



IVAM UvA BV

# NANO IN DE MEUBELNIJVERHEID

Stand van zaken 2012, Korte samenvatting

Fleur van Broekhuizen  
30.05.2012



IVAM UvA BV

# NANO IN DE MEUBELNIJVERHEID

Stand van zaken 2012, Korte samenvatting

Fleur van Broekhuizen

30.05.2012

## COLOFON

### TITEL

Nano in de meubelnijverheid, Stand van zaken 2012 – Korte samenvatting

### AUTEURS

F. A. van Broekhuizen (IVAM UvA BV, NL)

### STUURGROEP

R. Gehring (EFBH), C. Ravazzolo (EFIC), M. Eirup (EFIC), B. de Turck (UEA), R. Rodriguez (UEA), U. Spannow (BAT, DK), J. Waage (FNV Bouw, NL) en J. Moratalla (AIDIMA, ES)

### DIT RAPPORT WERD IN OPDRACHT GEGEVEN DOOR

EFBH (Europese Federatie van Bouw- en Houtarbeiders),  
EFIC (Europese Confederatie van de Meubelnijverheid) en  
UEA (European Furniture Manufacturers Federation) in het kader van de Europese Sociale Dialoog



### DANKBETUIGING

Het onderzoek werd gesubsidieerd door de Europese Commissie, Directoraat-Generaal Werkgelegenheid volgens subsidieovereenkomst nr. VS/2011/0134 - SI2-596685 in het kader van de Europese Sociale Dialoog in de Meubelnijverheid.

De auteurs wensen de ondernemingen (meubelbedrijven, producenten van grondstoffen, fabrikanten van producten), de brancheorganisaties, de instellingen voor onderzoek & ontwikkeling te bedanken voor hun waardevolle bijdragen tot het onderzoek, de geleverde inzichten en de openheid tijdens de besprekingen.

### MEER INFORMATIE OVER HET RAPPORT IS VERKRIJGBAAR BIJ

IVAM UvA BV  
Amsterdam – NL  
Tel.: +31 20 525 5080  
[www.ivam.uva.nl](http://www.ivam.uva.nl)  
E-mail: [office@ivam.uva.nl](mailto:office@ivam.uva.nl)

Grafische vormgeving: Beryl Natalie Janssen/Cologne

Details uit dit rapport mogen mits correcte bronvermelding worden overgenomen.  
IVAM UvA BV wijst elke verantwoordelijkheid af voor schade of nadelen als gevolg van de toepassing van de resultaten uit het onderhavige rapport.

# INHOUDSOPGAVE

4	INLEIDING
5	MARKT EN PERSPECTIEVEN
5	Marktpotentieel
8	Beperkingen voor de toepassing van nanomaterialen in de meubelnijverheid
8	Kosten-batenanalyse
8	Prestaties op lange termijn
8	Veiligheids- en gezondheidsoverwegingen
9	VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSOVERWEGINGEN
9	Inleiding
9	Schadelijke effecten van nanomaterialen voor de gezondheid
9	Schadelijke effecten van nano-TiO <sub>2</sub>
9	Schadelijke effecten van nano-SiO <sub>2</sub>
10	Schadelijke effecten van nano-Ag
10	Blootstellinggrenswaarden
12	Blootstellingsbronnen
12	Blootstelling door inademing en kenmerkende gezondheidsoverwegingen
13	Blootstelling door de huid
13	Blootstelling door inslikken
13	Blootstelling van de eindverbruiker
14	INRICHTEN VAN EEN VEILIGE WERKPLEK
14	Scenario's voor de blootstelling op de werkplek in de meubelnijverheid
17	Transparante communicatie over de risico's en traceerbaarheid
18	Initiatieven voor regelgeving inzake nanomaterialen en nanoprodukten
20	SLOTOPMERKINGEN

# INLEIDING

IN HET KADER VAN DE EUROPESE SOCIALE DIALOOG hebben de EFBH (Europese Federatie van Bouw- en Houtarbeiders), de EFIC (Europese Confederatie van de Meubelnijverheid) en de UEA (European Furniture Manufacturers Federation) het initiatief genomen om IVAM UvA BV opdracht te geven de huidige bewustmaking bij de stakeholders te onderzoeken en een overzicht van de huidige nanoprodukten op de Europese meubelmarkt te maken. Deze samenvatting geeft een korte beschrijving van de resultaten zoals die worden beschreven in het verslag "Nano in Furniture, state of the art 2012". De volgende belangrijke vragen worden hierbij besproken:

- Welke soorten nanomaterialen worden bij de productie van meubelproducten gebruikt?
- Wat zijn in de nabije toekomst de perspectieven voor de toepassing van nanomaterialen in de productie van meubelen?
- Welke gezondheids- en veiligheidsaspecten kunnen voor de werknemers op de werkplek een rol spelen?
- Hoe ziet een veilige en preventieve werkplek er uit?

"Nano" heeft betrekking op een schaal van grootte. Nanotechnologie betekent gewoon het vermogen om materialen (en hun gedrag) vast te leggen, te controleren en te manipuleren tot op een nanometer (nm) (bijvoorbeeld een grootte die zowat 10.000 keer kleiner is dan de diameter van een mensenhaar). Dit houdt niet alleen geavanceerde beeldvormingstechnieken in om het gedrag van materialen te bestuderen

en te verbeteren, maar ook het ontwerpen en produceren van uiterst fijne poeders, vloeistoffen of vaste stoffen die partikels met een grootte van 1 tot 100 nm, de zogenaamde nanopartikels, bevatten. Nanomaterialen (MNM) zijn materialen die voor ten minste 50% uit nanopartikels bestaan<sup>1</sup>. Ondernemingen maken gebruik van nanomaterialen om hun producten nieuwe of verbeterde eigenschappen te geven (nanoprodukten). Ook al gebruikt de meubelnijverheid niet op grote schaal ruwe nanomaterialen, toch worden in deze bedrijfstak wel degelijk nanoprodukten toegepast. Voorbeelden zijn zeer krasbestendige lakken, antibacteriële, zelfreinigende of gemakkelijk te reinigen coatings, ultrasterk beton voor toepassingen in keuken- en straatmeubilair.

Toch maakt men zich ernstig zorgen over mogelijke gezondheids- en veiligheidsrisico's van MNM's. MNM's kunnen om de volgende redenen voor de mens gevaarlijker zijn dan de traditionele microscopische equivalenten:

- Ze zijn zo klein dat ze gemakkelijker in het menselijk lichaam kunnen doordringen (bijvoorbeeld via het zenuwstelsel van de neus of door de huid);
- Ze zijn zo klein dat ze zich als gas kunnen gedragen;
- Door hun vorm en hun grote specifieke oppervlakte kunnen ze specifieke toxische reacties veroorzaken;
- Ze kunnen andere chemische en fysische eigenschappen – bijvoorbeeld elektrisch geleidingsvermogen – vertonen.

Men begint nu nog maar de toxische werking van MNM's te begrijpen. De toxische effecten kunnen echter sterk verschillen van MNM tot MNM en er is nog veel onbekend. Men kan er echter van uitgaan dat het toxische profiel deels ook te maken heeft met het unieke gedrag, dat MNM's nu net zo interessant maakt voor productinnoverende toepassingen. De waargenomen typische nadelige effecten gaan van ontstekingen, cardiovasculaire aandoeningen, celdood, vorming van littekenweefsel (bijvoorbeeld in de longen) en stoornissen bij embryo's tot de ontwikkeling van kankercellen in aangetaast weefsel. De bij MNM's vastgestelde nadelige effecten hangen echter sterk van de dosis en de duur van de blootstelling af. De nadelige effecten hangen ook af van de aard van de blootstelling aan de MNM's. Uit de eerste bevindingen blijkt bijvoorbeeld dat MNM's in zuivere vorm zeer toxisch kunnen zijn, maar zodra ze in een matrix ingebed zijn, vertonen ze bij blootstelling niet meer een dergelijke hoge toxiciteit.

In deze samenvatting wordt een balans opgemaakt van de toepassing van nanomaterialen bij meubelen in 2012, het potentieel ervan in de nabije toekomst, de problemen op het vlak van veiligheid en gezondheid en de best practices voor een veilige werkplek in de Europese meubelnijverheid.

<sup>1</sup> Op 18 oktober 2011 keurde de Europese Commissie een definitie goed. Voor meer details, zie: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/11/704&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>.

# MARKT EN PERSPECTIEVEN

**NANOTECHNOLOGIE** kan verstrekkende gevolgen hebben voor de toekomst van meubelen en de veelheid van toepassingen ervan. Niet alleen met betrekking tot de kwaliteit en de functionaliteit maar ook op het vlak van milieu, arbeidshygiëne en openbare gezondheid. Als men de markt in 2012 bekijkt, stelt men echter vast dat het gebruik van gefabriceerde nanomaterialen (MNM's) bij de productie van meubelen en meubelproducten nog altijd in een beginstadium verkeert. Uit de eerste praktijkervaringen blijkt dat ze vooral worden toegepast in coatings, de nanocoatings, waar hun marktaandeel vermoedelijk minder dan 1% bedraagt in vergelijking met alle andere "niet-nano"-coatings. De MNM-markt in de meubelnijverheid wordt gekenmerkt door een gebrek aan *traceerbaarheid*, gebrekkige kennis over hun beschikbaarheid en hun toepasbaarheid, geheimdoenerij over de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten en terughoudendheid van de producenten om zichzelf als gebruikers van MNM bekend te maken, dit laatste als gevolg van het wereldwijde maatschappelijke debat over de veiligheids- en gezondheidsvraagstukken en sommige onbeantwoorde vragen.

## MARKTPOTENTIEEL

In de begindagen van het millennium werden MNM's gepropageerd als de belangrijkste innovatie, die het onderzoek en de ontwikkeling in de meubelsector helemaal zou herschrijven. Er werden hoge verwachtingen gekoesterd, maar tot op heden resulteerde weinig onderzoek en ontwikkeling ook daadwerkelijk in succesvolle marktproducten. Als gevolg van de internationale economische crisis kwamen de investeringen in onderzoek en ontwikkeling de voorbije jaren tot stilstand en vertraagden de verdere ontwikkelingen.

Eén terrein waarop de toepassing van MNM's successen boekt, is de kwaliteitsverbetering van meubels om het onderhoud en de reiniging ervan te verminderen. Ziekenhuizen en (thuis)kantoren zijn voorbeelden van plaatsen waar dergelijke producten een hoge toegevoegde waarde kunnen leveren. Nano-SiO<sub>2</sub> is een van de MNM's die in dit verband het meest worden vermeld. Nano-SiO<sub>2</sub> wordt gebruikt in gemakkelijk te reinigen, waterafstotende, olieafstotende en graffitiwerende coatings. Nano-SiO<sub>2</sub> wordt ook toegepast in zeer krasbestendige lakken of in coatings om metaal, hout of steen tegen erosie en slijtage te beschermen. Het kan hout beschermen tegen algengroei of andere organismen zoals houtwormen of termieten. Bovendien wordt nano-SiO<sub>2</sub> toegepast bij de productie van ultrasterk beton met hoge dichtheid, dat uitstekend bij keuken- en straatmeubilair kan worden gebruikt. Uit rechtstreekse contacten met meubelproducenten en hun toeleveranciers blijkt dat de markt voor deze toepassingen geleidelijk groeit.

MNM's zijn ook succesvol bij bacteriedodende of zelfreinigende coatings. Nano-zilver en nano-TiO<sub>2</sub> zijn twee MNM's die hiervoor het meest worden gebruikt. Beide MNM's zijn relatief duur en worden toegepast bij de oppervlaktebehandeling van meubelen in medische centra en op andere

plaatsen waar infecties moeten worden tegengegaan, met name in de voedingssector, bij zwembaden of sauna's of zelfs bij het openbaar vervoer.

Een laatste meer voorkomende toepassing van MNM's is het tegen gaan van ontkleuring en degradatie van stoffen onder invloed van uv-stralen. Nanoklei is een voorbeeld van MNM's die voor de stabilisatie van pigmenten worden gebruikt. Nano-TiO<sub>2</sub>, nano-ZnO en nano-CeO<sub>2</sub> worden gebruikt als uv-blokker, bijvoorbeeld in houtbeschermingsmiddelen.

De literatuur beschrijft nog veel meer toepassingen of er zijn er nog meer op de markt beschikbaar, bijvoorbeeld slim glas, nanocellulosestextiel en kleefstoffen. Zie ook het volledige rapport "Nano in Furniture, state of the art 2012" voor een gedetailleerd overzicht van de verschillende nanomaterialen die voor de meubelnijverheid beschikbaar zijn. In 2012 lijken deze toepassingen echter nog altijd bijna niet te worden gebruikt. In de nabije toekomst kunnen MNM's een rol spelen bij de verdere ontwikkeling van de prestaties van meubelen en de uitbouw van een duurzamere meubelnijverheid. MNM's kunnen de volgende zaken vergemakkelijken:

- de productie van lichtere, sterkere en duurzamere materialen;
- de invoering van nieuwe materiaal-functies;



Met een waterafstotend middel behandeld nylonweefsel. Gemakkelijk te reinigen coating gebaseerd op vloeibaar glas.

TABEL 1 Overzicht van de functionele productgroepen van nanomaterialen voor toepassingen bij meubelen in 2012		
PRODUCT-GROEP	OMSCHRIJVING	RELATIEVE TOEPASSING BIJ MEUBELEN <sup>2</sup>
Glas	Sinds de voorbije jaren wordt nanotechnologie toegepast voor de ontwikkeling en productie van verschillende soorten glas, namelijk niet-reflecterend glas, privacyglas, thermisch isolatieglas (gebaseerd op de reflectie of absorptie van infraroodlicht). Veel toepassingen zouden hiervan gebruik kunnen maken, denk maar aan glazen kasten, museummateriaal, lampen, tafels, kantoormeubelen of medische meubelen. Volgens grote marktspelers blijft hun marktpenetratie bij meubelen echter laag.	Laag – niet aantoonbaar
Composieten	Er is heel wat onderzoek en ontwikkeling op het vlak van de nanocomposieten, zowel de kunststof- als houtcomposieten. Bij houtcomposieten werden mogelijke toepassingen beschreven waarbij nanohoutvezels worden gebruikt voor een grotere stevigheid en betere prestaties van de composieten. Uit de eerste contacten met de industrie van de composieten blijkt echter dat deze toepassingen nog niet marktrijp zijn. Enkele voorbeelden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nieuwe brandvertragingstoepassingen</li> <li>• nanocellulose als versterkingsvezel</li> <li>• nanosilicium voor grotere stevigheid</li> </ul>	Laag – niet aantoonbaar
Hout	In de bosbouw (de productiefase van hout) wordt nanotechnologie gebruikt voor optimalere verdelgsmiddelen ter behoud van de bossen en voor een duurzamere houtproductie. Alvorens het hout in een product wordt gebruikt, kan men met nanotechnologie gedetailleerder de prestaties van hout onderzoeken en daardoor een beter gebruik van de mogelijkheden van hout mogelijk maken. In de gebruiksfase van hout worden nieuwe technieken ontwikkeld om het houtoppervlak te wijzigen zodat het hout slijtvaster en uv-resistenter wordt.	Laag – niet aantoonbaar
Metaal	Een verbetering van metaal door middel van nanotechnologie gebeurt door een aanpassing van de metaalstructuur of door een aanpassing van het metaaloppervlak. Galvaniseren is een voorbeeld van een techniek waarbij nanomaterialen worden ingezet. Het harden van staal is een ander voorbeeld.	Laag – niet aantoonbaar
Textiel	Zeer uiteenlopende mogelijke toepassingen van nanomaterialen bij textiel worden in verschillende producten beschreven en aangetroffen. In de meubelsector vindt men echter alleen vlekwerende, gemakkelijk te reinigen en antibacteriële textieltoepassingen. Van nanocellulose gemaakt, sterk absorberend textiel is een vierde toepassing die meer en meer op de markt komt.	Klein, maar neemt toe
Beton	Beton wordt vooral voor openbare ruimten in de open lucht gebruikt. Microsilica (nanosilicium) wordt gebruikt bij de productie van UHPC-beton (ultrasterk beton) en nano-TiO <sub>2</sub> , gebruikt om beton te voorzien van een "zelfreinigend" oppervlak. Dit zijn twee mogelijke toepassingen van nanomaterialen die in deze sector een meerwaarde kunnen bieden. Prima-Marina van Escofet® is een voorbeeld van een productassortiment voor banken en tafels voor buiten waarbij UHPC-beton, ook bekend als "liquid stone", wordt gebruikt. Koolstofnanobuizen zijn MNM's die momenteel worden onderzocht op hun vermogen om de sterkte van betoncomposieten te verhogen en zullen binnenkort worden toegepast.	Middelmatig en worden almaar meer gebruikt
Kleefstoffen	Kleefstoffen met nanomaterialen voor meubelen bevatten bestanddelen van silica of silaan die als verbindingssubstantie in de polymeerstructuur van de kleefstof werken of als stabilisator in kleefstoffen op basis van water ter verbetering van de viscositeit van het product. Het dispersiemiddel Dermocoll®S van Bayer is een voorbeeld van het tweede en bestaat uit een dispersiemiddel op basis van silica-polyurethaan. Andere ontwikkelde producten verruwen het oppervlak. De nano-verruwde oppervlakken versterken de kleefkracht en zorgen ervoor dat er minder hoeveelheid kleefstof nodig is.	Laag – niet aantoonbaar
Coatings; water- of olieafstotend	Men kan met verschillende nanotechnieken een water- of olieafstotend effect bereiken. Dat kan worden toegepast bij textiel, hout of metaal om erosie en slijtage te verminderen en te beschermen tegen vlekken, vingerafdrukken, enz. Die werking kan ook bij houtcomposieten worden gebruikt om opzwellen door de absorptie van water tegen te gaan. Met de techniek van vloeibaar glas bijvoorbeeld wordt een poreuze waterafstotende coating aangebracht waarmee het materiaal eronder toch nog kon ademen.	Relatief hoog en neemt toe

<sup>2</sup> Wegens het pionierskarakter en de beperkte marktpenetratie van MNM's in de meubelindustrie was het niet mogelijk kwantitatief het gebruik van MNM's in verschillende productgroepen te meten. Als gevolg daarvan worden de toepassingsfrequentie en de marktperspectieven van MNM's bij meubelproducten op relatieve wijze aangegeven. "Hoog" moet worden geïnterpreteerd als *relatief hoog in verhouding tot alle met MNM verbeterde groepen producten die op de markt beschikbaar zijn*. "Laag" dient te worden geïnterpreteerd als *niet aantoonbaar*, ook al is het denkbaar dat het nanomateriaal wordt gebruikt zonder dat het vermeld wordt. "Gering" betekent *in geringe mate, maar wel aantoonbaar*.



Coatings; krasbestendigheid	Een opkomende markt voor nanoprodukten wordt gevormd door de zeer krasbestendige verven of lakken. Die kunnen worden gebruikt bij houtproducten zoals tafels, deuren of vloeren maar ook op andere "zachte" meubelmaterialen die intensief worden gebruikt, bijvoorbeeld plastic of gelamineerd karton. Er zijn verschillende coatingsystemen met deze typische eigenschappen, zowel waterhoudende als niet-waterhoudende coatings.	Relatief hoog en neemt toe
Coatings; graffitiwerend	Anti-graffiticoatings worden beschreven voor hun toepassing in de open lucht, bijvoorbeeld bij straatmeubilair. Ze kunnen echter ook worden gebruikt bij meubelen voor kinderen of keukens om tegelijk als meubel en als bord te worden gebruikt.	Middelmatig en neemt toe
Coatings; gemakkelijk te reinigen	Vuilafstotende eigenschappen zijn toepassingen waarbij nanomaterialen worden gebruikt om het oppervlak van meubelen te verbeteren. Een vaak toegepaste techniek is die van het zogenaamde "lotusblad-principe". Het lotusblad bestaat uit fijne haren die oppervlaktespanning verminderen en de absorptie van olie en water tegengaan. Daardoor parelt "vuil" gemakkelijk af. Als men dit principe bij meubelmaterialen toepast, wordt het oppervlak gemakkelijk reinigbaar. Daardoor zijn dan weer minder detergents en textiel voor het schoonmaken nodig.	Relatief hoog en neemt toe
Coatings; bescherming tegen UV	Meubelen die buiten worden gebruikt, staan voortdurend bloot aan alle soorten weersomstandigheden, onder meer uv-stralen. Uv-stralen versnellen de afbraak van materialen en coatings. Een manier om die verwerking te vertragen is de toevoeging van uv-absorberende substanties. Vooral bij houten oppervlakken worden de voordelen beschreven van nanoadditieven die deze absorptie vergemakkelijken. Uv-absorberende additieven functioneren als uv-blokker en worden ook gebruikt om de levensduur en kleurvastheid van verven of coatings te verhogen.	Klein, maar neemt toe
Coatings; zelfreinigend	Zelfreinigende coatings breken actief organisch materiaal (verontreinigende stoffen en organismen) af. Ze kunnen interessant zijn om te worden toegepast bij keukenmeubelen. Daar wordt men dagelijks geconfronteerd met afzetting van zeer dunne lagen bakolie en andere voedselcontaminanten (proteïnen, koolhydraten). Ook in ziekenhuizen, sauna's, zwembaden, enz. kunnen ze interessant zijn, ook al vervangen ze zeker niet de gebruikelijke schoonmaak.	Laag, neemt toe in specifieke gebieden
Coatings; bacteriedodend	Bacteriedodende coatings doden bacteriën en andere micro-organismen zoals algen of schimmels die op het gecoate oppervlak proberen te overleven. Dit kan een belangrijke eigenschap zijn voor meubelen in grote openbare ruimten zoals metrostellen, treinen, kantoren, crèches, ziekenhuizen of de bio-industrie. Daar kan de coating bijdragen tot een vermindering van het risico op infectie tussen mensen en dieren en daardoor het uitbreken van epidemieën tegengaan.	Laag, neemt toe in specifieke gebieden

TABEL 2 Nanomaterialen die in 2012 het vaakst voorkomen bij in de meubelnijverheid gebruikte nanoprodukten

Eigenschap verleend aan het product →	Krasbestendigheid	Gemakkelijk te reinigen	Graffitiwerend	Uv/licht-blokker	Zelfreinigend	Anti-microbieel
Nanomateriaal						
SiO <sub>2</sub>	X	X	X			
TiO <sub>2</sub> /ZnO				X	X	X
CeO <sub>2</sub>				X		
Ag						X
CuO						X

- de vervanging van gevaarlijke brandvertragers voor nieuwe, op MNM gebaseerde toepassingen;
- het gebruik van nieuwe verlijmings-technieken en formules voor op MNM gebaseerde kleefstoffen;
- het ontwerpen van "intelligente" meubelen zoals keukenkasten die melden wanneer je pasta bijna op is of een stoel die van kleur verandert

naargelang van de dagelijkse instellingen van de klant.

In tabel 1 vindt u een overzicht van de verschillende beschikbare productgroepen en toepassingen bij meubelproducten.

In 2012 worden de in de verschillende productgroepen van meubelen gebruikte nanomaterialen beschreven als nano-SiO<sub>2</sub>, nano-TiO<sub>2</sub> en nano-Ag. Tabel 2 vat de 6 belangrijkste nanomaterialen samen die men het vaakst bij verschillende nanoprodukten in meubelen tegenkomt. Tabel 2 geeft ook een overzicht van de belangrijkste eigenschappen die deze nanomaterialen aan



Gepolijst oppervlak van een MDF-plaat met een bovenlaag van bamboe, behandeld met een zeer krasbestendige lak op basis van nano-SiO<sub>2</sub>.

de producten verlenen. Deze nanomaterialen kunnen in principe bij nageenough ieder basisproduct worden toegepast. Er is bijvoorbeeld maar een kleine modificatie van het nanomateriaal nodig om te worden toegepast in een waterhoudende in plaats van oplosmiddelhoudende coating of in een coating voor metaal in plaats van voor hout. Het volstaat de concentraties te wijzigen om van een waterafstotende coating een zelfreinigende coating te maken.

Voorbeelden van nanomaterialen of -producten vindt men in verschillende gegevensbanken van nanomateriaalhoudende producten die op de markt te vinden zijn. De meeste van die databanken mikken op een publiek van consumenten (bijvoorbeeld het Woodrow Wilson Institute<sup>3</sup>, Nanowerk<sup>4</sup>, Nanodaten<sup>5</sup>, Bund<sup>6</sup> en Nanodatabanken<sup>7</sup>). Geen enkele van deze gegevensbanken vermelden specifieke materialen of producten voor toepassing bij meubelen. Blijkbaar moeten nog een aantal hindernissen overwonnen worden, alvorens MNM's op de markt op grote schaal kunnen worden gebruikt.

## BEPERKINGEN VOOR DE TOEPASSING VAN NANOMATERIALEN IN DE MEUBELNIJVERHEID

Hoewel de mogelijkheden van MNM's bij meubelen veelbelovend zijn, wordt een grootschalige invoering van nanomaterialen bij meubelproducten door een aantal factoren belemmerd. De belangrijkste factoren die een toepassing momenteel nog verhinderen, worden hieronder samengevat.

### KOSTEN-BATENANALYSE

De meeste MNM's zijn relatief nieuwe stoffen. Hun jaarlijkse productievolumes zijn nog altijd laag en daardoor zijn ze navenant duur. Als gevolg hiervan vindt men MNM's vaak te duur als vervangmiddel voor andere, bestaande alternatieven. Naarmate de productievolumes stijgen, verandert deze situatie echter. Nano-TiO<sub>2</sub> bijvoorbeeld is een MNM dat net rendabel genoeg geworden is om als uv-blokker in coatings te worden gebruikt.

### PRESTATIES OP LANGE TERMIJN

Omdat ze nog zo nieuw zijn, moeten veel MNM's nog bewijzen dat ze op lange termijn duurzaam blijven. Conventionele productieprocessen moeten misschien worden aangepast en de fabrikanten en consumenten moeten in hun performantie geloven, zodat fabrikanten verder in deze nieuwe technologie investeren. Daardoor worden MNM's overwegend in coatings gebruikt. Door de groeiende ervaringen en het groeiende vertrouwen zullen MNM's echter naar verwachting ook hun weg naar complexere en meer veeleisende materialen vinden. Nanocellulosevezels bijvoorbeeld zijn MNM's die in de nabije toekomst kunnen worden gebruikt om zowel coatings als composieten te versterken.

### VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSOVERWEGINGEN

Er is nog maar weinig bekend over de veiligheids- en gezondheidsaspecten van de verschillende MNM's. Gezien de uitermate kleine grootte en nanospeci-

fieke reactiviteit van MNM's zijn er genoeg redenen om meer kritische neveneffecten te veronderstellen dan bij ruwere en grote materialen. Door de onzekerheid over de veiligheids- en gezondheidsaspecten van MNM's beperken de meubelmakers zich bij het gebruik van MNM's tijdens het productieproces van meubelen. Die onzekerheid leidt tot bezorgdheid over de veiligheid en de gezondheid van hun werknemers, de consumenten en het milieu. Ze leidt ook tot bezorgdheid over de risico's van blootstelling aan MNM's en de passende beschermingsmaatregelen tijdens hun toepassing en gebruik en hun verwerking op het eind van de levenscyclus. Het is daarom essentieel dat informatie over een veilige toepassing en een veilig gebruik van MNM's in de hele waardeketen van de meubelproducten wordt gecommuniceerd, d.w.z. van de producent van de grondstoffen tot de meubelmaker en de eindgebruiker(s) van het meubelproduct. Degelijke en betrouwbare informatie van de leverancier stelt de werkgever in de meubelnijverheid in staat zijn verplichtingen voor de bescherming van zijn werknemers tegen de met MNM's gepaard gaande risico's na te komen. Wanneer informatie over de toepassing en het gebruik zorgvuldig tussen de actoren in de hele waardescheppingsketen van meubelen wordt gecommuniceerd, zal de meubelnijverheid in staat zijn MNM's op veilige wijze te gebruiken en hun potentieel ten volle te benutten.

<sup>3</sup> <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>

<sup>4</sup> [www.nanowerk.com](http://www.nanowerk.com)

<sup>5</sup> [www.nanodaten.de](http://www.nanodaten.de)

<sup>6</sup> <http://bund.net/nanodatenbank>

<sup>7</sup> [www.nano.taenk.dk](http://www.nano.taenk.dk)

# VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDS- OVERWEGINGEN

## INLEIDING

Nanomaterialen kunnen om de volgende redenen voor de mens gevaarlijker zijn dan de traditionele microscopische equivalenten:

- Ze kunnen gemakkelijker in menselijk weefsel doordringen;
- Ze zijn zo klein dat hun poeder zich als gas kan gedragen en dat beïnvloedt hun migratie- en blootstellingsprofiel;
- Ze kunnen via het zenuwstelsel en door de placenta worden vervoerd en kunnen door de huid dringen;
- Hun vorm kan specifieke toxische reacties zoals ontstekingen of oxidatieve stress veroorzaken;
- Hun oppervlakte/volume- (of oppervlakte/massa-)verhouding is groter, waardoor hun chemische reactiviteit hoger is;
- Ze kunnen andere chemische eigenschappen vertonen. Ze kunnen bijvoorbeeld een katalytische werking krijgen;
- Ze kunnen andere fysische eigenschappen vertonen. Ze kunnen bijvoorbeeld elektrische geleidend of beter oplosbaar worden.

Ook al is de huidige kennisstand nog niet voldoende om de toxiciteit van nanomaterialen op basis van hun samenstelling en morfologie te voorspellen, toch kan men ervan uitgaan dat hun toxische profiel deels te maken heeft met hun unieke chemische en fysische gedrag, dat ze uitgerekend zo interessant maakt voor productinnovatie. Ongeacht hun intrinsieke risico's is de waarschijnlijke blootstelling de doorslaggevende factor voor de gezondheidsrisico's van nanomaterialen of -producten. Bij een doeltreffende vermindering van blootstelling treden geen gezondheidsrisico's op.

## SCHADELIJKE EFFECTEN VAN NANOMATERIALEN VOOR DE GEZONDHEID

Er is geen algemeen "gezondheidsrisico door nanomaterialen". Elk nanomateriaal heeft zijn eigen unieke schadelijke effecten voor de gezondheid. Bij de MNM's die momenteel overwegend in de meubelnijverheid worden gebruikt, is enkel de toxiciteit van nano-TiO<sub>2</sub> vrij goed bekend. Over de toxiciteit van nano-SiO<sub>2</sub> en nano-Ag (nanozilver), de twee andere meest gebruikte MNM's, daarentegen is veel minder bekend. Voor alle overige MNM's zijn gegevens over de toxiciteit schaars of onbestaand.

Gezien de vele vraagtekens over de schadelijke effecten voor de gezondheid van elk individueel nanomateriaal is het zinvol de beschikbare kennis te verzamelen en gemeenschappelijke trends te identificeren. De gezondheidseffecten die men het vaakst waarneemt, zijn ontsteking en oxidatieve stress. Bij een voldoende hoge dosis kunnen inflammatie en oxidatieve stress leiden tot celdood of de vorming van littekenweefsel, bijvoorbeeld in de longen. Celwoekering, beschadiging van het DNA en hormonale storingen zijn andere effecten hiervan. Een uitgebreid overzicht van de beschikbare kennis over de veiligheids- en gezondheidsrisico's van nanomaterialen vindt men bij Aschberger et al. (2011)<sup>8</sup>. Deze algemene effecten op de gezondheid kunnen uiteindelijk tot uiting komen in ontstekingen van de luchtwegen, bronchitis, astma, cardiovasculaire aandoeningen, kanker of ontwikkelingsstoornissen bij de foetus. Een irritatie van de blootgestelde huid wordt eveneens vermeld als mogelijk schadelijk effect, bijvoorbeeld bij oppervlaktereactieve biocide MNM's

zoals nano-TiO<sub>2</sub>, nano-Ag of nano-SiO<sub>2</sub> (zie verderop). De huidige gegevens volstaan niet om de irriterende werking van MNM's aan te tonen.

## SCHADELIJKE EFFECTEN VAN NANO-TIO<sub>2</sub>

In 2011 onderzocht het NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health, VS) alle beschikbare wetenschappelijke gegevens over het gezondheids- en veiligheidsprofiel van nano-TiO<sub>2</sub>. NIOSH<sup>9</sup> kwam tot het besluit dat er voldoende bewijzen zijn om nano-TiO<sub>2</sub> als potentieel kanker-  
verwekkende stof te catalogiseren. Interessant is wel dat het NIOSH concludeert dat het kankerverwekkende effect van nano-TiO<sub>2</sub> te wijten is aan een secundair mechanisme. Het effect is dus niet kenmerkend voor de chemische stof zelf maar voor het partikel en wordt veroorzaakt door het feit dat nano-TiO<sub>2</sub> niet oplosbaar is en een nanogrootte heeft. Een soortgelijk effect kan bijgevolg wellicht bij andere niet-oplosbare MNM's worden verwacht. Het NIOSH kwam verder tot het besluit dat het aanbrengen van een dunne coating rond elk partikeltje nano-TiO<sub>2</sub> blijkbaar het kankerverwekkende effect verhoogt en dat de morfologie (amorf of kristallijn) geen duidelijk effect op de kankerverwekkende eigenschap lijkt te hebben.

## SCHADELIJKE EFFECTEN VAN NANO-SIO<sub>2</sub>

Anders dan bij nano-TiO<sub>2</sub> is het toxische profiel van nano-SiO<sub>2</sub>, het tweede nanomateriaal, veel minder onderzocht. Nano-SiO<sub>2</sub> kan in amorphe of kristallijne vorm en in een de meest uiteenlopende vormen en morfologieën worden geproduceerd. Naargelang van de exacte structuur verschilt de fysi-

<sup>8</sup> Aschberger A, Micheletti C, Sokull-Kluttgen B en Christensen FM (2011) Analysis of currently available data for characterizing the risks of engineered nanomaterials to the environment and human health – Lessons learned from four case studies, *Environment International*, 37, 1143 – 1156.

<sup>9</sup> Occupational Exposure to Titanium Dioxide, NIOSH, Current Intelligence Bulletin 63, april 2011.

sche en chemische reactiviteit en ook het toxische profiel kan verschillen. Napiersky et al. (2010)<sup>10</sup> onderzochten de verschillende vormen en syntheses en ze beschreven de beschikbare kennis over de toxiciteitsmechanismen van dit nanomateriaal. Ze kwamen tot de vaststelling dat de toxiciteit van nano-SiO<sub>2</sub> heel waarschijnlijk aan de kristallijne structuur te wijten is. Kristallijn nano-SiO<sub>2</sub> veroorzaakt blijkbaar oxidatieve stress en als gevolg daarvan beschadiging van DNA en celmembranen. In de industrie wordt daarentegen meestal de amorf vorm van nano-SiO<sub>2</sub> gebruikt om de prestaties van producten te verbeteren. Het gebruik in zeer krasbestendige lakken is daarvan een voorbeeld. Men gaat ervan uit dat amorf nano-SiO<sub>2</sub> veel minder toxisch is dan kristallijn nano-SiO<sub>2</sub> en daarom onderzocht een beperkt aantal studies diepgaander het exacte profiel. In het beperkte aantal beschikbare studies wordt vermeld dat nano-SiO<sub>2</sub> geen rol speelt bij de progressieve fibrose in de longen maar bij hoge dosissen wel in een acute pulmonaire ontsteking kan resulteren. Toch kan bij verder onderzoek blijken dat deze conclusies wat moeten worden bijgesteld afhankelijk van het precieze ontwerp van de amorf nano-SiO<sub>2</sub>. In meer en meer onderzoeken wordt gewezen op de sterke wisselwerking tussen nano-SiO<sub>2</sub> en peptiden, het grote effect van de oppervlakte op de reactiviteit van dit nanomateriaal en de toxiciteit bij elke aanpassing van het oppervlak. De wisselwerking met peptiden kan bijvoorbeeld wijzen op een mogelijk allergisch potentieel (vergelijkbaar met die van epoxyproducten). Belangrijk is ook dat in verschillende studies een verschillende toxiciteit als gevolg van verschillende analyses wordt aangetoond.

Toch wijzen Napiersky et al. (2010) en daarin opgenomen bronnen erop dat voor nanomateriaal typische gezondheids- en veiligheidsrisico's voor werknemers vooral optreden wanneer poeders van het ruwe nanomateriaal worden geproduceerd of gemanipuleerd. In suspensie of in een vaste stof wordt nano-SiO<sub>2</sub> naar hun zeggen

gefixeerd en is de blootstelling door inademing naar verwachting zeer laag.

#### SCHADELIJKE EFFECTEN VAN NANO-AG

De toxiciteit van zilver werd in het verleden intensief onderzocht. Daaruit bleek dat zilver voor mensen relatief niet-toxisch is maar voor milieuorganismen uiterst giftig kan zijn. In tegenstelling tot macroscopisch zilver is het toxische profiel van nano-Ag niet zo goed onderzocht. In beide gevallen is de toxiciteit te wijten aan de emissie van zilverionen (Ag<sup>+</sup>). Bij nano-Ag kan echter het nanopartikel zelf een verhoogde toxiciteit vertonen, omdat het bij blootstelling op een andere wijze in het menselijk lichaam (of het milieu) wordt verspreid dan de zilverpartikels met een grotere diameter. Zo stelden men in onderzoeken over de toxiciteit in het milieu vast dat nano-Ag als een soort Ag<sup>+</sup>-bom in micro-organismen werkt. Een overzicht van de beschikbare gegevens die het toxische profiel van nano-Ag beschrijven, vindt men in een recente studie van TNO (2011)<sup>11</sup>.

Ondanks het momenteel ontbreken van een compleet toxisch profiel van nano-Ag zijn er toch aanwijzingen dat men voorzichtig moet zijn bij de toepassing van nano-Ag in meubelproducten. Een van de essentiële toepassingen van nano-Ag is die voor medische behandeling van zeer gevoelige wonden, bacteriële infecties of als desinfecterend middel voor bacteriestammen die zeer resistent zijn of resistent worden tegen andere antibiotica. Een verkeerd gebruik kan bijdragen tot de ontwikkeling van bacteriële resistentie tegen zilver (cf. TNO 2011 en de bronnen daarin). Als dat gebeurt, zou het een enorm effect op de menselijke gezondheid hebben.

#### BLOOTSTELLINGSGRENSWAARDEN

Voor de beoordeling van de veiligheid op de werkplek worden vaak arbeidshygiënische blootstellingsgrenswaarden (OEL = occupational exposure limit)

gebruikt. De huidige wetenschappelijke kennis volstaat niet om arbeidshygiënische blootstellingsgrenswaarden voor de meeste nanomaterialen voor te stellen. Slechts voor een beperkt aantal nanomaterialen stellen de ondernemingen die ze produceren of onderzoeken een arbeidshygiënische blootstellingsgrenswaarde (OEL), een aanbevolen blootstellingsgrenswaarde (REL = recommended exposure limit) of een afgeleide dosis zonder effect (DNEL = derived no-effect level) voor. Tabel 3 vat een selectie samen.

In afwachting van de uitwerking van vaste blootstellingsgrenswaarden voor nanomaterialen kunnen voorlopige nanoreferentiewaarden voor pragmatische vergelijking worden gebruikt. Verschillende initiatieven onderzochten de mogelijkheid om een schema op te stellen om de generieke referentiewaarden voor MNM's af te leiden, bijvoorbeeld het Duitse IFA (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) en het Britse BSI (British Standard Institute). In Nederland werden de werkgevers- en werknemersorganisaties het eens om dergelijke vergelijkende niveaus voor de arbeidshygiënische blootstelling te gebruiken: de zogenaamde voorlopige nanoreferentiewaarden (NRV's). In maart 2012 publiceerde de Sociaal-Economische Raad (SER)<sup>12</sup> in Nederland een NRV-tabel als officieel adviesmiddel voor het Nederlandse Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, cf. Tabel 4.

De afgeleide NRV's worden gebruikt voor pragmatische vergelijkingsniveaus; ze garanderen niet dat een onder die referentiewaarden liggende blootstelling aan nanomaterialen veilig is. De NRV's kunnen worden gebruikt, zolang de EU of de Lidstaten zelf geen arbeidshygiënische blootstellingsgrenswaarden voor nanomaterialen vastgelegd hebben of zolang de REACH-documentatie geen specifieke aanbevolen blootstellingsgrenswaarden of afgeleide dosissen zonder effect (DNEL's) voor nanomaterialen bevat. Door de samenwerking tussen de

<sup>10</sup> Napiersky D, Thomassen LCJ, Lison D, Martens JA en Hoet PH (2010) The Nanosilica Hazard: another variable entity, *Particle and Fibre Toxicology*, 7, 39.

<sup>11</sup> van Manen - Vernooij B, le Feber M, van Broekhuizen FA, van Broekhuizen P (2011) Pilot "Kennisdelen Nano in de verfketen", TNO Report V20123.

<sup>12</sup> SER Advies 12/01, maart 2012, Voorlopige nanoreferentiewaarden voor synthetische nanomaterialen, Bijlage 1.

TABEL 3 Voorstellen voor OEL's, REL's en DNEL's voor specifieke nanopartikels

STOF		OEL of REL mg/m <sup>3</sup>	DNEL mg/m <sup>3</sup>	Referentie
MWCNT (Baytubes) *	tijdgewogen gemiddelde 8 uren**	0,05		Pauluhn, 2010
MWCNT (Nanocyl)	tijdgewogen gemiddelde 8 uren	0,0025		Nanocyl 2009
CNT (SWCNT en MWCNT) *	tijdgewogen gemiddelde 8 uren	0,007		NIOSH 2010
Fullereen		0,8		NEDO-2 2009
Ag (18-19 nm)	DNEL		0,098	Stone et al. 2009
TiO <sub>2</sub> (10 -100 nm) (REL) **	10 uren/dag, 40 uren/week	0,3		NIOSH 2011

\* CNT = carbon nanotube (koolstofnanobuis); SWCNT = single-wall CNT (enkelwandige koolstofnanobuis); MWCNT = multi-wall CNT (meerwandige koolstofnanobuis)

\*\* REL = aanbevolen blootstellinggrenswaarde; TWA = tijdgewogen gemiddelde

TABEL 4 De Nederlandse tabel met voorlopige nanoreferentiewaarden (NRV's) werd door de SER in maart 2012 aanbevolen

KLASSE	OMSCHRIJVING	DICHTHEID (kg/m <sup>3</sup> )	NRV (tijdgewogen gemiddelde 8 uren)	VOORBEELDEN
1	Rigide, biopersistente nanobuisjes, nanovezels en nanostaafjes, waarbij asbestachtige effecten niet worden uitgesloten.	-	0,01 vezels/cm <sup>3</sup> (= 10.000 vezels/m <sup>3</sup> )	SWCNT, MWCNT of metaaloxidevezels, waarbij asbestachtige effecten door de producent niet worden uitgesloten.
2	Biopersistente, korrelige nanomaterialen in het bereik van 1 tot 100 nm	> 6 000	20.000 partikels/cm <sup>3</sup>	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>
3	Biopersistente, korrelige nanomaterialen in het bereik van 1 tot 100 nm	< 6 000	40.000 partikels/cm <sup>3</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> , TiN, TiO <sub>2</sub> , ZnO, nanoklei Carbonblack, C <sub>60</sub> , dendrimeren, nanobuisjes, nanovezels en nanostaafjes van polystyreen, waarbij asbestachtige effecten niet uitdrukkelijk worden uitgesloten.
4	Niet-biopersistente, korrelige nanomaterialen in het bereik van 1 tot 100 nm	-	Geldende OEL's	Bijvoorbeeld vetten, siloxanen, zout (= NaCl).

Nederlandse sociale partners die resulteerde in de NRV-tabel en het officiële statuut van die tabel als SER-aanbeveling is het uniek. Uniek is ook de gedefinieerde meeteenheid: het aantal nanopartikels per cm<sup>3</sup>, want die toont aan dat men de reactiviteit van nanomaterialen momenteel baseert op oppervlakte en niet op massa. De toepassing van de NRV-tabel op Europees niveau wordt aangemoedigd door het Europees Vakverbond (EVV). De gewenste toepassing in de hele Europese Unie wordt momenteel onderzocht.

Als een nanomateriaal in een product wordt gebruikt, is het niet noodzakelijk een "onveranderbaar" partikel. In veel producten zal het nanomateriaal met de productmatrix reageren of zich ermee verbinden. Voorbeelden hiervan zijn nanosilica in zeer krasbestendige lakken, nanozilver in hoogwaardig textiel of een nanomateriaal dat voor galvanisatie wordt gebruikt. Bij andere producten blijft het nanomateriaal losser in de productmatrix ingebed, bijvoorbeeld nanotitaniumdioxide in zelfreinigende coatings. Het gedrag van een nanomateriaal in een product

beïnvloedt de schadelijke effecten voor de gezondheid en de waarschijnlijke blootstelling. Daarom is het belangrijk te beseffen dat de toxiciteit van een nanomateriaal gedurende verschillende fasen van de levenscyclus kan wijzigen. Van potentieel gevaarlijk als grondstof over niet-toxisch voor consumenten tijdens het gebruik tot gevaarlijk als afval in de eindfase of bij verwijdering in het milieu. De volgende vraag is bijgevolg van doorslaggevend belang in het hele debat over de veiligheid en gezondheid van nanomaterialen:

*Wat gebeurt er met het nanomateriaal, zodra het werd gebruikt, en hoe gedraagt het nanospecifieke karakter zich?*

## BLOOTSTELLINGSBRONNEN

In de meubelnijverheid worden de werknemers (nagenoeg zonder uitzondering) normaliter blootgesteld aan nanoprodukten (in de vorm waarin ze werden gekocht of in de vormen waarin ze door gebruik of verwerking ontstaan), niet aan zuivere nanomaterialen. De blootstelling treedt met andere woorden hoofdzakelijk in de volgende situaties op:

*Producten waarin nanopartikels (of nanomaterialen) ingebed zijn (in een vaste matrix, in poeder, in een vloeistof of in een suspensie) en het stof of de aerosolen van die producten die ontstaan bij de machinale bewerking, het spuiten of een andere applicatie op de werkplek.*

Dit heeft allemaal een gevolg op de eigenlijke blootstelling van de werknemer aan het nanomateriaal in het product. Uit onderzoek van Saber et al. (2011a<sup>13</sup>, b<sup>14</sup>) blijkt dat er aanzienlijke verschillen kunnen zijn bij de blootstelling aan zuivere nanomaterialen enerzijds en aan in een coating ingebedde nanomaterialen anderzijds. Zij onderzochten verschillende coatings (acrylcoatings en een met UV behandelde lak) die verschillende nanomaterialen (nano-TiO<sub>2</sub>, nano-SiO<sub>2</sub>, nanoklei en carbonblack) bevatten. Ze kwamen tot de vaststelling dat de zuivere nanomaterialen nanospecifieke inflammatoire en DNA-beschadigende effecten vertoonden. Zodra die nanomaterialen echter in de coating of de lak ingebed waren, was het toxische profiel van het schuurstof van deze nanoprodukten vergelijkbaar met de toxiciteit van dezelfde producten zonder de nanomaterialen. De eerste en voorlopige wetenschappelijke onderzoeken tonen met andere woorden aan dat nanomaterialen die in een matrix ingebed zijn,

niet noodzakelijk de nanospecifieke toxiciteit vertonen die ze in zuivere vorm wel hebben. Deze veelbelovende eerste resultaten zijn zeer belangrijk voor de risicobeoordeling van het werken met nanomaterialen en nanoprodukten in de meubelnijverheid. Ze moedigen verder onderzoek hieromtrent aan om uit te maken of soortgelijke effecten bij andere producten en materialen worden vastgesteld.

Veralgemeend zijn er drie manieren waarop een MNM in een nanoprodukt kan opgenomen zijn:

1. Een MNM kan chemisch inert zijn maar in staat om fysisch te interageren. Dat resulteert in een matrix waarin het MNM ingebed is maar geen chemische reactie met de matrix van het product heeft. Daardoor blijft het nanomateriaal "los" en kan het in principe weglekken.
2. Een MNM kan chemisch reageren. Dat resulteert in een verbinding tussen het MNM en de matrix, waardoor een weglekken van het nanomateriaal onwaarschijnlijk wordt.
3. Een MNM kan zowel chemisch als fysisch reactief zijn en zich op het oppervlak van de matrix binden. Op die manier zal het nanomateriaal wellicht niet weglekken, maar bij direct contact met het oppervlak kan wel nog blootstelling optreden. Bacteriedodende oppervlakken zijn daarvan een voorbeeld.

In de volgende drie hoofdstukken wordt uitgelegd op welke drie manieren werknemers in de meubelnijverheid kunnen worden blootgesteld aan de nanomaterialen in de producten waarmee ze werken. Door de aard van hun dagelijkse werkzaamheden en de producten waarmee ze meestal werken, treden de meeste gezondheidsrisico's op door inademing van stof van nanomateriaal (resultaat van snijden, schuren, boren, naaien of machinale bewerking) of aerosolen van gespoten verf of lijm. Ook doordringing van de huid kan optreden (maar dan in veel mindere mate); zo kan men gezondheidsrisico's verwachten bij contact

met oppervlaktereactieve stoffen zoals bacteriedodende middelen. Ook blootstelling door inslikken kan worden verwacht. Nanomaterialen die uit de longen of de neus worden verwijderd worden met slijm ingeslikt. Er is ook een risico op het inslikken van stof of verf die nanomaterialen bevatten tijdens de lunch- en koffiepauzes, wanneer de handen en het gezicht niet grondig worden gewassen.

De blootstelling aan nanopartikels door het vervoeren van vaste meubelonderdelen zoals met nanomaterialen verbeterde keramiek, glas, staal, kunststof, composieten, isolatiemateriaal, beton, hout of met geharde coatings behandelde oppervlakken is naar verwachting heel gering, omdat de nanomaterialen in deze gevallen normaliter in de vaste matrix ingebed zijn. Toch verdient het aanbeveling om ook in deze situatie contact met de huid te vermijden en veiligheidshalve handschoenen te dragen.

## BLOOTSTELLING DOOR INADEMING EN KENMERKENDE GEZONDHEIDSOVERWEGINGEN

De blootstelling aan nanomaterialen door inademing kan optreden wanneer in de lucht zwevende partikels op de werkplek worden voortgebracht, omdat de toegepaste processen stof of aerosolen veroorzaken enerzijds of omdat poeders van nanomaterialen worden gehanteerd anderzijds. In de meubelnijverheid komen de meeste nanomaterialen op de werkplek terecht als bestanddeel (ingrediënt) van een nanoprodukt zoals een coating of behandeld textiel. De omgang met ruw nanomateriaal werd in dit project niet onderzocht. We stelden wel de toevoeging van matteringsmiddelen op basis van nano-silica bij bepaalde coatings of lakken en bepaalde pigmenten (in suspensie geleverd) in de industrie vast.

Verschiedende studies hebben aangetoond dat nanopartikels tot in het longweefsel kunnen doordringen en zo de bloedbaan kunnen bereiken. Nanopar-

<sup>13</sup> Saber AT, Jensen KA, Jacobsen NR, Birkedal R, Mikkelsen L, Moller P, Loft S, Wallin H en Vogel U (2011a) Inflammatory and genotoxic effects of nanoparticles designed for inclusion in paints and lacquers, *Nanotoxicology, Early Online*, 1 – 9.

<sup>14</sup> Saber AT, Koponen IK, Jensen KA, Jacobsen NR, Mikkelsen L, Moller P, Loft S, Vogel U en Wallin H (2011b) Inflammatory and genotoxic effects of sanding dust generated from nanoparticle-containing paints and lacquers, *Nanotoxicology, Early Online*, 1 – 13.



tikels kunnen via het zenuwstelsel van de neus ook de hersenen bereiken. Daar kunnen ze door de bloed-hersenbarrière dringen of via het zenuwstelsel verder worden vervoerd. Deze twee mechanismen kunnen een belangrijke rol spelen bij de ontwikkeling van bepaalde aandoeningen van het hart of het centrale zenuwstelsel.

Een groep nanomaterialen die bijzondere aandacht verdient, zijn de buisvormige nanomaterialen. Enkele jaren geleden kwamen koolstofnanobuisjes internationaal in de aandacht wegens hun vermoede mesothelioomverwerkend effect (kanker van een specifiek deel van de longen en het buikvlies). Verder onderzoek rond dit thema toont echter aan dat de toxiciteit van koolstofnanobuisjes (en andere nanobuisjes) sterk afhangt van de precieze vorm en functionaliteit van het betrokken nanomateriaal. Een uitgebreid overzicht van de bestaande kennis hierover vindt men bij Zhao en Liu (2012)<sup>15</sup>. Bij wijze van eerste voorzorg verdient het niettemin aanbeveling elke blootstelling aan nanobuisjes, -staafjes of -vezels te vermijden, tenzij de producent van het nanomateriaal asbestachtige effecten uitdrukkelijk uitsluit.

Buisvormige (of staafvormige) nanomaterialen verdienen speciale aandacht bij de beoordeling van de veiligheid en de gezondheid van werknemers, consumenten en milieu. Een gebruik van nanokoolstofbuisjes werd in de meubelnijverheid nog niet waargenomen. Gezien hun unieke elektrische eigenschappen en hun potentieel als versterkingsvezel, alternatieve brandvertrager of middel om algengroei tegen te gaan, mag men verwachten dat ze in de toekomst zullen worden toegepast.

#### BLOOTSTELLING DOOR DE HUID

De huid wordt traditioneel als goede barrière tegen partikels beschouwd. Wanneer de huid gecompromitteerd is (bijvoorbeeld geschaafd of verwond) of onder stress (bij de gewrichten bijvoorbeeld) kunnen toch nanopartikels door de huid dringen. Ook de haarfollikels

en poriën zijn plaatsen op de huid waarlangs de nanopartikels kunnen penetreren. Zodra een nanopartikel de huidbarrière doorboord heeft, mag het duidelijk zijn dat het onderliggende huidweefsel en de bloedbaan het eerste doelwit zijn. Via het bloed kan het nanopartikel naar andere organen worden vervoerd. Ook de huid zelf kan een doelwit zijn. Tot nu toe werd irritatie van de huid als gevolg van blootstelling aan MNM nauwelijks onderzocht. Gezien de functionaliteit van sommige MNM's, die bijvoorbeeld ontwikkeld werden om organisch materiaal af te breken of als biocide te werken, kan men potentieel irriterende werking niet uitsluiten zonder verder onderzoek. Bij Nano-SiO<sub>2</sub> wijst de reactie van deze stof op peptiden op een mogelijk irriterende werking, die verder moet worden onderzocht. De huid als mogelijk bron van blootstelling verdient bijzondere aandacht in de meubelnijverheid, bijvoorbeeld wanneer bij het werk stof wordt voortgebracht dat nanomateriaal bevat of wanneer residu's van nanomateriaal bevattend stof op de werkplek achterblijven.

#### BLOOTSTELLING DOOR INSLIKKEN

Bij inslikken gaat niet het alleen om nanomaterialen die rechtstreeks (door de mond) worden ingeslikt maar ook nanopartikels die eerst werden ingeademd, door de long met het slijm werden uitgedreven en vervolgens worden ingeslikt (secundaire ingestie genaamd). Nanopartikels kunnen in de ingewanden worden opgenomen en net als alle andere voedsel in de bloedstroom terecht komen.

#### BLOOTSTELLING VAN DE EINDVERBRUIKER

Ook al verwerkt (fabriceert) de eindverbruiker van een meubelproduct hoogstwaarschijnlijk niet zelf het product, toch kan ook hij aan nanomaterialen worden blootgesteld. Vooral het (huid)contact met de bovenste laag van het product (stoel, tafel, enz.) kan intens zijn. Toch zal die blootstelling

enkel optreden, wanneer het nanomateriaal enigszins "mobiel" is, bijvoorbeeld bij weekmakers, of indien het nanomateriaal zich bovenaan op de matrix bevindt zoals bij bacteriedodende middelen. Bij de beoordeling van de risico's van de blootstelling aan nanomaterialen moet men echter voor ogen houden dat nanomaterialen vaak met de matrix van het materiaal worden verbonden of erin worden ingebed. Daarom zal de blootstelling van de eindverbruiker bij veel toepassingen laag zijn. Toch moet de mogelijke blootstelling van eindverbruikers ernstig in overweging worden genomen bij het ontwerpen van een meubelproduct.

<sup>15</sup> Zhao X en Liu R (2012) Recent progress and perspectives on the toxicity of carbon nanotubes at organism, organ, cell, and biomacromolecule levels, *Environment International*, 40, 244-256.

# INRICHTEN VAN EEN VEILIGE WERKPLEK

## OP EEN VERANTWOORDE WIJZE

met nanomaterialen werken wordt uiteengezet in het voorzorgsbeginsel dat door de Europese Commissie en de sociale partners in de meubelnijverheid wordt aanbevolen. Het principe is niet als regelgeving bedoeld maar kiest voor een aanpak die uit 5 modules bestaat:

te vermijden of tot een minimum te beperken. De *Guidance on Working Safely with Nanomaterials and Nanoproducts (Handleiding veilig werken met nanomaterialen en nanoprodukten)* werd door de Nederlandse sociale partners opgesteld en is een voorbeeld van een dergelijke tool. Andere tools focussen op de bepaling van arbeids-

## SCENARIO'S VOOR DE BLOOTSTELLING OP DE WERKPLEK IN DE MEUBELNIJVERHEID

De voorbije jaren werden meer en meer onderzoeken gepubliceerd waarbij de mogelijke blootstelling van werknemers aan nanomaterialen in levenssechte omstandigheden werd onderzocht. Deze studies spitsen zich vooral toe op de mogelijke blootstelling tijdens schuur- of sproeiwerkzaamheden en tijdens het werken met poeders van nanomaterialen. De eerste bevindingen gaan allemaal in dezelfde richting, namelijk dat een blootstelling aan vrijgekomen nanomaterialen alleen wordt waargenomen tijdens het werken met zuivere nanomaterialen of met poeders van nanomaterialen. Zodra een nanomateriaal in een matrix ingebed is, stelt men geen blootstelling aan het zuivere nanomateriaal meer vast. In plaats daarvan stelt men vast dat de blootstelling tijdens schuur- of sproeiwerkzaamheden doorgaans bestaat uit de productmatrix met het in die matrix ingebedde nanomateriaal. De metingen van blootstelling op de werkplek in het kader van dit onderzoek komen overeen met de voorlopige bevindingen.

In een eerste concept kan het werken met MNM's in de meubelnijverheid in drie "risicozones" worden onderverdeeld:

### HET HOOGSTE RISICO

is er bij werkzaamheden waarbij poeders met zuivere MNM's worden gebruikt. Hierna volgen de eerste maatregelen om de blootstelling te verminderen:

- (1) Onderzoeken of vervanging door een alternatief product met bekende veiligheids- en gezondheidsrisico's een optie is;
- (2) De leverancier vragen om de MNM's in vloei- of pastavorm te leveren;

**TABEL 5** Modules voor een voorzienende benadering van werken met nanomaterialen (MNM's) in de meubelnijverheid

1. Indien er onvoldoende gegevens over de veiligheids- en gezondheidsrisico's van MNM's beschikbaar zijn, moet de blootstelling van werknemers in de meubelnijverheid worden vermeden.
  - Vermijd blootstelling aan MNM's volgens de preventiestrategie.
2. Wegens de onzekerheid over de veiligheids- en gezondheidsrisico's van MNM's moeten producenten en leveranciers hun afnemers in de meubelnijverheid informeren over de MNM's in hun materialen en producten.
  - Verklaring over de MNM-bestanddelen en het mogelijke vrijkomen van een product of materiaal in de productieketen.
  - Registratie in een centraal register van de MNM-bestanddelen en van het mogelijke vrijkomen van een product of materiaal.
3. Registratie van de blootstelling op de werkplek maakt een vroegtijdige controle op en een controle achteraf van de schadelijke effecten van MNM's op de gezondheid van de werknemers in de meubelnijverheid mogelijk.
  - Gelijkwaardig aan de registratie van kankerverwekkende stoffen: nanovezels en kankerverwekkende, mutagene, voor de voortplanting giftige of sensibiliserende MNM's.
  - Gelijkwaardig aan de registratie van voor de voortplanting gevaarlijke stoffen: alle andere niet-oplosbare MNM's.
4. Een transparante communicatie over de risico's is essentieel voor de werknemers en werkgevers, zodat een veilige werkplek voor het werken met MNM's in de meubelnijverheid kan worden ingericht.
  - Informatie in VIB's (Veiligheidsinformatiebladen) over bekende nanogevoeren, risicobeheer en ontbrekende kennis.
  - Informatie over de veilige toepassing en het veilige gebruik, bijvoorbeeld door middel van een handleiding.
  - Een Chemisch Veiligheidsrapport (REACH) voor stoffen > 1 ton/jaar/bedrijf eisen.
5. Het bepalen van arbeidshygiënische blootstellinggrenswaarden voor nanomaterialen of nanoreferentiewaarden is vereist voor de beoordeling van de veiligheid op de werkplek.
  - Voor nanopartikels die op de werkplek zouden kunnen vrijkomen.

Het voorzorgsbeginsel in de praktijk omzetten is ingewikkeld. Om werkgevers en werknemers bij dit proces te ondersteunen werden verschillende tools ontwikkeld. Eén soort tools wil werknemers en werkgevers helpen bij het beoordelen en evalueren van de gezondheidsrisico's bij het werken met MNM's en bij het nemen van preventieve maatregelen om de blootstelling

hygiënische blootstellinggrenzen (OEL's). De *handleiding* en het schema van nanoreferentiewaarden kunnen als goede praktijk voor de inrichting van een in de preventie voorzienende werkplek worden gezien. Op EU-niveau, in verschillende andere lidstaten van de EU en in de VS lopen soortgelijke projecten.



FOTO 1. Spuiten onder hoge druk in de spuitcabine. De luchtstroom van het afzuigsysteem wordt door de pijl aangegeven. Groen wijst op een laag aantal nanopartikels, rood op een hoog aantal nanopartikels.



- (3) Iedere blootstelling vermijden (door de werknemer af te screenen, door afzuiging, bij voorkeur met een afzuigkap, of door robotarmen in een volledig gesloten en geautomatiseerd proces of door middel van persoonlijke beschermingsmiddelen).

**EEN MIDDELMATIG RISICO** is er bij werkzaamheden met MNM-houdende (vloeibare of vaste) materialen zoals verven, lakken, kleefstoffen, composieten of textiel. Spuiten, schuren, polijsten, snijden of andere machinale bewerkingen met MNM-houdende materialen zijn voorbeelden van werkzaamheden met een hoog risico op blootstelling, die vaak in de meubelnijverheid voorkomen. In dergelijke gevallen kan blootstelling aan MNM-houdend stof of aerosolen worden verwacht en moet ze worden vermeden. De eerste maatregelen om het blootstellingsrisico te beheersen moeten zijn:

- (1) De opwekking van stof of aerosolen zoveel mogelijk met de applicatietechniek vermijden;
- (2) een efficiënt afzuigsysteem gebruiken;
- (3) persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken om inademing of contact met de huid te verhinderen.

Werkzaamheden met **EEN LAAG RISICO** zoals de behandeling van MNM-houdende vaste of vloeibare materialen zonder de opwekking van stof of aerosolen. Het dragen van een plaat met MNM-coating of een bus MNM-verf van plaats A naar B is een voorbeeld van een dergelijke werkzaamheid. Het MNM zit in de matrix vast en komt naar verwachting niet zomaar bij aanraking vrij. Toch verdient het aanbeveling door middel van het dragen van handschoenen huidcontact te vermijden, bijvoorbeeld bij

het verplaatsen van meubelproducten die met bacteriedodende oppervlakte-reactieve coatings werden behandeld.

Bij werkzaamheden met MNM's of MNM-houdende materialen met een hoog of middelmatig risico verdient het bovendien aanbeveling de werkelijke blootstelling van de betrokken werknemer(s) aan nanopartikels te controleren. Dit dient bij voorkeur te gebeuren voor en na het nemen van bijkomende maatregelen ter vermindering van de blootstelling, zodat de doeltreffendheid van die maatregelen kan worden nagegaan en kan worden uitgemaakt of nog meer blootstellingsverminderende maatregelen moeten worden genomen.

Hieronder worden de belangrijkste conclusies van deze studie met het oog op maatregelen ter vermindering van de blootstelling op de werkplek beschreven. Op werkplekken werden metingen uitgevoerd met twee nanopartikeltellers met tijdsresolutie (NanoTracer, Philips Aerasense). Die maten de hoeveelheid nanopartikels in de lucht en hun gemiddelde diameter. De samenstelling van de nanopartikels in de lucht werd geanalyseerd met een rasterelektronenmicroscop gecombineerd met energie-dispersieve röntgenspectroscopie (SEM/EDX<sup>16</sup>). Op de markt zijn verschillende analysetechnieken beschikbaar om de blootstelling aan nanomaterialen op de werkplek te meten. Voor een grondige beoordeling moeten minstens de volgende criteria vervuld zijn:

1. De hoeveelheid nanopartikels als gevolg van de werkzaamheid moet worden gekwantificeerd;
2. De chemische samenstelling van die nanopartikels moet worden bepaald.

*De volgende voorbeelden zijn gebaseerd op observaties gedurende korte tijd. Ze dienen enkel als inspiratie voor het uitwerken van preventieve maatregelen op de specifieke werkplek.*

### Spuiten van verven, lakken of kleefmiddelen

Wanneer een nanoprodukt wordt verspoten, vormt inademing van aerosolen potentieel het grootste blootstellingsrisico. Daarom moet het spuiten van en werken met stoffige materialen zoveel mogelijk worden vermeden. Als men een kwast of verfroller gebruikt, is het risico op blootstelling lager dan met een spuitpistool. Blootstelling op de werkplek is ook geringer als het spuiten automatisch met een robotarm in een gesloten omgeving gebeurt dan wanneer manueel wordt gespoten.

**OBSERVATIEVOORBEELD 1: SPUITEN ONDER HOGE DRUK** van een MNM-houdende lak op houtplaten in een spuitcabine zoals die in foto 1. Behalve de normale bescherming tegen lakken met oplosmiddelen werden er geen speciale maatregelen genomen om de blootstelling aan MNM te vermijden. De pijl in foto 1 geeft aan dat een hoge blootstelling aan MNM werd waargenomen. De werknemer zelf werd maar matig aan MNM blootgesteld. De bij de vacuümafzuigwand gemeten concentraties waren veel hoger. Uit deze observatie blijkt dat een goed ontworpen afzuigsysteem op efficiënte wijze de MNM's uit de ademzone van de werknemer verwijdert. Toch werd er geen arbeidshygiënische blootstellinggrenswaarde voor nanomaterialen voor deze MNM vastgelegd om de blootstelling van de werknemer te beoordelen. Als men deze werkzaamheid met de Nederlandse nanoreferentiewaarde als voor-

<sup>16</sup> De SEM/EDX-analyses werden uitgevoerd bij de Universiteit van Utrecht (NL), Afdeling Elektronenmicroscop, met de assistentie van J.A. Post en J.W. Geus.

beeld van een goede praktijk vergelijkt, komt men tot de conclusie dat geen verdere controlemaatregelen tegen blootstelling vereist waren. Toch wordt aangeraden de geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen te dragen. Er is nog altijd geen duidelijkheid over de schadelijke effecten op lange termijn van een plotselinge piekblootstelling of lage dosissen, zodat men zoveel mogelijk blootstelling aan MNM dient te vermijden.

Bij een risico op blootstelling aan MNM-houdende aerosolen of stof moet de afzuiginstallatie worden uitgerust met een HEPA-filter en moet men een ademhalingsmasker met FFP3-filter dragen evenals een beschermbril, handschoenen van nitrilrubber (bij voorkeur twee paar) en een ondoordringbaar pak van Tyvek® (of soortgelijk kunststofvlies) om de huid te beschermen.

FOTO 2. Coaten van het kussen van een tandartsstoel met een pompverstuiver en een zachte wrijfdoek.



#### OBSERVATIEVOORBEELD 2: SPROEIEN VAN EEN MNM-COATING ONDER LAGE DRUK MET EEN MANUELE POMPVERSTUIVER.

De werkzaamheid is in foto 2 te zien. De verstuiver werd gebruikt om een wrijfdoek te bevochtigen en daarmee vervolgens het oppervlak van een kussen te behandelen. De kamer was niet geventileerd. Het aanbrengen gebeurde op "heuphoogte". Er werd geen MNM-blootstelling vastgesteld. Dit voorbeeld laat vermoeden dat zorgvuldig spuiten met een pomp onder lage druk resulteert in een lage, niet te detecteren blootstelling, zodat geen bijkomende maatregelen ter bescherming tegen blootstelling nodig zijn om inademing van MNM's te voorkomen. De huid moet wel worden beschermd.

Blootstelling aan MNM's hangt van veel factoren af, onder meer van het gedrag van de werknemer zelf tijdens de werkzaamheid met MNM's en de intensiteit en de duur van de werk-



zaamheid. Er wordt aangeraden altijd de doeltreffendheid van de maatregelen ter bescherming tegen blootstelling te evalueren, bij voorkeur door middel van een kwantitatieve en kwalitatieve analyse.

#### Schuren en polijsten van verven en lakken

#### OBSERVATIEVOORBEELD 3: SCHUREN VAN HOUTPLATEN DIE MET EEN ZEER KRASBESTENDIGE LAK WERDEN BEHANDELD.

Tijdens het schuren komen nanopartikels vrij als bestanddeel van al het door het schuren voortgebrachte stof. Nanopartikels worden bovendien opgewekt door de motor van de schuurmachine. Uit de beschikbare gegevens blijkt dat bij het schuren met lage energie weinig nanopartikels vrijkomen. Schuren met hoge energie produceert meer nanopartikels. Uit de beschikbare gegevens blijkt ook een vergelijkbare emissie van nanopartikels bij coatings met en zonder toegevoegde nanomaterialen. Uit onderzoek van Saber et al. (2011) blijkt bovendien dat het schuurstof van een nanomateriaalhoudende verf net zo toxisch kan zijn als het schuurstof van dezelfde verf maar dan zonder nanomateriaal. Volgens de huidige stand van de kennis wordt bijgevolg geen bijkomend risico op blootstelling aan nanopartikels verondersteld bij het breken of afschuren van oppervlakken die met nanocoatings werden behandeld. Afhankelijk van de matrix en van de tijd gedurende welke de ingeademde ultrafijne partikels in de longen blijven, blijft echter verder een risico dat de matrix in de longvloeistof oplost en dat daardoor nanomaterialen vrijkomen die in de matrix ingebed waren.

Wanneer men met een vast (niet-stof-fig) nanoproduct te maken heeft, hangt de waarschijnlijkheid van de blootstelling aan het bewuste ingrediënt af van



FOTO 3. Twee voorbeelden van blootstellingscontrole-maatregelen voor de preventie van blootstelling aan MNM's tijdens het schuren of polijsten van materialen die MNM's bevatten. Links: een werktafel met vacuümafzuiginstallatie. Rechts: optimale bescherming met handschoenen van nitrilrubber, een Tyvek-pak en een ademhalingsmasker met FFP3-filter.

de wisselwerking met de matrix waarin (waarop) het vastzit. Als het MNM inert is maar fysisch kan interageren, resulteert dit in een matrix waarin het nanomateriaal ingebed is maar waarmee het niet chemisch verbonden is. Op deze manier blijft het MNM "los" en zou het in principe kunnen weglekken, wat het risico of blootstelling bij aanraking verhoogt. Het is wel denkbaar dat het MNM chemisch met het oppervlak verbonden is en toch reageert, bijvoorbeeld bij een bacteriedodend oppervlak. Ook in dit geval kan blootstelling aan MNM schadelijke effecten hebben. Enkel wanneer het MNM binnen in de matrix ingebed en gefixeerd is, is een blootstelling hoogst onwaarschijnlijk.

Het schuren van houtplaten bij observatievoorbeeld 3 gebeurde op een niet-geventileerde werktafel. De schuurmachine was uitgerust met een lokale afzuiginstallatie. Blootstelling aan MNM werd vastgesteld tijdens het schuren en polijsten. Toen die werkzaamheden ophielden, daalde de blootstelling zeer snel. Tijdens het natte schuren kon geen blootstelling aan MNM worden gemeten. De huidige metingen laten vermoeden dat droog schuren en polijsten leiden tot een hogere blootstelling aan MNM dan in het Nederlandse schema van referentiewaarden wordt aangeraden, vooral als het schuren een hele werkdag duurt. In dit geval is het werken in een niet-geventileerde omgeving niet doeltreffend als men de blootstelling wil beheersen. Bijkomende maatregelen ter bescherming tegen blootstelling dienen te worden getroffen. Foto 3 laat voorbeelden zien van een vacuümgeventileerde werktafel of wand en persoonlijke beschermingsmiddelen.

Na de beëindiging van de werkzaamheden is het belangrijk om huidcontact met de MNM-poeders, -stof of -vloeistoffen te vermijden. Bijvoorbeeld wanneer MNM-houdend stof nog altijd

op de geschuurde plaat aanwezig is. Gebruik nooit perslucht om dit stof te verwijderen. Bij het schoonmaken van de werkplek moeten een industriële stofzuiger met HEPA-filter en vochtige reinigingsdoeken worden gebruikt om te vermijden dat nanopartikels zich verspreiden. Het gebruik van een bezem, borstel of stofzuiger voor huishoudelijk gebruik moet worden vermeden. Gemorste stoffen, lege verpakkingen of restanten moeten als giftig chemisch afval worden gekenmerkt en verwijderd.

### Textiel snijden

**OBSERVATIEVOORBEELD 4:** NYLONTEXTIEL dat met een waterafstotende nanocoating behandeld werd, wordt met een normale schaar versneden. Er kon geen blootstelling aan nanopartikels worden gedetecteerd. Speciale voorzorg moet worden genomen om mogelijke blootstelling aan nanovezels te vermijden. Ook al werd geen blootstelling aan MNM-houdende vezels vastgesteld, toch is het aangeraden voor een vacuümafzuigwand of aan een vacuümgeventileerde tafel te werken, als er een risico op blootstelling aan MNM-houdende vezels bestaat.

De eigenlijke blootstelling varieert sterk naargelang van factoren zoals het specifieke product, de precieze omgevingsvoorwaarden en de concrete werksituatie van de betrokken werknemer(s).

**DE HIER BESCHREVEN VIER VOORBEELDEN** van werkzaamheden in de meubelnijverheid mogen niet worden veralgemeend en vergeleken met soortgelijke praktijken. Voor elke nieuwe individuele case moet een risicobeoordeling worden uitgevoerd om de doeltreffendheid van de aanwezige maatregelen ter bescherming tegen blootstelling te beoordelen en na te

gaan welke preventieve maatregelen moeten worden genomen om de gezondheid van de werknemers te beschermen. Deze vier observatievoorbeelden laten echter vermoeden dat de huidige maatregelen ter bescherming tegen blootstelling zoals die in de meubelnijverheid voorgeschreven worden, efficiënt zijn bij de bescherming van de werknemers tegen MNM's in de producten waarmee ze werken.

## TRANSPARANTE COMMUNICATIE OVER DE RISICO'S EN TRACEERBAARHEID

Er is een enorm probleem met het "delen van informatie over nanomaterialen" in de hele waardeketen van het product waarin nanomaterialen worden gebruikt, niet alleen in de meubelnijverheid maar ook in veel andere sectoren. In 2012 is er weinig transparantie over het gebruik van MNM's in materialen en producten voor de meubelproductie. Dat komt vooral doordat de Europese wetgeving (nog) geen nanospecifieke informatie over MNM's in materialen en producten voorschrijft, afgezien van de vereisten voor alle stoffen zoals die in de REACH-Verordening en de CLJP-Richtlijn vastgelegd zijn. Over of en hoe dit in de nabije toekomst moet worden aangepakt, wordt momenteel op Europees niveau gedebatteerd.

Vrijwillige communicatie over MNM's in materialen en producten kent slechts een gering succes. De belangrijkste oorzaken van dat gebrek aan communicatie worden door de verschillende stakeholders van de meubelnijverheid aangewezen en in dit rapport samengevat. De communicatieketen start gewoonlijk bij de fabrikant van het MNM. Hij informeert de producent(en) van het materiaal, die zelf dan weer de leverancier infor-

meert en die laatste informeert op zijn beurt de meubelproducent. De meubelproducent informeert zijn werknemers over het gebruikte MNM en de eindconsument, die de meubelen koopt. De toeleveringsketen van materiaalproducenten kan lang zijn. Bij textiel bijvoorbeeld kan de keten bestaan uit een fabrikant van vezels die aan een producent van draden levert, die op zijn beurt draden aan een weverij levert. De meubelproductie is soms ook een puzzel van verschillende onderaannemers, die samen één enkel meubelproduct assembleren. Bij elke verdere stap in de productieketen gaat doorgaans meer en meer kostbare informatie over het MNM verloren.

In de communicatie tussen leverancier en meubelproducent beheersen vier factoren het gebrek aan traceerbaarheid van MNM's in materialen. Concurrentie en intellectuele eigendomsrechten bijvoorbeeld leiden tot geheimhouding. De marketing is een tweede factor. "*Nanotechnology*" doet sommige materialen beter verkopen. Ook al suggereren ze dat ze MNM's bevatten, soms blijken ze er helemaal geen te hebben. Bij andere materialen heeft dit argument minder overtuigingskracht. Die worden dan ook vaak niet als "nano" geëtiketteerd. Slechts een beperkt aantal materialen en producten worden correct geëtiketteerd en geeft specifieke informatie over de MNM's. Een derde belangrijke oorzaak van de beperkte traceerbaarheid van MNM's in materialen is het sociale debat over de onzekere veiligheids- en gezondheidsrisico's van MNM's. In plaats van die onzekerheid te communiceren, wordt ze als reden voor confidentialiteit gebruikt. Men wil immers "geen slapende honden wakker maken". Onwetendheid is de vierde factor die de communicatie beperkt. Leveranciers van materialen worden vaak zelf niet goed geïnformeerd en

kunnen daardoor aan de meubelproducent weinig of geen informatie verstrekken.

De meubelproducent is wel verantwoordelijk voor de veiligheid en de gezondheid van zijn werknemers. Bovendien moet de meubelproducent ervoor zorgen dat zijn producten veilig kunnen worden gebruikt. Voor de communicatie over MNM's houdt dit het volgende in:

1. Men moet geïnformeerd worden (meer bepaald door de leverancier of de onderaannemer);
2. Men moet voorzorgsmaatregelen nemen en een veilige werkplek inrichten en men moet de betrokken werknemers informeren/instrueren;
3. Men moet de eindconsument op passende wijze informeren.

De meubelmakers geven te kennen dat de onzekerheid over de veiligheids- en gezondheidsrisico's hen er momenteel van weerhoudt om MNM's in hun producten te gebruiken. Bovendien heeft de vraag *hoe ze met de ontvangen informatie omspringen* ook gevolgen voor hun drang om nog meer te weten en te worden geïnformeerd over de MNM's die ze misschien al gebruiken. Sommige meubelproducenten weten liever niets, want wat moeten ze doen, als ze over de nodige informatie beschikken? Anderen hebben wel hun leveranciers en contractpartners gevraagd om hen over de mogelijke aanwezigheid van MNM's in hun producten op de hoogte te brengen.

Aan deze situatie moet ernstig aandacht worden besteed. Het verdient aanbeveling dat de meubelproducenten hun leveranciers vragen of hun materialen MNM's bevatten en zich laten informeren over hoe ze die materialen op verantwoorde wijze kunnen gebruiken. Tegelijk moeten de meu-

belmakers ervoor zorgen dat ze een veilige werkplek met de nodige beschermingsmiddelen inrichten, als ze met MNM's werken. Er zijn diverse middelen voor bescherming tegen blootstelling beschikbaar – bijvoorbeeld specifieke ventilatiesystemen en persoonlijke beschermingsmiddelen – en die hebben bewezen dat ze efficiënt tegen blootstelling aan MNM's beschermen. Bovendien zijn er verschillende tools beschikbaar waarmee de werkgevers en werknemers een risicoanalyse, een risicobeoordeling, kunnen uitvoeren, inclusief een actieplan voor de veilige omgang met MNM's. Aan de werkgevers en werknemers moet verder ook duidelijk worden gemaakt dat de nanospecifieke toxiciteit van MNM's van het risico op blootstelling afhangt. Als MNM's bijvoorbeeld in een matrix ingebed en gefixeerd zijn, kunnen ze veilig worden gebruikt. Maar zelfs al zijn MNM's gefixeerd, dan nog kan blootstelling door direct contact met het oppervlak van het materiaal leiden tot nadelige effecten, wanneer het nanomateriaal oppervlaktereactieve eigenschappen heeft, bijvoorbeeld bij sommige biocide-coatings. De meubelnijverheid moet worden aangemoedigd om de omstandigheden te onderzoeken onder welke ze voor verdere innovatie en op verantwoorde wijze van de mogelijkheden van MNM's kan profiteren.

## INITIATIEVEN VOOR REGELGEVING INZAKE NANOMATERIALEN EN NANOPRODUCTEN

Net als voor alle andere chemische stoffen worden de registratie, beoordeling, vergunning en beperking van nanomaterialen in principe geregeld door REACH<sup>17</sup>. Het rapport *Nanomaterials in REACH* (2008) van de Europese Commissie geeft een overzicht van de

<sup>17</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_en.htm)

manieren waarop REACH een impact op de regelgeving voor nanomaterialen heeft<sup>18</sup>. Een andere belangrijke verordening voor normale stoffen en mengsels is de CLP-Verordening (CLP = chemical labelling and packaging = etikettering en verpakking van chemische stoffen en mengsels<sup>19</sup>). Nanomaterialen die krachtens de CLP-Verordening aan de criteria voor indeling als gevaarlijke stof voldoen, moeten worden ingedeeld en geëtiketteerd. Het rapport van de Europese Commissie *Regulation, Classification, Labelling and Packaging of nanomaterials under REACH and CLP* (2009) geeft een overzicht van de impact van REACH en CLP op nanomaterialen<sup>20</sup>. De behoefte aan een verdere specificering van die voorschriften voor nanomaterialen en de uitwerking van verdere richtlijnen worden momenteel onderzocht.

Een eerste concrete initiatief van Frankrijk waarbij de melding van het gebruik van nanomaterialen in producten verplicht wordt, kende een begin in het kader van de Franse milieuwetgeving *Loi Grenelle*<sup>21</sup>. De wet zou op 1 januari 2013 van kracht moeten worden en met ingang van 2012 zouden alle geproduceerde, ingevoerde of verkochte stoffen moeten worden gemeld. Deze regelgeving geldt voor chemische producten, biociden en substanties met nanopartikels (artikel 1), wanneer daarvan per jaar meer dan 100 gram in Frankrijk worden geproduceerd, ingevoerd of verkocht. Andere landen zoals Italië, Duitsland en België overwegen ook de uitwerking van het een of ander meldingssysteem voor nanomaterialen om op die manier een beter inzicht in de respectieve nationale markt te krijgen.

<sup>18</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanomaterials\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanomaterials_en.pdf)

<sup>19</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/classification/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/classification/index_en.htm)

<sup>20</sup> [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanos\\_in\\_reach\\_and\\_clp\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanos_in_reach_and_clp_en.pdf)

<sup>21</sup> <http://www.nanonorma.org/>



# SLOTOPMERKINGEN

## UIT DIEPGAAND ONDERZOEK

van de Europese meubelnijverheid en interviews met meubelbedrijven en leveranciers van materialen blijkt dat de markt voor nanomaterialen in meubelproducten in 2012 zich nog altijd in een beginfase bevindt. Nanotechnologie kan enorme implicaties voor de toekomst van de meubelmakerij hebben. Niet alleen op de kwaliteit en functionaliteiten van meubelen maar ook op de prestaties op het vlak van milieu, arbeidshygiëne en openbare gezondheid en op de productie en de eindproducten. Bacteriedodende, waterafstotende, zeer krasbestendige en tegen UV beschermende coatings zijn daarvan een voorbeeld. Ondanks de vele mogelijkheden voor innovatie van meubilair zijn er nog veel hinderpalen zoals de kosten, de kwaliteit (op lange termijn), nog niet beantwoorde vragen inzake veiligheids- en gezondheidsproblemen en aanvaarding door de consumenten. Toch werd ook een aantal succesvolle markttoepassingen van nanomaterialen vastgesteld. Voorbeelden daarvan zijn coatings op basis van vloeibaar glas voor een hoge krasbestendigheid, waterafstoting, antimicrobiële of gemakkelijk te reinigen effecten, tegen UV beschermende coatings, bacteriedodende en gemakkelijk te reinigen textiel en ultrasterk beton.

Uit het onderzoek van de Europese meubelnijverheid blijkt ook de hoge mate van onwetendheid. Meubelfabri-

kanten zijn duidelijk niet goed geïnformeerd over de nanomaterialen die ze misschien gebruiken en als er al informatie wordt gecommuniceerd, dan is die vaak moeilijk te begrijpen. Aan deze situatie moet ernstig aandacht worden besteed. Het verdient aanbeveling dat de meubelproducenten hun leveranciers vragen of hun materialen nanomaterialen bevatten en zich laten informeren over hoe ze die materialen op verantwoorde wijze kunnen gebruiken.

Nanomaterialen kunnen toxischer zijn dan hun equivalenten ter grootte van een micron. Ze kunnen onverwachte nadelige effecten voor de gezondheid vertonen wegens hun nanospecifieke aard, inclusief cardiovasculaire aandoeningen, longontsteking, effecten op het centraal zenuwstelsel, celdood, vorming van littekenweefsel (bijvoorbeeld in de longen), stoornissen in embryo's en de ontwikkeling van kankercellen in aangetast weefsel. Tegelijk moeten de meubelproducenten een voorzienende en veilige werkplek inrichten als ze met nanomaterialen werken. Bovendien zijn er verschillende tools beschikbaar waarmee de werkgevers en werknemers een risicoanalyse, een risicobeoordeling, kunnen uitvoeren, inclusief een actieplan voor de veilige omgang met nanomaterialen. Het risico op blootstelling treedt vooral op, wanneer nanomateriaalhoudend stof of aerosolen worden voortgebracht. Het spuiten van verven of

kleefmiddelen, het schuren van gecoate oppervlakken en het polijsten of verzagen van vaste materialen zijn voorbeelden van werkzaamheden waarbij dit risico op blootstelling kan optreden. Er zijn diverse middelen voor bescherming tegen blootstelling beschikbaar – bijvoorbeeld specifieke ventilatiesystemen en persoonlijke beschermingsmiddelen – en die hebben bewezen dat ze efficiënt tegen blootstelling aan MNM's beschermen. De automatisering van productieprocessen – met gebruik van robotarmen in een gesloten omgeving – is een andere manier om de blootstelling van werknemers te vermijden. Voorlopige resultaten tonen verder aan dat in stof ingebedde nanomaterialen wellicht niet langer hun nanospecifieke toxiciteit bezitten. Een laag risico op blootstelling aan nanomaterialen mag worden verwacht, wanneer de werknemers deze materialen aanraken die in een matrix ingebed en gefixeerd zijn.

Wanneer ze de mogelijkheden van MNM's verkennen, moeten de meubelproducenten preventieve voorzorgsmaatregelen nemen en de gezondheid van de werknemers beschermen, gebaseerd op informatie die door de leverancier van de MNM's wordt verstrekt, een risicobeoordeling en de algemene preventiebeginselen voor het gebruik van chemische stoffen.