

TOOLS VOOR HET BEHEER VAN NANOMATERIALEN OP DE WERKPLEK EN PREVENTIEVE MAATREGELEN

Dit nummer van E-facts behandelt een aantal tools voor risicobeheersing die zijn ontwikkeld als hulpmiddel bij het vaststellen van passende preventiemaatregelen op de werkplek en om bedrijven te helpen bij het beoordelen van de risico's van nanomaterialen op het werk.

1. Inleiding

1.1 Wat zijn nanomaterialen?

Nanomaterialen zijn materialen die deeltjes bevatten waarvan de afmetingen in een of meer dimensies tussen 1 en 100 nm liggen (¹), een grootteschaal die vergelijkbaar is met die van atomen en moleculen. Ze kunnen van natuurlijke oorsprong zijn, zoals de nanodeeltjes in vulkaanas, of een onbedoeld gevolg van menselijke activiteiten, zoals die in dieseluitlettingsgasen. Een groot aantal nanomaterialen wordt echter doelbewust vervaardigd en in de handel gebracht, en daarop richt zich dit nummer van E-facts.

Nanomaterialen hebben specifieke eigenschappen - hoofdzakelijk ten gevolge van hun geringe grootte en grote oppervlak, maar ook door hun vorm, chemische aard, functionalisering van het oppervlak en oppervlakbehandeling - die vele voordelen bieden voor talrijke toepassingen. Maar juist door deze kenmerken kunnen nanomaterialen ook uiteenlopende potentieel toxische effecten hebben, zelfs als dezelfde materialen op macroschaal deze effecten niet hebben [2, 3].

1.2 Gezondheids- en veiligheidsrisico's van nanomaterialen en blootstellingsroutes

Onder normale omgevingsomstandigheden kunnen nanomaterialen agglomeraten of aggregaten groter dan 100 nm vormen, waardoor hun nanospecifieke eigenschappen veranderen (maar niet noodzakelijkerwijs verloren gaan). Deze nanomaterialen kunnen echter weer vrijkomen uit zwak gebonden agglomeraten en onder bepaalde omstandigheden zelfs uit aggregaten met een sterkere binding. Momenteel wordt onderzocht of dit in longvocht kan gebeuren na inademing van dergelijke agglomeraten of aggregaten [2, 3]. Bij de beoordeling van de risico's op het werk moet daarom ook rekening worden gehouden met agglomeraten en aggregaten van nanomaterialen.

Wanneer nanomaterialen in het lichaam zijn doorgedrongen, zou interne blootstelling onder meer kunnen plaatsvinden via verdere absorptie, distributie en metabolisme. Er zijn bijvoorbeeld nanomaterialen aangetroffen in de longen, de lever, de nieren, het hart, de voortplantingsorganen, foetussen, de hersenen, de milt, het skelet en zachte weefsels [2]. Over de bioaccumulatie van nanomaterialen en de mechanismen van hun eliminatie uit cellen en organen is nog veel onduidelijk.

¹ De Europese Commissie beschrijft in haar aanbeveling [1]:

- Een "nanomateriaal" is "een natuurlijk, incidenteel of geproduceerd materiaal dat uit deeltjes bestaat, hetzij in ongebonden toestand of als een aggregaat of agglomeraat en waarvan minstens 50% van de deeltjes in de gekwantificeerde grootteverdeling een of meer externe dimensies bezitten binnen het bereik van 1 nm tot 100 nm. De gekwantificeerde grootteverdeling wordt uitgedrukt als het aantal objecten binnen een bepaald groottebereik gedeeld door het totale aantal objecten."
- "In specifieke gevallen en waar nodig vanuit milieu-, gezondheids-, veiligheids- of mededingingsoogpunt kan de drempelwaarde van 50% voor de gekwantificeerde grootteverdeling worden vervangen door een drempel tussen 1 en 50%."
- "In afwijking van het bovenstaande dienen fullerenen, grafeenvlokken en enkelwandige koolstofnanobuizen met één of meer externe dimensies beneden 1 nm als nanomaterialen te worden beschouwd."

Een bijkomend probleem is dat een nanomateriaal, dat zelf misschien niet toxisch is, als een Trojaans paard kan fungeren, waarbij een giftiger materiaal zich aan het nanomateriaal bindt en op die manier binnendringt in het lichaam, organen of cellen [4].

De belangrijkste effecten van nanomaterialen zijn waargenomen in de longen en omvatten onder meer ontsteking, weefselschade, oxidatieve stress, chronische toxiciteit, cytotoxiciteit, fibrose en tumorvorming. Sommige nanomaterialen kunnen ook een negatief effect hebben op het cardiovasculaire stelsel. De potentieel gevaarlijke eigenschappen van synthetische nanomaterialen zijn voorwerp van voortdurend onderzoek [2, 3].

Er zijn drie hoofdroutes waarlangs blootstelling aan nanomaterialen op het werk kan plaatsvinden [2, 4-8]:

- **Inademing** is de meest voorkomende blootstellingsroute voor in de lucht zwevende nanodeeltjes op de werkplek. Ingeademde nanodeeltjes kunnen zich, afhankelijk van hun grootte en vorm, afzetten in de luchtwegen en longen. Na inademing kunnen ze het longepitheel passeren, in de bloedbaan terechtkomen en andere organen en weefsels bereiken. Ook is gebleken dat sommige ingeademde nanomaterialen via de reukzenuw de hersenen bereiken.
- **Inslikken** kan plaatsvinden als gevolg van onbedoelde overdracht vanaf gecontamineerde oppervlakken door hand-mondcontact, of door de inname van gecontamineerd voedsel of water. Inslikken kan ook een gevolg zijn van de inademing van nanomaterialen, aangezien ingeademde deeltjes die door mucociliaire klaring uit de luchtwegen zijn verwijderd kunnen worden doorslikt. Sommige ingeslikte nanomaterialen zullen het darmepitheel passeren, in de bloedbaan terechtkomen en andere organen en weefsels bereiken.
- **Penetratie door de huid** wordt momenteel nog onderzocht [6, 8]. Intacte huid lijkt een goede barrière tegen de opname van nanomaterialen te zijn [9]. Beschadigde huid lijkt in dat opzicht minder effectief, maar het opnameniveau is waarschijnlijk nog altijd lager dan bij inademing [9]. Niettemin moet ook contact met de huid worden voorkomen en beheerst.

De kans op blootstelling wordt dus voornamelijk bepaald door de waarschijnlijkheid dat nanomaterialen vrijkomen in de lucht, waarbij poeders en sprays een groter risico inhouden dan suspensies in vloeistof, pasta's, korrelige materialen en composieten. Nanomaterialen in vloeistoffen vormen op hun beurt een groter risico dan gebonden of gefixeerde nanostructuren, zoals die in een polymeermatrix [10].

Ten slotte kunnen veiligheidsrisico's ook voortvloeien uit de hoge mate van explosiviteit, ontvlambaarheid en het katalytisch vermogen van sommige nanopoeders (nanomaterialen in poedervorm), in het bijzonder nanopoeders van metalen.

1.3 De risico's van nanomaterialen op de werkplek beheersen

Op de werkplek hebben werkgevers de algemene verplichting de gezondheid en veiligheid van werknemers bij al hun werkzaamheden te waarborgen door regelmatige risicobeoordelingen uit te voeren - zoals gespecificeerd in Kaderrichtlijn 89/391/EEG [11] - waarbij ook naar de potentiële risico's van nanomaterialen moet worden gekeken. Daarnaast legt Richtlijn 98/24/EG betreffende chemische agentia op het werk [12] strengere bepalingen op ten aanzien van de beheersing van risico's van stoffen op het werk - in het bijzonder een hiërarchie van preventiemaatregelen waarin eliminatie en vervanging de voorkeursmaatregelen zijn - die ook voor nanomaterialen gelden aangezien deze onder de definitie van 'stoffen' vallen. Als een nanomateriaal, of het materiaal met dezelfde samenstelling op macroschaal, kankerverwekkend of mutageen is moet tevens worden voldaan aan Richtlijn 2004/37/EG betreffende carcinogene en mutagene agentia op het werk [13]. In alle gevallen moet de nationale wetgeving worden geraadpleegd, die strengere bepalingen kan bevatten.

Omdat nanomaterialen als stoffen worden beschouwd, zijn zowel de REACH-verordening (inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen) [14] als de CLP-verordening (betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels) [15] van toepassing.

Ondanks voortdurend onderzoek ontwikkelt de nanotechnologie zich sneller dan dat er kennis over hun gezondheids- en veiligheidsaspecten wordt gegenereerd. De kennis omtrent de gevolgen van nanomaterialen voor de gezondheid en veiligheid van werknemers en op het gebied van risicobeoordelingsmethoden vertoont nog steeds lacunes.

Werkgevers die een risicobeoordeling voor nanomateriaal uitvoeren kunnen dan ook moeilijkheden

ondervinden in verband met:

1. ontoereikende kennis over de gevaarlijke eigenschappen van nanomaterialen;
2. het ontbreken van consensus over gestandaardiseerde methoden en hulpmiddelen voor het meten van blootstellingsniveaus en het identificeren van nanomaterialen en de bronnen waaruit ze vrijkomen;
3. beperkte informatie over de effectiviteit van risicobeperkende maatregelen (filters, handschoenen enz.);
4. een gebrek aan informatie over de aanwezigheid van nanomaterialen in met name mengsels of voorwerpen en aan het eind van de gebruikersketen, wanneer nanomaterialen of producten die nanomaterialen bevatten worden gebruikt of verwerkt.

Veiligheidsinformatiebladen zijn een belangrijk informatiehulpmiddel om risico's van gevaarlijke stoffen op het werk te voorkomen. In hun huidige vorm bevatten ze echter weinig tot geen informatie over de aanwezigheid en de kenmerken van nanomaterialen, de risico's voor werknemers en preventieve maatregelen [17-19]. Organisaties wordt daarom aangeraden zich rechtstreeks tot hun leveranciers te wenden voor aanvullende informatie. Verwacht wordt dat wijzigingen in bijlage II van de REACH-verordening [20], het rechtskader voor veiligheidsinformatiebladen, en het richtsnoer van het Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA) over veiligheidsinformatiebladen [21], dat nadere adviezen bevat over hoe kenmerken van nanomaterialen moeten worden behandeld, de informatiekwiteit van veiligheidsinformatiebladen zullen verbeteren.

Een richtsnoer van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) [22] biedt ondersteuning bij het identificeren van potentiële emissiebronnen van in de lucht zwevende nanomaterialen bij verschillende soorten processen en procedés.

Voorlopige aanwijzingen suggereren dat de volgende werkzaamheden en procedés met nanomaterialen speciale aandacht vergen bij blootstellingsbeoordelingen en voorrang moeten krijgen bij risicobeheersing:

- Werkzaamheden waarbij nanomaterialen met de volgende eigenschappen worden gebruikt:
 - nanomaterialen met bekende, specifiek toxische effecten (bv. arseen en cadmium en verbindingen hiervan, of kristallijne silica), of waarvan bekend is dat hetzelfde materiaal op macroschaal specifiek toxische effecten heeft;
 - biopersistente nanomaterialen, zowel niet-fibreuze (zoals titaandioxide, aluminiumoxide) als fibreuze (zoals koolstofnanobuizen);
 - oplosbare materialen waarvoor gezondheidsrisico's zijn vastgesteld of niet kunnen worden uitgesloten.
- Situaties waarin nanomaterialen kunnen vrijkomen in de lucht, zoals bij het inbrengen en verwijderen van nanomaterialen of chemische stoffen die nanomaterialen bevatten in en uit maal- of mengapparatuur, het in recipiënten overbrengen van chemische stoffen, het nemen van monsters van synthetische chemische stoffen en het openen van systemen voor het terughalen van product.
- Reiniging en onderhoud van installaties (met inbegrip van gesloten productiesystemen) en van risicobeperkende apparatuur, zoals filters in lokale afvoerventilatiesystemen.
- Onderzoek en ontwikkeling van stoffen waarin nanomaterialen zijn verwerkt, zoals composietmaterialen.
- Hantering van poeders en spuitmengsels die nanomaterialen bevatten. Bij poeders bestaat waarschijnlijk een verhoogde kans op ontploffing, zelfontbranding en elektrostatische oplading, wat veiligheidsrisico's met zich meebrengt. Ook kunnen ze stofwolken vormen die tot blootstelling door inademing kunnen leiden.
- Mechanische of thermische behandeling van objecten die nanomaterialen bevatten die door deze processen kunnen vrijkomen (bv. laserbehandeling, slijpen, snijden).
- Afvalverwerkingshandelingen met objecten die nanomaterialen bevatten.

In principe kunnen alle werkzaamheden met nanomaterialen die buiten een gesloten installatie worden uitgevoerd, als kritiek worden beschouwd, omdat er een risico is dat werknemers worden blootgesteld.

Maar zelfs bij gesloten installaties is blootstelling mogelijk, bijvoorbeeld als er lekkage optreedt of tijdens reinigings- en onderhoudswerkzaamheden, en ook hiermee moet rekening worden gehouden bij de risicobeoordeling en het treffen van preventieve maatregelen.

Het is belangrijk om bij risicobeheersprocessen niet alleen prioriteit te geven aan nanomaterialen met bekende effecten op de gezondheid en veiligheid, maar ook aan nanomaterialen waarvoor nog geen informatie over gevaren en blootstelling beschikbaar is of deze informatie onvolledig of onzeker is. In die gevallen moet een voorzorgsbenadering worden toegepast om blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek te voorkomen.

Omdat traditionele benaderingen voor de beoordeling van risico's van gevaarlijke stoffen niet altijd toepasbaar zijn op nanomaterialen, vanwege bovengenoemde onzekerheden, wordt als alternatief de 'control banding'-benadering gebruikt. Dit is een vereenvoudigde methode om de risico's van activiteiten en de daarbij gebruikte stoffen te evalueren door ze in groepen in te delen op grond van hun potentiële gevaar en de kans op blootstelling op de betreffende werkplek.

Dit nummer van E-facts behandelt een aantal 'control banding'-tools voor risicobeheersing die zijn ontwikkeld om te helpen bij het kiezen van passende preventiemaatregelen op de werkplek en die, in het licht van de bovengenoemde beperkingen, bedrijven kunnen ondersteunen met procedures en richtsnoeren voor risicobeoordeling.

2 Beschikbare richtsnoeren en tools voor het beheer van nanomaterialen op de werkplek

Om de reeds genoemde beperkingen te ondervangen en de risico's van nanomaterialen op het werk beter te kunnen beoordelen en beheersen, zijn enkele nuttige en informatieve richtsnoeren en tools ontwikkeld.

Zoals bij elke andere risicobeoordeling is de benodigde complexiteit en gedetailleerdheid afhankelijk van de gevaarlijke stof in kwestie en de activiteit die wordt ondernomen; daarom wordt geadviseerd om in complexere situaties hulp van deskundigen in te roepen om deze tools toe te passen.

We wijzen erop dat, naast de richtsnoeren en tools die hieronder worden beschreven, de Europese Commissie ten tijde van het opstellen van dit document Risk & Policy Analysts Ltd (<http://www.rpald.co.uk/>) en IVAM UvA BV (<http://www.ivam.uva.nl>) opdracht had gegeven om praktische richtsnoeren op te stellen voor het veilig omgaan met technisch vervaardigde nanomaterialen op het werk, in het kader van een groter onderzoek ter vaststelling van de potentiële gevolgen van nanomaterialen en nanotechnologie op de werkplek en ter evaluatie van de omvang van en vereisten voor eventuele aanpassingen van EU-wetgeving op het gebied van veiligheid en gezondheid op het werk. (Zie voor meer informatie:)

<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&langId=en&callId=311&furtherCalls=yes>).

2.1 Webgebaseerde interactieve 'control banding'-tools

'Control banding' is een kwalitatieve of semikwantitatieve benadering voor risicobeoordeling en risicobeheersing om de veiligheid en gezondheid op het werk te bevorderen. De methode heeft tot doel de blootstelling van werknemers aan gevaarlijke chemische stoffen en andere risicofactoren op de werkplek tot een minimum te beperken, met name in werksituaties waar weinig informatie over gevaren, blootstellingsniveaus en risico's beschikbaar is. Onzekerheden over gevaren in een bepaalde werksetting of bij een bepaalde activiteit worden door deze tools verdisconteerd door het potentiële risico op een pragmatische wijze en uit voorzorg in te schatten. Dat wil zeggen dat bij afwezigheid van een volledige gegevensset een voorzorgsbenadering wordt gevolgd.

De tools bieden organisaties een begrijpelijke en praktische benadering om de risico's van nanomaterialen op hun werkplekken te beoordelen, helpen hen passende preventiemaatregelen te kiezen en bevorderen de bewustmaking over de risico's van het gebruiken en hanteren van nanomaterialen. Ze kunnen daarom met name nuttig zijn voor kleine en middelgrote ondernemingen, en in het bijzonder voor micro-ondernemingen, die te maken kunnen hebben met de extra moeilijkheid dat ze minder middelen of geen interne deskundigheid op dit gebied hebben.

De meeste van deze tools worden voortdurend verder ontwikkeld, zodat ze steeds geactualiseerd kunnen worden met nieuwe kennis over gezondheids- en veiligheidsaspecten van nanomaterialen,

methoden voor het meten van blootstellingsniveaus, en preventiemaatregelen. Vanwege het huidige gebrek aan informatie op dit gebied steunt 'control banding' echter op een aantal aannames voor gevaren en blootstelling. Ook kent het gebruik van de tools enkele beperkingen.

2.1.1 *Stoffenmanager Nano (beschikbaar in het Nederlands, Engels en Fins)*

Beschikbaar op: <http://nano.stoffenmanager.nl/Default.aspx>

Nanomodule 1.0 van Stoffenmanager (versie 1.0) is een 'control banding'-tool, ontworpen door het Nederlandse Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid in samenwerking met TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) en Arbo Unie, voor de kwalitatieve beoordeling en beheersing van werkgerelateerde gezondheidsrisico's veroorzaakt door blootstelling aan nanomaterialen via inademing [23]. Stoffenmanager Nano helpt werkgevers en werknemers bij het prioriteren van de blootstellingssituaties waarin nanomaterialen worden gehanteerd en bij het kiezen van adequate maatregelen om de risico's te beheersen. Het is een webgebaseerde, gratis tool (waarvoor wel registratie vereist is).

De tool is geschikt voor alle soorten onoplosbare synthetische nanomaterialen, zoals koolstof, onoplosbare metaal- en metaaloxide-nanodeeltjes en persistente nanovezels. Voor oplosbare nanodeeltjes wordt de gebruiker verwezen naar de algemene tool van Stoffenmanager voor de beheersing van beroepsrisico's in verband met gevaarlijke stoffen. Stoffenmanager Nano is bruikbaar wanneer de grootte van de primaire nanodeeltjes kleiner is dan 100 nm of het specifieke oppervlak van de nanopoeier groter is dan 60 m²/g. De tool kan zowel op enkelvoudige deeltjes als op agglomeraten of aggregaten worden toegepast. Met de tool worden aan de hand van diverse kenmerken gevaars- en blootstellingsklassen vastgesteld, waarbij voor elk kenmerk een score wordt toegekend. Al deze scores samen resulteren in een bepaalde gevaarsklasse (laag, gemiddeld, hoog, zeer hoog of extreem) en blootstellingsklasse (laag, gemiddeld, hoog, zeer hoog of extreem hoog). De combinatie van deze klassen bepaalt de prioriteit die aan het totale risico wordt toegekend (laag, middelmatig of hoog).

De kenmerken op grond waarvan nanomaterialen in deze gevaarsklassen worden ingedeeld houden verband met hun eigenschappen en de toxicologische gegevens, alsook met de eigenschappen van hetzelfde materiaal in zijn grove vorm. Alle onoplosbare nanovezels worden ingedeeld in de hoogste gevaarsklasse vanwege bezorgdheid over hun asbestachtige effecten na inademing.

De potentiële blootstelling wordt stapsgewijs beoordeeld, vanaf de bron van het nanomateriaal tot aan de ademzone van de werknemer, waarbij diverse aspecten in aanmerking worden genomen. De blootstellingsklasse wordt aan de hand van de volgende factoren vastgesteld:

- neiging van de stof om vrij te komen in de lucht (stofvorming);
- proces waarin het nanomateriaal wordt gehanteerd;
- toegepaste beheersmaatregelen;
- mate waarin het nanomateriaal kan worden verdund/zich kan verspreiden;
- afscheiding van de werknemer;
- contaminatie van oppervlakken;
- gebruikte ademhalingsbeschermingsmiddelen;
- frequentie waarmee de taak wordt uitgevoerd;
- duur van de taak.

Door combinatie van de resultaten van de blootstellingsindeling en de gevaarsindeling creëert de Stoffenmanager Nano uiteindelijk drie risicoklassen (of prioriteitsklassen). Dan kan een risicoreductieplan worden opgesteld. Stoffenmanager Nano geeft voor elke risicoklasse een lijst van mogelijke beheersmaatregelen om de potentiële blootstelling te verminderen en daarmee het risico te verkleinen. Vervolgens wordt de risicobeoordelingsprocedure nogmaals automatisch uitgevoerd. Zo kan de gebruiker de effectiviteit van de gekozen beheersmaatregelen controleren.

Met Stoffenmanager Nano kan desgewenst een rapport van de resultaten van de risicobeoordeling worden gemaakt en afgedrukt. Ook kan de gebruiker een lijst/bibliotheek van de op de werkplek of in het bedrijf gebruikte nanomaterialen maken, educatieve factsheets met voorbeelden van goede

praktijken raadplegen en PIMEX-filmpjes bekijken (²).

2.1.2 CB Nanotool 2.0 (beschikbaar in het Engels)

Beschikbaar op: <http://controlbanding.net/Services.html>

CB Nanotool 2.0 is een interactieve, op 'control banding' gebaseerde toolkit voor nanomaterialen. De toolkit werd door het Amerikaanse Lawrence Livermore National Laboratory ontwikkeld om een risicobeoordeling te kunnen uitvoeren en onderzoekers in het laboratorium te kunnen beschermen [24-26].

Om het risiconiveau te bepalen wordt gebruikgemaakt van een 4x4-risicomatrix met op de ene as parameters voor de ernst en op de andere as parameters voor de waarschijnlijkheid. De score voor ernst wordt op basis van de volgende factoren berekend:

- eigenschappen van het nanomateriaal:
 - oppervlaktechemie;
 - vorm van de deeltjes;
 - diameter van de deeltjes;
 - oplosbaarheid;
 - carcinogene, mutagene en reproductietoxische eigenschappen (CMR-eigenschappen) (drie factoren);
 - dermale toxiciteit;
 - astma veroorzakende eigenschappen (astmageen).
- eigenschappen van het moedermateriaal:
 - toxiciteit op grond van de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling (OEL) van het moedermateriaal;
 - CMR-eigenschappen (drie factoren);
 - potentiële gevaarlijkheid voor de huid;
 - astma veroorzakende eigenschappen (astmageen).

De score voor waarschijnlijkheid is gebaseerd op de volgende factoren die bepalend zijn voor de mate van de potentiële blootstelling:

- hoeveelheid nanomateriaal die tijdens de bewerking wordt gehanteerd;
- mate van stofvorming of nevelvorming van het materiaal;
- aantal werknemers met vergelijkbare blootstelling;
- frequentie van de bewerking;
- duur van de bewerking.

De tool geeft aan hoe voor elk van deze parameters een score moet worden toegekend en definieert ook de maximale score voor elke parameter.

De onzekerheid over het gezondheidsrisico van de nanomaterialen wordt verdisconteerd door de informatie over het nanomateriaal en hetzelfde materiaal op macroschaal te combineren. Wanneer de vereiste informatie over een bepaalde parameter ontbreekt, vult de tool de inputwaarde van 75% van de voor die parameter gedefinieerde maximale score in. Deze waarde wordt geacht het midden te houden tussen het voorzorgsbeginsel (conservatieve benadering) en een redelijke wetenschappelijke schatting, zodat het onderzoek kan doorgaan terwijl de werknemers nog altijd worden beschermd.

² PIMEX (Picture Mixed Exposure)-filmpjes zijn videobeelden die het effect van beheersmaatregelen inzichtelijk maken. Het Nederlandse Ministerie voor Sociale Zaken en Werkgelegenheid heeft deze filmpjes laten ontwikkelen binnen het programma Versterking Arbobeleid Stoffen. Meer informatie is te vinden op: <https://www.stoffenmanager.nl/Public/Pimex.aspx>

Het risiconiveau van de bewerking met het nanomateriaal wordt vastgesteld door de scores voor ernst en waarschijnlijkheid te combineren. De methode definieert vier mogelijke risiconiveaus die elk corresponderen met een klasse van beheersmaatregelen:

- toepassing van algemene ventilatie (laagste risiconiveau);
- gebruik van zuurkast of lokale afvoerventilatie;
- insluiting;
- inwinning van deskundig advies (hoogste risiconiveau).

2.1.3 NanoSafer (beschikbaar in het Deens)

Beschikbaar op: <http://nanosafer.i-bar.dk/>

NanoSafer is een Deense 'control banding'-tool voor het beheer van nanomaterialen op de werkplek [27]. Deze tool heeft uitsluitend betrekking op nanomaterialen in poedervorm. NanoSafer is ontwikkeld door het Dansk Teknologisk Institut en het Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (Nationale onderzoekscentrum voor de werkomgeving). Het is een webgebaseerde, gratis tool (waarvoor wel registratie vereist is) die echter alleen in het Deens beschikbaar is.

De eerste stap bestaat uit het identificeren van het nanomateriaal en zijn fysische eigenschappen (grootte, dichtheid en oppervlak van de deeltjes), de OEL (indien beschikbaar), de stofvormingsindex (voor inadembaar of mineraalstof) en toxicologische informatie uit het veiligheidsinformatieblad.

De tweede stap is het definiëren van het proces (hantering of accidenteel vrijkomen van poeder, zoals bij onopzettelijk morsen), de gebruikte hoeveelheid nanomateriaal, de gebruiksfrequentie en de werkomgeving.

De tool combineert de gegevens over het materiaal (die schatting van het toxiciteitsniveau mogelijk maken) met de gegevens over het proces (die schatting van het blootstellingsniveau mogelijk maken). Het risiconiveau wordt geschat voor acute blootstelling (15 minuten) en voor blootstelling gedurende 8 uur. De schatting wordt uitgevoerd voor werknemers dicht bij de emissiebron en op afstand daarvan (respectievelijk 'near field'- en 'far field'-blootstelling). Daarnaast doet de tool aanbevelingen voor geschikte beheersmaatregelen voor elk risiconiveau, geïllustreerd met educatieve video's.

2.2 Andere 'control banding'-tools voor nanomaterialen

2.2.1 'Control banding'-tool voor nanomaterialen van ANSES (beschikbaar in het Frans en Engels)

Beschikbaar op: <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=2820&parentid=805>

Deze 'control banding'-tool voor nanomaterialen is ontwikkeld door deskundigen van het Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES, Frankrijk) samen met een panel van deskundigen van het Institut national de recherche et de sécurité (INRS, Frankrijk), het Institut de Recherche Robert Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST, Canada), het Institut Scientifique de Santé Publique-Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid (ISP-WIV, België) en het Institut universitaire romand de Santé au Travail (IST, Zwitserland). De 'control banding'-tool van ANSES is alleen beschikbaar als papieren versie [28].

Deze tool is bruikbaar in elke werkomgeving waar nanomaterialen worden vervaardigd of gebruikt, bijvoorbeeld in industriële werkplaatsen, onderzoekslaboratoria en proefinstallaties.

De auteurs wijzen erop dat de methode geïntegreerd dient te worden in een algemeen beheersysteem voor veiligheid en gezondheid op het werk, wat in feite ook geldt voor alle andere tools die in dit E-facts-nummer worden beschreven. Het gebruik van deze tool kent echter enkele beperkingen:

- De methode dient uitsluitend te worden toegepast op routinematige hantering van materialen op de werkplek, als onderdeel van de normale bedrijfsprocessen.
- De nanomaterialen mogen niet te sterk verdund zijn, noch een te groot volume innemen.

- Met de methode kunnen enkel gezondheidsrisico's worden ingeschat, geen veiligheidsrisico's (bv. brand- of ontploffingsgevaar) of milieurisico's.

Tevens is het wenselijk dat de gebruiker over de nodige (bv. chemische of toxicologische) deskundigheid beschikt inzake de preventie van chemische risico's, alsook op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie. Tot slot wordt opgemerkt dat toepassing van de methode zonder deskundigheid, kritisch oordeel of ondersteuning, tot verkeerde aannames kan leiden waardoor ongeschikte preventiemaatregelen worden genomen die het risico op blootstelling juist verhogen.

Het vaststellen van een gevaarsklasse begint met oriënterende vragen om te bepalen:

- of het in de bewerking gebruikte product of materiaal nanomaterialen bevat;
- of het nanomateriaal of het product dat nanomaterialen bevat is ingedeeld als een gevaarlijke stof;
- of het product biopersistente fibreuze nanomaterialen bevat.

Als het betrokken nanomateriaal of product is ingedeeld volgens de wetgeving inzake chemische stoffen en hun etikettering, moet die indelingsinformatie worden gebruikt voor het vaststellen van de gevaarsklasse. Bij onvolledige of geheel ontbrekende toxicologische informatie wordt een voorlopige gevaarsklasse vastgesteld op basis van de beschikbare informatie over het moedermateriaal of een analoog materiaal (d.w.z. een stof met een vergelijkbare samenstelling en/of kristallijne fase, die tot dezelfde chemische categorie behoort en vergelijkbare gedocumenteerde fysisch-chemische eigenschappen heeft als de stof in kwestie). In dergelijke gevallen beschrijft de tool verhogingsfactoren om de door deze extrapolatie geïntroduceerde onzekerheid te verdisconteren. Wanneer het bulkmateriaal bestaat, heeft het voorrang op analoog materiaal. Ten slotte geldt dat bij dubbele gegevens over hetzelfde bulk- of analoge materiaal, de gegevens gebruikt moeten worden die de hoogste toxiciteit aangeven.

De tool kan niet worden toegepast als de toxiciteit van het nanomateriaal onbekend is of niet kan worden geassocieerd met een moedermateriaal of analoog materiaal.

Om bewerkingen met nanomaterialen in te delen in blootstellingsklassen moet de potentiële emissie voor de bewerking worden geschat. Een essentiële parameter bij deze schatting is de fysische vorm van het bewerkte nanomateriaal. Er worden vier fysische vormen onderscheiden: vaste stof, vloeistof, poeder en aerosol. In bepaalde gevallen wordt bij het schatten van de potentiële emissie van de fysische vorm rekening gehouden met de natuurlijke neiging van het materiaal om vrij te komen in de lucht [bv. in het geval van brosse vaste stoffen (stoffen die door de druk van een gewone menselijke hand verkruid, verpulverd of verpoederd kunnen worden), uiterst vluchtige vloeistoffen, of poeders met een grote of gemiddelde neiging tot stofvorming] en met bepaalde procesbewerkingen (bv. smelten en spuiten).

Om de risicobeheersklasse te bepalen worden de gevaarsklasse en de potentiële-emissieklasse gecombineerd. Voor elk van de vijf risicobeheersklassen (CL's) worden technische oplossingen aanbevolen:

- natuurlijke of mechanische algemene ventilatie (CL1);
- lokale ventilatie (CL2);
- omsloten ventilatie (CL3)
- volledige insluiting (CL4);
- volledige insluiting en beoordeling door een deskundige (CL5).

2.2.2 'Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts - guide for employers and employees' (beschikbaar in het Engels)

Beschikbaar op:

<http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>

Dit richtsnoer voor 'control banding' is ontwikkeld door Nederlandse werkgevers en werknemers in samenwerking met de sociale partners FNV, VNO-NCV en CNV en wordt gefinancierd door het Nederlandse Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Het richtsnoer is speciaal bedoeld om werkgevers en werknemers in staat te stellen een veilige omgeving te creëren voor het werken

met nanomaterialen en producten die nanomaterialen bevatten, geschikte beheersmaatregelen op te stellen en goede werkpraktijken toe te passen. Er is alleen een papieren versie beschikbaar [29].

Het richtsnoer bestaat uit acht stappen en bevat de juiste formulieren voor het verzamelen van de vereiste informatie:

- een overzicht maken van de geproduceerde of gebruikte nanomaterialen;
- de potentiële gezondheidsgevaaren van de geproduceerde of gebruikte nanomaterialen vaststellen (drie categorieën);
- een overzicht maken van de activiteiten waarbij met nanomaterialen wordt gewerkt;
- beoordelen hoe groot de kans is dat werknemers bij de uitgevoerde activiteiten worden blootgesteld aan nanodeeltjes (drie categorieën);
- voor elke activiteit de resulterende klasse van beheersmaatregelen selecteren (drie categorieën);
- een actieplan met risicobeheersende maatregelen opstellen;
- een register samenstellen voor alle werknemers die omgaan met nanomaterialen van gevarencategorie 2 of 3; en
- onderzoeken of preventief medisch toezicht mogelijk is en dienovereenkomstig handelen.

Dit richtsnoer is gebruiksvriendelijk en doet aanbevelingen voor risicobeperkende maatregelen om de veiligheid bij het werken met technisch vervaardigde nanomaterialen te verbeteren. Benadrukt wordt dat de bestaande wetgeving voor het werken met gevaarlijke stoffen van toepassing is. Dit betekent dat wanneer het overeenkomstige grove materiaal van het nanomateriaal is ingedeeld als CMR-stof, of wanneer het nanomateriaal zelf CMR-eigenschappen heeft, de toepasselijke wetgeving moet worden gevolgd. Het richtsnoer is niet bruikbaar voor risicobeheer van onopzettelijk gegenereerde nanomaterialen, zoals in dieseldampen en lasrook.

2.2.3 'Workplace Health and Safety Queensland: nanomaterial control banding tool worksheet '(beschikbaar in het Engels)

Beschikbaar op: <http://www.deir.qld.gov.au/workplace/subjects/nanotechnology/controlbanding/index.htm>

Het 'control banding'-gedeelte van dit werkblad lijkt veel op CB Nanotool 2.0. Het werkblad gaat tevens in op de ontvlambaarheid van nanomaterialen, maar omvat niet alle informatie die nodig is om het brand- en ontploffingsgevaar van nanomaterialen te kunnen beoordelen.

Deze nanotool is met name relevant voor onderzoeksinstellingen, waar doorgaans kleine hoeveelheden nanomaterialen worden gebruikt. De tool kan echter ook algemeen worden toegepast op alle werkplekken waar nanomaterialen aanwezig zijn. Waarschijnlijk zal de tool verbeteren naarmate er meer informatie over de gevaren en risico's van nanomaterialen beschikbaar komt.

2.3 Andere tools

2.3.1 GoodNanoGuide (GNG) (beschikbaar in het Engels)

Beschikbaar op: <http://www.goodnanoguide.org>

De GoodNanoGuide (GNG) is een webgebaseerd, interactief samenwerkingsplatform ontwikkeld door de International Council on Nanotechnology aan de Rice University in de Verenigde Staten. De website fungeert als platform voor de uitwisseling van ideeën over het omgaan met nanomaterialen op de werkplek. Er worden ook aparte richtsnoeren voor beginnende, meer ervaren en ervaren gebruikers gegeven, die duidelijk maken hoe in een werkomgeving het best met nanomaterialen kan worden omgegaan [30].

Het **gedeelte voor beginnende gebruikers** bevat enkel een korte uitleg over nanomaterialen, nanotechnologie en veiligheid van nanotechnologie, met links naar andere internetbronnen.

In het **gedeelte voor meer ervaren gebruikers** wordt aangenomen dat de gebruiker al bekend is met nanotechnologieën en nanomaterialen en op zoek is naar richtsnoeren of protocollen voor het werken met specifieke soorten technisch vervaardigde nanomaterialen. Er worden drie verschillende

systemen voor het indelen van nanomaterialen voorgesteld. De gebruikers beslissen welke benadering het meest geschikt is voor de situatie op hun werkplek:

- Het eerste systeem is een vereenvoudigde 'control banding'-benadering waarbij nanomaterialen worden ingedeeld op basis van de aanwezige kennis over de gevaren van het nanomateriaal (inert / reactief / onbekende eigenschappen). Daarnaast worden richtsnoeren gegeven over hoe de blootstelling kan worden beheerst op basis van de blootstellingsduur (kort / gemiddeld / lang) en de neiging van het nanomateriaal om vrij te komen in de lucht (gebonden materialen / vrijkomen mogelijk / vrij of ongebonden).
- Volgens de tweede benadering, die is overgenomen van de British Standards Institution (BSI), worden nanomaterialen ingedeeld naar het soort gevaar (fibreus / carcinogeen, mutageen, astmageen of reproductietoxisch / onoplosbaar / oplosbaar) [31]. Deze indeling wordt als een uitgangspunt beschouwd voor de gevaarsbeoordeling. In dit gedeelte worden geen richtsnoeren gespecificeerd voor het schatten of beheersen van de blootstelling.
- De derde benadering is gebaseerd op de chemische structuur van het nanomateriaal (fullerenen / koolstofnanobuizen / metalen / oxiden / kwantumdots / halfgeleider-nanomaterialen). Dit gedeelte bevat informatie over specifieke risico's en protocollen voor het veilig hanteren van de stof.

Het **gedeelte voor ervaren gebruikers** biedt milieu-, gezondheids- en veiligheidsprotocollen voor het veilig omgaan met nanomaterialen. Uitgangspunt is een matrix waarin activiteiten die potentiële hanteringsgevaaren inhouden worden gecombineerd met diverse fysische vormen van nanomaterialen (droog poeder, vloeibare dispersie, vaste polymeermatrix en niet-polymeermatrix).

- Het proces begint met de identificatie van de **potentiële gevaren**. Als indicatoren voor potentiële gevaren moeten de fysisch-chemische, toxicologische en ecotoxicologische eigenschappen in aanmerking worden genomen (bv. deeltjesgrootte, oppervlak, oppervlaktechemie, reactiviteit, morfologie, biopersistentie, interactie met biomoleculen en antimicrobiële effecten, en ook eventuele modificaties, bijvoorbeeld als gevolg van veroudering van het nanomateriaal of interacties met andere moleculen). Ook wordt de indelingsmethode van het BSI aanbevolen [31].
- De tweede stap is het inschatten van de **potentiële blootstelling**. De tool geeft informatie over blootstelling tijdens verschillende fasen van de hantering van het nanomateriaal.
- De derde stap in het proces is het kiezen van geschikte **beheersmaatregelen**. De tool beschrijft de aanbevolen beheersmaatregelen voor verschillende werkzaamheden met nanomaterialen.

Dit gedeelte voor gebruikers met gevorderde kennis bevat ook een bewerkbare handleiding over veiligheid en gezondheid op het werk ('OSH Reference Manual'), aan de hand waarvan gebruikers de risico's van nanomaterialen kunnen onderzoeken en verkleinen.

2.4 Vergelijkend overzicht van de beschreven tools

Tabel 1: Overzicht van de beschikbare risicobeheerstools en hun kenmerken

Risicobeheerstool	Benadering voor risicobeheersing	Toepassingsgebied	Beperkingen
Stoffenmanager Nano (Nederlands, Engels, Fins)	(1) Identificatie van het nanomateriaal en opgave van de eigenschappen van de nanomaterialen (2) Beschrijving van de processen (3) Beschrijving van de werkomgeving (4) Beschrijving van reeds toegepaste beheersmaatregelen (5) Resulterende risicobeoordeling	(In water) onoplosbare synthetische nanomaterialen met een grootte kleiner dan 100 nm en een specifiek oppervlak groter dan 60 m ² /g. De tool heeft betrekking op primaire nanodeeltjes, agglomeraten en aggregaten	(a) Als een nanomateriaal tot de hoogste gevaarsklasse (E) behoort, wordt aan het risico hoge prioriteit toegekend ongeacht de blootstellingsklasse, omdat voor de meest gevaarlijke materialen gekozen wordt voor een voorzorgsbenadering. (b) Alle vezels worden ingedeeld in de hoogste gevaarsklasse (E)

Risicobeheerstool	Benadering voor risicobeheersing	Toepassingsgebied	Beperkingen
	(6) Opstelling van een actieplan met risicobeheersende maatregelen		(c) Geselecteerde beheersmaatregelen leiden zelden tot een verlaging van het feitelijke risiconiveau binnen de tool
CB Nanotool 2.0 (Engels)	Typische 'control banding'-benadering waarbij het totale risico (vier niveaus) wordt afgeleid uit een schatting van de gevaarsklasse (score voor ernst) en de blootstellingsklasse (score voor waarschijnlijkheid) van de activiteit. De score voor ernst wordt berekend op basis van de eigenschappen van het nanomateriaal en het materiaal op macroschaal. Voor elk risiconiveau wordt een aanpak voor beheersing aanbevolen	Werk op laboratoriumschaal; situaties waarin alleen kleine hoeveelheden nanomaterialen worden gebruikt	De gehanteerde toxicologische eindpunten zijn zelden onderzocht; de blootstellingsklasse wordt door slechts enkele determinanten bepaald
NanoSafer (Deens)	(1) Identificatie van de eigenschappen van het nanomateriaal en het materiaal op macroschaal (grootte, dichtheid en oppervlak van de deeltjes), beschikbare OEL's voor inadembaar of stofvormingsindex en toxicologische informatie uit het SDS (2) Identificatie van het proces (hantering of accidenteel vrijkomen van poeder) (3) Bepaling van de schattingsscore (4) Verstrekking van adviezen voor beheersmaatregelen	Werkplekken waar met nanomaterialen in poedervorm wordt gewerkt en situaties waarin nanomaterialen onbedoeld vrijkomen	De gevaarsbeoordeling is gebaseerd op fysische parameters en SDS'en, die zelden toxicologische informatie over nanomaterialen bevatten; de tool heeft uitsluitend betrekking op nanomaterialen in poedervorm; alleen beschikbaar in het Deens

Risicobeheerstool	Benadering voor risicobeheersing	Toepassingsgebied	Beperkingen
'Control banding'-tool van ANSES (Frans, Engels)	'Control banding' geïntegreerd in een systeem volgens OHSAS 18001 (norm voor arbo-beheersystemen): (1) Analyse van beschikbare informatie (product en werkplek) (2) Vaststelling van gevaarsklasse (3) Vaststelling van potentiële-emissie-klasse (4) Opstellen van actieplan (5) Uitvoering van actieplan (6) Routinematige monitoring (7) Periodieke risico-evaluatie (8) Volgen van wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen om de kennis actueel te houden (9) Registratie van gegevens	Alle werkomgevingen	De informatie die nodig is voor het vaststellen van de gevaarsklasse (bv. activiteit van reactieve zuurstofverbinding) kan moeilijk verkrijgbaar zijn. Alleen beschikbaar als papieren versie
'Guidance on working safely with nanomaterials and nanoproducts' (Engels)	(1) Inventarisering van de geproduceerde of gebruikte nanomaterialen (2) Classificatie van de potentiële gezondheidsgevaaren van geproduceerde of gebruikte nanomaterialen (3) Inventarisering van de activiteiten waarbij met nanomaterialen wordt gewerkt (4) Classificatie van de kans op blootstelling van werknemers (5) Selectie van de resulterende klasse van beheersmaatregelen voor elke activiteit met nanomaterialen	Voor werkgevers en werknemers die met nanomaterialen werken	Alleen beschikbaar als papieren versie

Risicobeheerstool	Benadering voor risicobeheersing	Toepassingsgebied	Beperkingen
	(drie categorieën); (6) Opstelling van een actieplan (7) Bijhouden van een register van werknemers die met nanomaterialen omgaan (8) Onderzoeken of preventief medisch toezicht mogelijk is		
'Queensland control banding worksheet' (Engels)	'Control banding'-gedeelte is vergelijkbaar met CB Nanotool, maar omvat tevens aspecten van ontvlambaarheid	Als voor CB Nanotool; beoordeling van ontvlambaarheid	Als voor CB Nanotool. Brand- en ontploffingsgevaar worden niet volledig geïdentificeerd. Alleen beschikbaar als papieren versie
'GoodNanoGuide' (Engels)	De richtsnoeren sluiten aan bij het kennisniveau van respectievelijk beginnende, meer ervaren en ervaren gebruikers. In het gedeelte voor ervaren gebruikers bestaat de benadering voor risicobeheersing uit (1) identificatie van het potentiële gevaar, (2) schatting van de blootstelling en (3) het adviseren van beheersmaatregelen.	De aanpak is zeer universeel en toepasbaar in veel situaties waarin met nanomaterialen wordt omgegaan.	Een groot aantal webpagina's van de tool is nog onvolledig. Het richtsnoer is gebaseerd op Amerikaanse regelgeving (bv. voor persoonlijke beschermingsmiddelen).

3 Preventieve maatregelen

Wanneer werkgevers het risico van blootstelling aan nanomaterialen hebben ingeschat, moeten zij ervoor zorgen dat deze blootstelling wordt voorkomen of afdoende wordt beheerst.

3.1 Eliminatie en vervanging

Zoals voor alle gevaarlijke stoffen geldt, hebben eliminatie en vervanging prioriteit boven andere maatregelen. Het doel is om alle werknemers te beschermen tegen blootstelling aan nanomaterialen. Soms is eliminatie of vervanging echter geen reële optie, bijvoorbeeld wanneer synthetische nanomaterialen worden gebruikt of geproduceerd vanwege specifieke eigenschappen, die andere, minder gevaarlijke materialen niet bezitten. Toch dient altijd een afweging te worden gemaakt tussen de gewenste eigenschappen en effecten enerzijds en gezondheidsrisico's anderzijds, en moeten eliminatie en vervanging terdege in overweging worden genomen.

In elk geval moet het gebruik of de productie van nanomaterialen in een vorm die in de lucht kan vrijkomen (zoals poeders) worden vermeden. Zulke vormen moeten worden vervangen door minder gevaarlijke, zoals opgeloste of vloeibare vormen, korrels of pasta's, of nanomaterialen die zijn

opgesloten in vaste stoffen.

Daarnaast kan het potentiële gevaar van een nanomateriaal soms worden verkleind door een coating aan te brengen, d.w.z. het oppervlak te modificeren.

3.2 Technische maatregelen

Technische preventiemaatregelen moeten worden toegepast bij de emissiebron. De meest effectieve technische preventiemaatregel is insluiting bij de bron door het gebruik van gesloten systemen en omsloten apparatuur en processen, dat wil zeggen behuizingen en isolatiemiddelen die een fysieke barrière tussen de persoon en het nanomateriaal vormen. Maar zelfs met dergelijke maatregelen moet rekening worden gehouden met het risico van lekkages. Lokale afvoerventilatiesystemen met deeltjesfilters, zoals HEPA ('high-efficiency particulate air')- of ULPA ('ultra-low penetration air')-filters, die zijn ingebouwd in zuurkasten of in flowkasten met naar beneden gerichte luchtstroming, zijn andere standaardmaatregelen voor processen die niet volledig kunnen worden ingesloten.

Wanneer ingesloten processen worden geopend, bijvoorbeeld voor inbrenging/verwijdering, bemonstering, reiniging of onderhoud, zullen naast technische maatregelen ook specifieke voorzieningen nodig zijn. In dergelijke situaties wordt het gebruik van ademhalingsbeschermingsmiddelen als een deugdelijke beperkingsstrategie beschouwd (zie paragraaf 3.4.1).

3.3 Organisatorische maatregelen

De belangrijkste organisatorische maatregel om de potentiële blootstelling van werknemers tot een minimum te helpen beperken, is het scheiden van werkruimtes waardoor zo min mogelijk personen een blootstellingsrisico lopen. Er moeten speciale ruimtes worden aangewezen waar nanomaterialen worden vervaardigd of gebruikt en dus kunnen vrijkomen. Deze ruimtes moeten geïsoleerd worden of, bijvoorbeeld door muren, worden gescheiden van andere werkplekken. Ook dienen ze gemarkeerd te worden met passende aanduidingen die aangeven dat ze alleen toegankelijk zijn voor geautoriseerd en deskundig personeel.

Hierbij dient de kanttekening te worden gemaakt dat er momenteel geen standaardbenadering voor het gebruik van veiligheidsaanduidingen is, noch voor het labelen van werkplekken of recipiënten met nanomaterialen. Aanbevolen wordt een zorgvuldige benadering te volgen met bestaande waarschuwings- en veiligheidszinnen (Europese Verordening (EG) nr. 1272/2008 betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels [15]) en waarschuwingstekens die voldoende, relevante en specifieke informatie geven over alle actuele of potentiële gezondheids- en veiligheidsrisico's bij het gebruiken en hanteren van nanomaterialen.

Naast het verminderen van het aantal werknemers dat aan nanomaterialen wordt blootgesteld, is het ook belangrijk dat de volgende organisatorische maatregelen worden toegepast:

- De tijd van potentiële blootstelling van werknemers tot een minimum beperken.
- De hoeveelheid particulier nanomateriaal dat op enig moment wordt gebruikt tot een minimum beperken.
- Concentraties in de lucht bewaken.
- Werkruimtes regelmatig reinigen (nat afnemen).
- Werknemers die met potentieel gevaarlijke stoffen omgaan, moeten in programma's voor gezondheidstoezicht worden opgenomen, waarbij de blootstellingssituatie in detail moet worden gedocumenteerd.

Daarnaast moeten alle werknemers die op hun werk kunnen worden blootgesteld aan nanomaterialen, voldoende instructies, informatie en opleiding krijgen om te kunnen begrijpen welke veiligheids- en gezondheidsrisico's worden veroorzaakt door potentiële blootstelling aan nanomaterialen en welke voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om deze blootstelling te vermijden of zoveel mogelijk te beperken. Als er onzekerheid bestaat over de effecten van deze nanomaterialen op de gezondheid en veiligheid, moeten werknemers hierover eveneens geïnformeerd worden en dient het voorzorgsbeginsel te worden toegepast.

3.4 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Volgens de hiërarchie van beheersmaatregelen moeten in laatste instantie persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM's) worden gebruikt. Als bij de risicobeoordeling wordt vastgesteld dat PBM's ⁽³⁾ nodig zijn, moet een PBM-programma worden opgesteld [32]. Een goed PBM-programma bestaat uit de volgende onderdelen: selectie van geschikte PBM's, aanmeting ervan, gebruiksinstructies en onderhoud van de PBM's.

Ook is het nodig de fysieke belasting van het dragen van een PBM in te schatten om er zeker van te zijn dat de gebruiker lichamelijk in staat is de uitrusting te dragen. Er moeten onderzoeken worden uitgevoerd om uit te sluiten dat het PBM de gebruiker hindert bij het veilig uitvoeren van zijn of haar werk en bij het gebruik van andere benodigde apparatuur en hulpmiddelen, bijvoorbeeld een bril. Men dient te bedenken dat het beschermingsniveau van een PBM kan afnemen bij gelijktijdig gebruik van meerdere soorten PBM's. Ook bijkomende gevaren, zoals oplosmiddeldampen, kunnen de effectiviteit van het PBM verminderen. Bij de risicobeoordeling en het kiezen van het PBM moeten daarom alle gevaren, niet alleen die van nanomaterialen, in aanmerking worden genomen. Alle PBM's moeten een CE-markering hebben en moeten volgens de instructies van de fabrikant worden gebruikt, zonder wijzigingen.

3.4.1 Bescherming van de ademhalingswegen

Als bovengenoemde maatregelen ontoereikend zijn om blootstelling aan in de lucht zwevende nanomaterialen (bv. nanopoeiers of aerosolen die nanomaterialen bevatten) te beheersen, of zij deze blootstelling onvoldoende beperken, wordt aangeraden geschikte ademhalingsbeschermingsmiddelen (ABM's) te gebruiken. Dit moet bijvoorbeeld gebeuren tijdens onderhoud of reparatie van apparatuur die bij het uitvoeren van de beheersmaatregelen wordt gebruikt.

De keuze van het ABM is afhankelijk van:

- het type, de grootte en de concentratie van het in de lucht zwevende nanomateriaal,
- de aan het ABM toegekende beschermingsfactor (een maat voor de doeltreffendheid van filtering en de aansluiting op het gezicht), en
- de werkomstandigheden.

Er kan bijvoorbeeld gekozen worden voor een half- of volgelaatsmasker met een P3/FFP3- of P2/FFP2-filter, een deeltjes-filterend hulpmiddel met aanblaasunit en helm (TH2P of MH3P), of een deeltjes-filterend hulpmiddel met aanblaasunit en vol- of halfgelaatsmasker (TM2P en TM3P)(2) ^[4]. Volgelaatsmaskers in combinatie met een luchtslang en een aangedreven filtersysteem hebben doorgaans hogere beschermingsfactoren.

Hoe doeltreffendheid een filter in een ABM is voor een specifiek nanomateriaal onder specifieke omstandigheden, moet bij de PBM-producent worden nagevraagd; testresultaten zijn namelijk niet generaliseerbaar naar alle nanomaterialen. HEPA-filters, maskers met filterpatronen en maskers met vezelige filters zijn effectief voor nanomaterialen (zelfs effectiever dan voor grotere deeltjes [34]).

Andere factoren, zoals de aansluiting op het gezicht, het onderhoudsniveau en de tijd dat het ABM wordt gedragen, kunnen ook van invloed zijn op de blootstellingsbeperking. Bij gezichtsmaskers komen de grootste risico's voort uit een onvoldoende strakke aansluiting tussen het masker en het gezicht [34]. Bij alle gebruikers moet de aansluiting van het masker regelmatig worden getest om er zeker van te zijn dat deze lek dicht is, en ook moeten gebruikers training krijgen in het gebruik van ABM's. Blootstellingsvermindering moet altijd worden beschouwd als een resultante van de effectiviteit van het filter en de gebruikskennmerken van het ABM, in sommige EU-landen uitgedrukt als zogenaamde ademhalingsfactoren.

Wanneer het ABM de ogen niet bedekt moet tevens oogbescherming worden toegepast (nauwsluitende veiligheidsbril).

⁽³⁾ Europese Richtlijn 89/686/EEG [32] reguleert het ontwerp en gebruik van PBM's en zorgt ervoor dat ze hun beoogde functie vervullen, namelijk het beschermen van werknemers tegen specifieke risico's.

⁽⁴⁾ Zie [33]: Voor P2-filters is de filterpenetratie van nanodeeltjes van kaliumchloride 0,2 % en voor P3-filters 0,011 %. Uit tests met grafietdeeltjes van verschillende grootte bleek dat de penetratie maximaal 8 % was. Dit duidt op een hogere bescherming door P3-filters, maar deze resultaten kunnen niet gegeneraliseerd worden naar alle nanodeeltjes.

3.4.2 Handschoenen

Handschoenen dienen over een goede mechanische duurzaamheid te beschikken. Alleen handschoenen die voldoen aan de vereisten van de normenserie EN 374 mogen als bescherming tegen algemene chemische gevaren worden gebruikt. Handschoenen van latex, nitril of neopreen zijn effectief gebleken bij het hanteren van nanomaterialen [33]. Hoe effectief handschoenen zijn voor een specifiek nanomateriaal is afhankelijk van de fysische vorm waarin het nanomateriaal op de werkplek voorkomt (stofdeeltjes, vloeistof enz.) - de leverancier van de handschoenen dient de effectiviteit te controleren en bevestigen. De diffusiesnelheid van het nanomateriaal wordt in hoge mate bepaald door de dikte van het handschoenmateriaal. Voor afdoende bescherming wordt daarom aangeraden twee handschoenen over elkaar te dragen.

3.4.3 Beschermende kleding

Bij het kiezen van beschermende kleding dient men zich te baseren op de risicobeoordeling. Gebonden textielvlies (luchtdicht) van bijvoorbeeld polyethyleen met hoge dichtheid (lage stofretentie en lage stofafgifte) heeft de voorkeur boven textielweefsels. Het gebruik van beschermende kleding die met katoenen stof is vervaardigd, wordt afgeraden [34].

Wanneer herbruikbare beschermende kleding wordt gebruikt, bijvoorbeeld overalls, moet ervoor worden gezorgd dat deze regelmatig wordt gewassen en dat secundaire blootstelling wordt voorkomen [35]. Er moeten zodanige voorzieningen worden getroffen dat schone overalls en beschermende jassen kunnen worden aangetrokken en vuile kunnen worden uitgetrokken zonder dat er contaminatie van de personen of de algemene werkomgeving optreedt.

3.5 Het voorkomen van ontploffing en/of brand

Door hun geringe grootte en grote omvang kunnen nanomaterialen in poedervorm ontploffingsgevaar inhouden, terwijl dat niet het geval hoeft te zijn voor de overeenkomstige grove materialen ⁽⁵⁾ [36]. Voorzichtigheid is geboden bij het hanteren van nanopoeiers of wanneer deze ontstaan, zoals bij het slijpen, zandstralen of polijsten van materialen die nanomaterialen bevatten.

De preventieve maatregelen voor nanomaterialen in poedervorm zijn in wezen dezelfde als voor alle andere ontplofbare en brandbare grove materialen en ontplofbare stofwolken, en dienen in overeenstemming te zijn met de voorschriften van Richtlijn 99/92/EG betreffende minimumvoorschriften voor de verbetering van de gezondheidsbescherming en van de veiligheid van werknemers die door explosieve atmosferen gevaar kunnen lopen. Het gaat hierbij onder meer om de volgende maatregelen:

- Waar mogelijk moet hantering worden beperkt tot speciale Ex-zones en plaatsvinden in inerte atmosferen.
- Materialen moeten gesolubiliseerd worden door bevochtiging van de werkplek (voorkomen van stofdeeltjes).
- Op de werkplek moeten apparaten die vonken kunnen veroorzaken en andere ontstekingsbronnen worden verwijderd en omstandigheden waarin elektrostatische oplading kan optreden worden vermeden. In plaats daarvan moet zo mogelijk intrinsiek veilige apparatuur worden gebruikt (signaal- en stuurcircuits die met lage stroomsterktes en spanningen werken).
- Stoflagen moeten worden verwijderd door ze nat op te dweilen.
- De opslag van ontplofbare of brandbare materialen op de werkplek moet tot een minimum worden beperkt. Het gebruik van antistatische zakken valt te overwegen.

Als er tijdens werkzaamheden nanomaterialen worden gebruikt, in plaats van dat ze ontstaan, moeten de aanbevelingen van de fabrikant in het veiligheidsinformatieblad in aanmerking worden genomen. Hierbij moeten wel de eerdere algemene opmerkingen over de kwaliteit van veiligheidsinformatiebladen ten aanzien van nanomaterialen in het achterhoofd worden gehouden.

⁽⁵⁾ De ontplofbaarheid van de meeste organische stofdeeltjes en een groot aantal metaalstofdeeltjes neemt toe naarmate de deeltjesgrootte afneemt. 500 µm lijkt de bovengrens te zijn voor de deeltjesgrootte van een ontplofbare stofwolk. Een ondergrens waaronder stofontploffingen kunnen worden uitgesloten is tot dusver nog niet vastgesteld.

3.6 De doeltreffendheid van preventieve maatregelen controleren

De risicobeoordeling moet geregeld opnieuw worden gezien en de keuze en uitvoering van risicobeheersmaatregelen moet regelmatig worden gecontroleerd en op doeltreffendheid getoetst. Dit houdt in dat geverifieerd moet worden of alle beschermingsvoorzieningen, zoals cleanbenches of laminaire luchtstroomkasten, naar behoren functioneren en dat alle ventilatieapparatuur en de bijbehorende filtersystemen regelmatig moeten worden geïnspecteerd. Daarnaast dient de geschiktheid van PBM's te worden gecontroleerd, en moeten zo nodig aanpassingen worden gedaan.

De doeltreffendheid van een risicobeperkende maatregel kan worden beoordeeld door meting van de concentratie nanomaterialen in de lucht voor en na de preventieve maatregel. De blootstellingsniveaus die bij toepassing van risicobeheersmaatregelen worden gemeten mogen niet significant verschillen van achtergrondconcentraties, die gemeten worden wanneer er geen bron van synthetische nanomaterialen is. Er kunnen ook andere, indirecte metingen voor de doeltreffendheid van technische preventiemaatregelen worden toegepast, zoals rooktests en/of luchtsnelheidsmetingen.

Mogelijk worden er in de toekomst OEL-waarden ontwikkeld. Voldoen aan deze grenswaarden zal echter niet volstaan; het hoofddoel bij de beheersing van risico's op het werk moet het minimaliseren van blootstelling zijn. Er zijn op dit moment enkele benaderingen voor het ontwikkelen van 'benchmark'-niveaus voor nanomaterialen [37, 38].

Referenties

1. Europese Commissie (EC), Aanbeveling van de Commissie van 18 oktober 2011 inzake de definitie van nanomateriaal, PB L 275, blz. 38-40, 2011. Beschikbaar op: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>.
2. Europese Commissie (EC), Commission Staff Working Paper: *Types and uses of nanomaterials, including safety aspects. Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*, SWD(2012) 288 final, Brussel, 3 oktober 2012. Beschikbaar op: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
3. Europees Agentschap voor veiligheid en de gezondheid op het werk (EU-OSHA), *Workplace Exposure to Nanoparticles*, Europese Waarnemingspost voor risico's, literatuurbesprekingen, 2009. Beschikbaar op: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles.
4. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, rapport van het Allianz Center for Technology en de OESO. Beschikbaar op: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>.
5. Murashov, V., 'Occupational exposure to nanomedical applications', *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: blz. 203-213.
6. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L.A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively*, U.S. Environmental Protection Agency, Report No. 12-P-0162, 2011. Beschikbaar op: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>.
7. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology—Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Publication No. 2009-125, 2009.
8. Gratieri, T., Schaefer, U.F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K.H., Lopez, R.F.V., Schneider, M., 'Penetration of quantum dot particles through human skin', *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): blz. 586-595.
9. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Publication No. 2012-147, 2012.
10. Senjen, R., *Nanomaterials Health and Environmental Concerns*, European Environmental Bureau, 2009. Beschikbaar op:

- <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>
11. Richtlijn 89/391/EEG van de Raad van 12 juni 1989 betreffende de tenuitvoerlegging van maatregelen ter bevordering van de verbetering van de veiligheid en de gezondheid van de werknemers op het werk, PB L 183, 29 juni 1989. Beschikbaar op: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1989L0391:20081211:EN:PDF>
 12. Richtlijn 98/24/EG van de Raad van 7 april 1998 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van werknemers tegen risico's van chemische agentia op het werk (14e bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG). Beschikbaar op: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:EN:PDF>
 13. Richtlijn 2004/37/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende de bescherming van de werknemers tegen de risico's van blootstelling aan carcinogene of mutagene agentia op het werk (zesde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG van de Raad). Beschikbaar op: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=9rppJ3hZ9VnKZQTNQpWhhwF7rF1sQG0PpNQ3ctD7hYgIWLysGLGT!-663730610?uri=CELEX:32004L0037R\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/;ELX_SESSIONID=9rppJ3hZ9VnKZQTNQpWhhwF7rF1sQG0PpNQ3ctD7hYgIWLysGLGT!-663730610?uri=CELEX:32004L0037R(01))
 14. Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad van 18 december 2006 inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening (EEG) nr. 793/93 van de Raad en Verordening (EG) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijnen 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG en 2000/21/EG van de Commissie, PB L 396 van 30 december 2006. Beschikbaar op: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:en:N0T>
 15. Verordening (EG) nr. 1272/2008 van het Europees Parlement en de Raad betreffende de indeling, etikettering en verpakking van stoffen en mengsels (CLP-verordening), PB L 353 van 31 december 2008. Beschikbaar op: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>
 16. Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., 'Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles', *TemaNord*, 2007: 581, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 2007.
http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007%E2%80%9393581/at_download/publicationfile
 17. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, 2008. Beschikbaar op: <http://www.nano4all.nl/Reporshortsummary.pdf>
 18. Austrian Central Labour Inspectorate (ACLI), *Use of Nano at the Workplace*, 2009. Beschikbaar op: [http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano Untersuchung.pdf](http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano%20Untersuchung.pdf)
 19. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels Associated with the Use of Engineered Nanomaterials*. Beschikbaar op: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>
 20. Verordening (EU) nr. 453/2010 van de Commissie van 20 mei 2010 tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH), PB L 133 van 31 mei 2010.
 21. Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA), *Richtsnoer voor het samenstellen van veiligheidsinformatiebladen*, december 2011. Beschikbaar op: http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_en.pdf
 22. Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO), 'Emission assessment for the identification of sources and release of airborne manufactured nanomaterials in the workplace: compilation of existing guidance', *ENV/JM/MONO*, series on the safety of manufactured nanomaterials, number 11, 2009.
 23. Van Duuren-Stuurman, B., Vink, R., Verbist, K. J. M., Heussen, H. G. A., Brouwer, D. H., Kroese, D. E. D., Van niftrik, M. F. J., Tielemans, E., Fransman, W., 'Stoffenmanager Nano

- Version 1.0: A web-based tool for risk prioritization of airborne manufactured nano objects', *Ann Occup Hyg*, 2012, 56(5): blz. 525-541.
24. Paik, S.Y., Zalk, D.M., Swuste, P., 'Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures', *Ann Occup Hyg*, 2008, 52(6): blz. 419-428.
 25. Zalk, D.M., Paik, S.Y., Swuste, P., 'Evaluating the control banding nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures', *J Nanoparti Res*, 2009, 11(7): blz.. 1685-1704.
 26. Zalk, D.M., Paik, S.Y., 'Control banding and nanotechnology', *The Synergist*, 2010, 3(10): blz. 2629.
 27. Teknologisk Institut, *Nanopartikler i arbejdsmiljøet - Viden og inspiration om håndtering af nanomaterialer*, Center for Arbejdsliv/Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, 2010.
 28. ANSES, *Development of a Specific Control Banding Tool for Nanomaterials*, report, 2010. Beschikbaar op <http://www.anses.fr/Documents/AP2008sa0407EN.pdf> (geraadpleegd op 26 juni 2012).
 29. FNV, VNO-NCV, CNV, *Guidance Working Safely with Nanomaterials and Nanoproducts-The Guide for Employers and Employees*, Version 1.0, 2011. Beschikbaar op: <http://www.industox.nl/Guidance%20on%20safe%20handling%20nanomats&products.pdf>
 30. International Council on Nanotechnology (ICON), *GoodNanoGuide*, 2010. Beschikbaar op: <http://www.goodnanoguide.org/tiki-index.php?page=HomePage>
 31. British Standards (BSI), *Nanotechnologies -Part 2: Guide to Safe Handling and Disposal of Manufactured Nanomaterials*, PD 6699-2:2007.
 32. Richtlijn 89/656/EEG van de Raad van 30 november 1989 betreffende de minimumvoorschriften inzake veiligheid en gezondheid voor het gebruik op het werk van persoonlijke beschermingsmiddelen door de werknemers (derde bijzondere richtlijn in de zin van artikel 16, lid 1, van Richtlijn 89/391/EEG). Beschikbaar op: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/workplaces-equipment-signs-personal-protective-equipment/osh-directives/4>
 33. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, 'Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden', *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Beschikbaar op: http://www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden_sichere_Verwendung_Nanomaterialien_Lack_Farbenbranche.pdf
 34. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?*, DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. Beschikbaar op: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf
 35. UK NanoSafety Partnership Group (UKNSPG), *Working Safely with Nanomaterials in Research & Development*, augustus 2012. Beschikbaar op: http://www.liv.ac.uk/media/livacuk/safety/documentsguidance/Working_Safely_with_Nanomaterials_-_Release_1.0_-_Aug2012.pdf
 36. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben*, ongedateerd. Beschikbaar op: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (geraadpleegd op 3 december 2012).
 37. De Nederlandse Sociaal-Economische Raad (SER), *Voorlopige nanoreferentiewaarden voor synthetische nanomaterialen*, 2012. Beschikbaar op: http://www.ser.nl/en/sitecore/content/Internet/en/Publications/Publications/2012/2012_01.aspx (geraadpleegd op 20 oktober 2012).
 38. Nanowerk, *SAFENANO Team Complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials*, 2012. Beschikbaar op: <http://www.nanowerk.com/news/newsid=4136.php>