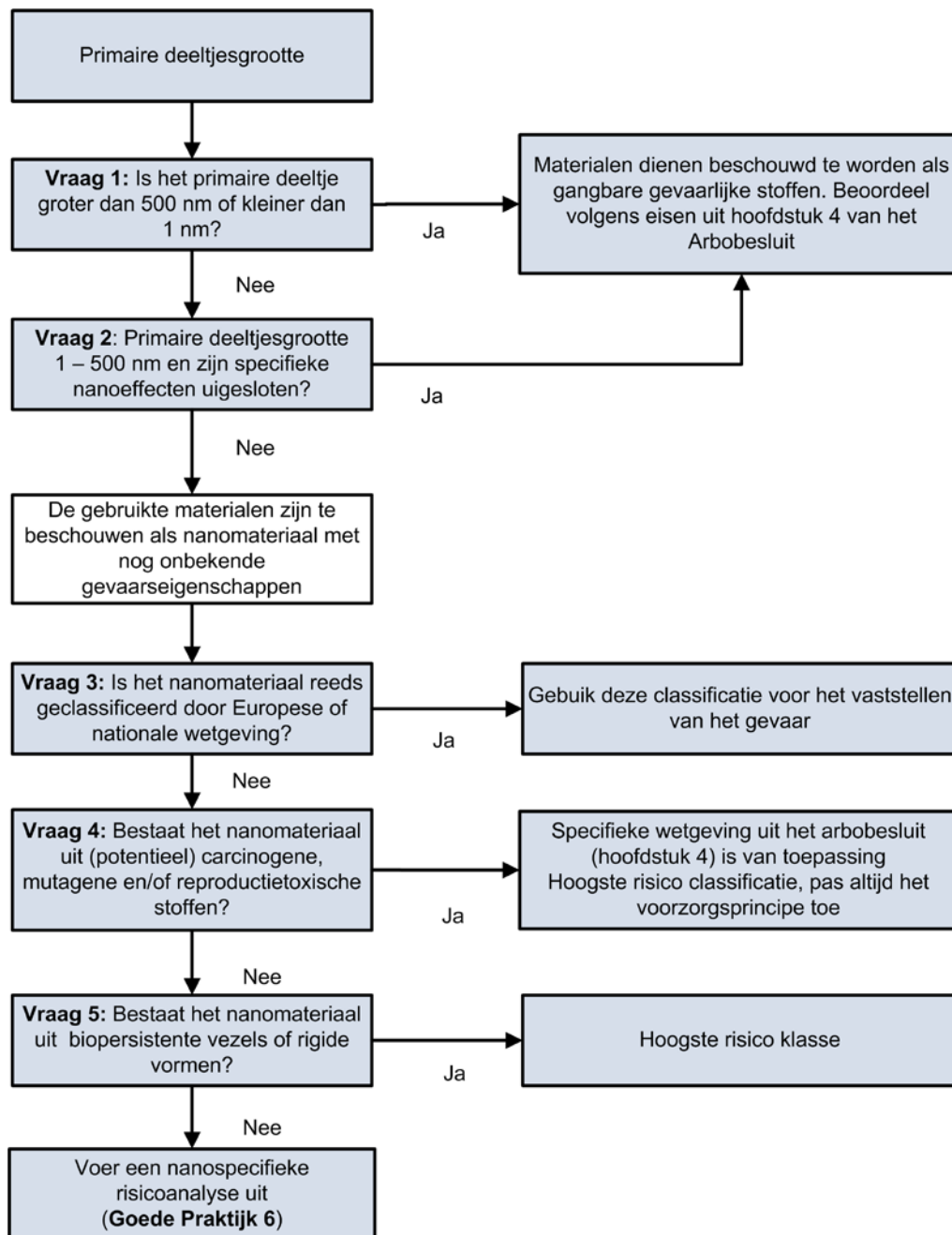
¹ Kabinetsvisie Nanotechnologieën. Van Klein Naar Groot, 2010.

Dit betekent concreet:

- opnemen van synthetische nanomaterialen in de RI&E;
- dat een plan van aanpak aanwezig is met maatregelen om de blootstelling aan synthetische nanomaterialen zo goed mogelijk te beheersen (streven naar zo laag mogelijke blootstelling);
- dat er bij het ontbreken van publieke grenswaarden, private grenswaarden vastgesteld worden.

GP 3 Nano relevantie: heb ik te maken met een nanomateriaal?*Inleiding*

Alvorens een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) uit te voeren voor het gebruik van nanomaterialen is het van belang om na te gaan of een materiaal onder de definitie van nanomaterialen valt en of het een risicovol nanomateriaal is (Goede Praktijk 1). Aan de hand van onderstaand beslisschema kan worden vastgesteld of een materiaal behoort tot de voor gezondheidsrisico relevante nanomaterialen en welke stappen ondernomen moeten worden om het risico van de relevante werkzaamheden goed in te schatten. Het schema wordt per vraag kort toegelicht.



Figuur 3.1 Beslisschema voor het bepalen van de nano relevantie van de gebruikte materialen

Toelichting bij het beslisschema

Vraag 1 heeft betrekking op de afmeting van de gebruikte nanomaterialen. Bij het beoordelen of er sprake is van een nanomateriaal, wordt uitgegaan van de bredere definitie, zoals opgenomen in Goede Praktijk 1. Wanneer de gebruikte materialen buiten deze definitie vallen, wordt geadviseerd om voor het vaststellen van de aard, mate en duur van de blootstelling gebruik te maken van de gangbare methoden, zoals deze voor bulkchemicaliën van toepassing zijn. Hoofdstuk 4 van het Arbeidsomstandighedenbesluit dient dan als referentiekader.

Wanneer de gebruikte nanomaterialen binnen de definitie vallen, dan is het ook raadzaam om de pyrofore eigenschappen te achterhalen/bepalen. Nanopoeders zijn vaak pyrofoor zijn, dat wil zeggen ze ontbranden onder blootstelling aan lucht, zelfs als het materiaal in macrovorm een dergelijke eigenschap niet heeft. Als de gehanteerde hoeveelheden het milligrambereik overschrijden, bepaal dan de pyroforiteit van het materiaal met een zo klein mogelijke hoeveelheid. Indien pyroforiteit aanwezig is, dienen voorzorgsmaatregelen worden genomen zoals gebruik in een zuurstofarme omgeving.

Vraag 2 heeft betrekking op reeds uitgevoerd onderzoek naar de binnen de onderzoekinstelling gebruikte nanomaterialen. Wanneer door wetenschappelijk onderzoek onomstotelijk is aangetoond dat de gebruikte nanomaterialen (zowel chemische samenstelling als qua vorm) als niet schadelijk voor de mens beschouwd wordt, dan kunnen de gebruikte nanomaterialen beoordeeld worden, zoals bij vraag 1 aangegeven.

Bij vraag 3 dient nagegaan te worden of het betreffende nanomateriaal reeds is geclassificeerd conform Europese regelgeving (o.a. [SCOEL](#), [REACH](#), [EU-GHS-verordening](#)) of door nationale wetgeving (zoals vastgestelde grenswaarden). Indien dit het geval is, wordt geadviseerd deze gevaarsclassificatie te gebruiken.

Vraag 4 behandelt de vraag of bekend is of de beschouwde nanomaterialen (of het moedermateriaal) carcinogene, mutagene of reproductietoxische eigenschappen kunnen hebben. Indien dit het geval is, wordt geadviseerd om eisen en maatregelen die in afdeling 2, hoofdstuk 4 van het [Arbeidsomstandighedenbesluit](#) genoemd staan op te volgen. De maatregelen die daar genoemd staan gaan zo ver dat er weinig aanvullende beheersmaatregelen mogelijk zijn.

In de risicobeoordeling dient naast de CMR-eigenschappen, ook rekening gehouden te worden met nanospecifieke eigenschappen van de beschouwde materialen.

Vraag 5 heeft betrekking op de vezelvormige eigenschappen van diverse nanomaterialen. Enkele onderzoeken hebben gewezen op de mogelijk kankerverwekkende eigenschappen van buisvormige nanomaterialen die vergelijk vertonen met asbest vezels (*Fibre Paradigm*) (1,2). Uit voorzorg dienen materialen die buisvormig zijn (vezels, staafjes en draadjes) in de hoogste gevaar klasse te worden ingedeeld (Goede Praktijk 1).

Voor het gebruik van de overige nanomaterialen wordt geadviseerd een nanospecifieke RI&E uit te voeren (Goede Praktijk 6).

¹ Takagi, A., et al. (2008) Induction of mesothelioma in p53+/- mouse by intra peritoneal application of multi-wall carbon nanotubes, *The Journal of Toxicological Sciences*, 33, 2008, 105-116.

² Poland, C.A. et al. (2008) Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study, *Nature Nanotechnology*, 3, 2008, 423-428.

GP 4 Methoden voor risicobeoordeling en risicoschatting van nanomaterialen

Inleiding

Diverse methoden zijn ontwikkeld om de risico's van het gebruik van nanomaterialen in kaart te brengen. In het onderzoek uitgevoerd door Vervoort en Cornelissen (1) zijn dertien methoden theoretisch onderzocht. Daarnaast zijn tien methoden in praktijk getest door het toepassen ervan bij diverse laboratoriumprocessen waarbij nanomaterialen werden gebruikt. Hieruit kon worden geconcludeerd dat drie van de dertien methoden het beste toepasbaar zijn voor gebruik in onderzoekinstellingen. Het betreft de Control Banding Nanotool (2, 3, 4), de EPFL-methode (5) en de Nanotoolkit (6). Alle drie de methoden zijn ook specifiek ontwikkeld door onderzoekinstellingen.

Nadere toelichting van drie methoden

Alle drie de methoden hebben voor- en nadelen. Tijdens het gebruik dient de gebruiker rekening te houden met specifieke aspecten van elke methode. Ondanks dat de meeste methoden voor het inschatten van het risico (risicoklasse) gebruik maken van een gevaarsindeling (hazard) en mogelijke blootstelling (exposure) kan bij de beoordeling van eenzelfde proces verschillende uitkomsten in de risicoklasse gevonden worden. Bij gebruik van de ene methode kan een proces als veilig beoordeeld worden, terwijl bij gebruik van een andere methode het proces als onveilig beoordeeld worden. Dit verschil komt mede door het gebruik van verschillende variabelen voor het vaststellen van de hazard en exposure band, de beoogde doelgroep en de opbouw van de methode. Naast de verschillen in de opzet van de methoden, kunnen ook verschillen ontstaan doordat verschillende gebruikers, verschillende keuzes maken bij het gebruik van de instrumenten en kunnen sommige variabelen conservatief, dan wel progressief geschat worden.

Bekijk bij de keuze de geschiktheid voor het proces, reeds genomen beheersmaatregelen en het mogelijk plegen van ver- en nieuwbouw. Op de navolgende pagina's volgt een korte beschrijving van de genoemde methoden. Achtereenvolgens worden de Control Banding Nanotool, de EPFL-methode en de Nanotoolkit behandeld. Een schematische weergave van de drie methoden is opgenomen in de bijlagen bij deze Goede Praktijk.

¹ Vervoort, M.B.H.J. et al, Risk Assessment of Occupational used Nanomaterials – A comparison of risk assessment methods in order to determine the risk of occupational used nanomaterials in a research environment- master thesis Netherland School of Public and Occupational Health, September 2012.

² David M. Zalk, Samuel Y. Paik and Paul Swuste. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures. J Nanopart Res 11:1685–1704 (2009).

³ Paik, S.Y., et al, Application of a pilot Control Banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposure, Ann. Occ. Hyg., vol 52, no 6, pp 419 - 428, 2008.

⁴ Zalk, D.M., et al, Control Banding and Nanotechnology. The Synergist, volume 21, issue 3, 2010, pp 26 – 29.

⁵ Groso, A. et al. (2010) Management of nanomaterials safety in research environment. Particle and Fibre Toxicology 2010 7:40.

⁶ California Nanosafety Consortium of Higher Education (2012) Nanotoolkit. Working safely with engineered nanomaterials in academic research settings.

Control Banding Nanotool

Een van de eerste Control Banding methoden die geïntroduceerd is voor het beoordelen van de risico's van beroepsmatige blootstelling aan nanomaterialen is de Control Banding Nanotool (CBN). De methode is oorspronkelijk ontwikkeld voor het karakteriseren van de gezondheidseffecten van het werken met nanomaterialen op twee afdelingen van een onderzoekinstelling. De CBN is dus met name te gebruiken voor het beoordelen van onderzoekswerkzaamheden en in mindere mate te gebruiken voor het inschatten van het risico bij eindgebruikers en bij het bewerken van nano-producten.

De CBN rangschikt de mogelijke risico's van het werken met nanomaterialen aan de hand van een score op de ernst van de blootstelling (ernst score) en een waarschijnlijkheid van de blootstelling (waarschijnlijkheid score). Het maximum van de 'ernst van de blootstelling' is 100, waarvan 70 punten gebaseerd zijn op de karakteristieken van het nanomateriaal en 30 punten gebaseerd zijn op de karakteristieken van het moedermateriaal. Voor het bepalen van de ernst, wordt gebruik gemaakt van vijftien variabelen. Ook bij de waarschijnlijkheid van de blootstelling kunnen maximaal 100 punten toegekend worden, verdeeld over vijf variabelen. Hierbij gaat het om de mate van blootstelling bij werknemers (o.a. gebruikte hoeveelheden, aantal blootgestelden, frequentie, duur). Wanneer de gegevens van een variabele niet bekend zijn, wordt er toch een score toegekend, deze bedraagt 75 procent van de maximaal te behalen score van de betreffende variabele. Op basis van de totaalscore op deze gebieden wordt het overall risico van de werkzaamheid vastgesteld en weergegeven zoals in figuur 4.1.

		Waarschijnlijkheid (kans op blootstelling)			
		Zeer onwaarschijnlijk (0-25)	Weinig waarschijnlijk (26-50)	Waarschijnlijk (51-75)	Mogelijk (76-100)
Ernst	Zeer hoog (76-100)	RL 3	RL 3	RL 4	RL 4
	Hoog (51-75)	RL 2	RL 2	RL 3	RL 4
	Gemiddeld (26-50)	RL 1	RL 1	RL 2	RL 3
	Laag (0-25)	RL 1	RL 1	RL 1	RL 2

Figuur 4.1 Beslisschema voor het nemen van beheersmaatregelen volgens de Control Banding Nanotool

In totaal zijn er vier risicocategorieën, oftewel risk levels (RL), deze gaan van RL1 (laag) tot en met RL4 (hoog). Er is een directe relatie tussen de risicocategorie en de te nemen beheersmaatregel.

RL 1: Algemene ventilatie toepassen.

RL 2: Gebruik afzuigkappen of puntafzuiging.

RL 3: Containment, omkasting van de bron.

RL 4: Vraag advies aan een deskundige.

De beschreven beheersmaatregelen (RL1 t/m RL4) volgen niet de gebruikelijke route van de Arbeids-hygiënische Strategie, maar beperkt zich met name tot het toepassen van afzuiging. Bij het gebruik van de CBN moet in het achterhoofd gehouden worden dat deze ontwikkeld is voor een onderzoeks-omgeving, waar het merendeel van de werkzaamheden plaatsvindt in een zuurkast.

Voor- en nadelen

Voordelen:

- er wordt op systematische en herleidbare wijze een risicoanalyse uitgevoerd;
- de methode leent zich goed om op te nemen in MS-Excel en daarmee de berekeningen uit te voeren;
- tijdens de risicoanalyse wordt rekening gehouden met het aantal blootgestelden (dit gebeurt niet bij elke methode);
- elke onderzoeksstap wordt apart geanalyseerd waardoor direct zichtbaar wordt bij welke activiteiten risico's zijn;
- bij hetzelfde proces met een ander nanomateriaal hoeven alleen de gevaareigenschappen in MS-Excel aangepast te worden voor een nieuwe risicoanalyse;
- nieuwe inzichten (en nieuwe puntentoekenning per variabele) zijn eenvoudig te verwerken.

Nadelen:

- toxicologische eigenschappen van nanomaterialen en exotische moedermaterialen zijn vaak onbekend;
- een beperkt aantal beheersmaatregelen zijn beschreven en deze omvatten alleen technische beheersmaatregelen;
- de variabele 'aantal blootgestelde medewerkers' gebruikt als ondergrens zes blootgestelde medewerkers of meer, wat relatief veel is voor een onderzoeksomgeving, waar in de praktijk slechts één à twee werknemers per experiment werkzaam zijn;
- het uitvoeren van een risicoanalyse neemt relatief veel tijd in beslag;
- het is niet altijd duidelijk wat de auteur met de gebruikte variabelen bedoelt, aangezien een concrete toelichting ontbreekt;
- de tool is alleen geschikt om het gebruik van zuivere materialen te beoordelen en is niet geschikt voor de beoordeling van mengsels of (bewerking van) nanoprodukten.

EPFL-methode

Door de Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) is de methode 'Management of Nanomaterials Safety in Research Environment' ontwikkeld, de EPFL-methode. De EPFL-methode onderscheidt zich van andere instrumenten doordat er geen gebruik wordt gemaakt van risicoklassen. Aangezien er nog onvoldoende data over blootstelling en de vermeende gezondheidseffecten van die blootstelling beschikbaar is, stellen de auteurs dat er geen gebruik gemaakt kan worden van risicoklassen. Er wordt daarom alleen gebruik gemaakt van gevaarsklassen (1, 2 en 3). Hoe hoger de klasse, hoe groter het gevaar.

Uitgangspunt voor het gebruik van de EPFL-methode is dat het materialen betreft met een of meer dimensies tussen de 1 en 100 nm. De methode bestaat uit een beslisschema (zie figuur 4.2). Dit beslisschema is ingedeeld aan de hand van activiteiten die kunnen plaatsvinden met nanomaterialen. Het betreft activiteiten met nanovezels, nanomaterialen in suspensie, nanopoeiers en nanomaterialen in een matrix. Aan de hand van het beoogde gebruik, de hoeveelheid en het agglomeratiegedrag vindt gevaarsindeling plaats. Er wordt gebruik gemaakt van drie gevaarsklassen (1, 2 en 3). Hoe hoger de klasse, hoe groter het gevaar. In de methode bestaat een directe relatie tussen de te nemen beheersmaatregelen en de gevaarsklasse. Hoe hoger de klasse, des te hoger de eisen die gesteld worden aan de te treffen beheersmaatregelen in het laboratorium. Dit is te vergelijken met de indeling van laboratoria ten behoeve van het werken met Genetisch Gemodificeerde Organismen (7) (ML-I, ML-II en ML-III) en laboratoria ingericht voor het werken met open radioactieve stoffen (8) (A-, B-, C- en D-laboratoria).

Te onderscheiden activiteiten

De activiteiten met vezelvormige nanomaterialen zijn ingedeeld in drie categorieën:

1. werken met droog materiaal;
2. in suspensie;
3. gebruikt in een matrix.

Activiteiten met nanomaterialen in poedervorm:

1. gebruik (bijvoorbeeld afwegen van gekochte of zelf geproduceerde nanomaterialen);
2. productie (synthese van materialen).

Indien productie plaatsvindt, dan hangt de gevaarsklasse af van de hoeveelheid die per batch wordt geproduceerd en of het nanomateriaal agglomereert. Grote productiehoeveelheden (> 100 mg), het niet agglomereren of invullen dat deze eigenschap onbekend is, leidt tot een hogere gevaarsklasse. Voor het gebruik van nanomaterialen in poedervorm is een soortgelijke indeling gebruikt. Echter, de beschouwde hoeveelheden zijn lager. De minimale hoeveelheid materiaal is kleiner of gelijk aan 1 mg.

⁷ Schellekens, H., Veilig werken met micro-organismen, parasieten en cellen in laboratoria en andere werkrumten, 4^e druk 2010.

⁸ Richtlijn Radionuclidenlaboratoria, Hoofinspectie milieuhygiëne publicatie 94-02, september 1994.

Activiteiten met nanomaterialen in suspensie:

1. het nanomateriaal blijft in suspensie;
2. bij minstens één van de processtappen ontstaan aerosolen;
3. bij minstens één van de processtappen ontstaat droog stof.

Classificatie van nanomaterialen die gebruikt worden in suspensie hangt af van de blootstellingskans (kans op vrijkomen van materiaal) en de hoeveelheid materiaal dat wordt gebruikt.

Activiteiten met nanomaterialen in een matrix:

Nanomaterialen die gebruikt worden in een matrix (opgesloten in een vaste substantie) worden ingedeeld in de laagste gevaarsklasse) tenzij het gebruik van het materiaal leidt tot stofvorming.

Indien dit laatste het geval is, wordt verwezen naar activiteiten van nanomaterialen in poedervorm.

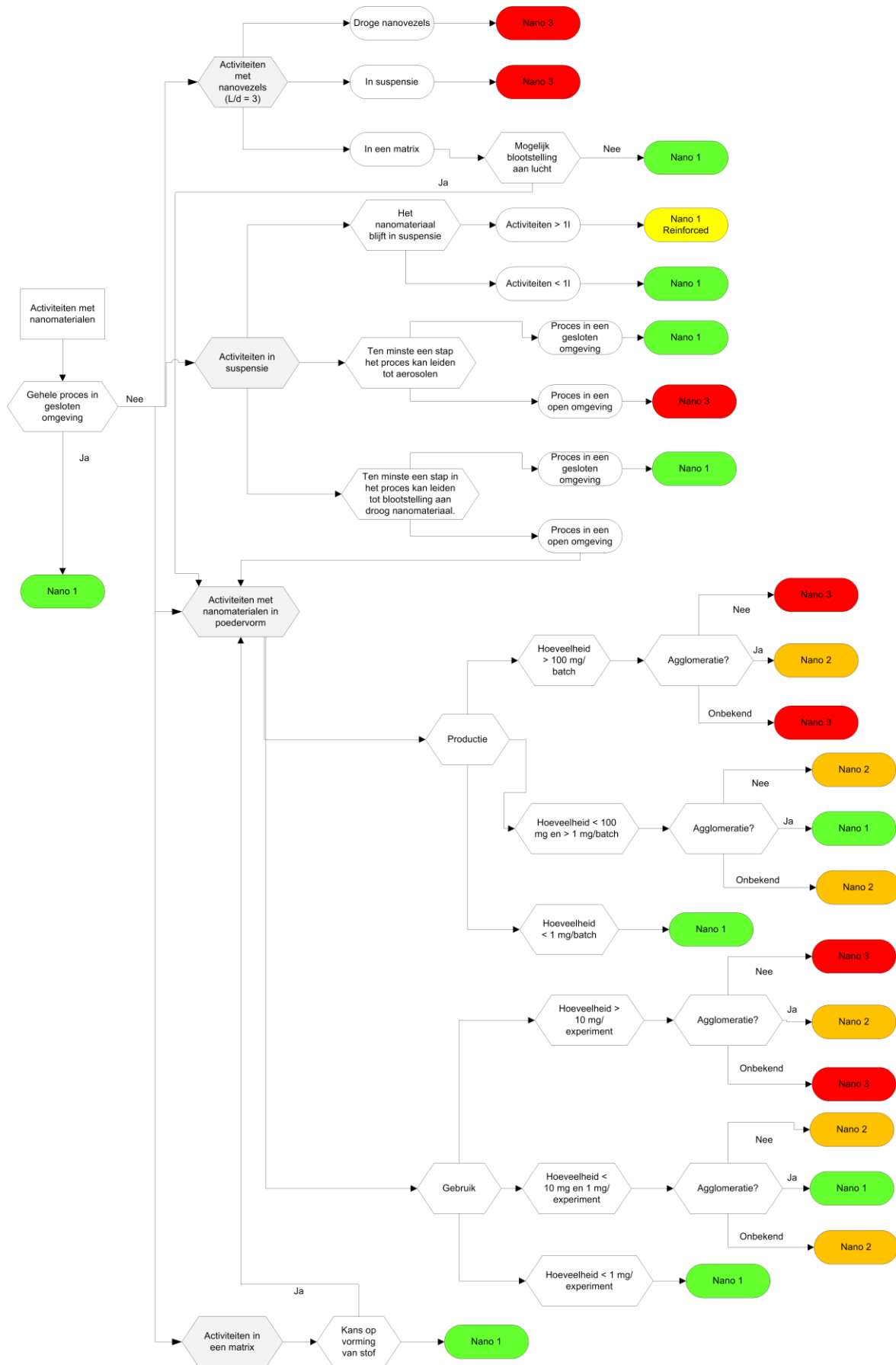
Risicoclassificatie en beheersmaatregelen

Er is een directe relatie gelegd tussen de gevaarsklasse (1, 2 of 3) en de te nemen beheersmaatregelen. Aan de hand van tabellen (zie als voorbeeld tabel 4.1) is aangegeven welke beheersmaatregelen getroffen dienen te worden. Er worden vier categorieën beheersmaatregelen onderscheiden:

- technische maatregelen (ventilatie, eigenschappen van de vloer, toegang tot lab etc.);
- organisatorische maatregelen (voorlichting en onderricht, afvalmanagement etc.);
- persoonlijke beschermingsmiddelen;
- schoonmaak van de laboratoria.

Tabel 4.1 Voorbeeld toewijzen van beheersmaatregelen per gevaarsklasse

Technische Maatregelen		Laboratorium		
		Nano 1	Nano 2	Nano 3
Ventilatie	Chemisch lab (luchtverversing zonder recirculatie 5-10X/uur)	X	X	X
	Op zijn minst een gesloten F7 filter (LET OP: onderhoud!) voor afgevoerde lucht.			X
	Lage druk in de ruimte	X	X	>20 mPa
	Puntafzuiging		X	X
Vloer	Vloeroppervlak	Tegels of linoleum	Epoxy/glad	
Handelingen in een zuurkast	Optioneel	X1		
	Verplicht		X	X
Toegang tot lab	Beperkt (bijv. d.m.v. een magneetkaart toegangscontrole systeem)		X	X
	Toegang voor bevoegden (bijv. m.b.v. een sleutel)	X		
	Bijhouden van mogelijk blootgestelde medewerker + registratie van handelingen			X
Sluis ingang & uitgang	Dubbele sluis (bij gebruik van >100 g deeltjes)			X
	Eenvoudige sluis (bij gebruik van <100 g deeltjes)		Beperkte sluis	X
	Douche			X
Stofzuigers	Gebruikt bij asbestwerkzaamheden t.b.v. huishouding	X	X verboden	X



Figuur 4.2 Beslisboom voor het afleiden van de gevarensklasse volgens de EPFL-methode

De methode van inrichten van laboratoria met verschillende beheersniveaus is uiterst geschikt bij nieuwbouw (Goede Praktijk 12).

Voor- en nadelen

Voordelen:

- directe relatie tussen risicoklasse en beheersmaatregelen;
- eenvoudig in gebruik;
- de activiteit staat centraal in combinatie met fysische eigenschappen (vezels, poeder, agglomeratie etc.);
- de risicoclassificatie is conservatief, met andere woorden indien de kans op blootstelling aanwezig is, wordt de activiteit in veel gevallen geclassificeerd als nano2 of nano3.

Nadelen:

- implementatie van de beheersmaatregelen in een bestaande situatie kan, met name voor technische maatregelen, moeilijk of niet realiseerbaar zijn;
- er wordt gebruik gemaakt van een bedrijfsgrenswaarde van $0,1 \text{ mg/m}^3$ waardoor activiteiten met poeders (10 mg of meer) in veel gevallen leidt tot nano3 en uiteindelijk leidt tot het nemen van kostbare beheersmaatregelen;
- er wordt bij deze tool ook weer uitgegaan van zuiver materiaal.

Nanotoolkit

De Nanotoolkit is een document wat tot stand gekomen is na samenwerking van diverse onderzoeksinstellingen uit Californië, V.S. De Nanotoolkit is in wezen een samenvatting van wetenschappelijke literatuur en bestaande handreikingen op het gebied van veilig werken met nanomaterialen. De Nanotoolkit beschrijft in het kort de voornaamste nanomaterialen, de mogelijke blootstellingsroutes en de stand van zaken met betrekking tot mogelijke gezondheidsrisico's. Vervolgens wordt door middel van enkele praktische tips de lezer geadviseerd hoe het eigen onderzoek gepland en veilig ingericht kan worden. Deze tips worden hieronder per processtap kort toegelicht.

Stap 1 Verzamel informatie

Stap 1 is gericht op het verzamelen van zoveel mogelijk informatie over het te gebruiken nanomateriaal op basis van het Veiligheidsinformatieblad, Technische Informatieblad en lokale afspraken over algemene laboratoriumveiligheid. Tijdens deze stap dient eveneens onderzocht te worden of het mogelijk is minder risicovol materiaal te gebruiken (substitutie) of het materiaal zodanig te gebruiken dat de kans op blootstelling wordt verminderd (bronaanpak).

Stap 2 Bepaal potentiële risico's en de benodigde beheersmaatregelen

Tijdens deze *stap* wordt het potentiële risico bepaald aan de hand van de in de Nanotoolkit bijgesloten Quick Check. Risicobepaling is gebaseerd op de kans op vrijkomen van materialen in de lucht (inclusief voorbeelden van handelingen). Chemische en toxicologische eigenschappen spelen hierbij geen rol. Er worden drie risico categorieën onderscheiden:

- categorie 1: geen kans op vrijkomen in de lucht bij het verrichten van handelingen;
- categorie 2: matige kans op vrijkomen in de lucht bij het verrichten van handelingen;
- categorie 3: grote kans op vrijkomen in de lucht bij het verrichten van handelingen.

In de Nanotoolkit wordt een directe relatie gelegd tussen de risico categorie en de te nemen beheersmaatregelen. De te nemen beheersmaatregelen zijn onderverdeeld in technische-, organisatorische- en persoonsgebonden (PBM) beheersmaatregelen. Indien het risico van handelingen in categorie 2 of 3 worden geschat dan gelden tevens alle maatregelen uit lagere categorieën. De Nanotoolkit bevat een concrete set aan beheersmaatregelen die genomen kunnen worden.

Stap 3 Stel een werkvoorschrift op (SOP)

Het werkvoorschrift omvat een zestal onderwerpen die specifiek voor het uit te voeren onderzoek beschreven worden. Het opstellen van de SOP is maatwerk. De SOP dient door de leidinggevende te worden geaccordeerd. Een bewerking van deze SOP is opgenomen in Goede Praktijk 10.

De onderwerpen die behandeld worden zijn:

1. algemene informatie over het onderzoek, zoals de procesbeschrijving, verantwoordelijk onderzoeker en een inschatting van de aard, mate en duur van de blootstelling;
2. gevaarsidentificatie van de gebruikte verbindingen, inclusief de bekende potentiële chemische risico's;
3. de te nemen beheersmaatregelen;
4. hoe te handelen tijdens incidenten (morsen, ongevallen etc.);
5. het onderdeel voorlichting en onderricht beschrijft welke algemene en specifieke voorlichting nodig is;
6. het laatste onderdeel heeft betrekking op de omgang en afvoer van afval (Goede Praktijk 7C).

Stap 4 Voorlichting en onderricht.

De laatste stap in het proces van veilig werken met nanomaterialen is het geven/volgen van voorlichting en onderricht. De voorlichting dient zowel te bestaan uit uitleg over algemene regels omtrent laboratoriumveiligheid, als over voorlichting over de specifiek voor het betreffende onderzoek gebruikte nanomaterialen en technische hulpmiddelen.

Meer informatie over voorlichting en training is opgenomen in Goede Praktijk 11.

Voor- en nadelen

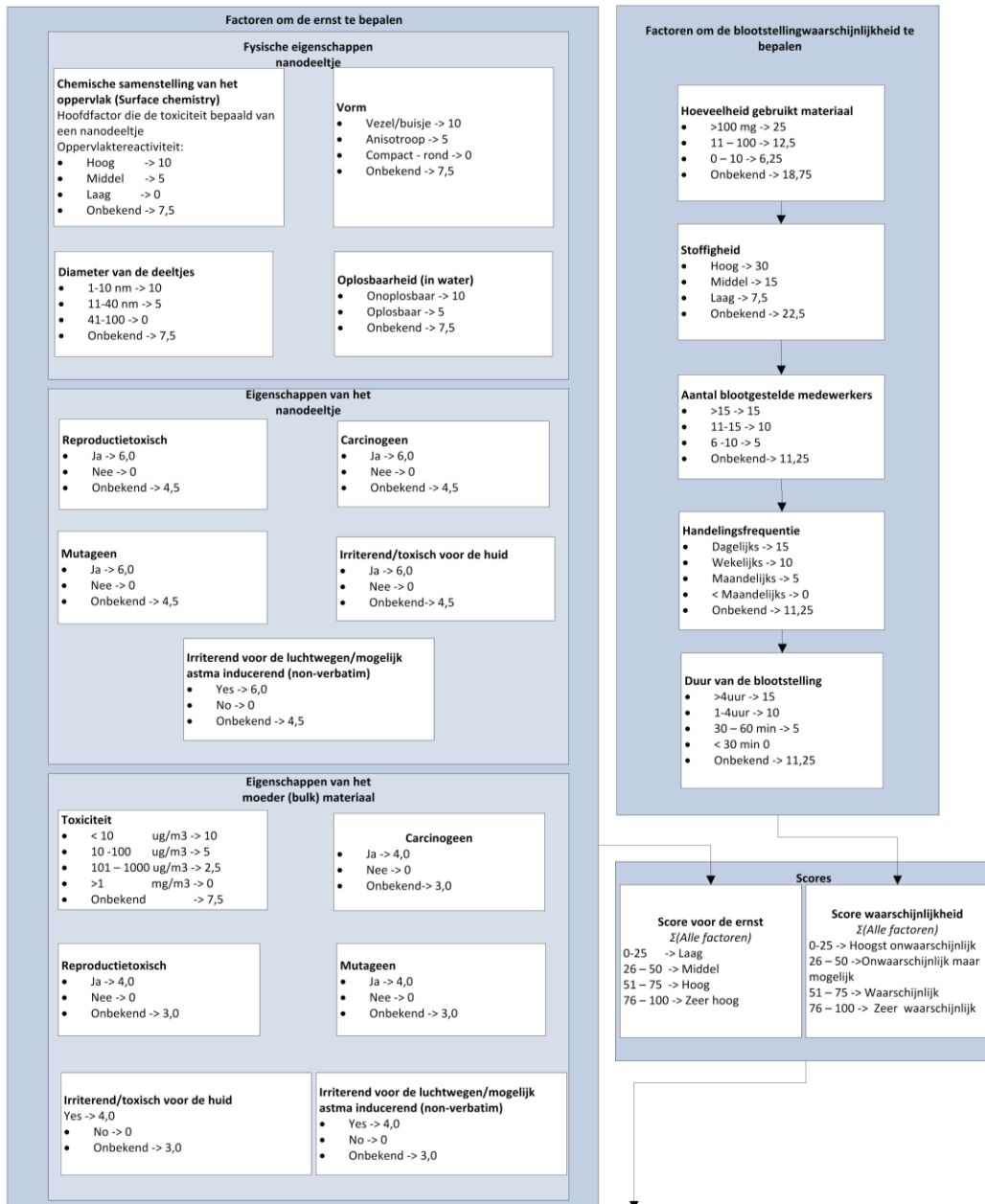
Voordelen:

- eenvoudig in gebruik en aan de hand van eenvoudige schema's is het inschatten van het risico in een kort tijdbestek mogelijk;
- er is een directe relatie tussen de RI&E van het onderzoek en de te nemen beheersmaatregelen;
- de beschreven beheersmaatregelen omvatten alle stappen zoals beschreven in de arbeidshygiënische strategie;
- de gebruiker wordt aan de hand van de risicoanalyse en het op te stellen werkvoorschrift bewust van de risico's en de te nemen beheersmaatregelen;
- alle stappen van het onderzoek (van productie tot en met afval) maken onderdeel uit van het werkvoorschrift.

Nadelen:

- het omschrijven van de handelingen met en wijze van gebruik van nanomaterialen is in de methode vaak onduidelijk beschreven. Hierdoor is het mogelijk dat bepaalde handelingen mogelijkster lager worden ingeschat qua risico dan wenselijk is;
- het opstellen van de SOP kost veel tijd en het ontbreekt aan een Management of Change procedure (wanneer moet de procedure worden aangepast indien er aanpassingen in het gebruik van het nanomateriaal plaatsvindt).

Bijlage 1 Schematische weergave van de Control Banding Nanotool

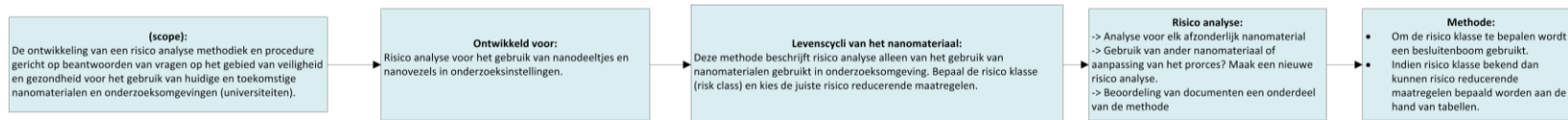


Waarschijnlijkheid		Hoogst onwaarschijnlijk (0-25)	Onwaarschijnlijk maar mogelijk (26-50)	Waarschijnlijk (51-75)	Zeer waarschijnlijk (76-100)
Ernst	Zeer hoog (76-100)	RL3	RL3	RL4	RL4
	Hoog (51-75)	RL2	RL2	RL3	RL4
	Middel (26-50)	RL1	RL1	RL2	RL3
	Laag (0-25)	RL1	RL1	RL1	RL2

RL = Risk Level (hoogte van het risico)
 Te nemen maatregelen:
 RL 1: Algemene ruimte ventilatie
 RL 2: Zuurkast of locale (punt) afzuiging
 RL3: gesloten system (containment)
 RL4: vraag advies aan specialist

¹Paik, S.Y., et al, Application of a pilot Control Banding tool for risk level assessment an control of nanoparticle exposure, Ann. Occ. Hyg., vol 52, no 6, pp 419 - 428, 2008
²Zalk, D.M., et al, Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposure, J. Nanoparts, 2009
³Zalk, D.M., et al, Control Banding and Nanotechnology, The Synergist, issue 3, 2010, pp 26 – 29

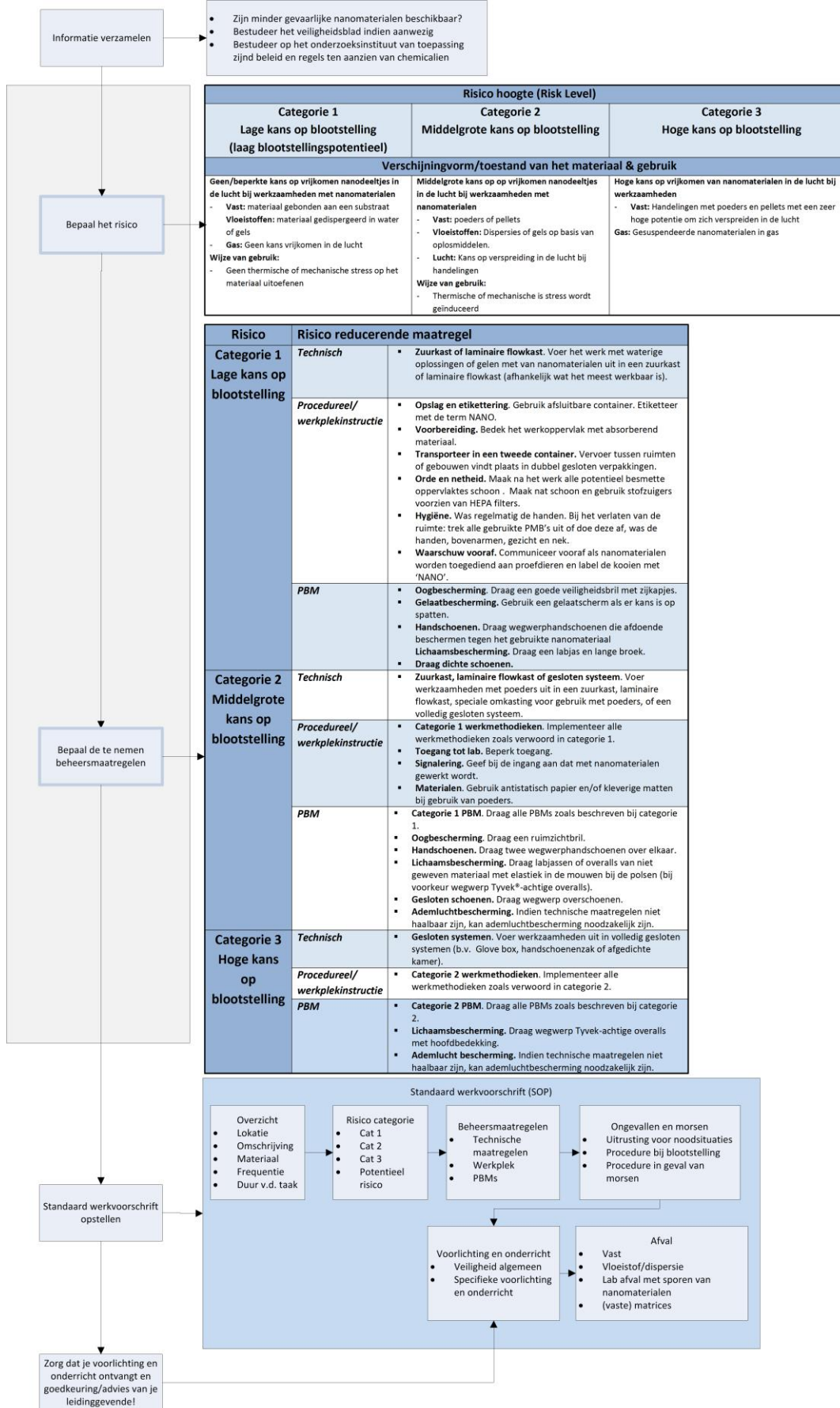
Bijlage 2 Schematische weergave van de EPFL-methode "management of nanomaterials in research environment" ¹



¹Groso, A., et al, Management of nanomaterials safety in research environment, Particle and Fiber Toxicology, vol 7, pp1 – 8,2010



Bijlage 3 Schematische weergave van de Nanotoolkitkit



¹Scislowicz, C., et al, Nanotoolkit – Working Safely with engineered Nanomaterials in Academic Research Settings, California Nanosafety Consortium of higher education, april 2012, <http://ehs.ucr.edu/laboratory/SOP/nano%20toolkit%202012%200419.pdf>, accessed on the 20th of may 2012

GP 5 Planning van het onderzoek

Inleiding

Planning van het onderzoek is het startpunt voor veel onderzoekers om in kaart te brengen of het beoogde onderzoek 'nano relevant' is (Goede Praktijk 3) en zo ja, te bepalen welke beheersmaatregelen genomen moeten worden bij het werken met de betreffende nanomaterialen.

Deze Goede Praktijk bevat informatie over hoe het onderzoek met nanomaterialen gepland kan worden, waarbij onderstaande stappen onderscheiden worden. Het te volgen proces is ook schematisch weergegeven in figuur 5.1. Daar waar mogelijk wordt verwezen naar andere Goede Praktijken.

Stap 1 Informatieverzameling

Bepaal aan de hand van gegevens uit het veiligheidsinformatieblad of technisch informatieblad (indien beschikbaar), literatuur en productinformatie of er sprake is van een nanomateriaal.

Stap 2 Breng de potentiële risico's in kaart

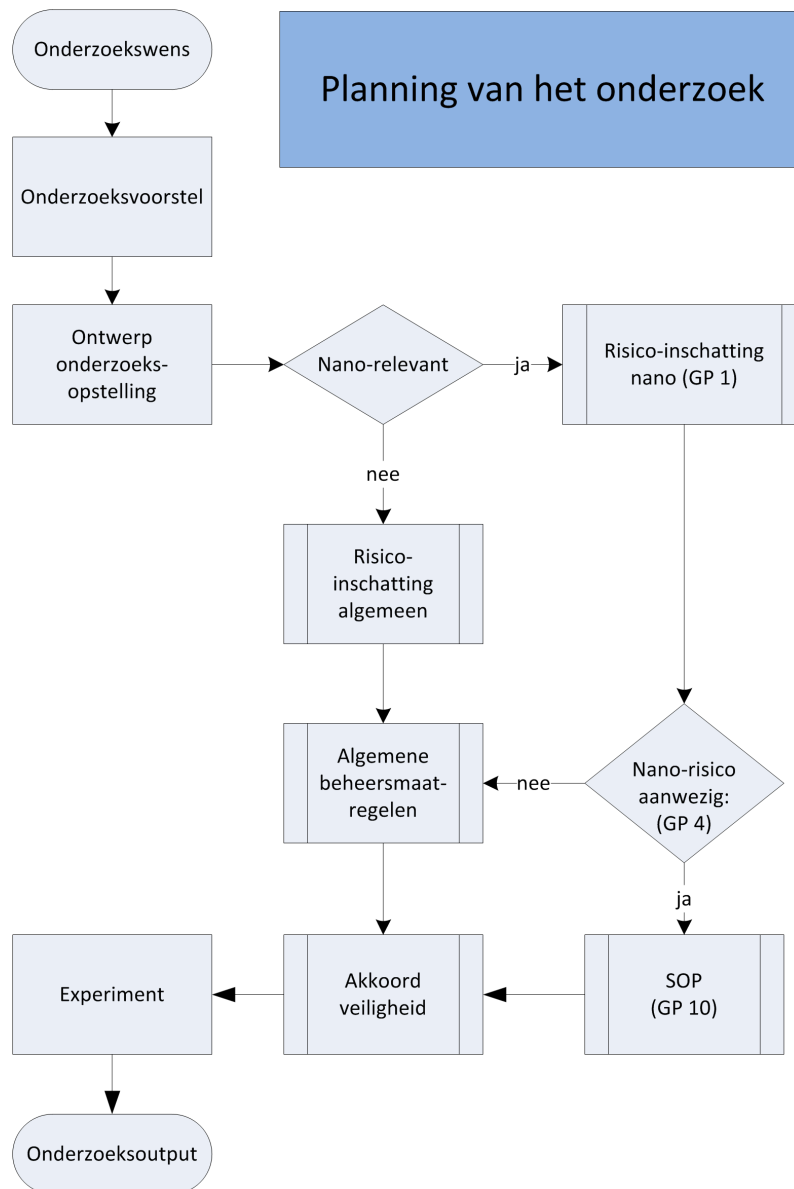
Bepaal de aard van de nanorisico's met behulp van Goede Praktijk 1, een van de beschikbare RI&E-methoden en/of de risicoschattinginstrumenten van de eigen instelling. Indien uit de risicoschatting blijkt dat het risico ontbreekt of volledig beheerst is, dan hoeven geen aanvullende beheersmaatregelen te worden genomen.

Stap 3 Maak gebruik van een werkvoorschrift (SOP)

Een standard operating procedure (SOP) is een geschreven set gedetailleerde instructies om een laboratorium proces of onderzoek veilig en effectief uit te voeren. Voor een voorbeeld hiervan is opgenomen in Goede Praktijk 10. Het volgen van training en het vragen om advies maakt deel uit van de beheersmaatregelen.

Stap 4 Akkoord veiligheid

Zorg dat directe leidinggevenden geïnformeerd zijn over het uit te voeren onderzoek en daarmee verifieerbaar instemmen.



Figuur 5.1 Schematische weergave planning en autorisatie van onderzoek met nanomateriaal

GP 6 Opzet en uitvoering van een RI&E synthetische nanomaterialen

Inleiding

Deze Goede Praktijk behandelt het uitvoeren van een RI&E gericht op het werken met nanomaterialen. In het schema in figuur 6.1 is weergegeven hoe het opzetten en uitvoeren van een RI&E synthetische nanomaterialen kan worden aangepakt. Na het schema volgt een stapsgewijze toelichting op het schema.

Werkwijze

Wanneer nog onbekend is welke onderzoeksgroepen binnen de instelling met nanomaterialen werken, dient gestart te worden bij stap 1 van het schema. Hierbij kan de vragenlijst die in het kader van dit project is opgesteld ten behoeve van de sectoranalyse gebruikt worden. Deze is opgenomen in deelrapport A - bijlage 1. Indien al bekend is welke onderzoeksgroepen met nanomaterialen werken, kan bij stap 2 begonnen worden. Inventariseer dan het aantal onderzoeksprojecten. Vervolg met stap 3 t/m 9 per onderzoeksproject. Houdt daarbij rekening met de nanorelevantie (Goede Praktijk 3), een volledige risicobeoordeling hoeft namelijk in sommige gevallen niet nodig te zijn.

Het schema is onafhankelijk van een bepaalde methode opgesteld, maar gaat uit van parameters met betrekking tot het proces en het materiaal die bij de meeste methoden gevraagd worden. Afhankelijk van de gekozen methode (Goede Praktijk 4) kunnen meer of minder parameters nodig zijn voor de risico-inschatting van de werkzaamheden.

Concreet voorbeeld

Als laatste onderdeel van deze Goede Praktijk wordt een voorbeelduitwerking gegeven van de RI&E nano, zoals deze bij de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Leiden is uitgevoerd. Hier zijn de werkprocessen uitgesplitst in handelingen zoals in de Handreiking Veilig Werken met Nanomaterialen (1) is aangegeven en er is voor de risico-inschatting per handeling gebruik gemaakt van de Control Banding Nanotool (CBN)(2, 3).

Figuur 6.1 maakt gebruik van 2 tabellen. Voor de verzameling van eigenschappen van de gebruikte nanomaterialen kan een generieke tabel zoals tabel 6.1 dienst doen. Of maak gebruik van de aanwijzingen in de gekozen risicobeoordelingsmethode. Voor de CBN ziet de tabel er dan uit zoals in tabel 6.3. Voor een voorbeeld van de inhoud van tabel 6.2 uit figuur 6.1 wordt verwezen naar de tabel 6.2. Dit is een uitgewerkt voorbeeld met de beschrijving van handelingen, hoeveelheden gebruikte stof, gebruiksfrequenties e.d.

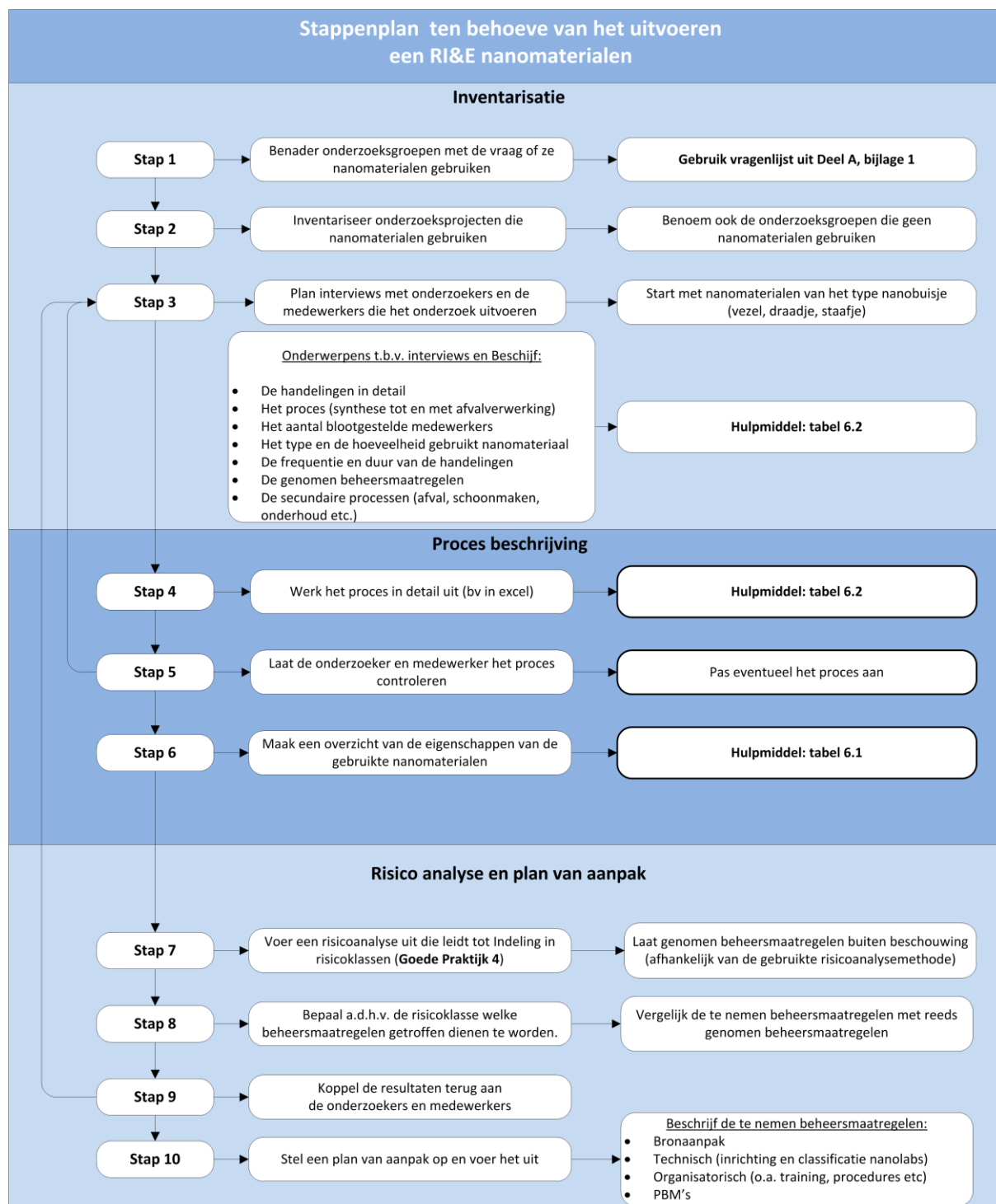
¹ Cornelissen, R.T.M., Jongeneelen, F en Van Broekhuizen, J.C. (2010) Guidance working safely with nanomaterials and nanoproducts. The Guide for employers and employees. Executed on behalf of the Dutch Social Partners FNV, VNO-NCV and CNV and was financed by the Dutch Ministry of Social Affairs and Employment.

² D.M. Zalk, S.Y. Paik and P. Swuste. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative riskassessment method for controlling nanoparticle exposures. J Nanopart Res 11:1685–1704 (2009).

³ D.M. Zalk and S.Y. Paik Control Banding and Nanotechnology. The Synergist Volume 21 No. 3 (2010).

Tabel 6.1 **Overzicht van benodigde eigenschappen van nanomaterialen en het bulkmateriaal**

Eigenschappen	
<i>Bulkmateriaal</i>	
Commerciële naam	
Stofnaam macroscopisch	amorf silica
CAS-nummer	112945-52-5
Chemische naam	SiO ₂
CMR stof?	nee
H-zin en EU-GHS classificatie	
Dichtheid (kg/m ³)	2,2
Oplosbaar in water?	ja
<i>Nanomateriaal</i>	
Deeltjesgrootte	200 nm
Vorm van de deeltjes	bolvormig
Stoffigheid	groot
Dichtheid (kg/m ³)	Onbekend



Figuur 6.1 Schema voor het uitvoeren van een RI&E gericht op het werken met nanomaterialen

Uitwerking voorbeeld

Voorbeeld aanpak RI&E nanomaterialen, Universiteit Leiden. De nummers refereren naar de betreffende stap in het stappenplan in figuur 6.1.

- 1 Vraag alle onderzoeksgroepen naar gebruik van nanomaterialen binnen de onderzoeksgroep door gebruik te maken van de vragenlijst uit Deel A – bijlage 1. Nee is ook een antwoord, dit vult het overzicht van uitgevoerd onderzoek (witte vlekken).
- 2 Inventariseer het aantal *onderzoeksprojecten per onderzoeksgroep* bij 'ja'. Wees alert op dubbelingen van medewerkers en processen bij samenwerking tussen onderzoeksgroepen.
- 3 Plan per onderzoeksproject een interview met de onderzoeker(s) die in het lab de werkzaamheden uitvoert. Plan hiervoor zeker 2 uur in. Begin bij onderzoeksgroepen waar gewerkt wordt met nanomaterialen van het type nanobuisjes (vezels, draadjes, staafjes).
Vraag alle handelingen met nanomaterialen tot in detail uit, van werkvoorbereiding tot synthese, opwerking en analyse. Vergeet secundaire activiteiten als omgang met afval, schoonmaak en reparatie niet. Vraag naar het aantal blootgestelde medewerkers, type nanomateriaal, frequentie en duur per handeling. Vraag naar reeds getroffen beheersmaatregelen. Hiervoor zijn de '*Handreiking veilig werken met nanomaterialen*' en de '*Control Banding Nanotool*' gebruikt.
- 4 Werk het interview uit in MS-Excel (in een taal die de onderzoeker machtig is), plaats alle handelingen onder elkaar, zie tabel 6.2. Tel soortgelijke handelingen bij elkaar op (bijvoorbeeld opwerken bestaat uit drie keer filtreren en wassen, verhoog dan de frequentie van filtreren en wassen. Wanneer dit niet gedaan wordt, dan kan de blootstelling te laag ingeschat worden).
- 5 Laat het uitgewerkte schema nakijken door de onderzoeker(s) of de werkzaamheden juist verwoord zijn.
- 6 Zoek met behulp van tabel 6.1 de parameters van de nanomaterialen en hun bulkvorm op (dat kan dus iets anders zijn dan "uitgangsstof"!) of schat ze (conservatief) en zet ze in een schema. Het kan zijn dat bij hetzelfde project in verschillende stappen verschillende nanomaterialen gebruikt worden. Let op de juiste stofparameters per stap!
- 7 Gebruik de Control Banding Nanotool voor het vaststellen van de severity en probability scores. Reeds getroffen beheersmaatregelen blijven hierbij nog buiten beschouwing.
- 8 De risicoklasse is gekoppeld aan beheersmaatregelen. Bepaal per handeling welke maatregelen reeds getroffen zijn. Komen zij overeen met het advies, of moet er een strengere regime voor deze handeling gevolgd worden?
- 9 Communiceer de uitkomsten naar de betreffende onderzoekers/onderzoeksgroep.
Herhaal de stappen 3 tot en met 10 voor elk project.
- 10 Maak een lijst van alle handelingen met stoffen die nog onvoldoende beheerst worden, en stel een overall, instellingsbreed plan van aanpak op.

Door het samen nemen van alle acties uit de plannen van aanpak kunnen nog andere, (beleids)maatregelen volgen, zoals de noodzaak van het classificeren van nanolabs, het instellen van verplichte instellingsbrede trainingen, een protocol voor omgang met nanoafval, een aangepast calamiteitenplan aangepast etc.

Tabel 6.2 Voorbeeld van een ingevulde tabel voor het beoordelen van handelingen met nanomaterialen

Werk proces	Omschrijving van processtap	Locatie (ruimte)	Gebruikte hoeveelheid	Vrijkomen van materiaal mogelijk?	Duur van processtap (min)	Frequentie van processtap	Aantal blootgestelden	Opmerkingen	Reeds genomen voorzorgen	
Synthesis										
1	Preparation of mesoporous silica suspension	With a glass pipet, bring 9 ml into reaction flask with water and surfactant. Stirr for 2 h.	room x	1 l in total	yes, as aerosols or when spilling	120	1-2 x a month	1		in fumehood
2	Filtering	Filter the suspension trough a Buchner funnel / filter paper	room x	1 l in total	yes, when spilling		1-2 x a month	1	Wet particles (not dusty)	in fumehood
3	Drying	Leave the paste on the filter to dry overnight	room x	800-900 mg yield	no. (moist)	720	1-2 x a month	0		in fumehood
4	Collecting	Collect the particles from the filter: put on aluminium foil and transfer to previously tared vial. Close the vial.	room x	800-900 mg yield	yes	5	1-2 x a month	1		in fumehood, window as low as possible, I used also a mask
5	Washing	Add methanol to the vial and reflux overnight. Afterwards remove surfactant. Using a pipette and close the vial	room x	800-900 mg yield	no	720	1-2 x a month	1		in fumehood
6	Modification	Weigh 100 mg of silica and add chemicals to modify the silica surface; reflux overnight	room x	100 mg	yes, when spilling		1-2 x a month	1		in fumehood

Aan de diverse geïnventariseerde parameters worden vervolgens per handeling scores voor de 'probability'(waarschijnlijkheid) gegeven volgens de CBN. Voor elke handeling komt daar een probability score uit. Deze moet nog gekoppeld worden aan de stoffeigenschappen, waar de 'severity score' uit volgt.

Aangezien voor de risico-inschatting bij de Universiteit Leiden de CBN is gebruikt, ziet tabel 6.3 (zie volgende pagina) er dus anders uit dan in beschreven in deze Goede Praktijk. De parameters behorende bij de silica die gebruikt is in het onderzoek van tabel 6.2 staan in de laatste kolom. Ter vergelijking zijn ook de waarden voor koolstofnanobuisjes (CNT) weergegeven, die hoger uitkomen.

Uit de kruistabel behorende bij de methode kan door combinatie van de probability score en de severity score vervolgens de risicoklasse worden afgelezen. Nu kan gezien worden of de reeds getroffen beheersmaatregelen voldoende zijn.

Tabel 6.3 Voorbeeld van een tabel met stoffeigenschappen verkregen via gebruik van de CBN, ter bepaling van de “severity score”

Onderzoek		a	b
Materiaal		CNT <10 nm vezels	SiO2 200 nm Bolvormig
Severity Factors	Oppervlakte- chemie	Hoog (10) Medium (5) Laag (0) Onbekend (7,5)	7,5
	Vorm van de deeltjes	Buisjes, vezels (10) Anisotroop (5) Compact/bolvormig (0) Onbekend (7,5)	10
	Deeltjes- diameter	1-10 nm (10) 11-40 nm (5) 41-100 nm (0) Onbekend (7,5)	10
	Solubility	Onoplosbaar (10) Oplosbaar (5) Onbekend (7,5)	10
	Carcinogeniteit Nanomateriaal	Ja (6) Nee (0) Onbekend (4,5)	6
	Reproductie toxiciteit Nanomateriaal	Ja (6) Nee (0) Onbekend (4,5)	4,5
	Mutageniteit Nanomateriaal	Ja (6) Nee (0) Onbekend (4,5)	4,5
	Huidtoxiciteit Nanomateriaal	Ja (6) Nee (0) Onbekend (4,5)	4,5
	Astmageen Nanomateriaal	Ja (6) Nee (0) Onbekend (4,5)	4,5
	Toxiciteit bulkmetaal	< 10 µg/m ³ (10) 10-100 µg/m ³ (5) 101 µg/m ³ - 1 mg/m ³ (2,5) >1 mg/m ³ (0) Onbekend (7,5)	0
	Carcinogeniteit bulkmetaal	Ja (4) Nee (0) Onbekend (3)	0
	Reproductie toxiciteit bulkmetaal	Ja (4) Nee (0) Onbekend (3)	0
	Mutageniteit bulkmetaal	Ja (4) Nee (0) Onbekend (3)	0
	Huidtoxiciteit bulkmetaal	Ja (4) Nee (0) Onbekend (3)	0
	Astmageen bulkmetaal	Ja (4) Nee (0) Onbekend (3)	0
Score severity		61,5	40

GP 7 Secundaire processen met nanomaterialen

Inleiding

Naast het primaire onderzoeksproces en het bewust werken met nanomaterialen, zijn er secundaire processen die aandacht verdienen als het gaat om het veilig omgaan met nanomaterialen. Deze zijn minstens even belangrijk, omdat de eventueel blootgestelden vaak anderen zijn dan de onderzoekers zelf. Denk hierbij aan de toevallige aanwezige, de schoonmaker, de onderhoudstechnicus, de bedrijfshulpverlener of - buiten de deur – de afvalverwerker. Deze mensen zullen weinig tot geen kennis van nanomaterialen hebben en daarom goed voorgelicht moeten worden over en/of beschermd tegen de risico's.

Herkenbaarheid

Herkenbaarheid van ruimten waar met nanomateriaal wordt gewerkt is noodzakelijk om deze derden te kunnen beschermen. Breng tegen het zomaar betreden van de ruimte eenduidige ruimtesignaling aan, zoals bijvoorbeeld ook bij GGO-labs het geval is. Zie ook Goede Praktijk 12, waar een methode voor ruimte classificering wordt toegelicht.

Informatievoorziening

Zeker in oudere laboratoria zal niet altijd een specifiek nanolab beschikbaar of te creëren zijn. Zorg er dan voor dat ook andere aanwezige wetenschappers en studenten, die niet met nanomaterialen werken binnen hetzelfde lab, geïnstrueerd zijn in risico's van het nanomateriaal en de procedures daaromtrent. Als er nieuw gebouwd gaat worden, dan kunnen bepaalde zaken beter direct geadresseerd worden (Goede Praktijk 12).

Deze Goede Praktijk secundaire processen bestaat uit de volgende deel praktijken:

- GP 7A Veilig vervoer van nanomaterialen;
- GP 7B Schoonmaak in nanolaboratoria;
- GP 7C Omgaan met nanomateriaal houdend afval;
- GP 7D Onderhoud van apparatuur.

GP 7A Veilig vervoer van nanomaterialen

Vervoer binnen een gebouw

Intern vervoer van nanomaterialen vindt plaats vanuit bijvoorbeeld het syntheseslab naar de analyse-faciliteit. Zorg er hierbij voor dat het monster, dat veelal gefixeerd zal zijn aan een monsterhouder, is afgedekt en verpakt. Verpak het vervolgens in een afgesloten, stevige omverpakking (1,2) zodat te allen tijde het nanomateriaal binnen de verpakking blijft, ook bij struikelen, stoten en dergelijke. Dit voorkomt besmetting van de omgeving.

Bestellingen

Daarnaast komt het voor dat nanomaterialen besteld worden bij een chemicaliënleverancier en afgeleverd worden bij de goederenontvangst. Alhoewel chemicaliën altijd goed verpakt zijn, kan het geen kwaad ook de medewerkers daar ter plaatse te instrueren over hoe te handelen, mocht de verpakking breken (Goede Praktijk 7B) .

Vervoer van afval

Vervoer van containers met vloeibaar nano-afval moet plaatsvinden in karretjes met voldoende opvangcapaciteit door geïnstrueerd personeel. Gebruik voor alle verticale vervoersbewegingen met nanomaterialen de goederenlift.

Verzending tussen onderzoekslaboratoria

Zorg ervoor dat het nanomateriaal stevig en dubbel verpakt is en volg de geldende vervoerseisen voor chemicaliën over de weg (ADR), de zee (IMDG) of door de lucht (IATA). Tussen de twee verpakkinglagen kan (schok)absorptiemateriaal worden aangebracht (3). Verzend met een in chemicaliën gespecialiseerde carrier en bij voorkeur nooit via de gewone post.

¹ California Nanosafety Consortium of Higher Education (2012) Nanotoolkit. Working safely with engineered nano-materials in academic research settings.

² Groso, A. et al. (2010) Management of nanomaterials safety in research environment. Particle and Fibre Toxicology.

³ OECD (2010) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 28. Compilation of nanomaterial exposure mitigation guidelines relating to laboratories. ENV/JM/MONO(2010)47.

GP 7B Secundaire processen - schoonmaak in nanolaboratoria

Inleiding

Deze Goede Praktijk geeft praktische tips bij het schoonmaken van laboratoria. Waar mogelijk, is verwezen naar de bron waar de beschreven maatregel uit afkomstig is.

Reguliere en incidentele schoonmaak

Bepaal, afhankelijk van de risicoklasse van het nanomateriaal, of het wenselijk is dat de reguliere gebouwschoonmakers het '*nanolab*' betreden (1). Denk ook aan betreden voor incidentele schoonmaakklassen als glasbewassing. Indien nanolabs in het ruimteclassificeringssysteem zijn benoemd, kan dit ook per risicoklasse worden aangegeven.

Maak in alle gevallen een werkvoorschrift: bepaal welke oppervlakken de schoonmaker mag schoonmaken en wat de onderzoekers zelf doen. Geef aan welke PBM's de schoonmakers daarbij moeten dragen. Indien uit de risicoanalyse blijkt dat er een hoog risico bestaat (bijvoorbeeld werken met CNT's, goudstaafjes), laat dan de onderzoekers zelf het gehele lab schoonhouden (1). Zorg in ieder geval voor goede voorlichting aan in- en extern schoonmaakpersoneel. Ook wanneer schoonmakers een lab niet mogen betreden, moet duidelijk zijn waarom.(2)

Handelingen waarover nagedacht zou moeten worden, onafhankelijk van wie de handeling uitvoert:

- schoonmaken van de vloeren;
- schoonmaak van labtafels en –apparatuur;
- incidentele schoonmaak als glazenwassen, voorjaars schoonmaak of schoonmaak voorafgaand aan (gebouw)onderhoud.

Schoonmaak van vloeren en gebruikte materialen/apparatuur

- schoonmaken van de vloeren kan gebeuren door te nat dweilen en goed uitspoelen van de dweil (1) of eventueel gebruik van een stofzuiger uitgerust met HEPA-filter, die specifiek voor deze doeleinden gebruikt wordt;
- de stofzuiger mag geen noodafblaasventiel hebben dat een geblokkeerd HEPA-filter omzeilt;
- monitor regelmatig de hoeveelheid nanodeeltjes in de uitgeblazen lucht na het HEPA-filter. Een slecht functionerend filter is juist een verspreider van nanomateriaal (3). Het filter dient regelmatig onder gecontroleerde omstandigheden vervangen te worden en het apparaat moet aan het eind van de levensduur als chemisch afval afgevoerd worden (4);
- gebruik van een normale stofzuiger of veger in een nanolab wordt afgeraden, (1) evenals schoonblazen met perslucht(4)!
- gebruik bij explosiegevoelig (pyrofoor) nanomateriaal alleen een explosie veilige (Ex-gemarkeerd) stofzuiger (5).

¹ Groso, A. et al. (2010) Management of nanomaterials safety in research environment. Particle and Fibre Toxicology.

² De EFPL-methode (Groso et al.) gaat uit van speciaal getraind schoonmaakpersoneel voor labs met gevaarsklasse nano2. Wees hiermee terughoudend. Schoonmaak is onderhevig aan aanbesteding en training van personeel van derden is een complicerende factor. Dit kan misschien een optie zijn bij schoonmakers in vaste dienst van de instelling.

³ Delft University of Technology (2010) workgroup Nanosafety of the Faculty of Applied Sciences. Nanosafety Guidelines.

⁴ The UK NanoSafety Partnership Group (2012) Working Safely with Nanomaterials in Research & Development.

⁵ OECD (2010) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 28. Compilation of nanomaterial exposure mitigation guidelines relating to laboratories. ENV/JM/MONO(2010)47.

Schoonmaak van gebruikte apparatuur en materialen zal in principe door de onderzoeker zelf gedaan worden.

- draag handschoenen en labjas (of andere voorgeschreven beschermende kleding) en afhankelijk van de risicoanalyse geschikte ademhalingsbescherming (Goede Praktijk 9);
- gebruikt glaswerk, spatels en dergelijke nat afspoelen, indien mogelijk in de zuurkast en maak ook de zuurkast daarna schoon (3);
Neem aan het einde van de taak/werkdag/werkweek de labtafels en overige werkoppervlakken af met een vochtige doek met water. Spoel de doek goed uit indien water gebruikt werd of gebruik wegwerpmateriaal dat bij het vast nano-afval gaat;
- volgens sommige literatuurbronnen kunnen oppervlakken ook afgenomen worden met oplosmiddel (3), maar andere bronnen raden dit juist af vanwege mogelijke reactiviteit van nanomateriaal met het oplosmiddel(6, 5);
- maak ook de binnenzijde van gebruikte apparatuur, zoals droogovens, nat schoon, direct na gebruik. Als er kieren en naden in de apparatuur zitten, verdient het aanbeveling deze eerst uit te zuigen met een HEPA-stofzuiger en dan pas nat af te nemen;
- apparatuur die gevoelig is voor water, kan in sommige gevallen worden schoongewist met elektrostatische microvezeldoekjes (5); Schoonmaak van apparatuur voorkomt niet alleen besmetting van de volgende gebruiker maar ook van onderzoeksmateriaal;
- laat bij het analyseren van monsters de beheerder van de analysefaciliteit altijd vooraf weten dat het een monster met nanomateriaal betreft. Gezamenlijk kan dan bepaald worden of besmetting een aandachtspunt is, hoe het materiaal eventueel gefixeerd kan worden en of/hoe schoonmaak achteraf kan geschieden.

Schoonmaak na morsing of calamiteit

Het voorkómen van morsen door goede voorbereiding en zorgvuldig werken is natuurlijk een eerste vereiste. Bij morsen of in de lucht komen van nanomateriaal is inademing en opname via de huid het grootste risico (1, 3).

- Bij nat chemisch/biologisch werk kan het effect van een morsing verminderd worden door te werken op een absorberende onderlegger met ondoordringbare onderlaag (celstof “luier”), die na morsen eenvoudig weggegooid kan worden (5, 6, 7).
- Indien geen luier aanwezig is of de spill erbuiten loopt, laat de gemorste vloeistof dan niet opdrogen om geen vaste nanodeeltjes in de lucht te krijgen.
- Neem de morsing op in absorptiemateriaal (bijvoorbeeld tissues, die na gebruik bij het vast nanoafval gaan (Goede Praktijk 7C)) en maak het werkoppervlak daarna geheel schoon.
- Bij het werken met poeders kunnen een 'sticky mat' en antistatisch papier uitkomst bieden (6) of anders kan het poeder eerst nat gespoten worden en dan opgenomen (5).

⁶ California Nanosafety Consortium of Higher Education (2012) Nanotoolkit. Working safely with engineered nanomaterials in academic research settings.

⁷ Fluttert, M.F.J en Samwel-Luijt, M., RI&E Werken met synthetische nanomaterialen, intern rapport Faculteit W&N Universiteit Leiden, september 2011.

Hoe moet worden gehandeld bij grotere morsingen hangt af van de locatie. Sommige instellingen hebben een eigen brandweer, andere hebben alleen BHV'ers etc. Globaal kan de volgende procedure opgesteld worden, analoog aan radioactief-besmettingsprocedures.

- Roep bij grotere morsingen (8, 5) van vloeistof of het opwerpen van vast nanomateriaal in de ruimte buiten een zuurkast, of het breken van een verpakking met nanomateriaal tijdens vervoer *telefonisch* de hulp in van een deskundige zoals de preventiemedewerker / arbodienst / veiligheidskundige / arbeidshygiënist;
- Door niet met eventueel besmette schoenen/kleding door het gebouw te gaan lopen, wordt verdere verspreiding van nanomaterialen voorkomen;
- Laat geen andere mensen door of binnen. Laat aanwezigen de ruimte niet verlaten (maar laten zich wel beschermen);
- Schakel bij vrijkomen van poeders direct alle ontstekingsbronnen uit i.v.m. mogelijke explosie (i.v.m. pyrofore eigenschappen van sommige nanomaterialen);
- Zorg dat een globale calamiteiten- en opruimprocedure in concept klaar ligt (6) en vul samen met de preventiemedewerker de details in (Goede Praktijk 10). Deze kan eventueel gecontroleerd de BHV inschakelen, dit voorkomt dat BHV'ers na een oproep de besmette ruimte inlopen;
- Bedenk in ieder geval vooraf hoe besmette personen/ruimten gedecontamineerd zouden moeten worden;
- Er zijn speciale 'spill kits' te maken (5):
 - o Voor labs waar koolstofnanomateriaal wordt gebruikt: spuitflessen water en wegwerpdoekjes;
 - o Een nano spill kit zou de volgende zaken kunnen bevatten: barricadetape, latex of nitril handschoenen, wegwerp ademhalingsbeschermingsmiddelen type FFP3, absorptiemateriaal, wegwerpdoekjes, afsluitbare plastic zakken en plakmatten, Tyvek wegwerpoverall en overschoentjes;
- Train in elk geval de betrokken BHV'ers vooraf in het omgaan met calamiteiten, de mogelijke risico's en het gebruik van de spill kit.

⁸ Een grote morsing is wel gedefinieerd als een morsing die meer dan vijf minuten in beslag neemt om op te ruimen.

GP 7C Omgaan met nanomateriaal houdend afval

Inleiding

Binnen de Nederlandse universiteiten, academische ziekenhuizen en researchinstellingen wordt een scala aan nanomaterialen in verschillende verschijningsvormen op kleine schaal gebruikt.

Afvalinzameling

Het risico op vrijkomen van nanomateriaal uit afvalcontainers zit echter niet primair binnen de instellingen zelf. Er is een verantwoordelijkheid richting de afvalverwerker tot wiens processen monsternamen (ter bepaling van de calorische waarde van het afval) en vershreddering behoren (1). Het nanoafval mag dus niet in het gewone bedrijfsafval terechtkomen (2) en zal dus omwille van blootstellingsbeperking binnen de instelling én verderop in de afvalverwerkingsketen geclassificeerd en gemarkeerd moeten worden. Daarnaast wordt van sommige nanomaterialen aangenomen (metalen en metaaloxides, zoals quantum dots en zinkoxide) dat zij een biocidewerking hebben en is voorzichtigheid met betrekking tot het milieu geboden (3). In diverse literatuurbronnen wordt een indeling van nanoafval in verschillende afvalstromen gemaakt. Deze bronnen zijn echter lang niet altijd eensgezind in hun oordeel. Dit hangt mede af van de wijze waarop afvalverwerking in het betreffende land is georganiseerd en hoe de wetgeving daarover in elkaar zit.

Afvalverwerking

Afvalverwerkers in Nederland kennen geen aparte nanoafvalstromen. Aanlevering bij de afvalverwerker gebeurt in gesloten containers. In Nederland is storten van brandbaar afval verboden (4). Verbranding van afval vindt plaats bij temperaturen > 700 °C. Door de Health and Safety Executive in de UK is onderzocht dat bij verbranding boven 500 °C [koolstofnanobuisjes volledig oxideren](#) (3). Volgens de [Gezondheidsraad](#) is echter nog onbekend hoe effectief de verbrandingsinstallaties zijn in de verwijdering van nanomaterialen uit restafval (5). Daarom is in deze Goede Praktijk de keuze gemaakt om ál het afval dat is gegenereerd bij activiteiten met nanomaterialen te classificeren als gevaarlijk afval. Dit voorkomt tevens onbedoelde blootstelling van schoonmaakpersoneel. Bij het vervangen van vuilniszakken kan zo zeker geen opgedroogd materiaal opwaaien. Wees er op alert dat sommige bronnen wél adviseren bepaalde typen afval via het normale bedrijfsafval (=restafval) te laten afvoeren.

¹ http://www.inspectieszw.nl/Images/Arbeidsomstandigheden-in-de-afvalverwerking_tcm335-312358.pdf.

² Groso, A. et al. (2010) Management of nanomaterials safety in research environment. Particle and Fibre Toxicology 2010 7:40.

³ OECD (2010) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 28. Compilation of nanomaterial exposure mitigation guidelines relating to laboratories. ENV/JM/MONO(2010)47.

⁴ <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/afval/storten/> geraadpleegd 23 september 2013.

⁵ Gezondheidsraad (2011) Nanomaterialen in afval. Rapport nr. 2011/14.

Binnen onderzoekinstellingen wordt geadviseerd de volgende afvalstromen aan te merken:

1) Vast gevaarlijk nanoafval

Bijvoorbeeld vaste chemicaliën als CNT's en nanopoeiers. Ook nanomateriaal dat vast is verbonden aan een drager (6, 7, 8) bijvoorbeeld ingebed in een hars, een nanolaag gebonden aan een metaaldrager of nanomateriaal op dragers die gemakkelijk breken of verpulveren. Met nanomateriaal verontreinigde voorwerpen zoals tissues, filtreerpapier, handschoenen, pipetpunten, eppjes, celstof onderleggers waarop geknoeid is, e.d. vallen ook onder deze categorie.

Plaats een afvalvat (plastic emmer) met daarin een stevige plastic zak in de werkruimte waarin alle vast nanoafval gedeponerd wordt. Houd dit vat en de binnenzak zo veel mogelijk gesloten. Maak bij een vol vat de plastic binnenzak goed dicht en sluit het deksel. Zorg verder dat de buitenkant van het vat schoon is (6). Markeer met: "Nanoafval (type)-niet heropenen" en geef uw naam en de herkomst aan (lab X in gebouw Y). Zo is voor het lokale afvaldepot duidelijk wat er in zit. Houdt afval van dit type niet in een lokale opslag maar breng dit direct weg naar het centrale depot.

2) Nanomaterialen in oplossing/dispersies

Voor verdunde (colloïdale) oplossingen: kies het juiste reguliere vat voor de oplossing (7), ongeacht de hoeveelheid. Denk aan een lekbak onder het vat en overvul het vat niet. Zorg dat de buitenkant van het vat schoon is (6). Markeer een vol vat met: "Nanoafval (type)-niet heropenen" en geef uw naam en de herkomst aan (lab X in gebouw Y). Zo is voor het lokale afvaldepot duidelijk wat er in zit. Houd afval van dit type niet in een lokale opslag, maar breng dit direct weg naar het centrale depot.

3) Spoelwater van schoonmaak

Dit kan door de gootsteen. Spoel goed na (7).

4) Verontreinigde HEPA-filters uit nanolabs

Voer filters, die niet in een afvalvat voor vast afval passen, separaat af (Goede Praktijk 7D).

5) Afgedankte apparatuur uit nanolabs

Deze apparatuur moet eerst uitgezogen worden met een HEPA stofzuiger en vervolgens nat schoongemaakt en kan pas daarna vrijgegeven worden. Voeg dit toe aan de heersende vrijgaveprocedure voor apparatuur (zoals bij straling of GGO).

Besteed daarnaast aandacht aan de volgende zaken:

- Instrueer onderzoekers (inclusief studenten), medewerkers van het afvaldepot en onderhoudspersoneel in de handelwijze met betrekking tot nanoafval.
- Geef instructie over juiste wijze van uitdoen van verontreinigde handschoenen i.v.m. verspreiding bij wapperen.
- Weet wat te doen bij het vrijkomen van de inhoud van een afvalvat of overige calamiteiten (Goede Praktijk 7B).

⁶ California Nanosafety Consortium of Higher Education (2012) Nanotoolkit. Working safely with engineered nanomaterials in academic research settings.

⁷ Delft University of Technology, workgroup Nanosafety of the Faculty of Applied Sciences. Nanosafety Guidelines. Version 2 – September 2010.

⁸ The UK NanoSafety Partnership Group (2012) Working Safely with Nanomaterials in Research & Development.

GP 7D Procedure Onderhoud van apparatuur

Inleiding

Apparatuur die voor synthese of analyse van nanomaterialen in gebruik is, zal af en toe onderhoud behoeven. Hetzelfde geldt voor veiligheidsvoorzieningen zoals zuur- en LAF-kasten en bij het vervangen van HEPA-filters etc. Deze Goede Praktijk behandelt enkele algemene adviezen die in acht genomen kunnen worden bij het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden.

Algemeen

Zorg te allen tijde dat in- en extern onderhoudspersoneel geïnstrueerd wordt over de aard van de gebruikte materialen, de mogelijke risico's van hun werkzaamheden en overleg over de juiste werkwijze. Gebruik een vrijgaveprocedure voor het laboratorium of de apparatuur voorafgaand aan onderhoud om te bewerkstelligen dat de juiste schoonmaakprocedure gebruikt is (Goede Praktijk 7B).

Analyseapparatuur

Voor analyseapparatuur, die incidenteel voor nanomaterialen gebruikt wordt:

- Meld voor gebruik van de apparatuur aan de beheerder van de faciliteit dat het nanomateriaal betreft;
- Bepaal samen of en zo ja, hoe het apparaat naderhand schoongemaakt kan worden (Goede Praktijk 7B);
- Indien dit netjes gebeurt is, en bijgehouden in het logboek, kan de apparatuur zonder verdere maatregelen op normale wijze geserviced worden.

Syntheseapparatuur

Apparatuur voor synthese is heel divers, zodat hier alleen globale aandachtspunten genoemd kunnen worden:

- houd een logboek bij, zodat duidelijk is met welke (nano)materialen gewerkt is in het apparaat;
- reinig na gebruik alle onderdelen die vrij bereikbaar zijn;
- is het een specifiek voor nanomateriaal bedoeld apparaat, volg dan de instructies van de leverancier op met betrekking tot schoonmaak voorafgaand aan onderhoud;
- indien er een onderhoudscontract bij een leverancier is afgesloten, informeer dan de monteur dat het apparaat in gebruik is geweest met de soort/het type nanomaterialen. Bedenk waar binnenin mogelijk nanomaterialen terecht kunnen zijn gekomen. Tref gezamenlijk vooraf de juiste maatregelen. Volg de vrijgaveprocedure (indien aanwezig);
- wordt het onderhoud in-huis uitgevoerd, zorg dan voor een werkinstructie in overleg met de lokale preventiemedewerker/arbodienst. Oók in ongeplande situaties.

Onderhoud van zuurkasten

Een zuurkast, biologisch veiligheidskabinet of LAF-kast waarmee met nanomaterialen is gewerkt, moet voor reparatie driemaal met water en zeep (1) worden schoongemaakt en vrijgegeven, zodat de monteur niet onbedoeld wordt blootgesteld aan nanomaterialen.

Vervangen van HEPA-filters

HEPA-filters in kanalen van zuurkasten, biologisch veiligheidskabinetten en in laboratoriumstofzuigers moeten periodiek vervangen worden. Dit gebeurt door technisch personeel dat geïnstrueerd moet worden over wat er in het filter kan zitten, hoe men daarmee moet omgaan en welke beheersmaatregelen en PBM gebruikt moeten worden.

¹ OECD (2010) Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 28. Compilation of nanomaterial exposure mitigation guidelines relating to laboratories. ENV/JM/MONO(2010)47.

GP 8 Blootstelling meten

Inleiding

Het meten en beoordelen van de blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek staat nog in de kinderschoenen. Er zijn momenteel noch Nederlandse standaarden beschikbaar om de blootstelling aan nanomaterialen te beoordelen (bijvoorbeeld via een norm als NEN-EN 689), noch om voor blootstelling relevante omgevingsfactoren vast te leggen, noch voor de statistische analyse van meetdata.

Blootstelling aan deeltjes in macrovorm wordt meestal uitgedrukt als concentratie in milligram per kubieke meter lucht (mg/m^3). Er zijn aanwijzingen dat massa niet (altijd) de juiste blootstellingsmaat is om het risico van blootstelling aan nanomaterialen in uit te drukken. Momenteel is er nog geen eenduidige fysisch/chemische parameter om de risico's van de blootstelling aan nanomaterialen in uit te drukken. Er zijn echter wel al diverse parameters bekend, die naast massa vastgelegd moeten worden als minimum informatie om de toxiciteit van nanomaterialen te onderzoeken (1, 2). Typische factoren die de eigenschappen van nanomaterialen (en daarmee de potentiële schadelijkheid) bepalen, zijn:

- deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling;
- specifiek oppervlak;
- kristallijne structuur;
- vezelvormige of rigide structuur;
- oppervlakte reactiviteit;
- samenstelling van het oppervlak;
- mogelijke verontreinigingen;
- samengesteld deeltje;³
- aggregatie/agglomeratie in het relevante medium.

Werkplekgebonden blootstelling aan deeltjes in het nanobereik zal in de praktijk een combinatie zijn van blootstelling aan (I) van nature voorkomende nanomaterialen (natuurlijke achtergrondblootstelling), (II) door de mens geïnduceerde nanomaterialen (versturende factoren) en (III) synthetische door de mens gefabriceerde nanomaterialen (blootstelling die je wilt meten). De uitdaging is om in de totale blootstelling aan deeltjes in het nanobereik op de werkplek de blootstelling aan synthetische nanomaterialen apart te identificeren en te kwantificeren.

Variabelen

De parameters die van belang zijn voor karakterisering van blootstelling aan nanomaterialen zijn:

- aantal deeltjes;
- deeltjesgrootteverdeling;
- deeltjesoppervlak;
- chemische samenstelling;

¹ Warheit, D.B., 'How meaningful are the results of nanotoxicity studies in the absence of adequate material characterization?', *Toxicol. Sci.*, 101, 2008, 183-185

² Murdock, R.C., Braydich-Stolle, L., Schrand, A.M., Schlager, J.J., Hussain, S.M., 'Characterization of nanomaterial dispersion in solution prior to in vitro exposure using dynamic light scattering technique', *Toxicol. Sci.*, 2007

³ Bijvoorbeeld een gecoat deeltje of een deeltje waarbij de kern van een ander materiaal gemaakt is dan de buitenzijde.

- vorm;
- massa.

Meetinstrumenten

Wanneer metingen worden uitgevoerd, wordt vaak een combinatie van meetinstrumenten ingezet. Vaak gebruikt men een deeltjesteller (vaak een CPC: Condensation Particle Counter), gecombineerd met een instrument dat de deeltjesgrootteverdeling kan weergeven (vaak een SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer). Daarnaast worden soms monsters verzameld op filtermedia, die in het laboratorium geanalyseerd worden met een van de beschikbare electronenmicroscopische methoden, óf chemisch geanalyseerd worden, om aan de hand van de aanwezige elementen een uitspraak te kunnen doen over de herkomst van het deeltje.

Het ontbreken van een goede uniforme meetstrategie, bewezen kwaliteit en reproduceerbaarheid van de verschillende meetinstrumenten en een gestandaardiseerd model voor het vastleggen van werkplekgebonden factoren maakt het vooralsnog lastig om een harde uitspraak te doen over de precieze blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek en het vergelijken van activiteiten. Ook moet rekening gehouden worden met het feit dat één meting onvoldoende is om een harde uitspraak te doen over de blootstelling aan nanomaterialen, aangezien de concentratie in de lucht van dag tot dag erg kan verschillen als gevolg van de luchtvochtigheid, het weer buiten en de achtergrondconcentratie (externe bronnen) op de werkplek.

Het gebruik van synthetische nanomaterialen in een onderzoekomgeving is meestal van beperkte aard (zie deelrapport A). In de praktijk zal een dermate lage concentratie synthetische nanomaterialen in de lucht aanwezig zijn dat afgevraagd kan worden of er voldoende lang gemeten kan worden om voldoende meetpunten te registreren (bij continue registratie), of om boven de detectiegrens van de meetmethode uit te komen (bij monsternamen op bijvoorbeeld een filter). Ook kan afgevraagd worden of de concentratie synthetische nanodeeltjes in de lucht hoog genoeg is om te kunnen onderscheiden van het achtergrondniveau. Meten van de luchtconcentratie zal in de meeste gevallen in een onderzoeksomgeving geen toegevoegde waarde hebben.

Meetstrategie

Brouwer et al. hebben naar aanleiding van de uitkomsten van een internationale workshop, gericht op meten en beoordelen van blootstelling aan nanomaterialen, een voorstel gedaan voor harmonisatie van meetstrategieën voor de blootstellingsbeoordeling van nanomaterialen (4). In de betreffende publicatie geven de auteurs aanbevelingen voor het uitvoeren van een blootstellingsbeoordeling door middel van meten. Onderstaand enkele aandachtspunten die de auteurs noemen.

Aandachtspunten meetstrategie

- voer bij voorkeur taakgebonden metingen uit. De bijdrage van een taak aan de dagblootstelling kan eenvoudig berekend worden. Dit maakt het vergelijken van beheersmaatregelen eenvoudiger;
- stel vast hoe vaak een bepaalde taak per dag uitgevoerd wordt;

⁴ Brouwer, D et al. (2012) Harmonization of measurement strategies for exposure to manufactured nano-objects: report of a workshop. Ann. Occup. Hyg. vol. 56, no.1;

- identificeer de bijdrage van andere potentiële nanobronnen (al dan niet synthetisch) die een effect op de metingen kunnen hebben;
- identificeer piekblootstelling en neem deze in de beoordeling mee;
- voer bij voorkeur herhaalde metingen uit;
- maak gebruik van observatie van de werkzaamheden en neem een beschrijving van de werkplekfactoren op in de rapportage;
- deeltjesgrootte(verdeling) is een belangrijke parameter voor het vaststellen van de blootstelling. Vanuit de deeltjesgrootteverdeling kunnen andere voor de gezondheid relevante parameters (oppervlak) met behulp van aannames berekend worden.

Aandachtspunten analyse, evaluatie en rapportage van meetdata

- corrigeer de meetdata voor achtergrondblootstelling;
- bereken beschrijvende statistische parameters als AM/GM en (G)SD, minimum en maximum en het 95 procent betrouwbaarheidsinterval;
- ga na of de data (log)normaal verdeeld is;
- kijk naar (gedeeltelijke) autocorrelatie als door middel van continue registratie gemeten wordt. Hiervoor kan de methode ARIMA (5, 6) gebruikt worden.

Harmonisatie van meetstrategieën en meetmethoden, evenals de statistische analyse, zal helpen om de veelheid aan data, die de komende jaren beschikbaar komt, beter op waarde te kunnen schatten en zal hopelijk bijdragen aan meer inzicht in de blootstelling. Beter en betrouwbare data zal ook helpen om verschillen in blootstelling tussen sectoren beter met elkaar te kunnen vergelijken en kan ertoe bijdragen dat nanoreferentiewaarden, DNEL's en grenswaarden beter ingezet kunnen worden als controlemechanisme naar een veilige werkplek.

Nanoreferentiewaarden

Naast het monitoren en evalueren van gezondheidseffecten, kan ook het effect van de geïmplementeerde beheersmaatregelen beoordeeld worden. Dit kan mede door het meten van de mate van blootstelling vóór en na implementatie van de genomen beheersmaatregelen. Of de blootstelling voldoende laag is, kan gecontroleerd worden aan de hand van grenswaarden (publiek of privaat) of DNEL's (7). Onder normale omstandigheden geven de grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling het maximale blootstellingsniveau aan waarbij werkzaamheden veilig worden geacht (grenswaarde of DNEL). Er bestaan echter nog weinig grenswaarden voor nanomaterialen.

Nanoreferentiewaarden kunnen, zolang er nog geen grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling zijn vastgesteld, hierin een oplossing bieden. Het is een generieke benadering voor een grenswaarde voor de verschillende typen nanomaterialen. Omdat onvoldoende toxiciteits- en blootstellingsgegevens beschikbaar zijn, zijn ze bepaald op basis van voorzorg en hebben ze een tijdelijk karakter.

⁵ Autoregressive Integrated Moving Average.

⁶ Klein Entink et al (2011) How to statistically analyze nano exposure measurement results: using an ARIMA time series approach. J Nanopart Res.

⁷ DNEL = Derived No-Effect Level.

In Nederland zijn de nanoreferentiewaarden vastgesteld door het RIVM (8) en in 2012 geactualiseerd volgens nieuwe inzichten door de SER (9). Hierbij moet benadrukt worden dat het gaat om *tijdelijke* nanoreferentiewaarden.

Een tijdelijke nanoreferentiewaarde (NRV) is een waarschuwniveau, dat moet aanzetten tot de uitvoering van een zorgvuldige blootstellingsbeheersing van nanomaterialen op de werkplek. De NRV is vastgesteld als een acht-uur tijd-gewogen-gemiddelde concentratie gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie aan ultrafijne deeltjes.

In tabel 8.1 zijn de NRV's weergegeven en is voor enkele gangbare nanomaterialen aangegeven in welke categorie ze vallen.

In tabel 8.2 is een overzicht gegeven van grenswaarden en DNEL's die in de literatuur beschreven zijn (overzicht afkomstig van Van Broekhuizen et al. (10)). Uit het overzicht uit tabel 8.2 blijkt dat er nog forse verschillen bestaan tussen de diverse afgeleide grenswaarden.

Tabel 8.1 Tijdelijke Nanoreferentiewaarden voor blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek

Omschrijving categorie	Dichtheid	Nanoreferentie waarden (NRV _{8u-TGG})	Type
1 koolstof nanobuisjes (CNT)(lengte diameterverhouding > 3:1 en lengte > 5µm) waarvoor geen testen omtrent asbestachtige effecten zijn uitgevoerd		0,01 vezels /cm ³ 10.000 vezels/m ³	CNT waarvoor asbestachtige klachten niet zijn uitgesloten. (dus zonder expliciete verklaring van de fabrikant).
2 biopersistente granulaire nanomaterialen met een primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	> 6.000 kg/m ³	20.000 deeltjes/cm ³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe _x O _y , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂ ,
3 biopersistente granulaire nanomaterialen met een primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	< 6.000 kg/m ³	40.000 deeltjes/cm ³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiN, TiO ₂ , ZnO, nanoklei Carbon Black, C ₆₀ , dendrimeren, polystyreen CNT zonder aantoonbare asbestachtige effecten
4 ultrafijne vloeistof en oplosbare deeltjes	betreffende grenswaarde voor moedermateriaal		o.a. vetten, koolwaterstoffen, siloxanes, NaCl

⁸ S.Dekkers en C. de Heer (2010) Tijdelijke nano-referentiewaarden – Bruikbaarheid van het concept en van de gepubliceerde methoden. RIVM report 6010440001/2010,

⁹ Sociaal Economische Raad (2012) Voorlopige nanoreferentiewaarden voor synthetische nanomaterialen. Advies nr. 2012/01, maart 2012;

¹⁰ Van Broekhuizen et al. (2012) Exposure Limits for Nanoparticles: Report of an International Workshop on Nano Reference Values. Ann. Occup. Hyg. vol. 56 no. 5.

Tabel 8.2 Voorstel voor grenswaarden en DNEL's voor een aantal specifieke nanomaterialen

Nanomateriaal		Grenswaarde (mg/m ³)	DNEL (mg/m ³)
MWCNT (Baytubes)	TGG-8uur	0,05	
MWCNT (10–20 nm/5–15 µm)	Kort durende blootstelling		201
	Chronische blootstelling		33,5
MWCNT (10–20 nm/5–15 µm)	Kort durende blootstelling		4
	Chronische blootstelling		0,67
MWCNT (Nanocyl)	TGG-8uur	0,0025	
carbon nanotubes (MWCNT & SWCNT)	TGG-8uur	0,007	
fullerenen	Kort durende blootstelling		44,4
	Chronische blootstelling		0,27
fullerenen		0,8	
zilver (18–19 nm)	DNEL-longen scenario 1		0,33
	DNEL-longen scenario 2		0,098
	DNEL-lever		0,67
titaandioxide (21 nm)	Chronische blootstelling		17
titaandioxide (10–100 nm)	10 u dag ⁻¹ 40 u week ⁻¹	0,3	
titaandioxide (21 nm)	TGG-8uur	1,2	

MWCNT: multi-wall carbon nanotubes, SWCNT: single-wall carbon nanotubes

GP 9 Beheersmaatregelen

Inleiding

Nadat een risico-inventarisatie en -evaluatie is uitgevoerd dienen risico's te worden ingeperkt door het nemen van beheersmaatregelen. Deze Goede Praktijk gaat nader in op in de literatuur beschreven beheersmaatregelen. Het overzicht is niet uitputtend. De beschreven beheersmaatregelen worden niet volledig beschreven, maar per beheersmaatregel wordt verwezen naar de bron waaruit de maatregel afkomstig is. De beheersmaatregelen zijn onderverdeeld conform de Arbeidshygiënische strategie. In deze Goede Praktijk worden geen kwalitatieve uitspraken gedaan over de genoemde beheersmaatregelen. Hiervoor wordt verwezen naar de diverse methoden, handreikingen en overige literatuur.

Arbeidshygiënische strategie

Voor het beschermen van de veiligheid en gezondheid van de werknemer volgt de werkgever de arbeidshygiënische strategie, waarbij men als eerste naar de bron kijkt, vervolgens naar collectieve, technische of organisatorische maatregelen en pas als deze maatregelen niet kunnen of (nog) geen afdoende oplossing bieden, naar individuele maatregelen, zoals persoonlijke bescherming. Deze benadering geldt uiteraard ook voor nanomaterialen. Het inzetten van de diverse maatregelen is niet vrijblijvend. Alleen als overtuigend kan worden aangetoond dat een maatregel uit een hogere categorie niet mogelijk is, kan worden teruggevallen op een maatregel uit een van de lagere categorieën. Bij het gebruik van sommige stoffen (o.a. kankerverwekkende stoffen zonder drempelwaarde) is het zelfs niet toegestaan om economische afwegingen te maken bij de keuze van de beheersmaatregel.

Bronmaatregelen

Beheersmaatregelen aan de bron worden gekenmerkt door het feit dat het risico wordt verminderd of geëlimineerd door het nanomateriaal te veranderen, een minder gevaarlijk nanomaterialen te gebruiken of door de hoeveelheid zo klein mogelijk te houden. In onderzoek is het nemen van bronmaatregelen in veel gevallen niet mogelijk omdat juist de eigenschappen van een bepaald nanomateriaal van belang zijn. Desondanks dienen bronmaatregelen wel meegenomen te worden bij het ontwerp van het onderzoek. In tabel 9.1 is een overzicht opgenomen met bij onderzoek veel voorgeschreven bronmaatregelen. De cijfers achter de maatregel verwijzen naar de referenties die opgenomen zijn aan het einde van deze Goede Praktijk.

Tabel 9.1 Bronmaatregelen

Maatregel	Referentie
Veilig ontwerp van nanomaterialen, ' <i>Safe Design</i> ' (bijvoorbeeld rekening houdende met de eigenschappen van het materiaal of het aanbrengen van niet of minder schadelijke coatings)	11, 18
Elimineer het gebruik van nanomateriaal	1, 2, 3
Vervang het materiaal door een minder risicovol materiaal	2, 3, 6
Modificeren van het materiaal (bv coaten) waardoor het risico afneemt	1, 4
Niet méér gebruiken dan strikt noodzakelijk is	6
Gebruiksklaar materiaal inkopen (voorkomen van extra handelingen)	6
Gebruik nanomateriaal in een matrix of dispersie. Voorkom het gebruik als poeder	2, 3, 4, 6
Werkmethodes gebruiken die aerosolvorming of stuiven voorkomen (bijvoorbeeld bevochtigen van poeders)	1,6
Het aantal stappen met gebruik van nanomateriaal beperken of aanpassen (bijvoorbeeld automatiseren)	1

Technische beheersmaatregelen

Bij het nemen van technische beheersmaatregelen wordt het gevaar niet weggenomen maar wordt de blootstelling beperkt (o.a. verdunnen) of zelfs voorkomen (o.a. afscherming). Tabel 9.2 geeft een overzicht van technische maatregelen die in de literatuur beschreven zijn.

Tabel 9.2 Technische maatregelen

Maatregel	Referentie
Maak gebruik van volledig gesloten systemen (bijvoorbeeld glovebox, omkasting)	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10
Transporteer nanomaterialen in gesloten systemen	1, 2, 3, 6, 8
Pas algemene ruimteventilatie toe	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10
Zorg voor onderdruk in ruimten waar met nanomaterialen gewerkt wordt	8
Pas sluisen toe bij ingang van het laboratorium	8
Zuurkast/afzuigkast (bijvoorbeeld laminaire flowkast)	2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 13
Gebruik puntafzuiging	1, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13
Gebruik een spuitcabine	1
Werkcabine (met en zonder ventilatie)	1
Maak gebruik van natuurlijke ventilatie	1, 10, 13
Vermijd recirculatie van afgezogen verontreinigde lucht	6, 13
Gebruik HEPA filters in combinatie met ventilatiesystemen	6, 2, 8, 3, 13
Zorg voor een gladde vloerafwerking	8
Gebruik stofzuigers met HEPA filters (asbesttype)	8
Installeer een nooddouche	3, 8

Als gevolg van de ventilatie in zuurkasten is het mogelijk dat nanomateriaal zich juist onbedoeld verspreidt omdat het materiaal licht is. Men dient te overwegen om handelingen in een glovebox of zuurkast met weinig ventilatie (bijvoorbeeld nachtstand) te verrichten en additionele procedures over het schoonmaken op te stellen. Zie voor meer informatie ook de tekst over zuurkasten in deze Goede Praktijk en Goede Praktijk 7b.

Ten aanzien van technische beheersmaatregelen is er een aantal aandachtspunten:

- Het gebruik van gesloten systemen wordt geadviseerd indien nanomaterialen worden gebruikt die een hoge mate van stoffigheid, of lage mate van agglomeratie/aggregatie vertonen en bij het reinigen van reactoren/ovens waarin nanomaterialen geproduceerd of verwerkt worden (11);
- Daarnaast is het van belang dat een gesloten systeem op onderdruk staat en de uitlaat van het ventilatiesysteem voorzien is van een HEPA filter. Dit laatste geldt ook voor ovens en reactoren die gebruikt worden voor handelingen en productie van nanomaterialen (11);
- Indien reactoren of ovens te groot zijn om in een (walk- / drive in) zuurkast te plaatsten tijdens schoonmaak werkzaamheden dient punt afzuiging (mogelijk i.c.m. een HEPA-filter) overwogen te worden.

De meest gebruikte technische maatregel bij onderzoekinstellingen is het gebruik van ventilatie in de vorm van algemene mechanische ruimteventilatie of het gebruik van een zuurkast. Onderstaand enkele aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van zuurkasten¹.

Zuurkasten

Uit literatuur blijkt dat het gebruik van nanopoeiers in een zuurkast kan leiden tot een significante blootstelling aan nanodeeltjes buiten de zuurkast en in de ademzone van de werknemer. Om dit te voorkomen wordt het volgende geadviseerd:

- Zuurkasten moeten gebruik maken van luchtaanzuiging met een snelheid tussen 0,4 en 0,6 m/s. Bij snelheden onder de 0,4 m/s hebben bewegingen in en buiten de zuurkast te veel invloed op de luchtstromen en kunnen nanomaterialen zich uit de zuurkast verplaatsen. Een aanzuigingsnelheid boven de 0,6 m/s kan leiden tot turbulentie met opnieuw het gevolg dat nanomaterialen zich buiten de zuurkast gaan begeven. Bovenstaande illustreert ook dat daarom de plaatsing (locatie) van de zuurkast in de ruimte van belang is voor het tegengaan van ongewenste wervelingen;
- Bij werkzaamheden met nanomateriaal moet het scherm dat de zuurkast kan afsluiten zo laag mogelijk staan, bij voorkeur tot op de armen;
- Zuurkasten die een constante luchtsnelheid hebben functioneren beter dan compenserende zuurkasten, die op hun beurt weer beter zijn dan standaard zuurkasten. Compenserende zuurkasten variëren in luchtsnelheid op het moment dat de zuurkast open gaat. Veranderingen in de zuurkast kunnen zorgen voor een uitstroom van nanomaterialen;
- Luchtstromen in de buurt van de zuurkast moeten worden verminderd/geëlimineerd, omdat deze kunnen interfereren met luchtstromen in de zuurkast met als gevolg dat de nanodeeltjes buiten de zuurkast komen.

Logischerwijs is het te adviseren altijd zo weinig mogelijk nanopoeiers te gebruiken en hiermee zo weinig mogelijk verstuivende handelingen uit te voeren (12).

¹ De tekst is een bewerking van de samenvatting van referentie 12, zoals opgesteld door www.nanocentre.nl

Zuurkasten zijn daarnaast vaak voorzien van HEPA filters die, afhankelijk van het type filter, tot 98 procent van de deeltjes uit de lucht filteren. Het vervangen van HEPA filters hangt af van het gebruik van de zuurkast maar regelmatige controle wordt aanbevolen. Het wordt afgeraden om de lucht te recirculeren (zie ook Goede Praktijk 7D).

Organisatorische beheersmaatregelen

Het treffen van organisatorische maatregelen beoogt ook de blootstelling aan nanomaterialen zoveel mogelijk te beperken. Het nemen van organisatorische maatregelen houdt onder andere in: het reduceren van het aantal blootgestelden, medewerkers specifieke taken geven, bevoegdheden en verantwoordelijkheden toekennen, trainen van medewerkers en het opstellen van laboratorium-regels/procedures. Tabel 9.3 geeft een overzicht van organisatorische maatregelen die in de praktijk worden gebruikt bij het werken met nanomaterialen.

Tabel 9.3 **Organisatorische maatregelen**

Maatregel	Referentie
Aanwijzen en opleiden van een intern aanspreekpunt op het gebied van nanomaterialen en de bijbehorende (bedrijfsgebonden) risico's	6, 8
Vraag toeleveranciers op hun producten aan te geven of deze nanomaterialen bevatten	6
Beperk het aantal gebruikte nanomaterialen	3, 6
Plaats ruimtesignalering (gevaarsymbolen of waarschuwingsteksten) bij toegang tot laboratoria waar nanomaterialen gebruikt worden	6
Beperk de toegang tot nanolaboratoria	3, 6, 8, 9
Instrueer en train medewerkers (zie ook Goede Praktijk 11)	3, 6, 8, 9, 13
Stel algemene instructies op om medewerkers bewust te maken van de mogelijke risico's	3
Stel procedures op (bijv. schoonmaakwerkzaamheden, onderhoud, afvalverwerking, transport) (zie ook Goede Praktijk 7)	2, 3, 8, 9
Maak regelmatig het laboratorium schoon	2, 3, 6, 8, 9
Stel procedures op voor de omgang met nano houdend afval (zie ook Goede Praktijk 7C)	2, 3, 6, 8
Voer regulier onderhoud aan installaties uit (puntafzuigingen, zuurkasten, gloveboxen etc.) volgens onderhoudsinstructies die rekening houden met aanwezigheid van nanomaterialen	1, 6, 9, 3
Label verpakkingen en preparaten met nanomaterialen	3, 6, 8, 13
Vraag advies van een expert/deskundige, met gedegen (wetenschappelijke) kennis van omgang met nanomaterialen	2, 3, 4, 5, 10

Ten aanzien van organisatorische beheersmaatregelen is er een aantal aandachtspunten:

- Wijs iemand aan die de dagelijkse verantwoordelijkheid heeft ten aanzien van schoonmaak en het veilig werken met nanomaterialen, bijvoorbeeld bij een projectleider (onderzoeksleider) of ruimteverantwoordelijke;
- Indien van toepassing dient overwogen te worden om speciale ruimtes in te richten om werkkleding en PBMs op te bergen en om te kleden. Werkkleding moet op de juiste wijze worden behandeld en gereinigd om verspreiding van nanomaterialen te voorkomen.

Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)

De laatste stap om risico's te reduceren is het beschikbaar stellen en gebruiken van persoonlijke beschermingsmiddelen. PBM's mogen nooit als enige maatregel ingezet worden. Hierbij moet gedacht worden aan handschoenen, ademhalingsbescherming en beschermende kleding zoals wegwerpoverallen. Tabel 9.4 geeft een overzicht van te gebruiken Persoonlijke Beschermingsmiddelen.

Tabel 9.4 **Persoonlijke beschermingsmiddelen**

Maatregel	Referentie
<i>Huidbescherming</i>	
Wegwerphandschoenen (nitril, latex, neopreen)	2, 3, 6, 8, 9, 13
<i>Oog- en gelaatbescherming</i>	
Veiligheidsbril met zijkapjes	3, 6, 8, 9
Gelaatscherm	13
Ruimzichtbril	13
<i>Ademhalingsbescherming</i>	
Ademhalingsbescherming (FFP3 SL)	1, 2, 3, 6, 8, 9, 13
<i>Overige lichaamsbescherming</i>	
Beschermende kleding (niet geweven, bijvoorbeeld Tyvek-type)	2, 3, 6, 8, 9, 13

Indien gebruik wordt gemaakt van persoonlijke beschermingsmiddelen, moet ervan uitgegaan worden dat ofwel de werkzaamheden plaatsvinden in een potentieel besmette omgeving, of dat deze dienen als extra voorzorgsmaatregel (13). Het is echter ook mogelijk dat het dragen van PBM geschiedt om het nanomateriaal te beschermen, zodat het product niet 'vervuild' wordt met humaan materiaal.

Ademhalingsbescherming

Voor ademhalingsbeschermingsmiddelen is het van belang dat deze een optimale pasvorm hebben (checken met behulp van een 'fittest'), dat de beschermingsmiddelen goed worden onderhouden en dat de filters regelmatig worden vervangen (vraag de leverancier om de benodigde frequentie). Specifieke aanbevelingen met betrekking tot ademhalingsbeschermingsmiddelen zal nog niet vaak aangetroffen worden in veiligheidsbladen of anderszins. De voornaamste oorzaak hiervoor, is het ontbreken van grenswaarden voor nanodeeltjes (15).

Huidblootstelling en bescherming

Een recente studie naar huidige inzichten van de mogelijkheid van penetratie/opname van nanomaterialen door de huid (19) laat zien dat de diverse studies die uitgevoerd zijn elkaar vaak tegen spreken en dat er meer harmonisatie ten behoeve van testen van de huidopname nodig is. Verder concluderen de onderzoekers dat huidopname bij diverse nanomaterialen wel mogelijk is, maar dat dit in geringe mate voorkomt. De mate van huidpenetratie hangt meer nog dan bij bulkchemicaliën af van chemische verbinding en de gebruikte experimentele condities.

In 2009 is de effectiviteit van commerciële latex handschoenen getest voor nanodeeltjes met een grootte van ongeveer 40 nm. In dit zeer beperkte onderzoek is geen penetratie van nanodeeltjes door de handschoenen waargenomen. Andere en meer uitgebreidere testen in lopende onderzoeken moeten de waarde van deze uitkomst nog vaststellen. Uit hetzelfde onderzoek bleek dat luchtdichte beschermende kleding van niet-geweven materiaal de beste bescherming geeft tegen nanodeeltjes (16). Verder moet beschermende werkkleding bij voorkeur niet worden hergebruikt en moet dit gescheiden bewaard worden zodat op voorhand geen besmetting van de omgeving plaats kan vinden.

Referenties

1. Duuren-Stuurman, van, B., et al, Stoffenmanager Nano version 1.0: A web-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects, *Ann. Occup. Hyg.*, pp 1 – 17, 2011.
2. Schmidt-Ott, A., et al, *Nanosafety Guidelines*, Delft University of Technology, version 2, September 2010.
3. Scislowicz, C., et al, *Nanotoolkit – Working Safely with engineered Nanomaterials in Academic Research Settings*, California Nanosafety Consortium of higher education, april 2012.
4. Schulte, P., et al, *Occupational Risk Management of Engineered Nanoparticles*, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol 5, pp 239 – 249, April 2008.
5. Zalk, D.M., et al, *Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposure*, *J. Nanoparts*, 2009.
6. Cornelissen, R., et al, *Guidance working safely with nanomaterials and nanoproducts 'the guide for employers and employees'*, FNV, VNO-NCW & CNV, versie 1.0, may 2011.
7. ISO/TR 13121, *Nanotechnologies – Nanomaterials risk evaluation*, 15 mei 2011.
8. Groso, A., et al, *Management of nanomaterials safety in research environment*, *Particle and Fibre Toxicology*, vol 7, pp1 – 8,2010.
9. Giacobbe, F., Monica, L., and Geraci, D. (2009). Risk assessment model of occupational exposure to nanomaterials. *Human & Experimental Toxicology* 28, 401-406.
10. Ostiguy, C., et al, *Development of a specific control banding tool for nanomaterials*, ANSES, report, December 2010.
11. *Compilation of the safety of nanomaterial exposure mitigation guidelines relating to laboratories*, Organisation for Economic Co-operation and development, 1 December 2010.
12. Tsai et al. 2008. Airborne nanoparticle exposures associated with the manual handling of nanoalumina and nanosilver in fume hoods. *Journal of Nanoparticle Research*, Volume 11, Number 1, pp 147-161.
13. *General safety practices for working with engineered nanomaterials in research laboratories*, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), publication number 2012-147, May 2012.
14. Rengasamy et al. 2011. Total inward leakage of nanoparticles through filtering facepiece respirators. *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 55. Number 3, pp 253-263.
15. Schaffer et al. 2009. Respiratory protection against airborne nanoparticles: a review. *Journal of Nanoparticle Research*, Volume 11, pp 1661 – 1672.
16. Golanski et al. 2009. Experimental evaluation of personal protection devices against graphite nanoaerosols: fibrous filter media, masks, protective clothing, and gloves. *Human and Experimental Toxicology* volume 28, pp 353-359.
17. Park et al. 2011. Efficiency of protective dermal equipment against silver nanoparticles with water aerosol. *Journal of Nanoparticle Research*, volume 13, pp 3043-3049.
18. NanoNextNL. *Safe Design of Nanomaterials – Paving the way for innovation (2012); Action plan and green paper*.
19. Poland, C.A. et al. (2013) *Dermal absorption of nanomaterials*. Danish EPA. Environmental Project no. 1504.

GP 10 Standard Operating Procedure (SOP)

Het kan zijn dat bij onderzoek in laboratoria gebruik gemaakt wordt van standaard werkvoorschriften (Standard Operating Procedure (SOP)) aan de hand waarvan onderzoek uitgevoerd wordt.

Onderstaand is een voorbeeld van een template voor het opstellen van een SOP voor het gebruik van synthetische nanomaterialen in een onderzoekomgeving opgenomen. Deze kan per werkplek op maat gemaakt worden. Het onderstaande voorbeeld is gebaseerd op de SOP die opgenomen is in bijlage A van de Nanotoolkit (1)

Algemene informatie	Naam procedure:		
	Datum opmaak/revisie:		Versie nr.
	Van toepassing in ruimte:		
	Verantwoordelijk onderzoeker:		
	Labverantwoordelijke / Ruimtetoezichthouder:	Telefoon nr:	e-mail:
	Procesbeschrijving: Beschrijf kort de uit te voeren werkzaamheden en geef aan of aerosolvorming/verstuiving van materiaal mogelijk is.		
	Uitgangsvorm van het te gebruiken materiaal <input type="checkbox"/> droge stof (poeders of pellets) <input type="checkbox"/> dispersie <input type="checkbox"/> gasfase <input type="checkbox"/> matrix <input type="checkbox"/> als onderdeel in een product	Frequentie van gebruik: <input type="checkbox"/> eenmalig <input type="checkbox"/> dagelijks <input type="checkbox"/> wekelijks <input type="checkbox"/> maandelijks <input type="checkbox"/> anders.....	Duur van het experimentminuten uren

¹ Nanotoolkit. (2012) Working Safely With Engineered Nanomaterials in Academic Research Settings. California Nanosafety Consortium of Higher Education.

Gevaarsidentificatie	Intrinsiek gevaar <input type="checkbox"/> vezelvormig / rigide / staafje / plaatje <input type="checkbox"/> onoplosbaar <input type="checkbox"/> oplosbaar <input type="checkbox"/> CMR eigenschappen nanomateriaal <input type="checkbox"/> CMR eigenschappen moeder materiaal	Gebruikshoeveelheid <input type="checkbox"/> $\mu\text{g} / \mu\text{l}$ <input type="checkbox"/> mg / ml <input type="checkbox"/> gram / liter <input type="checkbox"/> > 1 kg / liter <input type="checkbox"/> anders
	Identificeer het potentieel chemisch en veiligheidsrisico door gebruik te maken van het veiligheidsinformatieblad, het technische informatieblad of andere informatie. De toxiciteit van het synthetische nanomateriaal kan groter zijn dan dat van het chemisch uitgangsmateriaal. Wees er van bewust dat sommige nanopoeiers een grotere mate van explosiegevoeligheid hebben dan dezelfde stof op microniveau.	

Geef een indicatie van de noodzakelijke en voorgeschreven beheersmaatregelen. Hiervoor kan een keuze gemaakt worden uit de voorbeelden die opgenomen zijn in Goede Praktijk 9.

Beheersmaatregelen	Geef aan welke technische beheersmaatregelen voorgeschreven worden	
	<input type="checkbox"/> zuurkast <input type="checkbox"/> LAF kast <input type="checkbox"/> gesloten systeem (o.a. glove box) <input type="checkbox"/> anders	
	Organisatorische maatregelen van toepassing?	Hoe toe te passen?
	<input type="checkbox"/> opslag <input type="checkbox"/> etikettering <input type="checkbox"/> vervoer <input type="checkbox"/> voorbereiding en preparatie <input type="checkbox"/> schoonmaken <input type="checkbox"/> persoonlijke hygiëne <input type="checkbox"/> onderleggers (o.a. Whatman benchkote) <input type="checkbox"/> ruimte restrictie <input type="checkbox"/> signalering <input type="checkbox"/> gebruik van nanomaterialen in proefdieren	
	Toestemming vereist?	ja <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/>
	Identificeer taken die vooraf aan het werk geautoriseerd moeten worden door de verantwoordelijk onderzoeker, of de ruimtetoezichthouder.	
	Andere aanvullende maatregelen vereist?	
	Persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM)	Markeer de voorgeschreven PBM
	Lichaam	<input type="checkbox"/> lange broek <input type="checkbox"/> labjas (standaard materiaal) <input type="checkbox"/> lab jas (gemaakt van niet geweven materiaal o.a. Tyvek) <input type="checkbox"/> coverall (wegwerp) met hoofdbescherming (o.a. Tyvek)
	Ogen / gelaat	<input type="checkbox"/> veiligheidsbril (met zijkapjes) <input type="checkbox"/> ruimzichtbril <input type="checkbox"/> spatscherm
Handen	<input type="checkbox"/> niet poeder gecoat latex <input type="checkbox"/> nitril <input type="checkbox"/> neopreen <input type="checkbox"/> vinyl <input type="checkbox"/> anders	
Voeten	<input type="checkbox"/> gesloten schoenen <input type="checkbox"/> overschoenen	
Ademhalingsbescherming	<input type="checkbox"/> halfgelaatsmasker, type <input type="checkbox"/> volgelaatsmasker, type... <input type="checkbox"/> onafhankelijke ademhalingsbescherming <input type="checkbox"/> anders,	
Anders	<input type="checkbox"/>	

Ongelukken en verontreiniging	Locatie van de dichtstbijzijnde EHBO en BHV middelen	
	Item:	Locatie
	Telefoon : (Oog)douche : EHBO-trommel : Brandblusser : Brandalarm : Spill clean-up materials :	
	Bij blootstelling 1. Verwijder de contaminatie van huid/ogen en trek besmette kleding uit. 2. Informeer de bedrijfshulpverlening en afhankelijk van de locatie: bedrijfsarts en de arbeidshygiënist. 3. Meld potentiële blootstelling aan de ruimteverantwoordelijke en de verantwoordelijk onderzoeker. 4. Vul het incidentmeldingsformulier in. 5. Vul eventueel het Protocol bij onbedoelde blootstelling in (Goede Praktijk 13).	
Opruimen verontreiniging (Goede Praktijk 7B) 1. <u>Waarschuw</u> collega's in de nabijheid van de verontreiniging en ontruim indien nodig de ruimte. 2. <u>Beoordeel</u> of je zelf de verontreiniging kunt/mag opruimen of dat een gespecialiseerde dienst nog is. Waarschuw deze zo nodig. 3. <u>Ruim op</u> en draag daarbij geschikte PBM. <i>Droge stof:</i> – gebruik een stofzuiger met HEPA-filter – Niet vegen en gebruik geen perslucht – Gebruik geen stofzuiger als de stof pyrofore eigenschappen heeft – Maak zoveel mogelijk nat schoon, eventueel met commercieel verkrijgbare doekjes. Neem eventuele reactie van de nanomaterialen met het oplosmiddel in de schoonmaakdoekjes in acht. <i>Vloeistof</i> – Gebruik absorptiemateriaal dat geschikt is voor het gebruikte dispersiemiddel. 4. <u>Afvoeren</u> van het afval en de gebruikte schoonmaakmiddelen als chemisch afval (Goede Praktijk 7C). 5. <u>Invullen</u> van het incidentmeldingsformulier.		

Training	Algemene veiligheidsinstructies Beschrijf hier de algemene labveiligheidstraining die een medewerker moet volgen. (hulpmiddel: Goede Praktijk 11)
	Te volgen lab specifieke training Beschrijf hier de lab/opstelling specifieke training die een medewerker moet volgen.

	Afvalstroom	Procedure
Afvoer van afval	<input type="checkbox"/> Vast <ul style="list-style-type: none"> – droge stof – filter media met nanomateriaal – afval, stof afkomstig van nanomateriaal gebonden aan een matrix 	
	<input type="checkbox"/> Vloeibaar <ul style="list-style-type: none"> – suspensies – spoelwater van schoonmaak 	
	<input type="checkbox"/> Laboratoriumafval met nanomateriaal <ul style="list-style-type: none"> – persoonlijke beschermingsmiddelen – sticky mats – onderleggers – spill clean up materials 	
	<input type="checkbox"/> Ingebed in een vaste matrix	
	<input type="checkbox"/> Afgedankte apparatuur uit nanolabs	
	<p>Sluit aan bij de lokale regels en procedures voor afvalverwijdering. Meer informatie over de stand der techniek voor omgang met nanohoudend afval is opgenomen in Goede Praktijk 7C.</p> <p>Beschrijf (of verwijfs naar) de afvalwijzer van de betreffende instelling.</p>	

GP 11 Voorlichting en training

Vanwege de nog veelal onbekende risico's waarmee het werken met nanomaterialen omgeven is, verdient het aanbeveling om werknemers goed en helder voor te lichten over de (on)mogelijkheden van veilig werken. Uit de workshops en interviews (zie deel A, hoofdstuk 4) is naar voren gekomen dat werknemers behoefte hebben aan duidelijke instructies die via een formeel overleg met hen gedeeld worden. Werknemers willen zo min mogelijk zelf inspanning verrichten om informatie te vergaren en te ontsluiten. Daarbij willen ze ondersteund worden. De in deze Goede Praktijk genoemde aandachtspunten kunnen ondersteunen bij het geven van voorlichting over het veilig werken met nanomaterialen.

Voorlichting

Geef werknemers adequate voorlichting en instructie over het veilig werken met nanomaterialen. Vooraf aan het geven van de voorlichting zal bepaald moeten worden welke onderwerpen voor de beoogde doelgroep interessant en relevant is. De voorlichting aan onderzoekers zal er bijvoorbeeld anders uitzien dan de voorlichting aan ondersteunend personeel. De voorlichting dient afgestemd te zijn op:

- Wat zijn nanomaterialen?
- Wat is er bijzonder aan nanomaterialen? (algemene eigenschappen)
- Waarom besteden we (extra) aandacht aan veiligheid & gezondheid van nanomaterialen?
 - o Verschillen met 'gewone' chemische stoffen;
 - o Verschillen met bijvoorbeeld fijnstof in het milieu, dieselemissies, branden van kaarsen,...
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 1;
- Het herkennen van de gebruikte nanomaterialen.
- Waar kun je nanomaterialen tegenkomen? (in de *eigen organisatie*)
 - o Welke nanomaterialen en/of *nanoproducten*?
 - o Wat doen wij ermee? (handelingen, processen)
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 6;
- Wat is er wel en wat is (nog) niet bekend over de risico's van nanomaterialen?
- Wat hebben wij (de organisatie) al gedaan om de risico's van het werken met nanomaterialen te beheersen?
- Het veilig gebruik, opslag en afvalverwijdering van de gebruikte materialen.
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 7C.
- Eventuele bedrijfsgrenswaarden voor nanomaterialen.
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 8.
- Het juiste gebruik en onderhoud van de voorgeschreven persoonlijke beschermingsmiddelen.
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 9.
- Het juiste gebruik en onderhoud van de voorgeschreven technische voorzieningen.
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 7D.
- Wat te doen in geval van morsen en andere incidenten?
 - o Hulpmiddel: Goede Praktijk 7B.

Training in de gekozen RI&E-methode

De afgelopen jaren zijn diverse handreikingen en leidraden verschenen die helpen bij het inschatten van het risico bij mogelijke blootstelling aan nanomaterialen. De meeste hulpmiddelen maken gebruik van de Control Banding methode voor het inschatten van het risico. Onderzoek van Vervoort (1) laat zien dat anno 2012 circa 32 nano RI&E-methoden vrij beschikbaar waren voor gebruik. In Goede Praktijk 4 zijn reeds de instrumenten besproken die geschikt zijn voor de doelgroep onderzoekinstellingen.

Ondanks dat de meeste methoden voor het inschatten van het risico (risicoklasse) gebruik maken van een gevaarsindeling (hazard) en mogelijke blootstelling (exposure) kunnen bij de beoordeling van eenzelfde proces verschillende uitkomsten in de risicoklasse gevonden worden. Bij gebruik van de ene methode kan een proces als veilig beoordeeld worden, terwijl bij gebruik van een andere methode het proces als onveilig beoordeeld kan worden. Dit verschil komt mede door het gebruik van verschillende variabelen voor het vaststellen van de hazard en exposure band, de beoogde doelgroep en de opbouw van de methode. Naast de verschillen in de opzet van de methoden, kunnen ook verschillen ontstaan doordat verschillende gebruikers, verschillende keuzes maken bij het gebruik van de instrumenten en kunnen sommige variabelen conservatief, dan wel progressief geschat worden.

Het bovenstaande pleit voor het geven van training over het gebruik van het gekozen methode om de toepassing ervan eigen te maken. Ook is het aan te bevelen om met de verschillende gebruikers af te stemmen hoe de diverse vragen van de methoden geïnterpreteerd (moeten) worden. Op deze wijze kunnen grote interpretatieverschillen tussen de invullers voorkomen worden en kunnen de methoden effectief ingezet worden.

¹ M.B.H.J. Vervoort. (2012) Risk assessment of occupational used nanomaterials: A comparison of risk assessment methods in order to determine the risk of occupational used nanomaterials in a research environment. Master thesis. Netherland School of Public and Occupational Health (NSPOH).

GP 12 Voorzieningen bij nieuwbouw

Inleiding

Indien er nieuw gebouwd gaat worden of gerenoveerd wordt, kunnen er met betrekking tot werken met nanomaterialen gunstige veranderingen plaatsvinden die in een bestaand laboratoriumgebouw niet of slechts met veel kosten en moeite gerealiseerd kunnen worden. Deze Goede Praktijk geeft een handvat om vooraf aan de bouw van laboratoria reeds over de gewenste inrichting van de beoogde nanolaboratoria na te denken.

Voorbeelden

Deel eerst de voorkomende werkzaamheden met nanomaterialen in verschillende risicoklassen in. Dit kan bijvoorbeeld volgens de methode beschreven in de EPFL-methode (1) of de Nanotoolkit (2) (zie Goede Praktijk 4). Er wordt in deze methoden gebruik gemaakt van drie gevaarsklassen (1, 2 en 3). Hoe hoger de klasse, hoe groter het gevaar. In de methode bestaat een directe relatie tussen de te nemen beheersmaatregelen en de gevaarsklasse. Hoe hoger de klasse, des te hoger de eisen die gesteld worden aan de te treffen beheersmaatregelen in het laboratorium. Dit is te vergelijken met de indeling van laboratoria ten behoeve van het werken met Genetisch Gemodificeerde Organismen (3) (ML-I, ML-II en ML-III) en laboratoria ingericht voor het werken met open radioactieve stoffen (4) (A-, B-, C- en D-laboratoria). Definieer bij voorkeur geen klasse '0' in verband met een vals gevoel van veiligheid dat daar van uit gaat. Reserveer het hoogste niveau voor werken met nanobuisjes, zoals CNT's, staafjes en draadjes. Pas deze systematiek in de bestaande regeling voor ruimtesignalering in (of stel deze op).

Verschillende risicoklassen staan normaliter voor verschillen in technische en organisatorische beheersmaatregelen en PBM-gebruik.

¹ Groso, A. et al. (2010) Management of nanomaterials safety in research environment. Particle and Fibre Toxicology.

² California Nanosafety Consortium of Higher Education (2012) Nanotoolkit. Working safely with engineered nanomaterials in academic research settings.

³ Schellekens, H., Veilig werken met micro-organismen, parasieten en cellen in laboratoria en andere werkrumten, 4^{de} druk 2010.

⁴ Richtlijn Radionuclidenlaboratoria, Hoofdingspectie milieuhygiene publicatie 94-02, september 1994.

Uitwerking

Bij nieuw- en verbouw kunnen technische ontwerpisen geformuleerd worden. Definieer voor elk niveau passende beheersmaatregelen. Denk speciaal aan:

- het installeren van een cleanroom voor de hoogste klasse;
- kleedkamer met vuil/schoon gedeelte;
- aanbrengen van een toegangsluis met nooddouche;
- eisen aan het ruimteventilatievoud;
- hoeveelheid aanwezige zuur- en/of flowkasten of reservecapaciteit voor de toekomst;
- aanbrengen van puntafzuigingen (of mogelijkheid in de toekomst);
- wel of niet toepassen van HEPA filters (type F7);
- onderdruk in de ruimte;
- afneembaarheid van vloeren, wanden en meubilair;
- elektronische toegang;
- aparte weegkamer met weinig luchtflow;
- luchtflow regelbaar bij calamiteit;
- wel of niet kunnen openen van de ramen ;
- overige calamiteitenvoorzieningen specifiek voor nano.

In de EPFL-methode zijn een aantal van deze vragen nader uitgewerkt (zie tabel 12.1)

Tabel 12.1 Toekenning van technische beheersmaatregelen conform de EPFL-methode

Technische Maatregelen		Laboratorium		
		Nano 1	Nano 2	Nano 3
Ventilatie	Chemisch lab (luchtverversing zonder recirculatie 5-10 maal per uur)	X	X	X
	Op zijn minst een gesloten F7 filter voor afgevoerde lucht			X
	Lage druk in de ruimte	X	X	>20 mPa
	Punt afzuiging		X	X
Vloer	Vloeroppervlak	Tegels of linoleum	Epoxy/glad	
Handelingen in een zuurkast	Optioneel	X		
	Verplicht		X	X
Toegang tot lab	Beperkt (bijv. d.m.v. een magneetkaart toegangscontrole systeem)		X	X
	Toegang voor bevoegden (bijv. m.b.v. een sleutel)	X		
	Bijhouden van mogelijk blootgestelde medewerker + registratie van handelingen			X
Sluis ingang & uitgang	Dubbele sluis (bij gebruik van >100 g ultrafijne deeltjes)			X
	Eenvoudige sluis (bij gebruik van <100 g ultrafijne deeltjes)		Beperkte sluis	X
	douche			X
Stofzuigers	Gebruikt bij asbestwerkzaamheden t.b.v. huishouding	X	X verboden	X

Ook organisatorisch kan bij nieuwbouw winst geboekt worden. Zorg bij de indeling van ruimten voor zo veel mogelijk nanospecifieke labs, dus zo min mogelijk nanowerkzaamheden gemengd met andere activiteiten, zeker daar waar het hoog-risico-materialen betreft. Dit kan inhouden dat nagedacht moet worden over door onderzoeksgroepen gedeelde faciliteiten of clustering van nanolabs (inclusief benodigde voorzieningen) in een bepaalde vleugel. Is de looproute naar de analysefaciliteiten niet te lang en op dezelfde verdieping zodat voor intern transport geen gebruik hoeft te worden gemaakt van lift of trap? Reserveer op tekening alvast een plek aan de wand nabij de deur voor de labjassen (die in de ruimte moeten blijven).

Hou ook hier weer rekening met secundaire processen. Bedenk dus vooraf hoe onderhoud aan nanolabs moet plaatsvinden. Hoe kunnen HEPA filters makkelijk en op veilige wijze gewisseld worden door onderhoudspersoneel? Kunnen de lampen van de zuurkast vervangen worden zonder de zuurkast te hoeven betreden, etc.? Zijn er voorzieningen waardoor schoonmaak eenvoudiger wordt, zoals goed afneembare oppervlakken?

GP 13 Protocol bij onbedoelde (hoge) blootstelling aan nanomaterialen*Inleiding en beleid*

In andere Goede Praktijken is reeds besproken dat over effecten van blootstelling aan nanomaterialen nog weinig bekend. Het kan gebeuren dat tijdens de werkzaamheden met nanomaterialen een onbedoelde en wellicht ongecontroleerde (hoge) blootstelling aan nanomaterialen plaatsvindt. Omdat acute blootstellingseffecten - behoudens bij bulkblootstelling - nog niet zijn waargenomen en een eventuele incubatietijd lang kan zijn, hebben we nog niet te maken met zieken en komen we ook nog niet toe aan een eventuele aansprakelijkheidsvraag of het vergoeden van schade. De mensen die de ongewilde gebeurtenis overkomen is, hebben vaak wel sterke angstgevoelens bij een vermeende blootstelling en zoeken wellicht naar een manier om een eventuele aansprakelijkheidsclaim voor de toekomst vast te leggen.

Het beleid van de onderzoekinstellingen is er in de regel op gericht om op een verantwoorde manier om te gaan met dit soort situaties. De medewerker of student die denkt blootgesteld te zijn aan nanomaterialen staat centraal en kan rekenen op een goede en eerlijke behandeling.

Deze goede praktijk voorziet in de registratie van eigen medewerkers en studenten (niet zijnde derden) die menen blootgesteld te zijn geweest aan nanomaterialen in het kader van hun werkzaamheden. Het betreft hier altijd blootstelling naar aanleiding van een incident, het betreft hier niet de registratie in het kader van Arbobesluit Art. 4.13 en 4.15 (regulier werk met kankerverwekkende, mutagene of reproductietoxische stoffen).

De bestuurder van de betrokken instelling (instituut of faculteit) is 'eigenaar' van het protocol en onderhoudt het, coördineert en evalueert periodiek de uitvoering en draagt in overleg met betrokkenen zorg voor actualisatie en verbetering.

Onderzoek naar de blootstelling en registratie

Zodra medewerkers en /of studenten menen te zijn blootgesteld aan nanomaterialen dan kunnen zij dit melden bij hun leidinggevende die dit vervolgens meldt bij de preventiemedewerker. Door de preventiemedewerker wordt onderzoek gedaan naar de aard, de hoedanigheid en de waarschijnlijkheid van de blootstelling. Als uit het onderzoek blijkt dat blootstelling aannemelijk is dan stelt de bestuurder een registratieverklaring op en ondertekent die. De registratieverklaring wordt naar de betrokken medewerkers gezonden en een kopie wordt toegevoegd aan het medisch dossier en aan het personeelsdossier. Ingeval het studenten betreft wordt de registratiekopie aan de afdeling onderwijs & studentenzaken gestuurd en in het studentendossier bewaard.

In verband met de mogelijk lange incubatietijd, moet het rapport tot 30 jaar na beëindigen werkzaamheden /afstuderen in de dossiers worden bewaard. In figuur 13.1 is de algemene procedure opgenomen voor melding, onderzoek en registratie bij vermeende onbedoelde blootstelling aan nanomaterialen.

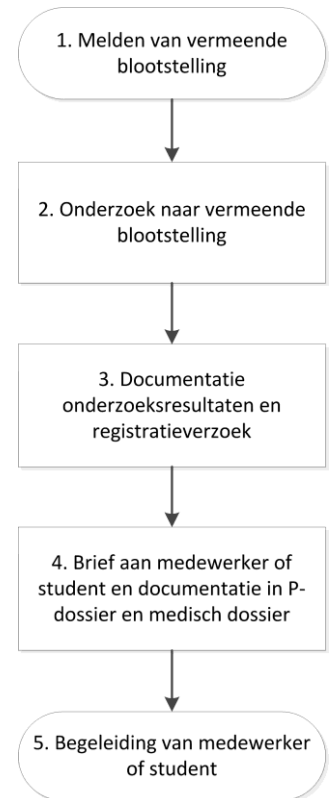
Brief aan betrokken medewerker of student

De bestuurder stuurt een brief aan de betrokkene waarin melding wordt gemaakt van de uitkomst van het onderzoek en van de registratie. In de brief wordt tevens vermeld dat het onderzoeksinstituut begeleidingsmogelijkheden biedt (zie alinea hieronder) en eventueel dat het instituut in dit soort zaken geen beroep zal doen op eventuele verjaring van mogelijke schadeclaims in de toekomst (zie laatste alinea).

Registratiegegevens

In de registratie worden in ieder geval de volgende gegevens opgenomen:

- naam en geboortedatum van betrokkene;
- moment of periode van het incident;
- de locatie van de arbeidsplaats;
- de chemische naam of productnaam van het nanomateriaal;
- de fysische verschijningsvorm van het nanomateriaal (nanodeeltjes, -draden, -buisjes, -staafjes, -plaatjes);
- De gebruikte hoeveelheid nanomateriaal;
- Beknopte beschrijving van het gebruiksproces en het (vermeende) moment van blootstelling;
- Totale tijdsduur van de werkzaamheden.



Figuur 13.1 Schematische weergave protocol bij onbedoelde blootstelling

Een voorbeeld van een dergelijke registratie is opgenomen in tabel 13.1.

Opvang en begeleiding

Voor de medewerker of student die (vermeend) is blootgesteld aan nanomaterialen wordt vervolgens indien zij / hij dit wenst, begeleiding geboden door een bedrijfsarts /studentenarts of wordt hulp geboden bij het vinden van hulpverlening buiten het instituut. Indien wenselijk worden in het verlengde hiervan ook afspraken gemaakt met de leidinggevende of studentdecaan van betrokkene.

Geen beroep op verjaring

Over gezondheidseffecten van blootstelling aan nanomaterialen is weinig bekend. Zo er al gezondheidseffecten zijn, dan is het aannemelijk dat de termijn tussen de blootstelling en het optreden van een ziektebeeld lang is. In sommige gevallen langer dan de wettelijke verjaringstermijn voor schadeclaims. Vaak is het beleid van de onderzoeksinstelling om in dit soort zaken in geval het (ex-)personeel of (ex-)studenten betreft, geen beroep te doen op de verjaring van een mogelijke claim (dit is echter locatie afhankelijk).

Tabel 13.1 Voorbeeld van een mogelijke registratie voor onbedoelde blootstelling aan nanomaterialen en -producten.

Datum of periode uitgevoerde werkzaamheden	Naam medewerker	Naam nanomateriaal	Aard van de werkzaamheden	Tijdsduur van de uitgevoerde werkzaamheden
Tijdstip a	Medewerker A	Chemische naam of productnaam	<ul style="list-style-type: none"> - Locatie - Arbeidsplaats - Proces - Gebruikte hoeveelheid 	<p>Tijdsduur totale werkzaamheden</p> <p>Tijdsduur werkzaamheden</p>
Tijdstip b	Medewerker A			
Tijdstip c	Medewerker B			
Tijdstip d	Medewerker C			