

IVAM UvA BV

NANOMATERIALELE ÎN INDUSTRIA MOBILE

Sumar executiv privind situația în 2012

Fleur van Broekhuizen
30-5-2012



IVAM UvA BV

NANOMATERIALELE ÎN INDUSTRIA MOBILE

Sumar executiv privind situația în 2012

Fleur van Broekhuizen

30-5-2012

NOTĂ EDITORIALĂ

TITLU

Nanomaterialele în industria mobilei – Sumar executiv privind situația în 2012

AUTORI

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

COMITET DIRECTOR

R. Gehring (EFBWW), C. Ravazzolo (EFIC), M. Eirup (EFIC), B. de Turck (UEA), R. Rodriguez (UEA), U. Spannow (BAT, Danemarca), J. Waage (FNV Bouw, Olanda) și J. Moratalla (AIDIMA, Spania)

RAPORTUL A FOST COMANDAT DE CĂTRE

EFBWW (Federația europeană a lucrătorilor din construcții și industria lemnului),
EFIC (Confederația europeană a industriilor pe bază de lemn) și
UEA (Federația producătorilor europeni de mobilă) în cadrul Dialogului Social European



MULȚUMIRI

Acest studiu a fost subvenționat de Comisia Europeană, Direcția Generală Ocuparea Forței de Muncă prin acordul de grant Nr. VS/2011/0134 - SI2-596685 în contextul Dialogului Social European pentru industria mobilei.

Autorii le mulțumesc companiilor (companii de mobilă, producători de materie primă, fabricanți), organizațiilor profesionale, institutelor de cercetare-dezvoltare și persoanelor fizice pentru contribuția valoroasă la acest studiu, pentru informațiile oferite și pentru deschiderea manifestată în cadrul discuțiilor.

MAI MULTE INFORMAȚII PRIVIND ACEST RAPORT POT FI OBȚINUTE DE LA

IVAM UvA BV
Amsterdam, Olanda
Tel: +31 20 525 5080
www.ivam.uva.nl
Email: office@ivam.uva.nl

Informațiile din acest raport pot fi utilizate cu condiția menționării corecte a sursei.
IVAM UvA BV nu își asumă responsabilitatea pentru nicio daună sau prejudiciu rezultat în urma utilizării sau aplicării rezultatelor acestui raport.

CUPRINS

4	INTRODUCERE
5	PIAȚA ȘI PERSPECTIVELE
5	Potențialul pieței
8	Factori de limitare pentru utilizarea nano-materialelor în industria mobilei
8	Costuri/vs/beneficii
8	Performanță pe termen lung
8	Îngrijorări privind sănătatea și siguranța
9	CONSIDERAȚII PRIVIND SĂNĂTATEA ȘI SIGURANȚA
9	Introducere
9	Nanomaterialele – efecte adverse asupra sănătății
9	Efectele adverse ale nano-TiO ₂
9	Efectele adverse ale nano-SiO ₂
10	Efectele adverse ale nano-Ag
10	Limitele expunerii ocupaționale
12	Căi de expunere
12	Expunere prin inhalare sau considerații obișnuite privind sănătatea
13	Expunere prin piele
13	Expunere prin ingerare
14	Expunerea consumatorului final
14	ORGANIZAREA UNUI LOC DE MUNCĂ SIGUR
14	Situații de expunere la locul de muncă pentru industria mobilei
17	Comunicarea transparentă a riscurilor și trasabilitate
18	Inițiative de reglementare a nanomaterialelor și a nanoproduselor
19	CONCLUZII

INTRODUCERE

ÎN CADRUL DIALOGULUI SOCIAL EUROPEAN, EFBWW (Federația europeană a lucrătorilor din construcții și industria lemnului), EFIC (Confederația europeană a industriilor pe bază de lemn) și UEA (Federația producătorilor europeni de mobilă) au avut inițiativa de a însărcina IVAM UvA BV cu analizarea nivelului actual de conștientizare în rândul părților interesate și cu realizarea unei prezentări generale privind nanoprodusele existente pe piața europeană a mobilei. Acest sumar executiv sintetizează rezultatele descrise în detaliu în raportul „Nanomaterialele în industria mobilei, situația în 2012”. Principalele elemente discutate sunt:

- Ce tipuri de nanomateriale sunt utilizate în fabricarea mobilei?
- Care sunt perspectivele pe termen scurt în ceea ce privește utilizarea nanomaterialelor în fabricarea mobilei?
- Care sunt aspectele de sănătate și siguranță relevante pentru muncitori?
- Cum ar arăta un loc de muncă sigur și preventiv?

„Nano” desemnează un ordin de mărime. În termeni simpli, nanotehnologia reprezintă capacitatea de a observa, monitoriza și influența materialele (și comportamentul acestora) până la ordinul nanometrului (nm) (ex. un interval de mărime de aproximativ 10.000 ori mai mic decât grosimea unui fir de păr uman).

Aceasta presupune utilizarea unor tehnici imagistice avansate pentru a studia și îmbunătăți comportamentul materialelor, precum și proiectarea și

producerea unor prafuri, lichide și solide foarte fine care conțin particule cu mărimea cuprinsă între 1 și 100 nm, așa numitele nanoparticule. Un nanomaterial (MNM) este un material format în proporție de cel puțin 50% din nanoparticule¹. Companiile folosesc nanomaterialele pentru a conferi produselor (nanoproduselor) proprietăți noi și îmbunătățite. Industria mobilei nu este un mare utilizator de nanomateriale prime, dar folosește nanoproduse. Printre acestea se numără lacuri foarte rezistente la zgârieturi, materiale protectoare antibacteriene, cu proprietăți autocurățitoare sau ușor de curățat, precum și tipuri de beton foarte rezistent pentru mobilier de bucătărie și stradal.

În același timp, există îngrijorări serioase cu privire la posibilele aspecte legate de sănătate și siguranță implicate de MNM. MNM pot deveni mai periculoase pentru oameni decât echivalentele lor tradiționale la scară micro, deoarece MNM:

- sunt atât de mici încât pot pătrunde mai ușor în corpul uman (de ex. prin sistemul nazal, plămâni sau piele);
- sunt atât de mici încât pudrele lor pot deveni asemenea gazelor;
- pot induce răspunsuri specifice de toxicitate din cauza formei lor și a zonei specifice mari de suprafață;
- pot prezenta diferite proprietăți chimice și fizice, cum ar fi conductivitatea electrică.

Abia acum mecanismele toxicității MNM încep să fie înțelese. În același timp, mecanismele exacte care trebuie luate în calcul pot diferi în funcție de

fiecare MNM, iar până acum există multe necunoscute. Cu toate acestea, ne putem aștepta ca profilul de toxicitate să fie măcar parțial legat de comportamentul unic ce le face interesante pentru inovarea produsului în primul rând. Efectele adverse tipice observate merg de la inflamație, boli cardiovasculare, moarte celulară, formarea de țesut cicatricial (de exemplu în plămâni) și malformații la embrioni până la dezvoltarea celulelor canceroase în țesutul afectat. Efectele adverse observate pentru MNM totuși depind foarte mult de doza și de durata de expunere. Efectele adverse depind și de forma de expunere la MNM. Datele preliminare arată, de exemplu, că MNM pot fi foarte toxice în formă pură, dar nu prezintă neapărat această toxicitate atunci când intervine expunerea, dacă MNM este inserat într-o matriță.

Acest sumar executiv sintetizează situația în ceea ce privește utilizarea nanomaterialelor în industria mobilei în 2012, perspectivele pentru viitorul apropiat, problemele de sănătate și siguranță și bunele practici în organizarea unui spațiu de muncă sigur în industria mobilei din Europa.

¹ O definiție a fost adoptată de Comisia Europeană pe 18 octombrie 2011. Pentru mai multe detalii: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/11/704&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>

PIAȚA ȘI PERSPECTIVELE

NANOTEHNOLOGIA poate avea implicații uriașe pentru viitorul mobilei și a varietății acesteia atât în ceea ce privește calitatea, cât și funcționalitățile și performanțele legate de mediu, muncă și sănătate publică. Cu toate acestea, pornind de la o analiză a pieței în 2012, se poate observa că utilizarea nanomaterialelor (MNM) în fabricarea mobilei și a produselor se află într-o fază incipientă de dezvoltare. Prima experiență pe teren sugerează principalele domenii de utilizare în domeniul acoperirilor, a nano-acoperirilor, cu o dimensiune a pieței care este probabil mai puțin de 1% din toate celelalte acoperiri "non-nano" aplicate. Piața MNM în industria mobilei este definită de o lipsă a *trasabilității*, de ignoranța privind disponibilitatea sau utilizarea, de secretomania din jurul activităților de cercetare și dezvoltare și de o ezitare a producătorilor de mobilă de a se expune ca utilizatori de MNM, ca o consecință a dezbaterii sociale internaționale privind problemele de siguranță și sănătate și incertitudinile aferente.

POTENȚIALUL PIEȚEI

În primele zile ale mileniului, MNM erau prezentate drept cea mai importată inovație care ar putea influența viitorul cercetării și dezvoltării industriei de mobilă. Au fost lansate așteptări mari, dar până în prezent doar puține dezvoltări și cercetări s-au concretizat în produse cu succes pe piață. Ca o consecință a crizei economice mondiale, în ultimii ani au fost blocate investițiile în cercetare și dezvoltare, iar dezvoltările ulterioare au încetinit ritmul.

O zonă în care utilizarea MNM pentru produse câștigă teren este îmbunătățirea calității mobilei în scopul reducerii nevoilor de service și de întreținere. Spitalele și birourile

(rezidențiale) sunt exemple de locuri în care aceste produse pot avea valoare adăugată mare. Nano-SiO₂, sticla lichidă, este unul dintre cele mai menționate MNM în acest context. Sticla lichidă este utilizată în acoperirile anti-graffiti, ușor de curățat, hidrofuge și care resping uleiul. Sticla lichidă se aplică și în lacurile sau în acoperirile cu rezistență mare la zgâriere pentru protejarea metalului, lemnului sau a pietrei împotriva proceselor de eroziune și uzură. Ea poate proteja lemnul împotriva dezvoltării algelor și împotriva atacului altor organisme cum ar fi carii sau termitele. Mai mult, nano-SiO₂ se utilizează pentru obținerea unui beton foarte puternic și cu densitate mare, excelent pentru utilizarea la mobilierul stradal și de bucătărie. Contactul direct cu producătorii de mobilă și cu furnizorii acestora sugerează faptul că piața pentru aceste aplicații crește tot mai mult.

O altă zonă în care MNM are succes este aceea a acoperirilor bactericide sau cu auto-curățare. Nano-argintul și nano-TiO₂ sunt cele mai studiate două MNM pentru această funcție. Ambele MNM sunt relative scumpe și își găsesc aplicația în tratamentul de suprafață al mobilei din centrele medicale și din alte locații unde trebuie prevenite infecțiile, cum ar fi sectorul alimentar, piscinele sau saunele sau chiar transportul public.

O ultimă zonă în care sunt introduse MNM este prevenirea decolorării și a degradării UV a materialelor. Nano-argilele sunt MNM utilizate pentru stabilizarea pigmentilor. Nano-TiO₂, nano-ZnO și nano-CeO₂ sunt MNM utilizate ca agenți de blocare UV, de exemplu în acoperirile de protecție a lemnului.

Cu toate acestea, mult mai multe aplicații pentru materiale au fost descrise în literatura de specialitate sau sunt chiar disponibile pe piață, cum ar fi nano-celuloza textilă și adezivii. Consultați și raportul integral „Nanomaterialele în industria mobilei – situația în 2012” pentru o prezentare detaliată a diferitelor nanomateriale disponibile pentru industria mobilei. Aceste aplicații au fost mai mult sau mai puțin exploatate în 2012. În viitorul apropiat, MNM poate juca un rol în dezvoltarea viitoare a performanțelor mobilei și în crearea unei industrii a mobilei mai sustenabile. MNM poate facilita:

- producerea unor materiale mai ușoare, mai puternice și mai durabile;
- introducerea unor noi funcționalități a materialelor;
- înlocuirea agenților de inhibare a aprinderii periculoase pentru noile sisteme pe bază de MNM;
- înlocuirea noilor tehnici de lipire și formularea adezivilor pe bază de MNM;



Țesăturile din nailon tratate cu acoperire impermeabilă, ușor de curățat pe bază de sticlă lichidă.

TABELUL 1 Prezentare generală a grupurilor de produse cu funcție specifică, din nanomateriale, disponibile spre utilizare în industria mobilei în 2012

GRUP DE PRODUSE	DESCRIERE	UTILIZARE ÎN INDUSTRIA MOBILEI ²
Sticlă	În ultimii ani, nanotehnologia a fost utilizată pentru a dezvolta și a produce diferite tipuri de sticlă, ca de exemplu sticlă nereflectorizantă, sticlă fumurie, sticlă cu izolație termică (pe baza reflectării sau absorbției luminii prin tehnica InfraRed) sau sticlă biocidă. Acestea ar putea fi folosite în multe aplicații. Printre acestea se numără dulapurile din sticlă în muzee, lămpile, mesele și mobilierul din birouri și spitale. Cu toate acestea, conform unor mari actori de pe piață, penetrarea acestor materiale pe piața mobilei este foarte scăzută.	Scăzut – nedetectabil
Materiale compozite	La nivel de cercetare-dezvoltate, există o activitate intensă în domeniul nanocompozitelor, atât pentru compozitele din plastic, cât și pentru compozitele din lemn. În ceea ce privește compozitele din lemn, aplicațiile posibile descrise folosesc nanofibre din lemn care optimizează rezistența și randamentul materialelor compozite. Primele contacte cu industria materialelor compozite indică însă că această aplicație nu a ajuns încă pe piață. Printre exemple se află: <ul style="list-style-type: none"> • noi sisteme de ignifugare • nanoceluloza ca fibră de întărire • nanosilice pentru mărirea rezistenței 	Scăzut – nedetectabil
Lemn	În industria exploatării pădurilor (faza de producere a lemnului), nanotehnologia este utilizată pentru a optimiza sistemele biocide cu scopul de a conserva lemnul și de a asigura o utilizare mai durabilă a acestuia. Înainte ca lemnul să fie utilizat într-un produs, nanotehnologia poate fi folosită pentru a studia în detaliu caracteristicile lemnului astfel încât potențialul acestuia să fie întrebuițat mai bine. În faza de utilizare a lemnului, se încearcă dezvoltarea unor noi tehnologii prin care să se modifice suprafața lemnului cu scopul de a îmbunătăți durabilitatea acestuia în ceea ce privește întrebuințarea și rezistența la raze UV.	Scăzut – nedetectabil
Metal	Îmbunătățirea metalelor cu ajutorul nanotehnologiei se realizează prin modificarea structurii acestora sau prin modificarea suprafeței. Un exemplu de tehnică ce utilizează nanomateriale este galvanoplastia. Întărirea oțelului este un alt exemplu.	Scăzut – nedetectabil
Textile	Numeroase aplicații diferite ale nanomaterialelor în domeniul textilelor sunt descrise și identificate în diferite produse. Cu toate acestea, în sectorul mobilei, sunt utilizate doar textile rezistente la pătare, ușor de curățat și antibacteriene. Textilele cu absorbție ridicată produse din nanoceluloză sunt a patra aplicație care câștigă piața.	Scăzută dar în creștere
Beton	Betonul este utilizat în principal în spațiile publice exterioare. Vaporii de silica (nanosilica) utilizați în producerea betonului de performanță ultra-ridicată (UHPC) și nano-TiO ₂ utilizați pentru a conferi betonului o suprafață autocurățitoare sunt două posibile aplicații a nanomaterialelor care pot constitui o valoare adăugată în acest sector. Prima-Marina de Escofet® este un exemplu de linie de produse ce constă în bănci și mese pentru exterior ce folosesc UHPC, cunoscut și sub numele de piatră lichidă. Nanotuburile de carbon sunt MNM-uri care se află în faza de cercetare datorită funcției acestora de a îmbunătăți rezistența compozitelor din beton și ar putea fi în curând utilizate în aplicații.	Medie și utilizate din ce în ce mai des
Adezivi	Nanomaterialele adezive care sunt destinate mobilei au la bază silica sau compuși de silan care acționează ca agenți de interconectare în structura polimerului adeziv sau ca stabilizatori ai adezivilor pe bază de apă pentru a ajusta vâscozitatea produsului. Aditivii de dispersie Dermocoll®S de Bayer sunt un exemplu al celei din urmă aplicații și constă într-o dispersie poliuretano-silica. O altă direcție de dezvoltare este creșterea durității suprafeței. Suprafața a cărei duritate este mărită prin utilizarea de nanomateriale sporește rezistența la aderență și diminuează cantitatea de material adeziv necesar.	Scăzut – nedetectabil
Înveliș; impermeabil și rezistent la ulei	Rezistența la apă sau la ulei se poate obține cu ajutorul mai multor nanotehnici. Acesta poate fi folosit pe textile, lemn și metale pentru a reduce eroziunea și uzura și pentru a proteja împotriva petelor, a amprentelor etc. Cu toate acestea, se poate utiliza și pe compozite din lemn pentru a preveni umflarea prin absorbția apei. De exemplu, prin tehnologia sticlei lichide se aplică un înveliș impermeabil poros care îi permite însă materialului de dedesubt să respire.	Relativ ridicată și în creștere
Înveliș; rezistent la zgâriere	O nouă piață pentru nanoproduse o constituie vopselele și lacurile foarte rezistente la zgâriere. Acestea pot fi utilizate la sisteme din lemn cum ar fi mesele, scaunele, ușile sau podele, dar și la alte materiale pentru mobilă mai „fine” care sunt foarte întrebuințate cum ar fi plasticul sau plăcile laminare. Există diferite tipuri de înveliș cu această caracteristică care sunt sau nu pe bază de apă.	Relativ ridicată și în creștere

² Datorită caracterului inovator și a penetrării scăzute pe piață a MNM utilizate în industria mobilei, nu este posibilă stabilirea cantității MNM-urilor utilizate în diferite grupuri de produse. Ocurența și perspectivele pe piață a MNM-urilor în produsele de mobilă este, deci, indicată în mod relativ. „Ridicat” trebuie interpretat ca *relativ ridicat cu referire la toate grupurile de produse îmbunătățite cu MNM existente pe piață*. „Scăzut” trebuie interpretat ca *nedetectat* deși se poate crede că se utilizează fără a fi considerat nanoprodus. „Slab” înseamnă *prezență slabă dar observată*.

Înveliș; anti-graffiti	Învelișurile anti-graffiti sunt menționate pentru aplicațiile de exterior cum ar fi mobila stradală. Acestea pot fi însă utilizate și pe mobila pentru copii sau de bucătărie în cazul mobilei cu scopuri multiple sau a planșelor de scris.	Medie și în creștere
Înveliș, ușor de curățat	Rezistența la murdărire este una din aplicațiile în care nanomaterialele sunt utilizate pentru a îmbunătăți suprafața materialelor pentru mobilă. Această tehnică se bazează adeseori pe principiul „frunzei de lotus”. Frunza de lotus prezintă pori mici care reduc tensiunea suprafeței și previn absorbția uleiului sau apei. Prin urmare, „murdăria” se îndepărtează ușor. Atunci când acest principiu este aplicat la materialele pentru mobilă, suprafața acestora devine „ușor de curățat”. Astfel, este nevoie de o cantitate mai mică de detergenți pentru curățare chiar și în cazul textilelor.	Relativ ridicată și în creștere
Înveliș; protecție UV	Mobila de exterior este expusă constant la diverse condiții meteorologice inclusiv radiații UV. Radiațiile UV sporesc deteriorarea materialelor și a învelișurilor, o modalitate de a încetini acest proces fiind adăugarea de agenți care absorb razele UV. Beneficiile nanoaditivilor în facilitarea absorbției razelor UV au fost menționate mai ales în cazul suprafețelor din lemn. Acești aditivi sunt utilizați și pentru a crește durata de viață și rezistența culorilor vopselelor și a învelișurilor care se deteriorează din cauza expunerii la razele ultraviolete.	Scăzută dar în creștere
Înveliș; autocurățitor	Învelișurile autocurățitoare îndepărtează în mod activ materialele organice (poluanți și organisme). Acestea prezintă interes mai ales în cazul mobilei de bucătărie unde există o depunere zilnică de straturi foarte subțiri de uleiuri de gătit sau alți contaminanți proveniți în urma gătitului (proteine, carbohidrați). De asemenea, aceste învelișuri ar fi interesante de folosit în spații precum spitalele, saunele, piscinele, deși nu există o alternativă clară pentru metodele de curățare obișnuite.	Scăzut, în creștere în anumite domenii
Înveliș; bactericid	Învelișurile bactericide omoară bacteriile și alte microorganisme cum ar fi algele sau ciupercile care încearcă să supraviețuiască pe suprafața acoperită. Aceasta poate constitui o funcționalitate importantă pentru mobila din marile spații publice precum metroul, trenurile, birourile, creșele, spitalele sau pentru bioindustrie unde învelișul poate ajuta la reducerea riscului de infecții de la o persoană sau un animal la alții și, prin urmare, poate preveni epidemiile.	Scăzut, în creștere în anumite domenii

TABELUL 2 Principalele nanomateriale utilizate în nanoprodusele pentru industria mobilei în 2012

Contribuție la produs →	Rezistență la zgâriere	Ușor de curățat	Anti-graffiti	UV/Stabilitate lumină	Proprietăți autocurățitoare	Anti-microbian
Nanomaterial						
SiO ₂	X	X	X			
TiO ₂ /ZnO				X	X	X
CeO ₂				X		
Ag						X
CuO						X

- sau un scaun care își schimbă culoarea în funcție de opțiunea zilnică a clientului.

O prezentare generală a diferitelor grupuri de produse disponibile și utilizate în produsele de mobilă se regăsește în tabelul 1.

Dintre nanomaterialele pentru diferitele categorii de produse de mobilă cele mai des utilizate în 2012 sunt nano-SiO₂, nano-TiO₂ și nano-Ag. Tabelul 2 sintetizează primele șase nanomateriale care sunt cele mai

întâlnite în diferite nanoproduse de mobilă și oferă o privire de ansamblu a principalelor funcționalități aduse produsului. În principiu, aceste nanomateriale ar putea fi adăugate la aproape orice produs de bază. De exemplu, este nevoie de o modificare relativ minoră pentru ca nanomaterialul să treacă de la un înveliș pe bază de solvent, la unul pe bază de apă sau de la un înveliș pentru lemn, la unul pentru metale. De asemenea, în funcție de concentrație, un înveliș impermeabil se poate transforma într-un înveliș ușor de curățat.

Exemple de nanomateriale sau nanoproduse pot fi găsite în diferitele baze de date de produse ce conțin nanomateriale disponibile pe piață (ex. Institutul Woodrow Wilson³, Nanowerk⁴, Nanodaten⁵, Bund⁶ și Nanodatabasen⁷). Niciuna dintre acestea nu tratează în mod special materialele sau produsele pentru

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

⁴ www.nanowerk.com

⁵ www.nanodaten.de

⁶ <http://bund.net/nanodatenbank>

⁷ www.nano.taenk.dk



Suprafață șlefuită a unui panel MDF cu strat superior din bambus, tratat cu lac cu rezistență mare la zgâriere pe bază de Nano-SiO₂.

mobilă. Se pare că există încă un număr de obstacole ce trebuie depășite înainte ca piața să poată utiliza MNM-uri la scară largă.

FACTORI DE LIMITARE PENTRU UTILIZAREA NANO-MATERIALELOR ÎN INDUSTRIA MOBILEI

Deși potențialul MNM pentru mobilier poate fi promițător, introducerea pe scară largă a nano-materialelor în produsele din industria mobilei este îngreunată de mai multe bariere. Cei mai importanți factori care limitează aplicarea în acest moment sunt sintetizați mai jos.

COSTURI/VS/BENEFICII

Majoritatea MNM sunt substanțe relative noi. Volumele lor anuale de producție sunt încă reduse, costurile lor fiind, prin urmare, mari. Ca rezultat, MNM sunt considerate adesea prea scumpe pentru a înlocui alternativele existente. Cu toate acestea, situația se schimbă pe măsură ce volumele de producție cresc gradual. Nano-TiO₂ este un exemplu de MNM care tocmai a ajuns la un punct în care devine eficient din punctul de vedere al costului ca agent de blocare UV în acoperiri.

PERFORMANȚĂ PE TERMEN LUNG

Din cauza noutății sale, multe MNM încă trebuie să-și demonstreze durabilitatea pe termen lung. Este posibil ca procesele de producție convenționale să necesite adaptări, iar producătorii și consumatorii trebuie să aibă încredere în randamentul acestora pentru ca cei dintâi să investească în această nouă tehnică. În consecință, MNM sunt utilizate preponderent în acoperiri. Totuși, pe măsură ce experiența și încrederea în ele cresc, ne putem aștepta ca MNM să fie integrate în materiale mai complexe și mai pretențioase. Fibrele de nanoceluloză sunt un exemplu de MNM care ar putea fi utilizat în viitorul apropiat pentru întărirea acoperirilor și a materialului compozit.

ÎNGRIJORĂRI PRIVIND SĂNĂTATEA ȘI SIGURANȚA

Se știu puține lucruri despre aspectele legate de sănătate și siguranță implicate de MNM. Cu toate acestea există suficiente motive să se bănuiască existența mai multor efecte adverse critice în comparație cu materialele mai grosiere, ca o consecință a dimensiunii mici și a reactivității specifice nano a MNM. Nesiguranța referitoare la aspectele

legate de sănătate și siguranță implicate de MNM îi limitează pe producătorii de mobilă să utilizeze MNM la fabricarea mobilei. Nesiguranța duce la îngrijorări cu privire la sănătatea și siguranța muncitorilor, a consumatorilor și a mediului. Conduce de asemenea la îngrijorări legate de riscurile de expunere la MNM și la măsurile adecvate de control pe durata aplicării și utilizării și la terminarea duratei de utilizare. Este prin urmare esențial ca aceste informații privind aplicațiile sigure și utilizarea MNM să fie comunicate prin intermediul lanțului de valoare al produsului de mobilier: de la producătorul de materii prime la producătorul mobilei la utilizatorul (utilizatorii) final(i) ai produsului de mobilier. Informații solide și de încredere de la furnizor îl îndreptățesc pe angajatorul din industria mobilei să-și îndeplinească obligațiile de a-și proteja muncitorii de riscurile asociate MNM. Atunci când informația privind aplicațiile și utilizările va fi transmisă cu atenție între actorii din lanțul de valori al industriei mobilei, aceasta va putea utiliza MNM-uri într-un mod sigur și va putea profita de potențialul oferit de materialele respective.

CONSIDERAȚII PRIVIND SĂNĂTATEA ȘI SIGURANȚA

INTRODUCERE

Nanomaterialele pot reprezenta un pericol mai mare pentru om decât corespondenții acestora de microdimensiuni:

- Pentru că pot penetra țesutul uman mai ușor;
- Pentru că prafurile pot să se comporte asemenea gazelor, fapt ce influențează migrarea acestora și profilul de expunere;
- Pentru că pot fi transportate prin sistemul nervos, pot penetra placentă sau pielea;
- Pentru că forma acestora poate induce reacții specifice la toxicitate cum ar fi inflamarea sau stres oxidativ;
- Pentru că au un raport mai ridicat de suprafață la volum (sau suprafață pe masă), sporindu-și reactivitatea chimică;
- Pentru că pot prezenta proprietăți chimice diferite, de exemplu pot deveni active catalitic;
- Pentru că pot prezenta proprietăți fizice diferite, cum ar fi conductivitate electrică sau solubilitate ridicată.

Deși nu există încă informații suficiente pentru a prevedea toxicitatea pe baza compoziției sau a structurii nanomaterialelor, este probabil ca profilul de toxicitate să fie, cel puțin parțial, legat de comportamentul chimic și fizic unic care face ca aceste materiale să prezinte interes pentru inovarea producției. Cu toate acestea, indiferent de pericolul intrinsec, probabilitatea expunerii este principalul factor care influențează riscurile asupra sănătății prezentate de nanomateriale sau nanoproduse. Atunci când expunerea este evitată în mod eficient, nu există riscuri asupra sănătății.

NANOMATERIALELE – EFECTE ADVERSE ASUPRA SĂNĂTĂȚII

Nu există „efecte generale asupra sănătății” cauzate de nanomateriale. Fiecare nanomaterial are propriile efecte adverse asupra sănătății. Dintre MNM-urile utilizate cel mai des la ora actuală în nanoprodusele pentru mobilă, doar toxicitatea nano-TiO₂ este relativ bine cunoscută. Din contră, toxicitatea nano-SiO₂ și nano-Ag (nano-argint), celelalte două MNM-uri des utilizate, este mult mai puțin cunoscută. În ceea ce privește restul MNM-urilor, informațiile privind toxicitatea sunt puține sau inexistente.

Deoarece există numeroase necunoscute privind efectele adverse asupra sănătății ale fiecărui nanomaterial în parte, este recomandată colectarea informațiilor cunoscute și căutarea unor tendințe comune. Cele mai observate efecte asupra sănătății ale nanomaterialelor sunt inflamarea și stresul oxidativ. La o doză suficientă, inflamarea și stresul oxidativ poate duce la moartea celulelor și la formarea de cicatrici, de exemplu pe plămâni. Creșterea exagerată a celulelor, deteriorarea ADN-ului sau dezechilibrele hormonale sunt alte efecte care se pot produce. O prezentare detaliată a informațiilor disponibile cu privire la aspectele ce țin de sănătate și siguranță în utilizarea nanomaterialelor este oferită de Aschberger et al. (2011)⁸. Aceste efecte generale asupra sănătății se pot manifesta prin inflamații ale căilor respiratorii, bronșită, astm, boli cardiovasculare, cancer sau efecte asupra dezvoltării copiilor. Creșterea sensibilizării pielii expuse este, de asemenea, luată în considerare drept un posibil efect advers, de exemplu în

cazul MNM-urilor biocide ce reacționează la suprafață, precum nano-TiO₂, nano-Ag sau nano-SiO₂ (consultați mai jos). Informațiile disponibile în prezent sunt, însă, insuficiente pentru a confirma efectele de sensibilizare a MNM-urilor.

EFFECTELE ADVERSE ALE NANO-TIO₂

În 2011, NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health – Institutul național pentru siguranță ocupațională și sănătate din SUA) a evaluat toate informațiile științifice disponibile cu privire la profilul de sănătate și siguranță al nano-TiO₂. NIOSH⁹ a concluzionat că există dovezi suficiente pentru a clasifica nano-TiO₂ drept o substanță din mediul ocupațional cu potențial cancerigen. Însă, ceea ce este mai interesant este că NIOSH a ajuns la concluzia că efectul cancerigen observat la nano-TiO₂ este indus print-un mecanism secundar, fapt ce înseamnă că acest efect nu este „specific din punct de vedere chimic”, ci „specific în funcție de particulă” deoarece nano-TiO₂ nu este solubil și are nanodimensiuni. Prin urmare, un efect similar poate fi întâlnit și la alte MNM-uri insolubile. NIOSH a mai indicat faptul că aplicarea unui înveliș subțire în jurul fiecărei particule de nano-TiO₂ pare să mărească proprietatea cancerigenă a acestora și că structura (amorfă sau cristalină) nu pare să aibă un efect semnificativ asupra aceste proprietăți.

EFFECTELE ADVERSE ALE NANO-SIO₂

În comparație cu nano-TiO₂, profilul de toxicitate al celui de-al doilea nanomaterial, nano-SiO₂, este și mai puțin cunoscut. Nano-SiO₂ poate fi

⁸ Aschberger A, Micheletti C, Sokull-Kluttgen B and 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

⁹ Occupational Exposure to Titanium Dioxide, NIOSH, Current Intelligence Bulletin 63, April 2011

produs în formă amorfă sau cristalină și cu o mare varietate de forme și structuri. În funcție de structura exactă, reactivitatea fizică și chimică a acestora este diferită, iar profilul de toxicitate poate fi și acesta diferit. Napiersky et al. (2010)¹⁰ au trecut în revistă diferitele forme și căi de sinteză și au descris informațiile disponibile cu privire la mecanismele de toxicitate implicate. Aceștia au ajuns la concluzia că toxicitatea nano-SiO₂ pare să fie cel mai puternic legată de structura cristalină a acestuia. S-a descoperit că nano-SiO₂ cu structură cristalină produce stres oxidativ și, prin urmare, deteriorarea ADN-ului și a membranei. Din contră, nano-SiO₂ cu structură amorfă este cel mai des utilizat în industrie pentru a îmbunătăți randamentul produsului, de exemplu în lacurile rezistente la zgâriere. Toxicitatea nano-SiO₂ cu structură amorfă este considerată a fi mult mai scăzută decât cea a nano-SiO₂ cu structură cristalină și, drept consecință, numai câteva studii au cercetat profilul exact al acesteia. Studiile realizate indică însă că nano-SiO₂ nu contribuie la fibroza pulmonară progresivă, dar poate produce inflamații pulmonare acute în doze ridicate. Cu toate acestea, s-ar putea ca această imagine să trebuiască a fi nuanțată, în funcție de componența exactă a nano-SiO₂ cu structură amorfă. Din ce în ce mai multe studii arată că există o interacțiune puternică între nano-SiO₂ și peptide, că suprafața zonei are un efect important în reactivitatea acestui nanomaterial și că toxicitatea depinde de orice modificare a suprafeței. Interacțiunea cu peptidele poate, de exemplu, indica un potențial alergic (asemănător cu produsele epoxy). La fel de important este faptul că diferite studii identifică toxicități diferite ca urmare a utilizării unor doze diferite.

Cu toate acestea, Napiersky et al. (2010) și referințele din cadrul lucrării indică faptul că riscurile asupra sănătății și siguranței muncitorilor specifice nanomaterialelor și nanoproduselor apar, în principal, când prafurile nanomaterialelor prime sunt produse sau manevrate. Aceștia afirmă

că nano-SiO₂ este fixat în suspensie sau într-o matrice solidă, iar expunerea prin inhalare se preconizează a fi foarte scăzută.

EFACTELE ADVERSE ALE NANO-AG

Toxicitatea argintului a fost intens studiată în trecut, arătându-se că acesta este relativ netoxic pentru oameni, dar că poate fi extrem de toxic pentru organismele din mediul înconjurător. Spre deosebire de argintul macroscopic, profilul de toxicitate al nano-Ag este mai puțin cunoscut. În ambele cazuri, toxicitatea este determinată de emisia de ioni de argint (Ag⁺). Cu toate acestea, în cazul nano-Ag, nanoparticula în sine poate produce o toxicitate ridicată deoarece la expunere poate avea o distribuție diferită în corpul uman (sau în mediul înconjurător) în comparație cu particulele de argint de dimensiuni mai mari. De exemplu, în studiile cu privire la toxicitatea în mediul înconjurător, s-a observat că nano-Ag acționează ca o bombă de Ag⁺ în microorganism. O prezentare generală a informațiilor disponibile care descriu profilul de toxicitate al nano-Ag este oferită de studiul recent realizat de TNO (2011)¹¹.

Însă, în ciuda lipsei unui profil de toxicitate complet pentru nano-Ag, există semne clare că acesta trebuie utilizat cu prudență în produsele de mobilă. Una dintre aplicațiile esențiale ale nano-Ag este tratamentul medical al rănilor foarte sensibile, al infecțiilor bacteriene sau ca dezinfectant pentru pete bacteriene foarte persistente și/sau care au devenit rezistente la alte antibiotice. Utilizarea necorespunzătoare poate însă contribui la dezvoltarea rezistenței la argint a bacteriilor (consultați studiul TBO 2011 și referințele indicate), iar când acest lucru se întâmplă, poate avea un efect major asupra sănătății umane.

LIMITELE EXPUNERII OCUPAȚIONALE

Limitele expunerii ocupaționale (OEL) sunt des utilizate pentru a evalua siguranța la locul de muncă. Informațiile științifice actuale sunt prea limitate pentru a propune OEL-uri în ceea ce privește sănătatea pentru majoritatea nanomaterialelor. Companiile producătoare sau instituțiile de cercetare au propus OEL-uri referitoare la sănătate, limita expunerii recomandate (REL) sau nivelul calculat fără efect (DNEL) doar pentru un număr limitat de nanomateriale. Tabelul 3 trece în revistă o selecție.

Nanovalori de referință provizorii pot fi utilizate în practică ca nivele limită, fiind o alternativă până la dezvoltarea unor valori sigure referitoare la sănătate. Diferite inițiative au luat în calcul posibilitatea de a realiza o strategie de obținere a unor valori de referință generice pentru MNM, precum cea a IFA din Germania (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – Institutul pentru siguranță ocupațională și sănătate) și cea a BSI din Marea Britanie (Institutul de standardizare britanic). În Olanda, Asociațiile angajatorilor și cele ale angajaților au decis de comun acord să utilizeze nivele limită pentru expunerea ocupațională: așa-numitele nanovalori de referință provizorie (NRV). În martie 2012, o schemă a NRV a fost publicată de Consiliul economic olandez (SER)¹² drept recomandare oficială către Ministerul olandez al Afacerilor sociale și a Ocupării forței de muncă, așa cum se vede în Tabelul 4.

Nanovalorile de referință provizorie (NRV) obținute vor fi utilizate în practică drept nivele limită – acestea nu garantează că o expunere la nanomateriale sub această limită este sigură. NRV-urile pot fi utilizate până când Uniunea Europeană sau statele membre propun limite ale expunerii ocupaționale (OEL) pentru sănătate în domeniul nanomaterialelor sau câtă vreme nu există în documentația

¹⁰ Napiersky D, Thomassen LCJ, Lison D, Martens JA și Hoet PH (2010) The Nanosilica Hazard: another variable entity, Particle and Fibre Toxicology, 7, 39

¹¹ van Manen - Vernooij B, le Feber M, van Broekhuizen FA, van Broekhuizen P (2011) Pilot "Kennisdelen Nano in de verfketen", Raport TNO V20123 | 1

¹² SER Advies 12/01, martie 2012, Voorlopige nanoreferentiewaarden voor synthetische nanomaterialen, Anexa 1

TABELUL 3 Propuneri de OEL-uri, REL-uri și DNEL-uri pentru nanoparticule specifice

SUBSTANȚĂ		OEL sau REL mg/m ³	DNEL mg/m ³	Referință
MWCNT (Baytubes) *	TWA 8 ore **	0,05		Pauluhn, 2010
MWCNT (Nanocyl)	TWA 8 ore	0,0025		Nanocyl 2009
CNT (SWCNT și MWCNT) *	TWA 8 ore	0,007		NIOSH 2010
Fulerenă		0,8		NEDO-2 2009
Ag (18-19nm)	DNEL		0,098	Stone et al 2009
TiO ₂ (10 -100 nm) (REL) **	10ore/zi, 40ore/săpt	0,3		NIOSH 2011

* CNT= Nanotub carbon; SWCNT= Nanotub carbon cu un singur perete; MWCNT= Nanotub multistrat

** REL = Limita de expunere recomandată; TWA = Medie ponderată în timp

TABELUL 4 Schema olandeză cu nanovalori de referință provizorie (NRV) conform recomandării SER din martie 2012

CLASĂ	DESCRIERE	DENSITATE (kg/m ³)	NRV (TWA 8ore)	ESEMPI
1	Nanotuburi rigide biopersistente, nanofibre și nanobare pentru care nu se exclud efecte de tip azbest	-	0,01 fibre/cm ³ (= 10.000 fibre/m ³)	SWCNT, MWCNT o fibre in ossido di metallo per i quali non sono da escludere effetti simili all'amianto secondo il fabbricante.
2	Nanomateriale biopersistente, granulare între 1 și 100 nm	> 6.000	20.000 particule/cm ³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe ₃ O ₄ , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂
3	Nanomateriale biopersistente, granulare între 1 și 100 nm	< 6.000	40.000 particule/cm ³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , TiN, TiO ₂ , ZnO, nanoargilă Carbon Black, C ₆₀ , dendrimeri, polistiren nanotuburi, nanofibre și nanobare pentru care efectele de tip azbest se exclud în mod explicit
4	Nanomateriale non-biopersistente, granulare între 1 și 100 nm	-	OEL aplicabil	e.g. grăsimi, siloxan, sare (=NaCl)

REACH Limite specifice ale expunerii ocupaționale recomandate pentru sănătate (HBR-OEL) sau Nivele calculate fără efect (DNEL). Colaborarea dintre partenerii sociali olandezi care a dus la crearea schemei NRV și statutul oficial al acesteia ca recomandare SER fac ca această abordare să fie unică. Această caracteristică se regăsește și în unitatea de măsură folosită: numărul de nanoparticule pe cm³ care exprimă accețiunea actuală conform căreia reactivitatea nanomaterialelor este legată de suprafață, în loc de masă. Aplicarea schemei NRV la nivel european este încurajată de Confederația europeană a sindicatelor (ETUC), această propunere fiind analizată la ora actuală.

Cu toate acestea, un nanomaterial nu este neapărat o particulă „de neschimbat” atunci când este folosit într-un produs. În cazul multor produse, nanomaterialul reacționează cu sau se atașează de matricea produsului. Exemple de astfel de situații sunt nano-silica în lacurile rezistente la zgâriere, nano-argintul în textilele de înaltă calitate sau nanomaterialele utilizate pentru galvanoplastie. La alte produse, nanomaterialul se inserează mai liber în matricea produsului, precum dioxidul de nanotitanium în învelișurile autocurățitoare. Comportamentul unui nanomaterial într-un produs influențează efectele adverse ale acestuia asupra sănătății și probabilitatea expunerii. De aceea,

este important de știut că toxicitatea acestuia se poate schimba de-a lungul diferitelor etape ale vieții: de la materie primă cu potențial periculos, la un produs de consumator non-toxic în utilizare sau la deșeu cu potențial periculos din nou, în ultima etapă, sau atunci când este eliminat în mediul înconjurător. Prin urmare, problema comportamentului nanomaterialelor este elementul central pentru dezbaterile privind sănătatea și siguranța acestora:

Ce se întâmplă cu un nanomaterial după ce este aplicat și ce se întâmplă cu caracterul nanospecific al acestuia?

CĂI DE EXPUNERE

În industria mobilei, muncitorii vor fi expuși (aproape fără excepție) la nanoproduse (fie sub forma în care acestea sunt cumpărate, fie sub formele dezvoltate în urma utilizării sau a procesării), nu la nanomateriale pure, ceea ce înseamnă că expunerea principală este la:

Produse în care nanoparticulele (sau nanomaterialele) sunt incluse (într-o matrice solidă, într-un praf, într-un lichid sau într-o pastă), precum și la praful sau resturile acestor produse dispersate în aer atunci când acestea sunt prelucrate, pulverizate sau aplicate prin alte operațiuni la locul de muncă.

Acest fapt influențează expunerea reală a muncitorului la nanomaterialul din produs. Lucrările lui Saber et al. (2011¹³,¹⁴), arată că ar putea exista o diferență semnificativă între expunerea la nanomateriale pure și expunerea la nanomateriale conținute de un înveliș. Aceștia au studiat diferite învelișuri (învelișuri acrilice și un lac tratat UV) ce conțineau diverse nanomateriale (nano-TiO₂, nano-SiO₂, nanoargilă și Carbon Black) și au descoperit că nanomaterialele pure au produs efecte nanospecifice inflamatoare sau de degradare a ADN-ului, iar după ce au fost incluse într-un înveliș sau într-un lac, profilul toxic al prafului ca urmare a șlefuirii acestor nanoproduse a fost similar cu toxicitatea produselor respective fără nanomateriale. Cu alte cuvinte, cercetările științifice incipiente și preliminară arată că nanomaterialele incluse într-o matrice nu prezintă neapărat profilul de toxicitate nanospecific pe care îl prezintă în formă pură. Acest prim

rezultat este foarte promițător și extrem de important pentru evaluarea riscului condițiilor de muncă cu nanomateriale și nanoproduse în industria mobilei și încurajează realizarea altor studii în aceeași direcție pentru a stabili dacă un efect similar poate fi observat la alte materiale sau produse.

Generalizând modul în care un MNM poate intra în compoziția unui nanoproduct, există trei posibilități:

1. Un MNM poate fi chimic inert dar capabil de a interacționa fizic. Se produce o matrice în care MNM-ul este inclus, dar nu reacționează chimic cu aceasta. Astfel, nanomaterialul rămâne „liber” și poate, în principiu, să se separe.
2. Un MNM poate fi chimic reactiv. Astfel se obține o legătură chimică între MNM și matrice, fiind puțin probabil ca nanomaterialul să se separe.
3. Un MNM poate fi reactiv din punct de vedere chimic și fizic și să formeze o legătură chimică la suprafața matricei. Astfel, este puțin probabil ca nanomaterialul să se separe, însă expunerea poate avea loc prin contactul direct cu suprafața. Un exemplu sunt suprafețele bactericide.

În următoarele trei subsecțiuni se clarifică cele trei moduri în care muncitorii din industria mobilei pot fi expuși la nanomateriale de la produsele cu care lucrează. Prin însăși natura activității zilnice a acestora și a produselor cu care lucrează, expunerea prin inhalarea prafului de nanomaterial (rezultat din tăiere, șlefuire, găurire, cusut sau prelucrare) sau resturile rămase în aer de la vopsire și de la pulverizarea lipiciului

sunt, probabil, principalele riscuri asupra sănătății. Penetrarea pielii poate, de asemenea, avea un rol (deși mult mai mic). De exemplu, în cazul substanțelor ce reacționează la suprafață cum ar fi bactericidele, este de așteptat să apară riscuri asupra sănătății în muncă. Expunerea se poate realiza și prin ingerare. Nanomaterialele îndepărtate de pe plămâni sau din zona nazală vor fi ingerate prin mucus, existând șanse ca ingerarea unui nanomaterial ce conține praf sau vopsea să se producă la prânz sau prin cafea atunci când mâinile și fața nu sunt spălate corespunzător.

Expunerea la nanoparticule prin transportarea unor părți solide de mobilă precum ceramică, sticlă, oțel, plastic, compozite, materiale izolatoare, beton, lemn „nano-îmbunătățite” sau suprafețe tratate cu învelișuri întărite se prevede a fi foarte redusă datorită faptului că, în aceste cazuri, nanomaterialele ar trebui să fie incluse în matricea solidă. Cu toate acestea, se recomandă evitarea contactului cu pielea și în aceste situații prin utilizarea unor mănuși în caz de nesiguranță.

EXPUNERE PRIN INHALARE SAU CONSIDERAȚII OBIȘNUITE PRIVIND SĂNĂTATEA

Expunerea la nanomateriale prin inhalare poate avea loc atunci când, la locul de muncă, se produc particule ce pot fi purtate de aer, fie pentru că procesele realizate generează praf sau resturi în aer, fie pentru că se lucrează cu praf de nanomateriale. În industria mobilei, majoritatea nanomaterialelor funcționează la locul de muncă drept componente (ingrediente) ale unui

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

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

nanoprodus precum învelișul sau textilele tratate. Manevrarea nanomaterialelor prime nu a fost observată în cadrul acestui proiect. A fost constatată, în industrie, adăugarea unor agenți de matisare pe bază de nano-silica pentru învelișuri sau lacuri și a anumitor pigmenți (livrați în suspensie).

Numeroase studii au arătat că nanoparticulele pot penetra țesutul pulmonar și pot ajunge în sânge. Nanoparticulele ar putea ajunge și la creier prin sistemul nervos nazal. De aici, acestea ar putea trece barierele circuitului sanguin sau ar putea fi transportate mai departe prin sistemul nervos. Aceste două mecanisme ar putea avea un rol major în apariția anumitor boli ale sistemului cardiac sau ale sistemului nervos central.

Un grup de nanomateriale care necesită atenție sporită sunt nanomaterialele tubulare. Acum câțiva ani, nanotuburile au atras atenția la nivel internațional deoarece se suspecta că ar produce mezoteliom (cancer al unei anumite părți a plămânului sau a peritoneului). Studiile ulterioare au arătat, însă, că toxicitatea nanotuburilor de carbon (și a altor nanotuburi) depinde foarte mult de forma exactă și de funcționalitatea nanomaterialului. O prezentare exhaustivă a informațiilor disponibile pe această temă este oferită de Zhao și Liu (2012)¹⁵. Ca o primă abordare preventivă, se recomandă totuși evitarea oricărei expuneri la nanotuburi, nanobare sau nanofibre, cu excepția cazurilor în care efectele de tip azbest sunt excluse de către producătorul nanomaterialului.

Nanomaterialele tubulare (sau cele de tip bară) necesită un tratament special în evaluarea sănătății și securității

muncitorilor, a consumatorilor și a mediului. Nu a fost constatată utilizarea nanotuburilor de carbon în industria mobilei din ziua de azi. Cu toate acestea, din cauza proprietăților electrice unice și a potențialului de a funcționa ca fibre de întărire, ca agent de ignifugare alternativ sau ca inhibitor al creșterii algelor, acestea ar putea fi utilizate în viitor.

EXPUNERE PRIN PIELE

În mod obișnuit, pielea este considerată a fi o barieră bună împotriva particulelor. Însă, când aceasta este compromisă (și anume julită, deteriorată) sau sub presiune (la încheieturi, de exemplu) nanoparticulele pot pătrunde prin piele. Foliculele părului sau porii sunt și acestea porțiuni ale pielii unde poate avea loc penetrarea nanoparticulelor. După ce o nanoparticulă trece de bariera pielii, este de la sine înțeles că țesutul pielii și circuitul sanguin sunt principalele două ținte. Nanoparticulele ar putea fi transportate prin sânge la alte organe. Pielea în sine poate fi un organ țintă. Apariția sensibilizării pielii ca urmare a expunerii la MNM nu a fost studiată foarte mult până acum. Datorită funcționalității unor MNM-uri proiectate, de exemplu, să separe materialul organic sau să acționeze ca biocide, potențialul de sensibilizare nu poate fi pur și simplu exclus fără o cercetare mai amănunțită. În cazul nano-SiO₂, reacția cu peptidele indică un posibil potențial de sensibilizare care ar trebui studiat. Prin urmare, pielea drept cale de expunere merită o atenție specială în industria mobilei, de exemplu, atunci când munca presupune producerea unui nanomaterial ce conține praf sau când nanomateriale care conțin resturi de praf rămân la locul de muncă.

EXPUNERE PRIN INGERARE

Ingerarea nu implică doar nanomaterialele care sunt înghițite direct (prin gură), ci se poate referi și la nanoparticulele care au fost inhalate și îndepărtate din sistemul pulmonar prin mucus și, prin urmare, înghițite (denumită ingerare secundară). Nanoparticulele pot fi absorbite de intestine și pot intra în circuitul sanguin asemenea nutrienților.

EXPUNEREA CONSUMATORULUI FINAL

Deși utilizatorul final al unui produs de mobilă probabil nu va participa activ în procesarea (producerea) acestuia, expunerea la nanomateriale poate fi luată în calcul, mai ales deoarece poate avea loc un contact intens (prin piele) cu stratul de suprafață (al scaunului, al mesei). Expunerea se va produce loc numai dacă nanomaterialul este oarecum „mobil”, de exemplu, ca în cazul plastifianților sau dacă nanomaterialul se află la suprafața matricei, ca în cazul bactericidelor. Însă, în evaluarea riscurilor expunerii la nanomateriale, trebuie să se țină cont de faptul că nanomaterialele sunt adeseori destinate asocierii sau integrării în matricea materialului. De aceea, expunerea utilizatorului final va fi scăzută pentru majoritatea aplicațiilor. Cu toate acestea, posibila expunere a utilizatorului final trebuie luată în considerare cu atenție atunci când se proiectează un produs de mobilă

¹⁵ Zhao X și 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

ORGANIZAREA UNUI LOC DE MUNCĂ SIGUR

MANEVRAREA RESPONSABILĂ

a nanomaterialelor la locul de muncă este un principiu al precauției promovată de Comisia Europeană și de partenerii sociali din industria mobilei. Acest principiu nu constituie o reglementare, ci este mai degrabă un principiu de lucru alcătuit din cinci elemente:

scopul evitării sau reducerii la minim a expunerii. *"Ghidul privind lucrul în siguranță cu nano-materiale și nano-produse"*, dezvoltat de partenerii sociali olandezi, este un exemplu de astfel de instrument. Alte instrumente se concentrează pe derivarea limitelor de expunere ocupațională (OELs) specifice pentru MNM. Împreună,

SITUAȚII DE EXPUNERE LA LOCUL DE MUNCĂ PENTRU INDUSTRIA MOBILEI

De-a lungul anilor, au fost publicate din ce în ce mai multe studii care au cercetat posibila expunere a muncitorilor la nanomateriale, în condiții reale. Aceste studii s-au concentrat pe posibila expunere în timpul șlefuirii sau a activităților de pulverizare și în timpul lucrului cu prafuri de nanomateriale. Toate rezultatele preliminare indică faptul că expunerea la nanomateriale libere se constată numai când se lucrează cu nanomateriale pure sau sub formă de praf. După ce un nanomaterial este integrat într-o matrice, expunerea la nanomaterialul pur nu mai este observată. În schimb, expunerea observată în timpul șlefuirii sau a activităților de pulverizare este, de obicei, considerată ca fiind matricea produsului cu nanomaterialul integrat. Măsurătorile expunerii la locul de muncă realizate în contextul studiului actual se aliniază la rezultatele preliminare.

La o primă abordare, lucrul cu MNM în industria mobilei ar putea fi împărțit pe trei zone de risc:

CEL MAI MARE RISC este

reprezentat de acele activități în care se manevrează prafuri de MNM-uri pure. Primele acțiuni pentru a reduce riscul expunerii sunt:

- (1) stabilirea existenței unui înlocuitor cu riscuri cunoscute asupra sănătății și siguranței;
- (2) solicitarea livrării MNM-urilor în formă lichidă sau pastă de către producător;
- (3) prevenirea oricărei expuneri (prin protejarea muncitorului, prin ventilație, preferabil prin instalarea unei hote sau prin utilizarea unor brațe robotice într-un proces complet etanșat și automatizat sau prin măsuri personale de protecție).

TABELUL 5 Unități elementare de structură pentru o abordare preventivă a lucrului cu nano-materiale (MNM) în industria mobilei

1. când sunt disponibile prea puține date pentru a se stabili riscurile implicate de MNM pentru siguranță și sănătate, trebuie prevenită expunerea muncitorilor din industria de mobilă:
 - Evitarea expunerii la MNM în conformitate cu strategia de prevenție.
2. din cauza incertitudinii privind riscurile implicate de MNM pentru siguranță și sănătate, producătorii și furnizorii trebuie să notifice utilizatorii din aval din industria de mobilă cu privire la prezența MNM în materialele sau produsele lor.
 - Declararea conținutului de MNM și a eliminării posibile de la un produs sau un material în lanțul de producție.
 - Notificarea conținutului de MNM și a eliminării posibile de la un produs sau un material la înregistrarea centrală.
3. înregistrarea expunerii pentru locul de muncă permite monitorizarea timpurie a efectelor adverse ale MNM asupra sănătății pentru muncitorii din industria mobilei:
 - Echivalent cu înregistrarea carcinogenelor: nano-fibre și MNM carcinogene, mutagene, toxice pentru reproducere sau sensibilizatoare
 - Echivalent cu înregistrarea substanțelor toxice pentru reproducere: toate celelalte MNM nesolubile.
4. Comunicarea transparentă a riscului este esențială pentru muncitori și angajatori pentru a se putea organiza un loc de muncă sigur atunci când se utilizează MNM în industria de mobilă:
 - Informații privind MSDS (fișă de informații privind siguranța materialului) referitor la riscuri nano cunoscute, management și cunoștințe lipsă.
 - Informații cu privire la aplicarea și utilizarea în siguranță, de exemplu sub forma unui manual de instrucțiuni
 - Solicitarea unui raport privind siguranța chimică (REACH) pentru substanțe >1 tonă/an/companie.
5. Derivarea nano-OEL (limite de expunere ocupațională) sau a valorilor de referință nano este necesară pentru evaluarea siguranței locului de muncă:
 - Pentru nano-particule care pot fi eliberate la locul de muncă.

Transpunerea abordării preventive în realitate este complexă. Pentru susținerea angajatorilor și a muncitorilor în acest proces, au fost dezvoltate diferite instrumente. Un tip de instrument are rolul de a-i ajuta pe muncitori și angajatori să evalueze riscul de sănătate ocupațională în timpul lucrului cu MNM și pentru a putea lua măsuri de prevenție în

Ghidul și schema NRV pot fi considerate o practică bună pentru organizarea unui loc de muncă preventiv. La nivel european, în multe alte state membre UE și în Statele Unite, sunt în desfășurare inițiative similare.

FIGURA 1. Pulverizare la presiune ridicată în cabina de pulverizare. Circuitul aerului din sistemul de ventilație este reprezentat printr-o săgeată: verde indică un număr scăzut de nanoparticule, roșu indică un număr ridicat de nanoparticule.



DE RISC MEDIU sunt activitățile efectuate cu materiale ce conțin MNM (lichide sau solide) de ex. vopsele, lacuri, adezivi, materiale compozite sau textile. Pulverizarea, șlefuirea, sablarea, tăierea sau alte operații mecanizate asupra materialelor ce conțin MNM sunt exemple de activități cu risc mare de expunere care pot apărea cu ușurință în industria mobilei. În aceste cazuri, se poate aștepta expunerea la praful sau la aerosolii conținând MNM și acest lucru trebuie evitat. Primele activități pentru controlarea oricărui risc de expunere trebuie să fie

- (1) prevenirea producerii de praf sau de aerosoli pe cât posibil prin aplicația tehnică,
- (2) aplicarea unui sistem de ventilație efectivă și
- (3) aplicarea măsurilor de protecție personală împotriva inhalării sau a contactului cu pielea.

DE RISC SCĂZUT sunt activitățile cum ar fi manipularea materialelor lichide sau solide ce conțin MNM, fără producere de praf sau de aerosoli. Transportarea unui panou de panel din MNM sau a unui recipient cu vopsea cu MNM din locația A în locația B este un exemplu de astfel de activitate. MNM este conținut în matriță și nu va ieși ușor în afară la atingere.

Cu toate acestea, se recomandă evitarea contactului cu pielea prin utilizarea de mănuși, de exemplu în timpul transportării produselor de mobilă tratate cu învelișul bactericide care reacționează la suprafață. În cazul activităților cu risc mediu și ridicat ce implică MNM-uri sau materiale ce conțin MNM-uri, este și mai recomandată monitorizarea expunerii reale la nanoparticule a muncitorului (muncitorilor) implicat(ți). Este de preferat ca acest lucru să se

realizeze înainte și după stabilirea unor măsuri suplimentare de reducere a expunerii, pentru a verifica eficacitatea măsurilor luate și necesitatea unor alte măsuri de control al expunerii. Principalele rezultate obținute în urma măsurătorilor expunerii la locul de muncă realizate în contextul acestui studiu sunt descrise mai jos.

Măsurătorile la locul de muncă au fost făcute utilizând două contoare de nanoparticule cu rezoluție temporală (NanoTracer, Philips Aerasense) care au măsurat cantitatea de nanoparticule prezente în aer și diametrul mediu al acestora.

Compoziția nanoparticulelor a fost analizată cu un Microscop electronic de scanare și prin spectroscopie de raze X cu dispersie de energie (SEM/EDX¹⁶). Pe piață există diferite tehnici de analiză pentru stabilirea expunerii la nanomateriale de la locul de muncă. Pentru o evaluare completă, este importantă:

1. cuantificarea expunerii în cantitatea de nanoparticule rezultate în urma activității
2. determinarea compoziției chimice a nanoparticulelor

Următoarele cazuri se bazează pe observații pe termen scurt. Acestea servesc doar ca inspirație pentru conceperea unor măsuri de prevenție ce vor fi luate la un loc de muncă anume.

Pulverizarea vopselelor, lacurilor și a adezivilor

În momentul pulverizării unui nanoproduct, inhalarea resturilor din aer este, probabil, cel mai important risc de expunere. De aceea, pulverizarea și lucrul cu materiale ce produc praf ar trebui pe cât posibil evitat. Riscurile de expunere sunt mai

mici atunci când se utilizează o pensulă sau o rolă decât la utilizarea unui pistol de pulverizat. Nivelul expunerilor ocupaționale este de asemenea mai mic când pulverizarea se face automat, de către un braț robotic, într-un mediu închis, decât atunci când pulverizarea se face manual.

CAZUL DE OBSERVAȚIE 1: PULVERIZAREA CU PRESIUNE MARE a unui lac cu conținut MNM pe paneluri de lemn a fost efectuată într-o cabină de pulverizare reprezentată în fig. 1. Nu s-au luat măsuri speciale pentru a se preveni expunerea la MNM, cu excepția protecției normale în cazul lacului cu conținut mare de solvent. Un unghi mare de expunere la MNM a fost supus observației, zonă indicată de săgeată. Pentru muncitor, expunerea la MNM a fost foarte mică. Lângă perețele de vacuum, concentrațiile măsurate au fost mult mai mari. Această observație sugerează că un sistem de ventilație bine conceput este eficient pentru îndepărtarea MNM din zona de respirație a muncitorului. Însă, pentru acest MNM nu s-a stabilit limita de expunere ocupațională nano pentru sănătate în scopul evaluării expunerii muncitorilor. În urma comparării acestei activități de muncă cu schema NRV ca exemplu de bune practici, nu ar mai fi fost indispensabile alte măsuri de control al expunerii. Cu toate acestea, se recomandă purtarea unui echipament de protecție personală adecvat. Există încă incertitudini cu privire la efectele adverse pe termen lung ale expunerii bruște la doze mari sau la doze mici, incertitudini care motivează evitarea expunerii MNM pe cât posibil.

Acolo unde există un risc de expunere la praf sau aerosoli cu MNM, este important să se echipeze sistemul de

¹⁶ Analizele SEM/EDX au fost realizate la Universitatea din Utrecht (Olanda), Departamentul de microscopie electrică, sub supravegherea lui JA Post și a lui JW Geus.



ventilare cu un filtru HEPA, să se poarte o mască respiratorie cu filtru FFP3 și ochelari, mănuși din nitril (de preferat două perechi) și un costum Tyvek© (sau similar neșesut) pentru protecția pielii.

**CAZUL DE OBSERVAȚIE 2:
PULVERIZAREA LA PRESIUNE
MICĂ A UNEI ACOPERIRI CU MNM**
s-a făcut cu o pompă manuală de pulverizare. Activitatea este arătată în Fig. 2. Pulverizarea s-a utilizat pentru a se umezi o cârpă de șters cu care s-a tratat suprafața unei perne. Camera nu a fost ventilată. Pulverizarea a fost aplicată de la înălțimea șoldului. Nu s-a detectat expunere MNM. Prezentul caz sugerează că pulverizarea atentă cu pompa la presiune joasă poate avea ca rezultat o expunere mică, nedetectabilă și, în consecință, nu sunt necesare măsuri suplimentare de control a expunerii pentru a preveni inhalarea MNM. Trebuie aplicată protecție pentru piele.

FIGURA 2. Acoperirea pernei de pe scaunul unui dentist utilizând un pulverizator cu pompă și o lavetă moale



Printre alți factori, expunerea la MNM depinde de comportamentul curent al muncitorului pe durata activității cu MNM și de intensitatea și de durata lucrului. Se recomandă să se evalueze întotdeauna eficiența măsurilor de control a expunerii, de preferat prin analiză cantitativă.

Șlefuirea și lustruirea vopselelor și a lacurilor

CAZUL DE OBSERVAȚIE 3: SABLAREA PANOURILOR DE LEMN TRATATE CU LAC CU REZISTENȚĂ MARE LA ZGÂRIERE

În cazul șlefuirii, nanoparticulele produse constituie o fracțiune a prafului rezultat în urma șlefuirii. Acestea se pot fi generate și de motorul mașinii de șlefuit. Informațiile disponibile arată că șlefuitul la energie scăzută produce puține nanoparticule, în timp ce șlefuitul la energie ridicată produce mai multe nanoparticule. De asemenea,

s-a observat o emisie similară ne nanoparticule de la învelișuri ce conțin și învelișuri ce nu conțin aditivi din nanomateriale. În plus, lucrarea lui Saber et al. (2011) sugerează că praful rezultat în urma șlefuirii de la vopselele ce conțin nanomateriale poate fi la fel de toxic ca cel produs de vopselele ce nu conțin nanomateriale. Această ipoteză nu este însă dovedită, cercetările viitoare urmând să clarifice acest aspect. Prin urmare, pornind de la informațiile existente, nu se poate considera că există un risc suplimentar de expunere la nanoparticulele produse de fisurarea/șlefuirea suprafețelor tratate cu nanoînvelișuri. Însă, în funcție de matrice și de cât timp particulele ultrafine inhalate rămân în plămâni, există posibilitatea ca matricea să se dizolve în lichidul plămânilor, eliberând nanomaterialele care au fost incluse în matrice.

Atunci când se lucrează cu un nanoproduct solid (care nu produce praf), probabilitatea expunerii la nanomaterialul component depinde de interacțiunea cu matricea în care este inclus. Când MNM-ul este inert, dar poate interacționa fizic, nanomaterialul se integrează în matrice, dar nu este legat chimic de aceasta. Astfel, nanomaterialul rămâne „liber” și, în principiu, ar putea să se separe, mărinnd riscul de expunere prin atingere. Putem să luăm în considerare și situația în care MNM-ul este legat chimic la suprafață și reactiv, de exemplu o suprafață bactericidă. Și în acest caz, expunerea la MNM poate produce efecte adverse. Doar când MNM-ul este integrat și fixat în interiorul matricei, probabilitatea expunerii este scăzută.

Șlefuirea plăcilor din lemn din exemplul 3 a intervenit la un banc de lucru neventilat. Mașina de sablat a fost echipată cu sistem de ventilare locală a gazelor. Pe toată durata sablării uscate și a șlefuirii a fost



FIGURA 3. Două exemple de măsuri de control a expunerii pentru a se preveni expunerea la MNM în timpul sablării sau șlefuirii materialelor ce conțin MNM. Stânga: un banc de lucru cu ventilare a gazelor prin vacuum; dreapta: protecție optimă cu ajutorul mănușilor de nitril, un costum Tyvek și mască respiratorie cu filtru FFP3.

observată expunerea MNM. Când aceste activități au încetat, expunerea s-a redus rapid. În timpul activităților de sablare udă, nu s-a putut măsura expunerea MNM. Prezența măsurătoare sugerează că sablarea uscată și șlefuirea conduc la expunere MNM care poate fi mai mare decât cea avizată de schema olandeză NRV, mai ales atunci când sablarea are loc în timpul unei zile pline de lucru. În acest caz, lucrul într-un mediu neventilat nu este eficient pentru controlarea expunerii și trebuie luate mai multe măsuri de control al expunerii. Exemple de masă de lucru sau perete ventilat cu vacuum și de măsuri de protecție personală sunt arătate în fig. 3.

De asemenea, la terminarea lucrului, este de asemenea important să se evite contactul pielii cu pudrele, praful sau lichidele cu MNM. De exemplu, atunci când pe panoul sablat a rămas praf ce conține MNM. Nu utilizați niciodată aer comprimat pentru a curăța acest praf. Pentru curățarea locului de muncă, ar trebui utilizat un aspirator industrial cu filtru HEPA și cârpe umede de șters pentru a se evita împrăștierea nano-particulelor. Utilizarea unei măști, a unei perii sau a unui aspirator casnic trebuie evitată. Scurgerile, ambalajele goale sau mărfurile rămase trebuie etichetate și eliminate ca deșeuri chimice toxice.

Tăierea textilelor

CAZUL DE OBSERVAȚIE 4: UN MATERIAL TEXTILE DIN NYLON cu acoperire nano impermeabilă este tăiat cu un foarfece obișnuit. Nu s-a putut detecta nicio expunere la nano-particule. Trebuie mare atenție pentru a se evita posibila expunere la nano-fibre. Chiar dacă nu a fost detectată expunere la fibre cu conținut de MNM, se recomandă să se lucreze în fața unui perete de vacuum sau pe o masă

ventilată cu vacuum, acolo unde există un risc de expunere la fibre ce conțin MNM.

Expunerile actuale variază puternic în funcție de factori cum ar fi produsul specific, condițiile exacte de mediu și situația concretă de muncă a muncitorului (muncitorilor) implicați.

CELE PATRU EXEMPLE pentru activitățile din industria mobilei prezentate aici nu trebuie generalizate la alte practici de lucru similare. Pentru fiecare caz nou individual trebuie efectuată o evaluare a riscului pentru a se judeca eficiența măsurilor de control a expunerii în locație și pentru a se identifica ce măsuri de prevenție trebuie luate pentru a se proteja sănătatea muncitorilor. Totuși, aceste patru cazuri de observație sugerează că măsurile de control curente a expunerii recomandate pentru industria mobilei pot fi eficiente pentru a-i proteja pe muncitori de expunerea la MNM din produsele cu care ei lucrează.

COMUNICAREA TRANSPARENTĂ A RISCURILOR ȘI TRASABILITATE

Există o problemă enormă în ceea ce privește „schimbul de informații cu privire la nanomateriale” de-a lungul lanțului de valori a produsului în care acestea sunt utilizate, în industria mobilei, dar și în multe alte sectoare. În 2012, există puțină transparență privind prezența MNM în materialele și produsele disponibile pentru utilizări în industria mobilei. Acest lucru se întâmplă în principal deoarece legislația europeană nu cere (încă) nicio comunicare specifică nano privind MNM prezente în materiale sau produse, dincolo de normele aplicabile tuturor substanțelor prin reglementarea REACH și directive CLP.

Dacă și cum ar trebui organizat acest lucru în viitorul apropiat este dezbătut în prezent la nivel european.

Comunicarea voluntară despre MNM-urile din materiale sau produse are un succes scăzut. Cele mai importante motive a lipsei de comunicare indicate de diferiți actori din industria mobilei sunt sintetizate în acest raport. Lanțul de comunicare începe în mod obișnuit cu producătorul MNM, care informează producătorul(ii) de materiale, care informează furnizorul, care informează producătorul de mobilă. Producătorul de mobilă își informează muncitorii cu privire la MNM utilizat și utilizatorii din aval ai mobilei produse. Lanțul de distribuție al producătorilor de materiale poate fi lung. Lanțul textilelor, de exemplu, poate fi compus din producătorul de fibre care îi livrează producătorului de fire textile care îi vinde firele textile țesătorului. Cu toate acestea, producția de mobilă poate fi de asemenea un puzzle de diferiți sub-contractori care ajută la asamblarea unui produs de mobilier. La fiecare pas, în jos pe lanț, tot mai multe informații prețioase despre MNM tind să se piardă.

La fiecare comunicare a furnizorului către producătorul de mobilă, patru factori domină lipsa de trasabilitate a MNM din materiale. Drepturile de competiție și de proprietate intelectuală reprezintă unul dintre factori, ducând la trecerea sub tăcere. Marketingul este al doilea. Pentru unele materiale, “nano-tehnologia” vinde. Se sugerează că ele ar conține MNM, dar se poate să nu aibă deloc. Pentru alte materiale, acest argument este mai puțin convingător. Adesea, acestea nu sunt etichetate ca nano. Doar un număr mic de materiale sau produse sunt etichetate corect și conțin informații specifice privind MNM. Al treilea motiv important de limitare a trasabilității MNM în materiale este o dezbateră socială privind aspectele

nesigure legate de sănătate și siguranță implicate de MNM. În loc de a comunica această nesiguranță, nesiguranța a devenit un motiv de confidențialitate pentru a "nu apărea întrebări care nu sunt necesare". Al patrulea factor care limitează comunicarea este ignoranța. Furnizorii de materiale nu sunt deseori informați nici ei și, prin urmare, îi pot oferi producătorului de mobilă prea puțină informație sau deloc.

Producătorul de mobilă este răspunzător pentru sănătatea și siguranța muncitorilor săi. Mai presus de toate, producătorul de mobilă se va asigura că produsele sunt sigure pentru utilizare. Pentru comunicarea privind MNM, acest lucru implică:

1. a fi informat (de ex. de furnizor sau de sub-contractor);
2. organizarea un loc de muncă sigur și preventiv și informarea/instruirea muncitorilor implicați;
3. informarea corespunzătoare a utilizatorilor din aval.

Producătorii de mobilă afirmă că incertitudinea privind sănătatea și siguranța îi face destul de des să renunțe la utilizarea MNM pentru produsele lor. Mai presus de aceasta, întrebarea *cum să acționez la primirea informațiilor privind MNM* le influențează dorința de a ști și de a primi informații cu privire la MNM pe care poate că îl utilizează deja. Unii producători de mobilă mai degrabă nu știu, deoarece atunci când știi, ce ar trebui să faci? Alții au luat deja măsuri, cerându-le pur și simplu furnizorilor și contractorilor să le raporteze posibila prezență a MNM în produsele lor.

Această situație necesită o atenție serioasă. Producătorilor de mobilă li

se recomandă să-și întrebe furnizorii dacă materialele lor conțin sau nu MNM și să se informeze cum să le aplice în mod responsabil. În același timp, producătorii de mobilă ar trebui să fie asigurați că, atunci când lucrează cu MNM, își vor putea organiza un loc de muncă sigur și preventiv. Sunt disponibile mai multe măsuri de control pentru expunere, cum ar fi sisteme specifice de ventilare și echipament personal de protecție și acestea s-au dovedit eficiente de asemenea pentru prevenirea expunerii la MNM. Mai mult, există diferite instrumente disponibile pentru a-i ajuta pe angajatori și pe muncitori să analizeze și să evalueze riscul, inclusiv un plan de acțiune pentru lucrul sigur cu MNM. Angajatorii și muncitorii trebuie să fie informați în continuare că toxicitatea specifică nano a MNM depinde de riscul de expunere. Incluse și fixate într-o matriță, de exemplu, MNM pot fi utilizate în siguranță. Însă, chiar și atunci când MNM-urile sunt fixate, expunerea prin contact direct cu suprafața materialului poate produce efecte adverse dacă MNM-ul respectiv prezintă proprietăți de reacție la suprafață, cum ar fi învelișurile biocide. Industria de mobilă trebuie încurajată să exploreze condițiile în care poate profita de potențialul MNM pentru inovarea mobilei și în mod responsabil.

INIȚIATIVE DE REGLEMENTARE A NANOMATERIALELOR ȘI A NANOPRODUSELOR

Ca în cazul oricărei alte substanțe chimice, înregistrarea, evaluarea, autorizarea și restricționarea nanomaterialelor este, în principiu,

reglementată prin REACH¹⁷. Raportul Comisiei Europene *Nanomaterialele în REACH* (2008) oferă o privire de ansamblu asupra modului în care REACH influențează reglementarea nanomaterialelor¹⁸. Cealaltă reglementare importantă în vigoare pentru substanțe și amestecuri obișnuite este Etichetarea și ambalarea substanțelor chimice – CLP¹⁹. Nanomaterialele care îndeplinesc cerințele de clasificare drept periculoase conform Reglementării CLP trebuie înregistrate și etichetate. Raportul Comisiei Europene *Reglementarea, clasificarea, etichetarea și ambalarea nanomaterialelor conform REACH și CLP* (2009) oferă o prezentare generală a impactului REACH și CLP asupra nanomaterialelor²⁰. Aprofundarea legislației în domeniul nanomaterialelor și dezvoltarea unor instrucțiuni sunt în lucru la ora actuală.

O primă inițiativă concretă din partea Franței de a stabili obligativitatea raportării utilizării nanomaterialelor în produse a fost inițiată în contextul legislației privind problemele de mediu *Loi Grenelle*²¹. Aceasta urmează să intre în vigoare din 1 ianuarie 2013, raportând despre toate substanțele produse, importate și distribuite începând cu 2012. Reglementarea se aplică produselor chimice, biocidelor și substanțelor cu statut de nanoparticule (Articolul 1) atunci când sunt produse, importate sau distribuite în Franța într-o cantitate mai mare sau egală cu 100 de grame pe an. Alte țări precum Italia, Germania și Belgia iau în considerare crearea unei structuri de înregistrare a nanomaterialelor pentru a dispune de o imagine mai exactă a pieței naționale.

¹⁷ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/reach/index_en.htm

¹⁸ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanomaterials_en.pdf

¹⁹ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/classification/index_en.htm

²⁰ http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/reach/nanos_in_reach_and_clp_en.pdf

²¹ <http://www.nanonorma.org/>

CONCLUZII

ANALIZA ÎN DETALIU a industriei mobilei din Europa și interviurile realizate cu companiile de mobilă și cu furnizorii de materiale arată că piața nanomaterialelor utilizate în produsele de mobilă în 2012 se află încă într-o fază incipientă de dezvoltare. Nanotehnologia poate avea implicații uriașe pentru viitorul producției de mobilă, atât în ceea ce privește calitatea și funcționalitățile mobilei, dar și din punctul de vedere al performanțelor din domeniul mediului, al pieței muncii și al sănătății publice legate de producție și de produse finale. Printre exemplele ce ilustrează acest aspect se numără învelișurile impermeabile, foarte rezistente la zgârieturi și cele ce protejează împotriva razelor UV. În ciuda potențialului ridicat pentru inovare în domeniul mobilei, piedicile majore sunt reprezentate de costuri, randamentul calității (pe termen lung), incertitudinea cu privire la aspectele legate de sănătate și siguranță, precum și acceptabilitatea consumatorului. Cu toate acestea, au fost observate și o serie de aplicații a nanomaterialelor care au avut succes pe piață. Printre exemple se numără învelișurile pe bază de sticlă lichidă utilizate pentru a obține o rezistență ridicată la zgârieturi, impermeabilitate, proprietăți antimicrobiene sau ușor de curățat; învelișurile ce protejează împotriva razelor UV, textilele bactericide și ușor de curățat sau betonul de performanță ultra-ridicată.

Studiul industriei mobilei din Europa indică și un nivel ridicat de ignoranță. De obicei, producătorii de mobilă nu sunt bine informați cu privire la nanomaterialele pe care le-ar putea utiliza, iar informația comunicată este deseori dificil de interpretat. Această situație este foarte importantă. Este recomandat ca producătorii de mobilă să își întrebe furnizorii dacă materialele acestora conțin nanomateriale și să se informeze asupra modului în care acestea pot fi utilizate corespunzător.

Nanomaterialele pot fi mai toxice decât corespondenții acestora de microdimensiuni și pot avea efecte adverse neașteptate asupra sănătății din cauza caracterului nanospecific, cum ar fi boli cardiovasculare, inflamarea plămânilor, efecte asupra sistemului nervos central, moarte celulară, formarea de cicatrice (pe plămâni, de exemplu), disfuncționalități ale embrionilor și apariția de celule canceroase în țesutul afectat. În același timp, producătorii de mobilă trebuie să creeze un loc de muncă sigur atunci când lucrează cu nanomateriale. Există diferite instrumente care susțin angajatorii și muncitorii în evaluarea riscului, inclusiv un plan de acțiune pentru siguranța muncii cu nanomateriale. Riscurile de expunere pot apărea, de obicei, atunci când se produc nanomateriale ce conțin praf sau resturi eliberate în aer. Pulverizarea de vopsele sau adezivi,

șlefuirea suprafețelor acoperite și lustruirea sau tăierea materialelor solide sunt exemple de activități în cursul cărora expunerea poate avea loc. Numeroase măsuri de control al expunerii disponibile, precum sisteme de ventilare specifice și echipamente de protecție personală, s-au dovedit, de asemenea, eficiente în prevenirea expunerii la nanomateriale. Automatizarea proceselor de producție cu ajutorul brațelor robotice, în medii închise, este o altă metodă de a evita expunerea muncitorilor. Mai mult, rezultatele preliminare arată că nanomaterialele ce intră în compoziția prafului ar putea să nu mai prezinte toxicitate nanospecifică. Un risc scăzut de expunere la nanomateriale este cel mai probabil atunci când muncitorii ating aceste materiale integrate și fixate într-o matrice.

Pentru a explora potențialul MNM-urilor, producătorii de mobilă vor pune în aplicare măsuri preventive, protejând sănătatea muncitorilor – pe baza informațiilor primite de la furnizor, a unei evaluări de risc și a principiilor generale de prevenție corespunzătoare substanțelor chimice respective.