

Dossier nanotechnologie

Opgesteld door:
Ralf Cornelissen
Gert van der Laan
Dick Hoeneveld
Harry Tweehuysen

1 juli 2011

Inhoudsopgave

1	Beschrijving onderwerp.....	4
1.1	Beschrijving onderwerp	4
1.2	Psychosociale aspecten	5
1.3	Omvang problematiek	8
2	Relevante werksituaties	9
2.1	Levenscyclus van nanomaterialen	9
2.2	Voorkomen en gebruik van nanoprodukten	10
2.3	Relevante branches en beroepen	11
3	Inventarisatie- en evaluatie.....	15
3.1	Risico-inventarisatie	15
3.2	Meten.....	16
3.2.1	Blootstellingsbeoordeling.....	16
3.2.2	Control Banding	17
3.3	Blootstellingsmeting.....	25
3.4	Effectmeting.....	28
4.	Wetgeving.....	31
4.1	Arbowet.....	31
4.2	Arbobesluit.....	32
4.3	Arboregelingen	32
4.4	Overige nationale wetgeving	32
4.4.1	Handhaving.....	32
4.5	Europese wetgeving	33
4.5.1	Europese wetgeving	33
4.5.2	REACH	33
4.5.3	Europese Cosmetics Richtlijn.....	34
5.	Beleid	36
5.1	Arboconvenanten.....	36
5.2	Cao-afspraken	36
5.3	Brancheafspraken	36
5.4	Standaardisatie en normalisatie	37
5.5	Certificering.....	38
6.	Beheersmaatregelen	39
6.1	Arbeidshygiënische strategie.....	39
6.1.1	Bronmaatregelen	39
6.1.2	Organisatorische maatregelen	40
6.1.3	Technische maatregelen	41
6.1.4	Persoonlijke beschermingsmiddelen	41
6.2	Psychosociale aspecten van beheersmaatregelen	42
6.3	Implementatie van beheersmaatregelen	42
7	Medisch Onderzoek.....	44
7.1	Gezondheidseffecten en beroepsziekten	45
7.1.1	Gezondheidseffecten.....	45
7.1.2	Beroepsziekten	47
7.1.3	Kwetsbare groepen.....	47
7.2	Diagnostiek en behandeling/begeleiding.....	49
7.2.1	Diagnostiek	50
7.2.2	Behandeling en begeleiding	51
7.2.3	Preventief medisch onderzoek inclusief vroegdiagnostiek.....	52
8.	Werkgeversverplichtingen.....	55

9. Werknemersverplichtingen.....	56
10 Werknemersrechten	57
10.1 Rechten individuele werknemer	57
10.2 Rechten medezeggenschapsorgaan.....	57
11. Praktijkverhalen	58
12 Referentie auteurs	59
13 Peer review.....	59
14. Referenties	60

1 Beschrijving onderwerp

1.1 Beschrijving onderwerp

Wat is nanotechnologie?

Nanotechnologie kan omschreven worden als het ontwerpen, produceren, manipuleren en toepassen van structuren op nanoschaal waarvan een of meer dimensies onder de 100 nanometer liggen. De materialen die door middel van nanotechnologie gemaakt worden, noemen we nanomaterialen. Wanneer in dit dossier gesproken wordt over nanomaterialen, dan worden hiermee de bewust gefabriceerde (synthetische) nanomaterialen bedoeld, en niet de deeltjes die onbedoeld vrijkomen of reeds van nature in het milieu aanwezig zijn. Momenteel is er nog geen breed geaccepteerde definitie voor nanomaterialen en –producten vastgesteld, waardoor er verschillende definities naast elkaar gebruikt worden (1, 2, 3). De overeenkomst tussen de verschillende gehanteerde definities is dat ze betrekking hebben op deeltjes tussen de 1 en 100 nanometer. In dit kennisdossier wordt de definitie gebruikt zoals gehanteerd door het Nederlandse kabinet (en door de Sociaal Economische Raad (4)) in de verschillende rapporten over nanotechnologie. De definitie zoals in dit arbokennisdossier is gebruikt, is opgesteld door de International Organization for Standardization (ISO) (2).

*De International Organization for Standardization (ISO) **definieert een nanodeeltje** als een deeltje met een nominale diameter kleiner dan ongeveer 100 nm en een synthetisch nanodeeltje als een deeltje met synthetische kenmerken kleiner dan ongeveer 100 nm, die mogelijk de fysische, chemische en/of biologische eigenschappen ervan beïnvloeden. Een synthetisch nanodeeltje kan een maximum afmeting hebben die substantieel groter is dan 100 nm. Zo wordt een agglomeraat nanomaterialen met een diameter van 500 nm ook beschouwd als een synthetisch nanodeeltje”.*

Verder definieert de ISO diverse subcategorieën van nanomaterialen (2). Als algemene definitie voor een *nano-object* geeft men: 'een materiaal met één, twee of drie externe dimensies ter grootte van ongeveer 1 tot 100 nm'. Veeel wordt de ruimtelijke verschijningsvorm als subcategorie genomen; men onderscheidt hier (A) *nanoplaatje*, een nano-object met één externe dimensie in de nanoschaal, (B) *nanovezel*, een nano-object met twee externe dimensies in de nanoschaal, waarbij een *nanobuisje* hol is, en een '*nanostaafje*' een massieve vezel (staafjes, naaldjes en draadjes vallen ook in deze categorie), en (C) *nanodeeltje*, een nano-object met alle drie de dimensies in de nanoschaal.

De definitie van nanomaterialen en de daarmee samenhangende blootstelling op de werkplek is (anno 2011) nog steeds onderwerp van discussie. In de internationale literatuur wordt naast de hierboven beschreven definitie ook een definitie aangehouden voor nanomaterialen als zijnde structuren in de nanoschaal met twee of meer dimensies die onder de 100 nanometer liggen.

Naast de veelgebruikte ISO definitie is ook de Europese Commissie bezig met het formuleren van een definitie voor nanomaterialen die gebruikt kan worden voor implementatie in wet- en regelgeving (5, 6). 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. Het voorstel voor een definitie van de Europese Commissie is onderstaand weergegeven:

Een nanomateriaal is een materiaal dat op zijn minst voldoet aan één van de volgende criteria:

- Het bestaat uit deeltjes waarvan meer dan 1% van de deeltjesgrootteverdeling valt in het bereik van 1 – 100 nm (met één of meer externe dimensies);
- Heeft interne- of oppervlaktestructuren in één 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).

Voor de definitie van een deeltje wordt de definitie aangehouden zoals geformuleerd in ISO 146446:2007.

Nanomaterialen en ultrafijn stof

Voor de begripvorming en de leesbaarheid voor de rest van het dossier wordt kort ingegaan op het onderscheid tussen ultrafijnstof en nanomaterialen. Cruciaal in het begrip van wat een nanomateriaal is, en wat daar nieuw aan is, is het gegeven dat nanomaterialen door de mens worden ontworpen, geproduceerd, gemanipuleerd en toegepast. Zij worden aangeduid als synthetische nanomaterialen, of met de Engelse naam 'engineered nanoparticles' (ENP) of Manufactured Nano Objects (MNO). De synthetische nanomaterialen verschillen van de overige deeltjes in die zin dat ze doelbewust door de mens geproduceerd worden.

(ultra) Fijn stof verschilt van synthetische nanomaterialen op het punt van doelbewuste productie. Bij (ultra) fijn stof gaat het om deeltjes die niet met opzet door de mens in de lucht worden gebracht of daar vanuit de natuur aanwezig zijn. In de regel is (ultra) fijn stof een milieu uitdrukking.

Grofweg kunnen deeltjes in het nanobereik ingedeeld worden in drie categorieën: (I) van nature voorkomende deeltjes als condensatieproducten, (vulkanisch)as, mineralen etc.), (II) door de mens geïnduceerde nanomaterialen. Dit zijn in de regel bijproducten van processen met hoge temperatuur zoals verbranding, industriële processen, lassen etc. (III). De laatste categorie betreft de synthetische nanomaterialen.

Nanoproduct

Net als bij het vaststellen van een definitie voor nanomaterialen, zal er ook discussie zijn over de definitie van een nanoproduct. Wat is precies een nanoproduct en wanneer spreken we van een nano(eind)product? Ondanks dat er nog geen definitie is vastgesteld (vanuit wet- en regelgeving) kan gesteld worden dat een nanoproduct een product is waarin **welbewust** "synthetische" nanomaterialen worden toegepast, met het oogmerk om aan het product specifieke producteigenschappen toe te voegen.

1.2 Psychosociale aspecten

Invloed op gedrag

De risico's achter Nano deeltjes zijn voor een werknemer niet goed in te schatten. Er is nog weinig bekend over de risico's en dat wat er bekend is is niet te zien of te voelen. Volgens de Theory of planned behavior (Ajzen, I., & Fishbein, M. (2005). The influence of attitudes on behavior) wordt daardoor de verwachting die een medewerker heeft over de controleerbaarheid van het risico duidelijk verlaagd. Dit geeft een verlaagde gedragsintentie en een verlaagd gevoel van controleerbaarheid over het risico. Het werk geeft hierdoor een verhoogde beleving van werkdruk.

Bij een langere duur van het ondergaan van dit onbekende risico wordt de Self-efficacy, het vertrouwen in zichzelf om te kunnen handelen lager (7). De beleving is afhankelijk van de betekenisgeving. De medewerker kan er de betekenis aan geven er is toch niets aan te doen en er onverschillig van worden. Of de medewerker kan zich er voortdurend door laten verontrusten.

Emotionele energie

De aanwezigheid van een onbekend risico heeft invloed op het emotioneel welbevinden. De medewerker is bewust en onbewust bezig met betekenis geven aan dit risico. Hij wil informatie en zoekt naar bevestiging.

Onderzoek naar effecten

In het Verenigd Koninkrijk is door de Health and Safety Executive (HSE) in 2006 onderzoek gedaan naar psychosociale gevolgen van ongevallen en gezondheidsincidenten. Hoewel dit onderzoek niet specifiek gericht is op de gevolgen van blootstelling aan nano deeltjes worden wel verschillende casussen op dit vlak beschreven. Klik [hier](#) voor het volledige onderzoek.

Gevolgen voor het individu

Bij casuïstiek waarbij ernstige gezondheidseffecten zich manifesteren zoals bij mesothelioom en silicose worden de emotionele effecten als bijzonder sterk omschreven. Deze effecten hebben geleid tot lange perioden van angst voornamelijk over de toekomst. Hiernaast worden in het onderzoek ook

symptomen van depressie genoemd. In alle gevallen hebben de slachtoffers hierover contact gezocht met hun behandelend arts.

In het geval van allergische reacties zijn de emoties van betrokkenen vooral gericht op angsten en onzekerheid over de toekomst. Bij de bespiegelingen over de toekomst spelen onzekerheid over de mate van sensibiliteit, consequenties voor het werk en persoonlijke gevolgen een belangrijke rol. Opvallend is dat deze zorgen niet in alle gevallen besproken zijn met de behandelend arts. Bij de behandeling van lichamelijke klachten is het dan ook aan te bevelen dat de behandelaar het initiatief neemt tot het bespreekbaar maken van deze zorgen.

Angst voor blootstelling

Uit onderzoek bij politieagenten (Van den Heuvel en Houtman, 2001) weten we dat de hoge emotionele belasting in het werk bijdraagt aan het ontwikkelen van psychische klachten, zoals emotionele uitputting. Kenmerkend is aanhoudende vermoeidheid na geringe inspanning. Gevolgen zijn onder andere slaapproblemen, prikkelbaarheid en onvermogen te ontspannen. Er is helaas geen informatie bekend over de gevolgen van de emotionele belasting die gepaard gaat met de angst blootgesteld te worden aan (zeer) gevaarlijke stoffen. Aangenomen mag worden dat deze angst bestaat en in sommige gevallen (bij gebrekkige beheersmaatregelen) ook reëel kan zijn. Naarmate de perceptie van gevaar groter is zullen ook de angsten voor mogelijke gevolgen van blootstelling toenemen.

We hebben hier echter te maken met een langdurige blootstelling aan iets waar we niet van weten of het gevaarlijk is. De angst voor het onbekende kan emotioneel erg belastend zijn maar het kan ook omslaan in onverschilligheid. Deze onverschilligheid kan echter wel weer omslaan als er bijvoorbeeld iets over gepubliceerd wordt.

Angst na blootstelling

Een duidelijk voorbeeld van angst voor schadelijke gevolgen na blootstelling is een zogenaamd prikaccident. Het is bekend dat prikaccidenten (afhankelijk van soort en bron) kunnen leiden tot gezondheidsschade. Prikongevallen hebben naast deze mogelijke gezondheidsschade ook een psychologische weerslag op de getroffen werknemer zoals angst, ongerustheid voor de risico's en resultaten, depressie, ontkenning, seksuele dysfunctie en slaapproblemen.

Blootstelling aan grote hoeveelheden nanomateriaal bijvoorbeeld na een ongeval of een productiefout, geeft veel onzekerheid. Je kunt heel lang niet weten of het gevaarlijk geweest is. Het is redelijk te veronderstellen dat er dan vergelijkbare ongerustheidsverschijnselen kunnen ontstaan bij het werken met nanomaterialen en –producten.

Werkdruk

Om goed te kunnen functioneren hebben we een bepaalde mate van spanning nodig. Wanneer de hoeveelheid spanning die het werk met zich meebrengt echter groter is dan we kunnen hanteren is er geen sprake meer van een functionele spanning maar van stress.

Effecten van stress zijn onder andere: verminderd concentratievermogen, verminderd vermogen om prioriteiten te bepalen, sneller vergissingen en fouten maken, besluiteloosheid, blikvernaauwing, prikkelbaarheid, haastgevoelens en verwardheid. Stress leidt dus tot verminderde prestaties en verstoort onze gemoedsgesteldheid. Tijdens het werken met gevaarlijke stoffen kunnen deze effecten verstrekkende gevolgen hebben. Beoordelingsfouten door verminderde concentratie kunnen leiden tot onverhoopte blootstelling of ongevallen met ernstig letsel tot gevolg. Aandacht door werkgevers voor werkdruk, of meer algemeen Psychosociale Arbeidsbelasting (PSA), is van belang om stress en (fysieke) uitputting door stressreacties te voorkomen. Klik [hier](#) voor meer informatie over PSA.

Risicoperceptie

[Risicoperceptie](#) wordt voor een deel bepaald door de daadwerkelijke omvang van het betreffende risico. Er zijn echter belangrijke vertekeningen in de perceptie mogelijk. Deze vertekeningen komen voort uit drie belangrijke bronnen: kenmerken van het risico zelf, de "voorstelbaarheid" van het risico en de eventuele betrokkenheid van de werknemer.

Werknemers onderschatten risico's vooral wanneer:

- het (relatief) grote risico's zijn;
- men dat risico zelf loopt;
- men denkt het risico te kunnen controleren door eigen handelen;
- het voor de betrokkene een bekend (in plaats van een nieuw) risico is;
- het aantal mensen dat blootgesteld wordt relatief klein is;

Over het algemeen is het niet eenvoudig om de vertekening van risicoperceptie tegen te gaan. Door op een juiste wijze te [communiceren](#) (zie dossier Algemeen Stoffenbeleid, paragraaf 6.2, pag. 66) over risico's kan deze perceptie meer in overeenstemming worden gebracht met de werkelijkheid. In het geval van nanomaterialen is er echter nog weinig bekend zodat een goede risicoperceptie (nog) niet mogelijk is.

Algemeen

Naast deze voor nanotechnologie specifieke aspecten zijn er ook meer algemene psychosociale effecten. Deze algemene tekst is te raadplegen in het dossier [Algemeen Stoffenbeleid](#) en in het dossier [Kankerverwekkende, mutagene en teratogene stoffen](#).

1.3 Omvang problematiek

De mogelijke blootstelling aan nanomaterialen tijdens het werk is nog met veel onzekerheden omgeven. Niet alleen zijn er nog onzekerheden over mogelijke gezondheidsrisico's, maar ook over de aard en de omvang van de blootstelling voor werknemers en de vraag of men blootgesteld kan worden aan de nanomaterialen tijdens het bewerken van nanoprodukten. Wanneer medewerkers potentieel blootgesteld kunnen worden aan materialen met nog (deels) onbekende gezondheidsrisico's is het van belang om goed in kaart te brengen waarover men spreekt. Omdat chemisch identieke nanomaterialen in diverse vormen kunnen voorkomen, is het wenselijk om elke toepassing van nanomaterialen afzonderlijk op de mogelijke gevaren te beoordelen.

Dezelfde eigenschappen die nanodeeltjes vanuit technologisch oogpunt zo interessant maken, zoals een hoge reactiviteit en het vermogen om barrières te passeren, zouden hen ook gevaarlijk kunnen maken voor mens en milieu. Het inzicht in mogelijke risico's is echter nog verre van volledig. Met de opkomst van nanotechnologieën richt onderzoek naar blootstelling en de toxicologie de aandacht steeds meer op de fijnste stofdeeltjes, de nanodeeltjes. Hierbij staan onderzoekers voor de vraag in hoeverre de beschikbare kennis over 'traditionele' microdeeltjes en over de in de buitenlucht voorkomende nanodeeltjes (ultrafijnstof) bruikbaar is voor de beoordeling van de risico's van synthetische nanodeeltjes, zoals nanotubes, fullerenen, nanodraden, quantum dots en deeltjes die ingezet worden voor geneesmiddeltransport en diagnose.

Doordat de nanomaterialen andere fysische eigenschappen hebben dan de macro varianten van dezelfde stof, zullen andere blootstellingsparameters beoordeeld moeten worden dan bij de beoordeling van stoffen in macro vorm. Meer informatie over blootstelling en mogelijke relevante blootstellingsmaten om het risico van blootstelling in uit te drukken is opgenomen in hoofdstuk 3.3., paragraaf 3.3. van dit kennisdossier.

Verwante Arbokennisnet dossiers

Dossiers die wat betreft onderwerp raakvlakken hebben met dit dossier over blootstelling aan synthetische nanomaterialen zijn de arbokennisdossiers die het werken met gevaarlijke stoffen beschrijven. Het betreft de volgende dossiers:

[Dossier RI&E](#)

[Dossier Algemeen stoffenbeleid](#)

[Dossier Carcinogene mutagene en teratogene stoffen](#)

2 Relevante werksituaties

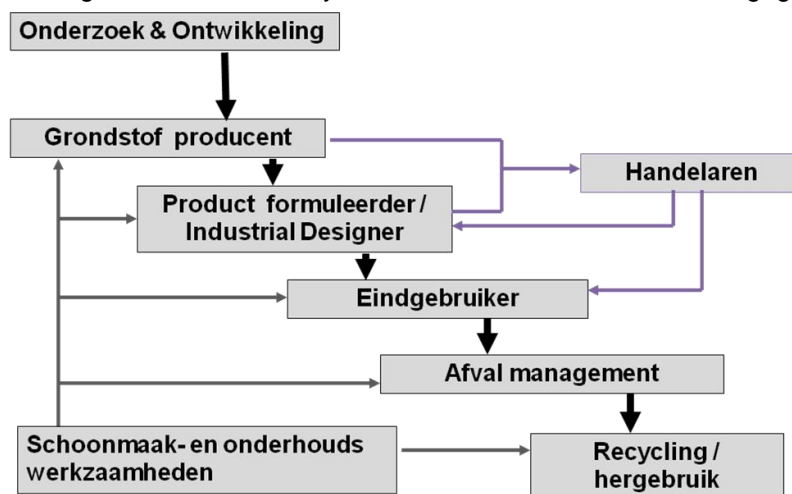
2.1 Levenscyclus van nanomaterialen

Medewerkers kunnen in diverse fasen van de levenscyclus van het nanomateriaal blootgesteld worden aan vrijkomend nanomateriaal. De aard en mate van blootstelling zal mede afhangen van betreffende fase van de levenscyclus waarin de medewerker blootgesteld wordt aan het nanomateriaal. De werkzaamheden van de medewerker in de levenscyclusfase zal mede bepalen of de medewerker wordt blootgesteld aan de pure/zuivere nanodeeltjes (voor zover mogelijk), aan agglomeraten en aggregaten van nanodeeltjes (eventueel gebonden aan andere (nano)deeltjes), of aan deeltjes afkomstig van nanoprodukten.

Op hoofdlijnen zijn er vijf fasen in de levenscyclus van nanomaterialen te onderscheiden. Schoonmaak- en onderhoudswerkzaamheden in werkruimten en aan machines en installaties zijn activiteiten die door de hele keten van het nanomateriaal voorkomen en komen in elke fase van de levenscyclus voor.

1. Onderzoek & Ontwikkeling
Wetenschappelijk en commercieel onderzoek naar de vervaardiging van materialen en producten. Het betreft hier de ontwerpfase van het deeltje of het product.
2. Primaire productie
Productie van nanomaterialen die bedoeld zijn om gebruikt te worden als grondstof in een product of halffabricaat.
3. Secundair gebruik
In deze fase worden nanomaterialen gebruikt als grondstof in een eindproduct of halffabricaat (bijvoorbeeld het inmengen van een nanomateriaal in een coating, of in beton). Ook de handel en distributie van halffabricaten hoort in deze fase thuis.
4. Eindgebruikers en consumenten
Het gewenste gebruik van het nanomateriaal of nanoprodukt (verf, beton, schoenspray etc.). Het bewerken (bijvoorbeeld het boren in beton) en verwijderen van nanoprodukten (het verwijderen van een coating/verf) horen ook in deze fase thuis.
5. Afvalfase
In de afvalfase kunnen diverse situaties onderscheiden worden, zoals hergebruik van materiaal binnen een bedrijf, demontage van nanoprodukten en het aanbieden van nanomaterialen en nanoprodukten voor afvalverwerking of recycling.

Een schematische weergave van de levenscyclus van het nanomateriaal is weergegeven in figuur 1.

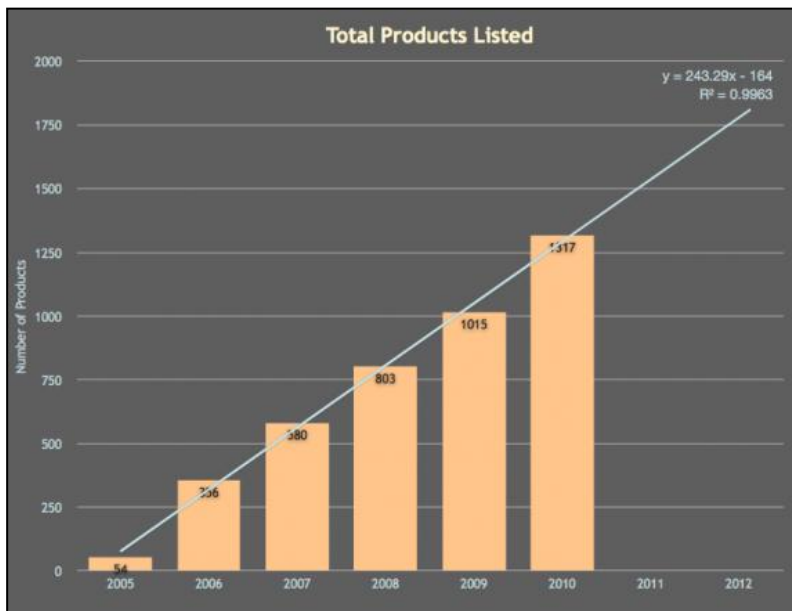


Figuur 1 Levenscyclus van nanomaterialen

2.2 Voorkomen en gebruik van nanoproducten

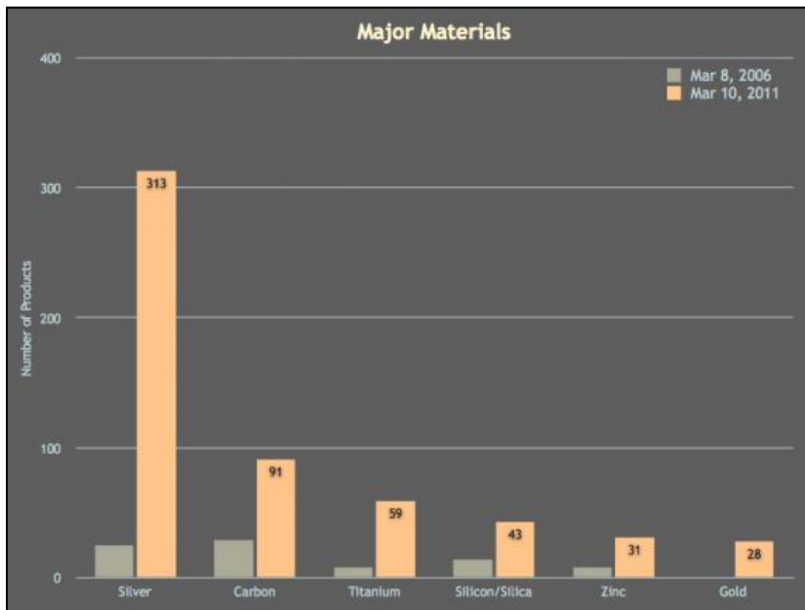
Doordat nanotechnologie en het gebruik van nanomaterialen nog een relatief korte historie heeft, is het nu nog moeilijk om een goed beeld te geven van branches en beroepen waar (veel) met nanomaterialen gewerkt wordt. Het ontbreken van een goed beeld van dit gebruik heeft mede te maken met de mogelijke risico's die verbonden zijn aan het werken met nanomaterialen en producten. Deze onzekerheden zijn er mede de oorzaak van dat enerzijds werkgevers/producenten niet 'open' zijn in de communicatie over het gebruik van nanomaterialen en anderzijds zijn werkgevers en werknemers nog niet echt bereid om met nanomaterialen te werken, zolang de risico's niet bekend zijn. Verder zijn de afgelopen jaren (deels ten onrechte) producten van een nanoclaim voorzien, waardoor niet altijd duidelijk is of het betreffende product nanomaterialen bevat.

Er komen steeds meer (consumenten)producten op de markt waarin nanomaterialen verwerkt zijn. Dit wordt o.a. geïllustreerd door figuur 2. De figuur is afkomstig van het [Nanotech Project](#), een samenwerking tussen het Woodrow Wilson International Center for Scholars en de Pew Charitable Trusts. Deze website houdt onder andere een database up-to-date met daarin het aantal consumentenproducten waarin nanomaterialen verwerkt zijn. Via de website kan o.a. per productgroep of per land gezocht worden welke consumentenproducten opgenomen zijn.



Figuur 2 Aantal producten opgenomen in de inventarisatie, uitgesplitst per jaar, met regressieanalyse

In figuur 3 is schematisch weergegeven welke chemische verbindingen vooral in de nanoproducten gebruikt worden.



Figuur 3 Aantal producten waarin een bepaald type nanomateriaal gebruikt wordt.

Naast werknemer blootstelling kan er ook eindgebruiker blootstelling aan nanomaterialen plaatsvinden door gebruik van consumenten producten (o.a. via verven, coatings, schoenspray etc.) of als gevolg van het gebruik van medicijnen. Voor meer informatie over blootstelling van consumenten aan nanomaterialen wordt verwezen naar rapporten die uitgebracht zijn door het RIVM (8, 9, 10, 11,12) en waarvan de meeste vrij te raadplegen zijn via de website van het [KIR-nano van het RIVM](#).

De Voedsel en Waren Autoriteit (VWA) heeft in 2010 een studie uitgebracht, waarin de resultaten van de inventarisatie van het aantal en soort consumentenproducten met nanomaterialen op de Nederlandse markt is beschreven (13). Uit de inventarisatie kan worden opgemaakt dat het aantal consumentenproducten met nanodeeltjes (ca. 120 in 2010) t.o.v. 2007 (100) niet veel gestegen is. Hierbij moet vermeld worden dat de VWA in het kader van het project niet gecontroleerd heeft of er daadwerkelijk nanomaterialen in de gevonden producten voorkomen. Het geeft wel een beeld van het soort producten waarin nanomaterialen momenteel gebruikt worden.

2.3 Relevante branches en beroepen

Het werken met nanomaterialen en producten waarin nanomaterialen verwerkt zijn staat relatief gezien nog in de kinderschoenen. Er is momenteel geen eenduidig overzicht van Nederlandse bedrijven (bedrijfstakken) en instellingen die in de nanotechnologie actief zijn, of gebruik maken van nanomaterialen in hun producten. Doordat nanomaterialen nog niet eenduidig gelabeld zijn en doordat de verspreiding van informatie door de gebruiksketen heen (van producent, naar formuleerder, naar eindgebruiker) nog niet optimaal is, zal niet voor elke toepassing bekend zijn of men daadwerkelijk met nanomaterialen werkt. Het Veiligheidsinformatieblad (VIB) en de technische productbeschrijving (TDS) geven hier ook niet altijd uitsluitel over.

Het beschrijven van potentiële toepassingen van nanomaterialen en mogelijke toepassingen in nanoprodukten in de diverse branches is momenteel nog erg lastig. Een inschatting zal een momentopname zijn, gebaseerd op de huidige inzichten en verschenen (wetenschappelijke) publicaties. Ingeschat moet worden of verwachtingen uit het fundamenteel onderzoek ook de weg naar de daadwerkelijke toepassing in de markt weten te vinden.

In Nederland zijn verschillende studies verricht naar het aantal mogelijk aan nanomaterialen blootgestelde werknemers in Nederland. Een eerste studie is verricht door Borm et al. in 2008 (14). Dit onderzoek richtte zich vooral op onderzoek en ontwikkeling en de productie van nanomaterialen (de eerste twee fases van de levenscyclus). Zij concludeerden op basis van de benaderde bedrijven dat circa 400 medewerkers in kennisinstellingen en productiebedrijven regelmatig werkzaamheden

verrichten met nanomaterialen (in verschillende vormen en chemische samenstelling). Dit is ongeveer 1% van de totale populatie werknemers betrokken bij de onderzoekspopulatie. Hiervan werken circa 200 personen bij bedrijven waar carbon black, amorf silica en Metaaloxiden worden verwerkt. Het gebruik van deze nanodeeltjes bedraagt meerdere tonnen per jaar. In de kennisinstellingen werken circa 137 mensen met diverse nanoprodukten meestal in de ontwikkelingsfase. De hoeveelheden experimentele, synthetische nanodeeltjes liggen tussen 1 en 100 gram per jaar.

Om inzicht te krijgen in de omvang van het gebruik van nano(eind)producten in Nederland, in die fasen van de levenscyclus van nanomaterialen ná de feitelijke productie van nanomaterialen, is door TNO Kwaliteit van Leven op verzoek van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aanvullend onderzoek verricht. Dit onderzoek is (deels) uitgevoerd in 2010 en is te beschouwen als aanvulling van het onderzoek dat is uitgevoerd door Borm et al. De rapportage van het door TNO uitgevoerde onderzoek is pas na 15 juni 2011 beschikbaar, waardoor de resultaten van dit onderzoek niet opgenomen zijn in (de huidige versie van) dit kennisdossier. Er kunnen daarom geen details beschreven worden van bedrijfssectoren en producten waaraan medewerkers in Nederland blootgesteld worden.

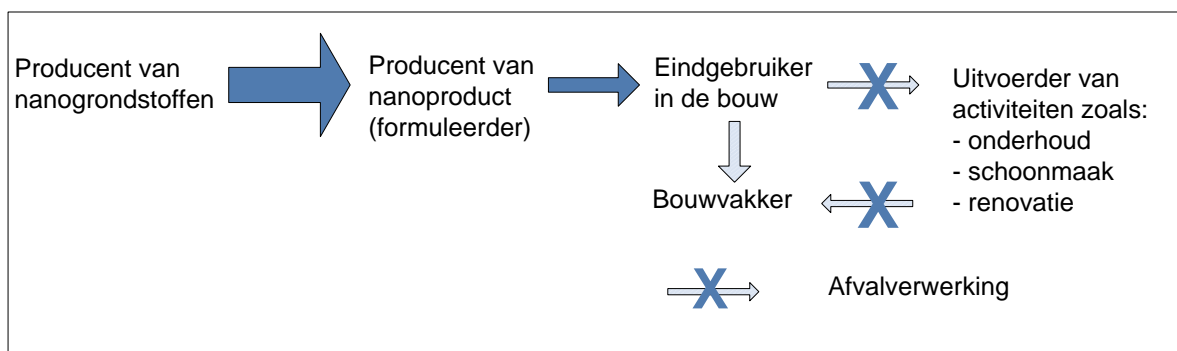
Naast de twee voornoemde studies naar het voorkomen en gebruik van nanomaterialen en producten in Nederland zijn door IVAM UvA twee onderzoeken uitgevoerd naar het voorkomen en gebruik van nanomaterialen en -producten in de bouwnijverheid (15, 16). De voornaamste conclusies uit deze onderzoeken zijn dat met name in de productgroepen cement/beton, coatings en isolatiematerialen gebruik gemaakt wordt van nanotechnologie (zie voor een overzicht tabel 1)¹. Verder bleek dat de kennisoverdracht in de keten over het gebruik van nanomaterialen in producten in de bouwnijverheid aandacht behoeft. Hoe verder men in de keten komt, dus hoe verder van de producent vandaan, hoe slechter de informatieoverdracht naar de volgende schakel in de keten is. Dit 'verdwijnen' van informatie is schematisch weergegeven in figuur 4.

¹ Het overzicht in tabel 1 is verkregen via een vragenlijstonderzoek en interviews onder werkgevers en werknemers in de bouwnijverheid, aangevuld met en internetonderzoek.

Tabel 1 Nanomaterialen die worden toegepast in bouwproducten (16)

<i>Materiaal</i>	<i>Functionaliteit</i>	<i>Nanodeeltje</i>	<i>Manier van toepassen</i>
Cement en Beton	Zelfreinigend oppervlak (fotokatalytisch) verhoogde weerstand tegen verval	TiO ₂	Oppervlakte laag
	Hoge sterkte beton, verhoogde corrosie bestendigheid	SiO ₂ (silica-fume)	Gemengd als additief in het materiaal, vulstof
Isolatie materiaal	Verbeterde isolerende eigenschappen tegen warmte/kou/brand	Nanoporeus materiaal	Aerogel, vaak op basis van SiO ₂ of koolstof
Verven en lakken ^{##}	Verbeterde hechting, verbeterde dekking en aanbrengen van een dunnere verf-/laklaag	Nano-dispersies	
	Transparante verf/lak	Nano-ingrediënten	
	Fotokatalytische, zelfreinigende of waterafstotende eigenschappen	TiO ₂ , ZnO, SiO ₂	Additief
	Antibacteriële eigenschappen	TiO ₂ , ZnO, Ag	Additief
	Krasvast, krasbestendig	SiO ₂ , Aluminiumoxide	Additief
	“Easy-to-clean” oppervlakken	CF-polymeren	Additief
	Brandvertrager	TiO ₂ , SiO ₂ , nano-klei	Additief
	Bescherming van hout tegen UV licht	TiO ₂ , ZnO, CeO ₂ ,	Additief
Bescherming tegen ontkleuring van hout door tannine	Nano-klei	Additief	
Glas	Isolerend glas door warmte reflectie	Wolframoxide	Oppervlakte coating
	Niet-spiegelend glas	Nanoporeus oppervlak SiO ₂	Oppervlakte bewerking Oppervlakte coating
	Brand- en hittebeschermend glas	Metaal oxides SiO ₂	Oppervlakte coating Transparante silica gel als laag tussen twee glaspanelen
	“Easy-to-clean” eigenschappen	Ag, SiO ₂ , CF-polymeren	Oppervlakte coating
	Fotokatalytische, zelfreinigende eigenschappen	TiO ₂	Oppervlakte coating
Infra-structuur	Vermindering van luchtvervuiling door aanbrengen van een fotokatalytische laag op asfalt, bestrating materiaal, geluidschermen en tunnelwanden.	TiO ₂	Oppervlakte coating

^{##} Coatings met vergelijkbare functionaliteit worden ontwikkeld voor vele verschillende materialen zoals hout, plastic, metal, beton, glas, keramiek en natuursteen.



Figuur 4 Overdracht van de nanospecifieke informatievoorziening langs de gebruikersketen omlaag, vanaf de grondstoffeleverancier tot aan degenen die het afvalmateriaal verwerken. De dikte van de pijl stelt globaal de hoeveelheid nanospecifieke informatie voor die wordt verstrekt aan de eerstvolgende gebruiker langs de keten omlaag.

Naast de studies in Nederland, zijn de afgelopen jaren in Europa ook vergelijkbare onderzoeken uitgevoerd in o.a. Zwitserland (17, 18) en in Italië (19). In Zwitserland is een enquête gehouden onder productiebedrijven in Zwitserland om te achterhalen of en hoeveel procent van de medewerkers mogelijk blootgesteld worden aan nanomaterialen in het betreffende bedrijf. Uit het onderzoek komt naar voren dat gemiddeld twee personen per bedrijf direct werkzaamheden verrichten met nanomaterialen. Over de gehele productiesector beschouwd wordt circa 0.08% van de gehele werknemers populatie potentieel direct blootgesteld aan nanomaterialen. In de chemische industrie ligt dit percentage iets hoger en wordt mogelijk 0,5% van de medewerkers in meer of mindere mate direct blootgesteld aan nanomaterialen.

De inventarisatie zoals uitgevoerd in Italië beschrijft de wijze waarop een inschatting is gemaakt van de typen sectoren waar mogelijk met nanomaterialen gewerkt wordt en de potentieel blootgestelde medewerkers per sector. De studie geeft geen inschatting van het percentage blootgestelde medewerkers, maar maakt een inschatting van het totaal aantal mogelijk blootgestelde medewerkers in Italië. Alhoewel er geen concrete percentages genoemd worden geeft de studie inzicht in de sectoren waar medewerkers mogelijk blootgesteld kunnen worden en waar nanotechnologie reeds toegepast wordt.

Op basis van de in deze paragraaf beschreven studies kan onderstaand (indicatief) overzicht weergegeven worden van branches waar verwacht wordt dat met nanomaterialen gewerkt wordt:

- Onderzoek en ontwikkeling (publiek en privaat);
- Productie van verven en drukinkten;
- Productie en toepassing van cement/specie;
- Bouwnijverheid;
- Carrosseriebouw;
- Schilders en glaszetbedrijven;
- Autoschadeherstel sector;
- Cosmetica producenten;
- Rubberindustrie
- Oppervlaktebehandelingsindustrie;
- Ziekenhuizen en universitair medisch centra;
- Keramiek en glasproductie;
- Textielindustrie.

3 Inventarisatie- en evaluatie

3.1 Risico-inventarisatie

Blootstelling aan nanodeeltjes 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 (20). Van al deze mogelijke blootstellingsroutes mag verwacht worden dat de werknemer blootstelling via inademing de meest dominante blootstellingsroute zal zijn.

Naast gezondheidkundige risico's kunnen nanomaterialen in poedervorm zich kenmerken door zelfontbrandende eigenschappen (pyrofoor). Dit vanwege de grote oppervlakte-massa verhouding en de daarmee samenhangende reactiviteit. Wanneer er werkzaamheden uitgevoerd worden met grotere hoeveelheden droge stof wordt geadviseerd om voor gebruik bekend te zijn met de pyrofore eigenschappen van het nanomateriaal. Een praktische uitwerking hiervoor is opgenomen in de Nanosafety guidelines van de TU Delft (21).

Ondanks de veronderstelde extra risico's die aan synthetische nanomaterialen worden toegeschreven heeft de [Nederlandse Overheid](#) geen plannen om aparte wetgeving voor het werken met nanomaterialen in Nederland op te stellen. Volgens de overheid biedt de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) voldoende mogelijkheden voor regulering van het werken met nanomaterialen (22). Volgens de Arbowet is en blijft de werkgever verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de (mogelijke) risico's die werknemers lopen tijdens het werk. 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.

De werkgever is 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 gezondheidkundige gronden, exclusief de haalbaarheid. De werkgever is en blijft verantwoordelijk voor een veilige en gezonde werkomgeving, waarbij de stand van de wetenschap en techniek in acht genomen moeten worden.

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. Hierin verschilt blootstelling aan nanomaterialen niet wezenlijk van blootstelling aan chemische stoffen in macro vorm. Wel zal extra aandacht besteed moeten worden aan het in kaart brengen van voor nanomaterialen relevante gevaaraspecten. Onderzoek laat zien dat voor het inschatten van het risico van nanomaterialen een andere dosimetrie gebruikt moet worden dan voor stoffen in macro vorm.

Blootstelling aan deeltjes in macro vorm wordt meestal uitgedrukt als concentratie in milligram per kubieke meter lucht (mg/m^3). Er zijn echter 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 beschouwd worden als minimum informatie die naast massa vastgelegd moet worden om de toxiciteit van nanomaterialen te onderzoeken (o.a. 23, 24). Typische factoren die de eigenschappen van nanomaterialen (en daarmee de potentiële schadelijkheid) bepalen zijn:

- Deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling (natte toestand) in het relevante medium;
- Specifiek oppervlak (droge toestand) in het relevante medium;
- Kristallijne structuur;
- Oppervlakte reactiviteit;
- Samenstelling van het oppervlak;
- Mogelijke verontreinigingen;

- Aggregatie/agglomeratie in het relevante medium.

De afgelopen jaren zijn diverse handreikingen en leidraden verschenen die helpen bij het inschatten van het risico bij mogelijke blootstelling aan nanomaterialen. Onderstaand overzicht (niet uitputtend) geeft een indruk van de beschikbare hulpmiddelen die de afgelopen jaren zijn verschenen. De meeste hulpmiddelen maken gebruik van de Control Banding methode voor het inschatten van het risico.

- Control Banding Nanotool (25, 26);
- Handleiding veilig werken met nanomaterialen en –producten (27, 28);
- Stoffenmanager nano 1.0 (29);
- Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials (30);
- Control Banding Tool for Nanomaterials (31).

Een aantal van deze hulpmiddelen worden kort beschreven in paragraaf 3.2.2 Control Banding van dit kennisdossier. Dit zijn de hulpmiddelen die momenteel vooral in Nederland gebruikt worden.

3.2 Meten

3.2.1 Blootstellingsbeoordeling

Door hun eigenschappen zijn nanomaterialen in staat om barrières in het lichaam te passeren die voor de stoffen in microvorm niet genomen kunnen worden. Hierdoor kunnen ze in de bloedbaan terecht komen en op die manier naar andere organen getransporteerd worden (ter illustratie: een rode bloedcel heeft een diameter van circa 5.000 nm), bovendien kunnen ze de bloed-hersenbarrière passeren. Proefdieronderzoek naar nanomaterialen van koolstof en goud heeft aangetoond dat nanodeeltjes ook via de neus en de reukzenuw de hersenen kunnen bereiken. Verder zijn er aanwijzingen dat bepaalde nanomaterialen door de placenta kunnen migreren en zo de ongeboren vrucht kunnen bereiken (32, 33). (In recent Nederlands onderzoek (34) kon dit mechanisme echter nog niet onomstotelijk worden aangetoond). Onderzoek laat zien dat de volgende eigenschappen de toxicologische eigenschappen van nanomaterialen beïnvloeden: een sterk vergroot oppervlak (per gewichtseenheid), agglomeratie en aggregatie, aantallen deeltjes (per gewichtseenheid), morfologie (vezelvormig, sferisch, kristallijn) en deeltjesgrootte(verdeling).

Onderzoeken laten zien dat wanneer de longen blootgesteld worden aan ultrafijne- of nanomaterialen, sterkere nadelige effecten op de longen kunnen optreden dan bij blootstelling aan grotere deeltjes. Oppervlakte eigenschappen, en met name de mogelijkheid tot vrije radicaal vorming van de deeltje lijken hierbij een belangrijke rol te spelen (23, 35).

Studies naar de risico's van koolstofnanobuisjes, laten zien dat het mogelijk schadelijke effect van koolstofnanobuisjes mede afhankelijk is van de lengte-diameter verhouding en mate van kluwenvorming van het deeltje (36). Met andere woorden: blijven materialen als vezels, naaldjes en draden stijf, of vertonen ze de mogelijkheid om 'op te rollen', waardoor de hun lengte kleiner wordt en de afweermechanismen van het lichaam de deeltjes kunnen afvoeren. Koolstofnanobuisjes kunnen ontstekingsreacties veroorzaken die lijken op de lichamelijke reactie op blootstelling aan asbestvezels. Dit effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door vezels die een lengte-diameter verhouding hebben vergelijkbaar met die van asbestvezels (lengte-diameter verhouding groter dan 3:1). Momenteel is nog onvoldoende onderzocht welke criteria essentieel zijn om nanomaterialen te karakteriseren en te vertalen naar een relevante risicomaat.

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 is als volgt, waarbij het potentieel risico van hoog naar laag weergegeven is (37):

- Vezelvormig en onoplosbaar;
- Onoplosbare deeltjes waarbij het moeder materiaal geclassificeerd is als CMAR² materiaal;
- Onoplosbare deeltjes (niet vezelvormig en moeder materiaal zonder CMAR eigenschappen);

² CMAR: Carcinogeen, Mutageen, Asthmageen en Reproductietoxisch

- Oplosbare deeltjes.

Blootstelling aan nanomaterialen zal in de meeste gevallen plaatsvinden in de vorm van blootstelling aan aggregaten /agglomeraten en niet aan individuele deeltjes (38, 39, 41). Het meten van de blootstelling door middel van deeltjesmeters zal dan waarschijnlijk een onderschatting geven van de werkelijke blootstelling. Agglomeraten/aggregaten kunnen na penetratie in de longen mogelijk weer in afzonderlijke deeltjes uiteenvallen. De depositie van deeltjes in de longen verschilt van persoon tot persoon en is mede afhankelijk van geslacht, inspanning tijdens het werk, leeftijd en aanwezigheid van eventuele longaandoeningen. Interessant is dat nanomaterialen, in vergelijking met grotere deeltjes, veel dieper de longen binnen kunnen dringen. Daarnaast komt een relatief groot gedeelte in de neus terecht. Doordat deze verdeling duidelijk anders is dan voor de grotere deeltjes (deze komen hoofdzakelijk in de bovenste luchtwegen) is onzeker of ze daardoor ook andere effecten in het lichaam veroorzaken.

Ondanks alle onzekerheden worden er steeds meer werkplek gebonden metingen bij downstream-users uitgevoerd. Een aantal interessante onderzoeken naar blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek zijn beschreven door o.a. het Institute of Occupational Medicine en anderen in het kader van het EU-project ENRHES (40), het Europese Agentschap voor Veiligheid en Gezondheid op het Werk (41), de Nordic Council of ministers (42), Brouwer (43) en het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (44, 45).

Het algemene beeld dat uit de literatuur met betrekking tot blootstellingsbeoordeling naar voren komt, is dat:

- Er nog zeer weinig meetgegevens zijn uit de praktijk (downstream users);
- Bestaande meetgegevens voor een groot deel zijn verzameld tijdens experimentele omstandigheden;
- Bestaande meetgegevens uit de *praktijk* veelal afkomstig zijn uit research laboratoria, of uit bedrijven die de ruwe materialen (nanomaterialen) produceren;
- In het algemeen stationaire metingen verricht zijn in plaats van persoonlijke metingen in de ademzone, als gevolg van de grootte van de benodigde meetapparatuur;
- Er met name worst-case metingen, piekmetingen, taakgebonden metingen en metingen met 'bronopsporing' als doel zijn verricht, en geen 'full-shift' (daggemiddelde) metingen;
- Er veel verschillende blootstellingsmaten zijn gebruikt: $\mu\text{g}/\text{m}^3$, totaal aantal deeltjes, aantal deeltjes per grootteklasse, oppervlak.

3.2.2 Control Banding

Momenteel komen steeds meer tools beschikbaar voor het bepalen van het kwalitatief risico rondom het werken met nanomaterialen. Enkele tools die momenteel in Nederland gebruikt worden, zullen in deze paragraaf kort beschreven worden. Achtereenvolgens worden beschreven:

- Handleiding veilig werken met nanomaterialen en -producten;
- De Control Banding Nanotool;
- Stoffenmanager nano 1.0.

Handleiding veilig werken met nanomaterialen en -producten

De Handleiding bestaat uit acht stappen, waar op een systematische manier alle werkzaamheden en potentiële blootstellingsmomenten verbonden met het werken met nanomaterialen en/of nanoprodukten in kaart gebracht worden. Omdat de Handleiding in eerste plaats opgesteld is voor bedrijven uit het Midden en Kleinbedrijf (MKB) is er soms voor gekozen om niet alle (wetenschappelijk gezien) relevante informatie te vragen. Er is in de Handleiding bewust voor gekozen om alleen naar die productkenmerken te vragen, waarvan verwacht mag worden dat de werkgevers en werknemers deze informatie kunnen verkrijgen via het VIB en het TDS. De te doorlopen stappen zijn als volgt:

Stap 1 Inventarisatie van gebruikte nanomaterialen en -producten

Om inzicht te krijgen in het gezondheidsrisico van de gebruikte nanomaterialen is informatie over een aantal producteigenschappen nodig. Per gebruikt nanomateriaal worden gegevens verzameld die later

in de Handleiding gebruikt worden om via 'Control Banding' het risico van de gebruikte materialen in te schatten.

Stap 2 Beoordelen van het gezondheidsgevaar

De nanomaterialen worden ingedeeld in een klasse voor gezondheidsgevaar. In de Handleiding worden drie klassen gebruikt waarvoor geldt: hoe groter het getal, des te groter het gezondheidsgevaar.

1. (Water)oplosbare nanomaterialen. Dit zijn nanomaterialen met een oplosbaarheid > 100 mg/l;
2. Synthetische, persistente nanomaterialen (niet vezelvormig);
3. Vezelvormige, onoplosbare nanomaterialen waarvoor asbestachtige effecten niet zijn uitgesloten.

Stap 3 Inventarisatie van werkhandelingen

In deze stap wordt voor elk gebruikt nanomateriaal nagegaan wat de werkhandelingen zijn waarbij nanomaterialen kunnen vrijkomen. Hiervoor moet de hele routing van (producten met) nanomaterialen op de werkvloer doorlopen worden: van binnenkomst in het bedrijf tot de afvoer van resten als afval. In de Handleiding is een invultabel opgenomen waarin tien gangbare werkhandelingen zijn weergegeven, waarbij aangegeven is welke handelingen van belang zijn bij de primaire productie van nanomaterialen (nano grondstofproductie), welke van belang zijn voor secundaire productie van nanoprodukten (zoals het vervaardigen van nano-verf) en welke van belang zijn bij het professioneel gebruik van nanoprodukten (schilders die nano-verf verwerken, drukkers die nano-inkt gebruiken, etc.).

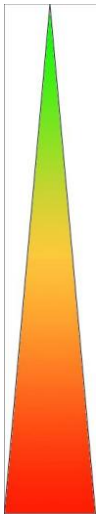
Stap 4 Bepalen van de kans op blootstelling

Wanneer alle handelingen met alle gebruikte nanomaterialen en nanoprodukten bekend zijn, kan aan de hand van deze stap de mate van blootstelling bepaald worden. De kans op blootstelling van werknemers aan de 'vrije' nanomaterialen wordt bepaald door de manier waarop er gewerkt wordt met het nanomateriaal of nanoprodukt. In de Handleiding wordt met drie blootstellingklassen gewerkt. Hoe groter het getal, hoe lager de kans op blootstelling:

1. Vrijkomen van primaire nanomaterialen (1 - 100 nm) tijdens werkzaamheden is mogelijk. Bijvoorbeeld bij de productie van nanomaterialen of bij onderzoekswerkzaamheden;
2. Vrijkomen van grotere deeltjes die opgebouwd zijn uit afzonderlijke nanomaterialen gebonden in grotere vaste of vloeibare deeltjes tot 100 µm tijdens werkhandeling is mogelijk. Bijvoorbeeld bij het wegen of storten van bulkgrondstoffen met nanomateriaal, bij slijpen, bij verspuiten, en bij schuren van nanoprodukten;
3. Vrijkomen van nanomaterialen (1 - 100 nm) is niet mogelijk door gebruik in een 100% gesloten systeem. O.a. door gebruik van glove-boxen of bij een volledig ingekapseld (oftewel 'contained') productieproces.

Stap 5 Selectie van de noodzakelijke beheersklasse

De beheersklasse is gelijk aan wat internationaal als de 'Control Band' wordt genoemd. Het gezondheidsrisico van het werken met nanomaterialen kan op dit moment alleen kwalitatief beoordeeld worden. Er kan op basis van de bestaande kennis alleen richting gegeven worden aan de noodzaak voor beheersmaatregelen (= prioritering). Er is gekozen om met drie beheersklassen te werken. Deze zijn grafisch weergegeven in figuur 5.

Code Beheersklasse	Niveau risico		Geadviseerde aanpak
	In woorden	In kleur	
A	Minst		Gebruiken wat nu al gangbaar is om risico's op de werkplek te beperken en volgens de wetgeving verplicht. Dat wil zeggen: toepassen van voldoende ruimteventilatie, eventueel bronafzuiging en/of afscherming, aangevuld met geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen.
B	Onzeker		Nagaan welke extra maatregelen redelijkerwijs inzetbaar zijn. Hierbij worden volgens de arbeidshygiënische strategie gezocht naar maatregelen en worden alle maatregelen die technisch en organisatorisch haalbaar zijn nader beoordeeld op bedrijfseconomische haalbaarheid. Na deze toets wordt besloten welke beheersmaatregelen ingezet zullen worden.
C	Hoog		Pas het voorzorgsprincipe toe. Hierbij worden alle stappen van de arbeidshygiënische strategie achtereenvolgens doorlopen en worden alle oplossingen die technisch en organisatorisch haalbaar zijn ingevoerd, ongeacht bedrijfseconomische haalbaarheid.

Figuur 5 Drie beheersklassen met geadviseerde beheersstrategie

De beheersklasse wordt bepaald aan de hand van een beslismatrix met de gevarencategorie (stap 2) van het nanomateriaal en de blootstellingscategorie van de werkhandeling met dit nanomateriaal (stap 4). De gebruikte matrix voor het vaststellen van de beheersklasse van een werkhandeling met nanomaterialen en nanoproducten is opgenomen in figuur 6.

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

Figuur 6 Beslismatrix voor het vaststellen van de beheersklasse van een werkhandeling met nanomaterialen en -producten

Stap 6 Plan van Aanpak

Het plan van aanpak is vergelijkbaar van inhoud en vorm als het plan van aanpak, dat opgesteld wordt naar aanleiding van de RI&E (o.a. knelpunt, maatregel, geplande datum gereed). Het geeft een overzicht van beheersmaatregelen die ingevoerd worden om verantwoord te kunnen werken met de in het bedrijf gebruikte nanomaterialen en -producten.

Stap 7 Registratie

Omdat er onduidelijkheid is over de risico's voor de gezondheid van werknemers wordt geadviseerd om een register bij te houden van mogelijk blootgestelde werknemers. Doel van registratie is het snel

kunnen handelen en opsporen van mogelijke gezondheidseffecten zodra nieuwe informatie over gezondheidseindpunten en effecten van specifieke stoffen bekend zijn. Ook kunnen deze gegevens worden gebruikt om na te gaan of op groepsniveau de vroege gezondheidsklachten zich bij de blootgestelde groep voordoen. Geadviseerd wordt om voor medewerkers die mogelijk blootgesteld worden aan nanomaterialen of –producten uit klasse 3 en 2, zoals beoordeeld in *Stap 2* van de Handleiding, een register bij te houden.

Stap 8 Preventief Medisch Onderzoek

Momenteel zijn er nog geen specifieke medische onderzoeksmogelijkheden voor het opsporen van eventuele nadelige effecten van blootstelling aan nanomaterialen. Er zijn alleen niet-specifieke methodieken beschikbaar zoals onder andere ECG, Röntgenfoto's, longfunctietesten, aantal witte bloedcellen etc. Voor meer informatie over gezondheidsmonitoring wordt verwezen naar paragraaf 3.4 'Effectmeting' en naar hoofdstuk 7, Medisch Onderzoek van dit arbokennisdossier.

De handleiding veilig werken met nanomaterialen en –producten is zowel in het Nederlands als in het Engels te raadplegen en te gebruiken via [de IVAM UvA website](#).

De 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) zoals beschreven door Zalk et al. (25, 26). De tool is oorspronkelijk ontwikkeld voor het karakteriseren van de gezondheidseffecten van het werken met engineered nanomaterialen op twee afdelingen van een onderzoeksinstelling. 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.

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. Ook bij de waarschijnlijkheid van de blootstelling kunnen maximaal 100 punten toegekend worden. Hierbij gaat het om de mate van blootstelling bij werknemers (o.a. gebruikte hoeveelheden, aantal blootgestelden, frequentie, duur). Op basis van de totaalscore op deze gebieden wordt het overall risico van de werkzaamheid vastgesteld en weergegeven zoals in Figuur 7.

		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 7 Beslisschema voor het nemen van beheersmaatregelen volgens de Control Banding Nanotool

Aan de uitkomst van de inschatting van het risico zijn vier niveaus van beheersing gekoppeld:

- 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 Arbeidshygiënische 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 ontwikkelt is voor een onderzoeksomgeving, waar het merendeel van de werkzaamheden plaats vindt in een zuurkast.

De oorspronkelijke CBN is ontworpen voor de toepassing in laboratoria, waar men met veel kleinere hoeveelheden materiaal werkt dan in een industriële omgeving, en waar vanzelfsprekend sprake is van totaal andere applicatiemethoden dan bij downstream use (bijv. verfspuiten, boren). De CBN focust op het gebruik van “pure” nanomaterialen, terwijl bij downstream-use de gebruikte producten veelal maar voor een beperkt deel nanomaterialen bevatten, die bovendien vaak opgesloten zitten in het product en hier niet gemakkelijk uit vrijkomen.

De CBN lijkt in eerste instantie niet geschikt voor het werken met nanomaterialen bij downstream-use omdat de CBN uit gaat van kleine gebruikshoeveelheden en het gebruik van zuivere stoffen en maakt geen onderscheid voor gebruikte toepassingen. De CBN behoeft aanpassingen om hem voor de werksituaties bij downstream-users geschikt te maken. De geschiktheid voor gebruik van de CBN in de bouwnijverheid, alsook aandachtspunten voor gebruik bij downstream-use van nanomaterialen en –producten, is beschreven in een studie uitgevoerd door IVAM UvA voor Stichting Arbouw (15).

Stoffenmanager nano 1.0

Stoffenmanager nano is een losstaande module binnen het Stoffenmanager programma en is alleen bedoeld voor het inschatten van het risico van het gebruik van de nano-component van een product. Andere componenten van een product moeten met de generieke Stoffenmanager 4.5 worden beoordeeld. De route beoordeelt alleen blootstelling aan stoffen via inademing, een kwalitatieve beoordeling van blootstelling via de huid vindt niet plaats. Het prioriteringsdeel kan worden gebruikt voor alle typen gesynthetiseerde (moeilijk afbreekbare) nanomaterialen/vezels, al dan niet als agglomeraat of aggregaat. Deeltjes die vrijkomen als gevolg van verbrandingsprocessen kunnen niet worden beoordeeld met dit model

De wetenschappelijke basis waarop de Stoffenmanager Nano is gebaseerd is jong en volop in ontwikkeling. Dit maakt dat de schattingen van mogelijke gezondheidsrisico's van nanomaterialen gepaard gaan met een grote mate van onzekerheid, welke veel groter is, dan die bij de risico-evaluaties van “traditionele” chemische stoffen. De verwachting is dat de kennis over de mogelijkheden en eventuele risico's van nanomaterialen de komende jaren fors zal toenemen. Door de grote mate van onzekerheid op dit moment hebben de ontwikkelaars van Stoffenmanager Nano gekozen voor een kwalitatieve inschatting van mogelijke gezondheidsrisico's. Op basis van fysisch-chemische stofeigenschappen en informatie over gevaarseigenschappen wordt de stof ingedeeld in een bepaalde gevaarsklasse, zoals vastgelegd in dit [Nano bevindingendocument](#).

Het blootstellingsmodel voor inademing van de Stoffenmanager is gebaseerd op de bron-receptor benadering van Cherrie (46). De belangrijkste determinanten in het bron-receptor model van Cherrie zijn taak, lokale maatregelen, algemene ventilatie en producteigenschappen. Deze zijn op een logaritmische schaal gescoord (47). Door Schneider et. al, zijn het bron-receptor model en de procesdomeinen uitgewerkt voor nanomaterialen (48). Het uiteindelijke model zoals gebruikt voor Stoffenmanager Nano is gebaseerd op zowel het model van Cherrie als van Schneider en [hier](#) beschreven.

Toepassingsgebied

Voor een goed gebruik van het prioriteringsgedeelte van de Stoffenmanager Nano wordt gebruik gemaakt van productspecifieke informatie. Deze informatie kan vermeld staan in het Veiligheidsinformatieblad (VIB) en het Productinformatieblad (PIB) van het te beoordelen product. Ontbreekt op het Veiligheidsinformatieblad en/of het Productinformatieblad een aanduiding op aanwezigheid van nanomaterialen, maar bestaat wel het vermoeden dat het product deze bevat, neem dan contact op met de leverancier. Stoffenmanager Nano kan toch gebruikt worden.

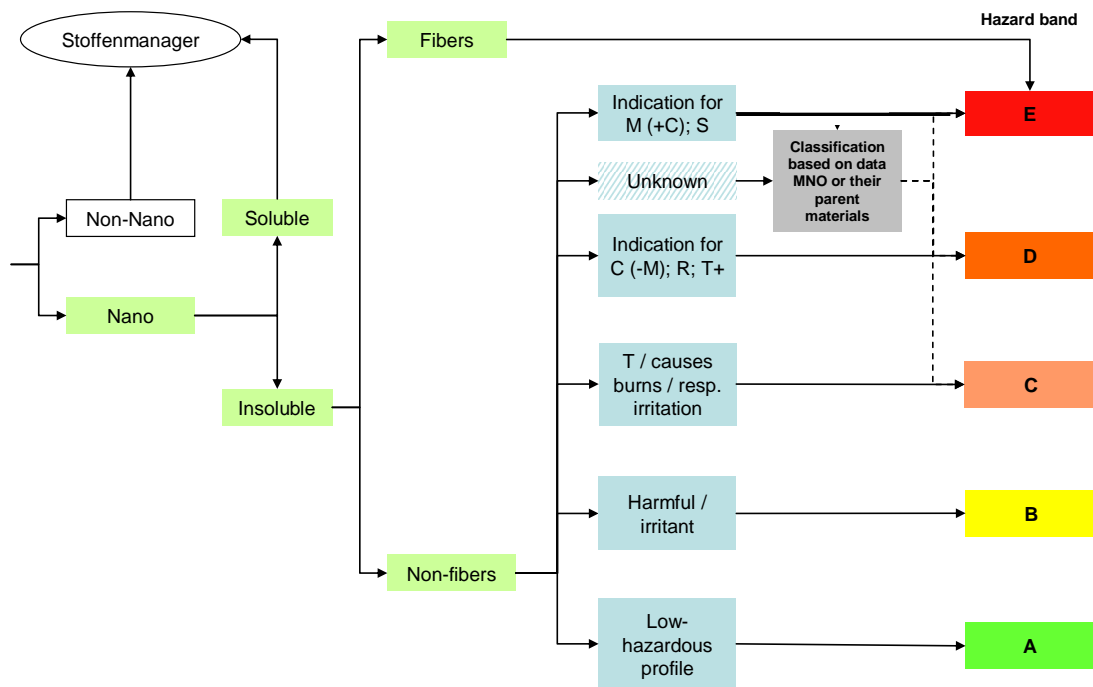
Stoffenmanager Nano is van toepassing op deeltjes die voldoen aan alle van de volgende criteria:

- De deeltjes zijn niet (water)oplosbaar, én;
- De deeltjes zijn bewust (synthetisch) vervaardigd, dus geen bijproduct van bijvoorbeeld verbrandingsprocessen, én;
- De grootte van het primaire deeltje is kleiner dan 100 nm, en / of het specifieke oppervlak van een nanopoeier is groter dan 60 m²/g;

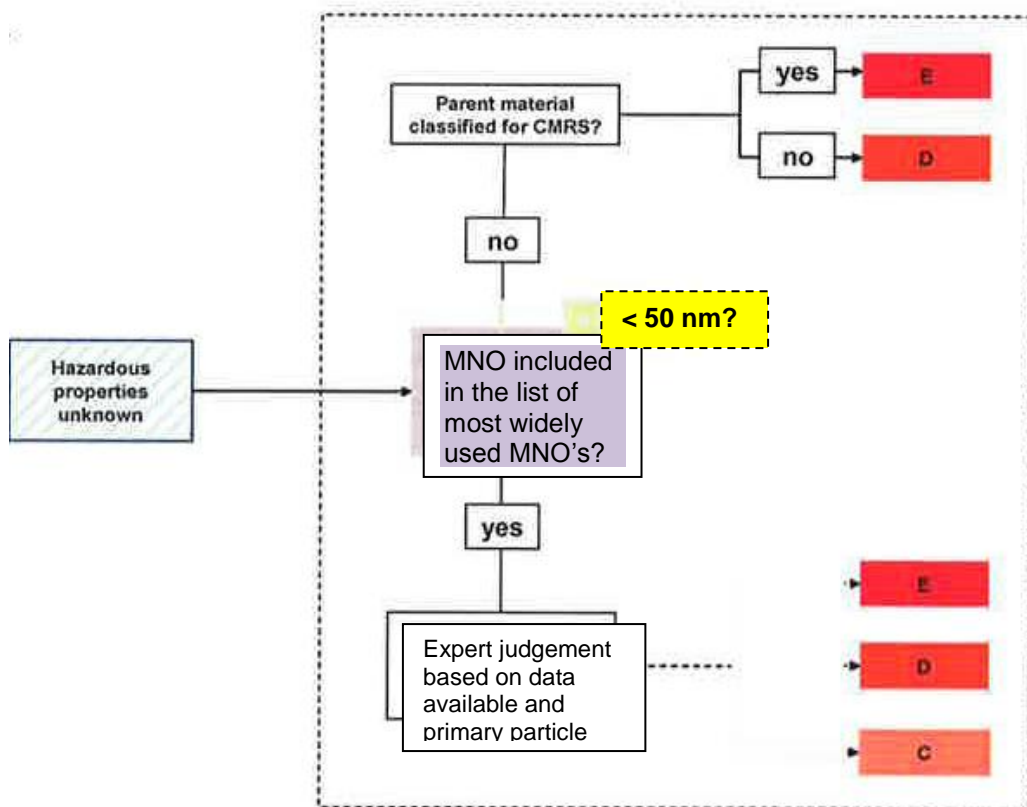
- Het betreft enkelvoudige deeltjes, maar ook agglomeraten of aggregaten.

Indien het deeltje niet voldoet aan bovenstaande criteria dan is Stoffenmanager Nano niet geschikt voor beoordeling van de stof. In die gevallen zal de generieke Stoffenmanager 4.5 gebruikt kunnen worden. Stoffenmanager Nano is voorlopig nog in ontwikkeling doordat in binnen- en buitenland steeds meer kennis beschikbaar komt.





In de figuren 8, 9 en 10 zijn de door Stoffenmanager Nano gebruikte gevaarsclassificaties (fig. 8), de in het model gebruikte blootstellingsdomeinen (fig. 9) en de prioritering voor het nemen van beheersmaatregelen (fig. 10) weergegeven.



Figuur 8a Gevaarsclassificatie voor de Stoffenmanager nano-tool, (afkomstig uit [STM nano bevindingendocument](#)).



Figuur 8b Gevaarsclassificatie voor de Stoffenmanager nano-tool, (afkomstig uit [STM nano bevindingendocument](#)).

Domein	Voorbeeld	
Vrijkomende nanodeeltjes tijdens synthese van nanodeeltjes	Incidenteel vrijkomen van synthetische nanodeeltjes door lekkage aan leidingen, sluitingen en koppelingen tijdens de productie	
Vrijkomende nanodeeltjes bij vervoer/handeling van nano poeders	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Storten uit zakken ▶ Vullen containers ▶ (Af-)Wegen 	
verspuiten/verspreiden van nanodeeltjes <ul style="list-style-type: none"> ▶ master batch / granules ▶ in producten (vloeistoffen en poeders) 	Pouring/ injection moulding <ul style="list-style-type: none"> ▶ Gieten, roeren & mengen (formuleren) ▶ Gebruik nanofilm spray ▶ Nano coatings aanbrengen 	 
Bewerking van objecten die nanodeeltjes bevatten of objecten met een coating met nanodeeltjes	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Verspanen met weinig energie ▶ Verspanen met veel energie (schuren/ zagen) 	

Figuur 9 Vier blootstellingsdomeinen zoals gebruikt bij Stoffenmanager nano 1.0: (afkomstig uit presentatie van van Niftrik en Verbist, 2010).

Gevaarsklasse \ Blootstellingklasse	Gevaarsklasse				
	A	B	C	D	E
1	3	3	3	2	1
2	3	3	2	2	1
3	3	2	2	1	1
4	2	1	1	1	1

Figuur 10 Matrix om de prioritering van beheersmaatregelen vast te stellen. Blootstellingsklasse 1 is de laagste blootstelling en klasse 4 de hoogste. Gevaarsklasse A geeft de laagste gevaarsklasse weer en klasse E de hoogste. Voor prioritering voor het nemen van beheersmaatregelen heeft klasse 1 de hoogste prioriteit en geeft klasse 3 de laagste prioriteit weer. (afkomstig uit [STM nano bevindingendocument](#)).

Het programma Stoffenmanager Nano 1.0 is te raadplegen en te gebruiken via de [Stoffenmanager Nano website](#).

3.3 Blootstellingsmeting

Het meten en beoordelen van de blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek staat nog in de kinderschoenen en er zijn momenteel nog geen Nederlandse standaarden beschikbaar om de blootstelling aan nanomaterialen te meten (bijvoorbeeld via een norm als NEN-EN 689) of om voor blootstelling relevante omgevingsfactoren vast te leggen. In 2010 is een leidraad voor het beoordelen van blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek gepubliceerd door het BSI (49) en onlangs (april 2011) heeft het NEN een ISO norm met betrekking tot karakterisering van nanoaerosolen op de werkplek met behulp van meetapparatuur gepubliceerd (50). Over de ervaringen die met het gebruik van deze normen zijn opgedaan is nog weinig bekend.

Werkplek gebonden blootstelling aan deeltjes in het nanobereik zal in de praktijk een combinatie zijn van blootstelling aan (I) van nature voorkomende nanodeeltjes (natuurlijke achtergrond blootstelling), (II) door de mens geïnduceerde nanodeeltjes (verstoringen) 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 nanomaterialen apart te identificeren en te kwantificeren. Naast het generiek schatten van het mogelijk risico van werken met nanomaterialen is het ook mogelijk om de blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek in kaart te brengen met behulp van meetapparatuur.

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

- Aantal deeltjes;
- Deeltjegrootteverdeling;
- Deeltjesoppervlak;
- Chemische samenstelling;
- Morfologie (vorm)
- Massa.

Wanneer metingen worden uitgevoerd, wordt vaak een combinatie van meetinstrumenten ingezet. Vaak gebruikt men een deeltjesteller (vaak een Condensation Particle Counter - CPC), gecombineerd met een instrument dat de deeltjegrootteverdeling kan weergeven (vaak een SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer). Daarnaast worden soms monsters verzameld op filtermedia, die in het laboratorium geanalyseerd worden met één van de beschikbare elektronenmicroscopische methoden (b.v. SEM/EDX). De huidige beschikbare instrumenten zijn onhandig groot zodat persoonlijke monsternamen in de ademzone moeilijk uitvoerbaar is. [Colbeck](#) (51) en het [IRSST](#) (52) geven een overzicht van de methoden die beschikbaar zijn voor het bemonsteren van nanomaterialen. Het overzicht uit het IRSST rapport is overgenomen in tabel 2.

Tabel 2 Voorbeelden van instrumenten en technieken voor het karakteriseren van blootstelling aan nanomaterialen.

Parameter	Instruments	Remarks
Mass and granulometric distribution	Cascade impactors	Berner or micro-orifice cascade impactors allow gravimetric analysis of stages finer than 100 nm during individual assessment.
	TEOM	The Tapered Oscillating Element Microbalance (TEOM) preceded by a granulometric selector determines the mass concentration of nanoaerosols.
	ELPI (Electrical Low Pressure Impactor)	The Electrical Low Pressure Impactor (ELPI) allows real-time detection according to size of the active surface concentration and gives a granulometric distribution of the aerosol. If the charge and density of the particles are known or assumed, the data then can be interpreted in terms of mass concentration. The samples at each stage then can be analyzed in the laboratory.
	SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer)	Real-time detection according to size of the particle number concentration gives a granulometric distribution of the aerosol. Knowledge of the shape and density of the particles then allows estimating of the mass concentration.
Number and granulometric distribution	CNC	Condensation nucleus counters (CNC) allow particle number concentration measurements in real time within the particle diameter detection limits. Without a granulometric selector, the CNC is not specific to the nanometric field. P-Trak offers screening with an upper limit of 1000 nm. TSI model 3007 is another example.
	SMPS	The Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS) allows real-time detection according to the electrical mobility diameter (related to size) of the particle number concentration.
	Electron microscopy	Offline electron microscopic analysis can provide information on granulometric distribution and on the aerosol's particle number concentration.
	ELPI	Real-time detection according to size and active surface concentration gives a granulometric distribution of the aerosol. If the charge and density of the particles are known or assumed, the data then can be interpreted in terms of particle number concentration. The samples at each stage then can be analyzed in the laboratory.
Specific surface area and granulometric distribution	Diffusion chargers	Commercially available diffusion chargers allow real-time measurement of the active surface of the aerosol and have a response in relation to the active surface of particles smaller than 100 nm. These instruments are NP-size specific if they are used with an appropriate pre-separator.
	ELPI	The ELPI allows real-time detection of the aerodynamic diameter according to size and active surface concentration. The samples at each stage can then be analyzed in the laboratory.
	Electron microscopy	Electron microscopic analysis can provide information on the surface of particles in relation to their size. Transmission electron microscopy provides direct information on the projected surface of the particles analyzed, which can be linked to the geometric surface for certain forms of particles.
	SMPS	The SMPS allows real-time detection according to the electrical mobility diameter (related to size) of the particle number concentration. Under certain conditions, the data can be interpreted in terms of specific surface area.
	Parallel use of SMPS and ELPI	The differences in the aerodynamic diameter and electrical mobility measurements can be used to deduce the fractal size of the particles, thus allowing a particle surface estimate.

Een onderzoek naar de prestaties en vergelijkbaarheid van vier type veel gebruikte meetinstrumenten door middel van windtunnelproeven is uitgevoerd door Asbach et al (53). De uitkomsten van de studie laten zien dat de typen meetapparatuur in de regel vergelijkbare resultaten geven, maar dat ze verschillende uitkomsten kunnen opleveren bij bepaalde typen grootteverdelingen en typen blootstelling. In het algemeen kan gesteld worden dat het vergelijken van gemeten blootstelling met verschillende typen meetapparatuur in de praktijk moeilijk is. Het ontbreken van een uniforme goede meetstrategie, bewezen kwaliteit en reproduceerbaarheid van de verschillende meetinstrumenten en een gestandaardiseerd model voor het vastleggen van werkplekgebonden factoren maakt het vooral nog lastig om een harde uitspraak te doen over de precieze blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek en het vergelijken van blootstellingsscenario's. Tevens 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.

Naast het gebruik van de (grotere) instrumenten die reeds langere tijd op de markt zijn, zijn de laatste jaren enkele meer handzame meetinstrumenten op de markt gekomen die het makkelijker maken om te meten aan de persoon. Vaak kunnen deze instrumenten het aantal deeltjes per volume eenheid (cm^3) en de gemiddelde deeltjesgrootte (nm) meten(of schatten). Op basis van deze twee bemeeten parameters kan eventueel (d.m.v. aannames) de blootstelling aan het totale deeltjesoppervlak

berekend worden (54, 55). Drie van deze kleine(nere) meters zijn de [Philips Aerasense NanoTracer](#), [de Grimm NanoCheck](#) en de [miniDiSC](#) (commercieel verkrijgbaar via [Matter](#)).

Zoals reeds eerder aangegeven zal blootstelling aan nanomaterialen in de meeste gevallen plaatsvinden in de vorm van blootstelling aan aggregaten /agglomeraten en niet aan individuele deeltjes (38, 39, 41). Het meten van de blootstelling door middel van deeltjesmeters zal dan een onderschatting geven van de werkelijke blootstelling. Agglomeraten/aggregaten kunnen na penetratie in de longen weer in afzonderlijke deeltjes uiteenvallen. De depositie van deeltjes in de longen verschilt van persoon tot persoon en is mede afhankelijk van geslacht, inspanning tijdens het werk, leeftijd en aanwezigheid van eventuele longaandoeningen.

3.4 Effectmeting

Preventief Medisch Onderzoek (PMO)

Momenteel zijn er nog geen specifieke medische onderzoeksmogelijkheden voor het opsporen van eventuele nadelige effecten van blootstelling aan nanomaterialen. Er zijn alleen nog niet-specifieke methodieken beschikbaar zoals o.a. aanwezigheid witte bloedcellen, ECG, Röntgen foto's, longfunctietesten.

In navolging van NIOSH (56) wordt geadviseerd dat, als bedrijven aan gezondheidsbewaking willen doen bij blootstelling aan deeltjes in het nanobereik, vooralsnog de gangbare gezondheidsbewakingsprogramma's (o.a. biomonitoring) voor de betreffende stof in micro/macro bereik (indien deze aanwezig zijn) gevolgd kunnen worden.

Early Warning Systeem

De Gezondheidsraad heeft van de Nederlandse overheid opdracht gekregen om een advies uit te brengen over blootstellingsregistratie en gezondheidsbewaking bij werken met nanodeeltjes (57). Het advies wordt begin 2011 verwacht.

In de adviesaanvraag worden een drietal vragen gesteld die de Gezondheidsraad zou moeten beantwoorden:

- Hoe moet een registratie van beroepsmatige blootstelling aan nanodeeltjes (minimaal) worden ingericht, zodat een verband kan worden gelegd met (evt. later) optredende gezondheidseffecten (dan wel een dergelijk verband kan worden uitgesloten)?
- In hoeverre is het mogelijk en zinvol om bij het werken met nanodeeltjes gezondheidsbewaking en/of een early warning systeem in te zetten?
- Aan welke voorwaarden zou een dergelijk systeem moeten voldoen om goed te kunnen functioneren?

Tijdelijke 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).

Het ontbreken van aparte grenswaarden voor het werken met nanomaterialen op de werkplek en de wettelijke verplichting voor werkgevers om een op gezondheidkundige grondslag onderbouwde private grenswaarde op te stellen maakt dat er op dit moment onduidelijkheid bestaat over de beoordeling van nano specifieke private grenswaarden voor blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek. Enerzijds moeten bedrijven een private grenswaarde opstellen en anderzijds is er nog weinig zekerheid over de daadwerkelijke risico's van de blootstelling aan nanomaterialen voor de mens. Een andere bijkomstigheid is het ontbreken van standaarden (o.a. meetmethoden en meetstrategie) om de blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek in kaart te brengen.

Onder normale omstandigheden geven de grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling het maximale blootstellingsniveau aan waarbij werkzaamheden veilig worden geacht (grenswaarde of DNEL)³. Deze grenswaarden bestaan echter (nog) niet 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. De onbekendheid van de specifieke giftigheid van nanomaterialen, en tegelijkertijd de verwachting dat deze niet verwaarloosd kan worden brengt grote onzekerheid in de risicobeoordeling. Dit leidt tot het toepassen van een benadering gebaseerd op voorzorg. Als meer gegevens beschikbaar komen kunnen ze vervangen worden door een normale grenswaarde of DNEL-waarde.

³ DNEL = Derived No-Effect Level

In Nederland zijn de nanoreferentiewaarden vastgesteld door het RIVM (58) Hierbij moet benadrukt worden dat het gaat om *tijdelijke* nanoreferentiewaarden. Het RIVM heeft zich hierbij gebaseerd op vergelijkbare initiatieven in Groot Brittannië en Duitsland, de "benchmark exposure levels" (vergelijkende blootstellingswaarden), voorgesteld door het British Standards Instituut (37), en de methode zoals voorgesteld door het IFA (59). Het RIVM stelt, na raadpleging van deskundigen, voor om het IFA-model in Nederland te gebruiken.

Tijdelijke nanoreferentiewaarden worden als volgt gedefinieerd:

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 8-uur tijd-gewogen-gemiddelde concentratie gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie aan ultrafijne deeltjes.

Als het referentiewaarde niveau wordt overschreden:

- dan moet de blootstelling worden geminimaliseerd;
- de bron(nen) van de nanomaterialen moet(en) nauwkeurig worden vastgesteld;
- (indien mogelijk) moeten de deeltjes worden gekarakteriseerd;
- het risico moet worden beoordeeld en
- moet worden vastgesteld op welke wijze de emissie van nanomaterialen kan worden gereduceerd en de blootstelling kan worden beheerst.

In tabel 3 zijn de NRV weergegeven en is voor enkele gangbare nanomaterialen aangegeven in welke categorie ze vallen.

Tabel 3 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

Onoplosbare nanovezels met een hoog aspect ratio (> 3:1) en een lengte groter dan 5000 nm, vormen een aparte aandachtscategorie (categorie 1 in tabel 3). Er zijn aanwijzingen dat lange rechte meerwandige koolstofbuisjes die dezelfde eigenschappen hebben als het schadelijke asbest (stijf, niet afbreekbaar, aspect ratio groter dan 3:1 en lengte groter dan 5000 nm) een vergelijkbare afwijking in het lichaam kunnen veroorzaken als asbest (een specifieke ontsteking die als het beginstadium van mesothelioma (asbestkanker) wordt beschouwd) (36). Nanovezels in deze categorie worden daarom uit voorzorg op dezelfde manier behandeld als de meest schadelijke vorm van asbest, waarbij een tijdelijke nano-referentiewaarde van 0,01 vezels/ml (gemeten met scanning of transmission electron microscopy) gehanteerd wordt. Alleen nanovezels met de genoemde afmetingen die niet flexibel en niet afbreekbaar zijn zouden in deze categorie moeten worden ingedeeld. Met deze aanpak lijken de gezondheidkundige risico's van nanomaterialen in deze categorie naar verwachting voldoende

afgedekt. De asbestnormen staan momenteel echter ter discussie en moeten mogelijk naar beneden worden bijgesteld (60). Indien dit het geval is, zal ook de tijdelijke nano-referentiewaarde voor de categorie vezels naar beneden moeten worden bijgesteld. Vezels die niet aan de bovenstaande criteria voldoen, moeten op basis van hun eigenschappen worden ingedeeld in één van de andere drie categorieën.

Nano-referentiewaarden zijn gezondheidskundig onderbouwde waarden. Dit betekent dat ongewenste gezondheidseffecten bij werknemers niet per definitie kunnen worden uitgesloten als de blootstelling onder de nanoreferentiewaarde blijft. Tevens moet duidelijk zijn welke juridische status er aan nano-referentiewaarden wordt toegekend en hoe ze in de praktijk gebruikt mogen worden. Dit geeft echter geen garantie voor een juiste interpretatie en een juist gebruik van nano-referentiewaarden. Bij de introductie van het grenswaardenbeleid in Nederland in de jaren zeventig van de vorige eeuw, werden vooral Amerikaanse TLV-waarden overgenomen, waarvan later bleek dat een groot deel niet op gezondheidskundige overwegingen was vastgesteld. In Nederland is later een strikte scheiding aangebracht, waarbij de gezondheidskundige overwegingen losgekoppeld werden van technische en economische haalbaarheidsoverwegingen. De maximaal aanvaarde concentratie op de werkplek (MAC-waarden, zoals ze destijds in Nederland genoemd werden) zijn vervolgens aangepast aan deze inzichten en transparantie over de basis is gecreëerd. Het in 2007 vernieuwde grenswaardenstelsel in Nederland accepteert enkel nog grenswaarden die gebaseerd zijn op gezondheidskundige overwegingen. Mochten deze niet haalbaar zijn, dan moet het bedrijf in een stappenplan aangegeven op welke wijze het maatregelen neemt om in de (naaste) toekomst wel aan deze grenswaarde te kunnen voldoen.

Vanwege bovengenoemde kanttekeningen is het essentieel expliciet te benadrukken dat nanoreferentiewaarden een tijdelijk karakter hebben. Wanneer er voldoende gegevens voor het afleiden van een gezondheidskundige grenswaarde voor specifieke nanomaterialen beschikbaar zijn, verdient de afleiding van specifieke gezondheidskundige grenswaarden de voorkeur. Er moet worden voorkomen dat er met nano-referentiewaarden een schijnveiligheid wordt gecreëerd (58).

4. Wetgeving

4.1 Arbowet

Doordat nanotechnologie een vakgebied overschrijdende technologie is, kunnen bepaalde producten van deze technologie tussen de verschillende 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. Volgens de Arbowet is de werkgever verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de risico's die werknemers lopen tijdens de arbeid in kaart te brengen. 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. De werkgever is 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, exclusief de haalbaarheid. 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 uitvoeringsmaatregelen in die gevallen gericht moeten zijn op het voorkomen of minimaliseren van de blootstelling van werknemers. Ook de Europese stoffenwetgeving (REACH) is daarbij van belang. Momenteel vindt in Europees verband overleg plaats over hoe nanomaterialen in het kader van REACH moeten worden beoordeeld. Doordat dit overleg nog niet is afgerond en gezien de onbekende en onzekere risico's die aan het werken met nanomaterialen kleven, heeft de Sociaal Economische Raad (commissie arbeidsomstandigheden) de overheid geadviseerd om in beleid en uitvoeringsmaatregelen het voorzorgbeginsel toe te passen (4).

De basis voor het beleid ten aanzien van gevaarlijke stoffen zoals verwoord in de Arbowet, is artikel 3, waarin de algemene zorgplicht wordt verwoord.

Aansluitend daarop zijn van belang:

- Artikel 5: stelt de RI&E verplicht
- Artikel 6: het voorkomen van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken;
- Artikel 10: het voorkomen van risico's voor derden;
- Artikel 8: voorlichting en onderricht;
- Artikel 16: nadere inventarisatieverplichtingen voor gevaarlijke stoffen en biologische agentia

Meer informatie over de wetgeving omtrent gevaarlijke stoffen is te vinden in het Arbokennisdossier [Algemeen Stoffenbeleid](#) .

Wanneer nanomaterialen CMR⁴-eigenschappen vertonen, of wanneer ze gefabriceerd zijn uit een moedermateriaal dat als CMR-geclassificeerd is, dan moet de vigerende wet- en regelgeving voor het werken met CMR-stoffen gevolgd worden.

Meer informatie over wetgeving over het werken met CMR-stoffen is te vinden in het Arbokennisdossier [CMR-stoffen](#).

⁴ Carcinogeen, mutageen, Reproductietoxisch

4.2 Arbobesluit

Er zijn geen aparte regelingen omtrent werken met nanomaterialen en nanoprodukten opgenomen in het Arbobesluit. Hoofdstuk 4 van het Arbobesluit is in zijn geheel gewijd aan het werken met gevaarlijke stoffen. Voor meer informatie over het werken met gevaarlijke stoffen en de bepalingen uit het Arbobesluit, wordt verwezen naar het [Algemeen Stoffenbeleid](#).

4.3 Arboregelingen

Er zijn aparte regelingen omtrent werken met nanomaterialen en nanoprodukten opgenomen in de Arboregelingen.

4.4 Overige nationale wetgeving

Er is momenteel nog geen (overige) specifieke wet- en regelgeving voor de omgang met nanomaterialen en nanoprodukten. De Nederlandse overheid heeft echter wel een onderzoek laten uitvoeren in hoeverre de huidige wet- en regelgeving de omgang met nanomaterialen en –producten dekt.

Op verzoek van het Ministerie van Infrastructuur & Milieu heeft het STEM een onderzoek uitgevoerd naar de “Regulering van onzekere risico's van nanomaterialen; mogelijkheden en knelpunten in de regelgeving op het gebied van milieu, consumentenbescherming en arbeidsomstandigheden” (61). STEM staat voor Structurele Evaluatie Milieuwetgeving en heeft de taak het uitvoeren van een meerjarig onderzoeksprogramma met als doel het zowel ex ante als ex post evalueren van milieuwetgeving.

Het STEM rapport bevat de resultaten van een onderzoek naar het reguleren van nanomaterialen. Onderzocht is welke mogelijkheden en beperkingen zich hiertoe voordoen in de regelgeving op het gebied van milieu, consumentenbescherming en arbeidsomstandigheden, gezien de onzekere risico's die verbonden zijn aan het omgaan met nanomaterialen. Centraal staat de vraag welke bevoegdheden overheden hebben om productie, verwerking, gebruik en afvalfase van (producten met) nanomaterialen met onzekere risico's te reguleren en welke verplichtingen bedrijven in verband hiermee hebben, teneinde de veiligheid van mens en milieu te waarborgen. Het betreffende STEM rapport is [hier](#) in te zien.

Behalve de wetgeving zoals vastgelegd in de arbeidsomstandighedenwet, zijn er nog een aantal Nederlandse wetten van toepassing op het omgaan met gevaarlijke stoffen, onder andere met betrekking tot opslag, etikettering van (gebruiks)verpakking en vervoer. De meeste wetsteksten zijn te vinden op de volgende [website van de overheid](#) door te zoeken op “Gevaarlijke Stoffen”.

4.4.1 Handhaving

De kabinetsvisie nanotechnologieën (62) richt zich op uitwisseling van informatie over de risico's van nanotechnologie en inspectie. Eind 2010 is de Arbeidsinspectie gestart met gerichte inspecties bij bedrijven waar met synthetische nanomaterialen gewerkt wordt. Doel van de inspecties is te beoordelen of de (mogelijke) arbeidsrisico's van het veilig werken met nanomaterialen voldoende in kaart gebracht zijn. Om bedrijven te informeren over het werken met nanomaterialen heeft de Arbeidsinspectie een flyer uitgebracht. De flyer vertelt wat bedrijven volgens de Arbeidsinspectie moeten doen om werknemers en werkgevers te beschermen tegen mogelijke risico's. Ook wordt aangegeven waar de Arbeidsinspectie op zal letten bij inspecties gericht op blootstelling aan synthetische nanomaterialen. Bij de inspecties richt de Arbeidsinspectie zich op opname van nanorisico's in de RI&E en het nemen van adequate beheersmaatregelen. De flyer is te raadplegen via deze [link](#).

4.5 Europese wetgeving

4.5.1 Europese wetgeving

Ook op Europees niveau is nog geen aparte wet- en regelgeving voor het werken- en omgaan met nanomaterialen geformuleerd. Wetgeving die moet borgen dat het werken met nanomaterialen geen nadelige gevolgen heeft op veilig en gezond werken en op het milieu is in de bestaande wetgeving opgenomen in regelgeving die betrekking heeft op o.a. bescherming van werknemers, chemicaliën wetgeving, productveiligheid en milieuwetgeving. Ook binnen de Europese Commissie wordt gesteld dat het werken met nanomaterialen en –producten gedekt wordt door de huidige Europese wet- en regelgeving. Het kan wel zo zijn dat de bestaande wetgeving aangepast moet worden wanneer nieuwe gegevens beschikbaar komen over de risico's en effecten van nanomaterialen (63).

4.5.2 REACH

Vanaf 1 juni 2008 is de Europese stoffenverordening EC nr. 1907/2006, beter bekend onder de naam REACH vrijwel geheel van kracht geworden. REACH staat voor Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemische stoffen. REACH heeft als doel er voor te zorgen dat voortaan alle bedrijven een veilig gebruik van chemische stoffen voor de hele keten moeten garanderen, van productie, de import tot aan het gebruik van deze stoffen. De richtlijn vervangt ruim zestig bestaande richtlijnen en verordeningen binnen de EU.

Eén van de uitgangspunten van deze wet is dat voortaan alle bedrijven een veilig gebruik van chemische stoffen moet garanderen, zodat er geen risico's zijn voor mens en milieu bij de productie, import of het gebruik van stoffen. Daartoe moeten alle fabrikanten en importeurs van chemische stoffen, stoffen in preparaten en stoffen in voorwerpen de risico's van deze stoffen te evalueren voor elk gebruik van deze stoffen dat bij hen bekend is.

Nanomaterialen vallen onder de definitie van 'stoffen' in REACH, zelfs wanneer er geen expliciete verwijzing naar nanomaterialen is. De algemeen geldende verplichtingen onder REACH zijn ook van toepassing op nanomaterialen aangezien REACH stoffen beschouwd, ongeacht hun vorm, grootte of fysische toestand.

Om te onderzoeken in hoeverre aanpassingen binnen de REACH verordening en/of de bijbehorende richtsnoeren nodig is, is een drietal REACH Implementatie Plannen voor Nanomaterialen (RIP-oNs) uitgevoerd. Elk project kreeg een eigen subvraag mee (64).

Eind 2009 startte het eerste project (RIP-oN 1), gericht op stofidentificatie. Het projectteam onderzocht een viertal voorbeeldstoffen om zo de mogelijke problemen in de stofidentificatie voor nanomaterialen op te sporen. De onderzochte stoffen zijn: (nano)zilver, (nano)titaniumoxide, (nano)calciumcarbonaat en koolstofnanobuisjes (CNT). Er kon uiteindelijk geen eenduidig advies gegeven worden aangezien over de meeste punten geen overeenstemming kon worden bereikt tussen industrie enerzijds en lidstaten, NGO's en [ECHA](#) anderzijds. De discussies draaiden vooral om de vraag of grootte van de nanodeeltjes een 'identifieer' of een 'characterizer' is en hoe om te gaan met oppervlakbehandeling. Het eindproduct van RIP-oN 1 is een document waarin de voors en tegens van beide visies zijn toegelicht. Dit document kan dienen als basis voor de lidstaten om tot een concrete (politieke/pragmatische) keuze te komen.

RIP-oNs 2 en 3 zijn begin 2010 van start gegaan. RIP-oN 2 richtte zich op het opstellen van specifieke leidraden voor de informatievereisten voor nanomaterialen. RIP-oN 3 was gefocust op blootstellingsbeoordeling en gevaars-/risicokarakterisering. Uit RIP-oN 2 komt naar voren dat het voor een goede karakterisering van nanomaterialen nodig is om additionele eigenschappen te meten. Het consortium geeft een uitgebreide opsomming van mogelijke methoden, onder meer voor het bepalen van deeltjesgrootte en –vorm, maar een duidelijk plan van aanpak ontbreekt. Voor de meeste

gevaarseindpunten wordt vastgesteld dat de bestaande testen veelal toereikend zijn of dat slechts kleine aanpassingen nodig zijn.

Voor beoordeling van blootstelling en risico's kwam uit RIP-oN 3 naar voren dat massa mogelijk niet (altijd) de meest geschikte/relevante meeteenheid is om risico's (en dus ook blootstelling) in uit te drukken. Het is echter niet eenduidig aan te geven wat het beste alternatief voor de maat 'massa' is, omdat de meest geschikte/relevante meeteenheid afhankelijk is van het onderzochte effect en het nanomateriaal zelf.

De RIP-oN projecten laten zien dat risicobeheersing van nanomaterialen onder REACH mogelijk is. Wel zijn aanpassingen nodig, in het bijzonder in de leidraden, maar mogelijk ook in de wettekst zelf.

4.5.3 Europese Cosmetics Richtlijn

Nanomaterialen en cosmetica

De cosmetica-industrie maakt al vele decennia gebruik van nanomaterialen. Deze grondstoffen worden voornamelijk gebruikt in met name tandpasta's, huidcrèmes en zonnebrandcrèmes. In cosmetica worden met name titaandioxide, silica (siliciumdioxide) en zinkoxide in nanovorm gebruikt. De laatste jaren is discussie ontstaan over nanomaterialen. Waarom worden deze nanomaterialen eigenlijk gebruikt? Wat zijn de voordelen? Zitten er aan het gebruik geen risico's voor de gezondheid? Wie controleert dat eigenlijk?

De wetgeving met betrekking tot cosmetica is op Europees niveau geregeld in de [Cosmetica Richtlijn](#). De Richtlijn is opgebouwd uit 15 artikelen en 9 Annexen, waarin de vereisten voor cosmetica zijn vastgelegd. De wet heeft tot doel de volksgezondheid te beschermen en vrije circulatie van goederen binnen de Europese Gemeenschap mogelijk te maken.

De Cosmetica Richtlijn stelt als primaire eis:

“Cosmetische producten mogen de gezondheid van de mens niet schaden wanneer zij onder normale of redelijkerwijze te voorziene gebruiksvoorwaarden worden aangewend.”

Om de veiligheid te garanderen zijn in de wetgeving regels gesteld aan de ingrediënten van cosmetische producten. Een aantal stoffen is verboden, andere mogen slechts beperkt en onder voorwaarden worden toegepast. Om de consument duidelijk inzicht te geven in wat hij koopt, moeten bovendien alle ingrediënten op het etiket worden aangegeven. Indien nodig dient het product te worden voorzien van Nederlandse waarschuwingen.

Europese wetgeving stelt dat de producent of importeur verantwoordelijk is voor de veiligheid van het product. De producent moet kunnen aantonen dat het cosmetisch product veilig is. Het product wordt dan ook eerst uitvoerig onderzocht op de veiligheid. De experts houden hierbij rekening met het algemene toxicologische profiel, de chemische structuur en het blootstellingsniveau van de ingrediënten. De bevindingen van de veiligheidsbeoordeling worden vastgelegd in het productdossiers. Alleen als deze bij alle aspecten positief zijn mag het product worden verkocht aan de gebruiker.

Cosmetica Verordening

Op 22 december 2009 is de Cosmetica Verordening gepubliceerd. Deze nieuwe wetgeving gaat de huidige Cosmetica Richtlijn vervangen en is vanaf 11 juli 2013 van toepassing. De grootste verschillen tussen de huidige Cosmetica Richtlijn en de toekomstige Cosmetica Verordening zijn:

- De Richtlijn wordt een Verordening. Dat betekent dat de implementatie van de Richtlijn in het Warenwetbesluit Cosmetische producten komt te vervallen. De Verordening is een Europese wet en moet door alle landen letterlijk gevolgd worden;
- In de Verordening is duidelijk bepaald wie de verantwoordelijke persoon is voor een product;
- In Bijlage 1 komt een beschrijving over de inhoud van het Productveiligheidsrapport. Het Warenwetbesluit Cosmetische Producten verplicht de fabrikant/leverancier om een aantal gegevens over de geleverde producten, de zogenaamde Productinformatie, ter beschikking van de toezichthoudende instantie, in dit geval de controleurs van de Voedsel en Waren Autoriteit (VWA);

- De eisen voor de veiligheidsbeoordelaar zijn vernieuwd;
- Alle cosmeticaproducten die in Europa op de markt worden gebracht moeten bij de Europese Commissie worden aangemeld. De Commissie zal vervolgens de nationale autoriteit en het vergiftiginginformatiecentrum van het land waar het product op de markt komt, inlichten;
- Er komt een notificatieplicht voor nano-ingrediënten in cosmeticaproducten;
- Cosmeticaproducten met nano-ingrediënten moeten genotificeerd worden voordat het product op de markt komt. Zo kan de Europese Commissie op grond van de productinformatierapporten bepalen of het product veilig gebruikt kan worden door consumenten, of dat extra onderzoek noodzakelijk is;
- De cosmeticaproducten met nanomaterialen moeten dit vermelden in de ingrediëntendeclaratie door de toevoeging (nano) achter het ingrediënt te plaatsen.

5. Beleid

5.1 Arboconvenanten

Om de arbeidsrisico's aan te pakken, hebben werkgevers, werknemers en de overheid tussen 1999 en 2007 in totaal 69 arboconvenanten opgesteld, met concrete afspraken per sector. De arboconvenanten werden gesloten door vakbonden, werkgeversorganisaties en de overheid. De arboconvenanten hebben het fundament gelegd voor de arbocatalogi die er nu zijn en die op heldere wijze de technieken en manieren, goede praktijken, normen en praktische handleidingen beschrijven voor veilig en gezond werken.

Zover bekend zijn er nog geen arbocatalogi gericht op het werken met nanomaterialen opgesteld.

5.2 Cao-afspraken

Een collectieve arbeidsovereenkomst (cao) is een schriftelijke overeenkomst waarin afspraken over arbeidsvoorwaarden zijn vastgelegd. Bijvoorbeeld loon, toeslagen, betaling van overwerk, werktijden, proeftijd, opzegtermijn of pensioen. Ook zaken als scholing, kinderopvang en vervroegd pensioen kunnen in een cao worden geregeld. Een cao wordt afgesloten door één of meer werkgevers, dan wel één of meer werkgeversorganisaties met één of meer werknemersorganisaties (meestal vakbonden). Een ondernemings-cao is een collectieve afspraak die binnen één bedrijf geldt; deze wordt afgesloten door een werkgever met één of meer werknemersorganisaties.

Partijen die met elkaar een bedrijfstak-CAO zijn overeengekomen kunnen bij de directie Uitvoeringstaken Arbeidsvoorwaardenwetgeving (UAW) van het Ministerie SZW een verzoek indienen om bepalingen van hun CAO algemeen verbindend te verklaren voor de bedrijfstak (AVV-verklaring). Door algemeen verbindend verklaring gelden de CAO-bepalingen in beginsel voor alle werkgevers en werknemers in de betreffende bedrijfstak voor zover zij werkzaamheden verrichten die vallen binnen de werkingssfeer. Dus ook voor werkgevers en werknemers die niet (zelf, of via een vertegenwoordigende organisatie) bij de CAO-onderhandelingen betrokken waren.

In een CAO kan aandacht besteed worden aan het preventiebeleid, bijvoorbeeld welk RI&E-instrument gebruikt zal worden voor de Risico-Inventarisatie en –Evaluatie (RI&E) wie de RI&E gaat uitvoeren (preventiemedewerker, arbodienst enz.). Met name in branches waar een branchespecifiek RI&E instrument is ontwikkeld (en gevalideerd) zal het voorschrift tot gebruik van dat instrument als onderdeel van de CAO worden vastgelegd.

Voor zover bekend zijn er in CAO's geen specifieke afspraken geformuleerd omtrent de preventie van blootstelling aan nanomaterialen.

5.3 Brancheafspraken

Zover bekend zijn er nog geen specifieke branche gerichte afspraken gemaakt met betrekking tot het veilig werken met nanomaterialen en -producten. Wel zijn diverse brancheorganisaties bezig (geweest) met het uitvoeren van een eigen onderzoek naar het voorkomen en gebruik van nanomaterialen binnen hun eigen sector. Van twee brancheorganisaties is bekend dat zij onderzoek binnen hun eigen branche (laten) uitvoeren.

Bouwnijverheid

Voor de sector Bouwnijverheid heeft Stichting Arbouw een onderzoek laten uitvoeren naar het voorkomen en gebruik van nanomaterialen in de Nederlandse bouwnijverheid (15). In Europees verband hebben de werkgevers (FIEC) werknemers (EFBWW) verenigingen een onderzoek laten uitvoeren naar het gebruik van nanomaterialen in de bouw en de bekendheid van het gebruik van nanomaterialen bij werkgevers en werknemers (16).

Verf- en drukinktenfabrikanten

De Vereniging van Nederlandse Verf- en Drukinktfabrikanten (VVVF) is momenteel bezig met een onderzoek naar de mogelijke gezondheidsrisico's van nanomaterialen bij het gebruik in verven en inkten. De VVVF gaf in 2009 al opdracht tot onderzoek naar gezondheidsrisico's van nanomaterialen in de productie en toepassing van verf en drukinkt (65). Nanomaterialen zitten onder meer in krasvaste, vuilbestendige en antibacteriële verf.

In nauwe samenwerking met het Ministerie van Infrastructuur en Milieu start de bedrijfstak in 2011 met ketenpartners een project om blootstellingrisico's te inventariseren. De VVVF gaat actief deelnemen aan het project 'Kennisdelen nanotechnologie' van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. De VVVF hoopt zo op een intensieve kennisuitwisseling binnen de eigen branche en met andere bedrijfstakken. TNO Kwaliteit van Leven en het onderzoeks- en adviesbureau IVAM UvA begeleiden de uitvoering. Zo wordt onder meer geïnventariseerd welke kennis en informatie over nanomaterialen al bestaat. Via werkplekmetingen wordt aanvullende kennis over blootstelling verzameld.

5.4 Standaardisatie en normalisatie

In de huidige Arbowet- en regelgeving wordt (nog) niet verwezen naar het gebruik van normen voor het beoordelen van het blootstellingrisico van nanomaterialen op de werkplek. Juist bij het inschatten van de mate van onzekerheid over de gezondheidseffecten van nanomaterialen en het toepassen van nieuwe meetmethoden en –technieken kunnen normen ondersteuning bieden. De belangrijkste tot nu toe verschenen normen zijn hieronder weergegeven:

Standaarden uitgebracht door het [ISO](#), [CEN](#) en [NEN](#)

- ISO/TR 27628:2007 - Workplace atmospheres – ultrafine nanoparticle and nano-structured aerosols. Inhalation exposure characterization and assessment";
- NPR-CEN-ISO/TS 27687:2008-08 en: Nanotechnologieën - Terminologie en definities voor nano-objecten - Nanodeeltje, nanovezel en nanoplaat;
- PD 6699-3: Nanotechnologies. Guide to assessing airborne exposure in occupational settings relevant to nanomaterials;
- BS EN ISO 10801:2010: Nanotechnologies. Generation of metal nanoparticles for inhalation toxicity testing using the evaporation/condensation method;
- BS EN ISO 10808:2010: Nanotechnologies. Characterization of nanoparticles in inhalation exposure chambers for inhalation toxicity testing;
- DD ISO/TS 10867:2010: Nanotechnologies. Characterization of single-wall carbon nanotubes using near infrared photoluminescence spectroscopy;
- DD ISO/TS 11251:2010: Nanotechnologies. Characterization of volatile components in single-wall carbon nanotube samples using evolved gas analysis/gas chromatograph-mass spectrometry;
- PD ISO/TR 11360:2010: Nanotechnologies. Methodology for the classification and categorization of nanomaterials;
- PD ISO/TR 12802:2010: Nanotechnologies. Model taxonomic framework for use in developing vocabularies -- Core concepts;
- PD ISO/TR 12885:2008: Nanotechnologies. Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies;
- DD CEN ISO/TS 27687:2009: Nanotechnologies. Terminology and definitions for nano-objects. Nanoparticle, nanofibre and nanoplate;
- BS EN ISO 29701:2010: Nanotechnologies. Endotoxin test on nanomaterial samples for in vitro systems -- Limulus amoebocyte lysate (LAL) test;
- DD ISO/TS 80004-1: Nanotechnologies. Vocabulary. Part 1 : Core terms;
- DD ISO/TS 80004-3:2010: Nanotechnologies. Vocabulary. Part 3: Carbon nano-objects;
- NEN-EN-ISO 28439:2011 en: Werkplekatmosfeer - Karakterisering van ultrafijne en nano-aerosolen - Bepaling van de deeltjesgrootteverdeling en deeltjesaantallenconcentratie met differentiële mobiliteits analysesystemen.

Standaarden uitgebracht door de [BSI Group, UK](#):

- PAS 71 Vocabulary – Nanoparticles;
- PAS 130 Guidance on the labelling of manufactured nanoparticles and products containing manufactured nanoparticles;
- PAS 131 Terminology for medical, health and personal care applications of nanotechnologies;
- PAS 132 Terminology for the bio-nano interface;
- PAS 133 Terminology for nanoscale measurement and instrumentation;
- PAS 134 Terminology for carbon nanostructures;
- PAS 135 Terminology for nanofabrication;
- PAS 136 Terminology for nanomaterials;
- PD 6699-1:2007 Nanotechnologies. Good practice guide for specifying manufactured nanomaterials;
- PD 6699-2:2007 Nanotechnologies. Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials;
- PD 6699-3:2010 Nanotechnologies. Guide to assessing airborne exposure in occupational settings relevant to nanomaterials;

5.5 Certificering

Voor adviseurs die werkzaam zijn op het gebied van arbeidsomstandigheden, en meer specifiek dat van advisering met betrekking tot gevaarlijke stoffen, bestaan certificeringssystemen.

Certificering arboprofessionals

De certificeringssystemen van arbeidshygiënist en veiligheidskundigen zijn sinds 2005 in hoge mate geharmoniseerd. Beide certificeringssystemen worden beheerd door Stichting Hobéon SKO Certificatie ([zie de website van SKO](#)). Deze zijn opgezet om te kunnen waarborgen dat de kwaliteit van de dienstverlening op dit gebied aan een aantal minimumeisen voldoet.

Certificering bedrijven

Veel bedrijven waar gewerkt wordt met stoffen die schadelijk kunnen zijn voor mens en/of milieu werken volgens gecertificeerde systematiek: ISO 9000 voor kwaliteitsbeheer, ISO 14000 voor milieubeheer. Bedrijven kunnen daarnaast hun arbozorg-systeem certificeren volgens de systematiek van OHSAS 18000.

Vanuit de petrochemische industrie is de VCA-certificering (als: Veiligheids Checklist voor Aannemers) opgezet voor onderaannemers die bijvoorbeeld reparatie- en revisiewerkzaamheden verrichten aan de industriële installaties. Deze systematiek is in veel andere bedrijfstakken en bedrijven overgenomen en tegenwoordig kunnen ook individuele werknemers een VCA-certificaat behalen.

6. Beheersmaatregelen

6.1 Arbeidshygiënische strategie

De arbeidshygiënische strategie is een algemeen principe dat niet specifiek van toepassing is op de preventie van blootstelling aan schadelijke stoffen. Deze strategie wordt door de Arbeidsomstandighedenwet voorgeschreven bij het nemen van beheersmaatregelen voor alle voorkomende gezondheidsbedreigende factoren (lawaai, trillingen, binnenklimaat etc.) in de werkomgeving. De arbeidshygiënische strategie houdt in dat een hiërarchie (of prioriteit) is aangebracht voor de soort beheersmaatregelen die kunnen worden ingezet.

De wettelijke basis voor de arbeidshygiënische strategie wordt geformuleerd in de Arbeidsomstandighedenwet, Hoofdstuk 2, artikel 3a en 3b:

- 3a. “tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd organiseert de werkgever de arbeid zodanig dat daarvan geen nadelige invloed uitgaat op de veiligheid en de gezondheid van de werknemer;”
- 3b. “tenzij dit redelijkerwijs niet kan worden gevergd worden de gevaren en risico's voor de veiligheid of de gezondheid van de werknemer zoveel mogelijk in eerste aanleg bij de bron daarvan voorkomen of beperkt; naar de mate waarin dergelijke gevaren en risico's niet bij de bron kunnen worden voorkomen of beperkt, worden daartoe andere doeltreffende maatregelen getroffen waarbij maatregelen gericht op collectieve bescherming voorrang hebben boven maatregelen gericht op individuele bescherming; slechts indien redelijkerwijs niet kan worden gevergd dat maatregelen worden getroffen die zijn gericht op individuele bescherming, worden doeltreffende en passende persoonlijke beschermingsmiddelen aan de werknemer ter beschikking gesteld;”

Nadere uitleg wordt gegeven in het Arbeidsomstandighedenbesluit, Hoofdstuk 4, artikel 4:

Een nadere praktische uitwerking van de arbeidshygiënische strategie is te vinden in het Arbokennisdossier [Algemeen Stoffenbeleid](#).

6.1.1 Bronmaatregelen

Bij het voorkómen of beperken van de blootstelling aan gevaarlijke stoffen is het nemen van maatregelen direct aan de bron in de eerste plaats voorgeschreven. De eerste stap die daarbij moet worden overwogen is:

1. Eliminatie van de stof of het product dat de stof bevat;

Wanneer volledige eliminatie niet mogelijk is, kunnen nog verschillende andere „bronmaatregelen” worden overwogen:

2. Werken in gesloten systeem;
3. Vervanging van de stof / het product;
4. Aanpassing van de stof / het product;
5. Aanpassing van het proces .

Meer informatie over te nemen bronmaatregelen voor gevaarlijke stoffen in het algemeen is te vinden in het Arbokennisdossier [Algemeen Stoffenbeleid](#).

Specifieke bronmaatregelen (niet uitputtend) voor het beheersen van blootstelling aan nanomaterialen zijn:

- Ga na of het nanomateriaal vervangen kan worden door niet-nano materiaal of door een nanomateriaal in een lagere gevaarsklasse zie paragraaf 3.2.1 in dit dossier;

- Gebruik nanomaterialen als poeder of in de gasfase zoveel mogelijk in een gesloten systeem;
- Vervoer nanomateriaal in een gesloten verpakking;
- Werk niet met meer materiaal dan nodig is (beperken gebruikshoeveelheid en werkvoorraad);
- Probeer naar toepassingen te zoeken die kant-en-klaar aangeleverd worden, zodat niet zelf op de werkplek gemengd hoeft te worden;
- Gebruik de deeltjes waar mogelijk in een matrix (bijv. dispersie, suspensie, pasta, palletvorm of ingekapseld);
- Kies bewerkingsmethoden die weinig stof of aerosol produceren: knippen en snijden in plaats van zagen, en kwasten/ rollen in plaats van spuiten.

Meer informatie over beheersmaatregelen kan gevonden worden in o.a. fact sheets, zoals ontwikkeld door het Stoffenmanager Nano consortium:

- [Gesloten Systeem](#);
- [Glove Box](#);

6.1.2 Organisatorische maatregelen

Er zijn verschillende en uiteenlopende organisatorische maatregelen denkbaar om blootstelling aan gevaarlijke stoffen tegen te gaan. Hiermee kan beperking bereikt worden van het aantal blootgestelde werknemers en/of van de blootstellingsduur per werknemer. Voorbeelden van organisatorische maatregelen zijn:

- afscheiding van werkzaamheden
- werkplanning
- taakrotatie

De organisatie van het productieproces en de inrichting van bedrijfsruimten kunnen mede bepalend zijn voor de mogelijkheden in een bepaalde situatie. Een overzicht van nanomateriaal specifieke organisatorische maatregelen is onderstaand weergegeven:

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

- Zorg voor adequaat periodiek onderhoud van de werking van het afzuigstelsel.

Meer informatie over te nemen organisatorische beheersmaatregelen voor gevaarlijke stoffen in het algemeen is te vinden in het dossier Algemeen Stoffenbeleid op het [Arbokennisnet](#).

6.1.3 Technische maatregelen

Technische maatregelen om blootstelling te voorkomen, zijn bijvoorbeeld ventilatie- en afzuigingsystemen, automatisering van werkzaamheden, omkastingen, en overige hulpmiddelen en gereedschappen waarmee de blootstelling aan gevaarlijke stoffen beperkt kan worden.

Nanomateriaal specifieke technische maatregelen zijn in onderstaande overzicht weergegeven:

- Nanodeeltjes verspreiden zich als een gas. Probeer zoveel mogelijk te werken in een gesloten systeem;
- Werk indien mogelijk in een zuurkast, glove-box om verspreiding van nanomaterialen naar de omgeving te voorkomen;
- Gebruik bij handelingen met nanomateriaal een doelmatige bronafzuiging. Bronafzuiging is doelmatig als de afstand van de afzuigmond tot de bron van nanodeeltjes niet groter is dan de diameter van de afzuigmond;
- Voorkom recirculatie van lucht die mogelijk verontreinigd is met nanomaterialen en draag er zorg voor dat de afgezogen lucht niet in een andere ruimte wordt ingebracht;
- Voorzie de ventilatiesystemen van HEPA-filters om de nanodeeltjes af te vangen;
- Nanodeeltjes zullen eenvoudig kunnen ontsnappen uit lekkages in ventilatiesystemen. Repareer lekkages en slechte afdichtingen direct;
- In geval van gebouwen in aanbouw: maak maximaal gebruik van natuurlijke ventilatie door ramen en deuren te openen, werkplekken niet teveel af te screenen etc.;
- In geval van werk in de buitenlucht: plaats activiteiten of apparaten (ook dieselgeneratoren) die nanodeeltjes produceren benedenwinds. De wind zal de vervuiling afvoeren van de plaats waar de medewerker zich bevindt;
- Voorkom ongewilde verspreiding van deeltjes na gebruik en leg ze vast in een hars, vloeistof etc. Voer de deeltjes af als chemisch afval;
- Maak ruimtes waar met nanomateriaal gewerkt wordt regelmatig schoon. Doe dit uitsluitend door middel van natte reiniging (schrobmachine) of met een industriële stofzuiger die uitgerust is met een speciaal HEPA-filter.

Meer informatie over te nemen technische beheersmaatregelen voor gevaarlijke stoffen in het algemeen is te vinden in het dossier Algemeen Stoffenbeleid op het [Arbokennisnet](#).

6.1.4 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Onder de „individueel gerichte” beheersmaatregelen kunnen de volgende typen maatregelen ingedeeld worden:

1. Instructies en werkvoorschriften;
2. Aanpassing van de werkplekinrichting;
3. Ter beschikking stellen van persoonlijke beschermingsmiddelen.

Zie verder ook het dossier „Persoonlijke Beschermingsmiddelen” op het [arbokennisnet](#).

Nanomateriaal specifieke maatregelen met betrekking tot persoonlijke beschermingsmiddelen zijn in onderstaand overzicht opgenomen:

- Geef medewerkers goede gebruikersinstructies over het veilig en juiste gebruik van de voorgeschreven persoonlijke beschermingsmiddelen;
- Gebruik wegwerphandschoenen. Bij voorkeur geen geweven katoenen handschoenen. Handschoenen die als geschikt beschouwd worden zijn o.a. nitril, latex en neopreen;

- Gebruik een veiligheidsbril bij verspreidende werkzaamheden;
- Gebruik voor werkkleding bij voorkeur geen geweven kleding, maar bijvoorbeeld Tyvek;
- Gebruik minimaal FFP3- ademhalingsbescherming (met een NPF van 50 of hoger).

Gerealiseerd moet worden dat nanomaterialen een andere verspreidingskarakteristiek hebben dan materialen in macro vorm. Wanneer zich onverhoopt een calamiteit voordoet, waarbij grote hoeveelheden nanomateriaal vrijkomt, dan zal afhankelijk van de risicoklasse van het nanomateriaal een saneringsregime opgesteld moeten worden. Normen voor acti- en vrijgavewaarden ontbreken en de achtergrondwaarden kunnen erg fluctueren. Aangeraden wordt om terughoudend te zijn om alleen PBM's in te zetten als beschermingsmiddel bij het saneren van een besmette ruimte. Aangeraden wordt om vooraf een plan van aanpak op te stellen alvorens te gaan saneren.

Meer informatie over te nemen persoonlijke beschermingsmaatregelen is te vinden in het dossier [Algemeen Stoffenbeleid](#) op Arbokennisnet.

6.2 Psychosociale aspecten van beheersmaatregelen

Er is momenteel nog te weinig bekend over de effectiviteit van nanomateriaal specifieke beheersmaatregelen om medewerkers gerust te stellen. Welke mate van beheersing nodig is om de mogelijke risico's afdoende te beheersen weten we nog niet. Daardoor kunnen er in de betekenisgeving verschillende dingen gebeuren. Maatregelen die genomen worden kunnen als overbodig gezien worden of aan de andere kant kan men erg ongerust worden door het inzetten van beheersmaatregelen op het moment dat het gevaar niet zichtbaar is. Bij onzichtbare gevaren wordt het aangenomen gevaar betekenis gegeven. Het probleem is daarbij dat deze betekenisgeving afhankelijk is van veel verschillende factoren. Naast opvoeding en onderwijs spelen ook erfelijke factoren een rol. De ene mens is nu eenmaal angstiger aangelegd dan de ander.

Goede voorlichting en vooral ook eerlijke voorlichting geven de medewerker ondersteuning in het omgaan met deze betekenisgeving. Het kan helpen medewerkers wat meer achtergrond kennis van het gebruikte nanomateriaal te geven en duidelijk aan te geven waarom en hoe het gevaarlijk zou kunnen zijn en waarom men verwacht dat het niet gevaarlijk zal zijn wanneer de voldoende beheersmaatregelen genomen worden.

6.3 Implementatie van beheersmaatregelen

Voorlichting

Het meest van belang is goede, eenduidige en reële voorlichting. Het achterwege laten van voorlichting geeft het risico dat mensen toch achter het mogelijk gevaar van de stoffen waarmee ze werken komen en dan is het probleem vele malen groter. De werkgever is dan ook nog eens het vertrouwen kwijt. Het geven van voorlichting geeft de kans op attributiefouten en verkeerde betekenisgeving. Als de voorlichting te moeilijk in taal en inhoud is, kunnen medewerkers het idee krijgen dat het allemaal veel erger is dan het werkelijk is. Als de voorlichting bagatelliserend gebracht wordt loop je de kans dat medewerkers het vertrouwen kwijt raken in de werkgever. Als de voorlichting te veel open eindjes heeft dan loop je het risico dat iedereen die niest verkouden is van nanodeeltjes.

Algemeen

Er zijn verder geen psychosociale aspecten die specifiek genoemd moeten worden met betrekking tot beheersmaatregelen rondom blootstelling aan nanomaterialen. Zie voor een algemene beschrijving van psychosociale aspecten van beheersmaatregelen het dossier [Algemeen Stoffenbeleid](#) en het dossier [Kankerverwekkende, mutagene en teratogene stoffen](#). In het dossier Algemeen Stoffenbeleid wordt onder andere stilgestaan bij de volgende aspecten:

- Commitment;
- Communicatie;
- Kennis en ervaring;

- Rol van leidinggevenden;
- Individuele verschillen.

7 Medisch Onderzoek

Inleiding

Van oudsher spelen bedrijfsartsen vooral een rol bij het detecteren van gezondheidsklachten. In afwijking hiervan ligt bij medisch onderzoek rond gevaarlijke stoffen de nadruk meer op de voorkant van de gezondheidseffect keten. Omdat in dit kader een goede registratie van toegepaste middelen, heldere procedures en instructies onmisbaar zijn, is het belangrijk dat de bedrijfsarts betrokken wordt met de besluitvorming en implementatie hieromtrent. Dit eventueel in samenspraak met een arbeidshygiënist of een andere arboprofessional. De basis van dit beleid is de RI&E. Daarnaast heeft de bedrijfsarts, vanuit de arbeidsomstandighedenwet, speciale verantwoordelijkheid ten aanzien van mogelijke gezondheidsrisico voor kwetsbare groepen, zoals jongeren, zwangeren etc..

Ziektelast

Medisch onderzoek is bij (mogelijke) blootstelling aan gevaarlijke stoffen van groot belang voor beperking van de ziektebelasting. Het begrip ziektebelasting is een maatstaf om de gevolgen van ziekte uit te drukken. Het combineert gezondheidsverlies door verminderde kwaliteit van leven en door vroegtijdig overlijden. In een RIVM rapport uit 2007, genaamd "Ziektebelasting van ongunstige arbeidsomstandigheden in Nederland" is de ziektebelasting veroorzaakt door ongunstige arbeidsomstandigheden onderzocht. De onderzoeker vonden de volgende resultaten. Ongunstige arbeidsomstandigheden veroorzaken 2 tot 4% van de totale ziektebelasting in Nederland. Blootstelling aan schadelijke stoffen (inclusief passief roken) hoort samen met hoge werkdruk, en beeldschermwerk bij de ongunstigste arbeidsomstandigheden. Zij zorgen samen voor veel ziektebelasting door de chronische luchtwegaandoening COPD, longkanker, burn-out en klachten van arm, nek en schouder (KANS).

Maatschappelijk belang

Aandacht voor medisch onderzoek naar de gevolgen van werken met gevaarlijke stoffen dient ook een maatschappelijk belang. Het RIVM rapport laat voor het eerst zien welke arbeidsgerelateerde aandoeningen veel ziektebelasting in Nederland veroorzaken. Deze gegevens bieden aanknopingspunten voor verder onderzoek en voor maatregelen om de ziektebelasting door deze aandoeningen te verminderen. Dat is niet alleen goed voor werknemers en werkgevers, maar ook voor de volksgezondheid en de samenleving in haar geheel: health is wealth. In een andere RIVM studie werd de relatie onderzocht tussen blootstelling aan chemische stoffen op de werkplek op en het ontstaan van een tiental ziekten. De uitkomst van het Nederlandse onderzoek is dat voor negen onderzochte ziekten de blootstelling aan stoffen in de arbeidssituatie een geschatte ziektebelasting oplevert van ongeveer 47.000 DALY's per jaar, inclusief naar schatting circa 1.900 sterfgevallen. DALY staat voor 'Disability Adjusted Life Years', waarin vroegtijdige sterfte en jaren doorgebracht met ziekte opgewogen worden bij elkaar worden opgeteld. De grootste bijdragen worden gevormd door borstvlieskanker (mesothelioom), longkanker, astma en chronische luchtwegobstructie. Voor meer achtergrondinformatie over de diverse stoffen die hiervoor verantwoordelijk zijn wordt verwezen naar het RIVM rapport of de afzonderlijke kennisnet dossiers.

Rol bedrijfsarts en gevaarlijke stoffen

De bedrijfsgeneeskundige kernactiviteiten op het terrein van blootstelling aan gevaarlijke stoffen zijn tweeledig, namelijk: 1) vinger aan de pols houden en 2) een brugfunctie vervullen tussen de toxicologie en de werkplek.

Ad.1 Een vinger aan de pols houden kan door het metingen aan de werkomgeving (environmental monitoring) en aan de mens, bijvoorbeeld biologische monitoring en gezondheidsscreening. Hierbij kan gedacht worden aan keuringen of een PMO.

Ad.2 Bij de brugfunctie kan gedacht worden het vertalen van toxicologische principes, normen en meetresultaten naar: individuele en groepsgebonden geneeskundige adviezen en naar arbeidsomstandigheden en voorwaarden van een desbetreffende organisatie, onderneming of branche. Bijvoorbeeld een gesignaleerd blootstellings/gezondheidsrisico wordt door een arbeidshygiënist en/of bedrijfsarts vertaald naar concrete werkvloer/beleidsmaatregelen zodat het blootstellingsniveau - en in het verlengde daarvan de gezondheidsrisico's - weer acceptabel worden (bijvoorbeeld binnen de normen vallen).

7.1 Gezondheidseffecten en beroepsziekten

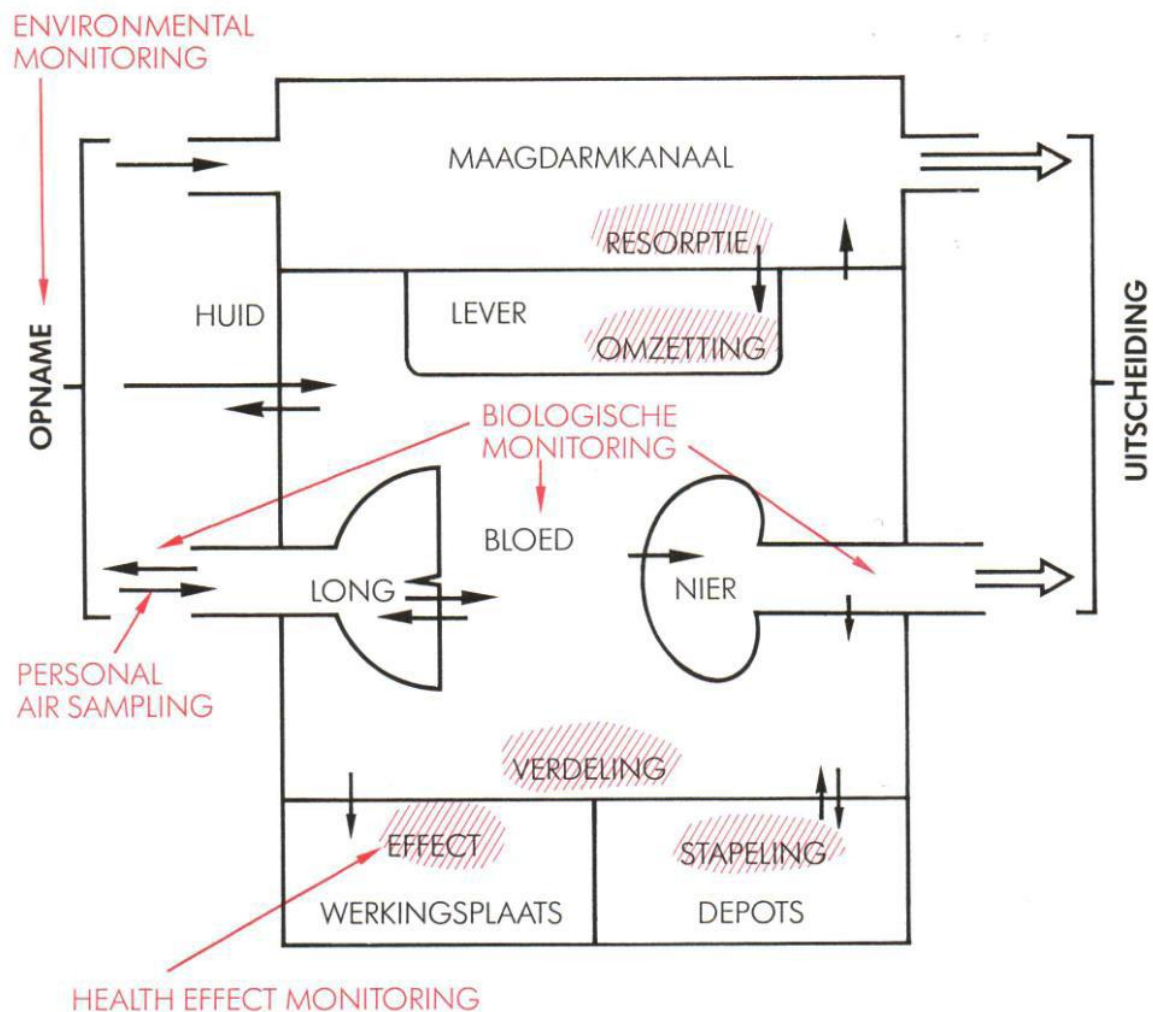
7.1.1 Gezondheidseffecten

In algemene zin verloopt de blootstelling via drie wegen, namelijk:

1. Via de huid (direct contact tussen de huid en de gevaarlijke stof);
2. Via de mond (meestal via hand-mond contact);
3. Via de luchtwegen (inademing nevels, dampen).

Toxicologische modellen

In onderstaande figuur⁵ een overzicht van de diverse biologische processen en interacties die een rol kunnen spelen na opname van een gevaarlijke stof. In rood aangegeven een overzicht van de mogelijke effect monitoringstechnieken.

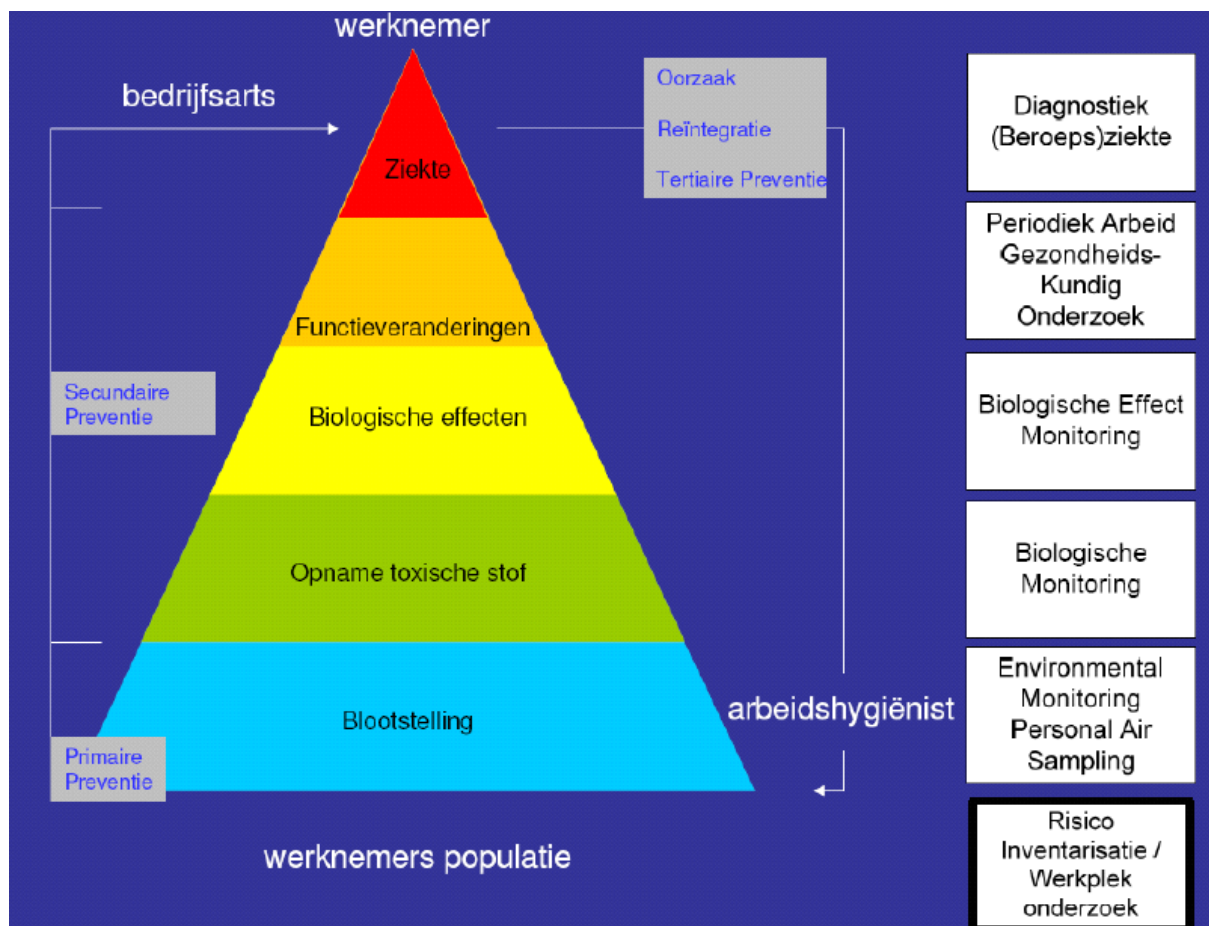


Figuur 10 Biologische processen en interacties na opname van een stof in het lichaam.

Daarnaast kunnen stoffen tijdens hun passage of verblijf in het lichaam van (chemisch-biologisch) karakter veranderen. Dit door interacties met en tussen allerlei biologische actieve moleculen en condities, zoals enzymen, zuurgraad, oxidatie etc.. Sommige stoffen zullen bijvoorbeeld zodanige gemodificeerd worden dat ze kunnen worden uitgescheiden via de ontlasting of urine. Andere stoffen

⁵ Verberk en Zielhuis et al. Giftige stoffen uit het beroep (1980)

daarentegen zullen worden opgeslagen in bepaald weefsel, zoals vet. Kortom, soms volstaat het de stof zelf te meten. In andere echter zal er een metaboliet of een andere afgeleide stof/effecten bepaald moeten worden. Effectmetingen kunnen met een aantal verschillende doelstellingen worden gedaan, enerzijds in het kader van wetenschappelijk epidemiologisch onderzoek bij een hele grote groep werknemers, anderzijds in het kader van individuele medische casuïstiek bij één werknemer met ernstige gezondheidsklachten. Ook kunnen in het kader van klachtenonderzoek of klachtenuitbraken effectmetingen worden gedaan met als doel het oorzakelijk agens te vinden. Tenslotte kunnen effectmetingen worden uitgevoerd in het kader van periodiek medisch onderzoek met als doel vroegdiagnostiek en secundaire preventie. In al deze situaties kunnen andere methoden worden ingezet. De verschillende monitoringstechnieken staan weergegeven in figuur 11.



Figuur 11 Monitoringstechnieken

Stofafhankelijke gezondheidseffecten

De eventuele gezondheidseffecten zijn afhankelijk van een groot aantal factoren. In de eerste plaats de aard van de blootstelling. Dus, wat voor gevaarlijke stof betreft het, onder welke omstandigheden, de mate en de duur van de blootstelling.

Persoonafhankelijke gezondheidseffecten

Daarnaast spelen er ook allerlei individuele factoren een rol. Bijvoorbeeld de leeftijd, geslacht, en of er sprake is van een verhoogde individuele kwetsbaarheid door bijvoorbeeld een chronische aandoening of erfelijke aanleg. De enige manier waarop de bedrijfsarts kennis kan nemen van deze individuele kwetsbaarheden is via een preventieve keuring (aanstelling, intrede of PMO) of via het open of verzuim spreekuur. Dit uiteraard mits de bedrijfsarts weet op welke (specifieke) effecten hij moet letten. Afstemming met een arbeidshygiënist in een vroeg stadium is dan ook essentieel. Inzicht in de achtergrondprevalentie van gevaarlijke stoffen blootstelling, dus op groepsniveau, wordt verkregen door de RIE.

7.1.2 Beroepsziekten

Melding beroepsziekten: onderrapportage

In het OSHA rapport "migrant workers" werd aandacht gevraagd voor het feit dat veel werkers geen arbozorg genieten, en zodoende ook buiten het bereik van de reguliere beroepsziekten registratie vallen. Aan dit onderwerp werd ook aandacht besteed in de NCvB nieuwsbrief van oktober 2006. Deze groepen welke bestaat uit: tijdelijke werknemers, uitzendkrachten, vakantiewerkers en werknemers met een kleine functieomvang, hun aantal wordt inmiddels op ca. één miljoen geschat. Aangenomen wordt dat deze categorieën werknemers wel een verhoogd risico lopen op het krijgen van beroepsgerelateerde gezondheidsaandoeningen. De redenen hiervoor zijn divers: onervarenheid, minder goede training, onbekendheid met de werkomstandigheden, het onvoldoende kunnen begrijpen en opvolgen van werkinstructie door taalbarrières en een slechtere toegang tot de preventieve gezondheidszorg, waaronder ook de arbodienstverlening.

Ten slotte wordt er in de nieuwsbrief nog melding gemaakt van de groep van illegalen, prostituees etc. Deze groep van werknemers die actief zijn aan de onderkant van de maatschappij staan hoogstwaarschijnlijk bloot aan nog grotere risico's. Echter omdat de registratie hier ontbreekt, is het hiernaar gissen. Bijvoorbeeld in de tuinbouw waar er gedurende het zomerseizoen veel met bestrijdingsmiddelen wordt gewerkt. Daar het vaak tijdelijke invalkrachten betreft, vaak afkomstig vanuit het buitenland, is aannemelijk dat de meeste (bijna) vergiftigingen niet zullen worden gemeld. Om de diagnose "beroepsziekte" vast te kunnen stellen moet er aan vijf criteria worden voldaan:

- Aantonen van een ziekte of de gezondheidsschade. Is er sprake van een omschreven ziektebeeld;
- Vaststellen van een mogelijke relatie met het werk. Eerder beschreven in de literatuur? Meerdere collega's met dezelfde klachten;
- Vaststellen van de hoogte en de duur van de blootstelling aan gezondheidsrisico's in het werk;
- Uitsluiten van andere oorzaken of verklaringen;
- Eindconclusie op basis van bovenstaande bevindingen.

De sluitsteen om tot een diagnose "beroepsziekte" te komen is een goede registratie en surveillance. Zaken die aan de orde moet komen in een goede registratie zijn:

- Was er sprake van een blootstelling?
- In welke mate vond de blootstelling plaats?
- Hoe vond de blootstelling plaats?
- Hoe lang de blootstelling heeft plaatsgevonden?
- Waren er calamiteiten? Is er een systematische registratie van incidenten?
- Is er een goed werkende registratie van gebruikte stoffen en een beschrijving van de werktaken waarbij deze stoffen worden gebruikt?

Met betrekking tot gezondheidsbewaking (surveillance) gelden de volgende eisen:

- Periodieke monitoring van eventuele gezondheidseffecten (vragenlijsten)
- Voldoende lange tijd (sommige effecten manifesteren zich pas na jaren)
- Afstemming surveillance systemen van het bedrijf met nationale en internationale surveillance systemen (op individueel bedrijfsniveau kan het moeilijk zijn eventuele trends te ontdekken wegens het relatief geringe aantal gevallen, vaak verspreid over een langere tijd)
- Periodiek bijstellen surveillance systeem op grond van nieuwe inzichten wetenschap
- De bedrijfsarts moet uit de spreekkamer en naar de werkvloer!

Op de website van het Nederlands centrum voor Beroepsziekten (NCvB) kunnen voor een aantal stoffen registratierichtlijnen gevonden worden.

7.1.3 Kwetsbare groepen

Naast risicofactoren op individueel niveau kan er ook sprake zijn van risicofactoren op groepsniveau. Hierbij kan er een onderscheid worden gemaakt in een vijftal groepen, namelijk

- Jongeren;
- Zwangeren en lacterende vrouwen (zogende vrouwen);

- Werknemers met een verhoogde kwetsbaarheid. Dit op basis van leeftijd of door een chronische aandoening;
- Werknemers met een specifieke kwetsbaarheid voor de gevaarlijke stoffen waarmee ze werken op basis van een specifieke medische aandoening;
- Werknemers die doordat ze de Nederlandse taal onvoldoende beheersen niet in staat zijn de gegeven instructies voldoende te kunnen begrijpen en opvolgen.

In onderstaande tekst wordt op globale wijze stilgestaan met bij de specifieke gezondheidsrisico's. Omdat deze gezondheidsrisico's daarnaast ook nog in hoge mate afhankelijk zijn van het toxisch profiel van de stof, wordt voor meer specifieke achtergrondinformatie verwezen naar de afzonderlijke dossiers.

Jongeren

Jongere werknemers zijn in meerdere opzichten nog onvolgroeid. Zo is hun immuunsysteem nog niet volledig op peil en missen zij vaak nog de specifieke afweer tegen bepaalde organismen. Ook worden sommige gevaarlijke stoffen opgeslagen in vetweefsel, wat weer op latere leeftijd tot problemen kan leiden of hebben sommige stoffen een schadelijke invloed op delende cellen (wat een kenmerk is van groei), wat aanleiding kan geven tot groeiachterstand of andere ernstige aandoeningen. Zie hier. Daarnaast hebben jongeren, omdat de motorische coördinatie nog niet helemaal uitgerijpt is meer kans op het oplopen van verwondingen.

Zwangeren en lacterende vrouwen

Zwangere werknemers zijn verhoogd gevoelig voor allerlei schadelijke invloeden van gevaarlijke stoffen. Immers, niet alleen de moeder, maar ook het toekomstige kind, kan blijvende gezondheidsschade oplopen. Van sommige stoffen is bekend dat ze via de moederkoek (placenta) het ongeboren kind kunnen bereiken.

Werknemers met een verhoogde kwetsbaarheid.

Dit betreft een gevarieerde groep van allerlei verschillende medische aandoeningen en omstandigheden, zoals:

- Ouderen (>60 jaar),
- Personen met chronisch ziekten, zoals: hart, vaat en longlijden, reuma, HIV infectie etc.;
- Personen met aangeboren of verworven afwijkingen in het immuunsysteem;
- Personen die kanker hebben (gehad);
- Medicijngebruik.

Oudere werknemers: concurrerende risico's

Wat ouderen betreft is er nog een ander fenomeen. Na blootstelling aan een gevaarlijke stof kan het soms vele jaren tientallen jaren duren voordat zo iemand klachten ten gevolge van die blootstelling. Het klassieke voorbeeld in dat kader is het ontwikkelen van een longkanker, vele tientallen jaar na de blootstelling aan asbest. Echter, ouder worden gaat ook gepaard met een grotere kans op het krijgen van ouderdomsziekten zoals: long of hart en vaat ziekten, maar ook kanker. Dit maakt het soms dan ook lastig om met terugwerkende kracht een oordeel te vellen over het feit of een bepaalde medische klacht nu een gevolg is geweest van de blootstelling in het verleden of een gevolg is van het ouder worden. In de epidemiologie wordt dit fenomeen "competing risk", ofwel concurrerende risico's, genoemd, wat kwantificering van het aandeel "arbeidsgerelateerde schade" kan bemoeilijken. Nog lastiger wordt het als de mogelijk blootgestelde daarnaast in zijn vrije tijd gezondheidbelemmerende activiteiten heeft ondernomen, zoals roken.

Gebruik van sommige medicijnen kan ertoe leiden dat:

- de afweer minder goed functioneert (verhoogde gevoeligheid voor allerlei infecties);
- klachten gecamoufleerd worden, waardoor niet of minder snel worden herkend;
- het lichaam minder goed in staat is schadelijke stoffen te verwijderen uit het lichaam (slechtere lever en nierfunctie), waardoor er een grotere kans op vergiftiging kan ontstaan;
- de reactiesnelheid nadelig beïnvloeden (grotere kans op ongevallen).

Risicogroepen met een specifieke kwetsbaarheid voor de blootgestelde gevaarlijke stof

Hiervoor wordt verwezen naar de afzonderlijke dossiers. In algemene zin gaat het om werknemers die lijden aan een bepaalde aandoening die specifiek verergerd kan worden door de blootstelling. Bijvoorbeeld een werknemer met astma zal extra gevoelig zijn voor een stofrijke omgeving of iemand bekend met huideczeem zal extra gevoelig zijn wanneer zijn huid in aanraking komt met een irriterende stof.

Niet Nederlandstalige (seizoen) arbeiders/tijdelijke werknemers.

Werken met gevaarlijke stoffen is alleen toegestaan als voldaan wordt aan allerlei voorschriften en protocollen. De daaruit voortvloeiende instructies zullen dan ook, in woord en geschrift, helder moeten worden gecommuniceerd met de werkvloer. Dit houdt in dat bij werknemers die de Nederlandse taal niet machtig zijn er extra inspanning zal moeten verricht om deze werknemers goed te instrueren. Indien hiervoor onvoldoende tijd wordt genomen, lopen in het bijzonder deze groep een verhoogde kans op vergiftiging.

7.2 Diagnostiek en behandeling/begeleiding

Arbeidsgeschiktheid versus arbeidsongeschiktheid

Medische klachten ten gevolge van een medische aandoening kunnen zodanig ernstig zijn, dat een werknemer niet belastbaar wordt geacht voor het uitoefenen van zijn eigen werkzaamheden. Men spreekt dan van volledige arbeidsongeschiktheid. Soms echter, kan zo iemand wel andere werkzaamheden verrichten. In zo een geval kan zo iemand tijdelijk aangepaste werkzaamheden verrichten.

Medische klachten versus medische beperkingen

In de bedrijfsgeneeskunde wordt er een onderscheid gemaakt tussen medische klachten (welke samenhangt met een medische diagnose) en medische beperkingen. Dit is het beste te illustreren aan de hand van een voorbeeld. Bijvoorbeeld, iemand breekt zijn been en kan daardoor tijdelijk zijn been niet meer gebruiken omdat deze in het gips zit. De medische diagnose is dan uiteraard een gebroken been. De consequentie hiervan is echter dat deze persoon gedurende zijn herstelperiode minder goed in staat is om te lopen. In de bedrijfsgeneeskunde spreekt men dan dat deze persoon medische beperkingen heeft ten aanzien van o.a.: lopen en staan. Daarnaast zal deze persoon uiteraard ook minder goed in staat zijn om te tillen, hurken, buigen en mobiliteit (autorijden).

Medische beperkingen en re-integreren

Door deze medische beperkingen vervolgens te vergelijken met het functieprofiel van de werknemers, kan er een inschatting worden gemaakt wat de zieke werknemers wel of niet zou kunnen. Dit betekent dus dat ziek zijn niet automatisch (volledig) arbeidsongeschikt betekent! Bijvoorbeeld een hovenier met rugklachten kan misschien tijdelijk niet meer schoffelen en harken (staande, licht gebogen repeterende getordeerde bewegingen), maar nog wel magazijnwerkzaamheden kan uitvoeren. Een ander voorbeeld, voor iemand die overspannen is, is het misschien beter even geen werk te doen met deadlines (stress en piekbelasting), maar hij kan misschien nog wel een routineklus doen.

Natuurlijk beloop

Bovenstaande moet ook uiteraard ook worden afgezet tegen het natuurlijk beloop van een aandoening (zodra het gips van het gebroken been verwijderd is en het herstel zet door, nemen de beperkingen af en wordt deze persoon weer meer inzetbaar) de arbeidsomstandigheden (goede werkplek) en voorwaarden (werkuren, nachtdiensten etc.). Al deze variabelen moeten worden meegenomen in het re-integratieplan.

Re-integreren en kanker

Ten slotte, voor re-integrerende werknemers die behandeld zijn voor kanker, moet rekening gehouden worden met lange termijn effecten van de oncologische behandeling, zoals vermoeidheid en conditionele beperkingen. Ook is er in deze categorie sprake van een verhoogd risico op stemmingsstoornissen, zoals een depressie. Voor bepaalde, veel voorkomende, ziekten heeft de beroepsvereniging van de bedrijfsartsen richtlijnen ontwikkeld (zie bedrijfsgeneeskundige richtlijnen)

Re-integreren en chronische beperking

Ziekten zoals COPD geven aanleiding tot chronische beperkingen. Vaak zijn het beperkingen van energetische (conditionele) aard. In dat geval kan het verstandig zijn om al in een vroeg stadium van het re-integratietraject een arbeidsdeskundige te consulteren. De arbeidsdeskundige kan op basis van het functieprofiel en de FML (functionele mogelijkhedenlijst) onderzoeken of:

- betrokkene kan terugkeren in zijn eigen functie (al dan niet met tijdsbeperking)
- terugkeer in een aangepaste functie en
- indien er geen benutbare mogelijkheden zijn, hoe het re-integratietraject in de opmaat naar een mogelijke UWV beoordeling kan worden vormgegeven

Gezondheidsrisico naar naasten en derden

Naast risico voor de blootgestelde werknemer, kan er ook sprake zijn voor risico voor naaste collega's of familieleden of derden. Men spreekt van derden wanneer is sprake is van een professionele werkrelatie. Denk hierbij aan hulpverlener-patiënten relatie. Een voorbeeld is een hepatitis B geïnfecteerde chirurg die zijn patiënten besmet of een verpleeghuisverzorgende die zijn collega's en cliënten besmet met de seizoensinfluenza (griep).

Veiligheid

Oplettendheid van de bedrijfsarts is vereist als de veiligheid in het geding is. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij blootstelling van stoffen die een effect hebben op de alertheid van de werknemers (stoffen die invloed hebben op het zenuwstelsel, cognitieve vermogens of mentale gesteldheid), of waar er sprake is van infectiegevaar. Hierbij kan er een onderscheid worden gemaakt in:

Veiligheid voor eigen werk: (o.a. veiligheidsaspecten, bv. vallen van een trap door duizeligheid, sufheid door codeïne gebruikt bij influenza),

Veiligheid voor collega's en naasten: Verwonden van een collega door onoplettendheid door sufheid van de blootgestelde werknemer (bouwvakker die wat op het hoofd van een collega laat vallen), besmetten van collega's verpleeghuis professionals met het norovirus, die aanleiding geeft tot diarreeklachten.

Veiligheid voor derden: Een chauffeur die even „wegraakt“ en een ongeluk veroorzaakt of besmetting van een patiënt door een chirurg.

Gevaarlijke stoffen en verzuimbegeleiding middels een reïntegratiecoach

In het kader van “demedicaliseren” van het verzuim wordt tegenwoordig in toenemende mate gekozen voor de constructie om een reïntegratiecoach of arbeidsdeskundige in de eerste lijn te plaatsen en de bedrijfsarts in de tweede lijn. In het kader van gevaarlijke stoffen kan dit echter risico's opleveren, immers het gevaarlijke stoffen verzuim en arbeidsomstandigheden management valt of staat met (vroeg)herkenning.

Het voorkomen van gezondheidsschade door het werk is één van de belangrijkste uitgangspunten van de arbeidsomstandighedenwet. Opgepast moet worden dat door een te sterke focus op “verzuim is gedrag” dit uitgangspunt ondergesneeuwd dreigt te worden. Dit klemt temeer in branches en beroepen waar er sprake is van een a priori verhoogde kans op gezondheidsschade, zoals bij werknemers die beroepsmatig worden blootgesteld aan toxische stoffen.

7.2.1 Diagnostiek

De mogelijkheden voor diagnostisch onderzoek zijn afhankelijk van de stoffen waaraan blootstelling plaatsvindt en de daarbij beschreven gezondheidseffecten. Een goede registratie en surveillance zijn hierbij belangrijk. Zie voor meer achtergrond informatie de afzonderlijke gevaarlijke stoffen dossiers.

Acute vergiftiging

Het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum (NVIC) is ondergebracht bij het RIVM. Het NVIC informeert professionele hulpverleners zowel telefonisch als via internet over de ernst van de vergiftiging, de te verwachten gezondheidseffecten en de mogelijke behandeling. In 2006 werd het NVIC in totaal over 50.859 blootstellingen geconsulteerd, waarvan 2.521 blootstellingen bestrijdingsmiddelen betrof. De belangrijkste vraag ging over anticoagulantia (rattengif) bij kinderen. Via de volgende link is de NVIC folder te downloaden. Het NVIC is dag en nacht, zowel telefonisch als

via internet, bereikbaar. Via de website hebben professionele hulpverleners toegang tot een uitgebreide toxicologische database. Aan de hand van patiënt- en blootstellingsgegevens kan een risicoanalyse van een vergiftigingsgeval gemaakt worden. De informatie op de website geeft ondersteuning bij het bepalen van het therapeutisch beleid.

Tweedelijns arbeidsgeneeskunde kenniscentra

In geval van complexe arbeidsgeneeskundige problematiek kan er verwezen worden naar gespecialiseerd arbeidsgeneeskundige kenniscentra. Vaak zijn deze centra verbonden met tweedelijns klinische geneeskundige centra, zoals academische ziekenhuizen. Hieronder een (niet volledig) overzicht van de diverse arbeidsgeneeskundige kenniscentra:

- Kenniscentrum gehoor en werk en als er sprake is van werkgerelateerde luchtwegaandoeningen naar kenniscentrum voor luchtwegaandoeningen
- Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Klachten Bewegingsapparaat.
- Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Longaandoeningen: *Opgelucht werken*.
- Nederlands Kenniscentrum Arbeid en Psyche.
- Nederlands Kenniscentrum ArbeidsDermatosen – NECOD.
- Solvent Team Amsterdam. Expertise centrum op het terrein van toxische encefalopathie door oplosmiddelen. Zie: mensenwerk

7.2.2 Behandeling en begeleiding

Risico-inventarisatie: basis van bedrijfsgeneeskundige begeleiding

Een bedrijfsgeneeskundige begeleiding en diagnostiek traject moet gebaseerd zijn op:

- Een multidisciplinaire risico-inventarisatie en evaluatie (RI&E);
- Aansluitend aan deze evaluatie zal er dan een plan van aanpak moeten worden vastgesteld, waar aan de hand van een prioritering de mogelijke gezondheidsrisico's, stapsgewijs geëlimineerd of geminimaliseerd dienen te worden;
- Actuele wetenschappelijke inzichten;
- Er moet sprake zijn van een plan-do-check-act cyclus.

De bedrijfsarts, gevaarlijke stoffen en gezondheidsscreening

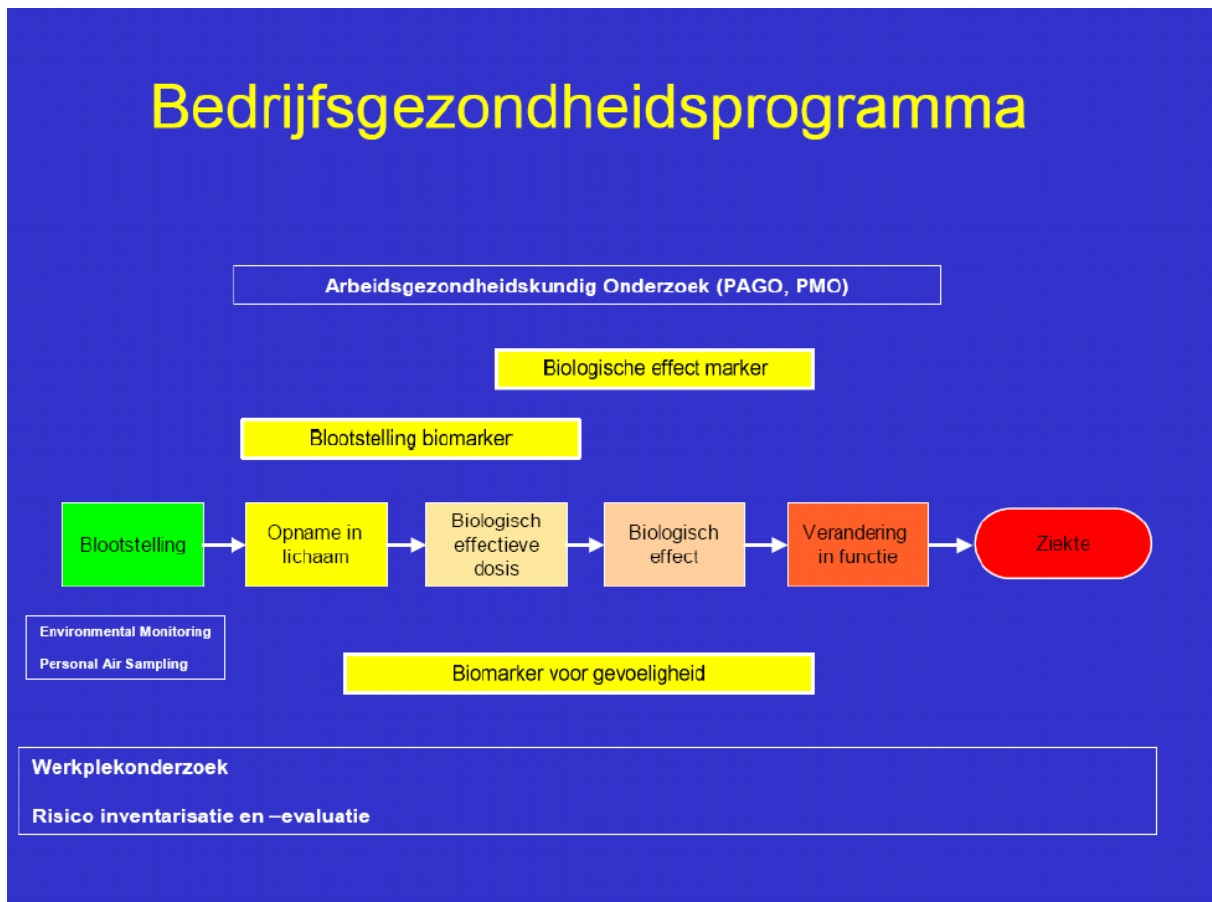
Het diagnostisch instrument wat de bedrijfsarts tot zijn beschikking heeft is een PMO. Echter, de keten is zo sterk als de zwakste schakel. In de praktijk zijn de mogelijkheden tot vroege interventie erg beperkt. De reden hiervoor is dat de medische klachten veroorzaakt door eventuele blootstelling, ofwel specifiek zijn dan wel pas tot uiting komen na een groot aantal jaren. Biologische monitoring geeft niet altijd soelaas en lifestyle factoren, zoals roken en alcoholgebruik, kunnen de betrouwbaarheid en de uitkomst van de metingen ernstig verstoren. De bedrijfsarts zou als sluitsteen van de gevaarlijke stoffen plan-do-check-act cyclus kunnen fungeren als hij/zij:

- actief betrokken zou zijn bij het opstellen van de RI&E;
- de bedrijfsarts dicht bij het primaire werkproces staat. Met andere woorden, zich vaker op de werkvloer begeeft;

De praktijk is echter dat de bedrijfsarts door de toegenomen marktwerking steeds minder zijn spreekkamer uitkomt. Dit door de toenemende nadruk op de verzuimbegeleiding, dreigt de aandacht voor preventie wat naar de achtergrond te geraken. Dit heeft tot gevolg dat de arbeidsgeneeskundige begeleiding in het kader van gevaarlijke stoffen steeds meer onder druk komt te staan. In het bijzonder voor gevaarlijke stoffen is het dan ook essentieel dat bij de contractonderhandelingen tussen, aan de ene kant de arbodiensten en de bedrijfsartsen en aan de andere kant het bedrijf, duidelijke afspraken worden gemaakt ten aanzien van de randvoorwaarden. Het klemmt te meer bij stoffen met potentiële carcinogene en reproductietoxische effecten. Hierbij kan gedacht worden aan: toegankelijkheid open spreekuur, voldoende tijd om de werkvloer te bezoeken, regelmatig afspreken van een PMO, en een goede (bijna)incidentenregistratie en terugkoppeling naar de bedrijfsarts.

7.2.3 Preventief medisch onderzoek inclusief vroegdiagnostiek

Omdat de stoffen toxisch zijn, is het uitgangspunt geen of een zeer geringe blootstelling. Dit is echter niet altijd mogelijk. Periodiek gericht preventief onderzoek kan helpen de gezondheid van de medewerkers te bewaken. Middels een intredeonderzoek kan de individuele uitgangssituatie worden vastgelegd en met het PMO kan dit over de tijd vervolgd worden.



Figuur 12 Bedrijfsgezondheidsprogramma's

In het plaatje "bedrijfsgezondheidsprogramma" en schematisch overzicht dan de gehele gevaarlijke stoffen gezondheidsmanagement keten, het de verschillende monitoringsinterventies.

Aanstellingskeuringen

Aanstellingskeuringen kunnen alleen verricht worden, wanneer de functie speciale eisen stelt aan de belastbaarheid. In de Leidraad Aanstellingskeuringen (NVAB) blijkt dat dit het geval is bij functies waarbij verhoogde waakzaamheid en oordeelsvermogen tot de functie-eisen behoort. Bovendien staat in het Besluit aanstellingskeuringen (art. 3 lid 1) dat er pas een aanstellingskeuring mag worden verricht wanneer de risico's voor de gezondheid en veiligheid niet met gangbare maatregelen gereduceerd kunnen worden beheerst. Bij sommige functies zijn aanstellingskeuringen verplicht, zoals bij de brandweer of bij asbest werkers.

Intredeonderzoek

Een intredeonderzoek vindt, in tegenstelling tot de aanstellingskeuring, plaats na de aanstelling. Het heeft tot doel:

- het vastleggen van een uitgangssituatie;
- kennismaking met de bedrijfsarts en arbodienst;
- mogelijkheid tot het geven van voorlichting;
- vrijwillig.

Afwijkend en essentieel onderscheidend ten opzichte van de aanstellingskeuring is het feit dat de werkgever geen uitslag ontvangt van het intredeonderzoek, en dat dit onderzoek geen rol speelt bij het besluit over de aanstelling. In dit onderzoek kunnen screeningsinstrumenten gericht op individuele kwetsbaarheid, bij het preventief medisch onderzoek ingezet worden.

Preventief medisch onderzoek (PMO)

Preventief Medisch Onderzoek (PMO) is een verzameling van methoden die bedrijfsartsen gebruiken om de gezondheid van u als werknemer te bewaken en te bevorderen. PMO bestaat uit onderzoek naar uw gezondheid, en activiteiten om uw gezondheid te beschermen en verbeteren als daar een reden voor bestaat. PMO is bedoeld voor individuele werkende mensen. Daarnaast kan de organisatie en de bedrijfsarts samen ook een beeld krijgen van de gezondheid van groepen werknemers, en voor een groep speciale activiteiten ontwikkelen.

Welke onderzoeken het bedrijf laat uitvoeren hangt samen met de doelstellingen die het bedrijf nastreeft en de branche waarin de organisatie actief is. Binnen PMO is het volgende onderzoek mogelijk (in de praktijk wordt hieruit een beperkte keuze gemaakt):

- Vragenlijsten over gezondheid en werkbeleving
- Lichamelijk onderzoek
- Orgaanfunctie-onderzoek van ogen, oren, longen of hart
- Laboratoriumonderzoek.

Naast de vragenlijsten over werkbeleving en gezondheid kunnen ook meestal vragenlijsten worden uitgezet over lifestyle (BRAVO) en over werkvermogen (WAI).

Het preventief medisch onderzoek kent drie kerndoelen:

- Preventie van beroepsziekten en arbeidsgebonden aandoeningen bij individuele en groepen werknemers
- Bewaken en bevorderen van de gezondheid van individuele en groepen werknemers in het werk
- Bewaken en verbeteren van het functioneren en de inzetbaarheid van individuele werknemers.

Biologische monitoring

Enkele uitzonderingen daargelaten, bijvoorbeeld zware metalen, zoals lood, chroom, en kobalt is vaak de sensitiviteit en specificiteit van biologische monitoring bijzonder gering. Daarnaast kan er nog aanleiding zijn voor biologische monitoring als:

- Er sprake is van een ongeval of incident;
- Er sprake is van een verhoogde kwetsbaarheid van de desbetreffende werknemer (bijvoorbeeld, bij nier of leverziekten).

Indien besloten wordt tot biologische monitoring wordt dan ook geadviseerd contact op te nemen met blootstellingdeskundigen, bijvoorbeeld een arbeidshygiënist.

Algemene criteria vroegdiagnostiek naar schadelijke gezondheidseffecten

Hierbij moet worden opgemerkt dat men terughoudend is ten aanzien van vroegdiagnostiek naar schadelijke gezondheidseffecten en in het bijzonder naar kanker. Onderstaande criteria, van Wilson en Junger bieden inzicht in de strenge eisen waaraan voldaan moet worden voldoen. Ten slotte, voor vroegdiagnostiek naar kanker of onderzoek waarbij er gebruik wordt gemaakt van röntgenstraling, is de wet op bevolkingsonderzoek van toepassing:

- Er moet sprake zijn van een ernstig en vaak voorkomend gezondheidsprobleem.
- Een algemeen aanvaarde behandeling leidt bij de opgespoorde gevallen tot een gunstige beïnvloeding.
- Er moeten voldoende voorzieningen beschikbaar zijn voor screeningsonderzoeken en eventuele behandeling.
- Het natuurlijk beloop van de aandoening moet bekend zijn.
- Er moet een herkenbaar latent stadium zijn.
- Er moet een geaccepteerde definitie zijn van wie men zal behandelen.
- Er moet een kwalitatief goede opsporingsmethode beschikbaar zijn.
- De test moet aanvaardbaar zijn voor brede groepen in de bevolking.

- De kosten moeten acceptabel zijn tegen de achtergrond van de baten.
- Er moet een zekere continuïteit in het programma worden geboden.

8. Werkgeversverplichtingen

De werkgeversverplichtingen komen voort uit de Arbowetgeving. Kortweg dient de werkgever beleid te voeren waarbij werkdruk en beheersmaatregelen in ieder geval terugkomen in de RI&E en in voorlichting & onderricht. (Artikel 11 van de arbowet)

Wettelijke verplichtingen

Artikel 3 van de Arbowet stelt algemene eisen met betrekking tot veilig werken en het beschermen van de geestelijke en lichamelijke gezondheid van de mens. Doel is ongevallen op het werk te voorkomen, evenals ziekte(verzuim) door arbeidsgebonden factoren. De werkgever dient een zo goed mogelijk arbeidsomstandighedenbeleid te voeren waarbij de actuele stand van de wetenschap en professionele dienstverlening in acht wordt genomen.

9. Werknemersverplichtingen

De werknemer is verplicht zich als een 'goed werknemer' te gedragen. Dit betekent bijvoorbeeld dat de werknemer zich moet houden aan de werkvoorschriften van de werkgever en verplicht is om mee te werken aan reïntegratie.

Wettelijke verplichtingen

De Arbowet, hoofdstuk 2, artikel 11 beschrijft de algemene verplichtingen van de werknemer. In de gewijzigde versie van januari 2007 is een belangrijke verplichting opgenomen, namelijk: "De werknemer is verplicht om in zijn doen en laten op de arbeidsplaats overeenkomstig zijn opleiding en de door de werkgever gegeven instructies, naar vermogen zorg te dragen voor zijn eigen veiligheid en gezondheid en die van de andere betrokken personen."

Verder zijn werknemers verplicht om naar vermogen desgevraagd mee te werken aan het opstellen van de RI&E en maatregelen voortvloeiend uit het plan van aanpak van de RI&E uit te voeren.

Gezondheidsschade voorkomen

Ter preventie van gezondheidsschade zijn werknemers verplicht om:

- arbeidsmiddelen op de juiste wijze te gebruiken;
- de ter beschikking gestelde persoonlijke beschermingsmiddelen op de juiste wijze te gebruiken en na gebruik op de daartoe bestemde plaats op te bergen;
- mee te werken aan voor hen georganiseerd voorlichting/onderricht;
- de door hen opgemerkte gevaren voor de veiligheid of de gezondheid terstond ter kennis te brengen aan de werkgever of degene die namens deze ter plaatse met de leiding is belast.

Gedragsregel

Kort samengevat is de werknemer verplicht zich zo te gedragen dat de eigen gezondheid niet in gevaar gebracht wordt. Dit betekent voorlichting en onderricht volgen en daar waar mogelijk toepassen, beschikbaar gestelde arbeidsmiddelen op een juiste wijze en verantwoorde wijze gebruiken en daar waar zich knelpunten m.b.t. gezondheidsrisico's voordoen deze terstond melden zodat maatregelen kunnen worden getroffen.

10 Werknemersrechten

10.1 Rechten individuele werknemer

De rechten van de individuele werknemer staan vermeld in de Arbeidsomstandighedenwet. In het kader van goed arbobeleid is een werkgever onder andere verplicht, de medewerkers Preventief Medisch Onderzoek aan te bieden. De medewerker kan echter niet worden verplicht aan dit arbeidsgezondheidskundig onderzoek deel te nemen en de medische informatie uit het PMO mag alleen na goedkeuring van de medewerker aan de werkgever worden verstrekt.

10.2 Rechten medezeggenschapsorgaan

In Hoofdstuk 3 van de Arbo-wet wordt aangegeven wat wordt verstaan onder samenwerking met, en de bijzondere rechten van, de ondernemingsraad, de personeelsvertegenwoordiging en de belanghebbende werknemers en de regeling ten aanzien van deskundige bijstand.

Artikel 14 en 14a zijn artikelen aangaande maatwerkregeling aanvullende deskundige bijstand bij specifieke taken op het gebied van preventie en bescherming.

RI&E

In aanvulling op artikel 13 laat de werkgever zich bijstaan door één of meer deskundige personen ten behoeve van het toetsen van de risico-inventarisatie en -evaluatie en het opstellen van het plan van aanpak. De ondernemingsraad of het medezeggenschapsorgaan heeft hierin een adviserende rol naar de werkgever en dient dan ook te worden betrokken bij de keuze en mag indien gewenst de uitvoerende partij(en) tijdens de uitvoering begeleiden.

Plan van Aanpak

Na de uitvoering van de risico-inventarisatie en evaluatie en het opstellen van het plan van aanpak dienen deze ter goedkeuring aan de ondernemingsraad of het medezeggenschapsorgaan te worden voorgelegd. Na akkoord worden RI&E en Plan van Aanpak binnen de organisatie bekend gemaakt. Is er geen ondernemingsraad of personeelsvertegenwoordiging dan wordt het advies direct bekend gemaakt aan de belanghebbende werknemers.

Verzuimbegeleiding

De ondernemingsraad of medezeggenschapsraad heeft een adviserende rol als het gaat om de keuze van de uitvoerende partij die wordt ingeschakeld voor de begeleiding van werknemers die door ziekte niet in staat zijn hun arbeid te verrichten, met inbegrip van de bijstand bij de uitvoering van de in de sociale verzekeringswetten gestelde regels.

11. Praktijkverhalen

Er zijn momenteel nog geen concrete praktijkverhalen beschikbaar. De kennis en gepubliceerde ervaringen rondom het veilig werken met nanomaterialen bij eindgebruikers zijn momenteel nog schaars. Het meten en beoordelen van de blootstelling aan nanomaterialen staat nog in de kinderschoenen en er zijn zover bekend nog geen interventiestudies uitgevoerd en beschreven.

Doordat nog onvoldoende bekend is in welke bedrijfstakken en bij welke bedrijven nanomaterialen gebruikt worden, maakt het lastig om de informatie over concrete toepassingen en de geïmplementeerde beheersmaatregelen te beschrijven.

Om op de hoogte te blijven van de ontwikkelingen rondom het veilig werken met nanomaterialen, dan kan o.a. gebruik gemaakt worden van onderstaande websites:

[Kennis en Informatiepunt Risico's nanotechnologie \(KIR-nano\)](#) van het RIVM <einde link>
Een doel van het KIR-nano is het signaleren van risico's rond nanotechnologie en ontwikkelingen daarin voor mens en milieu. Voor de mens richt het KIR nano zich op de risico's voor de werknemer, consumenten en patiënten. Het gaat daarbij om arbeidshygiëne, voeding, consumentenproducten, geneesmiddelen en medische technologie

Het [Nanopodium](#)

Nanopodium was een podium voor het uitwisselen van gedachten, meningen, ideeën en suggesties om met elkaar in gesprek te komen over kansen en bedreigingen van nanotechnologie voor individu en samenleving. Nanopodium was een initiatief van de onafhankelijke Commissie Maatschappelijke Dialoog Nanotechnologie (CieMDN). Het project liep van maart 2009 tot maart 2011. De CieMDN heeft het beheer van de Nanopodium-website overgedragen aan Technologiestichting STW. Op de website is nog steeds veel informatie te vinden over het maatschappelijk debat rondom nanotechnologie.

12 Referentie auteurs

Hoofdauteur en auteur wetgeving

Ir. Ralf Cornelissen, senior adviseur / arbeidshygiënist, werkzaam bij IVAM UvA bv

Co-auteur Veiligheidskunde

Dick Hoeneveld, veiligheidskundige, werkzaam bij de Technische Universiteit Delft

Co-auteur Arbeid en Organisatie

Drs. Harry Tweehuysen, arbeid en organisatiedeskundige, werkzaam bij Tweehuysen Advies

Co-auteur medisch

Drs. Gert van der Laan, bedrijfsarts, werkzaam bij het Nederlands Centrum voor Beroepsziekten

13 Peer review

Dit arbodossier is beoordeeld door:

14. Referenties

De meeste artikelen in buitenlandse wetenschappelijke tijdschriften waarnaar hier verwezen wordt zijn te vinden via de websites [PubMed](#) of [Google Scholar](#).

- 1 ISO/TR 27628:2007 - Workplace atmospheres – ultrafine nanoparticle and nano-structured aerosols. Inhalation exposure characterization and assessment";
- 2 NPR-CEN-ISO/TS 27687:2008-08 en: Nanotechnologieën - Terminologie en definities voor nano-objecten - Nanodeeltje, nanovezel en nanoplaat (2008);
- 3 Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR. Scientific Basis for the Definition of the Term “nanomaterial”. European Union. ISBN 978-92-79-12757-1, 2010;
- 4 Sociaal Economische Raad. Veilig omgaan met nanodeeltjes op de werkplek. SER advies 2009-1. 2009 ;
- 5 http://ec.europa.eu/environment/consultations/pdf/recommendation_nano.pdf (link is verlopen, via deze link: http://ec.europa.eu/yourvoice/consultations/2010/index_en.htm is het document nog te bereiken);
- 6 G. Liden. The European Commission Tries to Define Nanomaterials. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 55, No. 1, pp. 1–5, 2011;
- 7 Bandura, A. Organizational Application of Social Cognitive Theory. *Australian Journal of Management*, 13(2), 275-302, 1988;
- 8 Jong WH de, Roszek B, Geertsma RE. Nanotechnology in medical applications: possible risks for human health. RIVM rapport 265001002. 2005;
- 9 Dekkers S, Prud'homme De Lodder LCH, Winter R de, Sips AJAM, Jong WH de. Inventory of consumer products containing nanomaterials. RIVM letter report 340120001. 2007;
- 10 Wijnhoven SWP, Dekkers S, Hagens WI, Jong WH de. Exposure to nanomaterials in consumer products. RIVM letter report 340370001. 2009;
- 11 S.W.P. Wijnhoven, S. Dekkers, M. Kooi, W.P. Jongeneel en W.H. de Jong. Nanomaterials in consumer products: Update of products on the European market in 2010. RIVM Report 340370003/2010. 2010;
- 12 Dekkers, S et al. Presence and risks of nanosilica in food products. *Nanotoxicology*, 2010;
- 13 Voedsel en Waren Autoriteit. Nanodeeltjes in consumentenproducten. Rapport ND09231G. 2010;
- 14 Borm et al. Omgaan met nanodeeltjes op de werkvloer. Survey naar goede praktijken in omgaan met nanomaterialen in de Nederlandse industrie en kennisinstellingen. 2008;
- 15 R.T.M. Cornelissen, J. Terwoert en J.C. v Broekhuizen. Nanoproducten in de Nederlandse Bouwnijverheid: Toepassingen, mogelijke risico's en beheersmaatregelen. Rapport 1023O. 2010;
- 16 F.A. van Broekhuizen and J.C. van Broekhuizen. Nano-products in the European Construction Industry -State of the art 2009. IVAM UvA bv. 2009;
- 17 Schmid, K et al. Use of Nanoparticles in Swiss Industry: a Targeted Survey. *Environmental Science and Technology*, vol. 42. N0.7 2008;
- 18 Schmid, K et al. Swiss nano-Inventory: An assessment of the usage of nanoparticles in Swiss Industry. Institute for Work and Health (IST), Lausanne, Switzerland. 2008;
- 19 Boccuni, F et al. Potential occupational exposure to manufactured nanoparticles in Italy. *Journal of Cleaner Production* 16 (2008) 949-956. 2008;
- 20 Gezondheidsraad. Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad. publicatie nr 2006/06. 2006;
- 21 Delft University of Technology, workgroup Nanosafety of the Faculty of Applied Sciences. Nanosafety Guidelines. Version 2 – September 2010;
- 22 Kabinetsvisie Nanotechnologieën Van Klein Naar Groot. jaartal onbekend, bereikbaar via deze [link: http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2006/11/16/kabinetsvisie-nanotechnologie.html](http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2006/11/16/kabinetsvisie-nanotechnologie.html);
- 23 Warheit, D.B., 'How meaningful are the results of nanotoxicity studies in the absence of adequate material characterization?', *Toxicol. Sci.*, 101, 2008, 183-185;

-
- 24 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;
 - 25 David M. Zalk, Samuel Y. Paik and Paul Swuste. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative riskassessment method for controlling nanoparticle exposures. *J Nanopart Res* 11:1685–1704 (2009);
 - 26 D.M. Zalk and S.Y. Paik Control Banding and Nanotechnology. *The Synergist* Volume 21 No. 3 (2010);
 - 27 Cornelissen, R.T.M., Jongeneelen, F en v. Broekhuizen, J.C.. Handleiding veilig werken met nanomaterialen en –producten. Ontwikkelt in opdracht van Vakcentrale FNV, VNO-NCW en CNV (2010);
 - 28 Cornelissen, R.T.M. Veilig werken met nanomaterialen. *Safety!* nr. 1. 2011;
 - 29 Duuren-Stuurman, B et al. Stoffenmanager Nano: Description of the conceptual control banding model. TNO Report V9216. 2011 (beschikbaar via de Stoffenmanager Nano website);
 - 30 Höck J. et al.: Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials. Version 2 Federal Office of Public Health and Federal Office for the Environment, Berne 2010 <http://www.bag.admin.ch/themen/chemikalien/00228/00510/05626/index.html?lang=en>;
 - 31 Expert Committee (CES) on Physical Agents. Developing of a specific Control Banding Tool for Nanomaterials. ANSES Request no. 2008-SA-0407 Control Banding. 2010;
 - 32 G.Oberdorster et al. (2004). Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology* 16 (6-7): 437-445;
 - 33 W.I. Hagens et al. (2007) What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body? *Regulatory Toxicologie and Pharmacologie* 49: 217-229;
 - 34 Wolterbeek, André / van der Horst-Groeneveld, Linda / Tegelenbosch-Schouten, Mariska / Koster-Ammerlaan, Anneke / Bode, Peter / Wolterbeek, Bert. Kinetics of gold nanoparticles in pregnant Wistar rats., *Reproductive Toxicology*, 30 (2), p.247, TU Delft/ TNO. 2010;
 - 35 Warheit, DB et al. (2008) Health effects related to nanoparticle exposures: Environmental, health and safety considerations for assessing hazards and risks. *Pharmacology & Therapeutics* 120 (2008) 35–42;
 - 36 Poland et al. (2008) Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos like pathogenicity in a pilot study. *Nature nanotechnology*;
 - 37 PD 6699-2:2007 Nanotechnologies – Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. British Standards. ISBN 978 0 580 60832 2. 2007;
 - 38 Seipenbusch M. et al. (2008). Temporal Evolution of Nanoparticle Aerosols in Workplace Exposure. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 52, No. 8, pp. 707–716, 2008;
 - 39 SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks), The appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the Technical Guidance Documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials, 21-22 June 2007;
 - 40 Stone, V. et al. (2010) Engineered nanoparticles; Review of health and environmental safety, final report FP7-projec ENRHES;
 - 41 Kosk-Bienko, J. (Ed.) (2009) Workplace exposure to nanoparticles, European Risk observatory report – literature review, Bilbao, European Agency for Safety and Health at Work;
 - 42 Schneider, T. et al., (2007) Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles, Copenhagen, Nordic council, rep. 2007-581;
 - 43 Brouwer, D. Exposure to manufactured nanoparticles in different workplaces. *Toxicology*. Volume 269, issues 2-3, 120–127. 2010;
 - 44 M. Methner, L. Hodson, and C. Geraci (2010) Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials — Part A *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7: 127–132;
 - 45 M. Methner, L. Hodson, and C. Geraci (2010) Nanoparticle Emission Assessment Technique (NEAT) for the Identification and Measurement of Potential Inhalation Exposure to Engineered Nanomaterials — Part B: Results from 12 Field Studies *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7: 163–176;

-
- 46 Cherrie JW, Schneider T. Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. *Ann Occup Hyg*; 43: 235–45. 1999;
- 47 Hans Marquart et al. Stoffenmanager, a Web-Based Control Banding Tool Using an Exposure Process Model. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 52, No. 6, pp. 429–441, 2008;
- 48 Thomas Schneider, Derk Henri Brouwer, Ismo Kalevi Koponen, Keld Alstrup Jensen, Wouter, Fransman, Birgit van Douren-Stuurman, Martie von Tongeren and Erik Tielemans. Conceptual model for assessment of inhalation exposure to manufactured nanoparticles (*Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 2011, 1–14). 2011;
- 49 PD 6699-3:2010 Nanotechnologies. Guide to assessing airborne exposure in occupational settings relevant to nanomaterials. 2010;
- 50 NEN-EN-ISO 28439:2011 en: Werkplekatmosfeer - Karakterisering van ultrafijne en nano-aerosolen - Bepaling van de deeltjesgrootteverdeling en deeltjesaantallenconcentratie met differentiële mobiliteits analysesystemen. 2011;
- 51 Colbeck, I University of Essex Interne notitie voor het NanoCap project. te downloaden via: <http://www.nanocap.eu/Flex/Site/Downloadf860.pdf?ID=3984>. 2009;
- 52 IRSST. Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management. Report R-599. ISBN: 978-2-89631-345-7 (2009);
- 53 Asbach et al. Comparison of four mobility particle sizers with different time resolution for stationary exposure measurements. *J Nanopart Res*. Published online June 2009;
- 54 Johan Marra, Matthias Voetz and Heinz-Jurgen Kiesling (2009) Monitor for detecting and assessing exposure to airborne nanoparticles. *J Nanopart Res*. Published online: 15 July 2009;
- 55 Johan Marra. Using the Aerasense NanoTracer for simultaneously obtaining several ultrafine particle exposure metrics te downloaden via de [Aerasense website](#) 2011;
- 56 National Institute for Occupational Safety and Health. Current Intelligence Bulletin 60. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles. Publication No. 2009–116. (2009);
- 57 Verzoek Minister Donner aan de Gezondheidsraad. Referentie: G&VW/GW/2009/18420. http://docs.minszw.nl/pdf/35/2009/35_2009_3_13804.pdf. 2009;
- 58 RIVM report 6010440001/2010, S.Dekkers, C. de Heer, Tijdelijke nano-referentiewaarden – Bruikbaarheid van het concept en van de gepubliceerde methoden. 2010;
- 59 IFA website: Technical Information → nanoparticles at the workplace: <http://www.dguv.de/ifa/en/fac/nanopartikel/beurteilungsmassstaebe/index.jsp>;
- 60 Gezondheidsraad. Asbest: Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Publicatienr. 2010/10. Gezondheidsraad, Den Haag: Beschikbaar op: <http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/201010ASBEST.pdf> , 2010;
- 61 dr. E.M. Vogelesang-Stoute, dr. J.R. Popma, dr. M.V.C. Aalders en mr. J.M. Gaarhuis. STEM publicatie 2010/5. Regulering van onzekere risico's van nanomaterialen; mogelijkheden en knelpunten in de regelgeving op het gebied van milieu, consumentenbescherming en arbeidsomstandigheden. 2010;
- 62 Kabinet. Kabinetsvisie Nanotechnologieën, Van Klein Naar Groot. 2006;
- 63 Communication from the commission tot he European Parliament, The Council and the European Economic and Social Committee. Regulatory Aspects of Nanomaterials. COM(2008) 366 final. 2008; Geraadpleegd op 15 juni 2011: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0366:FIN:en:PDF>;
- 64 RIVM. Signaleringsbrief KIR-nano. Nanomaterialen in REACH. Signaleringsbrieven zijn te bereiken via: <http://www.rivm.nl/nieuwsbrieven/NBR0-IT-0036.nsf/Laatste%20nieuws?OpenForm>;
- 65 IndusTox rapport niet openbaar beschikbaar. Verwijzing naar rapport in: "Neem het zekere voor het onzekere - mogelijke gezondheidseffecten van nanotechnologie in de verf- en drukinktindustrie' (Verf & Inkt 2009-05)". 2009;