

## **GEBRUIK VAN NANOPRODUCTEN IN DE NEDERLANDSE BOUWNIJVERHEID**

Toepassingen, mogelijke risico's en beheersing

### **Auteurs:**

F. van Broekhuizen, IVAM UvA  
J.C. van Broekhuizen, IVAM UvA  
R.T.M. Cornelissen, IVAM UvA  
J. Terwoert, IVAM UvA

Rapportnummer: 11-154

Harderwijk, juli 2011



Arbouw is door werkgevers- en werknemersorganisaties opgericht om de arbeidsomstandigheden in de bouwnijverheid te verbeteren. Binnen Arbouw participeren Bouwend Nederland, Federatie van Ondernemersorganisaties in de Afbouw (FOA) FNV Bouw en CNV Vakmensen.

© Stichting Arbouw 2011. Alle rechten voorbehouden.

De producten, informatie, tekst, afbeeldingen, foto's, illustraties, lay-out, grafische vormgeving, technische voorzieningen en overige werken van Stichting Arbouw ("de werken"), waarin substantieel is geïnvesteerd, zijn beschermd onder de Auteurswet, de Benelux Merkenwet, de Databankenwet en andere toepasselijke wet- en regelgeving. Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets daarvan worden veelevoudigd, aan derden ter beschikking gesteld of openbaar gemaakt, zonder voorafgaande toestemming van Stichting Arbouw. Het bekijken van de werken en het maken van kopieën voor eigen individueel gebruik is toegestaan voor zover binnen de toepasselijke wet- en regelgeving aangegeven grenzen.

De woord- en beeldmerken op de werken zijn van Stichting Arbouw en/of haar licentiegever(s). Het is niet toegestaan één of meerdere van deze merken en logo's te gebruiken zonder voorafgaande toestemming van Stichting Arbouw of betrokken licentiegever(s).

Stichting Arbouw is niet aansprakelijk voor (de inhoud van) haar (informatie) producten, software daaronder mede begrepen, noch voor het (her) gebruik daarvan door derden.

# INHOUDSOPGAVE

<b>SAMENVATTING .....</b>	<b>5</b>
<b>1 INLEIDING .....</b>	<b>7</b>
<b>2 NANOTECHNOLOGIE.....</b>	<b>9</b>
2.1 Wat is nanotechnologie?.....	9
2.2 Wat is een ‘nanoproduct’?.....	11
2.3 Mogelijke risico’s.....	12
2.4 Beschikbare kennis omtrent risico’s op de werkplek .....	13
2.5 Meetgegevens van blootstelling aan nanodeeltjes in de praktijk.....	15
2.6 Wettelijk kader .....	19
2.7 Grenswaarden.....	20
2.8 Meetmethoden.....	23
<b>3 RESULTATEN VAN ONDERZOEK IN HET KADER VAN DE EUROPESE MAATSCHAPPELIJKE DIALOOG .....</b>	<b>24</b>
3.1 Inleiding.....	24
3.2 Inventarisatie nanotechnologie in de bouwsector in Europa .....	24
3.3 Nanoproducten op de bouwlocatie .....	28
3.4 Enquête naar kennisniveau van sociale partners en adviseurs in de bouw .....	32
<b>4 KARAKTERISERING VAN BLOOTSTELLING AAN NANODEELTJES .....</b>	<b>35</b>
4.1 Inleiding.....	35
4.2 Ervaren barrières in het vinden van meetlocaties.....	35
4.3 Vastleggen van meetgegevens en werkplekfactoren .....	36
4.4 Materiaal en methoden .....	36
4.5 Bedrijven en meetsituaties.....	38
4.6 Vergelijking gemeten blootstelling met Nano Referentie Waarden.....	59
<b>5 TOEPASSING CONTROL BANDING NANOTOOL .....</b>	<b>63</b>
5.1 Inleiding.....	63
5.2 CB tools nanotechnologie.....	63
5.3 Resultaten toepassing CBN op enkele activiteiten in de meetbedrijven .....	64
<b>6 DISCUSSIE.....</b>	<b>71</b>
<b>7 CONCLUSIES.....</b>	<b>76</b>

<b>BIJLAGE 1: MEETREGISTRATIEFORMULIER VASTLEGGEN VAN WERKPLEKGEGEVENS VOOR HET VASTSTELLEN VAN BLOOTSTELLING AAN ENGINEERED NANODEELTJES .....</b>	<b>79</b>
<b>BIJLAGE 2: OVERZICHT VAN GEBRUIKTE NANOMATERIALEN EN NANOPRODUCTEN IN DE BOUW (2009).....</b>	<b>85</b>
<b>BIJLAGE 3; INGEVULDE SCHEMA'S CONTROL BANDING NANOTOOL.....</b>	<b>91</b>
<b>BIJLAGE 4 WEERGEGEVENS OP DE BETREFFENDE MEETDAGEN .....</b>	<b>98</b>
<b>BIJLAGE 5: PRODUCTGEGEVENS (VIB) VAN PRODUCTEN DIE GEBRUIKT ZIJN TIJDENS DE BEMETEN WERKZAAMHEDEN.....</b>	<b>101</b>
<b>BIJLAGE 6: ANALYSERESULTATEN OFF-LINE DIPNA ANALYSES .....</b>	<b>123</b>
<b>BIJLAGE 7: STAPPENPLAN VOOR DE ONTWIKKELING VAN VEILIGE WERKPROCEDURES VOOR BEDRIJVEN DIE WERKEN MET NANOMATERIALEN EN –PRODUCTEN .....</b>	<b>130</b>
<b>LITERATUUR .....</b>	<b>145</b>

## SAMENVATTING

In opdracht van Stichting Arbouw heeft IVAM UvA onderzocht welke nanoprodukten op dit moment in de Nederlandse bouwnijverheid gebruikt worden en of de gemiddelde werkgever of werknemer binnen de bouwnijverheid zich hiervan bewust is.

In de studie stonden de volgende vragen centraal:

- Welke nanoprodukten worden er anno 2009 gebruikt in de bouwnijverheid?
- Vindt er bij het gebruik van deze nanoprodukten blootstelling plaats aan engineered nanodeeltjes?
- Hoe verhoudt deze blootstelling zich tot de tijdelijke nanoreferentiewaarden?
- Is de Control Banding Nanotool geschikt om toe te passen in de bouwnijverheid?

Dit onderzoek borduurde voort op een Europese inventarisatie van deze producten in opdracht van FIEC<sup>1</sup> en de EFBWW<sup>2</sup> (Broekhuizen et al. 2009) (38). Vervolgens is op een aantal werkplekken gekeken of er bij het werken met nanoprodukten blootstelling aan nanodeeltjes optreedt. Blootstellingsmetingen zijn uitgevoerd bij het aanbrengen van een zelfreinigende coating op glas, bij het mixen van een nano-additief bevattende betonmortel, bij het schuren van een ‘nanoparketlak’ en bij de bereiding van een ‘nanoverf’. Hierbij is uitdrukkelijk gekeken naar “*industriële gemaakte nanodeeltjes*”, engineered nanodeeltjes (ENP). De gebruikte meetapparatuur maakt echter geen onderscheid tussen ENP en Ultra Fijn Stofdeeltjes in het nanobereik, en meet dus beiden type nanodeeltjes. Met name over de nog onbekende gezondheidsrisico’s van deze nanodeeltjes en hoe daarmee in de praktijk moet worden omgegaan, is op het moment discussie. De gemeten blootstelling is vergeleken met de tijdelijke nanoreferentiewaarde voor de betreffende nanodeeltjes (TGG-8u). De onderzochte werkzaamheden zijn beoordeeld met de ‘control banding nanotool’ systematiek.

De conclusie van het onderzoek is dat het gebruik van nanoprodukten in de Nederlandse bouwnijverheid anno 2009 nog zeer beperkt is. Het gaat hierbij voornamelijk om “specialty” producten met titaniumdioxide, amorf silica, aluminiumoxide, zinkoxide, zilver, nanoklei of fluorkoolstofverbindingen als nanocomponent. Sommige van oudsher gebruikte pigmenten hebben echter ook nano-afmetingen. Producten waar het om gaat zijn vooral glascoatings, muurverven, asfaltcoatings, parketlakken, hoogsterktebeton en betonreparatiemiddelen. Koolstofnanobuisjes, die vanwege hun zeer bijzondere eigenschappen grote toepassingsmogelijkheden hebben, maar vanwege hun asbestachtige eigenschappen als zeer risicovol worden beschouwd, zijn in de Nederlandse bouwnijverheidproducten *niet* aangetroffen. “Nanoprodukten” worden doorgaans toegepast met traditionele apparatuur. De blootstelling aan nanodeeltjes is laag, zeker als die wordt beoordeeld als 8-uur tijdgewogengemiddelde blootstelling. Die lage blootstelling is vooral terug te voeren op de korte tijdsduur dat er met de nanoprodukten *in poedervorm* wordt gewerkt. Zodra de

---

<sup>1</sup> European Construction Industry Federation

<sup>2</sup> European Federation of Building and Woodworkers

nanomaterialen zijn opgenomen in een vloeistof (verf) of een pasta of slurry (bijv. mortel) vindt er nauwelijks nog verspreiding van de nanodeeltjes plaats in de werkatmosfeer. Wel is het zo dat er bij die kortdurende activiteiten met de poeders sprake kan zijn van een kortdurende hoge blootstelling (piekblootstelling) aan nanodeeltjes. Het is sterk aan te bevelen om op die momenten blootstellingsbeperkende maatregelen te nemen. Ook moet er extra aandacht zijn voor de communicatie in de sector over nanotechnologie, nanoprodukten en nanodeeltjes. Het bewustzijn is zo laag dat er, voor zover er al kennis op de werkplek aanwezig is, het gebruik van nanomaterialen vooral geassocieerd wordt met hoge risico's. Dit lijkt niet altijd terecht en behoeft een sterke nuancering die ten goede zal komen aan het veiligheidsbeleid op de werkplek.

## 1 INLEIDING

De discussie over de wonderbaarlijke mogelijkheden van nanotechnologie en de push die de technologie zal geven aan onze economie is in 2009-2010 in volle hevigheid gaande. In de wetenschappelijke pers en in krantenberichten worden wekelijks spannende artikelen gepubliceerd waarin producten worden beschreven met eigenschappen die tot voor kort nog voor onmogelijk gehouden werden. Het gaat enerzijds om ingenieuze systemen van extreem kleine omvang waarvan de werking voor een eenvoudige leek niet meer te doorgronden is, maar die wel wenselijk lijken omdat gezegd wordt dat het op eenvoudige wijze probleem kan oplossen waar we met de “traditionele” technologie niet toe in staat waren. Veel van die spannende ontwikkelingen hebben betrekking op de medische toepassingen, bijvoorbeeld bij onderzoek naar kanker of Alzheimer. Anderzijds zijn er ook nanotechnologische ontwikkelingen met een veel grofstoffelijker karakter die we in onze directe woonomgeving kunnen aantreffen. Dan spreekt men bijvoorbeeld over zelfreinigende ruiten en oppervlakken, extra hard en duurzaam beton en krasvaste coatings. En dat zijn toepassingen waar met name werknemers in de bouwnijverheid nu al mee kunnen werken of binnen afzienbare tijd mee geconfronteerd kunnen worden. Het gaat soms om producten die echt nieuw zijn en voorheen nog niet op de markt waren, zoals een coating voor glas die volledig transparant is en de aanhechting van vuil voorkomt, waardoor dit direct met regenwater afspoelt. Het gaat ook om bestaande producten die door toevoeging van een kleine hoeveelheid nanomateriaal een bijzondere extra eigenschap krijgen. Een voorbeeld is een muurverf waaraan door toevoeging van nanozilver een bacteriedodende werking wordt gegeven.

De nieuwe nanoproducten hebben ook hun keerzijde. De nanodeeltjes die worden toegevoegd aan de producten kunnen hier bij gebruik soms ook weer uit vrijkomen. Zij komen dan vrij in de werkruimte en kunnen ingeademd worden door werknemers, of verder in het milieu worden verspreid. De bijzondere eigenschappen die de deeltjes populair maken om toe te passen in bouwproducten zijn tevens de eigenschappen die onderzoekers en artsen verontrusten als ze er aan denken dat ze in grote mate beschikbaar komen en opgenomen kunnen worden door mens of milieu. Want er zijn nogal wat effecten die deze nanodeeltjes zouden kunnen hebben, althans dat verwachten de wetenschappelijk onderzoekers, maar zij kunnen daar vooralsnog geen uitsluitsel over geven. Daar ontbreekt nog heel wat kennis en dat zorgt voor nogal wat onzekerheid bij beleidmakers en in de verschillende beroepsmatige sectoren.

Binnen de bouw hebben de Europese werkgevers en werknemers het voortouw genomen om enige helderheid te verschaffen in wat er nu eigenlijk op de markt is, en hoe we ondanks nog bestaande onduidelijkheden kunnen zorgen voor een veilige bouwplaats met nanomaterialen. In het kader van de Europese Sociale Dialoog werd door FIEC (*European Construction Industry Federation*) en de EFBWW (*European Federation of Building and Woodworkers*) onderzocht welke nanoproducten in de bouw gebruikt worden en in hoeverre de betrokkenen in deze branche zich momenteel bewust zijn van de beschikbaarheid van nanoproducten op de markt en het gebruik van deze producten in hun bedrijf (v. Broekhuizen et al. 2009) (37). Aansluitend aan dit onderzoek is in Nederland door Stichting Arbouw nagegaan hoe het in de bouw in Nederland met de toepassing van nanoproducten gesteld is. In

dit onderzoek was tevens een oriënterend onderzoek gekoppeld naar de blootstelling aan industrieel gefabriceerde nanodeeltjes (ENP) bij eindgebruikers van nanoprodukten in de bouw. Er is in het onderzoek niet gekeken naar blootstelling aan Ultra Fijn Stof (UFP), maar de gebruikte meetapparatuur meet zowel ENP als UFP in het nanobereik. Beide onderzoeken werden uitgevoerd door IVAM UvA BV.

De onderzoeksvraag voor de onderhavige Nederlandse studie valt uiteen in een paar deelvragen:

- Welke nanoprodukten worden er anno 2009 gebruikt in de bouwnijverheid?
- Vindt er bij het gebruik van deze nanoprodukten blootstelling plaats aan engineered nanodeeltjes?
- Hoe verhoudt deze blootstelling zich tot de tijdelijke nanoreferentiewaarden?
- Is de Control Banding Nanotool geschikt om toe te passen in de bouwnijverheid?

Het voorliggende rapport bevat een samenvatting van de resultaten van de Europese studie en een uitgebreider verslag van de resultaten van het onderzoek naar de blootstelling aan nanodeeltjes bij een aantal Nederlandse werksituaties waarin nanoprodukten werden gebruikt.



## 2 NANOTECHNOLOGIE

### 2.1 Wat is nanotechnologie?

Nanotechnologie kan omschreven worden als het produceren, bewerken, manipuleren van structuren met een nominale diameter die kleiner is dan 100 nanometer. Voor nanotechnologie en nanodeeltjes zijn verschillende definities in omloop. In dit rapport wordt de definitie gebruikt zoals gehanteerd door het Nederlandse kabinet (en vervolgens ook door de Sociaal Economische Raad) in de verschillende rapporten aangaande nanotechnologie.

*"Internationaal wordt onder nanotechnologie verstaan het ontwerpen, produceren, manipuleren en toepassen van structuren op nanoschaal met een of meer dimensies die onder de 100 nanometer liggen. Op deze schaal vertoont de materie unieke eigenschappen die gebruikt kunnen worden voor verbeterde materialen en systemen. 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 nanodeeltjes met een diameter van 500 nm beschouwd als een synthetisch nanodeeltje" (1,2).*

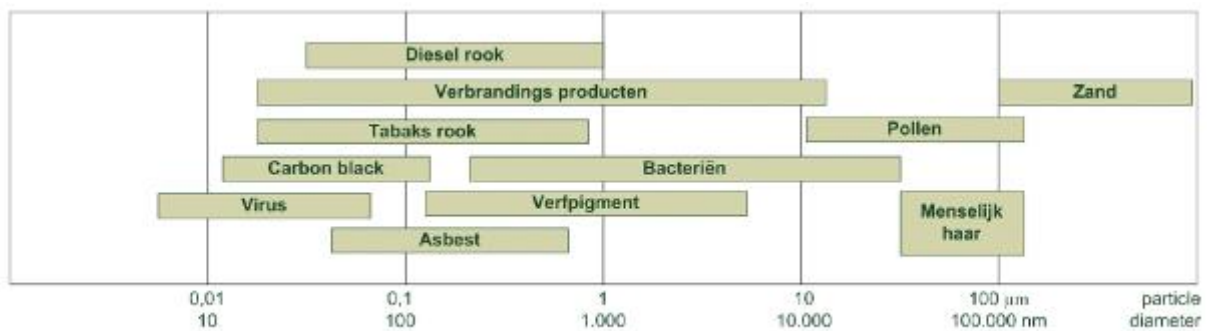
De definitie van nanodeeltjes en de daarmee samenhangende blootstelling op de werkplek is nog steeds onderwerp van discussie. In de internationale literatuur wordt naast de hierboven beschreven definitie ook een definitie aangehouden voor nanodeeltjes als zijnde structuren in de nanoschaal met twee of meer dimensies die onder de 100 nanometer liggen. Verder definieert de ISO diverse subcategorieën van nanomaterialen (ISO/TS 27687: 2008). 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'. Als subcategorieën onderscheidt men (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*' ('nanorod') een massieve vezel, en (C) *nanodeeltje*, een nano-object met alle drie de dimensies in de nanoschaal. Nano-objecten worden vaak geïncorporeerd in een grotere matrix of een substraat en worden dan als '*nanomateriaal*' aangeduid. Nano-objecten kunnen ook gesuspendeerd zijn in een gas (als een 'nano-aerosol'), in een vloeistof (als een 'colloid' of 'nanohydrosol'), of ingebed in een vaste matrix (als een 'nanocomposiet').

De Britse Health and Safety Executive geeft in het in 2004 verschenen rapport *Nanoparticles: An occupational hygiene review, research report 274 (3)* een andere invalshoek, die niet zozeer afhankelijk is van de karakteristieken van het individuele deeltje, maar van de deeltjesgrootteverdeling. Dit doen zij, omdat een verzameling deeltjes zelden een identieke grootte heeft (monodispers is). Zij stellen daarom voor om zo duidelijk mogelijk te zijn over wat exact wordt bedoeld als wordt gesteld dat bepaalde (nano-) deeltjes kleiner zijn dan 100 nm: betreft het de *gemiddelde* deeltjesgrootte, de *mediaan*, of bijvoorbeeld een *95-percentiel*, waarbij 95% van de deeltjes in de verzameling kleiner zijn dan de aangegeven grootte.

### Nanomaterialen en Ultra Fijn Stof

Voor de begripsvorming en de leesbaarheid voor de rest van het rapport zullen we hier kort ingaan op het onderscheid tussen Ultra Fijn Stof en nanodeeltjes. 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 nanodeeltjes, of met de Engelse naam ‘engineered nanoparticles’ - ENP. Zij verschillen van Ultra Fijn Stof, dat wel dezelfde afmetingen (< 100 nm) en vorm kan hebben als nanodeeltjes, maar niet ‘expres’ doelbewust door de mens geproduceerd wordt.

Ultra Fijn Stof is al sinds de oudheid aanwezig, als gevolg van bosbranden en vulkaanuitbarstingen. Deze deeltjes worden ook wel aangeduid met de Engelse benaming ‘ultrafine particles’ UFP. Menselijke activiteiten hebben steeds meer bronnen van Ultra Fijn Stof toegevoegd. Belangrijke bronnen zijn, zeer in het algemeen, alle activiteiten waarbij verbranding van brandstoffen aan de orde is. Figuur 1 geeft een overzicht van een aantal bronnen van (ultra-) fijnstof in het milieu.



Figuur 1: Enkele bronnen van antropogene aerosolen in het milieu.

## 2.2 Wat is een ‘nanoproduct’?

Nanodeeltjes kunnen vrijkomen bij het gebruik van producten waarin nanodeeltjes zijn toegevoegd, of kunnen in het proces gevormd worden. De overheid verlangt van werkgevers dat zij met behulp van een risicoanalyse de potentiële gevaren van het gebruik van deze producten inzichtelijk maken. Wanneer door downstream-users gebruik gemaakt wordt van nanoproducten zal in de risicobeoordeling voor deze werkzaamheden gekeken moeten worden naar zowel het risico van het product (of proces) alsook naar de risico's van de gebruikte nanodeeltjes en de mogelijkheid dat de nanodeeltjes uit het product kunnen vrijkomen.

Momenteel is het nog niet duidelijk of het gebruik van nanodeeltjes in een product apart gelabeld moet worden (volgens de stoffenwetgeving REACH) en zo ja bij welke hoeveelheden. Het lijkt gezien de veranderde fysische eigenschappen van de deeltjes logisch om op het veiligheidsinformatieblad (VIB) informatie op te nemen over het type en de hoeveelheid toegevoegd nanomateriaal. Hierbij kan, zoals in REACH gebruikelijk is, een bepaalde ondergrens worden vastgesteld waarboven het gebruik van nanodeeltjes vermeld dient te worden. Er zullen afspraken gemaakt moeten worden over de vraag wanneer de fabrikant/leverancier het gebruik van nanodeeltjes in een product moet melden. Is dit als hij 10% toevoegt, of al bij 1%, 0,1% of 0,01%, of nog lagere gehalten?

De Sociaal Economische Raad (SER) heeft de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid geadviseerd om over te gaan tot een meldingsplicht: het verplicht vermelden dat er in het product nanomaterialen zijn verwerkt, en er mogelijk uit vrij kunnen komen. Enerzijds een melding door de keten heen (van nanomateriaal-grondstofproducent → productfabrikant → eindgebruiker) en anderzijds melding op een centrale locatie, zodat een overzicht kan worden verkregen van de nanomaterialen die op de markt worden toegepast.

Een meer toegesneden definitie van wat een nanoproduct is laat op zich wachten. Omdat er nog geen definitie vastgesteld is voor wat onder een nanoproduct precies moet worden verstaan, hanteren we in deze paragraaf een operationele definitie:

*Een **nanoproduct**, waarvoor labelling, een meldingsplicht en registratieverplichting wenselijk wordt geacht, is een product waarin **welbewust** “synthetische” nanodeeltjes worden toegepast, met het oogmerk om aan het product specifieke producteigenschappen toe te voegen.*

Enkele opties voor uitbreiding van deze definitie zouden kunnen zijn:

- Een nanoproduct wordt enkel een nanoproduct genoemd als de toegevoegde nanodeeltjes aanwezig zijn in een gehalte groter dan x % w/w (gewichtsperscentage nader aan te geven, of aan te geven als *aantal* nanodeeltjes per kg product).

Bij deze toevoeging aan de definitie (waarbij aansluiting bij REACH direct mogelijk wordt) wordt de ontwikkeling van nano specifieke grenswaarden of nanoreferentiewaarden van belang. Verder is een dergelijke uitbreiding noodzakelijk, wanneer er sprake is van een wettelijke meldingsplicht van het gebruik van nanomaterialen in een product.

### 2.3 Mogelijke risico's

Nanodeeltjes zijn chemisch niet anders dan grotere deeltjes, maar kunnen door hun eigenschappen een andere toxicologie hebben. Daarnaast kunnen ze na blootstelling op andere plaatsen in het menselijk terech komen dan grotere deeltjes. Onderzoek laat zien dat de volgende eigenschappen de toxicologische eigenschappen van nanodeeltjes beïnvloeden: een sterk vergroot oppervlak (per gewichtseenheid), agglomeratie en aggregatie, aantallen deeltjes (per gewichtseenheid), morfologie en deeltjesgrootte(verdeling). Een groter (totaal) oppervlak leidt tot meer reactiviteit ten aanzien van biologische systemen.

Onderzoeken laten zien dat wanneer de longen blootgesteld worden aan ultrafijne- of nanodeeltjes, 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 deeltjes lijken hierbij een belangrijke rol te spelen (8, 4).

Een recente studie naar de risico's van koolstofnanobuisjes<sup>3</sup>, laat zien dat het mogelijk schadelijke effect van koolstofnanobuisjes mede afhankelijk is van de lengte en mate van kluwenvorming van het deeltje (5). Koolstofnanobuisjes langer dan vijftien micrometer, kunnen ontstekingsreacties veroorzaken die lijken op de lichamelijke reactie op blootstelling aan asbest. Dit effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door vezels die een lengte-diameter verhouding hebben vergelijkbaar met die van asbestvezels (3:1). Momenteel is nog onvoldoende onderzocht welke criteria essentieel zijn om nanodeeltjes te karakteriseren en te vertalen naar een relevante dosis, maar wordt voor de nanobuisjes veelal een analogie met asbest gehanteerd.

Door hun eigenschappen zijn nanodeeltjes 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 nanodeeltjes van koolstof en goud heeft aangetoond dat deze deeltjes ook via de neus en de reukzenuw de hersenen kunnen bereiken. Verder zijn er aanwijzingen dat bepaalde nanodeeltjes door de placenta kunnen migreren en zo de ongeboren vrucht kunnen bereiken (6, 7).

Doordat de nanodeeltjes andere fysische eigenschappen hebben dan de niet nano varianten van dezelfde stof, zullen andere blootstellingsparameters beoordeeld moeten worden dan bij de beoordeling van stoffen in niet nanovorm. Blootstelling van deeltjes in niet nanovorm wordt meestal uitgedrukt als concentratie in milligram per kubieke meter lucht. Momenteel is er nog geen eenduidige universele fysisch/chemische parameter om de risico's van de blootstelling aan nanodeeltjes in uit te drukken. Er zijn echter wel al diverse parameters bekend die beschouwd worden als minimum informatie die vastgelegd moet worden om de toxiciteit van nanodeeltjes te onderzoeken (8, 9). Typische factoren die de eigenschappen van nanodeeltjes bepalen zijn weergegeven in het kader hieronder.

---

<sup>3</sup> Koolstofnanobuisjes zijn buisjes (cilinders) die opgebouwd zijn vanuit enkelvoudige koolstofatomen. Er bestaan diverse vormen, variërend in lengte, diameter en wanddikte. Koolstofnanobuisjes worden o.a. gebruikt voor het versterken en lichter maken van bepaalde materialen en als geleidingsmateriaal.

Eigenschappen van nanodeeltjes die bepalend zijn voor hun activiteit:

- Deeltjesgrootte en deeltjesgrootteverdeling (natte toestand) in het relevante medium.
- Specifiek oppervlak (droge toestand) in het relevante medium.
- Kristallijne structuur ja/nee?
- Oppervlakte reactiviteit.
- Samenstelling van het oppervlak.
- Mogelijke verontreinigingen.
- Aggregatie in het relevante medium.
- Synthese methode bij de productie van het nanomateriaal en eventuele post-synthese modificaties.

Blootstelling aan nanodeeltjes zal in de meeste gevallen plaatsvinden in de vorm van blootstelling aan aggregaten /agglomeraten en niet aan individuele deeltjes (10, 11, 23). 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. Interessant is dat nanodeeltjes, in vergelijking met grotere deeltjes, veel dieper de longen binnen kunnen dringen (ca. 50%). 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.

#### **2.4 Beschikbare kennis omtrent risico's op de werkplek**

De wetenschappelijke literatuur naar de beroepsmatige blootstelling aan nanodeeltjes is voorsnog beperkt. Hoewel sommige nanomaterialen al verschillende jaren in gebruik zijn (of zoals titanium dioxide en carbon black al tientallen jaren), lijkt het alsof nanomaterialen alleen in het laboratorium gemaakt en gebruikt worden. Het merendeel van de artikelen beschrijft werkzaamheden aan proefopstellingen, onderzoekopstellingen of de productie van nanodeeltjes in een fabriek. Er zijn nog relatief weinig artikelen gepubliceerd die de blootstelling en de daarbij behorende risico's beschrijven van de downstream user.

Informatie over de blootstelling aan nanodeeltjes op de werkplek is nog vrij summier. Momenteel zijn er nog weinig tot geen officiële data over het aantal aan nanodeeltjes blootgestelde werknemers beschikbaar. Vast staat dat zowel de blootstelling bij het doelbewust werken met nanodeeltjes vastgesteld moet worden, alsmede de invloeden van de achtergrondconcentratie (o.a. verkeer, luchtverontreiniging) en blootstelling veroorzaakt door andere bronnen (o.a. verbrandingsmotoren, verwarmers, elektromotoren) (12, 13, 14). Het gedrag van nanodeeltjes in de lucht is vergelijkbaar met het gedrag van een gas of damp en is gerelateerd aan de deeltjesgrootte. Transport van nanodeeltjes door de lucht zal plaatsvinden door middel van luchtstromingen en door diffusie. De diffusiesnelheid hangt onder meer af van de deeltjesgrootte. Hoe kleiner de deeltjes, hoe groter de diffusiesnelheid, waardoor nanodeeltjes verder van de plaats van vrijkomen gevonden worden dan deeltjes op microschaal (15).

Het merendeel van het onderzoek met betrekking tot nanotechnologie is gefocust op de technische toepassing van nanotechnologie en het ontwikkelen van applicaties. In mindere mate wordt onderzoek gedaan naar de mogelijke implicaties van de gezondheid van mensen en de effecten op het milieu (16). Hieronder staat het resultaat van een zoekopdracht in PubMed van oktober 2009 op relevante kernwoorden waaruit duidelijk te zien is hoe weinig er op dit ogenblik nog maar gepubliceerd is over nanotechnologie en arbeidsrisico.

*Tabel 1: PubMed zoekopdracht op relevante zoektermen.*

<b>Zoekwoorden</b>	<b>Aantal wetenschappelijke artikelen</b>
nanoparticles	26379
nanotechnology	18743
nanoparticles human health risks	111
nanotechnology occupational health risks	28
nanoparticles occupational health risks	26
workplace exposure to nanoparticles	26
worker exposure to nanoparticles	6

Dit geldt ook voor het in kaart brengen van de persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes op de werkplek (12). Er zijn enkele studies gepubliceerd waarbij gekeken is naar het vrijkomen van nanodeeltjes op de werkvloer. Het betrof in de regel onderzoeken bij onderzoeksinstellingen en bij producenten van nanomaterialen (en in mindere mate blootstellingsbeoordeling bij eindgebruikers (17, 18)). In de volgende paragraaf zal dieper op de resultaten van de onderzoeken ingegaan worden en meer specifiek op de relevantie hiervan voor de sector bouw. Het ontbreken van gegevens van blootstelling op de werkplek kan enerzijds verklaard worden door de relatief nieuwe technologie en anderzijds door het ontbreken van geschikte (en betaalbare) analysemethoden en technieken. Tevens zullen de meetmethoden en –strategieën aangepast moeten worden aan de nieuwe risico's op de werkplek (17).

Als we het hebben over blootstelling aan nanodeeltjes, dan kunnen we allereerst stellen dat werknemers in de bouw (in vrijwel alle gevallen) worden blootgesteld aan nanoprodukten. Dit beïnvloedt de daadwerkelijke blootstelling van de werknemer aan de nanodeeltjes in het product. De feitelijke hoeveelheid nanodeeltjes waaraan de werknemer is blootgesteld, bijvoorbeeld bij het inademen van bouwstof dat nanodeeltjes bevat, is afhankelijk van de oplosbaarheid van de chemische verbinding. Als de verbinding onoplosbaar is, dan zal een deel van de nanodeeltjes in de matrix ingebed blijven en is er alleen sprake van blootstelling aan die nanodeeltjes die aan het oppervlak van de stofkorrel blootliggen. Als de verbinding echter oplosbaar is, of anderszins mobiliseerbaar, dan is er blootstelling aan alle nanodeeltjes in het bouwstof mogelijk.

Vanwege de aard van de dagelijkse bezigheden van bouwvakkers en de producten waarmee zij doorgaans werken, vormt blootstelling via inademing van stof dat nanomateriaal voortbrengt (als gevolg van snijden, stralen, boren of machinaal bewerken) of aerosolen bij het spuiten van (muur)verf het meest waarschijnlijke dominante blootstellingsrisico. Opname via de huid kan ook een rol spelen (hoewel veel kleiner) en zal een probleem kunnen vormen wanneer grotere delen van het lichaam onbedekt zijn<sup>4</sup> (19, 20, 21). Van blootstelling door primaire ingestie (inslikken) wordt niet verwacht dat dit een probleem zal vormen, zolang persoonlijke hygiëne in acht wordt genomen.

## 2.5 Meetgegevens van blootstelling aan nanodeeltjes in de praktijk

Recente reviews van de beschikbare gegevens in de literatuur omtrent blootstelling aan nanodeeltjes zijn o.a. gemaakt door het Institute of Occupational Medicine en anderen in het kader van het EU-project ENRHES (22), het Europese Agentschap voor Veiligheid en Gezondheid op het Werk (23), de Nordic Council of ministers (24) en het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (25). Het algemene beeld dat hieruit naar voren komt, is dat:

- Er nog zeer weinig meetgegevens zijn uit de praktijk (downstream users), en zelfs *niets* uit de bouw.
- 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 (nanodeeltjes) 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.

In deze paragraaf worden enkele meetgegevens besproken die (potentieel) het meest relevant zijn voor de bouwpraktijk. Omdat meetgegevens uit bedrijven die ‘eindgebruiker’ van nanoprodukten zijn vrijwel geheel ontbreken, worden tevens enkele resultaten besproken van metingen tijdens ‘algemene handelingen’. Dat wil zeggen: handelingen die zijn bemeten in productiebedrijven, maar die ook in de bouw zouden kunnen voorkomen, zoals reiniging, of het vullen of legen van zakken. Verder zijn in verband met het gebrek aan gegevens ook metingen tijdens experimenten en simulaties meegenomen, met name met betrekking tot het schuren van verflagen, en reiniging en/of slijtage van verflagen.

---

<sup>4</sup> De huid wordt traditioneel gezien als een goede barrière tegen deeltjes. Echter, vandaag de dag wordt deze zienswijze door recenter onderzoek in twijfel getrokken, aangezien er aanwijzingen zijn dat specifieke nanodeeltjes wel degelijk kunnen doordringen door uitgerekte huid (bijvoorbeeld bij de pols) of beschadigd huidweefsel, afhankelijk van de chemische aard, de grootte, vorm en de matrix waarin ze in aanraking met de huid komen.

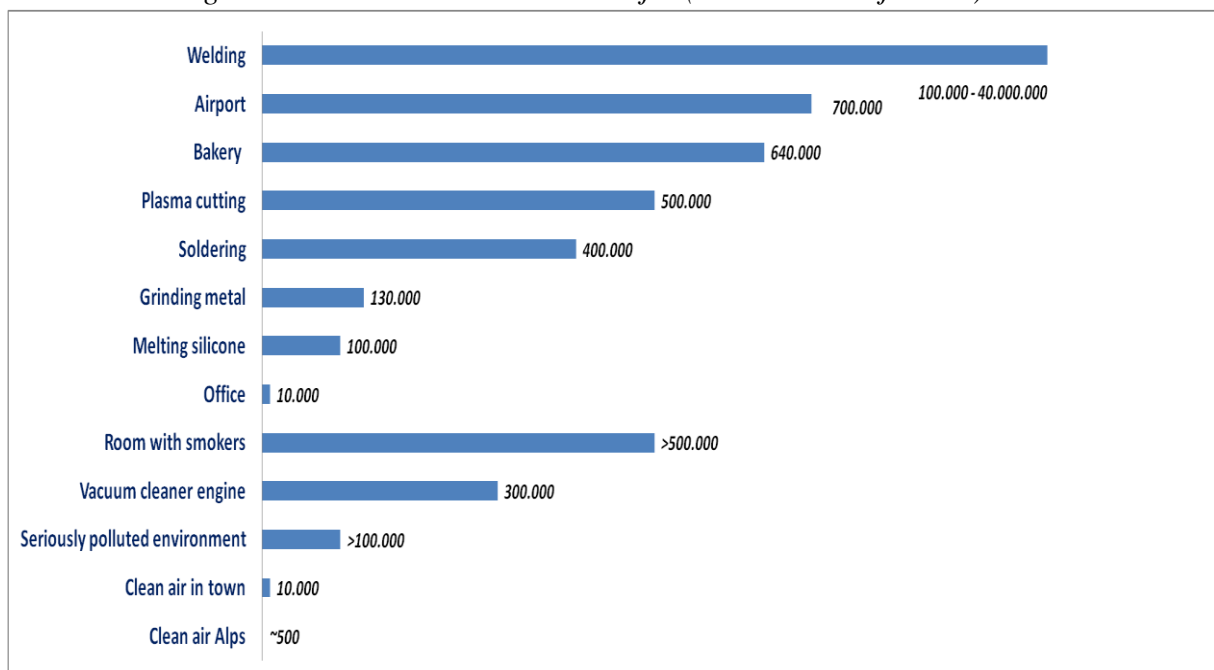
Zoals al eerder geconstateerd, zijn 'achtergrondbronnen' van deeltjes in het nanobereik vaak overheersend (14). Zo wordt een voorbeeld aangehaald van een carbon black fabriek, waarbij tijdens het vullen van zakken nauwelijks carbon black deeltjes werden gemeten, maar wel zeer veel deeltjes die afkomstig waren van de LPG-heftruck die werd gebruikt (26). Een ander voorbeeld betreft een metaalbewerkend bedrijf, waarin in de 'schone' luchtstroom die de werkplaats werd ingevoerd tot 1.000.000 deeltjes per  $\text{cm}^3$  werden gemeten. Dit werd veroorzaakt doordat de lucht werd verwarmd door middel van 'directe verhitting' met behulp van gasbranders (27). In een fabriek waarin titaandioxide nanodeeltjes werden geproduceerd, werden deeltjesaantallen tot 22.000 per  $\text{cm}^3$  gevonden, maar ook hier toonde analyse aan, dat een verbrandingsoven en dieselmotoren in de nabijheid de voornaamste bronnen waren (17).

Een tweede aspect dat in meerdere publicaties wordt aangehaald, is het feit dat nanodeeltjes vaak snel agglomereren tot grotere deeltjes. In de lucht op de werkplek zijn daardoor veel agglomeraten van nanodeeltjes aanwezig. Wanneer men meet met de gebruikelijke deeltjestellers (CPC) of Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS-apparatuur) is niet te zien of men te maken heeft met 'primaire' nanodeeltjes, of met agglomeraten. Hierdoor zijn de meetresultaten niet direct te relateren aan een mogelijk risico voor de gezondheid, omdat niet kan worden uitgesloten dat in het longvocht 'de-agglomeratie' plaatsvindt, waardoor de afzonderlijke nanodeeltjes weer vrijkomen (17, 23).

#### Concentraties ultrafijne deeltjes op enkele werkplekken

In een rapport van de Duitse BGIA en in het rapport van de Nordic Council of ministers worden voorbeelden gegeven van de ranges in de concentraties (ultra)fijne deeltjes die zijn gemeten op verschillende werkplekken en andere locaties. Tabel 2 geeft hiervan een samenvatting.

*Tabel 2: Achtergrondconcentraties van nanodeeltjes (in aantal deeltjes/ $\text{cm}^3$ ).*





### Meetgegevens die geen betrekking hebben op de bouw

In Tabel 3 zijn een aantal meetgegevens samengevat van de blootstelling aan nanodeeltjes tijdens het uitvoeren van activiteiten die in meer dan één branche kunnen voorkomen. Het merendeel van de metingen is uitgevoerd in de productie van nanomaterialen. Een algemene conclusie die in de literatuur getrokken wordt met betrekking tot de producerende industrie is overigens, dat blootstelling aan nanodeeltjes eigenlijk alleen plaatsvindt in geval van lekkages in de - veelal - gesloten productiesystemen, en tijdens het uitladen van het product, het vullen van zakken en het reinigen van de productieapparatuur (17, 23).

Tabel 3: Blootstelling aan nanodeeltjes tijdens enkele 'algemene handelingen'.

Branche	Materiaal	Activiteit	Concentratie (deeltjes/cm <sup>3</sup> )	Referentie
Productie	TiO <sub>2</sub>	Reinigen machine	22.000 (piek)	(17)
		Uitladen materiaal	21.000 (piek)	(17)
		Vullen zakken (goede afzuiging)	tot 33.000	(17)
		Vullen zakken (lekkage)	~133.000	(17)
Productie	Fullereen	Vullen zakken	15.000	(23)
		Reinigen	15.000	(23)
		Vegen	80.000 (piek)	(23)
Productie	CNT* composiet	'Dry cutting'	88.000-290.000 (ook bij composiet zonder CNT)	(23)

\*carbon nano tubes (koolstofnanobuisjes)

### Meetgegevens tijdens handelingen, specifiek voor de bouw

Er zijn in de literatuur géén blootstellingsgegevens gevonden die met behulp van metingen op werkplekken *in de praktijk* in de bouw zijn verzameld. Wel zijn enkele experimentele studies gerapporteerd, waarin enkele veelvoorkomende handelingen uit de bouw zijn gesimuleerd. Het betreft metingen tijdens het schuren van verven, metingen tijdens slijtagetests van verven (indicatief voor o.m. reiniging) en metingen tijdens verwerkingstests van beton.

#### *Schuren van verven*

In een experimentele studie (28) werden drie soorten verven aangebracht op MDF-platen en vervolgens geschuurd: verf zonder nanodeeltjes, verf met TiO<sub>2</sub> nanodeeltjes (17 nm) en verf met carbon black nanodeeltjes (95 nm). Noch het type bindmiddel in de verven, noch het gehalte aan nanodeeltjes worden vermeld. Geschuurd werd met behulp van een elektrische schuurmachine. Het schuurstof werd opgevangen en geanalyseerd. Het betrof hier dus geen echte blootstellingsmetingen, maar een studie naar de 'potentiële' blootstelling tijdens het schuren. De achtergrondconcentratie aan deeltjes werd kunstmatig laag gehouden (< 100/cm<sup>3</sup>). Voordat het eigenlijke schuren begon, werd 1-2 minuten aan het schuurapparaat gemeten. Vervolgens werd telkens 15-30 minuten geschuurd.

Wat betreft de totale massa aan deeltjes, werd de voornaamste bijdrage geleverd door het verfstof. Deeltjes met de grootte 1-2  $\mu\text{m}$  (1000-2000 nm) overheersten hierin. Wat betreft het totale aantal deeltjes, overheersten de deeltjes die kleiner waren dan 50 nm. Van deze kleine deeltjes waren er géén die afkomstig waren uit de verf. De schuurmachine was de enige bron van deeltjes kleiner dan 50 nm. Uit een schuurmachine kunnen deeltjes vrijkomen als gevolg van mechanische slijtage en als gevolg van vonken in de elektromotor. De deeltjes in het nanobereik ontstaan als gevolg van vonken, en bestaan voornamelijk uit koperoxiden. De deeltjesgrootteverdeling in het schuurstof bleek vooral te worden beïnvloed door de rotatiesnelheid van de schuurmachine en het type schuurpapier, en niet door de aanwezigheid van nanodeeltjes. Echter, het totale aantal deeltjes varieerde tussen de drie verftypen, en was het hoogst in de verf met carbon black.

Samengevat: er zijn in dit experiment tijdens het schuren géén nanodeeltjes uit de verf vrijgekomen. Wel leek de aanwezigheid van nanodeeltjes effect te hebben op de totale productie aan schuurstof (m.n. deeltjes van 1-2  $\mu\text{m}$ ), en de auteurs bevelen aan, nader onderzoek te doen naar dit effect.

#### *Slijtagetests aan verven*

In een tweede experimentele studie (29), werden verflagen met en zonder nanodeeltjes blootgesteld aan een standaard slijtagetest (m.b.v. de Taber Abraser type 5131), die representatief is voor onder meer het reinigen van verflagen, en het lopen of glijden over verflagen (bijv. op parket). De deeltjesemissie werd gemeten, en de deeltjes werden nader geanalyseerd. Drie verftypen werden gebruikt: een 2-component polyurethaan, een UV-drogende polyurethaanlak en een standaard witte muurverf op basis van styreen-acrylaat. Elk verftype werd getest met en zonder toegevoegde nanodeeltjes. Toegevoegd werd 2-3% zinkoxide met een grootterange van 20-700 nm (75% < 100 nm). Er werden in de vrijgekomen deeltjes geen of vrijwel geen vrije nanodeeltjes aangetroffen. Wel zaten er grote verschillen in de totale deeltjesaantallen en -massa, als gevolg van o.m. verschillen in de verftypen (een standaard muurverf heeft een minder rigide matrix dan bijvoorbeeld een polyurethaan), en door agglomeratie en de-agglomeratie van de deeltjes tijdens de metingen. Verder was te zien, dat de toegevoegde nanodeeltjes de slijtagebestendigheid van twee van de drie typen verven inderdaad verbeterde. De auteurs geven aan dat de resultaten met name representatief zijn voor 'langzame' slijtageprocessen, zoals reiniging. Zij bevelen aan om nader onderzoek te doen naar het eventueel vrijkomen van nanodeeltjes tijdens hoogenergetische bewerkingen, zoals schuren, boren en slijpen.

### *Verwerkingstest beton*

Indicaties dat vrije nanodeeltjes kunnen worden geproduceerd tijdens hoogenergetische bewerkingen van beton, worden beschreven in de studie van de Nordic Council of ministers (24). Beschreven wordt een mechanische brekingstest van beton dat als toevoeging carbonanotubes (CNT) bevat. Er kwamen deeltjes vrij die kleiner waren dan 40 nm, maar de meeste deeltjes waren rond de 200 nm groot. Verder wordt gemeld dat geen vrije CNT's zijn waargenomen. Desalniettemin stellen de auteurs dat de resultaten een indicatie geven dat bijvoorbeeld het boren in beton dat CNT's bevat kan leiden tot het vrijkomen van nanodeeltjes.

## **2.6 Wettelijk kader**

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 Arboret voldoende mogelijkheden biedt voor regulering voor het werken met nanotechnologie. Volgens de Arboret is de werkgever verantwoordelijk voor het in kaart brengen van de risico's die werknemers lopen tijdens de arbeid. Hij moet deze inclusief (voorgenomen) beheersmaatregelen opnemen in de risico- inventarisatie en –evaluatie (RI&E), ook in geval van nieuwe risico's waarvan nog weinig bekend is. 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 nanodeeltjes 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 nanodeeltjes 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 nanodeeltjes kleven, heeft de Sociaal Economische Raad (commissie arbeidsomstandigheden) de overheid geadviseerd om in beleid en uitvoeringsmaatregelen het voorzorgbeginsel toe te passen.

## 2.7 Grenswaarden

Er zijn momenteel nog geen grenswaarden beschikbaar, specifiek voor blootstelling aan (antropogene) nanodeeltjes. Ook is er nog geen standaard methode beschikbaar voor het karakteriseren van de blootstelling aan nanodeeltjes en met welke instrumenten en voor welke parameters dit gedaan moet worden. Voor het beoordelen van de blootstelling op de werkplek is het in eerste instantie van belang om een blootstellingsmaat te nemen die consistent toegepast kan worden en waarvan de resultaten vergeleken kunnen worden met gegevens uit toxicologische (proefdier)studies. Vervolgens zal een meetstrategie en -methode geselecteerd moeten worden die praktisch toepasbaar is in praktijksituaties (het liefst met commercieel beschikbare, draagbare apparatuur). In het ideale geval zal gebruik gemaakt moeten worden van een combinatie van direct-uitleesbare instrumenten in combinatie met luchtmonstername technieken, waarbij de omgevingslucht opgevangen wordt op een filter en de vaste deeltjes apart in het lab geanalyseerd wordt op vorm en samenstelling.

### Nanoreferentiewaarden

Het ontbreken van aparte grenswaarden voor het werken met nanodeeltjes 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 bedrijfsgrenswaarden voor blootstelling aan nanodeeltjes 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 nanodeeltjes voor de mens. Een andere bijkomstigheid is het ontbreken van standaarden (o.a. meetmethoden en meetstrategie) om de blootstelling aan nanodeeltjes op de werkplek in kaart te brengen.

Onder normale omstandigheden geven de grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling het maximale blootstellingsniveau aan waarbij werkzaamheden veilig kunnen worden geacht. Deze bestaan echter niet voor nanodeeltjes. *Nanoreferentiewaarden*, gedefinieerd als “voorlopige grenswaarden voor blootstelling, die zijn bepaald aan de hand van een voorzorgsbepaling”, kunnen hierin een oplossing bieden zolang er nog geen grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling zijn vastgesteld. In Nederland is het Duitse IFA model (30), beoordeeld door het RIVM, en als een goed bruikbaar instrument beoordeeld, zij het met een tijdelijk karakter (31). Het indelingsschema van het RIVM wijkt enigszins af van het schema zoals dat door de IFA wordt gepubliceerd. Waarschijnlijk berust dit verschil op de interpretatie die RIVM heeft gegeven van het IFA schema. Het verschil zit hem in de indeling van de metalen en metaaloxides. Het RIVM plaatst deze allen in de groep 2 (met een NRV van 20.000 deeltjes/cm<sup>3</sup>, terwijl het IFA de metalen en metaaloxides indeelt afhankelijk van hun dichtheid. Verwacht wordt dat het IFA-schema voor de 8uur-TGG NRVs uiteindelijk zal worden geaccepteerd.

Indien op gezondheidkundige overwegingen gebaseerde grenswaarden voor de werkplek of DNEL-waarden beschikbaar komen, dan kunnen deze de tijdelijke nanoreferentiewaarde vervangen. Het indelingsschema van de IFA voor nanoreferentiewaarden (NRV) is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4: Voorstel IFA voor het indelen van nanomaterialen in categorieën en het afleiden van benchmark exposure limits.

	Omschrijving categorie	Dichtheid	Nanoreferentiewaarde (Benchmark Exposure Level) (NRV <sub>8uur-TGG</sub> )*	Type NP
1	Koolstofnanobuisjes waarvoor geen testen omtrent asbestachtige effecten zijn uitgevoerd, met een hoge aspect ratio (>3:1), en een lengte van > 5µm		<b>0,01</b> fibres/cm <sup>3</sup> (10.000 fibres/m <sup>3</sup> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange, rigide vezels (&gt; 5µm).CNT (SWCNT, MWCNT) waarbij asbestachtige effecten <b>niet</b> kunnen worden uitgesloten. (Zonder declaratie van de producent)</li> </ul>
2	Biopersistente granulaire nanomaterialen met een primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	> 6.000 kg/m <sup>3</sup>	<b>20.000</b> particles/cm <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ag, Au, CeO<sub>2</sub>, CoO, Fe, Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub>, La, Pb, Sb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SnO<sub>2</sub>,</li> </ul>
3	Biopersistente granulaire nanomaterialen met een primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	< 6.000 kg/m <sup>3</sup>	<b>40.000</b> particles/cm <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, TiN, TiO<sub>2</sub>, ZnO, nanoklei</li> <li>• Carbon Black, C<sub>60</sub>, dendrimeren, polystyreen</li> <li>• CNT waarbij asbestachtige effecten expliciet zijn uitgesloten.</li> </ul>
4	Ultrafijne vloeistofdruppeltjes en oplosbare deeltjes		Gangbare grenswaarde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bijv. vetten, koolwaterstoffen, siloxanen, NaCl</li> </ul>

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

IFA geeft aan dat er nog discussie moet worden gevoerd over hoe met deeltjes, agglomeraten en aggregaten > 100 nm moet worden omgegaan. Voor ultrafijne vloeibare deeltjes (zoals vetten, koolwaterstoffen, siloxanen) stelt IFA voor om de bestaande grenswaarde of werpleklimiet te hanteren (gebaseerd op een afwezigheid van effecten van vaste deeltjes).

Het indelingsschema zoals dat door het RIVM is gepubliceerd is weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Voorstel van het RIVM voor de indeling van nanoreferentiewaarden.

Omschrijving categorie	Nanoreferentiewaarden (NRVs)*	Type
Koolstofnanobuisjes waarvoor geen testen omtrent asbestachtige effecten zijn uitgevoerd	0,01 vezels /cm <sup>3</sup> 10.000 vezels/m <sup>3</sup>	CNT (SWCNT, MWCNT) waarbij asbestachtige effecten <b>niet</b> kunnen worden uitgesloten. Lange, rigide vezels (> 5µm).
Metalen, metaal oxiden met een primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	20.000 deeltjes/cm <sup>3</sup>	TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , ZnO, Ag, Fe, Au, Pb, La, CeO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> , SnO <sub>2</sub> , CoO, nanoklei.
Biopersistente granulaire nanomaterialen met een dichtheid > 6000 kg/m <sup>3</sup> en primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	20.000 deeltjes/cm <sup>3</sup>	
Biopersistente granulaire nanomaterialen met een dichtheid < 6000 kg/m <sup>3</sup> en primaire deeltjesgrootte in de 1 tot 100 nm range	40.000 deeltjes/cm <sup>3</sup>	C <sub>60</sub> , Carbon Black, polystyreen, dendrimeren, CNT waarbij asbestachtige effecten expliciet zijn uitgesloten.

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

Voor een kortdurende blootstelling en voor piekblootstellingen is in de pilot “nanoreferentiewaarden” voorgesteld om de volgende systematiek toe te passen:

• NRV <sub>15min-TGG</sub>	=	2 x 8uur-TGG
• NRV <sub>piek</sub>	=	10 x 8uur-TGG

In het onderhavige onderzoek wordt de RIVM methodiek toegepast.

## 2.8 Meetmethoden

De parameters die als minimum van belang zijn voor de karakterisering van de blootstelling aan nanodeeltjes zijn:

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

Wanneer momenteel metingen worden uitgevoerd, wordt in het algemeen een combinatie van meetinstrumenten ingezet. Vaak gebruikt men een deeltjesteller (vaak een Condensation Particle Counter - CPC), gecombineerd met een instrument dat de deeltjesgrootteverdeling kan weergeven (vaak een SMPS: Scanning Mobility Particle Sizer). Daarnaast worden soms monsters verzameld op filtermedia, die in het laboratorium geanalyseerd worden met één van de beschikbare elektronenmicroscopische methoden (b.v. SEM). De huidige instrumenten zijn onhandig groot zodat persoonlijke monsternamen in de ademzone moeilijk uitvoerbaar is. Colbeck (32,) en het IRRST (33) geven een overzicht van de methoden die tot voor kort beschikbaar waren voor het bemonsteren van nanodeeltjes. Een vergelijking van 4 typen meetinstrumenten (CPC, SMPS, FMPS & CPC-T) is uitgevoerd door Asbach et al (2009) (34). De meetmethode met de NanoTracer, die in het kader van het huidige onderzoek is ingezet, staat hier nog niet bij, aangezien het meetapparaat nog in ontwikkeling is en pas recentelijk beschikbaar is gekomen in een experimentele versie. Met deze NanoTracer kunnen deeltjesaantallen en de gemiddelde diameter van de deeltjes worden bepaald. De afmetingen van het meetapparaat zijn voldoende klein, dat deze in de hand gehouden kan worden en gemeten kan worden in de ademzone van de medewerker. In hoofdstuk 4.4 wordt de gebruikte meetmethode nader beschreven.

Naast de techniek, vergt ook de meetstrategie veel aandacht als de blootstelling aan nanomaterialen in kaart wordt gebracht. Achtergrondbronnen van nanodeeltjes spelen vaak een voorname rol. Methner et al (25, **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**) beschrijven een meetstrategie waarbij gebruik gemaakt is van twee direct uitleesbare meters (CPC, TSI en een OPC, ART instruments) met elk een verschillend bereik en afkappunten voor het semikwantitatief in kaart brengen van de mate van de blootstelling van deeltjes (identificeren van bronnen). Tijdens en voorafgaand aan de processen waarbij met nanomaterialen wordt gewerkt wordt de achtergrondconcentratie aan deeltjes in kaart gebracht. Tijdens de blootstellingsbeoordeling is in de opzet door Methner et al naast de directe uitleesbare meters ook gebruik gemaakt van lucht monsternamemeters voor het verzamelen van monsters op filtermateriaal. Zowel de metingen aan de persoon (of in de nabijheid van de bron) als de achtergrondmetingen zijn paarsgewijs verricht waarbij één filter gebruikt werd voor de bepaling van de massa en het andere filter voor nadere analyse (morfologie, grootte, vorm, agglomeratie etc.) met behulp van elektronenmicroscopie (TEM of SEM). Ter ondersteuning van de laboratoriumanalyses wordt aanbevolen om een 'bulk-sample' te nemen van het nanomateriaal dat op de dag van monsternamen verwerkt wordt.

### **3 RESULTATEN VAN ONDERZOEK IN HET KADER VAN DE EUROPESE MAATSCHAPPELIJKE DIALOOG**

#### **3.1 Inleiding**

In het kader van de Europese “Social Dialogue” is in opdracht van FIEC (*European Construction Industry Federation*) en de EFBWW (*European Federation of Building and Woodworkers*) is onderzocht in hoeverre de betrokkenen in deze branche zich momenteel bewust zijn van het gebruik van nanoprodukten in hun bedrijf (37). In dit hoofdstuk worden de resultaten van dit onderzoek: “Studie naar de stand van zaken in 2009 ten aanzien van de beschikbaarheid, het gebruik en de gezondheids- en veiligheidsaspecten van nanoprodukten in de Europese bouwsector” samengevat.

Vanwege de constante druk vanuit de markt om te komen tot duurzamer, milieuvriendelijker en goedkopere producten, vindt er voortdurend onderzoek en ontwikkeling plaats ten aanzien van producten voor het bouwbedrijf. Bedrijven gebruiken nanodeeltjes om nieuwe of verbeterde eigenschappen aan hun producten toe te voegen. Voorbeelden daarvan zijn doorzichtige, infrarode, reflecterende raamcoatings voor een beter binnenklimaatbeheer, ultrasterk betonmateriaal voor dunnere en lichtere constructies en zelfreinigende coatings die tevens helpen organische luchtvervuiling tegen te gaan.

Hoewel er op het internet in ruime mate informatie over nanotechnologie in de bouw voorhanden is en de verwachtingen voor de toekomst hooggespannen zijn, is de werkelijkheid van vandaag de dag dat slechts een beperkte hoeveelheid nanoprodukten ook daadwerkelijk in de bouw worden toegepast, eenvoudigweg vanwege het feit dat de technieken en de nanobestanddelen te kostbaar zijn om producten te produceren die kunnen concurreren met reeds bestaande.

#### **3.2 Inventarisatie nanotechnologie in de bouwsector in Europa**

Het gebruik van nanoprodukten en het bewustzijn over hun beschikbaarheid en mogelijke risico's op de werkplek is geïnventariseerd met behulp van een survey onder werknemers en werkgevers en interviews met experts uit de industrie in Europa.

##### **3.2.1 Factoren van invloed op het gebruik van nanoprodukten in de bouw**

In 2003 hadden R&D-specialisten hoge verwachtingen van de ontwikkelingen van nanoprodukten voor de bouwnijverheid in de nabije toekomst. Echter, slechts weinige van de producten waar men indertijd veel van verwachtte, hebben ook daadwerkelijk hun weg naar de moderne bouwplaats gevonden (35). Daar kunnen verschillende redenen voor worden aangewezen. De voornaamste redenen worden hieronder besproken.



### Concurrentie op prijs

De primaire reden waarom nanoprodukten in de samenleving weliswaar veelvuldig worden toegepast, maar nog steeds niet in grote mate in de bouwnijverheid, heeft te maken met de daaraan verbonden kosten. Momenteel zijn nanomaterialen, en dus ook nanoprodukten, vanwege de technologie die nodig is om ze te produceren, aanmerkelijk duurder dan hun nanovrije alternatieven. Dit houdt voor de bouwsector in dat initiatieven reeds in de fase van onderzoek en ontwikkeling van een product worden gestaakt zodra men voorziet dat er aan het te vervaardigen nanoprodukt nooit een concurrerend prijskaartje zal komen te hangen. Grotendeels is dit te wijten aan het feit dat bouwproducten vrijwel altijd in grote hoeveelheden worden geleverd, waardoor een gering prijsverschil in kilo kan oplopen tot enorme bedragen als de totale omvang van het bouwproject in aanmerking wordt genomen.

Bijgevolg deinzen fabrikanten van bouwmaterialen ervoor terug nanoprodukten te ontwikkelen. En alleen die nanoprodukten worden ontwikkeld waaraan een specifiek verzoek ten grondslag ligt. Dit geldt in het bijzonder voor producten die in grotere volumes worden geleverd, zoals beton en mortel, en voor coatings. Wel is het zo dat de huidige maatschappelijke oriëntatie op een meer verantwoord energiebeheer in het kader van klimaatverandering en de terugdringing van broeikasgassen de gang naar de markt bevordert, bijv. voor isolatiematerialen en coatings voor gebouwen en glas.

### Technische prestaties

De technische prestatie van het product is een tweede beperkende factor voor de introductie van nanoprodukten op grote schaal. De technische prestatie behoort overtuigend te worden bewezen om aan de technische normen voor dat materiaal te beantwoorden. Het spreekt voor zich dat dit per marktsector verschilt. Zo is dit bijvoorbeeld voor beton een kritieke factor. Voor zelfreinigende raamcoatings speelt dit veel minder een rol omdat bijvoorbeeld de veiligheidsnormen veel lager liggen.

### Bewustzijn binnen de sector

Bewustzijn (of het gebrek daaraan) is evenzeer een belangrijke factor die het gebruik van nanoprodukten in de bouw tegenhoudt. Zonder dit bewustzijn weet men eenvoudigweg niet of er iets nieuws is wat het gebruiken of onderzoeken waard is. In Europa is de kennis over nanotechnologie in de bouw zeer beperkt en op dit moment in handen van een klein aantal belangrijke spelers die bezig zijn deze markt te ontginnen.

### Voordelen van nanotechnologie voor de sector

Voorwaarde voor het toepassen van nanotechnologie voor onderzoek naar en de ontwikkeling van verbeterde materialen is een sterke R&D-afdeling die in de gelukkige omstandigheid verkeert te beschikken over kostbare apparatuur en gekwalificeerd personeel kan inzetten om die apparatuur te bedienen. Echter, aangezien de bouwsector niet al te zeer is gericht op onderzoek en ontwikkeling, wordt onderzoek naar en ontwikkeling van nanoprodukten veelal verricht door grote multinationale producenten, zoals BASF, AKZO-NOBEL, DuPont, Heidelberg en Italcementi, of door gespecialiseerde onderzoeksinstituten (universitair of privaat). Dit impliceert indirect dat het midden- en kleinbedrijf binnen de bouwsector slechts een geringe of helemaal geen voortrekkersrol speelt op het gebied van nanotechnologie. Uitzonderingen daarop zijn spin-offs van kleine en middelgrote ondernemingen die een contract hebben dat hen in staat stelt gebruik te maken van onderzoeksvoorzieningen van hun grotere moedermaatschappij, kleine en middelgrote ondernemingen die eens waren opgezet als spin-offs van academische instellingen (en gebruik kunnen maken van voorzieningen aan de universiteit), gericht op nanospecifieke nichemarkten, bijvoorbeeld productie en ontwerp op aanvraag van specifieke nanomaterialen, en een klein aantal middelgrote en kleine ondernemingen die erin zijn geslaagd om de successen en doorbraken van de grotere ondernemingen aan te wenden om hun eigen productlijnen op innovatieve wijze te ontwikkelen.

In de bedrijfstak die coatings vervaardigt, is echter een wijziging in deze situatie waar te nemen. Kenmerkend voor de ontwikkeling van nanocoatings is dat zij vergevorderd is ten opzichte van andere bouwproducten, zoals beton of isolatiematerialen. Bovendien raken werkwijzen voor het toepassen van nanomaterialen in toenemende mate bekend onder producenten. Om deze reden beginnen op het terrein van verven en coatings kleine en middelgrote ondernemingen ook een rol te spelen en hun eigen lijn met nanoprodukten te ontwikkelen.

### Informatieverstrekking over nano door de gehele gebruikersketen heen

Voor de gemiddelde werknemer in de bouw geldt gedetailleerde informatie over de chemische aard van het product waar hij of zij mee werkt niet als hoogste prioriteit. Waar daarentegen wel behoefte aan is, is informatie over de gezondheids- en veiligheidsaspecten ervan. Dit geldt voor “gewone” producten en is niet anders voor nanoprodukten. Het gebruik van gestandaardiseerde methoden om arbeidsgerelateerde gezondheidsrisico's ten gevolge van blootstelling aan nanoprodukten vast te stellen, is het onderwerp van het debat dat momenteel wordt gevoerd. Echter, ten aanzien van de toepasbaarheid van deze methoden is een aantal vragen alsnog onbeantwoord gebleven. Uitgangspunt is dat stoffen met onzekere of onbekende risico's, waartoe ook nanodeeltjes 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. Dit wordt ook wel aangeduid met het voorzorgsprincipe.

Vandaag de dag zijn de mogelijkheden om de chemische gegevens van nanoprodukten te achterhalen nog zeer beperkt. Niet veel producenten die nanobestanddelen of nanomaterialen in hun producten verwerken, brengen hun klanten van dit feit op de hoogte. Immers, deze verplichting wordt hun vanwege de Verordening betreffende de indeling, etikettering en

verpakking van stoffen en mengsels (EU-GHS) (36) niet opgelegd. In de Europese enquête van 2009 geven de respondenten slechts voor 7 van de 41 nanoprodukten waarvan het gebruik werd vermeld, aan dat ze via het veiligheidsinformatieblad (VIB) op de hoogte zijn van de productkenmerken. Van die 7 producten schreef het VIB slechts in 4 gevallen beschermende maatregelen voor die afwaken van de maatregelen die werden voorgeschreven voor de producten buiten het nanobereik die voordien door dezelfde bouwonderneming werden gebruikt. De verkregen respons lijkt erop te wijzen dat de gezondheids- en veiligheidsaspecten van het product voor de meerderheid van de producten slecht worden gecommuniceerd in de gebruikersketen (voor zover de respondenten – werknemers en werkgevers in de bouw - weten is er voor 34 van de producten geen VIB beschikbaar). Voor die producten die wel vergezeld gaan van een VIB hangt het van de fabrikant of de leverancier af of er in het bewuste gezondheids- en veiligheidsinformatie staat vermeld die specifiek betrekking heeft op het nanobestanddeel. Voor die producten waarvan de respondenten in de enquête van 2009 gebruik maakten, bevatten de meeste VIB's geen vermelding van nanobestanddelen<sup>5</sup>, terwijl het blad met technische gegevens de ene keer duidelijk aangeeft, de andere keer suggereert en weer een andere keer lijkt te suggereren (bijvoorbeeld vanwege de naam van het product) dat het product wel degelijk ten minste één nanomateriaal bevat. De nanospecifieke informatie die op het VIB staat vermeld, varieert van bijzonder gedetailleerd (een vermeld groottebereik met een SEM-afbeelding<sup>6</sup> van het nanodeeltje of een beschrijving van het actieve oppervlak van het nanomateriaal per gram), tot een “eenvoudige” opmerking: bijvoorbeeld dat het product nanokwarts bevat (zonder verder aan te geven hoe dit kwarts eruitziet). In alle gevallen waarin meer informatie over het nanoprodukt in het VIB werd gegeven, stellen de fabrikanten dat hun product bij gebruik volgens de voorschriften geen risico's oplevert en werden er in geen enkel geval (nano)specifieke vaardigheden of opleiding vereist om het nanoprodukt op de juiste wijze te gebruiken. Bovendien werden de voorgeschreven beschermende maatregelen voor de meeste nanoprodukten die in de Europese enquête van 2009 werden genoemd, beschreven als ‘niet anders dan voordien’, in die gevallen waarin voordien producten buiten het nanobereik werden gebruikt en waarvan werd aangegeven dat het gebruik ervan geen invloed had op de werkpraktijk. Slechts voor twee producten werden wel meer beschermende maatregelen voorgeschreven vergeleken met de producten buiten het nanobereik die voor dezelfde toepassing werden gebruikt. Voor de producten die in de Europese enquête van 2009 werden aangegeven, geldt dit laatste voor twee cementachtige producten die nanosilica bevatten.

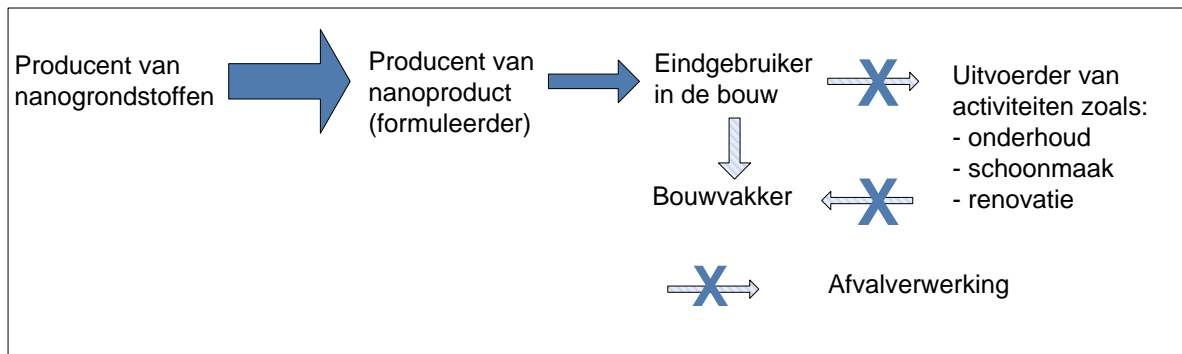
De informatieoverdracht in de keten zoals die er vandaag de dag uitziet, kan globaal als volgt worden beschreven (zie ook Figuur 2). De “grondstof” producenten van nanomaterialen voorzien de eerstvolgende gebruiker onder hen in de keten (gewoonlijk de fabrikant van het product) van gegevens over de materiaaleigenschappen (zoals reactiviteit, specifiek typisch gedrag, grootte, vorm, kristalstructuur, massa en dichtheid) en gezondheids-, veiligheids- en milieuspecificaties van het materiaal (voor zover deze bekend zijn). Naargelang hun zakelijke relatie kunnen deze gegevens beperkt blijven tot het vereiste wettelijke minimum of uitgebreider als er sprake is van onderling vertrouwen. Op dat punt houdt de keten waarlangs

---

<sup>5</sup> Dit is overigens ook nog geen wettelijke verplichting, maar gezien de onzekerheden over het werken met nanodeeltjes wel wenselijk.

<sup>6</sup> SEM = Scanning Electron Microscopy (rasterelektronenmicroscopie)

nanospecifieke informatie wordt doorgegeven doorgaans echter op. De fabrikanten van het product gebruiken het nanomateriaal in de meeste gevallen slechts als een toevoeging beneden het concentratieniveau waarvoor registratie en melding vereist is. Onder deze fabrikanten zijn er slechts een paar die hun klanten hoe dan ook informeren. Die informatie bestaat soms echter alleen uit de vermelding “met gebruikmaking van nanotechnologie”, zonder nader in detail te treden. Voor de klant blijft het dan gissen wat er eigenlijk in dit nanoproduct zit.



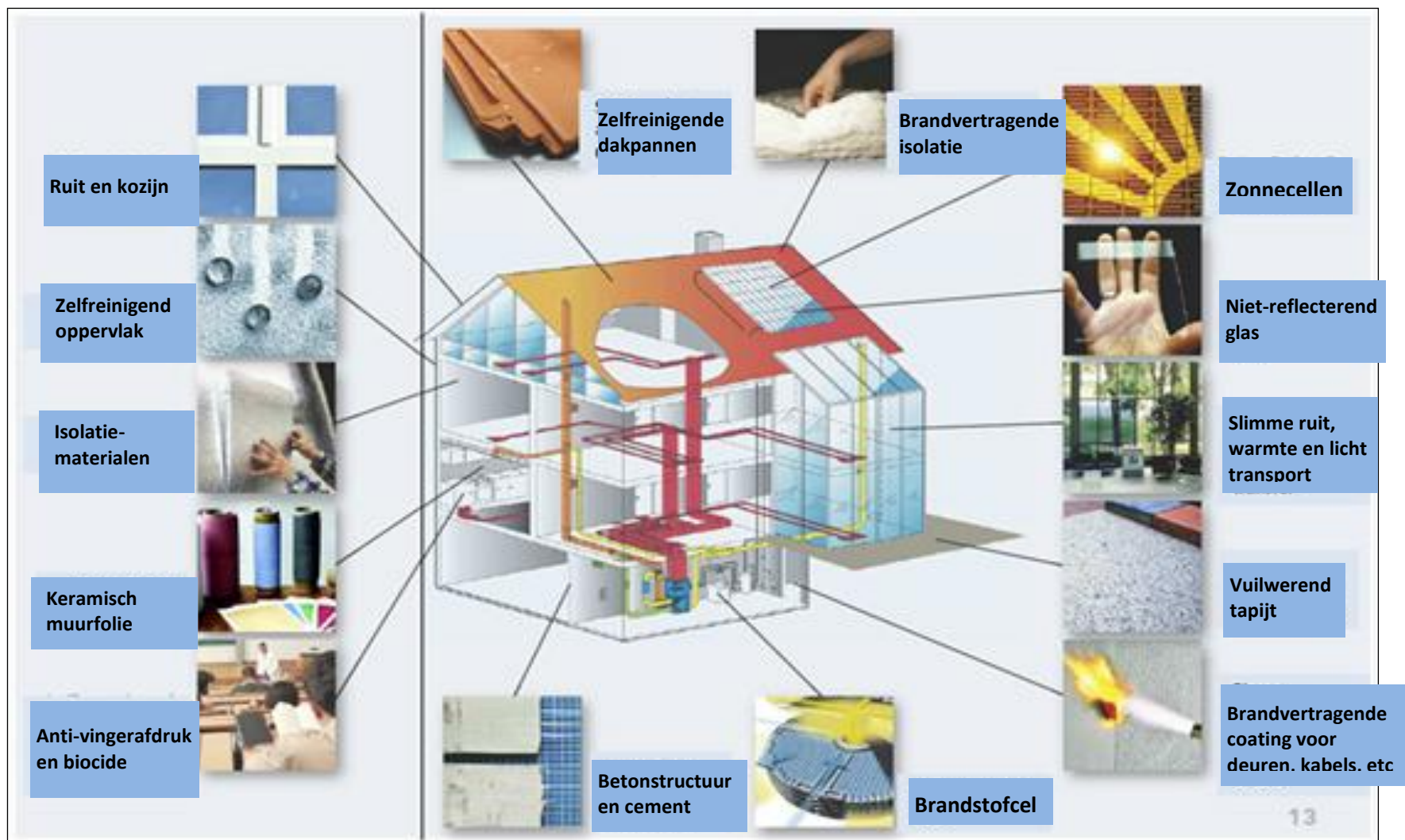
*Figuur 2: Overdracht van de nanospecifieke informatievoorziening langs de gebruikersketen omlaag, vanaf de grondstofleverancier tot aan degenen die het afvalmateriaal verwerken. De dikte van de pijl stelt globaal de hoeveelheid nanospecifieke informatie voor die wordt verstrekt aan de eerstvolgende gebruiker langs de keten omlaag.*

### 3.3 Nanoproducten op de bouwlocatie

#### 3.3.1 Inleiding

Het totale marktaandeel van nanoproducten in de bouwnijverheid is klein, en de toepassing van deze producten wordt gezien als iets dat nichemarkten betreft. De verwachting is echter dat dit aandeel in de nabije toekomst zal toenemen en dat nanodeeltjes een belangrijke rol gaan spelen aan de basis van materiaalontwerp, materiaalontwikkeling en materiaalproductie voor de bouwnijverheid<sup>7</sup>. Nu reeds kan men in elk deel van een huis of gebouw in principe nanoproducten aantreffen (zie Figuur 3).

<sup>7</sup> Nanotechnology and Construction 2006; [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)



Figuur 3: Schematisch overzicht van een huis waar nanoprodukten toegepast zouden kunnen zijn<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Afkomstig uit: "Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen" published by HA Hessen Agentur 2007, sources: Schrag GmbH VDI TZ.

Onder de nanoprodukten die in de respons op de enquête van 2009 werden genoemd, bevonden zich in hoofdzaak cement en beton, coatings en isolatiematerialen. Deze materialen bleken goed overeen te komen met de productsoorten die tijdens de diepte-interviews nadrukkelijk ter sprake kwamen en waarin werd geschetst dat coatings en cement- en betonmateriaal vermoedelijk het grootste marktaandeel van nanoprodukten in het hedendaagse bouwbedrijf vormen, gevolgd door isolatiematerialen. Ook komt bovenstaande overeen met de bevindingen op basis van een in het kader van het Europese onderzoek verricht uitgebreid literatuuronderzoek (37). Op basis van deze gegevens kwam de prioriteit te liggen bij cement en beton, coatings en isolatiemateriaal. In dit kader bleken fluorkoolstofpolymeren (CF-) polymeren, titaandioxide ( $\text{TiO}_2$ ), zinkoxide ( $\text{ZnO}$ ), silica (of silica fume;  $\text{SiO}_2$ ), zilver ( $\text{Ag}$ ), en aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) de meest genoemde nanodeeltjes. Interessant te vermelden is ook dat er nog geen bewijs werd gevonden van huidig gebruik van koolstofnanobuisjes (CNT) in deze producten, hoewel uit vele publicaties blijkt dat er onderzoek en productontwikkeling in die richting plaatsvindt.

**Fluorkoolstofpolymeren (CF-polymeren)** zijn teflonachtige moleculen die op een oppervlak worden aangebracht om het water- en olieafstotend te maken. Deze worden doorgaans op glas toegepast.

**Titaandioxide ( $\text{TiO}_2$ )** absorbeert ultraviolet licht en wordt gebruikt als beschermende laag tegen UV-degradatie. Sommige vormen van  $\text{TiO}_2$  zijn fotokatalytisch en katalyseren onder invloed van UV-licht de afbraak van organische vervuilers zoals algen, PAK's, formaldehyde en  $\text{NO}_x$ . Dit wordt gebruikt voor praktisch elk soort oppervlak dat UV-beschermd moet zijn, zelfreinigend moet worden gemaakt of moet helpen de luchtverontreiniging te verminderen.

**Zinkoxide ( $\text{ZnO}$ )** heeft fotoactieve eigenschappen die vergelijkbaar zijn met die van  $\text{TiO}_2$  en voor vergelijkbare toepassingen kunnen worden gebruikt.

**Silica fume (amorfe  $\text{SiO}_2$ )** maakt beton compact waardoor het onder alkalische omstandigheden, bijvoorbeeld in mariene omgevingen, sterker en duurzamer wordt. Ook kan het worden toegevoegd aan cement om vulmiddelen, bijvoorbeeld vliegglas, aan een coatingmateriaal te stabiliseren, waardoor een zeer sterke matrix ontstaat. Ook wordt het gebruikt als brandvertragend middel. Typische toepassingen zijn UHPC (zeerhogesterktebeton) krasbestendige coatings en vuurbestendig glas.

**Zilver ( $\text{Ag}$ )** werkt als bactericide en kan worden toegevoegd aan allerlei soorten materialen. In de bouw wordt zilver het meest aangetroffen in coatings. Eigenlijk is het het zilver-ion, dat wordt gevormd wanneer  $\text{Ag}$  in water oplost, dat verantwoordelijk is voor de antibacteriële werking.

**Aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )** wordt gebruikt in coatings om een wisselwerking aan te gaan met het bindmateriaal en om deze coating een hoge krasbestendigheid te verlenen.

Een overzicht van in de 2009-enquête geïnventariseerde nanoprodukten in de Europese bouw, aangevuld met gegevens uit een uitgebreide zoektocht op internet is gegeven in Tabel 6.

Tabel 6: Nanomaterialen die worden toegepast in bouwproducten (2009).

<b> Materiaal </b>	<b> Functionaliteit </b>	<b> Nanodeeltje </b>	<b> Manier van toepassen </b>
Cement en Beton	Zelfreinigend oppervlak (fotokatalytisch) verhoogde weerstand tegen verval	TiO <sub>2</sub>	Oppervlakte laag
	Hoge sterkte beton, verhoogde corrosie bestendigheid	SiO <sub>2</sub> (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 <sub>2</sub> of koolstof
Verven en lakken ##	Verbeterde hechting, verbeterde dekking en aanbrengen van een dunnere verf-/laklaag	Nanodispersies	
	Transparante verf/lak	Nanoingredienten	
	Fotokatalytische, zelfreinigende of waterafstotende eigenschappen	TiO <sub>2</sub> , ZnO, SiO <sub>2</sub>	Additief
	Antibacteriële eigenschappen	TiO <sub>2</sub> , ZnO, Ag	Additief
	Krasvast, krasbestendig	SiO <sub>2</sub> , Aluminiumoxide	Additief
	“Easy-to-clean” oppervlakken	CF-polymeren	Additief
	Brandvertrager	TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , nanoklei	Additief
	Bescherming van hout tegen UV licht	TiO <sub>2</sub> , ZnO, CeO <sub>2</sub> ,	Additief
	Bescherming tegen ontkleuring van hout door tannine	Nanoklei	Additief
Glas	Isolerend glas door warmte reflectie	Wolfraamoxide	Oppervlakte coating
	Niet-spiegelend glas	Nanoporeus oppervlak SiO <sub>2</sub>	Oppervlakte bewerking Oppervlakte coating
	Brand- en hittebeschermend glas	Metaal oxides SiO <sub>2</sub>	Oppervlakte coating Transparante silica gel als laag tussen twee glaspanelen
	“Easy-to-clean” eigenschappen	Ag, SiO <sub>2</sub> , CF-polymeren	Oppervlakte coating
	Fotokatalytische, zelfreinigende eigenschappen	TiO <sub>2</sub>	Oppervlakte coating
Infra structuur	Vermindering van luchtvervuiling door aanbrengen van een fotokatalytische laag op asfalt, bestrating materiaal, geluidschermen en tunnelwanden.	TiO <sub>2</sub>	Oppervlakte coating

# In plaats van nanodeeltjes gaat het hier om de aanwezigheid van nanolichtbelletjes.

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

### **3.4 Enquête naar kennisniveau van sociale partners en adviseurs in de bouw**

#### **3.4.1 Europa**

Om het kennisniveau van werkgevers en werknemers in de bouw ten aanzien van nanotechnologie te peilen hebben FIEC en de EFBWW een vragenlijst verspreid onder hun leden in 24 Europese landen (2009- enquête) (37). Met deze enquête werd beoogd om een eerste indruk te krijgen van ervaringen met nanotechnologie en nanoprodukten in de sector bouw en/of de gebruikers op de hoogte zijn gebracht door de leveranciers van eventuele veranderingen met betrekking tot de veiligheid van producten die nanodeeltjes bevatten. Tevens werd beoogd om meer inzicht te krijgen in de producten die momenteel op de markt zijn en hoe deze door de eindgebruikers ervaren en gebruikt worden. Enkele resultaten van de uitgevoerde enquête zijn in dit hoofdstuk opgenomen. Voor meer informatie over dit project en de resultaten, wordt verwezen naar het betreffende onderzoeksrapport (37).

In totaal zijn er 28 vragenlijsten retour gekomen uit 14 verschillende landen. In totaal zijn er 144 vragenlijsten verspreid met een respons van 19%. Een van de uitkomsten van het onderzoek is dat de bekendheid met toepassingen/producten waarin nanotechnologie toegepast is beperkt is. Dit blijkt overigens al uit de lage respons op de enquête. Het gebruik van nanotechnologie in de bouw is momenteel nog voorbehouden aan een selectief aantal leveranciers. De deelnemers aan de enquête is ondermeer gevraagd wat hun bekendheid is met betrekking tot het gebruik van nanohoudende producten in de bouw. De 2009-enquête wees uit dat het merendeel van de respondenten (circa 75%; n= 28) zich er niet bewust van was of ze met nanoprodukten werkten.

#### **3.4.2 Nederland**

Simultaan aan de enquête die in Europees verband verspreid is onder werkgevers en werknemers door de FIEC en de EFBWW is in Nederland een enquête uitgezet bij preventiemedewerkers (arbeidshygiënisten, veiligheidskundigen, arbo-coördinatoren) die aangesloten zijn bij de Contactgroep Bouw van de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVvA) of de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK). De verspreiding van de enquête werd ondersteund door middel van een presentatie. In totaal werden 38 vragenlijsten ingevuld en geretourneerd. Een overzicht van de typen werkgever van de deelnemers aan de Contactgroep Bouw is weergegeven in tabel 7.



Tabel 7: Achtergrond respondenten uit de Nederlandse enquête.

Aantal respondenten	Type werkgever
20	Arbodienst/ adviesbureau
4	Aannemers: GWW
3	Kabel/buizen
3	Bouw
1	Installatiebedrijf
2	Gemeenten
1	Luchthaven
1	Defensie
2	Onbekend
1	Werkloos

Het algemene beeld dat uit de enquête naar voren komt is vergelijkbaar met het beeld dat ook in de Europese enquête naar voren komt. Het merendeel van de respondenten weet niet of er bij hun bedrijf/klant gewerkt wordt met producten waarin nanodeeltjes verwerkt zijn. Een verschil met de Europese enquête is de doelgroep die ondervraagd is. Waar in de Europese enquête de nadruk lag op het kennisniveau van werkgevers en werknemers (of hun vertegenwoordigers), lag de nadruk in de Nederlandse situatie op personen die werkzaam zijn in het vakgebied arbeidsomstandigheden. Vanuit hun functie zou verwacht mogen worden dat het kennisniveau binnen deze onderzoekspopulatie hoger ligt dan bij de werkgevers en werknemers die ondervraagd zijn in de Europese enquête.

Weet u of vermoedt u dat u of uw klant met nanoprodukten werkt?

Ja, ik weet het	2	(1 buiten de bouw)
Ik vermoed het	10	
Nee, weet niet	25	
Niet ingevuld	1	

Op de vraag of men vermoedt dat er met nanoprodukten gewerkt wordt in de bouw in Nederland, geven twee respondenten aan zeker te weten dat er met nanoprodukten gewerkt wordt en tien respondenten geven aan te vermoeden dat er met nanoprodukten gewerkt wordt. De overige respondenten (26 stuks) geven aan het niet te weten, of hebben niets ingevuld. De toepassingen waarbij de arboprofessionals het gebruik van nanoprodukten in de bouw vermoeden is weergegeven in

Tabel 8.

*Tabel 8: Vermoede toepassingen in de bouw waarin nanotechnologie gebruikt is.*

<b>Toepassing in de bouw</b>	<b>Aantal respondenten dat gebruik vermoed</b>
Coatings	5
Beton hoge sterkte	11
Glas(coating)	7
Asfalt	5
Textiel	2
Isolatie	7
Brandvertragend mat.	7
Nanosensoren	1
Composieten	3

Op basis van deze steekproef onder preventiemedewerkers, werkzaam in de branche bouw, kan geconcludeerd worden dat het bewustzijn van de aanwezigheid van nanoprodukten op de werkplek in de bouw in Nederland laag is. Eén respondent (2,6%, n=38) geeft aan zeker te weten dat er met nanoprodukten gewerkt en 26% van de respondenten geeft aan het te vermoeden.

## **4 KARAKTERISERING VAN BLOOTSTELLING AAN NANODEELTJES**

### **4.1 Inleiding**

Bij een beperkt aantal toepassingen in de bouw, waarbij gebruik gemaakt wordt van nanoprodukten werden blootstellingsmetingen uitgevoerd. De vraag hierbij was of er gezondheidsrisico's zijn en welke beheersmaatregelen getroffen zouden moeten worden.

Met behulp van een enquête onder de sociale partners en adviseurs in de bouw in Europa is een goed overzicht gekregen van de voornaamste toepassingen/producten van nanodeeltjes in de bouw (zie hoofdstuk 3). De meest genoemde productgroepen zijn: cement/beton, coatings, metalen, composieten, isolatiemateriaal, asfalt, en elektronica. Op basis van deze uitkomsten is besloten om voor de blootstellingsmetingen te richten op bedrijven die de volgende nanoprodukten verwerken:

- coatings
- cement / betonmortel
- asfalt

Hierbij was een belangrijk criterium of een relevante potentiële blootstelling aan nanodeeltjes werd verwacht. Interessant waren met name activiteiten waarin producten die nanodeeltjes bevatten worden gedoseerd en gemengd, verspoten, hoogenergetisch bewerkt (geschuurd, het boren van gaten) of gereinigd. Uiteindelijk zijn in van elk van deze typen activiteiten (met uitzondering van de verwerking van asfalt) op zijn minst in één voorbeeldsituatie blootstellingsmetingen gedaan, hoewel het niet altijd mogelijk bleek om de metingen uit te voeren tijdens een reële praktijksituatie in de bouw.

### **4.2 Ervaren barrières in het vinden van meetlocaties**

Zoals al uit de Europese en Nederlandse inventarisaties en enquêtes bleek, worden er nog maar weinig nanoprodukten daadwerkelijk in de bouw toegepast, en zijn nog maar weinig mensen in de bouw op de hoogte als ze al wél worden toegepast. Daarnaast blijkt uit de vragenlijstonderzoeken en uit gesprekken, dat er in de bedrijven in de bouw nog niet of nauwelijks een 'sense of urgency' bestaat met betrekking tot dit thema. Het bleek dan ook moeilijk om reële praktijksituaties in de bouw te vinden waarbij blootstellingsmetingen konden worden uitgevoerd. Veel contacten zijn hiervoor ingezet: werkgevers- en leveranciersorganisaties zoals FOSAG (schilders), het NVTB (toeleveranciers bouw), producenten van o.m. cement en coatings, bestuurders en kaderleden van FNV Bouw, en veiligheidkundigen en arbeidshygiënisten in de bouw, via resp. de Vakgroep Bouw van de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK) en Contactgroep Bouw van de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVvA). Niet voor elke gewenste situatie kon een praktijksituatie worden gevonden. Als alternatief zijn daarom voor enkele situaties modelexperimenten opgezet. Alleen voor de toepassing van nanoprodukten bij de productie en gebruik van asfalt is dit niet gelukt.

### 4.3 Vastleggen van meetgegevens en werkplekfactoren

Voorafgaand aan de blootstellingsmetingen is een handvat opgesteld voor het inventariseren en vastleggen van meetgegevens en relevante werkplekfactoren die van invloed kunnen zijn op de blootstelling aan nanodeeltjes. Doel van deze checklist is het verzamelen van werkplekfactoren ter ondersteuning van het maken van een onderbouwde risico-inschatting. Het meetregistratieformulier is opgenomen in bijlage 1 en bevat de navolgende hoofdstukken:

- Bedrijfsgegevens (vestiging/locatie van onderzoek).
- Informatie over de meting en gebruikte meetapparatuur.
- Informatie over de werknemer (taken, werktijden).
- Aanwezige chemische stoffen en processen in nanovorm.
- Risico-inschatting van het gebruikte nanomateriaal.
- Aanwezige chemische stoffen niet in nanovorm.
- Observatie werkomstandigheden.
- Weersomstandigheden.
- Achtergrondconcentraties en andere bronnen van nanodeeltjes.

### 4.4 Materiaal en methoden

Bij de karakterisering van persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes is gebruik gemaakt van persoonlijke real-time monstername-apparatuur en van offline analysetechnieken (het laatste alleen bij het aanbrengen van de zelfreinigende coating op glas). In deze paragraaf zullen de beide methodieken separaat beschreven worden.

#### NanoTracer

Voor het in kaart brengen van de persoonlijke real-time blootstelling aan nanodeeltjes is gebruik gemaakt van een draagbare meter die ontwikkeld is door Philips Aerasense, de NanoTracer. De NanoTracer meet continu en real-time ultrafijne- en nanodeeltjes, zowel de concentratie als de gemiddelde diameter. De detectiegrens voor het meten van de gemiddelde diameter ligt rond een concentratie van 10.000 deeltjes per  $\text{cm}^3$ . Onder deze concentratie wordt de gemiddelde diameter minder accuraat weergegeven. De technische beschrijving van de Aerasense meter is beschreven door Marra et al. (38).



De persoonlijke blootstelling is bepaald door meting van de concentratie nanodeeltjes in de ademzone van de werknemer. Daarnaast zijn ‘statische’ metingen uitgevoerd en metingen met als doel ‘bronopsporing’. De specificaties en de gehanteerde instellingen van de meter zijn opgenomen in Tabel 9. Voor het vastleggen van blootstellingsgegevens met betrekking tot werkplekfactoren is gebruik gemaakt van de in paragraaf 4.3 genoemde checklist. Bij het meten van de blootstelling worden alle aanwezige deeltjes gemeten. Het betreft hier zowel deeltjes die vrijkomen bij werkzaamheden aan toepassingen waarin nanodeeltjes verwerkt zijn (de engineered nanodeeltjes), als nanodeeltjes die aanwezig zijn in de “natuurlijke” achtergrondconcentratie en deeltjes die gevormd worden door het gebruik van elektrische apparatuur.

Tabel 9: Specificaties van de Philips Aerasense aerosol meter.

Gemeten parameters	- Aantallen deeltjes [deeltjes /cm <sup>3</sup> ] - Deeltjesgrootte [ nm]
Range: - Aantallen deeltjes - Deeltjesgrootte	- 0 – 10 deeltjes/cm <sup>3</sup> - 10 – 300 nm
Gevoeligheid	1 fA <sup>9</sup>
Smoothing algorithm	Fabrieksinstelling: 1,03
Materiaal luchtslang (alleen bij de persoonlijke monsternames)	carbon loaded silicon
Lengte luchtslang	Lengte luchtslang: 0,5 m
Gebruikte ijkbron	KNO <sub>3</sub> aerosol
Gebruikte ijkapparatuur	Grimm SMPS 5403
Aanzuigsnelheid ventilator	0,4 l/min
Gebruikte instelling	Advanced mode

De meetresultaten zijn geanalyseerd met behulp van de NanoReporter software (versie 1.0.2.0, Philips Aerasense) en met behulp van MS Excel (MS Office 2007).

#### Offline analyses

Tijdens het eerste bedrijfsbezoek is naast de metingen met de NanoTracer tevens gebruik gemaakt van een passieve monsternamemethode voor de karakterisering van de nanodeeltjes. Hiertoe werden nanodeeltjes in de ademzone van de werknemer (de linker revers) verzameld op een zelfklevend koolstoffilter. Analyse van de sample is uitgevoerd met behulp van Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy (FEG-ESEM) en Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) voor de bepaling van de aard van het bemonsterde nanomateriaal<sup>10,11</sup>.

#### Meteorologische gegevens

Voor informatie over de weersomstandigheden en achtergrondconcentratie fijnstof op de meetdagen is gebruik gemaakt van online weerdatabanken op Internet<sup>12</sup> en van het landelijk meetnet van het RIVM<sup>13</sup>. De weerdata zijn opgenomen in Bijlage 4 van dit rapport. Aangezien niet alle meetnetten alle relevante data registreren is voor elke meetlocatie apart het dichtstbijzijnde meetstation gekozen voor elke relevante buitenlucht parameter.

<sup>9</sup> femto Ampère (10<sup>-15</sup>)

<sup>10</sup> Development of an Integrated Platform for Nanoparticle Analysis to verify their possible toxicity and ecotoxicity (DIPNA).

<sup>11</sup> Dr. Antonietta Gatti. DIPNA Project Coordinator. Universita di Modena e Reggio Emilia.

<sup>12</sup> De meteorologische gegevens zijn afkomstig van ofwel het [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) Het voor de meetlocatie dichtstbijzijnde meetstation is geselecteerd.

<sup>13</sup> De data is afkomstig van <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/meetnetten/luchtkwaliteit/resultaten/> en <http://www.lml.rivm.nl/data/smog/index.html>

## 4.5 Bedrijven en meetsituaties

De resultaten van de metingen worden per productcategorie weergegeven. Tijdens het uitvoeren van de metingen zijn zogenaamde event registraties bijgehouden. Deze zijn gebruikt om afzonderlijke activiteiten in de ruwe meetdata te kunnen onderscheiden<sup>14</sup>. De productveiligheidsinformatiebladen van de door de diverse bedrijven gebruikte producten zijn allen opgenomen in bijlage 6 van dit rapport.

### 4.5.1 Coatings

#### 4.5.1.1 Productie van Coatings

##### Bedrijfsprofiel

De metingen zijn uitgevoerd bij een verfproductiebedrijf dat een parketlak ontwikkeld heeft met een nano-additief (Bindzil 30 CC)<sup>15</sup>. Tevens worden er voor deze lak additieven gebruikt waarvan niet geheel duidelijk is of ze nanomaterialen bevatten (Hakuenka CCR-S , Acematt TS-100 en Halox XTAIN A).

Het additief, Bindzil 30 CC (clear coating) bevat amorf silica ( $\text{SiO}_2$ ), opgelost in een zwak alkalische waterige oplossing. De deeltjesgrootte varieert tussen de 5 en 50 nm. Het additief wordt toegepast in watergedragen coatings: het verbetert de krasvastheid van de coatings. De gemiddelde primaire deeltjesgrootte van de silicadeeltjes bedraagt 7 nm en maakt circa 29% (w/w) deel uit van het additief. Het VIB maakt geen melding van de aanwezigheid van nanodeeltjes in het product en geeft geen informatie over de deeltjesgrootte en het deeltjesoppervlak per gram. Gegevens over de morfologie en de gemiddelde deeltjesgrootte is vermeld in een product datasheet van Bindzil producten. Het VIB geeft wel voorschriften over het veilig gebruik van het Bindzil additief.

De parketlak wordt zowel geleverd aan consumenten als aan professionele parketleggers. Omdat het bedrijf niet rechtstreeks aan eindgebruikers levert, maar via een groothandel, was het niet mogelijk contact te leggen met eindgebruikers. Als alternatief voor de blootstellingsmetingen bij gebruik, zijn in het ontwikkelingslaboratorium bij de fabriek en bij IVAM zelf enkele simulatiemetingen met de NanoTracer uitgevoerd:

- Het storten van enkele poedervormige additieven (§ 4.5.1.1).
- Een standaard slijtagetest (Taber Test) (§ 4.5.1.3).
- Het schuren van de nanoparketlak (§ 4.5.1.4).

---

<sup>14</sup> De event nummers verwijzen naar de ruwe meetdata.

<sup>15</sup> [www.colloidalsilica.com](http://www.colloidalsilica.com)

### Storten van poeders

In een zuurkast met werkende ventilatie is het doseren van drie typen poedervormige additieven nagebootst (zie voor labopstelling en voor de situatie in de productie Figuur 4)<sup>16</sup>:

- Hakuena CCR-S: calcium carbonaat (‘calciet’); gemiddelde deeltjesgrootte van 80 nm, met een oppervlak van 17 m<sup>2</sup> per gram.
- Acematt TS-100: matteringsmiddel; fumed silica, gemiddelde deeltjesgrootte 4µm.
- Halox XTAIN A: tannineblocker; aluminium zirconium fosfosilicaat, gemiddelde deeltjesgrootte 3,1 µm.



*Figuur 4: Proefopstelling toevoegen additief aan lak (links) en de praktijksituatie in de fabriek (rechts).*

Tijdens het doseren is eerst, overeenkomstig de receptuur, een normale gecontroleerde procedure gevolgd waarin aan een kleine pot lak met een lepel 3-4 scheppen van het additief zijn toegevoegd (tabel 10: code meting: d & e). Vervolgens zijn enkele ‘worst-case’ metingen uitgevoerd, waarbij het poeder met behulp van de lepel expres is opgewerveld (simulatie storten van poeder: tabel 10 code meting: f & g).

---

<sup>16</sup> Deze situatie bootst een buiten situatie in de bouw na, waarbij medewerkers afgeschermd zijn van de wind.

De metingen zijn verricht op 3-3-2010 met één NanoTracer. De meetresultaten zijn weergegeven in tabel 10, Figuur 5, Figuur 6 en Figuur 7.

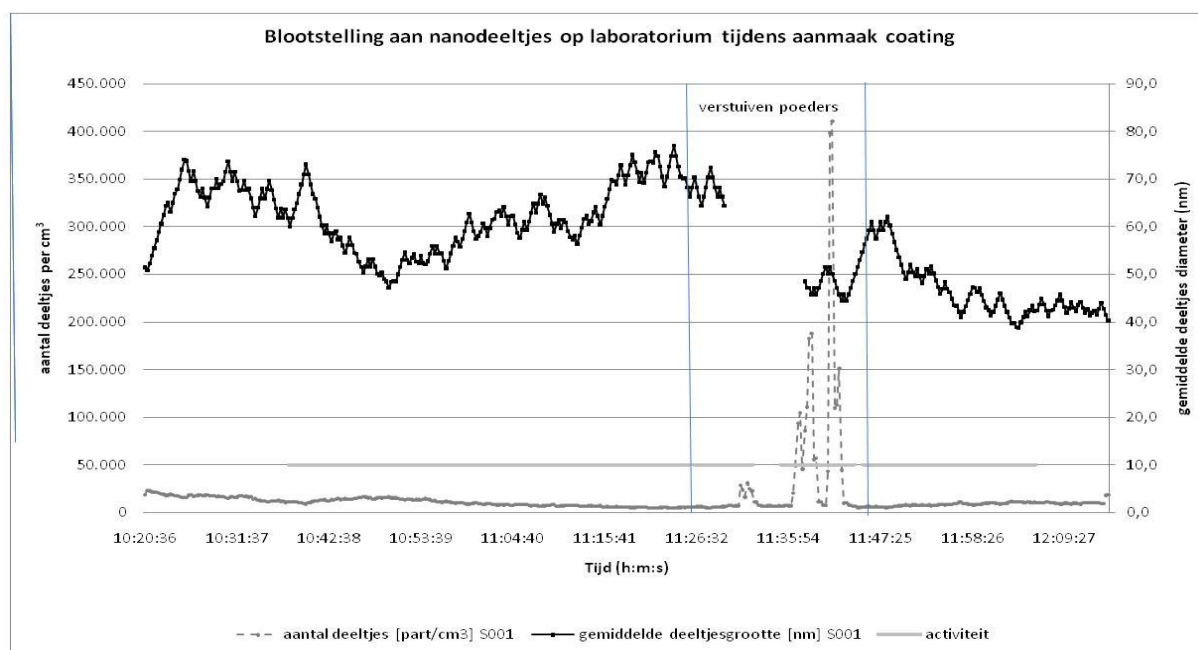
Tabel 10: Meetresultaten – aantal deeltjes en deeltjesgrootteverdeling.

Code meting*	Meetduur (minuten)	Concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Diameter (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
a.	13	15.391	23.475	18.128	51	74	66
b.	8,5	9.034	18.715	10.664	40	46	43
c.	114	4.963	410.567	15.600	39	77	57
d.	< 1	5.293	6.465	5.956	64	70	67
e.	<1	5.907	7.570	6.817	64	68	66
f.	< 1	16.395	31.230	24.674	-	-	-
g.	< 1	6.854	187.949	65.592	-	-	-
h.	5.5	7.076	410.567	81.599	44	52	48

\* Code meting:

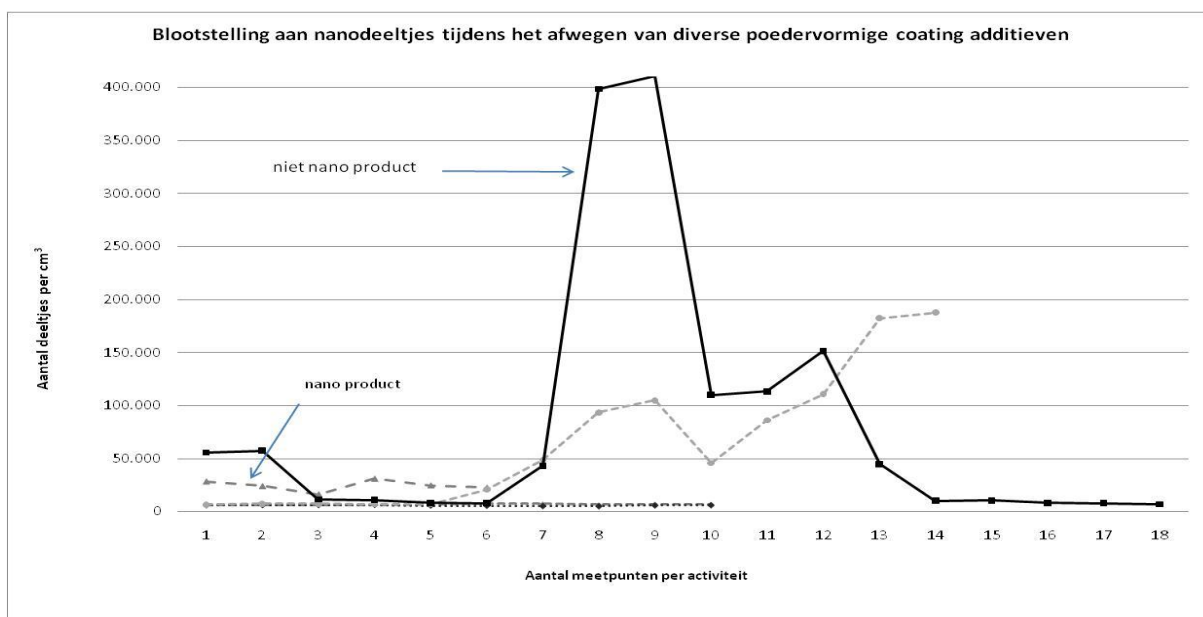
- |   |   |
|---|---|
| a. achtergrondniveau kantoor;                       | e. doseren nano additief (2 <sup>e</sup> batch) |
| b. AG <sub>I</sub> ; achtergrondniveau laboratorium | f. opwerpen nano-additief                       |
| c. totaal bemeten tijd                              | g. opwerpen niet nano component Halox XTAIN     |
| d. doseren nano additief                            | h. opwerpen niet nano component Acematt         |

In figuur 5 is de totale meetperiode weergegeven. Het geeft de blootstelling weer van het aantal nanodeeltjes per cm<sup>3</sup> (stippellijn), alsmede de gemiddelde deeltjesgrootte van de deeltjes (in zwart). De onderbreking in de zwarte lijn wordt veroorzaakt door het feit dat korte tijd is gemeten in de fast modus in plaats van de advanced modus. De fast modus geeft enkel het aantal deeltjes per cm<sup>3</sup> weer. Een meer gedetailleerde weergave van de verschillende simulatie sessies is in afzonderlijke grafieken weergegeven. Figuur 6 toont de resultaten van de metingen tijdens het storten van de drie verschillende poeders.



Figuur 5: Totaaloverzicht meetresultaten tijdens productie van de coating.

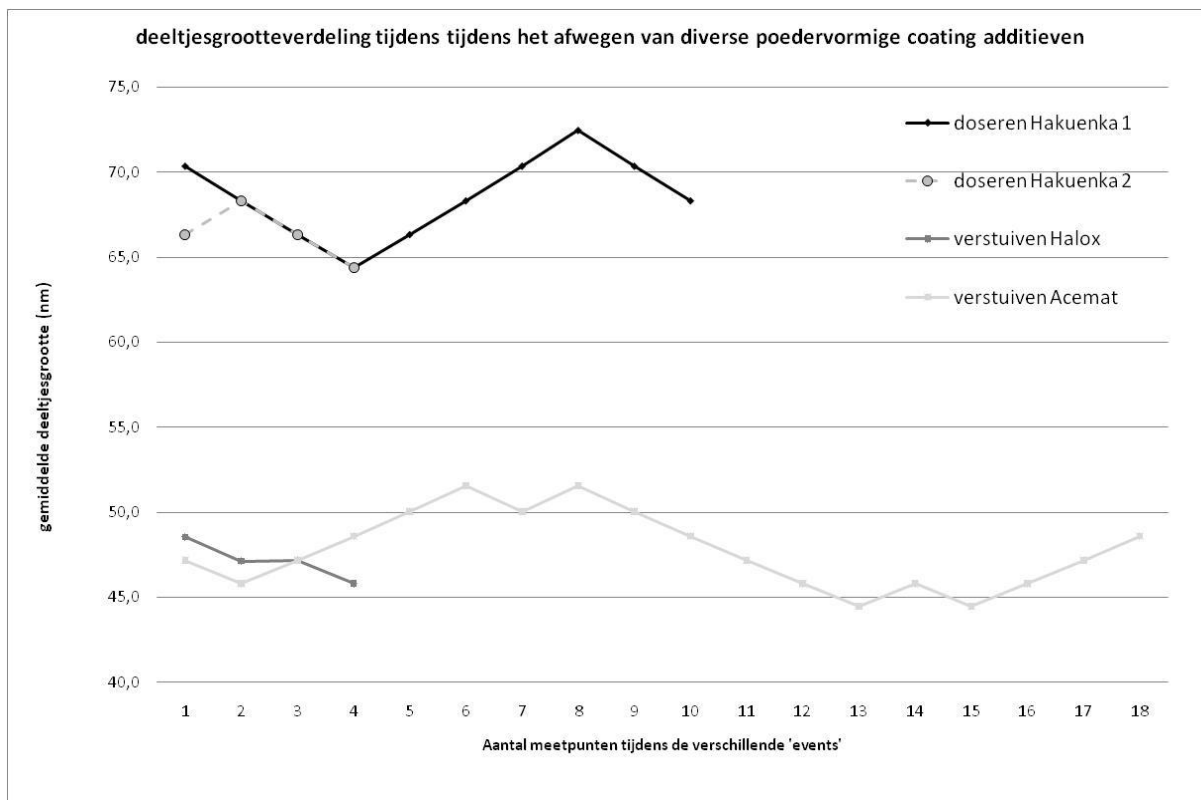




Figuur 6: Emissie bij het opwerpen van diverse additieven in een zuurkast.

Tijdens het gecontroleerd doseren van het additief Hakuenka (tabel 10, code d & e) blijkt de deeltjesconcentratie vlak boven de activiteit - onder gelijktijdige afzuiging - nauwelijks toe te nemen. Dit lijkt te illustreren dat, indien zorgvuldig wordt gewerkt, de blootstelling aan nanodeeltjes goed onder controle te houden is. Wanneer de drie poeders expres worden opgewerveld, blijken hoge deeltjesaantallen te ontstaan, in één geval tot 400.000 deeltjes/cm<sup>3</sup> (tabel 10, code h.). Dit simuleert het ‘onzorgvuldig’ storten van poeders. Opvallend is de hoge emissie nanodeeltjes tijdens het opwerpen van Acemat, aangezien de gemiddelde deeltjesgrootte volgens het VIB 4 µm bedraagt.

De gemiddelde deeltjesgrootte tijdens opwerpen van de verschillende additieven is weergegeven in Figuur 7. Van het opwerpen Hakuenka (tabel 10, code f & g) is geen gemiddelde deeltjesgrootte gemeten, omdat op dat moment tijdelijk in de ‘fast’ modus gemeten werd.



Figuur 7: Gemiddelde deeltjesgrootte verdeling (nm) van de bemeeten deeltjes tijdens het opwerpen diverse verfadditieven.

#### 4.5.1.2 Aanbrengen van coating

Het bedrijf waar de metingen werden uitgevoerd, is gespecialiseerd in toepassingen van nanocoatings. Er worden 2 typen nanocoatings toegepast:

- Coatings op basis van oplosmiddelen voor (in hoofdzaak) de automotive branche.
- Coatings op waterbasis (antibacteriële en luchtzuiverende coatings).

Het bedrijf is een kleine, dienstverlenende onderneming. Zij importeren de coatings en lakken en brengen ze zelf aan. De lakken in hun assortiment hebben een vuilafstotende en/of een bacteriedodende werkingkring. De coatings worden toegepast op autoruiten, ramen en muren.



*Figuur 8: Toepassing van Environ-X500 op een buitenmuur.*

Toelichting: Deze muur heeft jarenlang vuil vanaf de straat “opgepakt” (links). Het deel tussen de gele afplaktape is schoongemaakt waarna het linker gedeelte is behandeld met Environ-X500 (midden). De foto rechts vertoont het verschil/resultaat na drie maanden. Het met Environ-X500 behandelde deel blijft schoon en het onbehandelde deel wordt al donkerder

Onderzocht werd de toepassing van een watergedragen coating (Environ-X500) die middels verneveling op de ramen van een woonhuis (circa 75 m<sup>2</sup> glas) wordt aangebracht. De coating bevat nanoTiO<sub>2</sub> (anatase, gemiddelde deeltjesgrootte < 8 nm en BET 160 ±30 m<sup>2</sup>/g) in een waterige dispersie. Een voorbeeld van een mogelijke toepassing van Environ X is weergegeven in figuur 8.

Metingen zijn verricht op woensdag 2 september 2009 bij het aanbrengen van Environ-X500. De werkzaamheden werden uitgevoerd door een werknemer gedurende circa 1 uur. Ze vonden plaats aan de buitenzijde van een vrijstaand woonhuis in een rustige woonwijk, in een omgeving die is te typeren als landelijk gebied. Voorafgaand aan het aanbrengen van de coating werden de ramen gereinigd met een schone doek. De werkzaamheden begonnen met het overschenken van circa 1 liter coating in de vernevelaar. Daarna werd de coating op de ramen verneveld. Tijdens de werkzaamheden is circa 250-330 ml coating verbruikt. De geschatte hoeveelheid gebruikt nanomateriaal tijdens dit proces bedroeg circa 17 mg nanoTiO<sub>2</sub>. De coating werd op de ramen aangebracht met een verfvernevelaar (Wagner W850F). Enkele foto's van de werkzaamheden zijn opgenomen in Figuur 9.



*Figuur 9: Aanbrengen vuilafstotende coating op ramen van een woonhuis.*

### Resultaten

Metingen werden uitgevoerd met 3 NanoTracers:

1. PS001 persoonlijke monsternamen in de ademzone van de medewerker.
2. S001 stationaire monsternamen in de directe nabijheid van de medewerker.
3. S002 stationaire monsternamen van de achtergrondconcentratie rondom het huis.

Een overzicht van de meetresultaten (persoonlijke metingen) is opgenomen in Tabel 11. Een grafische weergave van de meetresultaten is opgenomen in Figuur 10 en Figuur 11.

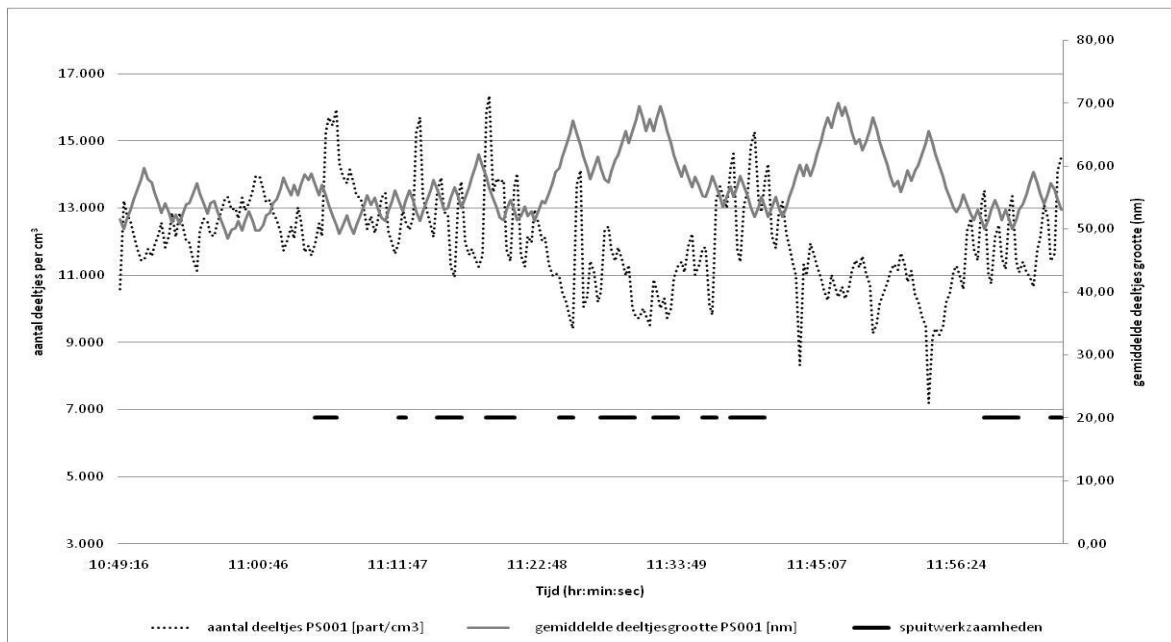
*Tabel 11: Meetresultaten aanbrengen van een vuilafstotende coating – aantal deeltjes en deeltjesgrootteverdeling.*

Code meting*	Meetduur (minuten)	concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Deeltjesgrootte (nm)		
		Min.	Max.	Gem.	Min.	Max.	Gem.
a.	75	7.195	16.337	11.993	49	70	57
b.	75	11.214	19.597	14.912	37	58	49
c.	75	8.258	18.328	10.534	46	77	65
d.	54	7.195	15.696	11.900	48	70	56
e.	21	9.417	16.337	12.187	50	69	57
f.	11,3	12.239	30.511	20.734	31.6	52.8	40.4

\* Code meting:

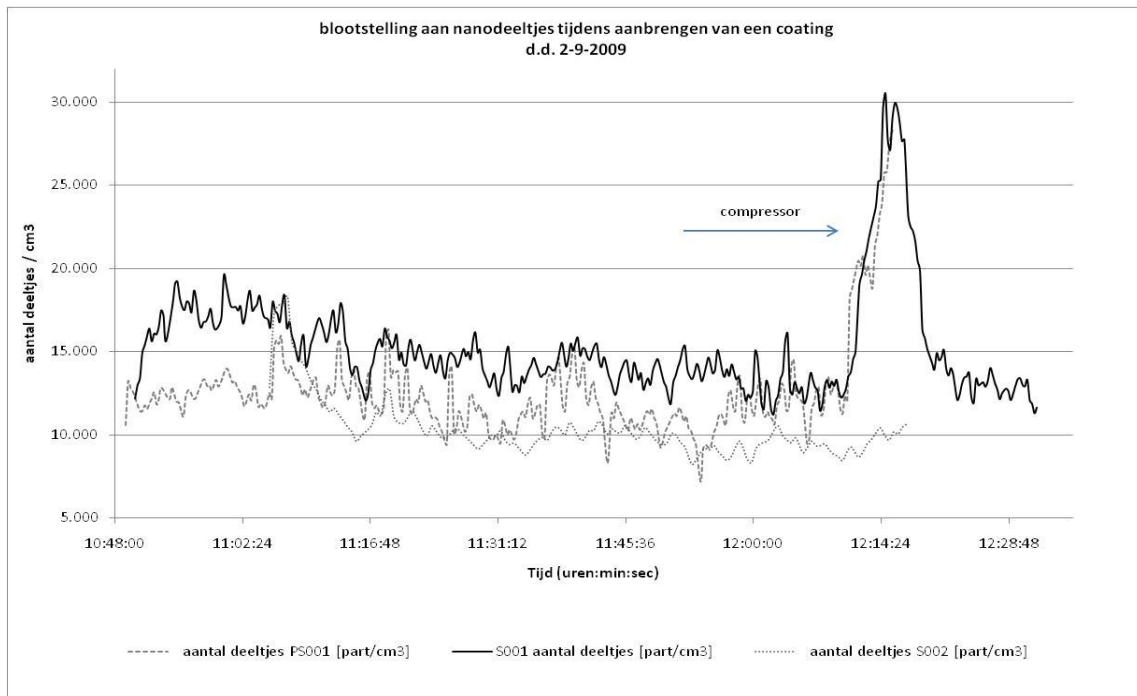
- a. persoonlijke blootstelling (totaal bemeten tijd)
- b. stationaire monsternamen in de directe nabijheid van de medewerker
- c. achtergrondconcentratie
- d. persoonlijke blootstelling buiten de spuitwerkzaamheden om
- e. persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes (waarden alleen tijdens spuitwerkzaamheden)
- f. deeltjes emissie compressor tijdens onbelast draaien

Figuur 10 geeft een grafische voorstelling van de persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes (stippellijn) en van de gemiddelde deeltjesdiameter (grijs). De zwarte blokken geven de feitelijke spuitwerkzaamheden weer.



*Figuur 10: Meetresultaten metingen naar de persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes bij het aanbrengen van de vuilafstotende coating.*

Figuur 11 toont naast de persoonlijke blootstelling (PS001) tevens de concentratie in de directe nabijheid (< 1 meter) van de medewerker (S001), de achtergrondconcentratie (S002) en de door de compressor van de verfvernevelaar gegenereerde nanodeeltjesemissie (gemeten op circa 10 cm boven het apparaat). Opvallend is dat vanaf 12:11 uur de concentratie deeltjes per  $\text{cm}^3$  sterk stijgt, wat er op duidt dat de compressor een belangrijke bron van nanodeeltjes is.

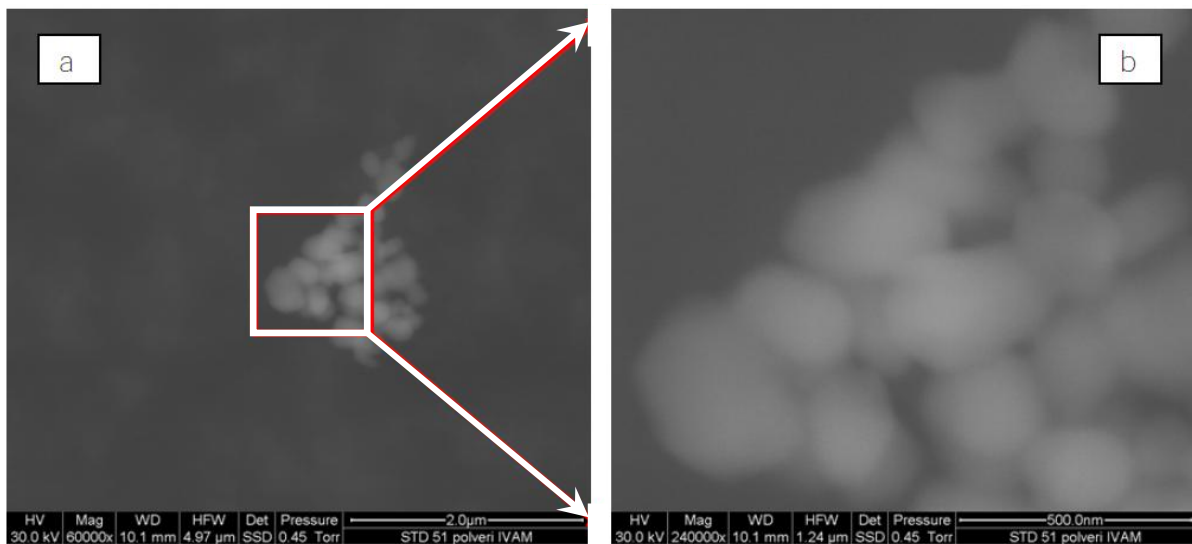


Figuur 11: Aantal deeltjes per  $\text{cm}^3$  per type meting gedurende de spuitwerkzaamheden.

Het kan worden geconcludeerd dat de achtergrondconcentratie tijdens deze meting relatief hoog was (12.000-17.000 deeltjes) voor een landelijke omgeving met weinig verkeer. De concentratie nanodeeltjes in de werklucht fluctueert continu, zonder grote uitschieters. De grote luchtcirculatie in de buitenlucht speelt hierbij waarschijnlijk een belangrijke rol. De potentiële bron van engineered nanodeeltjes uit de coating zelf, lijkt geen significante bron van vrije nanodeeltjes in de lucht te zijn. Daarentegen lijkt de compressor wel een belangrijke bron voor nanodeeltjes te zijn.

### Resultaten Offline analyse

De resultaten van offline DIPNA analyses zijn opgenomen in bijlage 7 bij dit rapport. Een sample dat genomen was tijdens de beschreven coating-activiteit met het TiO<sub>2</sub> bevattende Envirox X-500 is onderzocht. Op het filter zijn titanium deeltjes aangetroffen, zowel in het microbereik als in het nanobereik (in nanoclusters van 0,2 micrometer). Naast zirconiumrijke deeltjes, waarschijnlijk afkomstig uit achtergrondvervuiling van het monsternamemedium, zijn er tevens calcium- en ijzerhoudende deeltjes aangetroffen. Elektronenmicroscopiefoto's tonen een clustering van Titanium nanodeeltjes (zie Figuur 12, links het cluster en rechts een close-up van het cluster). De aanwezigheid van titaniumdioxide nanodeeltjes op het monsternamemedium duidt erop, dat deze aanwezig waren in de coating. De analyse geeft echter geen duidelijkheid over de vraag of in de ingeademde lucht op de werkplek 'vrije' nanodeeltjes aanwezig waren. Wel is het waarschijnlijk dat het nanoTiO<sub>2</sub> opgenomen is in de vloeibare matrix van de coating (de nevel) en dat blootstelling aan de nevel plaatsvindt.



*Figuur 12: Opname met de Elektronenmicroscop van een cluster Titanium nanodeeltjes.*

### 4.5.1.3 Slijtage test

Bij de fabrikant van de parketlak (paragraaf 4.5.1.1) zijn metingen gedaan tijdens het uitvoeren van een slijtagetest. De slijtagetest die is uitgevoerd, komt overeen met de tests die door Vorbau et al. (29) zijn uitgevoerd. Op een glazen testplaatje is de nanoSiO<sub>2</sub> bevattende lak (bevat Bindzil additief) aangebracht. Deze heeft vervolgens een cyclus van 1100 omwentelingen doorlopen op de Taber Abraser. De Taber Abraser (model 503, Taber Industries, USA) bootst met behulp van een 'slijpsteen-wieltje' slijtage van de laklaag na die in de praktijk optreedt o.m. door het lopen met zandige schoenen en door reinigingsactiviteiten. De testcyclus van 1100 omwentelingen neemt ongeveer 15 minuten in beslag. De NanoTracer is direct op de Taber Abraser geplaatst, op ± 10 cm afstand van het glasplaatje met de lak (code meting: a.; tabel 12) (zie Figuur 13). In aanvulling op de test op de nanolak, is een meting van 15 minuten uitgevoerd op de Taber Abraser terwijl deze onbelast draaide (code meting b, tabel 12). Dit is gedaan om eventuele emissies van nanodeeltjes uit de motor van de Taber Abraser te detecteren. Beide metingen betreffen derhalve geen persoonlijke, maar statische metingen, die de 'potentiële' blootstelling weergeven. De afzuiging aan de Taber Abraser was tijdens de metingen niet ingeschakeld.

Tabel 12: Meetresultaten Abraser test – aantal deeltjes en deeltjesgrootteverdeling.

Code meting*	Meetduur (minuten)	Concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Diameter (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
a.	17	6.570	16.890	11.056	47	73	58
b.	20	5.430	11.835	8.668	39	62	48

\* Code meting:

a. Taber Abraser test met nanocoating

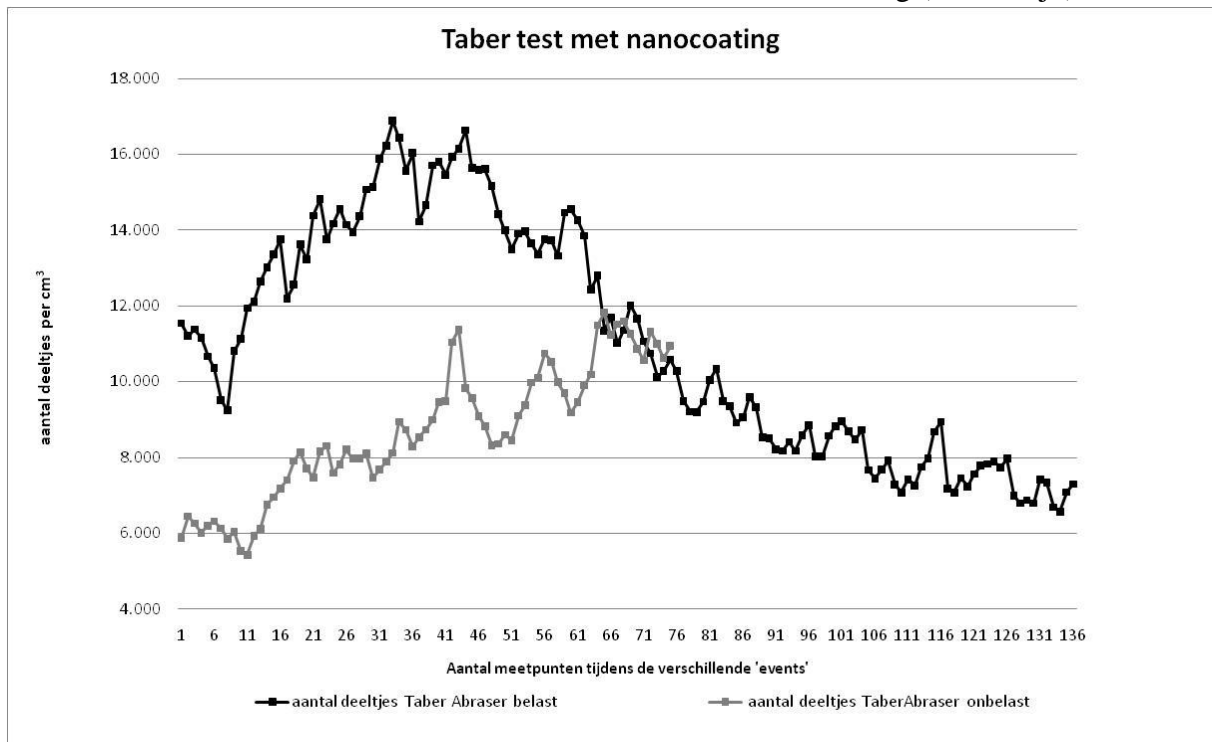
b. Taber Abraser onbelast



Figuur 13: Meting naar het voorkomen van nanodeeltjes tijdens het uitvoeren van de Taber test met de Taber Abraser.



In Figuur 14 zijn de resultaten weergegeven van de metingen die uitgevoerd zijn tijdens het uitvoeren van de Taber Test met een Bindzil CC 30 bevattende coating (zwarte lijn).



Figuur 14: Meetresultaten van de Taber test met Bindzil CC 30 bevattende coating.

De achtergrondconcentratie nanodeeltjes in het laboratorium is ca. 8.000 deeltjes/cm<sup>3</sup>. Zowel tijdens het onbelast draaien van de Taber Abraser als tijdens het uitvoeren van de slijtagetest van de nanodeeltjesbevattende parketlak, zijn (licht) verhoogde aantallen deeltjes gemeten. Echter, het verloop van de concentraties verschilt. Tijdens het onbelast draaien, loopt de concentratie langzaam op, mogelijk als gevolg van het ‘opwarmen’ van de machine, waardoor de elektromotor metaal(oxide) deeltjes genereert. Tijdens het belast draaien (de slijtagetest) loopt de concentratie aanvankelijk hoger op dan tijdens het onbelast draaien, maar zakt daarna. Dit zou kunnen komen doordat aanvankelijk een aantal ‘losse’ deeltjes aan de oppervlakte van de laklaag loskomen, waarna geen verdere emissie van nanodeeltjes meer optreedt. Met de gebruikte meetmethode kan geen inzicht worden gegenereerd over de aard van de vrijgekomen nanodeeltjes.

#### 4.5.1.4 Schuren

Het bleek niet mogelijk een bedrijf te vinden dat een ‘nanoparketlak’ verwerkt en bereid was deel te nemen aan het onderzoek. Als indicatieve test zijn daarom enkele kleine stukjes parket zelf geschuurd. Een stuk parket van 30 bij 19 cm, waarop de nanodeeltjes bevattende parketlak (Bindzil 30 CC) was aangebracht werd geschuurd met behulp van een schuurmachine. Ter controle werd een stuk parket van 30 bij 8 cm met parketlak zonder nanodeeltjes op identieke wijze geschuurd.

Aangevangen werd met het vaststellen van de achtergrondconcentratie nanodeeltjes in een “lege” werkruimte (code meting a). Vervolgens is gedurende korte tijd de emissie van nanodeeltjes gemeten op circa 10 centimeter afstand van de onbelast draaiende elektrische schuurmachine (code meting b). Na afloop van deze test is nog enige tijd het verloop van de deeltjesconcentratie in de ruimte gemeten (code meting e). Vervolgens zijn schuurexperimenten uitgevoerd (code meting c en d). De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13: Meetresultaten schuurtest – aantal deeltjes en deeltjesgrootteverdeling.

Code meting	Meetduur (minuten)	concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Deeltjesgrootte (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
a.	33	2.871	5.399	3.573	51,5	109,3	86
b.	10	3.273	73.003	36.677	36,6	100,0	63,3
c.	1,5	4.800	8.210	5.498	48,5	57,9	53,1
d.	< 1 min	Activiteit was te kortdurend om voldoende meetpunten vast te leggen					
e.	28,5	9.328	47.361	14.972	29,4	45,4	37,4

Geconcludeerd kan worden dat de kortdurende indicatieve schuuractiviteiten onvoldoende inzicht genereren in het vrijkomen van “engineered” nanodeeltjes. De gemiddelde gemeten concentratie nanodeeltjes tijdens de schuur sessies blijft ver onder de door de elektrische apparatuur gegenereerde concentratie nanodeeltjes. Om meer inzicht te verwerven in het vrijkomen van (engineered) nanodeeltjes bij gebruik van nanoparketlakken, zal een uitgebreidere meetsessie dienen te worden opgezet, waarbij een analyse van de samenstelling van de gegenereerde deeltjes wenselijk is om een onderscheid te kunnen maken tussen de engineered en de machine-gegenereerde nanodeeltjes. Voor dit laatste kan een EDX/SEM analyse uitkomst bieden (Energy dispersive X-ray / scanning electron microscopy). Recente publicaties in de wetenschappelijke pers wijzen er overigens op dat de deeltjes die bij schuren van nanocoatings worden gegenereerd vooral lijken te bestaan uit agglomeraten van bindmiddelresten waaraan andere verfcomponenten gehecht zijn, waaronder de bewuste nanocomponenten zoals TiO<sub>2</sub> (28, 29).

## 4.5.2 Beton

### 4.5.2.1 Verwerken van droge mortel tot specie

#### Bedrijfsprofiel

Blootstellingsmetingen tijdens het verwerken van ‘nanobetonmortel’ werden uitgevoerd bij een betonreparatiebedrijf. Het bedrijf specialiseert zich vooral in bruggen, viaducten en andere civiele werken.

Bij het bedrijf vonden twee meetsessies plaats:

- Meetsessie 1: 11 november 2009: Handmatige bereiding van betonmortel.
- Meetsessie 2: 11 mei 2010: Handmatige bereiding van betonmortel, alsmede het uitvoeren van betonboringen.

Het gebruikte nanoprodukt betrof in beide gevallen NanoCrete R4 betonmortel (NanoCrete). De eerste meetsessie betrof een korte meting tijdens het handmatig aanmaken van NanoCrete. NanoCrete wordt gebruikt voor reparatie van betonnen constructies in of nabij het water. De werkzaamheden betroffen het handmatig repareren van de onderkant van een brug met NanoCrete gietspecie. Onder een brug was een ponton aangebracht waarop de medewerkers de reparatiewerkzaamheden uitvoerden. De slechte betonnen delen werden uitgekapt (pneumatisch) en daarna handmatig hersteld met NanoCrete. Op basis van het VIB is niet te achterhalen welke specifieke stof in nanovorm aanwezig is. Ook is niet bekend wat het gehalte nano-additief is in het product. Volgens gegevens uit de Europese inventarisatie (37) bevat NanoCrete – in ieder geval vóór het aanmaken – silicafume (nano-amorf  $\text{SiO}_2$ ), overigens in geagglomereerde vorm.

Het regende op de meetdag licht en er stond weinig wind. De werkzaamheden werden overdekt, afgeschermd van de wind uitgevoerd. Die dag werd er slechts weinig betonmortel aangemaakt, waardoor de metingen van korte duur waren. Hiervoor is 1 zak NanoCrete gebruikt (25 kg). Met 1 zak van 25 kg bereidt men circa 11 liter gietspecie. Enkele foto's van de uitgevoerde werkzaamheden zijn opgenomen in Figuur 15 en Figuur 16.



*Figuur 15: Handmatig aanmaken en aanbrengen van NanoCrete R4 onder een brug.*



*Figuur 16: Overzicht van de werkzaamheden op de eerste meetdag.*

Bij de tweede meetsessie zijn metingen uitgevoerd tijdens het aanmaken van NanoCrete voor het opspuiten van beton. De werkzaamheden werden uitgevoerd aan de onderzijde van een brug boven een vaart in de buurt van Dronten. Er zijn metingen verricht tijdens het aanmaken en verwerken van 6 zakken NanoCrete R4 (à 25kg). Tijdens de metingen was het zonnig en droog weer en er stond een vrij sterke wind. De medewerker die specie aanmaakte had tijdens de werkzaamheden de wind in de rug. Enkele foto's van de uitgevoerde werkzaamheden zijn opgenomen in Figuur 17 en Figuur 18.



*Figuur 17: Aanmaken en verwerken van NanoCrete op locatie (betonspuiten).*



*Figuur 18: Overzichtsfoto locatie 2<sup>e</sup> meetdag.*

### Meetresultaten eerste meetdag

Een overzicht van de meetresultaten van de eerste meetdag is opgenomen in Tabel 14. Het verloop van de concentratie over de tijd is grafisch weergegeven in Figuur 19.

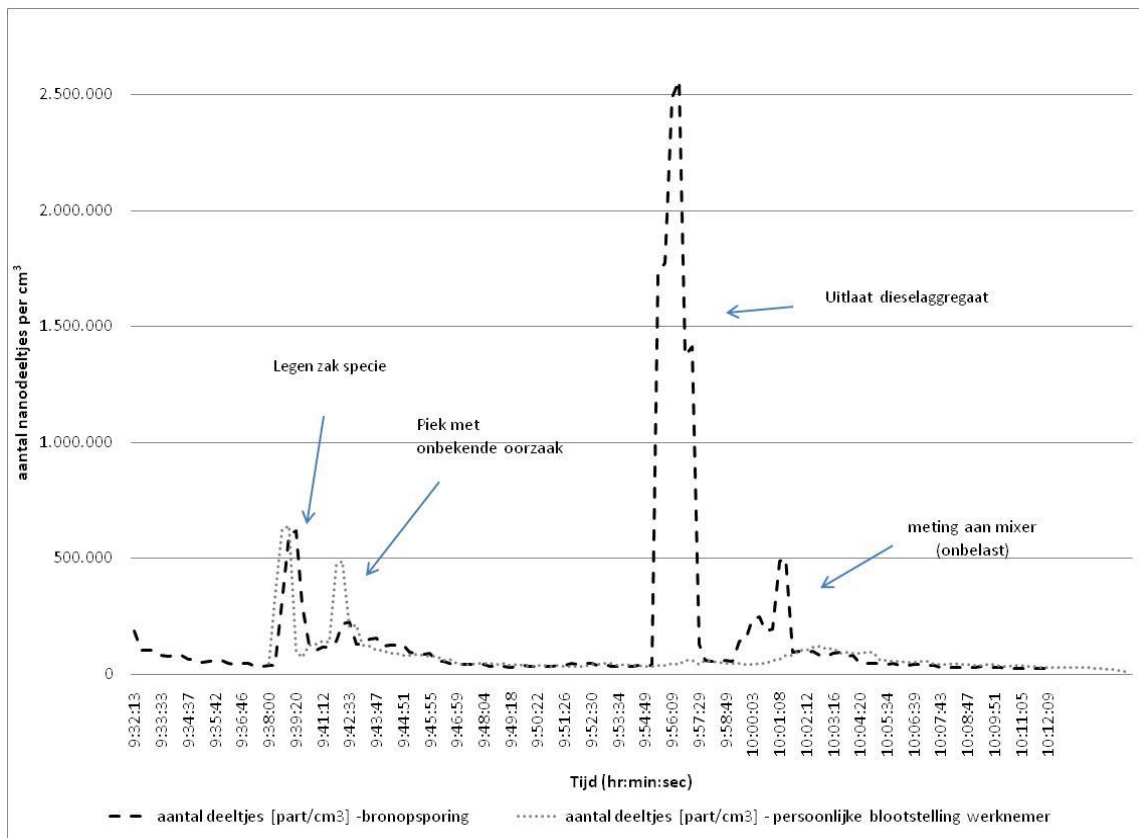
*Tabel 14: Meetresultaten 1<sup>e</sup> meetdag bij bedrijf – aantal deeltjes en diameter.*

Code meting*	Meetduur (minuten)	concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			diameter (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
a.	35	26.808	641.074	80.127	33	58	47
b.	3	71.348	484.822	201.822	42	49	45
c.	3	101.009	223.673	146.225	48	51	49
d.	1	1.371.575	2.562.988	1.889.056	42	49	45
e.	2	140.793	499.833	267.137	38	43	47
f.	-	26.808	55.665	39.558	34	44	38

\* Code van de meting:

- a. Persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes tijdens de bemeten tijd.
- b. Persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes tijdens het verwerken van NanoCrete R4.
- c. Concentratie nanodeeltjes (near-field) tijdens het verwerken van NanoCrete R4.
- d. Concentratie nanodeeltjes uitgestoten door het dieselaggregaat (zijde uitlaat).
- e. Concentratie nanodeeltjes gemeten boven de mixer terwijl deze onbelast draaide.
- f. Natuurlijke achtergrondconcentratie nanodeeltjes.

Figuur 19 geeft een grafische voorstelling van de *persoonlijke* blootstelling van de medewerker aan nanodeeltjes (grijze lijn). De zwarte stippellijn geeft de gemeten emissie weer, zoals gemeten met de meter die gebruikt is voor bronopsporing.



Figuur 19: Blootstelling aan nanodeeltjes bij mixen van betonmortel (bedrijf 2, meetdag 1).

Duidelijk waarneembaar is een kortdurende hoge piekblootstelling gedurende het storten en mixen van de mortel met NanoCrete R4 van > 600.000 nanodeeltjes/cm<sup>3</sup> (Figuur 19). Een gemiddelde blootstelling van meer dan 200.000 nanodeeltjes/cm<sup>3</sup> over de mix- en applicatieperiode wordt gemeten. Minder eenduidig is de herkomst van de tweede piek, maar vermoed wordt dat deze piek afkomstig is van het reinigen van de mixer na het mixen, waarbij deze vrij in de lucht van aanhechtend mortel wordt ontdaan.

Een andere, potentieel grote bron van deeltjes bleek de dieselgenerator, die op enige afstand van het werk stond opgesteld. Een bronopsporingsmeting vlakbij de uitlaat kwam tot een deeltjesaantal van circa 2.500.000 per cm<sup>3</sup>. Het ligt voor de hand dat een windvlaag uit de richting van de generator naar de medewerker, kan leiden tot hoge piekblootstellingen.

### Meetresultaten tweede meetdag

Gedurende de activiteiten op deze dag zijn 6 zakken NanoCrete R4 (25 kg per stuk) verwerkt tot specie ten behoeve betonspuitwerkzaamheden. Voor de metingen werd gebruik gemaakt van twee NanoTracers: een voor de persoonsgebonden metingen, de tweede voor de near-field metingen die werden uitgevoerd op 1-2 meter afstand van de mortelbereiding.

De meetresultaten zijn opgenomen in tabel 15. Het verloop van de concentratie over de tijd is grafisch weergegeven in Figuur 20. De grijze lijn geeft de gemeten blootstelling weer van de meter die de werknemer bij zich droeg. De zwarte lijn is gebruikt voor near-field metingen (1-2 meter afstand van het betonmengen).

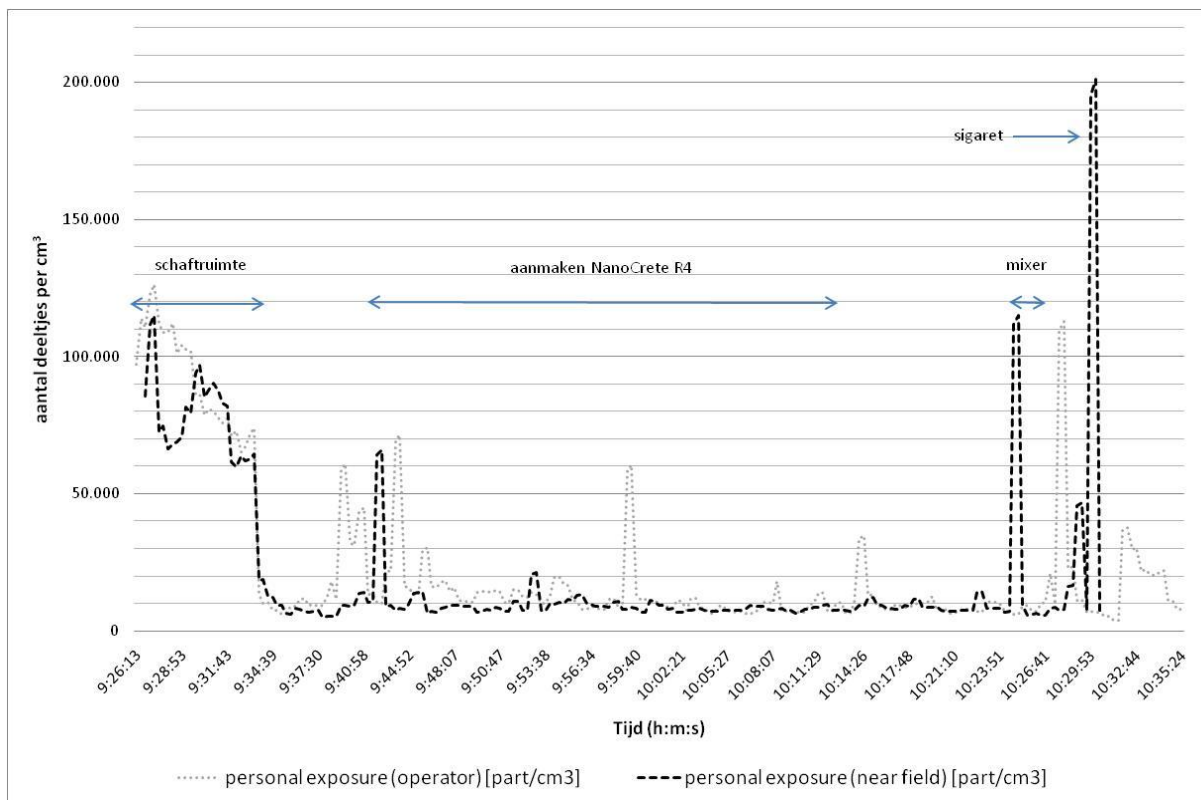
*Tabel 15: Meetresultaten aanmaken NanoCrete R4 – aantal deeltjes en gemiddelde deeltjesgrootte (meetdag 2, bedrijf 2).*

Code meting *	Meetduur (minuten)	concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Deeltjesgrootte (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
a.	69	3.901	126.523	23.749	37	66	49
b.	45,5	5.964	71.519	12.508	40	66	51
c.	6,5	59.957	115.011	79.619	39	52	44
d.	1,3	6.896	114.962	49.978	45	49	47
e.	12	5.058	66.040	15.529	39	57	48

\* Code meting:

- persoonlijke blootstelling over de totaal bemeten tijd.
- persoonlijke blootstelling tijdens het aanmaken van NanoCrete (storten en verwerken 6 zakken).
- gemeten concentratie in de schaftruimte.
- mixer onbelast draaiend.
- achtergrondconcentratie gemeten tijdens stationaire monstername.





Figuur 20: Persoonlijke blootstelling aan het nanodeeltjes tijdens het aanmaken van NanoCrete R4 t.b.v. betonspuitwerkzaamheden (meetdag 2, bedrijf 2).

Wat opvalt aan de gemeten concentraties is dat de gemeten momentane blootstelling tijdens de mortelbereiding met NanoCrete beduidend lager ligt dan gemeten blootstelling op de eerste meetdag (circa een factor 10). Een reden kan zijn de beduidend hardere wind op meetdag 2 en het feit dat de werkplek minder van de wind afgeschermd was dan de werkplek op de eerste meetdag. De harde wind op de werkplek is mogelijk ook een van de redenen waardoor de blootstelling tijdens de activiteit met het nanoprodukt gemiddeld lager ligt dan de gemeten achtergrondconcentratie. Deze is afhankelijk van de meetplek.

Opvallend is tevens de hoge gemeten concentratie nanodeeltjes in de schaftruimte van de medewerkers (zie Tabel 15, code c). Deze hoge concentratie kan verklaard worden uit het feit dat naast de schaftruimte de dieselgenerator opgesteld stond, die de benodigde elektriciteit voor de gebruikte apparatuur opwekt. Op de eerste meetdag is reeds gemeten dat een dergelijke generator een uitstoot heeft van circa 2,5 miljoen deeltjes per  $\text{cm}^3$ . De generator stond benedenwinds opgesteld van de schaftruimte. Tevens wordt er door werknemers in de schaftruimte gerookt. Ook is het effect van de passerende rokende werknemer op de nanodeeltjesconcentratie in het near-field opvallend (zie figuur 20).

Een derde belangrijk punt is de nanodeeltjesemissie van de gebruikte elektrische apparatuur (figuur 20). Dit blijkt opnieuw een significante bron van blootstelling aan nanodeeltjes te zijn.



#### 4.5.2.2 Boren in uitgehard beton

Op de bedrijfslocatie van het bouwbedrijf zijn enkele indicatieve metingen verricht naar het vrijkomen van nanodeeltjes tijdens het boren in uitgehard NanoCrete beton en ‘normaal’ beton. Er is gemeten met twee NanoTracers, waarbij een meter bovenwinds en een meter benedenwinds van de werknemer opgesteld was op circa 50 cm afstand ter hoogte van de ademzone. Tabel 16 geeft een overzicht van de meetresultaten.

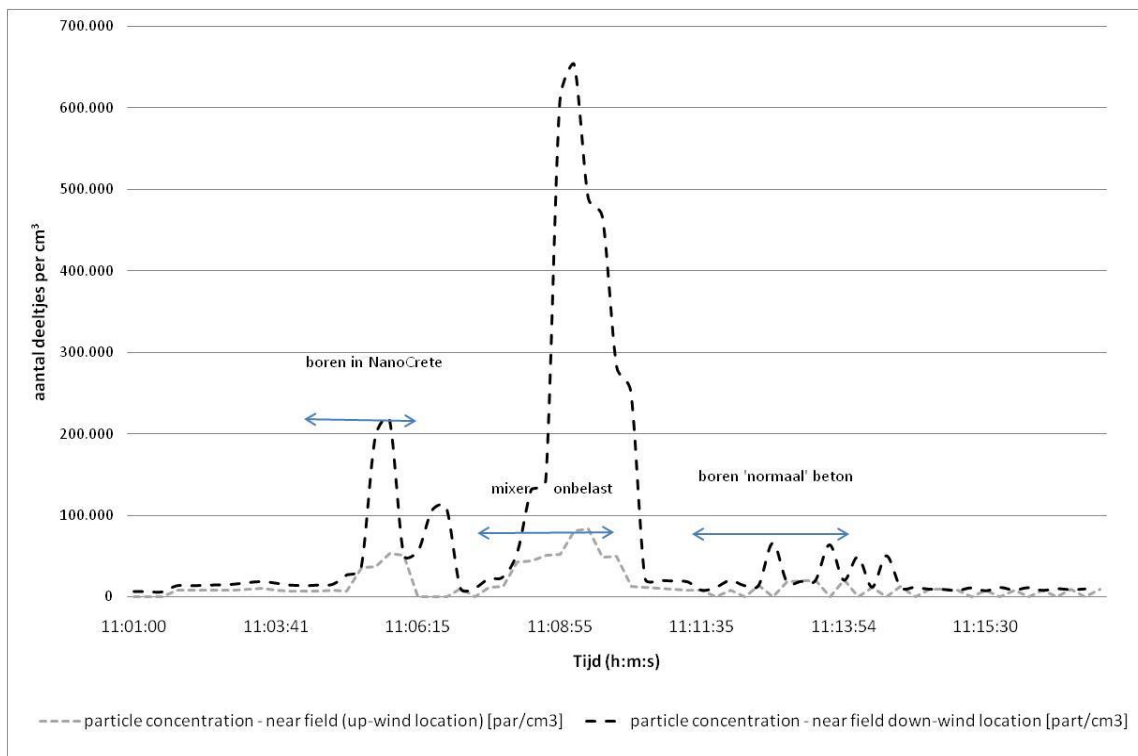
Een grafisch overzicht van de meetresultaten is weergegeven in Figuur 21. De waarden benedenwinds gemeten zijn weergegeven in zwart en de bovenwinds gemeten waarden zijn weergegeven in grijs.

Tabel 16: Meetresultaten boren in NanoCrete R4 – aantal deeltjes en gemiddelde deeltjesgrootte.

Code meting*	Meetduur (minuten)	Concentratie (deeltjes /cm <sup>3</sup> )			Deeltjesgrootte (nm)		
		Min.	Max.	Gemid.	Min.	Max.	Gemid.
A	3	6.623	9.793	7.827	45,0	52,1	47,9
B1	1	7.416	52.732	29.545	49,1	53,7	50,9
B2	1	7.043	164.424	70.981	40,6	44,1	42,7
C1	2	7.886	20.068	15.960	41,4	45,2	43,6
C2	2	10.075	66.079	22.889	35,3	39,8	37,5
D1	3,5	9.743	83.545	39.033	36,6	46,3	40,7
D2	3,5	10.656	572.410	195.616	40,6	47,0	43,9

\* Code meting:

- A: natuurlijke achtergrond;
- B1: boren in NanoCrete bovenwinds;
- B2: boren in NanoCrete benedenwinds;
- C1: boren in normaal beton bovenwinds;
- C2: boren in normaal beton benedenwinds;
- D1: boormachine onbelast laten draaien bovenwinds;
- D2: boormachine onbelast laten draaien benedenwinds.



Figuur 21: Near-field concentratie van nanodeeltjes tijdens boorwerkzaamheden in beton en NanoCrete.

De betreffende boorwerkzaamheden dienden om een indicatie te krijgen van eventuele verschillen in gegenereerde emissie van nanodeeltjes door boorwerkzaamheden in verschillende types beton. Zoals te verwachten lieten bovenwindse en benedenwindse metingen van de uitgevoerde werkzaamheden een verschil in nanodeeltjesconcentratie zien. Hoewel de metingen van korte duur waren, valt toch op dat bij het boren in NanoCrete een circa tweemaal zo hoge concentratie nanodeeltjes gemeten werd dan bij het boren in ‘normaal’ beton. Het verschil hiertussen is niet zonder meer verklaarbaar uit een hogere emissie van nanodeeltjes uit het NanoCrete beton. Een hogere emissie zou ook veroorzaakt kunnen worden door de dichtere structuur van het NanoCrete beton, waardoor de boorintensiteit in dit beton hoger is dan die in het “normale” beton. Zoals te zien is in Figuur 21, veroorzaakt de elektrische boor ook een forse emissie van nanodeeltjes, die de hogere emissie zou kunnen verklaren.

#### **4.6      Vergelijking gemeten blootstelling met Nano Referentie Waarden**

De NRV wordt uitgedrukt als een 8-uur tijdgewogengemiddelde blootstelling (8uur-TGG). Om een actuele blootstelling te kunnen vergelijken met de NRV moet deze derhalve omgerekend worden naar een gemiddelde 8-uurs blootstelling en moet er worden gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie aan nanodeeltjes. Deze berekening is weergegeven in

Tabel 17 voor de vier beschreven werksituaties. Hierbij is aangenomen dat er gedurende de verdere werkdag geen blootstelling meer heeft plaatsgevonden aan engineered nanodeeltjes.

Bij de beoordeling van de actuele blootstelling aan nanodeeltjes op de werkplek toetst men deze aan de betreffende NRV. Het quotiënt van de NRV en de blootstelling kan men de *Margin of Precaution* noemen:

$$\frac{NRV \left[ \frac{\text{deeltjes}}{\text{cm}^3} \right]}{\text{blootstelling nanodeeltjes} \left[ \frac{\text{deeltjes}}{\text{cm}^3} \right]} = \text{Margin of Precaution} = MOP$$

Is de MOP kleiner dan 1 dan wordt de NRV dus overschreden en moeten er dus maatregelen genomen worden.

Tabel 17: Voor de achtergrond gecorrigeerde 8uur-TGG blootstelling aan nanodeeltjes.

Werk situatie		Locatie van de meting	Blootstellings-tijd (minuten)	$N_p/cm^3$	TGG-8- uur $N_p/cm^3$	MoP
1	<b>Bedrijf 1, Verspuiten van zelfreinigende coating</b>	Persoonlijke blootstelling (AM)	75	12.187	258	77,4
		Maximum piekniveau	-	16.337	-	12,2
		<i>Achtergrond (AM)</i>	-	10.534	-	-
2	<b>Bedrijf 2, locatie 1 Mixer NanoCrete mortel</b>	Persoonlijke blootstelling (AM)	3	201.822	1014	19,7
		Maximum piekniveau	-	484.822	-	0,4
		<i>Achtergrond (AM)</i>	-	39.558	-	-
3	<b>Bedrijf 2, locatie 2 Mixer NanoCrete mortel</b>	Persoonlijke blootstelling (AM)	45	12.508	#	#
		Maximum piekniveau	-	71.519	-	2,8
		<i>Achtergrond (AM)</i>	-	15.529	-	-
4	<b>Bedrijf 2, locatie 3 Boren in uitgehard beton</b>	Bovenwinds NanoCrete beton, near field (AM)	1	29.545	46	437,6
		Maximum piekniveau	-	52.732	-	3,8
		Benedenwinds NanoCrete beton, near field(AM)	1	70.981	132	151,5
		Maximum piekniveau	-	164.424	-	1,2
		Bovenwinds normaal beton, near field(AM)	2	15.960	35	574,5
		Maximum piekniveau	-	20.068	-	10,0
		Benedenwinds normaal beton, near field(AM)	2	22.889	64	314,1
		Maximum piekniveau	-	66.079	-	3,0
<i>Achtergrond (AM)</i>	-	7.605	-	-		

# De gemeten gemiddelde blootstelling aan nanodeeltjes tijdens de betreffende activiteit ligt lager dan het gemeten gemiddelde achtergrondniveau. Dit komt waarschijnlijk als gevolg van de harde wind op werkplek.

Geconcludeerd kan worden dat de 8uur-TGG blootstelling aan nanodeeltjes bij de beschreven buitentoepassingen van nanoprodukten, alsmede het boren in nanobeton, ver beneden het niveau blijft van de NRV. Voor  $\text{TiO}_2$  zowel als  $\text{SiO}_2$  is dit een concentratie van 20.000 nanodeeltjes/ $\text{cm}^3$ .

Duidelijk is tevens dat deze 8uur-TGG blootstelling grotendeels wordt bepaald door een beperkt aantal kortdurende hoge piekblootstellingen. Indien men de vuistregel hanteert dat voor een momentane blootstelling 10x 8uur-TGG kan worden gebruikt als referentie, dan wordt duidelijk dat het feitelijke mixen van droge nanomortel onder ongunstige omstandigheden kan leiden tot overschrijding van de momentane NRV. Het gaat in dit geval om een kortdurende zeer hoge blootstelling in situaties waar sprake is van beperkte ventilatie. Hierbij verdient het sterke aanbeveling om gedurende die activiteit blootstelling te voorkomen. Het toepassen van ventilatie en ademhalingsbescherming is hierbij een optie.

## 5 TOEPASSING CONTROL BANDING NANOTOOL

### 5.1 Inleiding

Wanneer medewerkers op de werkplek worden blootgesteld aan risico's waarvan nog onvoldoende bekend is wat de deze risico's inhouden (ontbreken van toxicologische, arbeidshygiënische en epidemiologische gegevens) en wat de consequenties van de blootstelling voor de mens zijn, dan kunnen Control Banding (CB) methoden uitkomst bieden. CB methoden geven een vereenvoudigde methode om een inschatting te maken van de blootstelling op de werkplek en de daarbij behorende risico's voor de mens. Enkele veel gebruikte modellen zijn: EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure)<sup>17</sup>, Stoffenmanager<sup>18</sup>, COHHS-essentials<sup>19</sup>, ILO-chemical control toolkit<sup>20</sup> etc.

### 5.2 CB tools nanotechnologie

Een van de CB methoden die geïntroduceerd zijn voor het beoordelen van de risico's van beroepsmatige blootstelling aan nanodeeltjes is de Control Banding tool zoals beschreven door Zalk et al. (39, 40, 41). De tool is oorspronkelijk ontwikkeld voor het karakteriseren van de gezondheidseffecten van het werken met engineered nanodeeltjes op twee afdelingen van een onderzoeksinstelling.

De Control Banding Nanotool (CBN) rangschikt de mogelijke risico's van het werken met nanodeeltjes aan de hand van een score op de ernst van de blootstelling (ernstscore) 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. Op basis van de totaalscore op deze gebieden wordt het overall risico van de werkzaamheid vastgesteld en weergegeven volgens

*Figuur 22.* Aan de uitkomst van de inschatting van het risico zijn vier niveaus van beheersing gekoppeld. Deze zijn weergegeven in

*Figuur 22.* Wanneer de ventilatievoorzieningen of containment onvoldoende beschermingsniveau bieden, wordt geadviseerd om deskundige ondersteuning in te schakelen.

Een overzicht van de mogelijke scores op de onderwerpen ernst en waarschijnlijkheid is te zien in bijlage 3, waar ook de ingevulde scores per bedrijf, per variabele opgenomen zijn.

---

<sup>17</sup> <http://www.hse.gov.uk>

<sup>18</sup> <https://www.stoffenmanager.nl/>

<sup>19</sup> <http://www.coshh-essentials.org.uk/>

<sup>20</sup> <http://www.ilo.org>

### Waarschijnlijkheid (kans op blootstelling)

	Zeer onwaarschijnlijk (0-25)	Weinig waarschijnlijk (26-50)	Waarschijnlijk (51-75)	Mogelijk (76-100)
<b>Ernst</b>	Zeer hoog (76-100)	RL 3	RL 3	RL 4
	Hoog (51-75)	RL 2	RL 2	RL 4
	Gemiddeld (26-50)	RL 1	RL 1	RL 3
	Laag (0-25)	RL 1	RL 1	RL 2

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

Figuur 22: Overall risico nivo volgens de systematiek van de CBN.

### 5.3 Resultaten toepassing CBN op enkele activiteiten in de meetbedrijven

In deze paragraaf worden de resultaten beschreven van test-classificaties met behulp van de Control Banding Nanotool. In het onderhavige rapport is gebruik gemaakt van de CBN zoals beschreven is in Zalk et al. 2009 (39). De ervaringen met de bruikbaarheid van de methode, en knelpunten die hierbij ontstonden, worden beschreven. Tevens wordt aangegeven op welke wijze met deze knelpunten kan worden omgegaan. Hierna worden de classificaties van de beoordeelde werkplekken weergegeven, vervolgens worden deze per paragraaf afzonderlijk besproken.

Werkzaamheid		Classificatie volgens de CBN
Coatings	Productie	RL1
	Aanbrengen (verspuiten)	RL2
	Schuren	RL2
Beton	Verwerken droge mortel (werkplek 1)	RL2
	Verwerken droge mortel (werkplek 2)	RL3
	Verwerken 'normaal' beton	RL1
	Boren in NanoCrete	RL3



### 5.3.1 Coatings

#### 5.3.1.1 Productie

De CBN is ingevuld voor de activiteit “*toevoegen ‘nano-additief’ tijdens productie van een parketlak*”. De samenstelling (SiO<sub>2</sub>), de grootte, de oplosbaarheid en de vorm van de deeltjes is bekend uit de technische documentatie voor het nano-additief (vooralsnog was geen VIB van de lak zelf beschikbaar). Wat betreft de oppervlaktereactiviteit en de carcinogeniteit, mutageniteit, reproductietoxiciteit en huidtoxiciteit van het nanomateriaal moest ‘onbekend’ worden ingevuld. Voor het moedermateriaal werd op deze aspecten ‘nee’ geselecteerd, aangezien het amorf SiO<sub>2</sub> betreft.

Aangezien het VIB niet het gehalte vermeldt waarin de nanomaterialen in het product aanwezig zijn, is een inschatting van de verwerkte hoeveelheid nanomateriaal gemaakt. Op basis van de hoeveelheid additief die bij de laboratoriumsimulatie werd toegevoegd, is ingeschat dat voor een batch lak in de productie (circa 1000 liter) meer dan 100 milligram additief gebruikt zal worden (bovengrens voor deze variabele in de CBN). Verder is het aspect stoffigheid als medium ingeschat en zullen er minder dan 5 medewerkers gelijktijdig blootgesteld worden, aangezien vaak 1 operator per batch bezig is. De betreffende lak wordt circa 1-2 maal per maand geproduceerd, waarbij het toevoegen van het additief ingeschat is als een kortdurende taak (< 30 minuten).

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	47,5
	Waarschijnlijkheid:	45
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL 1: Algemene ventilatie toepassen</b>	

#### 5.3.1.2 Aanbrengen

Voor de activiteit “*aanbrengen van een coating*” is door twee personen afzonderlijk van elkaar de CBN ingevuld. De enige voorkennis betrof de informatie uit het VIB van de gebruikte coating en de observaties die tijdens het bedrijfsbezoek gedaan zijn. Afzonderlijk van elkaar werden de volgende scores behaald: Ernst: 57,5 – Waarschijnlijkheid: 35 en Ernst: 32,5 – Waarschijnlijkheid: 36,25. De uitkomsten van deze score leiden enerzijds tot een indeling in categorie RL1 (progressieve schatting) en anderzijds tot een indeling in categorie RL2 (conservatieve schatting).

Na afloop zijn beide resultaten met elkaar vergeleken en zijn de verschillen besproken. De verschillen hadden onder meer betrekking op de vraag ‘hoe om te gaan met onbekende gegevens’? Kiest men dan voor een conservatieve manier van invullen of een meer progressieve manier. Op de navolgende onderdelen van de CBN werd een verschillende score gekozen.

### 1. **Onvoldoende gegevens bekend**

Wanneer er geen gegevens over de schadelijkheid van het toegepaste nanomateriaal bekend zijn (product of enkelvoudige stof), kan voor de “ernstscore” ‘onbekend’ of ‘nee’ ingevuld worden. Wanneer Onbekend ingevuld wordt, dan volgt men een meer conservatieve route en wanneer ‘nee’ gescoord wordt, dan wordt een meer progressieve score gevolgd. De CBN is bedoeld om te gebruiken wanneer er onvoldoende gegevens bekend zijn over de nanomaterialen. Hierbij moet dan ook een conservatieve lijn gevolgd worden. Wanneer wetenschappelijk onderzoek niet heeft aangetoond dat een materiaal (on)veilig is, zal onbekend ingevuld moeten worden.

### 2. **Kankerverwekkendheid**

Een van de te scoren items is de kankerverwekkendheid van het moedermateriaal niet in nanovorm. Het gebruikte nanomateriaal is in dit geval titaandioxide (private grenswaarde), met een per 1/1/2007 vervallen grenswaarde 8uur-TGG van 10 mg/m<sup>3</sup>. Titaandioxide is in Nederland niet opgenomen op de lijst van kankerverwekkende stoffen en processen van het ministerie van SZW, maar is door het International Agency for Research on Cancer (IARC) ingedeeld als categorie 2B op de lijst van kankerverwekkende stoffen<sup>21</sup>. Welke lijst is leidend bij het invullen van de CBN? De Nationale, de EU, IARC of de meest conservatieve/progressieve?

In principe kan de beoordeling gestart worden met de meest conservatieve beoordeling die door een erkende instantie gedaan is en in de tweede plaats kan gekeken worden naar de kwaliteit en de leeftijd van het betreffende advies dat ten grondslag ligt aan de indeling. Voor deze casus zou de indeling van het IARC (een betrouwbare en up-to-date bron) in dit geval goed (en onderbouwd) gebruikt worden. Het verschil in bijdrage aan de uiteindelijk ‘ernstscore’ door deze variabele is 5 punten.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	57,5
	Waarschijnlijkheid:	36,25
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL2: Gebruik afzuigkappen of puntafzuiging</b>	

<sup>21</sup> [www.iarc.fr](http://www.iarc.fr) : Titanium dioxide [13463-67-7] (Vol. 47, Vol. 93; in preparation)

### 5.3.1.3 Schuren

De CBN is ingevuld voor de activiteit “*schuren van een parketlak die nanodeeltjes bevat*”. De samenstelling (SiO<sub>2</sub>), de grootte, de oplosbaarheid en de vorm van de deeltjes is bekend uit de technische documentatie die beschikbaar is voor het nano-additief (vooralsnog was geen VIB van de lak zelf beschikbaar). Wat betreft de oppervlaktereactiviteit en de carcinogeniteit, mutageniteit, reproductietoxiciteit en huidtoxiciteit van het nanomateriaal moest ‘onbekend’ worden ingevuld. Voor het moedermateriaal werd op deze aspecten ‘nee’ gekozen, aangezien het amorf SiO<sub>2</sub> betreft.

Wat betreft de blootstellingskans, moest voor het aspect ‘gebruikte hoeveelheid’ ook ‘onbekend’ gekozen worden, aangezien het gehalte nanomateriaal in het eindproduct niet bekend is. Het gehalte nanomateriaal in het product maakt overigens ook geen onderdeel uit van de CBN. De CBN bevat geen aspecten met betrekking tot producten en gebruikte applicaties. Tevens is vooraf onbekend hoeveel stof er ontstaat tijdens het schuren. Voor het aspect ‘stoffigheid’ (‘dustiness/ mistiness’) is ‘hoog’ gekozen, aangezien tijdens het schuren veel fijn stof kan ontstaan.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	37,5
	Waarschijnlijkheid:	73,75
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL2: Gebruik afzuigkappen of puntafzuiging</b>	

#### Discussiepunt

Het is in de CBN niet mogelijk om aan te geven dat het betreffende nanomateriaal is ingebed in een vaste matrix, zoals hier het geval is. Het resultaat geeft dan ook nadrukkelijk een ‘*potentiële*’ blootstelling aan, die daadwerkelijk optreedt *als* de nanodeeltjes tijdens het schuren vrijkomen uit de matrix.

## 5.3.2 Beton

### 5.3.2.1 Verwerken droge mortel

De CBN is ingevuld voor de activiteit “*verwerken van nanomateriaal bevatten droge betonmortel*” ten behoeve van handmatige verwerking. De enige voorkennis betrof de informatie uit het VIB van het gebruikte NanoCrete product en de observaties die tijdens het bedrijfsbezoek gedaan zijn. De meetgegevens werden niet gebruikt voor het invullen van de CBN, noch gegevens uit overige bronnen, zoals interviews. Uit die gegevens is bekend, dat het (niet-aangemaakte) product nanosilicafume (SiO<sub>2</sub>) bevat.

Aangezien het VIB weinig informatie bevat zijn verschillende scores gerapporteerd voor ernst. Het VIB is onduidelijk over het type nanodeeltje dat in het product verwerkt is. Het VIB geeft aan dat het product een gemodificeerd zandcement mengsel is, gemodificeerd met polyacrylonitril vezels. Verder is geen informatie weergegeven over de toegevoegde hulpstoffen (al dan niet in nanovorm). BASF stelt op haar website dat NanoCrete het eerste (beton-)product is waarin nanotechnologie toegepast is. Op de website van de producent (BASF)<sup>22</sup> is meer informatie te vinden over de diverse hulpstoffen die BASF produceert voor de beton en constructie industrie, maar het is daar niet mogelijk om de in NanoCrete gebruikte hulpstoffen te vinden.

De CBN is ingevuld met de gedachte dat de tool een uitspraak moet geven over de risico's van de werkzaamheden met het product en niet alleen over de aanwezige stoffen in nanovorm in het product. Aangezien NanoCrete sporen chroom VI kan bevatten en samengesteld is uit o.a. zand (kristallijn siliciumdioxide) is bij het scoren van de ernst bij "kankerverwekkendheid van het moedermateriaal" ja ingevuld. Aangezien op het VIB niet vermeld staat in welke hoeveelheid er stoffen in nanovorm aan toegevoegd zijn, is daar een inschatting van de verwerkte hoeveelheid nanomateriaal gemaakt. Het verschil in "waarschijnlijkheid score" tussen de inschatting en de score "onbekend" bedraagt 6,25 punt.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	57,5 – 62,5
	Waarschijnlijkheid:	41,25
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL2: Gebruik afzuigkappen of puntafzuiging</b>	

Ondanks de range die gebruikt is bij het inschatten van het risico bij de betreffende werkzaamheden is er geen verschil in de eindscore volgens de CBN systematiek.

---

<sup>22</sup> [www.basf-cc.nl](http://www.basf-cc.nl)

### Discussiepunt

Op basis van de meetgegevens met de NanoTracer en de observaties op de werkplek kan het navolgende discussiepunt met betrekking tot het gebruik van de CBN aangeroerd worden. De op de werkplek aanwezige dieselgeneratoren genereren meer nanodeeltjes per cm<sup>3</sup> (max. circa 2.500.000) dan tijdens het aanmaken van de specie met droge grondstof gegenereerd worden (circa. 500.000 – 600.000). Onduidelijk is of bij het invullen van de CBN alleen naar het werken met het nanodeeltje/nanoproduct gekeken moet worden, of dat ook andere werkzaamheden waarbij (kankerverwekkende) nanodeeltjes gevormd worden (verbrandingsproducten) in de beoordeling meegenomen moeten worden?

Tijdens de tweede meetsessie bij bedrijf 2 werden dezelfde grondstoffen gebruikt voor het aanmaken en verwerken van specie als op de eerste meetdag. Aangezien de bovengrens van CBN voor de hoeveelheid gebruikt materiaal vrij laag is (100 mg) komt men ondanks de grotere gebruikte hoeveelheid nanoprodukt tot een vergelijkbare ernstscore. Alleen de verwerking van het (natte) eindproduct was anders. De waarschijnlijkheidscore ligt hoger dan tijdens de werkzaamheden bij de eerste werkzaamheid aangezien de duur van de werkzaamheden langer is en de stoffigheid als hoger ingeschat is aangezien er meer batches specie aangemaakt zijn.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	62,5
	Waarschijnlijkheid:	65
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL3: gebruik de stof in een containment</b>	

### CBN voor normale specie/mortel

Hoewel de CBN niet bedoeld is voor het inschatten van risico's rondom het werken met bulkmaterialen is het toch interessant om te zien welke waarden gevonden worden voor het (droog) verwerken van normale betonspecie (bijv. Portland cement). Tijdens het invullen is aangenomen dat normale betonmortel geen nanomaterialen bevat.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	32,5
	Waarschijnlijkheid:	50
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL1: algemene ventilatie toepassen</b>	

### 5.3.2.2 Boren in uitgehard beton

De CBN is ingevuld voor de activiteit “*boren in uitgehard NanoCrete beton*”. Ook hier is voor de ernstscore dezelfde score aangehouden als voor eerder gescoorde werkzaamheden met NanoCrete. De waarschijnlijkheidscore was moeilijker te bepalen aangezien de frequentie en duur van de werkzaamheden zeer divers kunnen zijn (afhankelijk van de opdracht).

Aangezien de CBN niet ingericht is om het werken met nanoprodukten of voor nanomaterialen ingebed in een matrix te beoordelen is, is het lastig om een score te geven voor het geschatte verbruikte materiaal tijdens de werkzaamheid. Verder is onbekend hoeveel nanohoudend stof er vrijkomt bij het boren in NanoCrete. Daarom is voor het geschatte verbruik onbekend ingevuld. Voor stoffigheid van de werkzaamheden is de klasse ‘hoog’ gescoord.

De resulterende totaalscores waren:	Ernst:	62,5
	Waarschijnlijkheid:	59,75
De geadviseerde beheersstrategie op basis van de CBN is:	<b>RL3: gebruik de stof in een containment</b>	

Het is niet uit te sluiten dat in de praktijk de waarschijnlijkheidscore hoger uitvalt. Dit is afhankelijk van de tijd die geboord wordt. Wanneer er 1 - 4 uur geboord wordt en deze handeling wekelijks plaatsvindt, mag je verwachten dat er meer dan 100 mg nanomateriaal ‘vrijkomt’ met het boorgruis. De waarschijnlijkheidscore valt dan in de klasse (76 -100) waardoor de geadviseerde beheersstrategie uitkomt op **RL4: vraag advies aan een deskundige**.

## 6 DISCUSSIE

### *Verwachtingen*

In de wetenschappelijke literatuur en in discussies met de industrie worden hoge verwachtingen gewekt aangaande de potentie van nanomaterialen voor de innovatie van producten die gebruikt worden in de bouwnijverheid. Slimme reactieve coatings worden beschreven, sterker en duurzamer beton en cement wordt aangeprezen, betere isolatie materialen etc. Vooralsnog vertalen de hoge verwachtingen zich echter nog niet in een groot gebruik van wat men nanoprodukten kan noemen. Uit het onderhavige onderzoek blijkt dat de hogere prijs van nanoprodukten hier een belangrijke rol in speelt. De grote volumes die in de bouw worden gebruikt en de daardoor significant hogere kosten werken op dit punt bepaald niet stimulerend. Maar ook belangrijk is de garantie voor de lange termijn, met name omdat het veelal nog onduidelijk is hoe de materialen zich gedragen op de lange termijn. Van bestaande bouwmaterialen is dat veelal wel goed bekend, zodat een duurder innovatief nanomateriaal heel wat drempels moet overwinnen om geaccepteerd te worden als alternatief. Wat tegelijkertijd een belangrijke rol speelt in het nog bescheiden gebruik, is de beperkte bekendheid bij spelers in de bouwnijverheid aangaande de beschikbaarheid van nieuwe nanoprodukten. Dit speelt zowel bij de opdrachtgevers en ontwerpers (architecten) als bij de uitvoerders (aannemers). Uit de uitgevoerde enquête blijken 70% van de werkgevers en zelfs 80% van de werknemers in de bouwnijverheid niet op de hoogte te zijn van de beschikbaarheid van nanoprodukten. Voor zover er in de bouwnijverheid gebruik gemaakt wordt van nanoprodukten, gebeurt dit veelal selectief op expliciet verzoek van de opdrachtgever.

### *Belemmeringen*

Belemmerend voor een stormachtige introductie van nanoprodukten in de bouwnijverheid is tevens de nog bestaande onzekerheid aangaande risico's van blootstelling aan nanodeeltjes. Veel van de discussies over het gebruik van nanoprodukten richt zich op dit onderwerp: beleidsmakers en risico-experts benadrukken dat als er nog onvoldoende bekend is over de giftigheid van nanodeeltjes en als men nog maar weinig weet over de mogelijke blootstelling die men beroepsmatig op kan lopen, dat het past om het gebruik met voorzorg te benaderen. In de praktijk neemt men waar dat dit ertoe leidt dat het gebruik van nanoprodukten wordt uitgesteld totdat de discussie over risico's enigszins is uitgekristalliseerd en men weet hoe men de producten veilig kan verwerken. Ook sommige producenten van bouwmaterialen (bijv. verfindustrie) zijn terughoudend en stellen de productie van specifieke nanoprodukten uit.

### *Communicatie*

De communicatie over de nanodeeltjes speelt een essentiële rol. Het gaat hierbij om een heldere communicatie over de potentiële risico's van de nanoprodukten en over het gehalte (en type) nanodeeltjes in de producten zodat de gebruiker een betrouwbare risicobeoordeling kan maken. Van belang is vooral ook of nanodeeltjes bij normaal gebruik vrij kunnen komen uit het product. Veelal wordt hierover in het veiligheidsinformatieblad geen of maar zeer beperkt informatie verschaft door de fabrikant of leverancier en heeft een expliciet verzoek van de gebruiker om meer duidelijkheid hierover maar weinig succes. Ook de verschaft technische informatie van producten geeft wat dit betreft vaak weinig inzicht. Verschillende initiatieven om producenten op vrijwillige basis meer inzicht te laten verschaffen in het "nanogehalte" van producten lopen stuk op een beroep van de fabrikant op het vertrouwelijke karakter hiervan. Tegelijkertijd blijkt de stap naar regelgeving op dit punt groot te zijn en het lijkt er op dat dit dilemma over de transparantie van gegevens nog wel even zal duren. Op de korte termijn zal de nadruk op het toepassen van het voorzorgsprincipe nog wel even blijven bestaan als men met nanoprodukten werkt die daarbij mogelijkerwijs kunnen vrijkomen.

### *Blootstelling*

In dat verband is in de onderhavige studie een indicatie verkregen wat de blootstelling aan nanodeeltjes bij toepassing van een paar specifieke nanobouwproducten kan zijn en hoe men deze blootstelling kan beoordelen met recentelijk beschikbaar gekomen blootstellingsbeoordelingsinstrumenten: een Control Banding Nanotool en de nanoreferentiewaarde. Met de Control Banding Nanotool maakt men (ook met beperkte informatie) een inschatting van de blootstelling op de werkplek en de daarbij behorende risico's en deelt deze in, in verschillende risiconiveaus. Hieraan gekoppeld zijn bepaalde beheersmaatregelen. De nanoreferentiewaarde geeft een handvat om te beoordelen of het nemen van maatregelen wenselijk is, afhankelijk van de blootstelling die men op de werkplek heeft vastgesteld.

### *Bronnen*

Het uitgevoerde onderzoek naar de blootstelling van werknemers bij het verwerken of bewerken van nanomaterialen in de bouwnijverheid laat zien dat er enerzijds sprake kan zijn van blootstelling aan engineered nanodeeltjes (die welbewust aan het product worden toegevoegd, zoals bijv. amorf silica aan het cement), maar dat er anderzijds sprake is van blootstelling aan nanodeeltjes die op de werkplek worden gevormd bij het gebruik van elektrische apparatuur of dieselmotoren. Bij het verwerken van nanosilica in betonmortel werd een elektrische mixer gebruikt. Bij het boren in 'traditioneel' en in nanobeton gebruikt men een pneumatische boor. Bij het modelexperiment voor het schuren van een nanocoating gebruikt men een elektrisch testschuurapparaat (Taber Abraser). In alle gevallen blijkt de elektrische apparatuur een forse bijdrage te leveren aan de emissie van nanodeeltjes (waarschijnlijk koper- of koperoxidenanodeeltjes) en is het moeilijk (of niet mogelijk) om met de gebruikte meetapparatuur engineered nanodeeltjes te onderscheiden van de deeltjes die de elektrische machines genereren. Soms gaat het om zeer hoge concentraties die door de machines worden gegenereerd. De dieselgeneratoren die bij de buitenwerkzaamheden worden gebruikt, leveren een enorme emissie aan nanodeeltjes op, die op meerdere momenten waarneembaar was.



Een tweede “onverwachte” bron van blootstelling aan nanodeeltjes kunnen andere niet-nanocomponenten in de verf zijn. In het onderhavige onderzoek bij het verfmengen wordt een emissie van nanosilica waargenomen bij het opwervelen van een component die te boek staat als niet-nano, terwijl bij deze test de emissie bij de nanocomponent een stuk lager is. Hetzelfde fenomeen wordt waargenomen in andere onderzoeken, waarbij er calciumcarbonaat- en talkcomponenten zijn waarbij nanodeeltjes vrijkomen<sup>23</sup>. De conclusie uit dit soort waarnemingen is dat ook in bestaande verfcomponenten een deel van het product in nanovorm aanwezig kan zijn. Of de schilder hier ook mee belast wordt bij het verwerken van de verf, of later, bij het schuren van uitgeharde oppervlakken is de vraag. De nanodeeltjes op zich zijn niet vluchtig en verdampen dus niet uit de ongeharde of uithardende verf. Maar ook bij schuren of boren van een uitgeharde verflaag is het de vraag of de in de verf aanwezige nanodeeltjes zelf vrijkomen, of dat zij gehecht aan grovere stukjes bindmiddel uit de verflaag worden vrijgemaakt. Het onderhavige onderzoek kon hier, door de beperkingen van de meetapparatuur, geen uitsluitsel over geven, maar in de literatuur wordt vermeld dat bij de schuuractiviteit vooral grovere uit de verf afkomstige deeltjes worden gevormd, in de orde van grootte van enige  $\mu\text{m}$ .

Aan een derde bron, het roken van sigaretten, is verder geen speciale aandacht besteed in de studie. Wel is duidelijk dat dit wellicht de belangrijkste bron van blootstelling aan nanodeeltjes is. De schaftruimte waarin gerookt werd op een van de werkplekken toont een sterke verhoging in de concentratie nanodeeltjes, maar ook collega's, die tijdens het uitvoeren van een blootstellingsmeting al rokende langsliepen, waren als zodanig waarneembaar met de meetapparatuur.

Voorts heeft men in alle gevallen, bij werkzaamheden binnen en buiten, te maken met een achtergrondconcentratie aan nanodeeltjes. De concentratie varieert afhankelijk van klimatologische omstandigheden en de lokale luchtverontreiniging, maar ligt in Nederland doorgaans tussen 10.000 en 20.000 deeltjes/ $\text{cm}^3$ . Vaak worden deze deeltjes, die qua grootte identiek zijn aan de engineered nanodeeltjes ultrafijne deeltjes genoemd.

---

<sup>23</sup> O.a. in de studie “Pilot Nanoreferentiewaarde”, waarover in 2011 gerapporteerd zal worden.

### *Piekblootstelling*

De in de studie gemeten blootstelling aan nanodeeltjes in de praktijksituaties blijkt laag te zijn, zeker ook omdat men de blootstelling beoordeelt gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie. Het betreft amorf SiO<sub>2</sub> bij het werken met betonmortel en TiO<sub>2</sub> bij het aanbrengen van de coating op glas. Als men het afzet tegen de nanoreferentiewaarde die voor deze nanomaterialen is voorgesteld dan blijkt dat men ver beneden de 8-uur tijdgewogengemiddelde blootstelling blijft. De sterke ventilatie in de buitenlucht zorgt voor een snelle verdunning van de relatief kortdurende emissie die bij de activiteiten optreedt. Nu is er voor de nanoreferentiewaarde geen kortdurend (15min-TGG) of piekblootstellingsniveau vastgesteld, maar zou men het voor het piekniveau 10 x de NRV<sub>8uur-TGG</sub> hanteren, dan kan er bij het mixen van droge nanomortel onder ongunstige omstandigheden wel een overschrijding op van de momentane NRV optreden. Dit suggereert dat het niet onverstandig is om op die momenten blootstellingsbeperkende maatregelen te nemen, ook als nadere analyse van de blootstelling aan zou geven dat een deel van de deeltjes afkomstig zou zijn van de gebruikte elektrische apparatuur. Dan zou het immers waarschijnlijk zijn dat dit koperanodeeltjes betreffen, waarvan bekend is dat die giftig zijn.

### *Risicobeoordeling*

De Control Banding Nanotool (CBN) is in beginsel geschikt voor het beoogde gebruik, maar heeft wel wat aanpassingen om hem voor de werksituaties in de bouwnijverheid geschikt te maken. De oorspronkelijke CBN was ontworpen voor de toepassing in laboratoria, waar men met veel kleinere hoeveelheden materiaal werkt dan in de bouw, en waar vanzelfsprekend sprake is van totaal andere applicatiemethoden (bijv. verfspuiten, boren etc.). De CBN focust op het gebruik van “pure” nanomaterialen, terwijl de in de bouw gebruikte producten veelal maar voor een beperkt deel nanomaterialen bevatten, die bovendien vaak opgesloten zitten in het product en hier niet gemakkelijk uit vrijkomen. Voorts wordt geen rekening gehouden met de hier beschreven secundaire bronnen van blootstelling en zijn de aanbevolen beheersmaatregelen voor de bouwnijverheid niet altijd realiseerbaar. Dit geldt bijvoorbeeld voor het risiconiveau RL3 “*gebruik de stof in een containment*” (gebruik een omkapping of werk in een afgesloten ruimte). Dit advies wordt ondermeer gegeven bij het mixen van droge mortel. Ook voor het boren in uitgehard beton komt men tot dit advies. Desondanks is de indruk dat de CBN (met aanpassingen) bruikbaar is voor de bouwnijverheid om de potentiële risico's aan te geven.

### *Eindbeschouwing*

De conclusie van het onderzoek is dat het gebruik van nanoprodukten in de Nederlandse bouwnijverheid anno 2009 nog zeer beperkt is. Het gebruik betreft voornamelijk “specialty” producten met als nanocomponent titaniumdioxide, amorf silica, aluminiumoxide, zinkoxide, zilver, nanoklei of fluorkoolstofverbindingen. Sommige van oudsher gebruikte pigmenten hebben ook nanoafmetingen. Koolstofnanobuisjes, die vanwege hun zeer bijzondere eigenschappen grote toepassingsmogelijkheden hebben, maar vanwege hun asbestachtige eigenschappen als zeer risicovol worden beschouwd, zijn in de Nederlandse bouwnijverheidproducten *niet* aangetroffen. De “specialty” producten waar het om gaat zijn vooral glascoatings, muurverven, asfaltcoatings, parketlakken, hoogsterktebeton en betonreparatiemiddelen. Ze worden doorgaans toegepast met traditionele apparatuur. De blootstelling aan nanodeeltjes is laag, zeker als die wordt beoordeeld als 8-uur

tijdgewogengemiddelde blootstelling. Die lage blootstelling is vooral terug te voeren op de korte tijd van de dag dat er met de nanoprodukten *in poedervorm* wordt gewerkt. Zodra de nanomaterialen zijn opgenomen in een vloeistof (verf) of een pasta of slurry (bijv. mortel) vindt er nauwelijks nog verspreiding van de nanodeeltjes plaats in de werkatmosfeer. Wel is het zo dat er bij die kortdurende activiteiten met de poeders sprake kan zijn van een kortdurende hoge blootstelling aan nanodeeltjes. Het verdient sterke aanbeveling om op die momenten blootstellingsbeperkende maatregelen te nemen.

Extra aandacht verdient de communicatie in de sector over nanotechnologie, nanoprodukten en nanodeeltjes. Het bewustzijn is dermate laag dat er, voor zover er al kennis op de werkplek aanwezig is, het gebruik van nanomaterialen vooral geassocieerd wordt met hoge risico's. Dit lijkt niet altijd terecht en behoeft een sterke nuancering die ten goede zal komen aan het veiligheidsbeleid op de werkplek.

### *Toekomst*

Het toekomstige gebruik van nanomaterialen in de bouwnijverheid zal, volgens de verwachting van de producenten van grondstoffen en van bouwmaterialen wel een vlucht nemen, ondanks het feit dat de introductie minder snel gaat dan in meerdere toekomstscenario's werd voorspeld. Bij die langzame introductie spelen meerdere factoren een rol. De technische ontwikkeling van volwaardige nanoprodukten blijkt toch meer voeten in de aarde te hebben dan verwacht, maar ook de concurrentie van deze innovatieve nanoprodukten met goed-functionerende en vaak goedkopere bestaande producten speelt een rol. Daarnaast, maar dat lijkt toch een minder grote rol te spelen bij de markt-acceptatie, is ook de onzekerheid aangaande de potentiële gezondheidsrisico's van nanodeeltjes een punt dat bijdraagt aan terughoudendheid.

Opgemerkt moet nog wel worden dat de nadruk in de onderhavige studie volledig lag op het gebruik van nanoprodukten waaruit bij gebruik nanodeeltjes vrij kunnen komen. Dit stuurde de aandacht sterk in de richting van de bekende bouwproducten als verf en coatings, cement en beton, isolatiemateriaal, lijmen etc. Andere gebieden die ook toepassingen kennen in de bouwnijverheid bleven daardoor buiten beschouwing. Men kan dan bijvoorbeeld denken aan zonnecellen, sensoren en andere elektronische innovativiteiten. Nanotechnologie draagt in belangrijke mate bij aan deze ontwikkelingen, maar uit de producten komen bij normaal gebruik geen nanodeeltjes vrij.

## 7 CONCLUSIES

### *Voorkomen van nanoprodukten in de bouw*

- Anno 2009 worden nanoprodukten in de bouwnijverheid in Nederland nog maar op beperkte schaal toegepast.
- Voor zover nanoprodukten worden gebruikt, waarbij bij gebruik potentieel nanodeeltjes vrij zouden kunnen komen, betreft het voornamelijk toepassingen zoals glascoatings ( $\text{TiO}_2$ ), muurverven en asfaltcoatings ( $\text{TiO}_2$ ), parketlakken (amorf  $\text{SiO}_2$ ), en hogesterktebeton, c.q. betonreparatiemiddelen (amorf  $\text{SiO}_2$ ).
- Werkgevers, werknemers en adviseurs in de bouw zijn veelal nog nauwelijks op de hoogte van de beschikbaarheid en bijzondere eigenschappen van de beschikbare nanoprodukten, ook als het om potentiële toepassingen in hun eigen bedrijf(stak) gaat.
- De aan de eindgebruikers verstrekte productveiligheidsinformatiebladen maken veelal geen melding van het feit dat er nanodeeltjes in het product zijn gebruikt, hetgeen het maken van een RI&E waarin tevens de nanorisico's zijn meegenomen bemoeilijkt.

### *Blootstelling*

- De nanodeeltjesconcentratie en de nanodeeltjesgrootte zijn met een NanoTracer bepaald. Dit blijkt een handzaam en gebruiksvriendelijk meetinstrument te zijn voor persoonlijke monsternamen.
- De analyse van de meetresultaten van blootstelling aan nanodeeltjes, zoals in de onderhavige studie het mixen van de nanomortel, is complex omdat er sprake kan zijn van een kortdurende grote variatie in de emissie van nanodeeltjes. Bij de beoordeling van de blootstelling aan engineered nanodeeltjes dient men rekening te houden met de altijd aanwezige achtergrondconcentratie aan nanodeeltjes en met de emissie van nanodeeltjes uit andere op de werkplek aanwezige bronnen zoals elektrische apparatuur, verhitte en dieseluitlet.
- Of de gemeten blootstelling volledig bepaald wordt door de engineered nanodeeltjes of dat deze mede wordt veroorzaakt door de apparatuur gegenereerde nanodeeltjes is met de gebruikte meetapparatuur niet vast te stellen. De metingen laten zien dat de gebruikte elektrische apparatuur (boormachine, mixer, compressor, schuurmachine etc.) een belangrijke bron is van nanodeeltjes. Vermoed wordt dat zij in de onderzochte werksituaties de blootstelling aan engineered nanodeeltjes kan beïnvloeden en overtreffen. Concentraties op de werkplek veroorzaakt door het onbelast draaien van elektrische apparatuur in de buitenlucht laten zien dat de emissie kan oplopen tot  $> 600.000$  nanodeeltjes/ $\text{cm}^3$ . Een dieselgenerator op de bouwplaats genereerde zelfs tot 2.5 miljoen nanodeeltjes/ $\text{cm}^3$ .

### *Blootstellingsbeoordeling*

- De in de praktijksituaties gemeten persoonlijke blootstelling aan nanodeeltjes, gecorrigeerd voor de achtergrondconcentratie, vertoont een sterk fluctuerend patroon, bestaande uit kortdurende hoge pieken die bij de buiten werksituatie snel weer verdund worden tot het achtergrondniveau. Zowel bij het aanbrengen van de coating op glas met nanoTiO<sub>2</sub>, als bij het bereiden van betonmortel met nanosilica, blijft men ver beneden de nanoreferentiewaarde van 40.000 deeltjes/cm<sup>3</sup>. Ook geldt dit voor het 15min-tijdgewogengemiddelde, waarbij voor nanosilica een NRV kan worden aangehouden van 80.000 deeltjes/cm<sup>3</sup>. Ten aanzien van de bereiding van betonmortel kan men zeggen dat hier in een enkel geval sprake is van een hoge piekblootstelling waarbij een overschrijding van de  $NRV_{\text{piek}} (=10 \times NRV_{8\text{uur-TGG}})$  plaatsvindt. Deze overschrijding is overigens sterk afhankelijk van de weerssituatie. Bij een sterkere wind blijft de piekblootstelling beneden de  $NRV_{\text{piek}}$ .
- Redenen waarom de concentratie nanodeeltjes tijdens de bemeten situaties relatief laag is, kan mede door de volgende oorzaken verklaard worden:
  - o Nanodeeltjes agglomereren snel in de lucht, waardoor in de lucht op de werkplek veel agglomeraten van nanodeeltjes aanwezig zijn en in mindere mate ‘vrije’ nanodeeltjes. De gebruikte meetapparatuur meet echter ook agglomeraten die kleiner zijn dan 300 nm.
  - o De uitgevoerde werkhandelingen waren van korte duur. Wanneer de gemeten concentratie gecorrigeerd wordt voor de niet bemeten tijd, zal de 8uur-TGG blootstelling relatief laag zijn.
  - o De bemeten situaties vonden voor het merendeel plaats in de buitenlucht, waardoor de wind een grote invloed heeft op de meetresultaten. Blootstelling is mede afhankelijk van de windrichting (van bron naar werknemer) en van de windsnelheid (luchtverversing). Hierdoor zullen de gemeten concentraties lager zijn, dan wanneer er op een windstille plaats gemeten zou zijn.
- Bij slijtage van nanocoatings onder invloed van schurende activiteiten, zoals het lopen met zandige schoenen op een parket met een nanocoating of de reiniging hiervan, komen minimale hoeveelheden nanodeeltjes vrij. Niet vastgesteld kon worden of het hierbij gaat om vrije engeïneerd nanodeeltjes of dat het een conglomeraat betreft met gebonden nanodeeltjes die zijn ingebed in een matrix van (afgesleten) bindmiddeldeeltjes.
- De metingen bij de verfproductie maken het aannemelijk dat er ook in “traditionele” verfcomponenten nanodeeltjes voorkomen. Hier werd een emissie van nanodeeltjes aangetoond bij componenten die niet als “nanoproduct” te boek staan, en ook in technische productinformatie wordt hiervan geen melding gemaakt. Speciale aandacht voor dit punt, dat in het onderhavige onderzoek niet verder bestudeerd kon worden, is aangewezen.
- Door nanogroundstoffen in poedervorm zorgvuldig en onder afzuiging te doseren lijkt men de blootstelling onder controle te kunnen houden.

### *Control Banding Nanotool (CBN)*

- De CBN lijkt een geschikt, gebruiksvriendelijk hulpmiddel voor het risicomanagement bij gebruik van nanomaterialen. Hij levert een advies aangaande te nemen beheersmaatregelen, ook in het geval er sprake is van gebrek aan data of onzekerheid hierover. Echter omdat de CBN geënt is op gebruik van nanomaterialen in een laboratoriumsituatie zijn de scoringscriteria in het model daar ook op afgestemd. Om hem beter bruikbaar te maken voor gebruik in de bouwnijverheid moeten de scoringscriteria worden aangepast aan de karakteristiek van de in sector toegepaste methoden en technieken. Ook is het voor de bouwnijverheid van belang om een onderscheid te maken in verschillende applicatiemethoden, omdat die essentieel kunnen zijn voor de mate van verspreiding van deeltjes in de lucht, zoals bijv. het verspuiten, rollen of kwasten van een coating.
- De selectie van toxiciteitsdata die ingevuld moeten worden in de CBN kan aanleiding geven tot verwarring. Er is niet aangegeven welke data van de gebruikte nanomaterialen en bulkmaterialen geselecteerd kunnen worden. Hierdoor staat het de gebruiker 'conservatieve' of juist meer 'progressieve' data te gebruiken als input voor de beoordeling. De inschatting van het risiconiveau wordt hierdoor beïnvloed. Een voorbeeld is de inschatting van de kankerverwekkende eigenschappen van het nanomateriaal. Afhankelijk van de gebruikte database scoort men de risico's en de toe te passen beheersmaatregelen daardoor lager of juist hoger in.
- De CBN laat het gehalte aan nanomateriaal in een product buiten beschouwing en geeft evenmin de mogelijkheid om aan te geven of de nanodeeltjes al dan niet uit het gebruikte product (uit de matrix waarin de nanodeeltjes gevat) vrij kunnen komen. De CBN geeft dus nadrukkelijk de 'potentiële' risico's weer en kan daardoor tot een overschatting van de risico's leiden.
- De in het kader van dit project beoordeelde werksituaties scoren overwegend RL1 en RL2 met de gebruikte CBN. Dit betekent dat algemene ventilatie (RL1) of het gebruik van bronafzuiging (RL2) afdoende moet zijn om de risico's te beheersen. In twee gevallen wordt een score van RL3 gescoord. Dit is met name bij werkzaamheden die als gevolg van de werkzaamheden veel stof veroorzaken. Het ging hierbij om een activiteit waarbij veel en relatief en lang poeder gestort werd en bij het boren in uitgehard beton.
- Het gebruik van de CBN voor het inschatten van het risico op de werkplek laat eenzelfde beeld zien als het vergelijken van de blootstellingsmetingen met de tijdelijke nanoreferentiewaarden. Ook daaruit komen met name de activiteiten met een kortdurende hoge blootstelling aan nanodeeltjes als potentieel risicomoment naar voren.
- De CBN laat de op de werkplek vrijkomende nanodeeltjes uit andere bronnen zoals elektrische apparatuur, verbrandingsprocessen etc. buiten beschouwing. Daardoor kan de totale blootstelling aan deeltjes in het nanobereik (ENP en UFP) in de praktijk onderschat worden. Er is immers reeds voldoende bekend over de effecten van Ultra Fijn Stof op het menselijk lichaam (hart- en vaatziekten, luchtwegaandoeningen). Voor een juiste inschatting van risico's zal zowel de blootstelling aan engineered nanodeeltjes als aan Ultra Fijn Stof beoordeeld moeten worden.

**BIJLAGE 1: MEETREGISTRATIEFORMULIER VASTLEGGEN VAN  
WERKPLEKGEGEVENS VOOR HET VASTSTELLEN VAN  
BLOOTSTELLING AAN ENGINEERED NANODEELTJES**

**Bedrijfsgegevens – vestiging waar het onderzoek heeft plaatsgevonden**

Bedrijfsnaam		
Naam eigenaar		
Adres		
Economische activiteit		
Totaal aantal werknemers op de vestiging		Klein 1-50 Medium 51-100 Groot > 100 .....
Naam van de afdeling		
Naam van de bemeten werkzaamheid / proces		
Aantal blootgestelde werknemers		

**Informatie over de meting**

Datum monsterneming		
Persoonsnummer		
Monstername code		
Starttijd meting		
Eindtijd meting		
Pauzes		
Monsternameduur		

**Meetprocedure / gebruikte meetapparatuur**

Leverancier		
Type		
Gemeten parameters en dimensies		
Instelling meter		
Aanzuignelheid		Constant flow / ventilator
Meetbereik		
Gevoeligheid		
Nauwkeurigheid		
Materiaal luchtslang		
Lengte luchtslang		
Rendement luchtslang		
Gebruikte ijkbron		
Gebruikte ijkapparatuur		
Off line analysemethoden toegepast?		SEM / TEM / chemische samenstelling /

### Informatie over de werknemer

Identificatienummer		
Geslacht		
Leeftijd		
Lengte		
Functie		
Blootstellingsgroep		
Taken tijdens de meting		
Werktijden		
Monsternummers gekoppeld aan persoon		Het aantal monsternemingen dat tijdens deze werkzaamheden genomen is.

### Aanwezige chemische stoffen en processen in nanovorm

Commerciële naam		
Technische naam		
CAS-nr / EINECS-nr		CAS: EINECS:
MSDS aanwezig		Kopie beschikbaar? Ja / nee
Chemische samenstelling		- % - % - % - %
Indicatie deeltjes grootte		
Indicatie oppervlak / gram		
Wateroplosbaar		Ja / nee
Gaat het om een zuivere stof?		Coating / vulling / samengesteld stof /
Contaminatie		Nee / Ja, nl .....
Indeling volgens NPR-ISO/TR 12885		Carbon containing nanomaterials / Oxides / Metals / Semiconductor nanomaterials / Organic polymeric nanomaterials / Bio-inspired nanomaterials
Zijn er grenswaarden van de bemeten stoffen bekend?		Nee / Ja
Grenswaarde		NL, NIOSH AIH
Bedrijfsgrenswaarde		
Grenswaarde van het uitgangsmateriaal		



### Risico's nanomateriaal

Oppervlakte chemie:		BALF laag / BALF medium / BALF hoog / onbekend Actief oppervlak: ja / nee
Vorm van het deeltje.		Compact en rond / vezelvormig / buisvormig / anisotropisch / onbekend
Oplosbaarheid		Oplosbaar / onoplosbaar / onbekend
Nanomateriaal is carcinogeen?		Ja / nee / onbekend
Nanomateriaal reproductietoxisch		Ja / nee / onbekend
Nanomateriaal is mutageen?		Ja / nee / onbekend
Dermaal toxicity		Ja / nee / onbekend
Toxiciteit van het moedermateriaal (OEL)		OEL: mg/m <sup>3</sup>
Carcinogeniteit van het uitgangsmateriaal niet in nanovorm		Ja / nee / onbekend
Reproductietoxiciteit van het uitgangsmateriaal niet in nanovorm		Ja / nee / onbekend
Mutageniteit van het uitgangsmateriaal niet in nanovorm		Ja / nee / onbekend
Huidnotatie van het uitgangsmateriaal niet in nanovorm		Ja / nee / onbekend
Indeling volgens BSI PD 6699-2		Vezelvormig en onoplosbaar / CMR nanodeeltje of CMR uitgangsmateriaal / Onoplosbaar of slecht oplosbaar en niet in voorgaande categorieën / Oplosbaar en niet in een van vorige categorieën in te delen.

### Aanwezige chemische stoffen niet in nanovorm

Naam		
CAS-nr / EINECS		
Producent / leverancier		

### Observatie werkomstandigheden

Omschrijving werkzaamheden		
Worst-case		Ja / nee
Omschrijving werkhandelingen met de te onderzoeken stof		Beschrijving van de handelingen / processen waarbij blootstelling te verwachten is.
werktempo		Zittend werk / Staand werk / Lopend werk / Zeer grote inspanning
Voorkomen van de stof		Stof of poeder / in een matrix / in een oplossing / wordt gevormd (aërosol)

Blootstellingsroutes		Inhalatoir / oraal / dermaal / ogen Dominante route: Inhalatoir / oraal / dermaal / ogen
Frequentie van handeling / blootstelling		
Blootstellingspatroon		Continue / onderbroken / af en toe
Locatie in het bedrijf		
Aantal bronnen		
Afstand tot de bron		
Ventilatie		Puntafzuiging / glove box / clean room / ruimte afzuiging / wand afzuiging / anders.....
Gebruik ademhalingsbescherming		Continue / af en toe / niet / anders..... Type: halfgelaats / volgelaats / extern aangedreven / FFP2 / FFP3 Merk.....
Gebruik andere type PBM		
Gebruik huidbescherming		
Beoordeling hygiënisch gedrag		Eet tijdens werk: ja /nee Rookt tijdens werk: ja/nee
Geschatte hoeveelheid nanomateriaal gebruikt gedurende de taak (mg)		0-10 / 11-100 / > 100 / onbekend / anders
Stoffigheid		Laag / midden / hoog /onbekend
Aantal medewerkers met vergelijkbare blootstelling		
Aantal malen dat de taak uitgevoerd word		Dagelijks / wekelijks / maandelijks / onbekend
Duur van de werkzaamheden		< 30 min. / ½ - 1 h / 1 – 4 h / > 4h / anders
Emissie		Near field / far field  Zijn er meerdere medewerkers die gelijktijdig dezelfde handeling verrichten?
Handelingen		Wijd verspreidend / stoffig in lage hoeveelheden / niet verspreidend / automatisch proces met weinig lekkage / gesloten en geautomatiseerd proces
Spuittechnieken		Aerless HPLV Druk/nozzle Pneumatisch Airmix Twee componenten Kwast & roller

Transmissie		Ruimte < 1000 m <sup>3</sup> zonder ventilatie / Ruimte 100 – 1000 m <sup>3</sup> met goede mechanische ventilatie / Open bron met lokale afzuiging / Bronafscherming met lokale afzuiging / Geen maatregelen / Passieve ventilatie (ramen en deuren) / Compartimentering zonder afzuiging / Compartimentering met afzuiging
Verstoorde procesgang		Ja/ nee  Zo ja, Wat gebeurde er

### Weersomstandigheden<sup>24</sup>

Windsnelheid en windrichting (buiten)		Windkracht:  Windrichting:
Luchtvochtigheid		% rv:
Heeft het geregend		Ja: Nee: wanneer voor het laatst:
Buitentemperatuur		
Luchtsnelheid op de werkplek		[m/s]
Achtergrondconcentratie fijnstof <sup>25</sup>		µg/m <sup>3</sup>

### Achtergrondconcentraties

Achtergrondconcentratie werkplek zonder werkzaamheden (> x m van de bron)		
Concentratie NP in kantooromgeving		
Concentratie NP buiten		Locatie:  Bovenwinds:  Benedenwinds:
Concentratie NP retourlucht afzuiging		
Mogelijke andere bronnen van nanodeeltjes		Lassen / slijpen / DME / fijnstof / heftrucks / gaskachels (type terrasverwarmer) /

<sup>24</sup> Klimaatgegevens invullen op basis van informatie verkregen via [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) of [www.weeronline.nl](http://www.weeronline.nl). Het voor de locatie dichtstbijzijnde meetstation selecteren.

<sup>25</sup> data downloaden via het RIVM:

<http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/meetnetten/luchtkwaliteit/resultaten/> en <http://www.lml.rivm.nl/data/smog/index.html>

### Output Aerasense meter

Aantallen deeltjes	N [part/cm <sup>3</sup> ]	
Gemiddelde deeltjes grootte	dp [nm]	
Oppervlak		
Berekeningen vanuit de output van de Aerasense meter.		
Correctie voor tijd toepassen	8h	
	15-min	
Correctie voor samenstelling toepassen		

### Referenties

- NEN-EN 689:1995 nl: “Werkplekatmosfeer - Leidraad voor de beoordeling van de blootstelling bij inademing van chemische stoffen voor de vergelijking met de grenswaarden en de meetstrategie”.
- NPR-ISO/TR 12885: nanotechnologies – health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies.
- Vastleggen van gegevens van afzonderlijke blootstellingsmetingen van de werkplekatmosfeer. Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne. Werkgroep Vastleggen Meetgegevens. (2002) ISBN: 90-804205-6-5.
- M. Le feber et al. (2003) Model om inhalatoire blootstelling te schatten in het MKB TNO-rapport V5520.
- Kuhlbusch et al. (2004) Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM1, PM2.5, and PM10 in Bag Filling Areas of Carbon Black Production. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1: 660–671.
- Lam et al. (2006). A Review of Carbon Nanotube Toxicity and Assessment of Potential Occupational and Environmental Health Risks. *Critical Reviews in Toxicology*, 36:189–217.

## BIJLAGE 2: OVERZICHT VAN GEBRUIKTE NANOMATERIALEN EN NANOPRODUCTEN IN DE BOUW (2009)

In deze bijlage zijn in onderstaande tabel de producten weergegeven die nanomaterialen bevatten en gebruikt worden in de bouw. De producten zijn weergegeven op product type, evenals de productnaam en leverancier. Waar mogelijk is aangegeven welk materiaal gebruikt is in nanovorm. Op internet zijn een aantal websites die een database aanleggen van nanodeeltjes bevattende producten die op de markt verkrijgbaar zijn. Enkele voorbeelden hiervan zijn hieronder weergegeven:

- [www.nanoworld.dk](http://www.nanoworld.dk) geeft een overzicht van producten via internet verkrijgbaar zijn;
- Het Woodrow Wilson Institute beheert een database van producten die in de Verenigde Staten op de markt zijn [www.nanotechproject.org/inventories/consumer/](http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/)
- In Duitsland heeft de website [www.nanoproducts.de](http://www.nanoproducts.de) (of [www.nano-portal.eu](http://www.nano-portal.eu)) een specifieke sectie voor bouwproducten;

product type	product naam	nanomateriaal	deeltjesgrootte (nm)	concentratie	leverancier
Cement/concrete	Chronolia™	?	?	?	Lafarge
Cement/concrete	Agilia™	?	?	?	Lafarge
Cement/concrete	Ductal™	?	?	?	Lafarge
Cement/concrete	EMACO®Nanocrete	Silica fume	Aggregates >100nm	?	BASF
Cement/concrete	TX Active	TiO2	<100nm	?	Italcementi
Cement/concrete	TX Arca	TiO2	<100nm	?	Italcementi
Cement/concrete	TioCem TX Active	TiO2	> 100nm	?	Heidelberg Cement
Cement/concrete	NanoGuardStoneProtect	TiO2	<100nm	?	Nanogate AG
Steel	Sandvic NanoFlex	nanocrystalline metal structure	?	?	Sandvic
Steel	Super Hard Steel	nanocrystalline metal structure	?	?	The NanoSteel Company
Steel	MMFX2 Steel	nanocrystalline metal structure	?	?	MMFX Steel Corp
Insulation material	Insulair® NP	a nano porous silica structure	?	?	Insulcon B.V.

product type	product naam	nanomateriaal	deeltjesgrootte (nm)	concentratie	leverancier
Insulation material	Roof Acryl Nanotech	fluor polyurethane nanostructured material with nano-Iron Oxide photo catalytic particles	?	?	BASF and Relius Benelux
Insulation material	PCI Silent	?	?	?	BASF
Insulation material	Pyrogel XT	a nano-porous silica structure	?	?	Aspen Aerogels
Insulation material	Pyrogel XTF	a nano-porous silica structure	?	?	Aspen Aerogels
Insulation material	Pyrogel 2250	a nano-porous silica structure	?	?	Aspen Aerogels
Insulation material	Cryogel Z	a nano-porous silica structure	?	?	Aspen Aerogels
self-cleaning coating	Arctic Snow Professional Interior Paint	TiO2	<100nm	?	Arctic paint LTD
self-cleaning coating	Cloucryl	ZnO	<100nm	?	Alfred Clouth Lack-fabrik GmbH&Co KG
self-cleaning coating	Amphisilan	SiO2	<100nm	?	Caparol
anti-graffiti coating	TutoPROM	SiC/Si3N4	?	?	Clariant
anti-bacterial coating	Fluowet ETC100	carbon-fluorine polymers	?	?	Clariant
self-cleaning coating	Sigma Facade Topcoat NPS (Matt)	?	?	?	Sigma Coatings
self-cleaning coating	Sigmasoltec SelfClean	?	?	?	Sigma Coatings
anti-bacterial coating	Bioni Hygienic	Ag	?	?	Bioni CS GmbH
anti-bacterial coating	BIONI ROOF Dachbeschichtung, Algae and moss resistance of roofpanels due to nano-silver	Ag	?	?	Bioni CS GmbH

product type	product naam	nanomateriaal	deeltjesgrootte (nm)	concentratie	leverancier
Fire-resistant coating	NANORESIST	SiO <sub>2</sub>	?	?	Nanoresist
Corrosion protection coating metal	Bonderite NT-1	?	?	?	Henkel GmbH
Corrosion protection coating metal	Clearcoat U-Sil	?	?	?	Nanocer (NTC Nanotechnologia)
Corrosion protection coating metal	Basecoat U-Sil	?	?	?	Nanocer (NTC Nanotechnologia)
Corrosion protection coating metal	Nanocor	?	?	?	Incoat
scratch resistant coating for wood	Bindzil CC30	SiO <sub>2</sub>	7	?	Baril Coatings
scratch resistant coating for wood	Pall-X Nano	SiO <sub>2</sub>	<100	?	Pallmann
scratch resistant coating for wood	NANOBYK 3600	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	NANOBYK 3601	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	NANOBYK 3602	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	NANOBYK 3610	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	NANOBYK 3650	SiO <sub>2</sub>	20	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	LP-20693	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	LP-20969	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments
scratch resistant coating for wood	LP-20637	ZnO	60	~ 1 w/w%	BYK additives and instruments

<b>product type</b>	<b>product naam</b>	<b>nanomateriaal</b>	<b>deeltjesgrootte (nm)</b>	<b>concentratie</b>	<b>leverancier</b>
scratch resistant coating for wood	BYK®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYK®-DYNWET®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYK®-SILCLEAN®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYKANOL®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYKETOL®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYKOPLAST®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	BYKUMEN®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	DISPERBYK®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	DISPERPLAST®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	LACTIMON®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	SILBYK®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	VISCOBYK®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	ANTI-TERRA®	?	?	?	BYK-Chemie
scratch resistant coating for wood	AQUACER®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating	AQUAFLOUR®	?	?	?	BYK-Cera



product type	product naam	nanomateriaal	deeltjesgrootte (nm)	concentratie	leverancier
for wood					
scratch resistant coating for wood	CERACOL®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating for wood	AQUAMAT®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating for wood	CERAFAK®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating for wood	CERAFLOUR®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating for wood	CERAMAT®	?	?	?	BYK-Cera
scratch resistant coating for wood	CERATIX®	?	?	?	BYK-Cera
IR reflecting glass coating	Econtrol®-Glas GmbH & Co	?	?	?	Econtrol®-Glas GmbH & Co
IR reflecting glass coating	ssg COOL-LITE	?	?	?	Saint-Gobain
IR reflecting glass coating	ssg PLANITHERM 4S	?	?	?	Saint-Gobain
IR reflecting glass coating	ssg BIOCLEAN COOL-LITE ST	?	?	?	Saint-Gobain
IR reflecting glass coating	Nanoprotect®	?	?	?	Nanoprotect
IR reflecting glass coating	NewPro®	?	?	?	?
IR reflecting glass coating	Nanotol®	?	?	?	nanotol
IR reflecting glass coating	x-view®	?	?	?	?
VIS reflecting glass coating	PRIVA-LITE	?	?	?	Saint-Gobain
self-cleaning glass coating	BIOCLEAN	TiO2	?	?	Saint-Gobain
self-cleaning glass coating	Pilkington Active	TiO2	?	?	Pilkington
heat resistant glass	SCHOTT PYRAN® EW	TiO2	?	?	SCHOTT

product type	product naam	nanomateriaal	deeltjesgrootte (nm)	concentratie	leverancier
heat resistant glass	Pyrodur™	?	?	?	Pilkington
heat resistant glass	Pyrodur™ Plus	?	?	?	Pilkington
heat resistant glass	Pyroshield™	?	?	?	Pilkington
heat resistant glass	Pyrostop™	?	?	?	Pilkington
heat resistant glass	INTERFLAM®	nano-silica gel	?	?	INTERVER AG
heat resistant glass	INTERFIRE®	nano-silica gel	?	?	INTERVER AG
anti-reflective glass	XeroCoat®	nano-porous SiO2 film	?	?	XeroCoat
anti-reflective glass	AMIRAN®	?	?	?	SCHOTT
NOx degr. concrete blocks for road pavement	NOxer®	TiO2	?	?	Eurovia and Mitsubishi
NOx degr. concrete blocks for road pavement	TX Aria road pavement blocks	TiO2	?	?	Italcementi group
NOx degr. concrete coating for asphalt	KonwéClear	TiO2	?	?	KWS

### BIJLAGE 3; INGEVULDE SCHEMA'S CONTROL BANDING NANOTOOL

Productie van Coatings: toevoegen additief aan parketlak

Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	11 – 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	-	2 – 10 $\mu\text{gm}^{-3}$	Unknown	0 - 1 $\mu\text{gm}^{-3}$
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-

### Probability determination

Score	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 – 4 h			> 4h				

### Coatings: aanbrengen van een vuilafwerende coating

#### Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	11 – 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	-	2 – 10 $\mu\text{gm}^{-3}$	Unknown	0 - 1 $\mu\text{gm}^{-3}$
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes <sup>26</sup>	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-

<sup>26</sup> IARC Cat 2B (staat op de lijst van het IARC 9info uit DOHSbase en gecheckt op [www.iarc.fr](http://www.iarc.fr))

### Probability determination

	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 – 4 h			> 4h				

### Coating: schuren parket lak

### Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	11 – 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	-	2 – 10 $\mu\text{gm}^{-3}$	Unknown	0 - 1 $\mu\text{gm}^{-3}$
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-

Probability determination

Score	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 - 4 h			> 4h				

Beton: aanmaken van NanoCrete R4 (handmatige verwerking, 1° bezoek)

Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	11 - 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	-	2 - 10 $\mu\text{gm}^{-3}$	Unknown	0 - 1 $\mu\text{gm}^{-3}$
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-

Probability determination

Score	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 – 4 h			> 4h				

Beton – verwerken van NanoCrete R4 (betonsputten, 2<sup>e</sup> bezoek)

Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 µgm <sup>-3</sup>	11 – 100 µgm <sup>-3</sup>	-	2 – 10 µgm <sup>-3</sup>	Unknown	0 - 1 µgm <sup>-3</sup>
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-

Probability determination

Score	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 - 4 h			> 4h				

Beton: boren in NanoCrete R4 beton

Severity determination

Score	0	2.5	3.75	5	7.5	10
Surface chemistry:	Low BALF	-	-	Medium BALF	Unknown	High BALF
Particle shape.	Compact / spherical	-	-	anisotropic	Unknown	Tubular or fibrous
Particle diameter	41-100 nm	-	-	11-40 nm	Unknown	1-10 nm
Solubility.	-	-	-	soluble	Unknown	Insoluble
Carcinogenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Reproductive toxicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Mutagenicity of nanomaterial	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Dermal toxicity	No	-	-	Unknown (=5.6)	Yes	-
Toxicity of parent material (OEL)	> 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	11 - 100 $\mu\text{gm}^{-3}$	-	2 - 10 $\mu\text{gm}^{-3}$	Unknown	0 - 1 $\mu\text{gm}^{-3}$
Carcinogenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Reproductive toxicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Mutagenicity of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-
Dermal hazard potential of parent material	No	-	unknown	Yes	-	-



Probability determination

Score	0	5	6.25	7.5	10	11.25	12.5	15	18.75	22.5	25	30
Estimated amount of nanomaterial used during task. (mg)	-		0-10	-			11-100	-	unknown	-	> 100	-
Dustiness/mistiness.	none		-	low			-	medium	-	unknown	-	high
Number of employees with similar exposure	1 - 5	6 - 10	-	-	11 - 15	unknown	-	> 15	-	-	-	-
Frequency of operation.	< monthly	monthly	-	-	weekly	unknown	-	daily	-	-	-	-
Duration of operation	< 30 min	30 - 60 min			1 – 4 h			> 4h				

**2 september 2009 – Weerstation Heino**

<b>Temperatuur</b>		<b>Neerslag</b>	
Gemiddelde	16.3 °C	Hoeveelheid	0 mm
Maximum	21.7 °C	Duur	0.0 uur
Minimum	12.1 °C		5.7
<b>Zon, bewolking &amp; zicht</b>		<b>Wind</b>	
Duur zonneshijn	5,7 uur	Gemiddelde snelheid	3,4 m/s = 3 Bft
Rel. zonneshijnduur	42%	Maximale uurgemiddelde snelheid	5.0 m/s = 3 Bft
Gem. bedekkingsgraad	- octa's	Maximale stoot	10 m/s
		Overheersende richting	ZZW
<b>Relatieve luchtvochtigheid</b>		<b>Luchtdruk</b>	
Gemiddelde	75%	Gemiddelde luchtdruk	-hPa

**11 november 2009 – weerstation Marknesse**

<b>Temperatuur</b>		<b>Neerslag</b>	
Gemiddelde	7.8°C	Hoeveelheid	2.7 mm
Maximum	9.1°C	Duur	7.3 uur
Minimum	5.4°C		
<b>Zon, bewolking &amp; zicht</b>		<b>Wind</b>	
Duur zonneshijn	0.3 uur	Gemiddelde snelheid	4.0 m/s
Rel. zonneshijnduur	3%	Maximale uurgemiddelde snelheid	5.0 m/s
Gem. bedekkingsgraad		Maximale stoot	8.0 m/s
		Overheersende richting	ZW
<b>Relatieve luchtvochtigheid</b>		<b>Luchtdruk</b>	
Gemiddelde	97%	Gemiddelde luchtdruk	- hPa

**3 maart 2010 – weerstation Gilze Rijen**

<b>Temperatuur</b>		<b>Neerslag</b>	
Gemiddelde	1,4 °C	Hoeveelheid	0 mm
Maximum	7,2°C	Duur	0,0 uur
Minimum	-5,0°C		
<b>Zon, bewolking &amp; zicht</b>		<b>Wind</b>	
Duur zonneshijn	7,2 uur	Gemiddelde snelheid	2,7 m/s = 2 Bft
Rel. zonneshijnduur	66%	Maximale uurgemiddelde snelheid	6,0 m/s = 4 Bft
Gem. bedekkingsgraad	5 octa's	Maximale stoot	12,0 m/s
	Half tot zwaar bewolkt	Overheersende richting	ONO
<b>Relatieve luchtvochtigheid</b>		<b>Luchtdruk</b>	
gemiddelde	77%	Gemiddelde luchtdruk	1022,6 hPa

**11 mei 2010 – weerstation Lelystad**

<b>Temperatuur</b>		<b>Neerslag</b>	
Gemiddelde	7,1°C	Hoeveelheid	8,5 mm
Maximum	12,1°C	Duur	9,2 uur
Minimum	4,6°C		
<b>Zon, bewolking &amp; zicht</b>		<b>Wind</b>	
Duur zonneshijn	2,3 uur	Gemiddelde snelheid	5,4 m/s = 3 Bft
Rel. zonneshijnduur	15%	Maximale uurgemiddelde snelheid	8,0 m/s = 5 Bft
Gem. bedekkingsgraad	7 Octa's	Maximale stoot	12,0 m/s
		Overheersende richting	NO
<b>Relatieve luchtvochtigheid</b>		<b>Luchtdruk</b>	
Gemiddelde	76%	Gemiddelde luchtdruk	1011 hPa

**Gegevens RIVM meetnet PM<sub>10</sub>**

Voor meetdag 1 is gebruik gemaakt gegevens van meetstation:

807 – Hellendoorn - Luttenbergerweg

Voor meetdag 2 is gebruik gemaakt gegevens van meetstation:

818 – Barsbeek, de Veenen

Voor meetdag 3 is gebruik gemaakt gegevens van meetstation:

241 – Bastenakenstraat, Breda

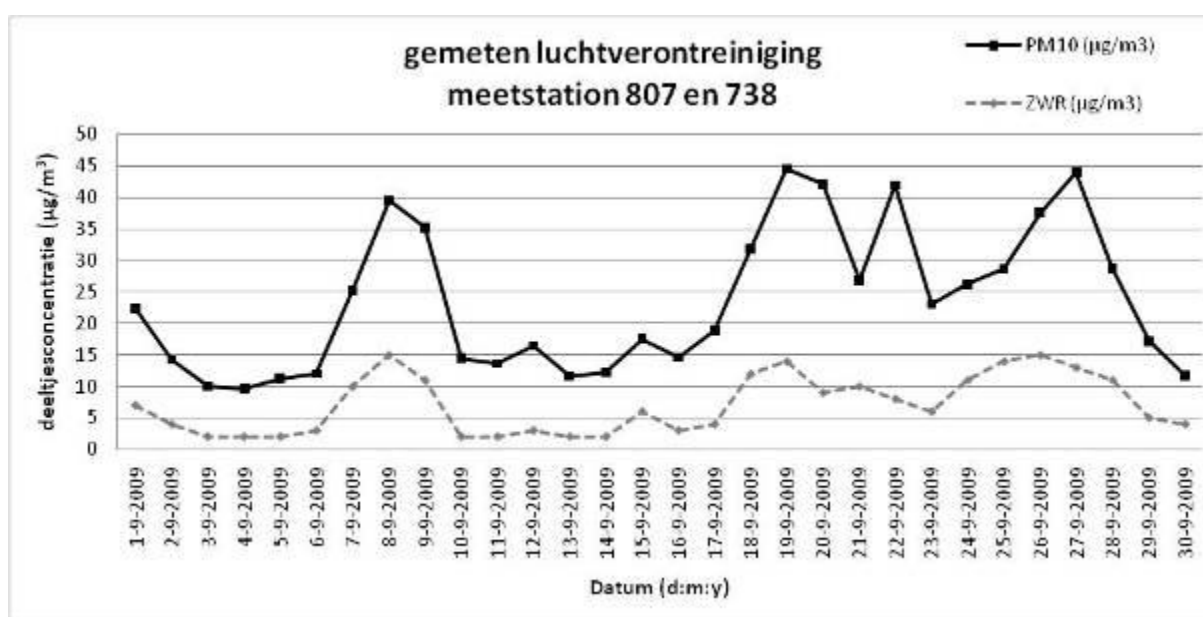
**Voor meetdag 4 is gebruik gemaakt van gegevens van meetstation:**

Waren 12-09-2010 nog niet beschikbaar

## Meteorologische data tijdens aanbrengen van de coating in bedrijf 1

Informatie over de luchtverontreiniging in de buitenlucht op de meetdag is verkregen uit de resultaten van de meetstations van het RIVM. In deze rapportage zijn de gegevens van PM<sub>10</sub> (totaal deeltjes < 10 µm; in µg/m<sup>3</sup>) en zwarte rook<sup>27</sup> gebruikt. De gegevens van de navolgende stations zijn gebruikt:

<i>Parameter</i>	<i>Meetstation</i>	<i>Hemelsbrede afstand tot meetlocatie (km)</i> <sup>28</sup>
PM <sub>10</sub>	807 – Hellendoorn - Luttenbergerweg	18
Zwarte Rook	738 – Wekerom Riemterdijk	58



Figuur 19: Resultaten van de daggemiddelde concentratie PM<sub>10</sub> en zwarte rook.

Figuur 19 toont dat de concentratie PM<sub>10</sub> en zwarte rook op de meetdag (2/9) niet heel hoog was (PM<sub>10</sub> ± 14-15 µg/m<sup>3</sup>). Deze concentraties worden echter sterk bepaald door plaatselijke omstandigheden (o.m. verkeer) en de windrichting. De zeggingskracht met betrekking tot de uitgevoerde metingen is derhalve niet heel groot.

<sup>27</sup> Metingen van zwarte rook blijken bruikbaar om het effect van verkeersmaatregelen op de luchtkwaliteit aan te tonen. Het roet uit verbrandingsprocessen, gemeten als zwarte rook, is een belangrijke component van fijn stof en mogelijk een goede indicator van de uitstoot door het verkeer. Ook al wordt nog onvoldoende begrepen welke chemische bestanddelen van fijn stof gezondheidseffecten veroorzaken, aan zwarte rook wordt een belangrijke rol toegeschreven. Nederlands onderzoek maakt duidelijk dat de ernst van luchtwegklachten bij kinderen en ook de levensduurverkorting kan worden voorspeld aan de hand van de concentratie zwarte rook. Deze verbanden zijn minstens zo robuust als die voor het gereguleerde deel van fijn stof, namelijk PM<sub>10</sub>. Hiermee is zwarte rook dus ook een indicator voor gezondheidsrisico's (bron: RIVM)

<sup>28</sup> Bepaald met behulp van Google Maps

## BIJLAGE 5: PRODUCTGEGEVENS (VIB) VAN PRODUCTEN DIE GEBRUIKT ZIJN TIJDENS DE BEMETEN WERKZAAMHEDEN

Productgegevens gebruikte nanoprodukten ten behoeve van de productie van coatings en het schuren van coatings: Hakuenka CCR-S & Bindzil CC30

Page 1/3

Material Safety Data Sheet  
According to 91/155 EC

Printing date 16.06.04

Reviewed on 07.07.03

<p><b>1 Identification of substance :</b></p> <p>Product details</p> <p>Trade Name : <i>Hakuenka-CCR-S</i> (Synthetic Calcium Carbonate)</p> <p>Manufacturer : SHIRAIISHI KOGYO KAISHA, LTD. 78, 4-CHOME, MOTOHAMA-CHO, AMAGASAKI-CITY, 660-0085, JAPAN TEL : (06) 6417-3131</p> <p>Customer: TEL :</p> <p>Informing Department : Sales Dept. Emergency Information : Polizei u. Feuerwehr = Police + Fire</p>
<p><b>2 Composition/Data on components:</b></p> <p>Chemical Characterization : CAS No. Designation : 471-34-1 Calcium Carbonate Identification number(s) EINECS Number : 2074399</p>
<p><b>3 Hazards identification:</b></p> <p>Hazard designation : void Information pertaining to particular dangers for man and environment void.</p>
<p><b>4 First aid measures:</b></p> <p>General information : No special measures required. After inhaling supply fresh air : consult doctor in case of symptoms. After skin contact : The product is generally no skin irritant. After eye contact : Rinse opened eye for several minutes under running water. After swallowing : In case of persistent symptoms consult doctor.</p>
<p><b>5 Fire fighting measures:</b></p> <p>Suitable extinguishing agents : CO<sub>2</sub>, extinguishing powder or water jet. Fight larger fires with water jet or alcohol-resistant foam. Protective equipment : No special measures required.</p>
<p><b>6 Accidental release measures :</b></p> <p>Person-related safety precautions : Not required. Measures for environmental protection : No special measures required. Measures for cleaning/collecting : Collect mechanically. Additional information : No dangerous materials are released.</p>
<p><b>7 Handling and storage:</b></p> <p>Handling Information for safe handling : No special measures required. Information about protection against explosions and fires : No special measures required. Storage Requirements to be met by storerooms and containers : No special requirements.</p> <p style="text-align: right;">(Contd. on Page 2)</p>

Material Safety Data Sheet  
According to 91/155 EC

Printing date 16.06.04

Reviewed on 07.07.03

Trade Name : <i>Hakuenka-CCR-S</i>																																																							
(Contd. of Page 1)																																																							
<p>Information about storage in one common storage facility : Not required          Further information about storage conditions : None.          Storage class          Class according to regulation on inflammable liquids : Void</p>																																																							
<b>8 <u>Exposure controls and personal protection</u> :</b>																																																							
<p>Additional information about design of technical systems:          No further data ; see item 7.          Components with critical values that require monitoring at the work-place :</p> <p>Additional information:          The lists that were valid during the compilation were used as basis.</p> <p>Personal protective equipment :          General protective and hygienic measures:          The usual precautionary measures should be adhered to in handling the chemicals.          Breathing equipment : Not required.          Protection of hands : Not required.          Eye protection : Not required.</p>																																																							
<b>9 <u>Physical and chemical properties</u>:</b>																																																							
<p>Form : Powder          Colour : White          Smell : Odorless</p> <table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><u>Value/Range</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Unit</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Method</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Change in condition</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Melting point/Melting range :</td> <td>825 (Decomposition)</td> <td>°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Boiling point/Boiling range :</td> <td>Not determined</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Flash point :</td> <td></td> <td>°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inflammability (solid, gaseous) :</td> <td colspan="3">Product is not inflammable.</td> </tr> <tr> <td>Danger of explosion :</td> <td colspan="3">Product is not explosive.</td> </tr> <tr> <td>Steam pressure :</td> <td></td> <td>at 20 °C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Density :</td> <td>2.52 (H<sub>2</sub>O=1)</td> <td>at 20 °C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Settled apparent density :</td> <td></td> <td>at 20 °C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Solubility in /Miscibility with</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Water :</td> <td>0.0065 g/100ml</td> <td>at 20 °C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH-value : (50g/l)</td> <td>9.0</td> <td>at 20 °C</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					<u>Value/Range</u>	<u>Unit</u>	<u>Method</u>	Change in condition				Melting point/Melting range :	825 (Decomposition)	°C		Boiling point/Boiling range :	Not determined			Flash point :		°C		Inflammability (solid, gaseous) :	Product is not inflammable.			Danger of explosion :	Product is not explosive.			Steam pressure :		at 20 °C		Density :	2.52 (H <sub>2</sub> O=1)	at 20 °C		Settled apparent density :		at 20 °C		Solubility in /Miscibility with				Water :	0.0065 g/100ml	at 20 °C		pH-value : (50g/l)	9.0	at 20 °C	
	<u>Value/Range</u>	<u>Unit</u>	<u>Method</u>																																																				
Change in condition																																																							
Melting point/Melting range :	825 (Decomposition)	°C																																																					
Boiling point/Boiling range :	Not determined																																																						
Flash point :		°C																																																					
Inflammability (solid, gaseous) :	Product is not inflammable.																																																						
Danger of explosion :	Product is not explosive.																																																						
Steam pressure :		at 20 °C																																																					
Density :	2.52 (H <sub>2</sub> O=1)	at 20 °C																																																					
Settled apparent density :		at 20 °C																																																					
Solubility in /Miscibility with																																																							
Water :	0.0065 g/100ml	at 20 °C																																																					
pH-value : (50g/l)	9.0	at 20 °C																																																					
<b>10 <u>Stability and reactivity</u> :</b>																																																							
<p>Thermal decomposition/conditions to be avoided:          No decomposition if used according to specifications.          Dangerous reactions : No dangerous reactions known.          Dangerous products of composition :          No dangerous decomposition products known.</p>																																																							

Material Safety Data Sheet  
According to 91/155 EC

Printing date 16.06.04

Reviewed on 07.07.03

Trade Name : <i>Hakuenka-CCR-S</i>
<p><b>11 Toxicological information:</b></p> <p>Acute toxicity:          Primary irritant effect :          on the skin : No irritant effect.          on the eye : No irritant effect.          Sensitization : No sensitizing effect known.          Additional toxicological information:          When used and handled according to specifications, the product does not have any harmful effects according to our experience and the information provided to us.          The material is not subject to classification according to EC lists in the last version.</p>
<p><b>12 Ecological information :</b></p> <p>General notes :          Water hazard class 0 (Assessment by list) : generally not hazardous for water.</p>
<p><b>13 Disposal considerations:</b></p> <p>Product :          Recommendation:          Smaller quantities can be disposed with household garbage.          Uncleaned packagings:          Recommendation:          Disposal must be made according to official regulations.</p>
<p><b>14 Transport information:</b></p>
<p><b>15 Regulatory information :</b></p> <p>Designation according to EC guidelines:          The material is not subject to classification according to EC lists and other sources of literature known to us.          Observe the normal safety regulations when handling chemicals          The product is not subject to identification regulations under EC Directives and the Ordinance on Hazardous Materials(GefstoffV).          National regulations          Classification according to VbF : Void          Water hazard class:          Water hazard class 0 (Assessment by list) : generally not hazardous for water.</p>
<p><b>16 Other information:</b></p> <p>These data are based on our present knowledge. However, they shall not constitute a guarantee for any specific product features and shall not establish a legally valid contractual relationship.</p> <p>Department issuing data specification sheet : Environment protection department.</p> <p>Contact :</p>



## SHIRAISHI KOGYO KAISHA, LTD.

4-78, Motohama-cho, Amagasaki, 660-0085 JAPAN

Tel:+81-6-6417-3134 Fax:+81-6-6417-9591

E-mail:sales@kogyo.shiraishi.co.jp

### HAKUENKA CCR-S

HAKUENKA CCR-S has an excellent heat-stability.

HAKUENKA CCR-S can be easily dispersed to the various kinds of resin.

HAKUENKA CCR-S was specially developed to improve curing condition for the model LP282 of polysulfide sealant with Toray Fine Chemicals Co., Ltd. LP282 is different from LP55. LP282 uses tin as a catalyst while LP55 uses lead which is environmentally worse than tin.

HAKUENKA CCR-S has average 80nm ultra-fine particles similar to HAKUENKA CCR. The difference is chemical coating agent.

#### Crystal Properties

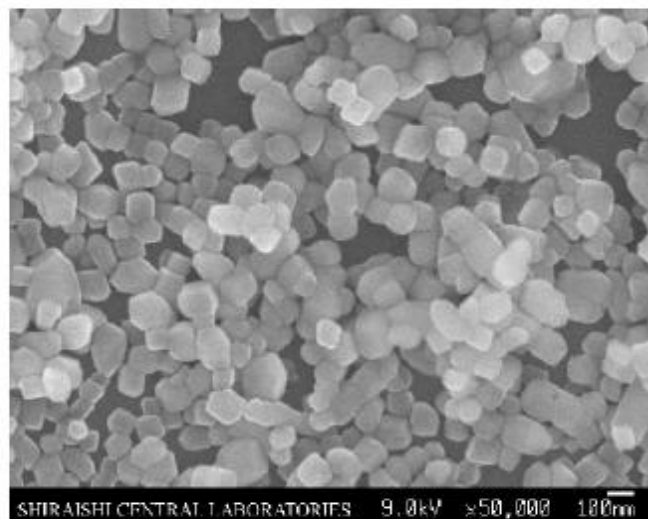
Crystal Structure		Calcite
Particle Shape		Rhombohedral
Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	2.6-2.7
Refractive Index		1.5-1.7

#### Powder Properties (Typical)

BET Specific Surface Area	m <sup>2</sup> /g	17.0
Average Particle Size	nm	80
Boiled Linseed Oil Absorption	cm <sup>3</sup> /100g	24.5
Bulk Density	g/cm <sup>3</sup>	-
Whiteness	%	95
pH		9.3
Moisture	%	0.5

#### SEM Image

- 50,000



#### Classification

Molecular Formula	CaCO <sub>3</sub>
CAS Number	471-34-1



**VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD**

bladzijde : 1 / 6

Revisie nr : 4

Datum : 2 / 7 / 2008

Vervangt : 6 / 11 / 2006

**Bindzil CC 30****800-01****1. IDENTIFICATIE VAN DE STOF OF HET PREPARAAT EN VAN DE ONDERNEMING**

**Handelsnaam** : Bindzil CC 30  
**Toepassing / functie** : Vulstof.  
**Producent** : Eka Chemicals AB  
445-80 Bohus Zweden  
**Telefoonnr. in noodgeval** : +46 8 337 043  
**Distributeur** : Keyser & Mackay C.V.  
Leidsegracht 19  
NL-1017 NA Amsterdam  
Tel. 020-6263323 Fax 020-6254559  
**Telefoonnr. in noodgeval** : 0317 - 619102  
**E-mail verantwoordelijke** : msds.nl@keymac.com

**2. IDENTIFICATIE VAN DE GEVAREN**

**Belangrijkste gevaren** : Geen onder normale omstandigheden.  
**Risicozinnen** : Geen.  
**Gevaren voor de gezondheid** : Kan ogen en huid iriteren. ( Zacht. )  
**Fysische en chemische gevaren** : Geen specifieke gevaren.  
**Specifieke gevaren** : Geen enkel bekend.  
**Milieu-effecten** : Vertoont geen specifiek risico voor het milieu.  
Zie eveneens Rubriek 12.

**3. SAMENSTELLING EN INFORMATIE OVER DE BESTANDELEN**

Volgens Richtlijn 1999/45/EG hoeft dit preparaat niet als gevaarlijk te worden ingedeeld maar bevat het ten minste één gevaarlijke stof. (Relevante R-zinnen zijn te vinden in rubriek 16 van dit VIB).

Naam Component	Waarde(n)	CAS nr	EC nr	EG annex-I nr	Indeling
Methanol	< 3 %	67-56-1	200-659-6	603-001-00-X	F; R11 T; R23/24/25-39/23/24/ 25
	<i>Moleculair gewicht : 32</i> <i>TLV-TGG [mg/m<sup>3</sup>] : 262</i> <i>TLV-TGG [mg/m<sup>3</sup>] : 260</i> <i>TLV-TGG [ppm] : 200</i> <i>TLV-STEL [mg/m<sup>3</sup>] : 320</i> <i>TLV-STEL [ppm] : 250</i> <i>Smeltpunt [°C] : -98</i> <i>Beginkookpunt [°C] : 65</i> <i>Relatieve dichtheid (water=1) : .8</i> <i>Dampdruk [mmHg] : 96.5 (20° C)</i> <i>Relatieve dampdichtheid (lucht=1) : 1.1</i> <i>Oplosbaarheid in water [g/100 ml] : Volledig.</i> <i>Vlampunt [°C] : 11</i> <i>Zelfontbrandingstemperatuur [°C] : 455</i> <i>Explosiegrenzen - onderste [%] : 5.5</i> <i>Explosiegrenzen - bovenste [%] : 36.5</i> <i>Log P octanol/water bij 20°C : -.7</i>				
[3-(2,3-epoxypropoxy)propyl] trimethoxysilane	3 %	2530-83-8	219-784-2	NC	
	<i>Molecuulformule : C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>O<sub>5</sub>Si</i> <i>Synoniemen : 3-Glycidioxypropyl trimethoxysilane</i>				

Keyser & Mackay C.V.  
Leidsegracht 19 NL-1017 NA Amsterdam  
Tel. 020-6263323 Fax 020-6254559

Tel.nr. voor noodgevallen : 0317 - 619102

**VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD**

bladzijde : 2 / 6

Revisie nr : 4

Datum : 2 / 7 / 2008

Vervangt : 6 / 11 / 2008

**Bindzil CC 30****800-01****3. SAMENSTELLING EN INFORMATIE OVER DE BESTANDDELEN (vervolg)**

TLV-TGG [mg/m<sup>3</sup>] : Geen blootstellingslimietwaarden beschikbaar.  
Mutageniteit : enigszins (OECD 471) in vitro  
Mutageniteit : Negatief (OECD 475) in vivo  
LC50-96 uur-[mg/l] : *Cyprinus carpio* 55  
LC50-96 uur-[mg/l] : *Salmo gairdneri* > 100  
EC50 - 48 uur-Daphnia magna [mg/l] : 473  
72 h - EC50 [mg/l] : algaee 255


Naam Component	Waarde(n)	CAS nr	EC nr	EG annex I nr	Indeling
Silicium dioxide, amorf	: ca. 29 %	7631-86-9	231-545-4	NC	
	Moleculair gewicht : 60.1				
	Molecuulformule : O <sub>2</sub> Si				
	Synoniemen : 112945-52-5				
	Synoniemen : E 540				
	TLV-TGG [mg/m <sup>3</sup> ] : 6 Totaal inhaalbaar stof.				
	TLV-TGG [mg/m <sup>3</sup> ] : 3 Respirabel stof.				
	TLV-TGG [mg/m <sup>3</sup> ] : .15				
	LD50 oraal (rat) [mg/kg] : > 5000				
	LD50 dermaal (rat) [mg/kg] : > 2000				
	Carcinogeniteit : Geen positieve testresultaten bekend.				
	LC50-96 uur - vls [mg/l] : > 5000 <i>Brachidario rerio</i> .				
	EC50 : (24h) <i>Daphnia Magna</i> mg/l 10000				
	EC50 - 48 uur-Daphnia magna [mg/l] : 7600				
	72 h - EC50 [mg/l] : 440 algaee				
Water	: ca. 65 %	7732-18-5	231-791-2	NC	
	INCI-naam : Aqua				
Bestanddelen die aan het gevaar bijdragen	: Zie boven.				
CAS nummer(s)	: Zie boven.				
Anzuihverheden die bijdragen aan het gevaar	: Niet van toepassing.				

**4. EERSTEHULPMAATREGELEN**

Medische noodbehandeling	: In het algemeen geen onmiddellijke medische zorg vereist.
Speciale voorzieningen	: In de onmiddellijke nabijheid van elke mogelijke bron van blootstelling moeten oog- en veiligheidsdouches aanwezig zijn.
Eerste hulp	
- Inhalatie	: Het slachtoffer in de frisse lucht brengen.
- Huidcontact	: Huid grondig wassen met zachte zeep en water. Raadpleeg een arts wanneer verschijnselen aanhouden. Besmette kleding en schoenen uittrekken. Kleding wassen alvorens ze opnieuw te dragen.
- Contact met de ogen	: Onmiddellijk spoelen met veel water. Houd de oogleden vanen. Raadpleeg een arts wanneer verschijnselen aanhouden.
- Inname	: De mond spoelen. Onmiddellijk grote hoeveelheden water drinken. NIET LATEN BRAKEN. Medische hulp inroepen.
Symptomen en effecten	: Geen typische symptomen of effecten bekend.
Aanwijzingen voor een dokter	: Telefoonnummer voor noodgevallen: 030 - 274 88 88 (Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum); uitsluitend voor een behandelend arts in geval van een accidentele vergiftiging.

Keyser & Mackay C.V.  
Leidsegracht 19 NL-1017 NA Amsterdam  
Tel. 020-6263323 Fax 020-6254559

Tel.nr. voor noodgevallen : 0317 - 619102

	<b>VEILIGHEIDSGEGEVINGEN</b> <b>VEILIGHEIDSGEGEVINGEN</b>	bladzijde : 3 / 6
		Revisie nr : 4
		Datum : 2 / 7 / 2008
		Vervangt : 6 / 11 / 2006
<b>Bindzil CC 30</b>		<b>800-01</b>

#### 5. BRANDBESTRIJDINGSMAATREGELEN

<b>Blusmiddelen</b>	
- Geschikt	: Adequate middelen gebruiken om aangrenzende branden te bestrijden.
- Niet geschikt	: Geen enkel bekend.
Specifieke gevaren	: Geen enkel bekend.
Bescherming van brandweerlieden	: Geen speciale voorschriften.
Gevaarlijke verbrandingsproducten of -gassen	: Geen enkel bekend.

#### 6. MAATREGELEN BIJ ACCIDENTEEL VRIJKOMEN VAN DE STOF OF HET PREPARAAT

<b>Persoonlijke voorzorgsmaatregelen</b>	: Geschikte veiligheidsuitrusting dragen. Zie Rubriek 8.
<b>Vorzorgsmaatregelen voor het milieu</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Methoden van opruimen</b>	
- op de grond	: Gemorste vloeistof indijken of met absorptiemiddelen opnemen om verspreiding of wegstromen in de riolering of rivieren te beletten. Mechanisch opzuigen.
- op water	: Geen speciale voorschriften.
<b>Hergebruik</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Neutralisatie</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Verwijdering</b>	: Op een veilige manier opruimen in overeenstemming met lokale/nationale voorschriften.

#### 7. HANTERING EN OPSLAG


<b>Vorzorgsmaatregelen voor behandeling en opslag</b>	: De gebruikelijke voorzorgsmaatregelen bij het gebruik van chemische producten dienen in acht te worden genomen.
<b>GEBRUIK</b>	
<b>Technische maatregelen</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Vorzorgsmaatregelen brand en explosie</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Advies voor veilige hantering</b>	: Geen speciale voorschriften.
<b>Onverenigbare producten</b>	: Aluminium. Koper. IJzer.
<b>OPSLAG</b>	
<b>Geschikte opslagomstandigheden</b>	: Opslaan in een droge, koele ruimte. bij temperaturen tussen 5-35°C
<b>Te vermijden opslagomstandigheden</b>	: Niet blootstellen aan temperaturen beneden het vriespunt. om kwaliteitsredenen.
<b>Opslag - buiten het bereik van</b>	: Zie Rubriek 10.
<b>Aanbevolen verpakkingsmaterialen</b>	: Originele verpakking.
<b>Relevante wetgeving</b>	: Geen specifieke aanbevelingen.

#### 8. MAATREGELEN TER BEHEERSING VAN BLOOTSTELLING / PERSOONLIJKE BESCHERMING

<b>Technische maatregelen</b>	: De ruimte ventileren.
<b>Algemeen advies</b>	: In de onmiddellijke nabijheid van elke mogelijke bron van blootstelling moeten oog- en veiligheidsdouches aanwezig zijn.
<b>Grenswaarde blootstelling mens</b>	: [3-(2,3-epoxypropoxy)propyl]trimethoxysilicaan : TLV-TGG [mg/m3] : Geen blootstellingslimietwaardes beschikbaar. Zie eveneens Rubriek 3 (Informatie over ingrediënten).

Keyser & Mackay C.V.  
Leidsegracht 19 NL-1017 NA Amsterdam  
Tel. 020-6263323 Fax 020-6254559

Tel.nr. voor noodgevallen : 0317 - 619102

	<b>VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD</b>	bladzijde : 4 / 6
		Revisie nr : 4
		Datum : 2 / 7 / 2008
		Vervangt : 6 / 11 / 2006
<b>Bindzil CC 30</b>		<b>800-01</b>

#### 8. MAATREGELEN TER BEHEERSING VAN BLOOTSTELLING / PERSOONLIJKE BESCHERMING (vervolg)

<b>Persoonlijke beveiliging</b>	: De gebruikelijke voorzorgsmaatregelen bij het gebruik van chemische producten dienen in acht te worden genomen.
- <b>Ademhalingsbescherming</b>	: Geen onder normale omstandigheden.
- <b>Huid- en lichaamsbescherming</b>	: Overall. Na gebruik wassen.
- <b>Bescherming van de handen</b>	: Rubber handschoenen. / PVC handschoenen.
- <b>Doorslagtijd handschoenen</b>	: Eisen afhankelijk van manier van gebruik.
- <b>Oogbescherming</b>	: Spatbril of gelaatsbescherming met veiligheidsbril.
<b>Hygiënemaatregelen</b>	: Niet eten, drinken of roken in de werkplaats. Houdt de werkplek zo ordelijk en zindelijk mogelijk. Eerst handen en andere blootgestelde huidgedeelten wassen met zachte zeep en water; dan pas eten, drinken, roken of het werk verlaten. Kleding wassen alvorens ze opnieuw te dragen.
<b>Beheersing van milieublootstelling</b>	: Laat het product niet in riolering of oppervlaktewater terechtkomen. Laat het product niet in de bodem doordringen. Ingeval dit toch gebeurt stel dan direct de verantwoordelijke autoriteiten op de hoogte.

#### 9. FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

<b>Aggregatietoestand</b>	: Vloeibaar.
<b>Kleur</b>	: Helder.
<b>Geur</b>	: enigszins
<b>pH waarde</b>	: 7-9
<b>Vriespunt [°C]</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Smeltpunt [°C]</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Kookpunt [°C]</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Ontledingstemperatuur [°C]</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Specifieke dichtheid</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Relatieve dichtheid (water=1)</b>	: 1.2
<b>Bulkdichtheid [kg/m<sup>3</sup>]</b>	: 1050-1400
<b>Dampdruk [kPa]</b>	: Als water.
<b>Viscositeit bij 20°C [mPa.s]</b>	: 50
<b>Oplosbaarheid in water [g/100 ml]</b>	: Dispergeerbaar.
<b>Oplosbaarheid in vet</b>	: Onoplosbaar.
<b>Vlampunt [°C]</b>	: >110
<b>Zelfontbrandingstemperatuur [°C]</b>	: Niet van toepassing.
<b>Ontvlambaarheid</b>	: Niet van toepassing.
<b>Explosiviteit</b>	: Niet van toepassing.
<b>Log P octanol/water bij 20°C</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Verdampingssnelheid</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Oxidatie-eigenschappen</b>	: Niet vastgesteld.
<b>Specifieke geleidbaarheid (S/m)</b>	: Niet vastgesteld.

De in paragraaf 9 vermelde fysische en chemische eigenschappen zijn indicatieve waarden en zijn niet bedoeld als, of ter vervanging van, de productspecificaties.

**VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD**

bladzijde : 5 / 6

Revisie nr : 4

Datum : 2 / 7 / 2008

Vervangt : 6 / 11 / 2006

**Bindzil CC 30****800-01****10. STABILITEIT EN REACTIVITEIT**

<b>Stabiliteit</b>	: Stabiel onder normale omstandigheden.
<b>Gevaarlijke reacties</b>	: Geen enkel bekend.
<b>Te vermijden omstandigheden</b>	: Stofontwikkeling.
<b>Te vermijden materialen</b>	: Zuren.
<b>Gevaarlijke ontledingsproducten</b>	: Geen enkel bekend.

**11. TOXICOLOGISCHE INFORMATIE**

<b>Acute toxiciteit</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>LC50 inademing [mg/kg]</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Huid irritatie</b>	: Zacht. (rabbit)
<b>Oog irritatie</b>	: Zacht. (rabbit)
<b>Plaatselijke effecten</b>	
- Inname	: Kan irritatie veroorzaken aan de slijmvliezen.
<b>Sensibilisatie</b>	: Negatief (Magnusson-Kligmann test)
<b>Subchronische effecten</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Chronische effecten</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Carcinogeniteit</b>	: Negatief
<b>Teratogene werking</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Mutageniteit</b>	: Negatief
<b>Reproductietoxiciteit</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
<b>Verdere toxicologische informatie</b>	: Product bevat amorf Silicon dioxide. Er zijn geen gevallen van Silicose gerapporteerd van amorf silica.

**12. ECOLOGISCHE INFORMATIE**


<b>Informatie over giftigheid</b>	: Zie Rubriek 3.
<b>Ecotoxiciteit</b>	
LC50-96 uur-[mg/l]	: Brachydanio rerio > 5000
EC50 algae mg/l	: 48H 440 Selenastrum capricornutum
EC10 [mg/l]	: 140 Selenastrum capricornutum
EC50 - 48 uur [mg/l]	: 7600 Crustacea/Ceriodaphnia
LOEC [mg/l]	: 120 Selenastrum capricornutum
NOEC [mg/l]	: 60 Selenastrum capricornutum
<b>Mobiliteit</b>	: Geen gegevens beschikbaar.
Log P octanol / water bij 20°C	: Niet van toepassing.
<b>Bioaccumulatie</b>	: Wordt niet geacht te bioaccumuleren.
<b>Biologische afbreekbaarheid [%]</b>	: Niet afbreekbaar. Anorganisch, niet in water oplosbaar product.
<b>Verdere schadelijke effecten</b>	: Geen enkel bekend.

**13. INSTRUCTIES VOOR VERWIJDERING**

<b>Restanten</b>	: Op een veilige manier opruimen in overeenstemming met lokale/nationale voorschriften.
<b>Gecontamineerde verpakking</b>	: Op een veilige manier opruimen in overeenstemming met lokale/nationale voorschriften.

Keyser & Mackay C.V.  
Leidsegracht 19 NL-1017 NA Amsterdam  
Tel. 020-6263323 Fax 020-6254559

Tel.nr. voor noodgevallen : 0317 - 619102

	<b>VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD</b>	bladzijde : 6 / 6
		Revisie nr : 4
		Datum : 2 / 7 / 2008
		Vervangt : 6 / 11 / 2006
<b>Bindzil CC 30</b>		<b>800-01</b>

#### 13. INSTRUCTIES VOOR VERWIJDERING (vervolg)

voorschriften.  
 Specifieke gevaren : Geen enkel bekend.

#### 14. INFORMATIE MET BETREKKING TOT HET VERVOER

Algemene informatie  
 - RID/ADR, klasse : Niet gereguleerd.

#### 15. WETTELIJK VERPLICHTE INFORMATIE

Handelsnaam : Bindzil CC 30  
 EEG etikettering : Niet ingedeeld.  
 - Symbo(o)l(en) : Geen.  
 - R-Zinnen : Geen.  
 - S-Zinnen : Geen.  
 - Andere zinnen : Inlichtingenblad aangaande de veiligheid is voor de professionele gebruiker op aanvraag verkrijgbaar.  
 Basis van de indeling : Niet van toepassing.  
 EG-Annex nr. : Niet van toepassing.

#### 16. OVERIGE INFORMATIE

Nummer van mutatie van het VIB : Zie rechter bovenhoek.  
 Datum van laatste mutatie VIB : Zie rechter bovenhoek.  
 Afdrukdatum VIB : 2 / 7 / 2008  
 Naam samensteller : Drs. P.N.W. van der Vliet - Safety Coordinator  
 Bij mutatie betrokken subheadings : Veranderingen t.o.v. de vorige uitgave zijn d.m.v. een \*\*\* gemarkeerd.  
 Informatiebronnen : Origineel VIB en specificaties van producent.  
 Lijst van relevante R-zinnen : R11 - Licht ontvlambaar.  
 R23/24/25 - Vergiftig bij inademing, opname door de mond en aanraking met de huid.  
 R39/23/24/25 - Vergiftig : gevaar voor ernstige onherstelbare effecten bij inademing, aanraking met de huid en opname door de mond.

De inhoud en het formaat van dit VIB zijn in overeenstemming met Verordening (EG) nr. 1907/2006, artikel 31.

**AFWIJZING VAN AANSPRAKELIJKHEID** De informatie in dit VIB werd verkregen van bronnen die, naar beste weten, betrouwbaar zijn. De informatie wordt ter beschikking gesteld zonder enige garantie - direct geïmpliceerd - betreffende de correctheid. De condities of methoden van hantering, opslag, gebruik of het afvoeren van het product, liggen buiten onze controle en beheersing en kunnen eventueel ook buiten onze kennis liggen. Om deze en ook om andere redenen, accepteren wij geen enkele aansprakelijkheid terwijl aansprakelijkheid voor verlies, beschadiging of onkosten uitdrukkelijk wordt afgewezen die op welke wijze dan ook, kunnen voortvloeien uit de hantering, de opslag, het gebruik of de verwijdering van het product. Dit VIB werd samengesteld, en dient ook uitsluitend te worden gebruikt, voor dit product. Als het product wordt gebruikt als een component in een ander product, is het mogelijk dat de VIB informatie niet van toepassing is.

Einde van document



## Bindzil<sup>®</sup> CC PRODUCTS

Bindzil<sup>®</sup> CC (Clear Coatings) products are colloidal dispersions of discrete spherical silica particles in weakly alkaline water. These sub-microscopic particles consist of pure amorphous silicon dioxide. The particle sizes range from 5 to 50 nano meters in diameter and are present in a very narrow particle range. The product is stabilised with a small amount of sodium hydroxide and surface treated with an organic compound.

### Bindzil<sup>®</sup> CC 30

Bindzil<sup>®</sup> CC 30 is specially developed and designed for the use in waterborne coatings. Bindzil<sup>®</sup> CC 30 offers superior stability and binding properties in most latex coating compositions and enhance properties like abrasion and scratch resistance, reduced tackiness and drying time.

#### PRODUCT CHARACTERISTICS

TYPICAL PROPERTIES	
SiO <sub>2</sub> :	29 % by weight
pH:	8
Density:	1.200 g/cm <sup>3</sup> at 20°C
Viscosity:	5 cPs at 20°C
Average particle size	7 nm
Appearance	Transparent liquid, no smell or taste

#### STORAGE AND HANDLING

Bindzil<sup>®</sup> CC 30 is not frost sensitive. However, Bindzil<sup>®</sup> CC 30 should best be stored at 5 to 35°C.

Bindzil<sup>®</sup> CC 30 is best stored in dark closed tanks made from resistant materials such as stainless steel, coated steel or plastic. Aluminium, copper or regular steel containers should be avoided. Stored under above-mentioned conditions the product quality is guaranteed for 12 months.

## PRODUCT DATA SHEET

### **PACKAGING**

Bindzil® CC 30 is shipped in non-returnable plastic drums containing 260-kg net weight. It is also available in non-returnable semi bulk containers (1 m<sup>3</sup>) containing 1200-kg net weight or in bulk.

### **DOSAGE AND FEEDING**

Thanks to its small particle size Bindzil® CC 30 can often be used at lower dosages than conventional colloidal silicas. A representative from the marketing department of Sector CS, Eka Chemicals will advise you how to use Bindzil® CC 40 after having discussed your specific needs.

### **HEALTH, SAFETY AND ENVIRONMENT**

Before handling this material, read the corresponding Material Safety Data Sheet for health, safety and environmental information.

Revision date: Sep 2004



Productgegevens gebruikte nanoprodukten bij het aanbrengen van coatings:

Environ X

**Coating**

Environ-X: een op waterbasis geproduceerde hydro-synthetische photocatalist.

**Toepassingen**

Antibacteriële werking en toepasbaar op alle ondergronden en in alle ruimtes.

**Eigenschappen**

<i>Properties</i>	<i>Typical Value</i>
<b>Appearance</b>	<b><i>Yellowish transparent liquid</i></b>
<b>Dispersive type</b>	<b><i>Sol</i></b>
<b>Odor</b>	<b><i>None</i></b>
<b>pH</b>	<b><i>8-10</i></b>
<b>Boiling point</b>	<b><i>100°C/212°F</i></b>
<b>Volatility</b>	<b><i>None</i></b>
<b>Freezing point</b>	<b><i>0°C/32°F</i></b>
<b>Flash point</b>	<b><i>Non flammable</i></b>
<b>Explode upper limit</b>	<b><i>N/A</i></b>
<b>Explode lower limit</b>	<b><i>N/A</i></b>
<b>Average primary particle size</b> <i>Acc. To GB/T 19591-2004</i>	<b><i>&lt;8nm</i></b>
<b>Crystal structure</b> <i>Acc. To GB/T 19591-2004</i>	<b><i>Anatase</i></b>
<b>Specific surface area (BET)</b> <i>Acc. To ISO 9277:1995</i>	<b><i>160±30 m<sup>2</sup>/g</i></b>
<b>Coagulation index</b> <i>Acc. To GB/T 19591-2004</i>	<b><i>2-4</i></b>
<b>Material academic duration</b>	<b><i>Permanent</i></b>
<b>Saturated stream pressure</b>	<b><i>2333Pa acc. to H<sub>2</sub>O 1 PN 20°C</i></b>
<b>Opposite stream density</b>	<b><i>&lt;1.0 acc. to H<sub>2</sub>O</i></b>
<b>Solubility</b>	<b><i>Dissolve in water, miscible in oil.</i></b>
<b>True Specific gravity</b>	<b><i>1.02-1.03</i></b>
<b>Viscosity, dynamic</b>	<b><i>1.0050 mPa.s</i></b>
<b>Vaporize velocity</b>	<b><i>&lt;1.00 acc. to H<sub>2</sub>O</i></b>

### Registraties:

Werkzame stof: Titanium Dioxide

CAS NO.	13464-67-7
EINECS	236-675-5
TSCA (USA)	registered
AICS (Australia)	registered
CEPA (Canda)	registered
MITI (Japan)	1-558
ECL (Korea)	registered

Het product is onschadelijk in overeenstemming met de Richtlijn 67/548 en 99/45/EC van de EEG.

Alle componenten van de coating voldoen aan de verordeningen van de Toxic Substances Control Act (TSCA) van de Verenigde Staten van Amerika.

### Classificatie schadelijke stoffen:

Schadelijkheid	: geen
Giftigheid	: niet giftig
Milieueffect	: geen
Vlampunt	: geen (niet vlambaar)
Explosiegevaar	: geen
Stabiliteit	: stabiel
Acute giftigheid	: geen (niet giftig)
Irritatie	: geen

### Afvoer:

Geen specifieke behandeling noodzakelijk. Afvoer via de normale waterafvoersystemen.

### Applicatie

Environ-X wordt door verneveling aangebracht.

### Persoonlijke bescherming:

*Ogen:*

Geen specifieke eisen. Advies voor veiligheidsbril met zijdekking bij intensieve industriële behandeling.

*Huid:*

Geen speciale eisen bij normale behandeling. Advies voor het dragen van handschoenen bij intensieve industriële behandeling.

*Ademhaling:*

Bij intensieve industriële behandeling wordt geadviseerd het ademhalings beschermende materiaal (Acc. Aan 89/656/EEC. 89/686/EEC) of gelijkwaardig materiaal te gebruiken.

### Eerste Hulp:

Contact met ogen	: reinigen met water
Contact met de huid	: reinigen met water
Inademing/inneming	: gorgelen met water en doorslikken of uitspugen.

### In geval van brand:

Blusprocedure	: geen (niet vlambaar)
Blusproducten	: water en alle andere normale blusproducten
Bescherming brandweer	: geen specifieke eisen

## Productgegevens gebruikte nanoprodukten ten behoeve van werkzaamheden met beton – NanoCrete R4



The Chemical Company

Veiligheidsinformatieblad

Volgens 2001/58/EC

### EMACO NANOCRETE R4



Irriterend

#### 1. IDENTIFICATIE VAN DE STOF OF HET PREPARAAT EN VAN DE VENNOOTSCHAP/ONDERNEMING

Productbenaming	EMACO® NANOCRETE R4
Aanbevolen toepassing	Reparatiemortel
Fabrikant / Verdelers	BASF Construction Chemicals Belgium NV Industrieterrein Ravenshout 3711, Nijverheidsweg 89, B-3945 Ham, Belgium Tel : +32 11 34 04 10 - Fax : +32 11 40 29 33 E-mail : mbt.be@basf.com - Website: www.basf-cc.be
Informatie bij noodgevallen	België: Tel: +32 11 34 04 10 Nederland: Tel: +31 162 47 66 60

#### 2. SAMENSTELLING EN INFORMATIE OVER DE BESTANDELEN

Chemische eigenschappen	Gemodificeerd zand - cement mengsel
Gevaarlijke bestanddelen	
Portland cement (Cr-VI < of = 2 ppm)	Conc: 30 - 40 % - EINECS: 266-043-4 - CAS: 65997-15-1 - Xi - R37/38, R41
Calciumhydroxide	Conc: 2 - 5 % - EINECS: 215-137-3 - CAS: 1305-62-0 - Xi - R41

#### 3. IDENTIFICATIE VAN DE GEVAREN

Risico's	R37/38 - Irriterend voor de ademhalingswegen en de huid R41 - Gevaar voor ernstig oogletsel.
----------	---

#### 4. EERSTEHULPMAATREGELEN

Contact met de ogen	Onmiddellijk met veel water spoelen gedurende tenminste 15 minuten. Bij aanhoudende irritatie, medische hulp inroepen.
Contact met de huid	Onmiddellijk langdurig met veel water wassen. Bij aanhoudende irritatie, medische hulp inroepen. Bevuilde kleding uittrekken en wassen.
Inademing	Verplaats slachtoffer naar frisse lucht. In geval van ademhalingsmoeilijkheden of benauwdheid, vraag medische hulp.
Inslikken	Een arts raadplegen. Let op het hoge alkalinegehalte van cement.

#### 5. BRANDBESTRIJDINGSMAATREGELEN

Geschikte blusmiddelen	niet van toepassing
Blusmiddelen die om veiligheidsredenen niet gebruikt mogen worden	Niet bekend
Bijzondere gevaren van blootstelling aan de chemische stof zelf, haar verbrandingsproducten of vrijkomende gassen	Niet bekend
Beschermende uitrusting	Draag onafhankelijk ademhalingsapparaat met persluchtcilinder en beschermende kleding.

#### 6. MAATREGELEN BIJ ACCIDENTEEL VRIJKOMEN VAN DE STOF OF HET PREPARAAT

Persoonlijke voorzorgsmaatregelen	Zorg voor voldoende luchtverversing. Draag geschikte beschermende kleding en stofmasker.
-----------------------------------	--

---

**EMACO NANOCRETE R4**

---

Milieuvoorzorgsmaatregelen

Niet lozen in riolering of afwatering vanwege het hoge alkaline gehalte.

Reinigingsmethoden

Verzamelen in een container en hergebruiken. Bedek met zand of ander aangepast materiaal en verwijder volgens 13.

**7. HANTERING EN OPSLAG**

Hantering

Stofvorming vermijden.

Vermijd morsen, huid- en oogcontact. Volg de industriële richtlijnen i.v.m. veiligheid en hygiëne.

Opslag

In goed gesloten verpakking bewaren.

Bewaren op een koele, droge plaats.

Beschermen tegen vorst.

**8. MAATREGELEN TER BEHEERSING VAN BLOOTSTELLING/PERSOONLIJKE BESCHERMING**

Blootstellingslimieten

TLV-TWA: 10 mg/m<sup>3</sup>OES-LTEL: 4 R / 10 l mg/m<sup>3</sup>MAK : 5 E mg/m<sup>3</sup>MAC-TGG 8 h : 10 mg/m<sup>3</sup>GWBB - 8 h : 10 mg/m<sup>3</sup>

Maatregelen ter bescherming van blootstelling :

Aanbevolen technische maatregelen

Zorg voor voldoende ventilatie of luchtafvoer op de werkplaats.

Aanbevolen milieumaatregelen

Zie hoofdstuk 13

Persoonlijke beschermingsmiddelen :

Adembescherming

stofmasker (filter St)

Handenbescherming

rubber handschoenen

Oogbescherming

Stofbril of gezichtsbescherming

Huid- en lichaamsbescherming

Schort of licht beschermende kleding

**9. FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN**

Vorm

poeder

Kleur

grijs

Geur

niet bepaald

Dichtheid

niet van toepassing

Bulk soortelijk gewicht

niet van toepassing

pH

&gt; 12 bij 20 °C

Vlampunt

niet van toepassing

Zelfontbrandingstemperatuur

niet van toepassing

Dampspanning

niet van toepassing

Wateroplosbaarheid

onoplosbaar

Viscositeit

niet van toepassing

Explosiegrenzen :

- bovenste

niet van toepassing

- onderste

niet van toepassing

Ontledingstemperatuur

niet van toepassing

Kookpunt/traject

niet van toepassing

Andere gegevens

Chroomarm - Cr-VI &lt; 2 ppm

---

**EMACO NANOCRETE R4**

---

**10. STABILITEIT EN REACTIVITEIT**

Te vermijden omstandigheden

Met water gemengd ontstaat een alkaline suspensie. Gelijktijdige uitharding met vrijgeven van hydratatiewarmte.

natte of vochtige ruimtes.

Te vermijden stoffen

Niet combineerbaar met zuren en basen.

Gevaarlijke ontledingsproducten

water, vocht

Geen, bij normaal gebruik.

**11. TOXICOLOGISCHE INFORMATIE**

Acute toxiciteit :

LD50 oraal rat

niet bepaald

LD50 dermaal rat

niet bepaald

LD50 dermaal konijn

niet bepaald

LC50 inhalatie rat

niet bepaald

Acute effecten/symptomen

Cement- en mortelstof kan de ogen irriteren, en bij langdurig contact de huid. Bij menging met water ontstaat een alkaline oplossing, welke een irriterend effect heeft op ogen en huid.

Na contact met de ogen

Irriterend voor de ogen.

Na contact met de huid

Irriterend voor de huid.

Na inademing

Hoesten

Na opname door de mond

Irriterend voor de ademhalingswegen.

Irritatie van de slijmvliezen.

Inslikken veroorzaakt irritatie van de bovenste luchtwegen en maagdarmlaesten.

Chronische effecten

Kan overgevoeligheid veroorzaken bij inademing of contact met de huid.

**12. ECOLOGISCHE INFORMATIE**

Ecotoxiciteitseffecten

Niet lozen in riolering of afwatering vanwege het hoge alkaline gehalte. Dit product is schadelijk door zijn alkaline voor vis en andere in het water levende wezens.

**13. INSTRUCTIES VOOR VERWIJDERING**

Product

Hergebruiken indien mogelijk. Vernietigen volgens de lokale wetten voor bouwmaterialen.

Verpakking

Vernietigen volgens de lokale wetten.

**14. INFORMATIE MET BETREKKING TOT HET VERVOER**

Algemeen

De stof is geclassificeerd als ongevaarlijk goed overeenkomstig de vervoersvoorschriften.

Vervoer over de weg - ADR

Vervoer per spoor - RID

Zeetransport - IMDG

Luchtvervoer - ICAO/IATA

**15. WETTELIJK VERPLICHTE INFORMATIE**

Etikettering

Xi - Irriterend

R-zin(nen)

R37/38 - Irriterend voor de ademhalingswegen en de huid

R41 - Gevaar voor ernstig oogletsel.

S-zin(nen)

S 2 - Buiten bereik van kinderen bewaren.



---

**EMACO NANOCRETE R4**

---

S22 - Stof niet inademen.  
S24/25 - Aanraking met de ogen en de huid vermijden.  
S26 - Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.  
S36/37/39 - Draag geschikte beschermende kleding, handschoenen en een beschermingsmiddel voor de ogen/voor het gezicht.  
S46 - In geval van inslikken onmiddellijk een arts raadplegen en verpakking of etiket tonen.

**16. OVERIGE INFORMATIE**

Verdere informatie

Geen

Relevante wijzigingen

- 02 - Gevaarlijke bestanddelen
- 03 - Risico's

R-zinnen van de componenten

R37/38 - Irriterend voor de ademhalingswegen en de huid  
R41 - Gevaar voor ernstig oogletsel.

Belangrijke Nota

De informatie in dit veiligheidsblad werd opgesteld naar best vermogen, en geeft de stand van kennis weer op het ogenblik van publicatie. De gegevens zijn weergegeven als richtlijn voor het veilig hanteren, gebruik, verbruik, opslag, vervoer, verwijdering van de stof, en kunnen niet worden beschouwd als waarborg of kwaliteitsspecificatie. De vermelde gegevens hebben betrekking op de stof als dusdanig, en zijn mogelijk niet meer geldig wanneer de stof wordt gebruikt samen met andere stoffen, of in processen, tenzij aangegeven in de tekst.

---

BASF Construction Chemicals Belgium NV  
Industriepark Ravenshout 3711  
Nijverheidsweg 89, 3945 Ham, Belgium  
Tel +32 11 34 04 10 - Fax +32 11 40 29 33  
mbt.be@basf.com  
www.basf-cc.be

---

BASF Construction Chemicals Nederland bv  
Karolusstraat 2  
Postbus 132, 4900 AC Oosterhout (NB), Nederland  
Tel +31 162 47 66 60 - Fax +31 162 42 96 94  
mbt.nl@basf.com  
www.basf-cc.nl

---

# Emaco<sup>®</sup> NanoCrete R4

**Krimpgecompenseerde, vezelversterkte en structurele reparatiemortel met extra hoge sterktes**

<b>CE</b>	
0749	
BASF CONSTRUCTION CHEMICALS BOLDUEN NV Rijksweg 58, 20245-Hem	
DE	
0749 - C10 012-54330013/0002-001	
EN 1504-3	
Concrete repair product for structural repair (C2 mortar based on hydraulic cement)	
Compressive strength	class R4
CRACKING (COEF)	< 0,05 %
ADHESION (MPa)	> 2,0 MPa
Restrained shrinkage	> 0,1 MPa
Carbonation resistance	passes
island recovery	≥ 25 GPa
Thermal conductivity	
- Frost-Thaw	≥ 2,0 MPa
- Thaw for Shower	≥ 2,0 MPa
- Dry-curing	≥ 3,0 MPa
Compressive absorption	< 1,5 kg/m <sup>2</sup> /50P
Reaction to fire	A1
Designation of standards	CEM III/B-32,5 R



#### Beschrijving

EMACO NANOCRETE R4 is een 1 component, krimpgecompenseerde, structurele reparatiemortel met hoge sterktes en een hoge elasticiteitsmodulus. EMACO NANOCRETE R4 voldoet aan de nieuwe Europese Norm (Richtlijn) EN 1504 deel 3 van de klasse R4 mortel.

EMACO NANOCRETE R4 is een gebruiksklaar product op basis van sulfaatresistente Portland cement (HSR LA) en hoogwaardige zanden met specifieke korrelopbouw. Gemodificeerd met zorgvuldig geselecteerde polymeervezels (PAN – polyacrylonitril) en specifieke vulstoffen werkt EMACO NANOCRETE R4 krimpcompenserend en vermindert de kans op scheurvorming.

Indien EMACO NANOCRETE R4 met water wordt gemengd vormt het een sterk thixotrope mortel dat gemakkelijk via spuitapplicatie of met de spaan kan worden aangebracht.

#### Toepassingsgebied

EMACO NANOCRETE R4 wordt gebruikt voor structurele reparaties van betonnen bouwelementen zoals:

- Kolommen, dwarsbalken (dwarsliggers) en pijlers van bruggen.
- Koeltorens en schoorstenen, e.a. in industriële omgevingen.
- Waterzuiveringsinstallaties en riolering
- Tunnels, pijpen (buizen), aflopen en alle ondergrondse constructies, voornamelijk in aardvochtige condities
- Constructies in de zeewaterbouwkunde.

#### Verbruik

1 zak van 25 kg EMACO NANOCRETE R4 geeft ca. 11 liter gietspecie.

Verbruik: 2,2 kg gemengd product per m<sup>2</sup>/mm laagdikte (ongeveer 2 kg droog poeder per m<sup>2</sup>/mm laagdikte).



Het verbruik is afhankelijk van de porositeit van de ondergrond, de hoeveelheid wapening, verspilling, etc. Daarom is het voor elke specifieke toepassing aangewezen om een geschiktheidsonderzoek uit te voeren en het product op een klein proefvlak te testen (in situ tests).

#### Verpakking, opslag en houdbaarheid

EMACO NANOCRETE R4 is verpakt in vochtbestendige zakken van 25 kg.

Droog, koel en vorstvrij opslaan bij een temperatuur tussen 15°C en 25°C. In de gesloten en originele verpakking is het product 12 maanden houdbaar.

#### Voordelen

- Kan binnen en buiten, op horizontale en verticale vlakken, in droge en natte omstandigheden en boven het hoofd worden toegepast.
- Geformuleerd met de nieuwe nanotechnologie en scheuroverbruggende eigenschappen; vezelversterkt (polyacrylonitril vezels) om scheurvorming te beperken.
- Sterk thixotroop – kan zonder bijkomende wapening tot een laagdikte van 50 mm worden aangebracht.
- Hoge begin- en eindsterktes.
- Uitstekende verwerkbaarheid waardoor NANOCRETE R4 gemakkelijk kan worden aangebracht en afgewerkt.
- Door een hoge elasticiteitsmodulus en uitstekende hechting op de eerste betonlaag kunnen zware lasten worden gedragen.
- Uitstekend bestand tegen vries- en dooicycli.
- Verhoogde weerstand tegen carbonatatie.
- Sulfaatbestendig.
- Slechts zeer beperkte (minimale) indringing van water en chloriden mogelijk.
- Laag chroomgehalte (Cr VI < 2 ppm).
- Chloorvrij.

#### Gebruiksaanwijzing

##### 1. Voorbereiding van de betonnen ondergrond

De ondergrond moet gezond en volledig zuiver zijn om een goede hechting te kunnen verzekeren. Resten van ontkistingsolie, vetten, stof, cementhuid en andere onzuiverheden eerst verwijderen.

De treksterkte moet minstens 1,5 N/mm<sup>2</sup> zijn.

Het beschadigde beton of mortel en cementhuid met een beitel of kaphamer verwijderen of voorbereiden door gritstralen of hoge druk waterstralen totdat een ruw, stevig en zuiver oppervlak bekomen wordt.

De textuur moet ruw zijn: alle granulaten moeten zichtbaar zijn.

De randen van de te repareren zone moeten recht worden ingezaagd tot een diepte van minimum 5 mm.

##### 2. Voorbereiding van de ondergrond met wapening

Indien de wapening zichtbaar is moet deze gestraald worden volgens de zuiverheidsgraad Sa 2 die voldoet

aan de ISO 8501-1 / ISO 12944-4 norm. Zorg ervoor dat ook de achterkant van de wapening zuiver is.

Enkel wanneer het beton door chloriden is aangetast (verontreinigd) of wanneer de diepte die moet overlaagd worden minder dan 5 mm is, moet de wapening beschermd worden met EMACO NANOCRETE AP (zie productinformatieblad).

##### 3. Verzadiging van de ondergrond

Bij manuele applicatie is het raadzaam om een borstelbare aanbrandlaag van EMACO NANOCRETE R4 aan te brengen.

Bij spuitapplicatie is het aanbrengen van een aanbrandlaag EMACO NANOCRETE R4 niet nodig.

Nota: EMACO NANOCRETE R4 nat-in-nat op de aanbrandlaag/hechtlaag aanbrengen.

##### 4. Mengem

Open de zakken EMACO NANOCRETE R4 vlak voor het mengen. Beschadigde en geopende zakken mogen niet worden gebruikt.

Giet de minimale hoeveelheid water in een zuiver mengvat. De hoeveelheid water is afhankelijk van de vereiste consistentie (3,8 – 4,2 liter water per zak van 25 kg). EMACO NANOCRETE R4 snel en ononderbroken toevoegen en met een mechanische menger met traag draaiende mengschroef (max. 400 tr/min.) gedurende minstens 3 minuten mengen tot men een homogene en klontervrije mortel verkrijgt. Gebruik alleen zuiver leidingwater.

Laat het mengsel dan 2-3 minuten ter verzadiging rusten en meng opnieuw. Voeg indien nodig extra water of poeder toe.

De hoeveelheid aanmaakwater kan enigszins afwijken van de aangegeven waarden, afhankelijk van de omgevingstemperatuur en de relatieve vochtigheid.

Nota: De maximale hoeveelheid aanmaakwater niet overschrijden!

##### 5. Aanbrengen van de mortel

Na voorbereiding van de ondergrond moet het te herstellen beton met water worden verzadigd, bij voorkeur 24 uur, maar minimum 2 uur, voor het aanbrengen van de mortel EMACO NANOCRETE R4.

De ondergrond moet matvochtig zijn, zonder vrijstaand water.

Om een optimale uitharding van het product te verkrijgen EMACO NANOCRETE R4 aanbrengen bij temperaturen tussen +5°C en +30°C. De EMACO NANOCRETE R4 mortel kan met de hand d.m.v. een spreidlat, spaan of houten strijkbord, of door spuitapplicatie in de gewenste laagdikte van 5 tot maximum 50 mm worden aangebracht. Gemengde EMACO NANOCRETE R4 onmiddellijk op de matvochtige ondergrond of op de nog vochtige aanbrandlaag nat-in-nat aanbrengen.

Indien EMACO NANOCRETE R4 bij spuitapplicatie met de juiste druk wordt aangebracht (nl. eerst een zeer dunne laag als hechtlaag en opbouwend naar gewenste







The Chemical Company

laagdikten) is een goede hechting van het product verzekerd.

Vooraleer EMACO NANOCRETE R4 in de gewenste laagdikte wordt aangebracht is het aangewezen om bij manuele applicatie een dunne schraaplaag of aanbrandlaag nat-in-nat aan te brengen. Hierdoor verkrijgt men een betere hechting.

Het afwerken met het strijkbord, de spons of styrofoam mag slechts aangevat worden wanneer de binding van de mortel bezig is. Raadpleeg uw BASF-CC specialist voor meer informatie.

Bij lagere temperaturen en meer vochtigheid wordt de verwerkbaarheidsduur naar verhouding verlengd.

#### Curing

De hierna vernoemde curing methodes zijn aanbevolen:

- polyethyleen film
- natte vodden
- nabehandlungsproducten van het type Masterkure.

Contacteer uw BASF-CC specialist voor meer informatie.

#### Reinigen van het gereedschap

Onmiddellijk na gebruik, zelfs na kort oponthoud, wordt het gereedschap met zuiver water gereinigd. Uitgehard/opgedroogd materiaal kan mechanisch worden verwijderd.

#### Aandachtspunten

- EMACO NANOCRETE R4 niet aanbrengen bij temperaturen lager dan +5°C en hoger dan +30°C.
- Geen cement, zand of andere producten die de karakteristieken van EMACO NANOCRETE R4 nadelig beïnvloeden aan het product toevoegen.
- Nooit water of verse mortel toevoegen aan een mengsel de binding reeds is begonnen.

#### Veiligheidsmaatregelen

Zoals andere producten die Portland cement bevatten kan ook EMACO NANOCRETE R4 irritatie veroorzaken. Vermijd contact met de huid. Indien EMACO NANOCRETE R4 in de ogen komt, spoel onmiddellijk en gedurende 15 minuten veelvuldig met zuiver water. Raadpleeg een arts. In geval van contact met de huid, deze zorgvuldig wassen. Het product buiten het bereik van kinderen houden. Raadpleeg het veiligheidsinformatieblad voor verdere informatie.



**Technische gegevens van EMACO NANOCRETE R4**

Eigenschap	Norm	Eenheid	Norm EN 1504-3	Gemeten waarde
Vorm	-	-	-	grijs poeder
Chloride-ionen gehalte	EN 1015-17	%	≤ 0,05	0,015
Korrelopbouw	-	mm	-	max. 1,5
Laagdikte	minimum	mm	-	5
	maximum	mm	-	50
Densiteit	-	g/cm <sup>3</sup>	-	≥ 2,1
Aanmaakwater per zak van 25 kg	-	liter	-	ca. 3,8 – 4,2
Verwerkingstijd	-	minuten	-	45 - 60
Ondergrond- en omgevingstemperatuur	-	°C	-	tussen +5 en +30
Druksterkte na 1 dag	EN 12190	N/mm <sup>2</sup>	-	≥ 18
Druksterkte na 28 dagen	-	N/mm <sup>2</sup>	≥ 45	≥ 55
Elasticiteitsmodulus (28 dagen)	EN 13412	N/mm <sup>2</sup>	≥ 20.000	29.500 – 30.000
Hechtsterkte (28 dagen) beton	EN 1542	N/mm <sup>2</sup>	≥ 2	≥ 2,6
Hechtsterkte na vries en dooi (50 cycli met zout)	EN 13687-1	N/mm <sup>2</sup>	≥ 2	≥ 2,2
Hechtsterkte na donder en stortregen (50 cycli)	EN 13687-2	N/mm <sup>2</sup>	≥ 2	≥ 3,5
Hechtsterkte na drogen (50 cycli)	EN 13687-4	N/mm <sup>2</sup>	≥ 2	≥ 3,5
Weerstand tegen carbonatie	EN 13295	mm	≤ referentiebeton MC (0,45)	≤ referentiebeton
Capillaire absorptie	EN 13057	kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup>	≤ 0,5	0,1
Scheurbestendigheid (I)	Coutinho ring	-	-	Geen scheuren na 180 dagen
Scheurbestendigheid (II)	DIN type V-goot	-	-	Geen scheuren na 180 dagen

Uithardingstijden gemeten bij 21°C ± 2°C en 60% ± 10% relatieve luchtvochtigheid. Bij hogere temperaturen kortere tijden; bij lagere temperaturen langere tijden. De hierboven genoemde technische gegevens zijn statistische gegevens en kunnen verschillen van de werkelijk gemeten waarden. Toleranties zijn beschreven in geschikte standaardresultaten.

**BASF Construction Chemicals Belgium NV**

Industrieterrein 'Ravenshout' 3711  
 Nijverheidsweg 89  
 B-3045 Ham  
 Tel. +32 11 34 04 34. Fax +32 11 40 13 92  
[www.basf-cc.be](http://www.basf-cc.be)  
[mbt.be@basf.com](mailto:mbt.be@basf.com)

**BASF Construction Chemicals Nederland bv**

Postbus 132, Karolusstraat 2  
 NL-4900 AC Oosterhout  
 Tel. +31 162 47 66 60. Fax +31 162 42 96 94  
[www.basf-cc.nl](http://www.basf-cc.nl)  
[mbt.nl@basf.com](mailto:mbt.nl@basf.com)



Deze productinformatie is gebaseerd op onze beste kennis van het product. De koper/verwerker zal, op basis van de ondergrond en projectgegevens enerzijds en de toepassings- en werkomstandigheden anderzijds, waarop BASF Construction Chemicals geen invloed heeft, op zijn verantwoordelijkheid een productgeschiktheidsproef uitvoeren, vooraleer met de uitvoering wordt gestart. Schriftelijke en mondelinge adviezen conform onze algemene leveringsvoorwaarden zijn geheel vrijblijvend. Bij herdruk komen voorgaande uitgaven te vervallen.



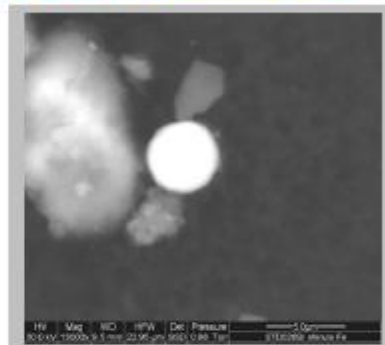
## BIJLAGE 6: ANALYSE RESULTATEN OFF-LINE DIPNA ANALYSES



*Development of an Integrated Platform for Nanoparticle Analysis to verify their possible toxicity and the eco-toxicity*



# Nano-Pollution Assessment



ref. number 051  
 related to tasks NPs characterization  
 related to WPs 5.1  
 issued by University of Modena e Reggio Emilia  
 followed up by

who	CNISM - Laboratory of Biomaterials - Partner 1		
when	06-09-2009		
why	Microparticle and NPs characterization		
what	Particulate indoor air pollution deposited on carbon disk passive collectors		
how	Sample investigation by Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy (FEG-ESEM) + Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)		
prerequisites	1 carbon adhesive discs with particulate matter collected IVAM lab during handling of a glass coating containing NPs		
expected results	Analytical data on occupational exposure to particulate air pollution at IVAM labs		
results summary	<input checked="" type="checkbox"/> works	<input type="checkbox"/> does not work	<input checked="" type="checkbox"/> needs further investigation
recommendation			

→ details including pictures on the following pages

## Materials and methods

Materials	Passive gravimetric collector (double sided taped Carbon disk) monitoring the environmental particulate air pollution in the laboratory during atomizing a NPs containing coating on glass.
Methods	<p>The glass was placed up-right. The carbon disk was attached in the breathing zone (lapel/revers) of the lab employee. The employee was at arm-length of the coated objects.</p> <p>Exposure duration time: 86 minutes</p> <p>At the end of the exposure test, the gravimetric collector was sealed and stored in an airtight container.</p> <p>Specimen preparation</p> <p>No specimen preparation was carried out. The carbon disk collectors were analyzed without any pre-treatment</p> <p>Identification and characterization of environmental particulate air pollution was performed by Field Emission Gun-Environmental Scanning Electron Microscope (FEG-ESEM Quanta 200 Fei) interfaced with X-ray Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) analysis for the determination of particulate matter chemical composition.</p> <p>The working conditions were as follows:</p> <p>Low Vacuum (LV- -0.5 Torr), Secondary Electrons (SE) and Back Scattered Electrons (BSE) modes; 10-30 kV accelerating voltage; 10mm WD. In BSE mode, materials containing elements with atomic weight higher than that of carbon appear brighter in the image.</p>
Results	Beside Zr-rich particulate matter, most probably originating from the carbon disk background, several Ca-rich and Fe-rich particles have been found deposited on the gravimetric passive collector's surface. Of particular significance is the detected presence of Ti-rich particulate matter both as micron sized (1-2 microns in diameter) and as clusters of 0.2 micron Ti NPs.
Conclusions and remarks	Beside particles that can be regarded as originating from soil dust air pollution (Ca and Fe-rich), it is worth noting a contamination problem which takes the form of Ti rich micro and nanoparticles. In one case, the EDS spectrum of a Ti-rich NP reveals also the presence of a weak Pb peak.
Conductors contact →	Antonietta Gatti ( <a href="mailto:antonietta.gatti@unimore.it">antonietta.gatti@unimore.it</a> ), Nick Schiavon
Annexes	<input checked="" type="checkbox"/> images and diagrams <input type="checkbox"/> further documents <input type="checkbox"/> references

Annexes: All supports are passive gravimetric collectors detecting the particulate environmental pollution present in the nanotechnology laboratories. The unit verified the presence of a micro- and nano-sized pollution from a chemical and morphological point of view.

Sample A

Table 1. List of the investigation carried out on passive gravimetric collector at IVAM laboratory.

Analysis	Description	Elemental Composition
1	Particles	(background composition) C,O,S,Na,P
2	Ca-rich particle cluster	Ca,C,O,Cl,Si,S,P,Na,Mg,Al,Ti,Fe
3	Pb-rich particle cluster (including NPs)	C,Ca,O,Pb,Si,Mg,P,Na,Al,Ti,Fe
4	Ca-rich particle 8 $\mu\text{m}$	C,Ca,O,S,Mg,Na
5	Ti spherule 2 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,Na,S,P
6	Zr particle 0.8 micron	Zr: C,Zr,O,Na
7	Zr particle 1 micron	Zr: C,Zr,O,Na
8	Ti spherule 1 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,Na,S,P
10	Fe-S particle 2 $\mu\text{m}$	C,Fe,S,O,Na,P,Si
12	cluster of Ti-particle 0,2 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,S,Al,Na,Ca,P
12	Ti spherule 2 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,Na,S,P
13	Ca-rich particle 3 $\mu\text{m}$	C,Ca,O,S,Mg,Na
14	Fe-rich particle 1,5 $\mu\text{m}$	C,O,Fe,S,Si,P,Na
15	Ti spherule 1 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,Na,S,P
16	Ti spherule 2 $\mu\text{m}$	C,Ti,O,Na,S,P
17	Fe- rich particle cluster	C,O,Fe,S,Si,Na,P,Al,Mg,Ca

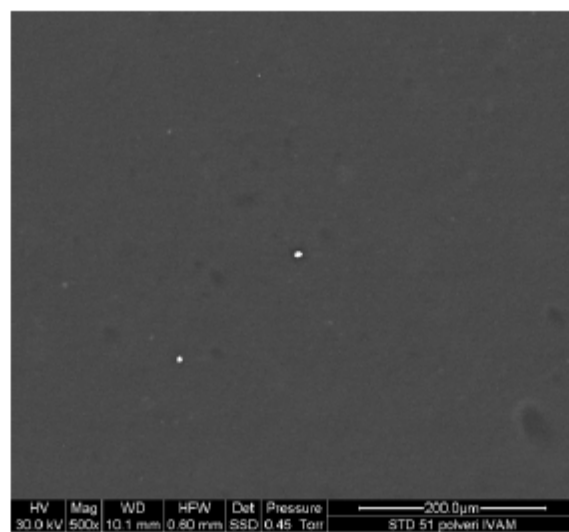


Fig 1. BSE low magnification image and EDS spectrum of the Carbon adhesive disc.

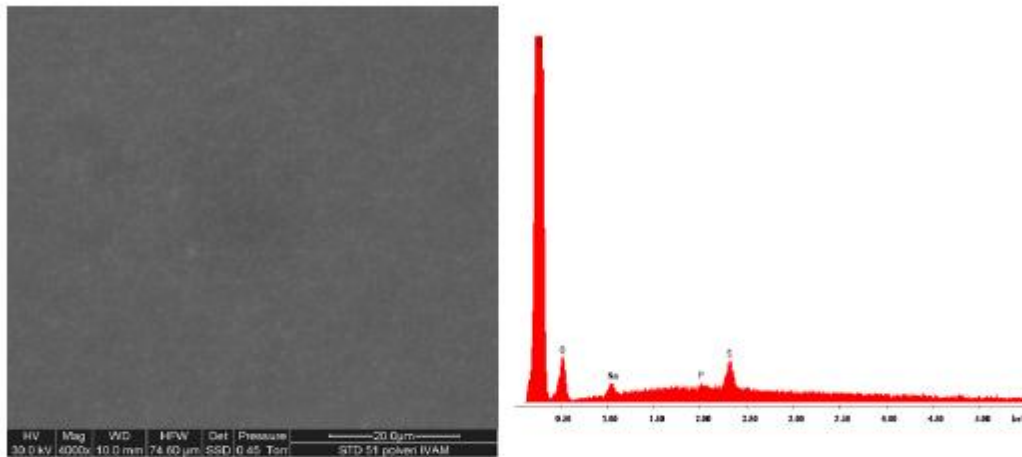


Fig 2. BSE low magnification image and EDS spectrum of the Carbon adhesive disc with (right) the EDS spectrum of the disk background revealing a C,O,S,Na,P elemental composition.

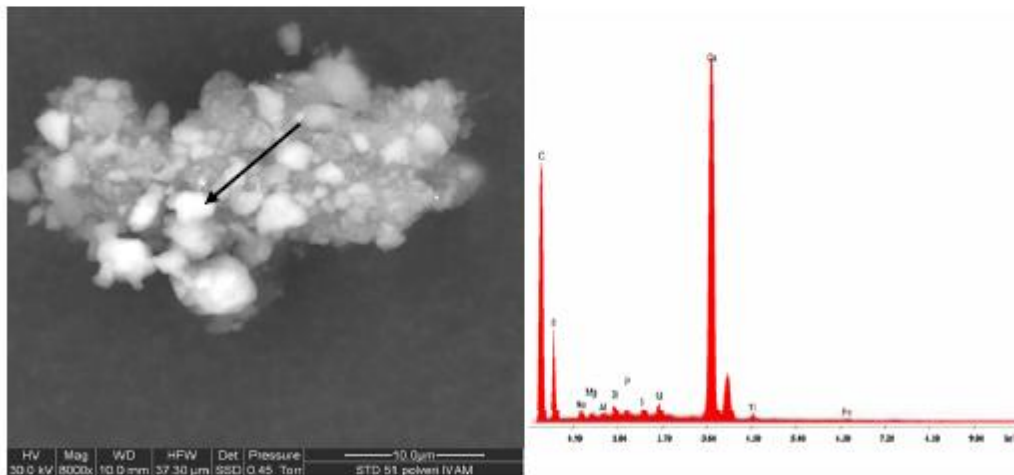


Fig. 3. BSE image of a large (>30 micron in diameter) particle cluster. EDS spectrum taken at arrow's points (in [a]) reveal a Ca-rich elemental composition.

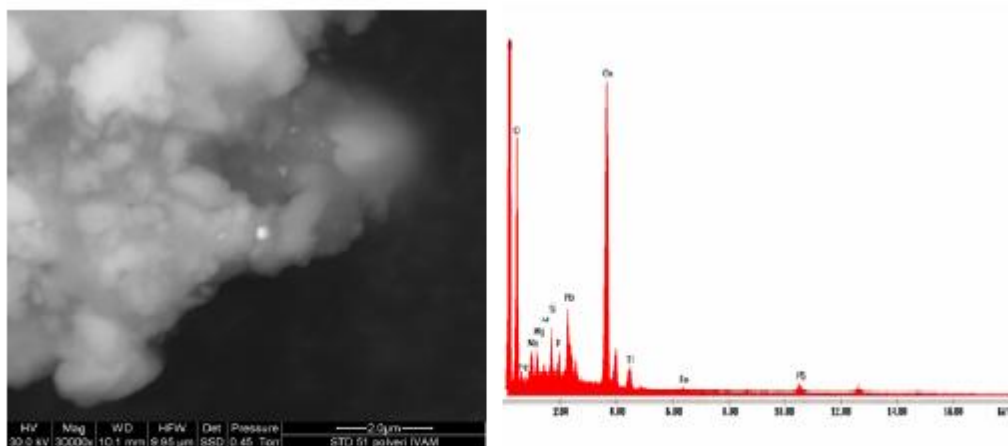


Fig. 4. Close-up of bottom right area of previous figure showing the presence imbedded in the Ca-rich clusters of NPs with a Pb-Ti elemental composition (see EDS spectrum on the right).



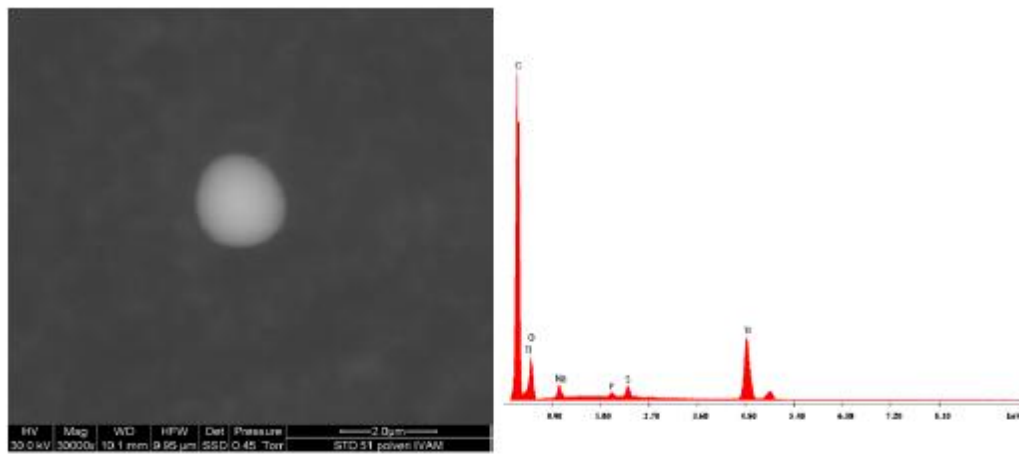


Fig. 5. BSE image and EDS spectrum of a Ti-rich spherical particle (1.5 micron in diameter).

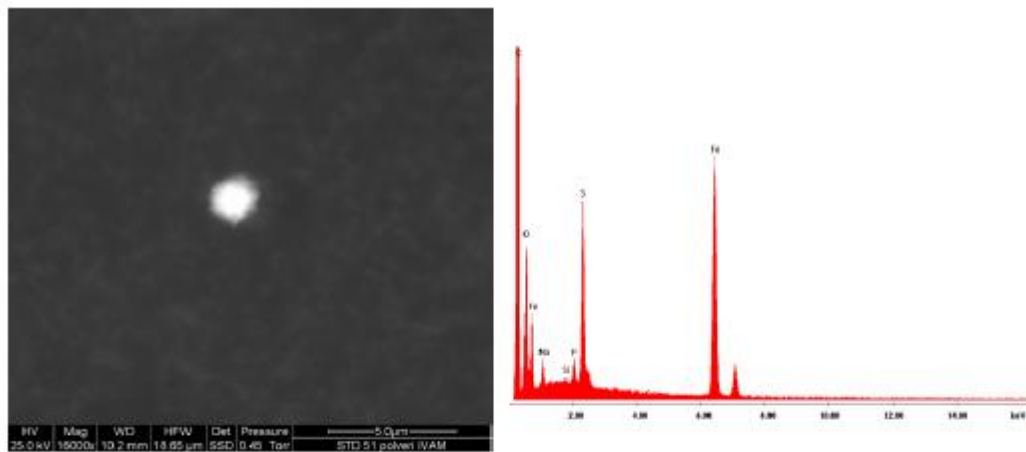


Fig. 6. BSE image and EDS spectrum of a Fe-S rich spherical particle (2 micron in diameter).

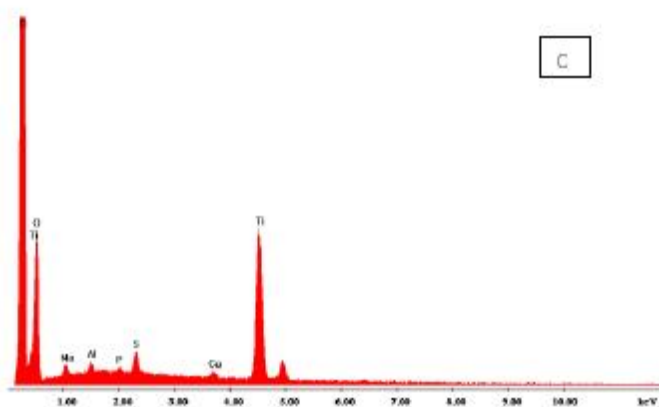
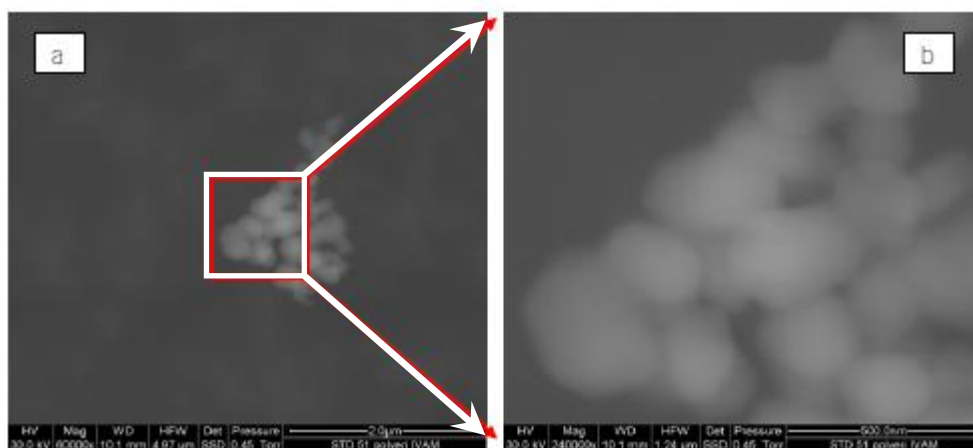


Fig. 7. a) BSE image and close-up view (b) of a cluster of Ti rich (see EDS in [c]) NPs.

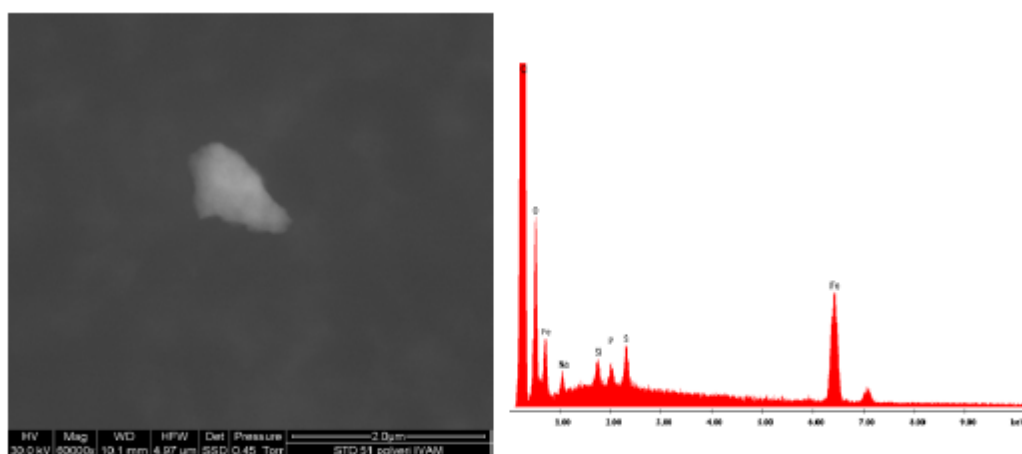


Fig. 8. BSE image of an irregular particulate fragment with an Iron-rich elemental composition (see EDS spectrum on the right).



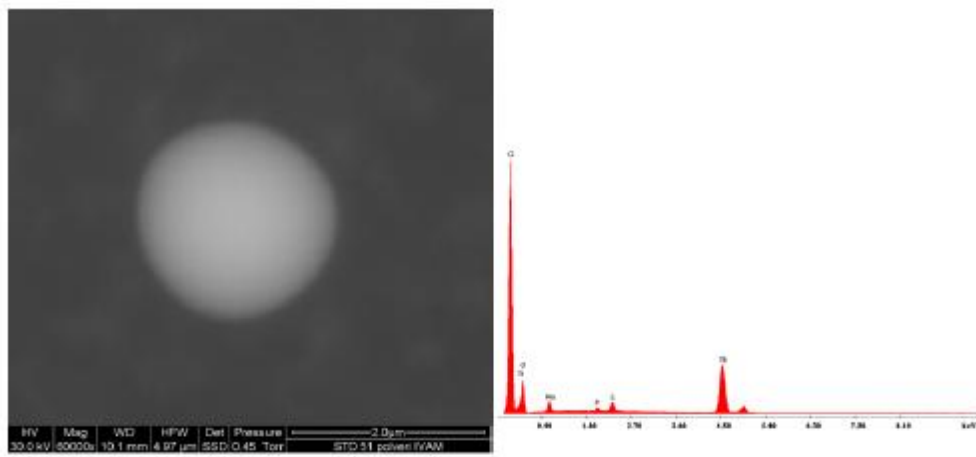


Fig. 9. BSE image and EDS spectrum of a Ti-rich spherule.

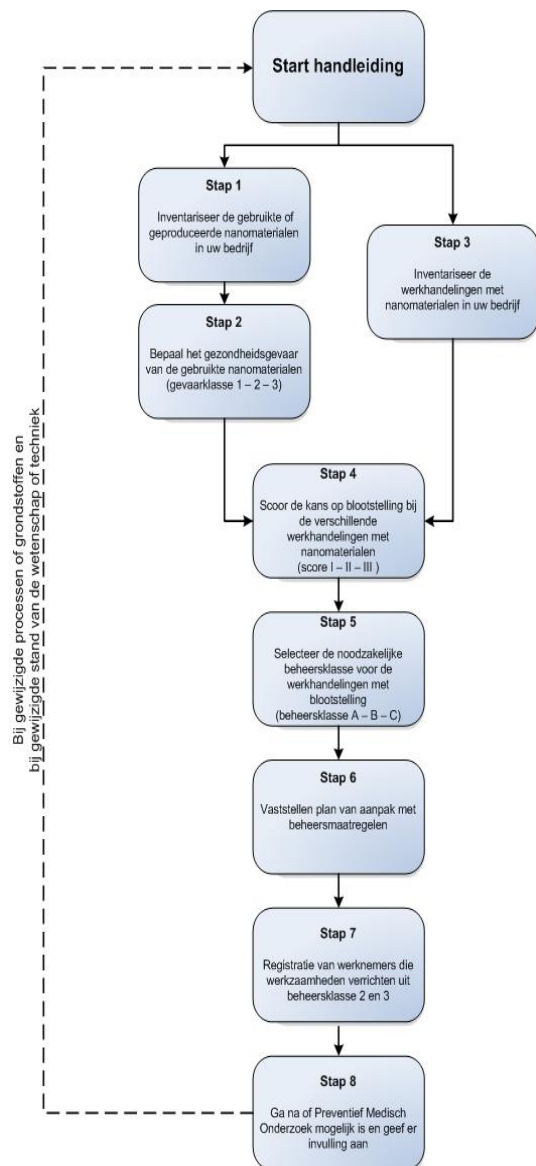
## BIJLAGE 7: STAPPENPLAN VOOR DE ONTWIKKELING VAN VEILIGE WERKPROCEDURES VOOR BEDRIJVEN DIE WERKEN MET NANOMATERIALEN EN –PRODUCTEN

Dit is een handleiding voor het creëren van een veilige werkplek als er met nanomaterialen of nanoprodukten<sup>29</sup> gewerkt wordt. De handleiding is ontwikkeld door werkgevers en werknemers. Deze handleiding is niet uitputtend, maar wil werkgevers en werknemers die met nanomaterialen werken helpen bij het vinden van passende beheersmaatregelen om de werkplek veilig in te richten volgens de huidige inzichten en stand der techniek. Daarnaast wordt bewustwording van de ‘nanogevoeren’ beoogd.

Deze handleiding richt zich op veilig werken met door de mens gemaakte nanomaterialen. Hij is niet bedoeld voor het beheersen van ‘niet opzettelijk geproduceerde’ nanodeeltjes als dieselmotoremissies, lasrook, etc.

Bestaande wet- en regelgeving voor het werken met gevaarlijke stoffen is naast deze handleiding van kracht. Mocht u bijvoorbeeld werken met nanomaterialen waarvan het moedermateriaal CMR<sup>30</sup> eigenschappen heeft, of als het nanomateriaal zelf CMR eigenschappen heeft, dan moet ook voldaan worden aan de daarvoor geldende wet- en regelgeving. De meest strenge beheersmaatregel is leidend.

Wanneer alle in dit document beschreven stappen doorlopen zijn, dan heeft u als werkgever een goede basis voor de risicobeoordeling omgaan met gevaarlijke stoffen zoals vereist door de Arbowet (voor het onderdeel nanotechnologie). Communicatie met medewerkers kan plaatsvinden via bijvoorbeeld toolbox meetings, werkoverleg of door middel van het ontwikkelen van een informatiebrochure. Wanneer nieuwe producten in het bedrijf geïntroduceerd worden en ze de gangbare traditionele producten vervangen is het een goed moment om medewerkers voor te lichten over het veilig gebruik van deze producten, de mogelijke risico's en de te nemen voorzorgsmaatregelen.



<sup>29</sup> Een nanoprodukt is een product waarin bewust een of meerdere door de mens gemaakte nanomaterialen zijn toegepast.

<sup>30</sup> CMR = carcinogeen, mutageen, reproductie toxisch

## Stap 1 Inventariseer de in uw bedrijf geproduceerde en/of gebruikte nanomaterialen en -producten

Om inzicht te krijgen in het gezondheidsrisico van nanodeeltjes is informatie over een aantal producteigenschappen nodig. Deze zijn vermeld in invultabel 1. De benodigde informatie is te vinden in het Veiligheidsinformatieblad (VIB) of in het technisch informatieblad van het nanoproduct. Indien de informatie hier niet vermeld is, is het nodig deze na te vragen bij de leverancier. Onder nanodeeltjes wordt verstaan deeltjes met een diameter van 1-100 nm.

**Invultabel 1.** Eigenschappen van nanomaterialen en -producten die in het bedrijf gebruikt worden




	nanomateriaal 1	nanomateriaal 2	nanomateriaal 3	nanomateriaal 4	enz.
<b>Productnaam</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Chemische naam</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>CAS-reg. nr.</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Grootteverdeling van deeltjes of primaire deeltjes in product: (in nm)</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Is er sprake van vezelachtige deeltjes (ja/nee. Indien ja, geef lengte en diameter)</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Is er sprake van nanomateriaal(of moedermateriaal) met CMR eigenschappen? (Carcinogeen, Mutageen, Reproductietoxisch)**</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Wateroplosbaarheid (Ja/nee. Stof is wateroplosbaar indien de oplosbaarheid hoger is dan 100 mg/l)</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Dichtheid (soortelijke massa in kg/dm<sup>3</sup>)</b>	.....	.....	.....	.....	.....
<b>Aggregatietoestand van het nanomateriaal (vloeistof of vast)</b>	.....	.....	.....	.....	.....

\*\* Deze informatie wordt gebruikt om te beoordelen of naast beheersmaatregelen beschreven in deze handleiding extra maatregelen genomen dienen te worden om te voldoen aan de wettelijke eisen voor het werken met stoffen met CMR eigenschappen.

## Stap 2 Beoordeel het gezondheidsgevaar van de nanomaterialen en -producten

De nanodeeltjes worden ingedeeld in een klasse voor gezondheidsgevaar. In deze leidraad worden drie klassen gebruikt. Voor de drie klassen geldt: hoe groter het getal, des te groter het gezondheidsgevaar. Nanodeeltjes van klasse 1 zijn relatief onschuldig. Zij hebben uitsluitend het gevaar van de chemische uitgangsstof. Klasse 2 en 3 hebben specifieke “nano effecten”. Gebruik invultabel 2 om aan te geven in welke categorie de in uw bedrijf gebruikte nanoprodukten vallen.

**Invultabel 2.** Indeling van nanomaterialen en -producten in het bedrijf naar gezondheidsgevaar

Gevaren- klasse	Omschrijving	nanomateriaal 1	nanomateriaal 2	nanomateriaal 3	nanomateriaal 4	enz.
		= .....	= .....	= .....	= .....	
1	 (Water)oplosbare nanodeeltjes. Dit zijn nanodeeltjes met een oplosbaarheid > 100 mg/l. <b>Voorbeeld: deeltjes van lipiden, sucrose, siloxanen in de range van 1 – 100 nm.</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	 Synthetische, persistente nanomaterialen (niet-vezelvormig). <b>Voorbeeld: metalen (bijv Ag, Au, Pb, La), metaaloxiden (bijv TiO<sub>2</sub>, ZnO, CeO<sub>2</sub>, CoO), carbon black, fullerenen, nanoklei, polymeren, dendrimeren in de range van 1 – 100 nm.</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	 Vezelvormige, onoplosbare nanomaterialen waarvoor asbestachtige effecten niet zijn uitgesloten. <b>Voorbeeld: SWCNT (= enkelwandige koolstof nanobuisjes) en MWCNT (= meerwandige koolstofnanobuisjes)</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Stap 3 Inventariseer de werkhandelingen met de nanomaterialen en -producten in uw bedrijf

Ga voor elk product met nanomateriaal na wat de werkhandelingen zijn waarbij nanodeeltjes kunnen vrijkomen. Doorloop hierbij de gehele routing van (producten met) nanomaterialen op de werkvloer van binnenkomst in het bedrijf tot de afvoer van resten als afval. In onderstaande invultabel 3 zijn tien gangbare werkhandelingen opgesomd, waarbij aangegeven is welke handelingen van belang zijn bij de primaire productie van nanomaterialen (= nanogrundstofproductie), welke van belang zijn voor secundaire productie van nanoprodukten (zoals het vervaardigen van nanoverf) en welke van belang zijn bij het professioneel gebruik van nanoprodukten (schilders die nanoverf verwerken, drukkers die nano-inkt gebruiken, etc.). Vul deze tabel in.

**Invultabel 3.** Kenmerken van werkhandelingen met nanomaterialen en –producten in het bedrijf

Plaats van bedrijf in de keten			Werkhandeling	Naam nanomateriaal: .....				
<i>Primaire productie nano-materiaal</i>	<i>Secundaire productie nano-product</i>	<i>Professioneel gebruik nano-product</i>		<i>gebruikte hoeveelheid (in kg, liter)</i>	<i>vrijkomen van stof/mist/nevel mogelijk (ja/nee)</i>	<i>tijdsduur van werkhandeling (in min)</i>	<i>frequentie van werkhandeling (aantal malen per dag, week of maand)</i>	<i>aantal blootgestelde medewerkers (N)</i>
	X	X	Ontvangst en opslag van nanomaterialen	.....	.....	.....	.....	.....
	X	X	Openen van de verpakking	.....	.....	.....	.....	.....
	X	X	Toevoegen van nanomaterialen	.....	.....	.....	.....	.....
X			Productie van nanomaterialen	.....	.....	.....	.....	.....
		X	Werken met nanomaterialen & -producten	.....	.....	.....	.....	.....
X	X		Monsterneming (kwaliteitscontrole)	.....	.....	.....	.....	.....
X	X		Afvullen / verpakken eindproduct	.....	.....	.....	.....	.....
X	X	X	Schoonmaken en onderhoud	.....	.....	.....	.....	.....
X	X		Vervoer & transport	.....	.....	.....	.....	.....
X	X	X	Afvoer van afval en vernietiging	.....	.....	.....	.....	.....
11			Anders . . . .	.....	.....	.....	.....	.....

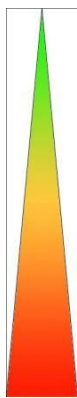
**Geef de score voor de kans op blootstelling bij de werkhandelingen met nanomaterialen en -producten**

**Stap 4** De kans op blootstelling van werknemers aan de ‘vrije’ nanodeeltjes wordt bepaald door de manier waarop er gewerkt wordt met het nanomateriaal of nanoproduct. Er is in deze leidraad gekozen om met drie blootstellingklassen te werken:

1. Vrijkomen van primaire nanodeeltjes (1 - 100 nm) tijdens werkzaamheden is mogelijk. Bijvoorbeeld bij de productie van nanodeeltjes of bij onderzoekswerkzaamheden.
2. Vrijkomen van grotere deeltjes die opgebouwd zijn uit afzonderlijke nanodeeltjes 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 spuiten, en bij schuren van nanoproducten.
3. Vrijkomen van nanodeeltjes (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.

Aan de hand van de informatie van stap 3 kan voor elk nanoproduct de blootstellingcategorie voor de verschillende werkhandelingen worden aangegeven. Gebruik hiervoor invultabel 4.

**Invultabel 4.** Kans op blootstelling bij het werken met nanomaterialen en -producten in het bedrijf

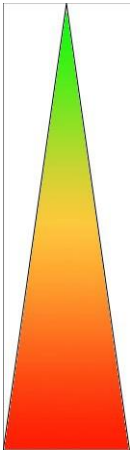
Naam nanomateriaal : .....								
Blootstelling-categorie	Omschrijving	Werkhandeling 1 = .....	Werkhandeling 2 = .....	Werkhandeling 3 = .....	Werkhandeling 4 = .....	Werkhandeling 5 = .....	Werkhandeling 6 = .....	
I	 <p>Er komen geen vrije nanodeeltjes vrij door gebruik van een gesloten systeem.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
II		Vrijkomen van <u>gebonden</u> nanodeeltjes is mogelijk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III		Vrijkomen van <u>vrije</u> nanodeeltjes is mogelijk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Toelichting: Per nanomateriaal de van toepassing zijnde klasse aankruisen en werkhandeling waarbij dit optreedt aangeven

## Stap 5 Selecteer de noodzakelijke beheersklasse voor de werkhandelingen met blootstelling

De beheersklasse is gelijk aan wat internationaal als de ‘Control Band’ wordt gehanteerd. 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. Zie tabel 1. In deze tabel is voor elke klasse de aanpak omschreven zoals deze geadviseerd wordt door de sociale partners.

Tabel 1. Drie risicoklassen met geadviseerde beheersstrategie

Code Beheersklasse	Niveau risico		Prioriteit voor maatregelen	Geadviseerde aanpak
	In woorden	In kleur		
A	Minst		Laagst	<p><b>Gebruiken wat nu al gangbaar is om risico's op de werkplek te beperken en volgens de wetgeving verplicht.</b></p> <p>Dat wil zeggen: toepassen van voldoende ruimteventilatie, eventueel bronafzuiging en/of afscherming, aangevuld met geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen.</p>
B	Onzeker		Midden	<p><b>Nagaan welke extra maatregelen redelijkerwijs inzetbaar zijn.</b></p> <p>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.</p>
C	Hoog		Hoogst	<p><b>Pas het voorzorgsprincipe toe.</b></p> <p>Hierbij worden alle stappen van de arbeidshygiënische strategie achtereenvolgens doorlopen en worden alle oplossingen die technisch en organisatorisch haalbaar zijn ingevoerd.</p>

De beheersklasse wordt bepaald aan de hand van een beslismatrix met de gevarenklasse van het nanomateriaal en de blootstellingscategorie van de werkhandeling met dit nanomateriaal. Zie tabel 2.

**Tabel 2:** Beslismatrix voor het vaststellen van de beheersklasse van een werkhandeling met nanomaterialen en -producten

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

Voor elk nanomateriaal of nanoproduct kan deze beoordeling uitgevoerd worden. Noteer de beheersklassen van alle nanoproducten in het bedrijf in invultabel 5.



**Invultabel 5.** Beheersklasse voor werkhandelingen met synthetische nanomaterialen en -producten.

No.	Nanomateriaal / nanoproduct	Werkhandeling	Beheersklasse		
			A	B	C
1	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	.....	.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<i>enz.</i>				

## Stap 6 **Stel het plan van aanpak op. Dit plan is het overzicht van beheersmaatregelen die ingevoerd worden om verantwoord te kunnen werken met nanomaterialen en -producten**

In tabel 3 is de indeling aangegeven die gebruikt wordt. De betrokken werknemers- (vertegenwoordiging), de preventiemedewerker, de arbodeskundige en de bedrijfsleiding beslissen in overleg welke concrete maatregelen het best passen bij de vastgestelde beheersklasse. Bij het selecteren van concrete beheersmaatregelen wordt de arbeidshygiënische strategie gevolgd. Dat houdt in een zekere gelaagdheid van beheersmaatregelen van bronbeperking tot persoonlijke bescherming. Dit is aangegeven in tabel 4.

**Tabel 3.** Advies voor beheersmaatregelen bij verschillende beheersklassen nanodeeltjes

Beheersklasse	Geadviseerde beheersmaatregelen
C	Hierbij worden alle stappen van de arbeidshygiënische strategie achtereenvolgens doorlopen en worden alle oplossingen die technisch haalbaar zijn geïmplementeerd
B	Hierbij worden alle stappen van de arbeidshygiënische strategie achtereenvolgens doorlopen en worden alle oplossingen die technisch haalbaar nader beoordeeld op bedrijfseconomische haalbaarheid. Na een bedrijfseconomische toets wordt besloten welke ingezet zullen worden
A	Dat wil zeggen: toepassen van voldoende ruimteventilatie, eventueel bronafzuiging en/of afscherming, aangevuld met geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen.

**Tabel 4.** De arbeidshygiënische strategie

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Bronmaatregelen:</u> Werkgevers moeten eerst gevaren voorkomen of de oorzaak van het probleem wegnemen, bijvoorbeeld door een schadelijke stof te vervangen door een veiliger alternatief of door het inperken van de bron (gesloten systeem, omkasting).</li> <li>2. <u>Technische maatregelen:</u> Als bronmaatregelen niet mogelijk zijn, moet de werkgever collectieve maatregelen nemen om risico's te verminderen, bijvoorbeeld het plaatsen van afscherming of een afzuiginstallatie.</li> <li>3. <u>Organisatorische maatregelen:</u> Wanneer technische maatregelen niet mogelijk zijn of nog geen afdoende oplossing bieden, moet de werkgever op de werknemers afgestemde individuele maatregelen nemen. Bijvoorbeeld door taakrotatie de blootstelling gelijkmatig over medewerkers verdelen of het aantal blootgestelde medewerkers te verminderen.</li> <li>4. <u>Persoonlijke beschermingsmiddelen:</u> Als laatste mogelijkheid, als het niet mogelijk blijkt om de risico's te beheersen d.m.v. bovengenoemde maatregelen, kan de werkgever persoonlijke beschermingsmiddelen voorschrijven. Dit is in principe een tijdelijke oplossing.</li> </ol>
--

Voor het uitwerken van een aanpak met concrete beheersmaatregelen is een creatieve aanpak nodig. In tabel 5 staat een uitgebreid overzicht van mogelijke beheersmaatregelen, gerangschikt volgens de arbeidshygiënische strategie. Dit kan bij het brainstormen een handig hulpmiddel zijn. Het plan van aanpak wordt in overleg vastgesteld. De arboverantwoordelijke of preventiemedewerker werkt dit uit. Aan de hand van invultabel 6 kan het plan van aanpak opgesteld worden (= nano plan van aanpak). Eventueel kan er (externe) deskundige ondersteuning bij betrokken worden. Het nano plan van aanpak maakt onderdeel uit van de bedrijfsbrede Risico Inventarisatie en -Evaluatie (RI&E). Deze wordt ter accordering voorgelegd aan het management en ondernemingsraad / personeelsvertegenwoordiging.

**Invultabel 6.** Plan van aanpak gericht op veilig werken met nanomaterialen en –producten.

No.	Nanoproduct	Werkhandeling	Beheersklasse (A, B of C)	Voorgestelde maatregelen pakket	Persoon die verantwoordelijk is voor invoeren van maatregel	Geplande datum gereed
1.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
6.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
8.	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Enz.	.....	.....	.....	.....	.....	.....

**Tabel 5.** Suggesties voor maatregelen om het werken met nanomaterialen veilig te maken.

**Bronmaatregelen:**

- Ga na of het nanomateriaal vervangen kan worden door niet-nano materiaal of door een nanomateriaal in een lagere gevaarsklasse;
- 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;
- 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 aërosol produceren: knippen en snijden in plaats van zagen, en kwasten/ rollen in plaats van spuiten.

**Technische maatregelen**

- 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 schermen 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.

**Organisatorische maatregelen**

- 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.

#### Persoonlijke beschermingsmiddelen

- 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 30 of hoger).

## Stap 7 Registratie van mogelijk blootgestelde werknemers

Omdat er onduidelijkheid is over de risico's voor de gezondheid van werknemers hebben de sociale partners in de SER<sup>31</sup> 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 vroege gezondheidsklachten bij de blootgestelde groep zich voordoen. Geadviseerd wordt om voor medewerkers die mogelijk blootgesteld worden aan nanomaterialen of –producten uit klasse 3 of 2 zoals beoordeeld in *Stap 2* van deze handleiding een register bij te houden. Een voorbeeld van een dergelijke registratie is opgenomen in invultabel 7.

**Invultabel 7.** Voorbeeld van een mogelijke registratie voor klasse 3 en 2 nanomaterialen en -producten.

<b>Datum of periode uitgevoerde werkzaamheden</b>	<b>Naam medewerker</b>	<b>Naam nanomateriaal</b>	<b>Aard van de werkzaamheden</b>	<b>Tijdsduur van de uitgevoerde werkzaamheden</b>
Tijdstip a	Medewerker A	Chemische naam of productnaam	- Locatie - Arbeidsplaats - Proces - Gebruikte hoeveelheid	Tijdsduur totale werkzaamheden  Tijdsduur werkzaamheden
Tijdstip b	Medewerker A			
Tijdstip c	Medewerker B			
Tijdstip d	Medewerker C			

<sup>31</sup> Sociaal Economische Raad advies. Veilig omgaan met nanodeeltjes op de werkplek. Publicatienummer 1, 20 maart 2009. ISBN 90-6587-984-6 / CIP

## **Stap 8 Ga na of Preventief Medisch Onderzoek (PMO) mogelijk is**

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

In navolging van NIOSH<sup>32</sup> wordt geadviseerd dat, als bedrijven aan gezondheidsbewaking willen doen bij blootstelling aan deeltjes in het nanobereik, vooralsnog de gangbare gezondheidsbewakings-programma's voor de betreffende stof in micro/macro bereik (indien deze aanwezig zijn) gevolgd kunnen worden.

---

<sup>32</sup> *National Institute for Occupational Safety and Health (2009) Current Intelligence Bulletin 60. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles. Publication No. 2009-116*



## LITERATUUR

---

- <sup>1</sup> ISO/TR 27628:2007 - Workplace atmospheres – ultrafine nanoparticle and nano-structured aerosols. Inhalation exposure characterization and assessment";
- <sup>2</sup> SER advies 2009-1. Veilig omgaan met nanodeeltjes op de werkplek;
- <sup>3</sup> RJ Aitken, KS Creely, CL Tran. (2004) Nanoparticles: An occupational hygiene review. research report 274. Health and Safety Executive;
- <sup>4</sup> 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;
- <sup>5</sup> Poland et al. (2008) Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos like pathogenicity in a pilot study. *Nature nanotechnology*;
- <sup>6</sup> G.Oberdorster et al. (2004). Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology* 16 (6-7): 437-445;
- <sup>7</sup> W.I. Hagens et al. (2007) What do we (need to) know about the kinetic properties of nanoparticles in the body? *Regulatory Toxicologie and Pharmacology* 49: 217-229;
- <sup>8</sup> Warheit, D.B., 'How meaningful are the results of nanotoxicity studies in the absence of adequate material characterization?', *Toxicol. Sci.*, 101, 2008, 183-185;
- <sup>9</sup> 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;
- <sup>10</sup> Seipenbusch M. et al. (2008). Temporal Evolution of Nanoparticle Aerosols in Workplace Exposure. *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 52, No. 8, pp. 707–716, 2008;
- <sup>11</sup> 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;
- <sup>12</sup> Möhlmann, C., 'Vorkommen ultrafeiner Aerosole an Arbeitsplätzen', *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 65, 2005, 469-471;
- <sup>13</sup> Mazzuckelli, J.F., Methner, M.M., Birch, M.E., Evans, D.E., Ku, B.-K., Crouch, K., Hoover, M.D., 'Case Study. Identification and characterization of potential sources of worker exposure to carbon nanofibers during polymer composite laboratory operations', *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4, 2007, 125-130;
- <sup>14</sup> Schneider, T., Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles, 2007, accessed on 13 November 2008. [www.norden.org/pub/sk/showpub.asp?pubnr=2007:581](http://www.norden.org/pub/sk/showpub.asp?pubnr=2007:581);
- <sup>15</sup> European Agency for Safety and Health at Work. European Risk Observatory Report. Workplace Exposure to Nanoparticles. June 2009;[http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/workplace\\_exposure\\_to\\_nanoparticles](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles)
- <sup>16</sup> DB Warheit 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;
- <sup>17</sup> S Plitzko (2009) Workplace exposure to engineered nanoparticles. *Inhalation Toxicology*, 2009; 21(S1): 25–29;
- <sup>18</sup> I K Koponen et al. (2009) Sanding dust from nanoparticle-containing paints: physical characterisation. *Journal of Physics:ConferenceSeries* 151 (2009) 012048;
- <sup>19</sup> Müller- Quernheim J (2003) Chronic beryllium disease. *Orphanet Encyclopedia*. September 2003. <http://www.orpha.net/data/patho/GB/uk- CBD.pdf>;
- <sup>20</sup> Tinkle SS, Antonini JM, Rich BA et al. (2003) Skin as a route of exposure and sensitization in a chronic beryllium disease. *Environ. Health Perspect.* 111:1202-8;
- <sup>21</sup> Ryman- Rasmussen JP, Riviere JE, Monteiro-Riviere NA 2006. Penetration of intact skin by Quantum-dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol. Sci.* 91:159-65;
- <sup>22</sup> Stone, V. et al. (2010) Engineered nanoparticles; Review of health and environmental safety, final report FP7-projec ENRHES;

- 
- 23 Kosk-Bienko, J. (Ed.) (2009) Workplace exposure to nanoparticles, European Risk observatory report – literature review, Bilbao, European Agency for Safety and Health at Work;
  - 24 Schneider, T. et al., (2007) Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles, Copenhagen, Nordic council, rep. 2007-581;
  - 25 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;
  - 26 T.A.J. Kuhlbusch (2004) Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM1, PM2.5, and PM10 in Bag Filling Areas of Carbon Black Production. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1: 660–671;
  - 27 Peters, T.M. et al. (2006) The mapping of fine and ultrafine particle concentrations in an engine machining and assembly facility, in: *Ann. occup. Hyg.* vol. 50, p. 249-257;
  - 28 Koponen, i.K. et al. (2009) Sanding dust from nanoparticle-containing paints: physical characterisation, in: *Journal of Physics: Conference series* 151, 012048;
  - 29 Vorbau, M. et al. (2009) Method for the characterization of the abrasion induced nanoparticle release into air from surface coatings, in: *Aerosol Science* 40, p. 209-217;
  - 30 IFA website: <http://www.dguv.de/ifa/en/fac/nanopartikel/beurteilungsmasstaebe/index.jsp>;
  - 31 Dekkers S, Heer, de, H (2010), Tijdelijke nano-referentiewaarden. Bruikbaarheid van het concept en van de gepubliceerde methode, RIVM Rapport 601044001/2010;
  - 32 Colbeck,I (2009), Interne notitie NanoCap project;
  - 33 IRSST (2009) Best Practices Guide to Synthetic Nanoparticle Risk Management. Report R-599. ISBN: 978-2-89631-345-7 (PDF);
  - 34 Asbach et al (2009) Comparison of four mobility particle sizers with different time resolution for stationary exposure measurements. *J Nanopart Res.* Published online June 2009;
  - 35 Bartos PJM (2009) Nanotechnology in Construction 3, Proceedings of the NICOM3. ISBN 978-3-642-00980-8;
  - 36 [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/home\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/dansub/home_en.htm) ;Engelse versie van EG-verordening nr. 1272/2008: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:EN:PDF>;
  - 37 F.A. van Broekhuizen and J.C. van Broekhuizen (2009) Nano-products in the European Construction Industry -State of the art 2009. IVAM UvA bv;
  - 38 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;
  - 39 Samuel Y. Paik, David M. Zalk, and Paul Swuste. Application of a pilot control banding tool for risk level assessment and control of nanoparticle exposures. *Annals of Occupational Hygiene* 52(6):419-428;
  - 40 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* (2009) 11:1685–1704
  - 41 D.M. Zalk and S.Y. Paik Control Banding and Nanotechnology. *The Synergist* (2010) Volume 21 No. 3;