

NANOMATERIÁLY V ÚDRŽBE: RIZIKÁ A PREVENCIA PRI PRÁCI

Oblasť nanotechnológií sa rýchlo rozvíja a nanomateriály stále častejšie používame v našom každodennom živote, ako aj na pracoviskách. Predpokladá sa, že nanomateriálom je vystavených viac zamestnancov vykonávajúcich údržbu. Oblasť nanotechnológií sa napriek pokračujúcemu výskumu rozvíja rýchlejšie ako poznatky o zdravotných a bezpečnostných účinkoch nanomateriálov. Stále je ešte veľa neznámeho, a preto sa vynárajú otázky v súvislosti s hodnotením rizík pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (BOZP).

V tomto informačnom letáku (E-fact) sa vysvetľuje, akým spôsobom by sa zamestnanci mohli dostať do styku s nanomateriálmi pri vykonávaní údržby a poskytujú sa informácie o tom, aké urobiť opatrenia na zabránenie možným expozíciám.

1 Úvod

1.1 Čo sú nanomateriály?

Nanomateriály sú materiály obsahujúce častice, ktoré majú jeden alebo viacero rozmerov v rozsahu od 1 do 100 nm ⁽¹⁾, čo je veľkosť porovnateľná s atómami a molekulami. Tieto materiály môžu byť prírodného pôvodu, napr. sopečný popol, alebo môžu vzniknúť ako neúmyselný dôsledok ľudských činností, ako napr. materiály nachádzajúce sa vo výfukových plynch naftových motorov. Mnohé nanomateriály sa však vyrábajú a uvádzajú na trh zámerne a tento informačný leták sa zameriava práve na takéto materiály.

Aj keď nanomateriály môžu tvoriť zoskupenia alebo agregáty, ktoré môžu byť väčšie ako 100 nm, tieto sa môžu rozložiť a uvoľniť nanomateriály. Z tohto dôvodu by sa aj tieto zoskupenia/agregáty mali posudzovať pri každom hodnotení rizík nanomateriálov.

Osobitné (nové) vlastnosti vyrobených nanomateriálov prinášajú množstvo výhod pre mnohé aplikácie. Vyrobené nanomateriály sa môžu použiť buď samostatne, alebo v kombinácii s inými materiálmi s cieľom dosiahnuť, napríklad:

1. miniaturizáciu (napr. elektronických zariadení);
2. zníženie hmotnosti (v dôsledku zvýšenej materiálovej účinnosti) a
3. lepšie funkcie materiálov (napr. vyššiu trvanlivosť, vodivosť, tepelnú stabilitu, rozpustnosť, menšie trenie).

To, aké typy vyrobených nanomateriálov sa môžu vyskytovať na pracoviskách, závisí od typu vykonávaných procesov, typu vyrábaných produktov a materiálov použitých ako vstupné materiály alebo ako technologické pomocné látky.

⁽¹⁾ Podľa odporúčania Európskej komisie [1]:

- „nanomateriál“ je „prírodný, vedľajší alebo priemyselne vyrábaný materiál pozostávajúci z častíc v neviazanom stave alebo ako agregát alebo zoskupenie, v prípade ktorého sa najmenej 50 % častíc v zložení materiálu podľa veľkosti a počtu častíc nachádza vo veľkostnom rozsahu od 1 nm do 100 nm.“ Veľkostné zloženie materiálu je vyjadrené ako počet objektov v rámci daného veľkostného rozsahu vydelené počtom objektov spolu.
- „V určitých prípadoch a v odôvodnených prípadoch obáv o životné prostredie, zdravie, bezpečnosť alebo konkurencieschopnosť možno prahovú hodnotu zloženia materiálu podľa veľkosti a počtu častíc 50 % nahradiť prahovou hodnotou od 1 do 50 %.“
- „Odchylné od uvedeného by sa „fullerény, grafénové vločky a jednodenné uhlíkové nanorúrky, ktorých jeden alebo viac vonkajších rozmerov nedosahuje 1 nm, mali považovať za nanomateriály“.

1.2 Údržba



Autor: Dovile Cizaite

Pravidelná údržba je nevyhnutná pre zachovanie bezpečnosti a spoľahlivosti zariadení, strojov, budov a stavieb (ako sú napr. mosty alebo tunely), ako aj pracovného prostredia. Údržba zahŕňa rôzne činnosti v jednotlivých a veľmi odlišných odvetviach a typoch pracovných prostredí. K týmto činnostiam patria obvykle: servis, oprava, kontrola, testovanie, nastavovanie alebo výmena dielov a môžu zahŕňať tiež napríklad otvorenie uzavretých výrobných systémov, výmenu filtrov, odstraňovanie vrstiev farieb, otryskávanie, brúsenie, pieskovanie, aplikovanie výplní, farbenie, izolovanie a opravy elektrickej rozvodnej siete, prívodu plynu alebo prívodu vody. Keďže údržba sa v určitej miere vykonáva vo všetkých odvetviach a na všetkých pracoviskách, zamestnanci údržby bývajú častejšie než iní zamestnanci vystavení celému radu nebezpečenstiev pri práci.

Údržba sa môže vykonávať ako aktívna činnosť – preventívne opatrenia na zamedzenie poruchám stroja alebo chybám konštrukcie a vzniku nebezpečných podmienok na pracovisku – alebo ako reaktívna činnosť – na opravu zariadenia alebo stavebných dielov. Činnosti údržby môžu byť teda súčasťou každodennej bežnej práce zamestnanca, ako napr. čistenie a kontrola striekacej pištole na konci pracovného dňa, alebo špeciálne činnosti vykonávané, keď zariadenie alebo stroj nefunguje správne. Údržba by mohla byť hlavnou činnosťou stavebných zamestnancov.

Užitočné informácie o údržbe a BOZP sú k dispozícii na webovej lokalite agentúry EÚ-OSHA na adrese: <https://osha.europa.eu/en/topics/maintenance>.

1.3 Nanomateriály v údržbe

Aj keď nanotechnológia je pomerne novým odvetvím priemyslu, nanomateriály sa vďaka svojim špecifickým vlastnostiam používajú už v mnohých aplikáciách. To znamená, že počas činností v rámci údržby je možnú expozíciu nanomateriálom potrebné zohľadniť v čoraz väčšom počte odvetví a na čoraz väčšom počte pracovísk.

S rastúcim počtom vyrobených produktov obsahujúcich nanomateriály sa skutočne zvyšuje pravdepodobnosť, že sa od zamestnancov bude požadovať vykonávanie údržby takýchto produktov a že môžu byť prípadne vystavení styku s nanomateriálmi. K produktom obsahujúcim nanomateriály patria napríklad automobily, pneumatiky s nízkym valivým odporom, elektrické a elektronické zariadenia, napr. vysokoúčinné senzory a elektronika, zariadenia na výrobu energie, napr. systémy vysokovýkonných dobíjajúcich batérií alebo tenkovrstvové inteligentné solárne panely. Nanomateriály môžu obsahovať aj samotné budovy.

Na trhu okrem toho existuje stále viac výrobkov na údržbu obsahujúcich vyrobené nanomateriály, ktoré sa používajú na vykonávanie údržby, napr. mazivá, nátery alebo lepidlá. Ak sa nezavedú primerané preventívne opatrenia, môže sa stať, že zamestnanci budú vystavení aj týmto výrobkom.

Niektoré použitia vyrobených nanomateriálov môžu byť mimoriadne prínosné pre zamestnancov údržby z hľadiska BOZP, napríklad inteligentné farbivá používané na detekciu trhlín alebo korózie na natretých povrchoch. Inteligentné farbivá obsahujú uhlíkové nanorúrky, ktoré sú elektricky vodivé. Ich vodivosť ovplyvňuje prítomnosť takýchto kazov na povrchu a tieto farbivá teda možno použiť na diaľkovú detekciu mikroskopických problémov v stavbe, napríklad na mostoch alebo veterných turbínach a vyhnúť sa tak potrebe vykonávať práce vo výške na kontrolu takýchto stavieb.

2 Riziká v oblasti BOZP v súvislosti nanomateriálmi pre zamestnancov vykonávajúcich údržbu

Aj keď nanomateriály prinášajú množstvo výhod, niektoré môžu ohrozovať zdravie ľudí a bezpečnosť [2 - 4], či ohrozovať zamestnancov údržby.

2.1 Riziká a spôsoby expozície

Bezpečnostné riziká môžu vzniknúť v dôsledku vysokej výbušnosti, horľavosti a katalytického potenciálu niektorých nanopráškov (nanomateriálov vo forme prášku), najmä kovových nanopráškov.

Nanomateriály môžu mať rozmanité potenciálne toxické účinky, aj keď rovnaký materiál na makroúrovni takéto vlastnosti nemá. Tieto účinky sú predovšetkým dôsledkom ich malých rozmerov, ale závisia aj od tvaru častíc, chemického charakteru, stavu povrchu (napr. plocha povrchu, funkcie povrchu, povrchová úprava) a stavu agregácie/zoskupenia atď. [3, 4].

V bežných environmentálnych podmienkach nanomateriály môžu tvoriť zoskupenia alebo agregáty väčšie ako 100 nm, čím sa menia (ale nemusia sa nevyhnutne stratiť) ich vlastnosti špecifické pre nanoformu. Nanomateriály sa však môžu z agregátov so slabými väzbami a za určitých podmienok opäť uvoľniť, dokonca aj z agregátov so silnejšími väzbami. Skúma sa, či by k tomu mohlo dôjsť v pľúcnej tekutine po vdýchnutí takýchto zoskupení alebo agregátov [3, 4]. Zoskupenia a agregáty obsahujúce nanomateriály by sa preto tiež mali zohľadniť pri posudzovaní rizík na pracovisku.

Mechanizmus vnútornej expozície po vstupe nanomateriálov do organizmu by mohol ďalej zahŕňať absorpciu, distribúciu a metabolizmus. Niektoré nanomateriály boli nájdené napríklad v pľúcach, pečeni, obličkách, srdci, reprodukčných orgánoch, plode, mozgu, slezine, kostre a mäkkých tkanivách [5]. Otvorené sú otázky týkajúce sa bioakumulácie nanomateriálov a mechanizmov eliminácie z buniek a orgánov. Ďalším problémom je, že aj keď samotný nanomateriál nemusí byť toxický, mohol by pôsobiť ako trójsky kôň, čo znamená, že na nanomateriál by sa mohol pripojiť toxickejší materiál a dostať sa tak do organizmu, orgánov alebo buniek [6].

Najvýznamnejšie účinky nanomateriálov sa zistili v pľúcach a patria k nim zápal, poškodenie tkaniva, oxidačný stres, chronická toxicita, cytotoxicita, fibróza a tvorba nádorov. Niektoré nanomateriály môžu mať vplyv aj na kardiovaskulárny systém. Potenciálne nebezpečné vlastnosti vyrobených nanomateriálov sú predmetom pokračujúceho výskumu [3, 4].

Príklady nanomateriálov, ktorým môžu byť zamestnanci údržby vystavení a ich nebezpečnosť pre zdravie sú uvedené v tabuľke 1. Tieto nanomateriály sú obzvlášť relevantné v oblasti údržby, keďže sa používajú vo farbivách, dezinfekčných prostriedkoch, čistiacich prostriedkoch alebo iných výrobkoch bežne používaných pri údržbe.

Tabuľka 1: Príklady nanomateriálov, ktorým môžu byť zamestnanci údržby vystavení a ich potenciálna nebezpečnosť pre zdravie

Typ nanomateriálu	Nebezpečnosť pre zdravie
Nanočastice striebra	Používanie nanočastíc striebra predstavuje potenciálne nebezpečenstvo pre zdravie ľudí [8] a Vedecký výbor EÚ pre vznikajúce a novo zistené zdravotné riziká bol požiadaný o vedecké stanovisko k bezpečnosti, zdravotným a environmentálnym účinkom a úlohe nanostriebra v oblasti antimikrobiálnej rezistencie [9]. Existujú obavy, že nanočastice striebra môžu spôsobovať nežiaduce účinky na zdravie, ako napr. alergie [10], pľúcne edémy [11] a argýriu alebo argyrózu (t. j. sivé alebo sivomodré sfarbenie alebo čierna pigmentácia kože, nechťov, očí a slizníc alebo vnútorných orgánov v dôsledku ukladania striebra), ktoré nemožno zvrátiť a sú nevyhľaditeľné [12]. V prípade výskumu potkanov bolo tiež zdokumentované, že nanočastice striebra sa môžu dostať do mozgu cez horný dýchací trakt [13].

Typ nanomateriálu	Nebezpečnosť pre zdravie
Nanočastice oxidu titaničitého (TiO ₂)	Častice TiO ₂ po vdýchnutí boli podľa Medzinárodnej agentúry pre výskum rakoviny (IARC) klasifikované ako potencionálne karcinogénne v prípade ľudí (karcinogénna látka kupiny 2B) „[14]. Inštitút NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) v USA odporučil nižší expozičný limit pre ultrajemné častice TiO ₂ : 0,3 mg/m ³ pre nanočastice TiO ₂ (<100 nm) oproti 2,4 mg/m ³ pre jemné častice (>100 nm) [15].
Kremíkové nanočastice	Dostupné štúdie o toxicite nanokremíka boli založené na účinkoch kremíka na zdravie po expozícii cez dýchacie cesty po akútnej alebo subakútnej expozícii. Zápal pľúc, vytvorenie granulómu a fokálny emfyzém patria k niektorým príkladom hlásených účinkov na zdravie [16].

Existujú tri hlavné možné spôsoby expozície nanomateriálom na pracovisku [2, 3, 6, 17 – 19]:

- **Inhalácia** je najbežnejší spôsob expozície nanočasticiam prenášaných vzduchom na pracovisku. Vdýchnuté nanočastice sa v závislosti od ich tvaru a veľkosti môžu ukladať v dýchacích cestách a pľúcach. Po vdýchnutí môžu prejsť pľúcny epitelom, vstúpiť do krvného riečiska a dostať sa k ďalším orgánom a tkanivám. Zistilo sa tiež, že niektoré vdýchnuté nanomateriály sa cez čuchový nerv dostali až do mozgu.
- **Požitie** je možné pri neúmyselnom prenose z rúk do úst z kontaminovaných povrchov alebo požitím kontaminovanej potravy alebo vody. K požitiu môže dôjsť v dôsledku inhalácie nanomateriálov, keďže vdýchnuté častice, ktoré sa dostanú z dýchacích ciest cez mukociliárny eskalátor, môžu byť prehĺtnuté. Niektoré požitie nanomateriály môžu prejsť črevným epitelom, vstúpiť do krvného riečiska a dostať sa k ďalším orgánom a tkanivám.
- **Dermálny prienik** sa ešte skúma [2, 18]. Neporušená pokožka je podľa všetkého dobrou bariérou proti prieniku nanomateriálov [20]. Poškodená pokožka je, ako sa zdá, menej efektívna, ale úroveň prieniku býva nižšia ako v prípade inhalácie [20]. Napriek tomu je však potrebné predchádzať aj dermálnemu kontaktu a kontrolovať ho.

Potenciál expozície závisí teda hlavne od pravdepodobnosti, či sa nanomateriály môžu prenášať vzduchom, pričom prášková forma alebo spreje predstavujú väčšie potenciálne riziko ako suspenzie v kvapaline, pastách, granulovaných materiáloch alebo kompozitoch. Na druhej strane nanomateriály v kvapalinách predstavujú väčšie riziko ako viazané alebo pevné nanoštruktúry, ako napr. polymérna matrica [21].

2.2 Činnosti v rámci údržby s rizikom vystavenia nanomateriálom

Zamestnanci údržby môžu byť vystavení vyrobeným nanomateriálom v týchto situáciách:

- pri používaní výrobkov na údržbu, ktoré obsahujú nanomateriály,
- pri údržbe zariadení, ktoré sa dostávajú do styku s nanomateriálmi, napr. výrobná linka, v ktorej sa používajú alebo spracúvajú nanomateriály alebo produkty obsahujúce nanomateriály a keď sa tieto nanomateriály usadili, napríklad, na povrchoch zariadenia, na ktorom sa vykonáva údržba a
- keď sa pri samotnom procese údržby tvoria nanomateriály, napr. brúsenie alebo leštenie.

V tabuľke 2 sú uvedené príklady produktov obsahujúcich nanomateriály, ktoré zamestnanci údržby môžu používať, spracúvať, alebo s ktorými môžu manipulovať a ktorým môžu byť vystavení pri vykonávaní svojej práce.

Tabuľka 2: Príklady produktov obsahujúcich nanomateriály a používaných v rámci údržby

Hlavné typy nanomateriálov	Príklady produktov používaných v rámci údržby
Oxid titaničitý (TiO ₂)	Farbivá, antibakteriálne nátery, čistiace výrobky, cementy, obkladačky, nátery na steny, nátery na okná odpudzujúce nečistoty, nátery automobilov (vo všetkých týchto výrobkoch sa využívajú sterilizačné, dezodoračné, protizahmlievacie a samočistiace vlastnosti TiO ₂ na nanoúrovni) a v skle sa používa pre jeho vlastnosť meniť farbu po vystavení svetlu [6, 22 – 24]
Oxid kremičitý (SiO ₂)	Farbivá, betón a čistiace výrobky [6, 23]
Nanočastice striebra	Používajú sa ako biocídy vo farbách/farbivách a lakoch, polyméroch, umývadlách a sanitárnej keramike, ako aj rôznych „spotrebiteľských“ aplikáciách, ako napr. dezinfekčné a čistiace prostriedky [6]
Uhlíkové nanorúrky	Farbivá [23], ľahké konštrukcie
Sadze	Pigmenty
Karbidy (napr. WC, TiC, SiC), nitridy (napr. TiN, CrN), kovy (napr. W, Ti, Mo) alebo keramika (napr. Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	Tribologické nátery aplikované na povrch dielca na účely kontrolovania jeho trenia a opotrebenia [25]
Oxidy železa	Prísady v lepidlách; formulácie na umožnenie pripojenia a odpojenia podľa potreby [25]
Oxid zirkoničitý	Prísady do cementu, príslady do plastov
Oxidy medi	Prostriedky na konzerváciu dreva
Nanočastice zlata	Automobily a mazivá [26]

K vystaveniu zamestnancov nanomateriálom by mohli viesť aj niektoré činnosti v rámci údržby:

- **Používanie tekutých výrobkov obsahujúcich nanomateriály:**
 - manipulácia s tekutými výrobkami (napr. mazivami, farbivami, nátermi, lepidlami) alebo čistenie rozliatych materiálov, v dôsledku čoho môže dôjsť k dermálnej expozícii nechránenej pokožky,
 - v niektorých prípadoch sa v rámci údržby pripravujú tekuté prípravky, ktoré môžu zahŕňať činnosti nalievania alebo zmiešavania s vysokou intenzitou miešania, pričom sa tvoria aerosóly, ktoré môžu zamestnanci vdýchnuť (a potom aj čiastočne požiť) alebo sa môžu usadiť na nechránenu pokožku, v dôsledku čoho môže dôjsť k dermálnej expozícii,
 - pri striekaní napríklad izolačného nanonáteru alebo nanofarbív môže dôjsť k inhalácii, požitíu alebo dermálnej expozícii a
 - striekanie tekutého horľavého nanomateriálu zvyšuje aj riziko výbuchu alebo požiaru.
- **Používanie nanomateriálov v práškovej forme:**
 - Pri manipulácii (napr. vážení, nalievaní alebo zmiešavaní) práškov obsahujúcich nanomateriály na účely prípravy výrobkov potrebných na údržbu môžu byť nanomateriály prenášané vzduchom, čo môže viesť k dermálnej expozícii, inhalácii a požitíu nanomateriálov.
- **Používanie viazaných alebo pevných nanoštruktúr (polymérna matrica):**
 - Obrábanie, pieskovanie, vŕtanie alebo akékoľvek iné činnosti, ktoré môžu poškodiť maticovú štruktúru, čo môže mať za následok uvoľnenie nanočastíc do ovzdušia, v dôsledku čoho môže dôjsť k prieniku cez kožu, vdýchnutiu alebo požitíu nanočastíc. Nanomateriály nachádzajúce sa v matici sa po obrúsení nemusia nevyhnutne uvoľniť ako

primárne častice, keďže sa môžu naviazať na iné častice aerosólu vytvoreného v priebehu procesu, je však možné, že tieto viazané nanomateriály po vdýchnutí prestanú byť viazané v aerosólových časticiach a uvoľnia sa tak do organizmu.

- **Údržba zariadenia používaného na výrobu alebo spracovanie nanomateriálov alebo produktov obsahujúcich nanomateriály:**
 - môže dôjsť k uvoľneniu nanomateriálov, v niektorých prípadoch náhodnému, s možným rizikom dermálnej expozície, inhalácie a požitia.
- **Čistenie systémov na odsávanie prachu používaných na zachytenie nanomateriálov:**
 - zamestnanci môžu byť vystavení vysoko koncentrovaným usadeným nanomateriálom alebo nanomateriálom prenášaných vzduchom, v dôsledku čoho môže dôjsť k dermálnej expozícii, inhalácii a požitiu.
- **Čistenie uniknutých nanomateriálov:**
 - môže dôjsť k dermálnej expozícii, vdýchnutiu a požitiu.
- **Preprava a likvidácia odpadu s obsahom nanomateriálov:**
 - môže dôjsť k dermálnej expozícii, vdýchnutiu a požitiu.

Disperzia nanopráškov v ovzduší okrem toho zvyšuje riziko výbuchu alebo požiaru.

Úroveň expozície sa zvýši, ak sa činnosti vykonávajú bez náležitých kontrolných opatrení v uzavretých priestoroch, ako sú napr. cisterny.

3 Prevencia

Podľa smernice EÚ 89/391/EHS [5] zamestnávateľia musia pravidelne vykonávať hodnotenie rizík na pracovisku a zaviesť primerané opatrenia na prevenciu, platí to aj pre potenciálne riziká v súvislosti s nanomateriálmi na pracovisku. Navyše v smernici 98/24/ES o chemických faktoroch pri práci [27] sú uložené prísnejšie ustanovenia týkajúce sa riadenia rizík v súvislosti s látkami pri práci, ktoré sa uplatňujú aj na nanomateriály, pretože spadajú pod vymedzenie pojmu „látky“. Okrem toho, ak nanomateriál alebo materiál rovnakého zloženia na makroúrovni je karcinogénny alebo mutagénny, musí sa dodržiavať smernica 2004/37/ES o karcinogénoch a mutagénoch pri práci [28]. V každom prípade vnútroštátne právne predpisy môžu mať prísnejšie ustanovenia a treba ich rešpektovať.

Keďže nanomateriály sa považujú za látky, rovnako sú relevantné aj nariadenie REACH (registrácia, hodnotenie, autorizácia chemických látok) [29] a nariadenie CLP (klasifikácia, označovanie a balenie látok a zmesí) [30].

3.1 Výzvy v oblasti predchádzania rizikám spojeným s nanomateriálmi v údržbe

Hodnotenie rizík na pracovisku v súvislosti s nanomateriálmi môže byť vo všeobecnosti náročné, a to vzhľadom na súčasné obmedzenia súvisiace s:

1. obmedzenými poznatkami o nebezpečných vlastnostiach nanomateriálov;
2. obmedzeniami v súvislosti s metódami a zariadeniami dostupnými na identifikáciu nanomateriálov a zdrojov emisií, ako aj merania úrovni expozície a
3. nedostatkom informácií o prítomnosti nanomateriálov, najmä v zmesiach alebo vo výrobkoch, ako aj v smere užívateľského reťazca, v ktorých sú používané alebo spracúvané nanomateriály alebo produkty obsahujúce nanomateriály.

Karty bezpečnostných údajov (KBÚ), ktoré sú dôležitým informačným nástrojom na predchádzanie rizikám, ktoré spôsobujú nebezpečné látky na pracoviskách, obsahujú vo všeobecnosti málo informácií alebo neobsahujú žiadne informácie o prítomnosti nanomateriálov a ich vlastnostiach, rizikách pre zamestnancov a prevencii [31 – 34]. Toto je obzvlášť veľkým problémom aj vo vzťahu k dodávateľskému alebo zmluvnému reťazcu. Napríklad, približne 75 % zamestnancov a zamestnávateľov v stavebníctve nevie o prítomnosti nanoproductov na svojom pracovisku [35]. Organizáciám sa preto odporúča, aby kontaktovali priamo dodávateľov a požiadali o doplňujúce informácie. K dispozícii sú aj viaceré užitočné databázy, v ktorých sú uvedené komerčné produkty obsahujúce nanomateriály [36 – 38]. Okrem toho na základe zmien v prílohe II k nariadeniu REACH [39], právneho rámca pre karty bezpečnostných údajov, ako aj usmernenie Európskej agentúry pre

chemické látky (ECHA) k zostavovaniu kariet bezpečnostných údajov [40], v ktorom sa poskytujú ďalšie rady, ako nakladať s vlastnosťami nanomateriálov, sa očakáva zlepšenie kvality informácií obsiahnutých v KBÚ.

V elektronickom letáku E-fact č. 72 (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>) sú predstavené usmernenia a nástroje, ktoré sú k dispozícii na pomoc pri riadení rizík v súvislosti s nanomateriálmi v súčasných podmienkach. Môžu sa však objaviť ďalšie špecifické výzvy, pokiaľ ide o riadenie rizík súvisiacich s nanomateriálmi a ochranu zamestnancov v súvislosti údržbárskymi prácami.

Subdodávateľské zmluvy na údržbárske práce bývajú veľmi bežné. Dodávatelia často svoju prácu vykonávajú v zariadeniach, ktoré dobre nepoznajú a ak nie sú náležite informovaní, môžu byť vystavení nanomateriálom dokonca bez toho, aby o tom vedeli. Chýbajúce informácie o nanomateriáloch, ktoré by mohli byť prítomné v strojoch (napr. vo výrobných linkách, v ktorých sa nanomateriály alebo produkty obsahujúce nanomateriály používajú alebo spracúvajú), zariadeniach (napr. odsávacie systémy) alebo v budovách (napr. povrchy natreté farbivami obsahujúcimi nanomateriály), v ktorých sa má vykonávať údržba, sťažujú riadne hodnotenie rizík a predchádzanie rizikám. Takéto situácie sú predovšetkým výsledkom zlého plánovania činností, zlej organizácie práce a nedostatočnej komunikácie proti smeru a v smere zmluvného reťazca.

Ďalšia výzva súvisí so skutočnosťou, že situácie počas údržby zahŕňajú často neobvyklé prevádzkové podmienky a používanie zariadení. Opatrenia na kontrolu rizík v niektorých prípadoch nefungujú z dôvodu vykonávania údržby, napríklad pri otvorení uzatvoreného systému na umožnenie prístupu zamestnancov k údržbe stroja vyrábajúceho alebo spracúvajúceho nanomateriály, alebo pri údržbe samotného technického zariadenia na kontrolu rizík. Usmernenia, ktoré sú k dispozícii na prevenciu vzniku rizík v oblasti BOZP súvisiacich s nanomateriálmi, sú vo všeobecnosti zamerané na bežné prevádzkové podmienky, ale vystavenie zamestnancov týmto látkam v rámci týchto „neobvyklých“ prevádzkových podmienok počas údržby by mohlo byť značne odlišné. Ak počas údržby nie sú zavedené primerané kontrolné opatrenia, ohrozuje to samozrejme zamestnancov vykonávajúcich údržbu, ale aj prípadne zamestnancov klientskej spoločnosti.

Potenciálne riziká pri práci súvisiace s nanomateriálmi je potrebné pred naplánovaním a vykonávaním údržby (v rámci subdodávky) správne identifikovať, posúdiť a oznámiť [41]. Zamestnancov údržby je potrebné riadne informovať o prítomnosti, vlastnostiach, možných rizikách a vhodných preventívnych opatreniach v súvislosti s nanomateriálmi, ktoré sa používajú alebo s ktorými sa manipuluje alebo sa spracúvajú na pracoviskách, kde musia vykonávať údržbu, ako aj v súvislosti s inými rizikami na pracovisku. Veľmi dôležité je tiež zabezpečiť pre zamestnancov primerané školenie a pracovné pokyny.

3.2 Preventívne opatrenia

Výber preventívnych opatrení by mal byť založený na hodnotení rizík na pracovisku a mal by sa riadiť podľa hierarchie kontrolných opatrení s prednostným dôrazom na odstránenie a nahradenie, potom na technické opatrenia pri zdroji, organizačné opatrenia a napokon ako posledná možnosť na osobné ochranné prostriedky. V prípade nejasností o rizikách v súvislosti s nanomateriálmi, pokiaľ ide o výber preventívnych opatrení na zabránenie expozície, by sa mala uplatniť zásada predbežnej opatrnosti.

3.2.1 Odstránenie a nahradenie

Spolu so spoločnosťou, pre ktorú sa vykonáva údržba, by sa mali preskúmať možnosti na odstránenie alebo nahradenie nebezpečných nanomateriálov. Ak sa údržba vykonáva na pracoviskách, kde sa vytvárajú nanomateriály, alebo sa využívajú pre prínosy ich špecifických nanovlastností, alebo ak sa údržba vykonáva na existujúcich stavebných konštrukciách, ktoré už obsahujú nanomateriály, s možnosťou odstránenia a náhrady nemožno počítať. Vždy je však potrebné pamätať na rovnováhu medzi požadovanými vlastnosťami a účinkami na jednej strane a nebezpečnosťou pre zdravie na druhej strane a starostlivo zvážiť možnosť odstránenia a nahradenia. V prípade nebezpečných nanomateriálov nachádzajúcich sa v používaných výrobkoch, napr. na čistenie alebo opravu, by sa mala posúdiť dostupnosť menej nebezpečných alternatív.

V každom prípade všetky formy nanomateriálov, u ktorých je možné, že budú prenášané vzduchom (napr. prášky), by sa mali nahradiť rozpustenými alebo tekutými formami, granulátmi, pastami alebo nanomateriálmi viazanými do tuhých látok a ak je to možné, treba sa vyhnúť používaniu práškových foriem.

Nebezpečné správanie možno znížiť aj modifikáciou nanomateriálu, napríklad náterom, s cieľom upraviť prašnosť, rozpustnosť a iné vlastnosti.

Na zistenie možností substitúcie možno použiť osobitné webové informačné nástroje, napr. Stoffenmanager [42] alebo GISBAU [43].

3.2.2 Technické kontrolné opatrenia

Technické preventívne opatrenia by sa mali vykonávať pri zdroji emisií nanomateriálov. Najúčinnnejšia technická kontrola pri zdroji je oddelenie použitím uzavretých systémov a uzavretých zariadení. Vhodné účinné systémy lokálneho odsávania s filtrom s vysokoúčinnými zachytávačmi pevných častíc (HEPA H14) a s ultranízkou penetráciou sú tiež účinné na zachytenie nanomateriálov pri zdroji v prípadoch, keď sa oddelenie nedá realizovať.

V niektorých prípadoch však samotná údržba môže vlastne pozostávať z inšpekcie a opráv týchto technických kontrolných zariadení a preventívna úloha týchto technických kontrolných zariadení môže byť tak znefunkčnená. Ak sa napríklad nádoba na výrobu nanomateriálov (obvykle uzatvorený systém) otvorí na údržbárske práce a z tohto dôvodu sa zastaví činnosť vetracieho systému, zamestnanec údržby sa potom musí spoliehať len na osobné ochranné prostriedky (pozri oddiel 4.4).

Systémy lokálneho (mobilného) odsávania vzduchu môžu byť veľmi užitočné na ochranu zamestnancov pred vystavením počas vykonávania údržby, napríklad pri odstraňovaní farbív z povrchov, v dôsledku čoho dochádza k tvorbe častíc. Účinnosť zachytenia nanomateriálov v prípade systémov lokálneho odsávania nie je nižšia ako v prípade hrubých materiálov. Pri používaní mobilných zariadení na odsávanie by dýchacia zóna zamestnancov nemala byť v toku vzduchu medzi potenciálnym zdrojom emisií nanomateriálov a odsávacím zariadením.

Vetracie systémy používané na kontrolu expozície nanomateriálom musia používať ako konečný filter viacstupňové filtre s vysokoúčinnými zachytávačmi pevných častíc HEPA (H14) a filtre ULPA (s ultranízkou penetráciou). Skúmanie účinnosti materiálov na filtrovanie nanočastíc a aerosólov preukázalo, že v mnohých prípadoch tradičné filtre vyrobené zo sklenených vlákien a elektretové filtre sú vo všeobecnosti účinné v prípade nanočastíc a aerosólov.

V uzavretých priestoroch je potrebné odsávaný vzduch nahradiť čerstvým vzduchom.

3.2.3 Organizačné opatrenia

Organizačné opatrenia zohrávajú v prevencii dôležitú úlohu. V dôsledku rozmanitosti lokalít a úloh v rámci údržby je nevyhnutné naplánovať si vhodný proces a prijať ďalšie organizačné opatrenia. Patria k nim:

- Označenie konkrétnych priestorov na vykonávanie údržby, cez ktoré by mohlo dôjsť k uvoľneniu nanomateriálov (buď z produktov na údržbu alebo z objektov, ktoré sú predmetom údržby). Tieto priestory by sa mali izolovať alebo oddeliť, napr. stenami, od iných pracovísk a jasne označiť príslušnými značkami.
- Minimalizovanie počtu potenciálne ohrozených zamestnancov a trvania vystavenia nanomateriálom.
- Zákaz vstupu nepovolaným osobám do priestoru, kde sa vykonáva údržba, napríklad umiestnením značiek alebo vyhradením priestoru.
- Pravidelné upratovanie (mokré utieranie) pracovných priestorov, kde sa používajú nanomateriály, alebo kde sa s nimi manipuluje.
- Monitorovanie úrovni koncentrácie v ovzduší, napr. v porovnaní s úrovňami pozadia, keď nedochádza k manipulácii s nanomateriálmi.

Keďže v súčasnosti neexistuje žiadny štandardizovaný prístup, pokiaľ ide o používanie bezpečnostných značiek alebo označovanie pracovísk alebo nádob s nanomateriálmi, odporúča sa obozretný prístup a používanie existujúcich R-viet a S-viet z nariadenia EÚ o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí (CLP) [30] a výstražných označení s cieľom poskytnúť primerané, relevantné a konkrétne informácie o každom skutočnom alebo potenciálnom riziku pre zdravie a bezpečnosť vyplývajúcom z používania nanomateriálov a s ich manipuláciou.

Procesy údržby by sa mali riadiť niektorými všeobecnými zásadami, ktoré sa uplatňujú bez ohľadu na to, či sú alebo nie sú v nich zahrnuté nanomateriály:

- Plánovanie údržbárskych prác by malo byť založené na hodnotení rizík a malo by zahŕňať účasť zamestnancov. Ak sa údržbárske práce uskutočňujú na pracoviskách, kde sa manipuluje s nanomateriálmi s neznámou toxicitou a správaním, je potrebné to zohľadniť. Pri riadení rizík by sa mala venovať prednostná pozornosť nielen známym rizikám, ale aj posúdeniu a manažmentu nanomateriálov na pracoviskách, na ktorých informácie o nebezpečnosti a expozícii chýbajú, sú neúplné alebo neurčité.
- Potrebné je zabrániť práci v časovej tiesni tak, že sa naplánuje dostatočný čas na prípravu a realizáciu údržby.
- Potrebné je poskytnúť dostatočnú odbornú prípravu na zabezpečenie, aby zamestnanci údržby nadobudli zručnosti a poznatky umožňujúce im vykonávať prácu bezpečne a chrániť sa pred expozíciou akýchkoľvek uvoľnení z nanomateriálov.
- Pokyny a informácie týkajúce sa údržby je vždy potrebné poskytnúť všetkým zamestnancom údržby najmä vtedy, ak sú zamestnanci zmluvne viazaní len na vykonávanie tejto jednej úlohy a/alebo nie sú oboznámení s chemickými rizikami vo všeobecnosti a konkrétne s rizikami súvisiacimi s nanomateriálmi. Tieto informácie by mali byť zdokumentované v pokynoch na pracovisku.
- Zachovávať obozretný prístup k predchádzaniu rizík súvisiacimi s nanomateriálmi; mali by sa zaviesť všetky dostupné opatrenia v súlade s hierarchiou preventívnych opatrení na obmedzenie uvoľnenia nanomateriálov.
- Po dokončení údržby by sa pracovisko malo vyčistiť a celý proces údržby by sa mal zdokumentovať.

Zamestnanci, ktorí sú vystavení nebezpečným nanomateriálom počas údržby, by mali byť zahrnutí do programov zdravotného dohľadu s podrobnou dokumentáciou o situáciách expozície.

3.2.4 Osobné ochranné prostriedky

Osobné ochranné prostriedky (OOP) by sa mali použiť ako posledná možnosť, ak sa expozícia nedá dostatočne účinne obmedziť pomocou už uvedených opatrení. Ak sa pri hodnotení rizík určilo, že osobné ochranné prostriedky sú potrebné, mal by sa navrhnuť program pre OOP. Dobrý program OOP bude obsahovať tieto prvky: výber vhodných OOP, ich poskytnutie, školenie o správnom používaní a údržba OOP.

Odporúčania týkajúce sa ochranných prostriedkov proti nanomateriálom sú v súčasnosti rovnaké ako pre prevenciu expozícií prachu a aerosólom alebo závisia od typu príslušnej expozície, dermálnej expozície [44]. Tieto ochranné opatrenia sa považujú za rovnako účinné aj v prípade nanomateriálov.

Na zaistenie primeranej úrovne ochrany OOP a ich vhodného využívania je potrebné posúdiť pracovný výkon a zdravotnú spôsobilosť používateľa OOP. Skúšky OOP by mali zabezpečiť, aby jeho používateľ vedel vykonávať svoju prácu bezpečne, keď budú používať OOP a aby súčasne s ním mohli podľa potreby používať iné potrebné vybavenie (napr. okuliare) alebo nástroje. Potrebné je pamätať na to, že úroveň ochrany, ktorú poskytuje OOP, môže byť oslabená pri súčasnom použití viacerých súprav OOP. Ďalšie nebezpečenstvá, iné ako nebezpečenstvá súvisiace s nanomateriálmi, tiež môžu rušiť a znižovať účinnosť OOP. Z tohto dôvodu je pri výbere OOP potrebné zohľadniť všetky nebezpečenstvá na pracovisku. Všetky používané OOP musia mať označenie CE a mali by sa používať bez akýchkoľvek úprav v súlade s pokynmi výrobcu.

Zamestnanci údržby možno budú potrebovať používať OOP, ktoré nemusia byť nevyhnutne potrebné počas bežnej prevádzky na pracovisku, kde sa vykonáva údržba. Ak sa napríklad nádoba v ktorej sa miešajú farbivá obsahujúce nanomateriály otvorí, zamestnanec by mal mať na sebe respirátor s externým príivodom vzduchu na zabránenie inhalácii nanomateriálov. Počas bežnej prevádzky nádoba zostáva uzavretá a nie sú potrebné ochranné dýchacie prístroje.

▪ Ochrana dýchacích ciest

Ak by sa nedalo predísť expozícii nanomateriálom prenášaných vzduchom pomocou preventívnych opatrení už uvedených v oddieloch 4.1 až 4.3, potom sa odporúča v prípade takejto expozície použiť vhodnú ochranu dýchacích ciest. Na tento účel by mohli byť vhodné polotvárové alebo celotvárové

masky s filtrom P3/FFP3 alebo P2/FFP2, prístroje na filtrovanie častíc s ventilátorom a prilbou (TH2P alebo MH3P) a celotvárové alebo polotvárové masky (TM2P a TM3P)⁽²⁾ [45].

Proti nanomateriálom sú účinné HEPA filtre, filtračné vložky do dýchacích prístrojov a dýchacie masky s vláknitými filtračnými materiálmi.

Výber ochranného dýchacieho prístroja (ODP) bude závisieť od:

- typu, veľkosti a koncentrácie nanomateriálu prenášaného vzduchom,
- priradeného ochranného faktora pre ODP (ktorý vyjadruje účinnosť filtrácie a tesnosť priliehania k tvári) a
- pracovných podmienok.

Pri posudzovaní OOP je jedným z dôležitých faktorov účinnosť filtrácie respirátorov a filtrov. Zmiernenie expozície môžu ovplyvniť aj ďalšie faktory, ako napr. priliehavosť k tvári, dĺžka nosenia masky a riadna údržba OOP. V prípade polotvárových filtračných masiek sa ukázalo, že dominantným rizikovým faktorom je neprítomnosť vhodného tesnenia medzi tvárou a maskou [44]. Zníženie expozície treba vždy posudzovať na základe kombinácie účinnosti filtra a charakteristík použitia respirátora, ktoré sú v niektorých krajinách EÚ vyjadrené ako tzv. faktory respirátora.

V prípadoch, keď dýchacie prístroje nekryjú oči, by sa mala použiť aj ochrana očí (tesne priliehajúce ochranné okuliare).

▪ Ochranný odev

Uprednostniť by sa mali netkané textílie (vzduchotesné materiály), napr. polyetylén s vysokou hustotou (nízka retencia prachu a nízke uvoľňovanie prachu) pred tkanými textíliami. Odporúča sa vyhnúť používaniu ochranných odevov vyrobených z bavlnených tkanín [44].

Ak sa používajú opätovne použiteľné ochranné odevy, ako napr. kombinézy, malo by sa zabezpečiť pravidelné pranie a malo by sa zabrániť sekundárnej expozícii. Musí sa zabezpečiť možnosť obliecť si čistú kombinézu a ochranný plášť a potrebné je zabezpečiť, aby sa znečistené odevy odstraňovali takým spôsobom, ktorý nekontaminuje osoby ani pracovisko vo všeobecnosti.

▪ Rukavice

Používať rukavice počas vykonávania údržby je obzvlášť dôležité, pretože zamestnanci prichádzajú často do priameho styku s nanomateriálmi buď z produktov, ktoré používajú, alebo z objektov a materiálov, ktoré sú predmetom údržby. Rovnako ako v prípade chemikálií vo všeobecnosti, účinnosť ochranných materiálov závisí konkrétne od charakteristík nanomateriálov. Potrebné je zohľadniť konkrétne odporúčania dodávateľov v súvislosti s nanomateriálmi, napr. z karty bezpečnostných údajov. V prípade častíc oxidu titaničitého a platiny sa zistilo, že účinné sú rukavice zo syntetických polymérov, napr. latexové, nitrilové alebo neoprénové [44]. Hrúbka materiálu rukavice je hlavným faktorom pri určovaní rýchlosti difúzie nanomateriálu. Z tohto dôvodu sa odporúča používať naraz dva páry rukavíc [46].

Neznamená to však, že rukavice budú účinné aj pri manipulácii s kvapalinami alebo koloidmi. Účinnosť rukavíc v prípade konkrétneho nanomateriálu bude závisieť od formy, v ktorej sa vyskytuje na pracovisku (prach, tekutina atď.) a toto by sa malo konkrétne preveriť u dodávateľa rukavíc.

3.3 Prevencia výbuchu a/alebo požiaru

Nanomateriály vo forme prášku môžu v dôsledku svojich malých rozmerov predstavovať nebezpečenstvo výbuchu na rozdiel od ich zodpovedajúcich hrubých materiálov⁽³⁾ [47]. Potrebné je venovať pozornosť pri manipulácii s nanopráškami alebo pri ich výrobe (napr. brúsení, pieskovaní alebo leštení materiálov obsahujúcich nanočastice).

⁽²⁾ Podľa štúdií v prípade nanočastíc chloridu draselného penetrácia P2 filtrov je 0,2 % a P3 filtrov je 0,011 % častíc. Testy s rôznymi veľkosťami grafitových častíc preukázali úroveň penetrácie maximálne 8 %. Poukazuje to na lepšiu ochranu pomocou P3 filtrov, ale tieto výsledky sa nedajú zovšeobecniť na všetky nanočastice (pozri [45]).

⁽³⁾ Výbušnosť väčšiny organických a mnohých kovových prachov sa zvyšuje klesajúcou veľkosťou častíc. 500 µm je horný limit veľkosti častíc výbušného oblaku prachu. V súčasnosti nebol určený žiadny limit veľkosti, pod ktorým možno vylúčiť výbuch prachu (pozri [47]).

Preventívne opatrenia pre nanomateriály vo forme prášku sú v podstate rovnaké ako opatrenia pre akékoľvek iné výbušné a horľavé hrubé materiály a výbušné mračná prachu a mali by sa riadiť požiadavkami smernice 99/92/ES o minimálnych požiadavkách na zlepšenie bezpečnosti a ochrany zdravia pracovníkov potenciálne ohrozených výbušným prostredím. Patria k nim tieto opatrenia:

- Manipulácia s takýmito materiálmi by sa mala obmedziť na špecifické zóny s explozívnym prostredím a vykonávať v inertnom prostredí.
- Materiály by mali byť solubilizované zvlhčovaním pracoviska (prevencia prachu).
- Z pracoviska by sa mali odstrániť iskriace zariadenia a ostatné zdroje vznietenia alebo treba zabrániť podmienkam umožňujúcim vytváranie elektrostatického náboja a namiesto nich by sa mali použiť bezpečné zariadenia (signálne a radiacie obvody fungujúce s nízkym prúdom a napätím), ak je to možné.
- Vrstvy prachu by sa mali odstrániť zotretím namokro.
- Skladovanie výbušných alebo horľavých materiálov na pracoviskách by sa malo znížiť na minimum. Môžu používať antistatické vrecká.

3.4 Kontrola účinnosti opatrení

Hodnotenie rizika by sa malo pravidelne revidovať a výber a realizácia opatrení riadenia rizík by sa mali pravidelne kontrolovať z hľadiska ich účinnosti. To znamená zabezpečiť správne fungovanie všetkých ochranných zariadení, ako napr. čisté laboratórne priestory alebo boxy s laminárnym prúdením a pravidelné kontroly všetkých vetracích zariadení a ich príslušných filtračných systémov. Ďalej je potrebné v prípade potreby skontrolovať vhodnosť OOP a v prípade potreby ich doplniť o nové, účinnejšie.

Účinnosť opatrenia na zníženie rizika sa navyše môže posúdiť analyzovaním koncentrácie nanomateriálov vo vzduchu pred preventívnym opatrením a po ňom. Úrovně expozície merané po uskutočnení opatrení na riadenie rizika by sa nemali výrazne líšiť od koncentrácií pozadia v neprítomnosti zdroja vyrobených nanomateriálov. Možno použiť aj iné nepriame merania účinnosti technických preventívnych opatrení, ako napr. dymové skúšky a/alebo kontrolné merania rýchlosti.

V budúcnosti môžu byť vypracované hodnoty expozičného limitu v pracovnom prostredí (OEL) pre nanomateriály⁽⁴⁾ [48], minimalizácia expozície by však mala byť primárnym cieľom riadenia rizík na pracovisku, a preto nestačí len dodržať limity OEL.

Odkazy

1. Odporúčanie Komisie z 18. októbra 2011 o vymedzení pojmu nanomateriál, Ú. v. EÚ L 275, s. 38 – 40. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>
2. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology – Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, Publication No. 2009–125, 2009.
3. Európska komisia (EK), *Pracovný dokument útvarov Komisie: Typy a použitie nanomateriálov vrátane aspektov bezpečnosti - Sprievodný dokument k oznámeniu Komisie Európskemu parlamentu, Rade a Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru o druhom prieskume regulačného rámca pre nanomateriály*, SWD(2012) 288 final, Brusel, 2012. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
4. Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA), *Workplace Exposure to Nanoparticles (Expozícia nanočasticiam na pracovisku)*, Európske observatórium rizík, prehľad literatúry, 2009. K dispozícii na: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles

⁽⁴⁾ Pozri napríklad Hospodárska a sociálna rada Holandska (SER) (48), Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials, 2012 a Nanowerk [42], SAFENANO team complete BSI British Standards Guide to Safe Handling of Nanomaterials, 2012.

5. Smernica Rady 89/391/EHS z 12. júna 1989 o zavádzaní opatrení na podporu zlepšenia bezpečnosti a ochrany zdravia pracovníkov pri práci, Ú. v. ES L 183, 29.6.1989. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:EN:NOT>
6. Senjen, R., „Nanomaterials - Health and Environmental Concerns“, *Nanotechnologies in the 21st century*, European Environmental Bureau, 2. číslo, júl 2009. K dispozícii na: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>
7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology*, 2012. K dispozícii na: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (sprístupnené 19. októbra 2012).
8. The ENRHES project, *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES) (Umelo vyrobené nanočastice: Prehľad zdravotnej a environmentálnej bezpečnosti)*, 2009. K dispozícii na: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report> (sprístupnené 29. apríla 2013).
9. Vedecký výbor pre vznikajúce a novo zistené zdravotné riziká (SCENIHR), *Request for a Scientific Opinion on Nanosilver: Safety, Health and Environmental Effects and Role in Antimicrobial Resistance (Žiadosť o vedecké stanovisko k nanostriebu: Bezpečnostné, zdravotné a environmentálne účinky a úloha v antimikrobiálnej rezistencii)*, 2012. K dispozícii na: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_q_027.pdf
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, Austrian Ministry of Health), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien - Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte (Nanostriebu v kozmetike, hygienické výrobky a kontakt s potravinami – výrobky, zdravotné a regulačné aspekty)*, Viedeň, 2010. K dispozícii na: http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf
11. Európska komisia (EK), *Pracovný dokument útvarov Komisie: Typy a použitie nanomateriálov vrátane aspektov bezpečnosti, sprievodný dokument k oznámeniu Komisie Európskemu parlamentu, Rade a Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru o druhom prieskume regulačného rámca pre nanomateriály*, SWD(2012) 288 final, Brusel, 3. októbra 2012. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
12. Luoma, S.N., *Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems or New Challenges?*, the Pew Charitable Trust and the Woodrow Wilson International Center for Scholars, 2008. K dispozícii na: http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf
13. Haase, A., Rott, S., Mantion, A., Graf, P., Plendl, J., Thünemann, A.F., Meier, W.P., Taubert, A., Luch, A., Reiser, G., „Effects of silver nanoparticles on primary mixed neural cell cultures: uptake, oxidative stress and acute calcium responses“, *Toxicology Science*, 2012, 126(2): s. 457 – 468.
14. Svetová zdravotnícka organizácia (WHO), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc*, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, zv. 93, 2010. K dispozícii na: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>
15. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), „Occupational exposure to titanium dioxide“, *Current Intelligence Bulletin* 63, 2011. K dispozícii na: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2011-160/>
16. Napierska, D., Thomassen, L.C.J., Lison, D., Martens, J.A., Hoet, P.H., „The nanosilica hazard: another variable entity“, *Particle and Fibre Toxicology*, 2010, 7: s. 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, správa Allianz Center for Technology a OECD, bez dátumu. K dispozícii na: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>
18. Murashov, V., „Occupational exposure to nanomedical applications“, *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: s. 203 – 213.
19. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L.A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively*, U.S. Environmental Protection Agency, Report No. 12-P-0162, 2011. K dispozícii na: <http://www.epa.gov/oig/reports/2012/20121229-12-P-0162.pdf>
20. Gratieri, T., Schaefer, U.F., Jing, L., Gao, M., Kostka, K.H., Lopez, R.F.V., Schneider, M., „Penetration of quantum dot particles through human skin“, *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): s. 586 – 595.

21. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*, Department Of Health And Human Services, Publication Number 2012–147, 2012.
22. Elvin, G., *Nanotechnology for Green Building*, Green Technology Forum, 2007. K dispozícii na: http://esonn.fr/esonn2010/lectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf
23. Responsible Nano Forum, *Nano Products - Where and How Nanotechnologies are Used Now*, bez dátumu. K dispozícii na: <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (sprístupnené 19. októbra 2012).
24. United States Government Accountability Office Nanotechnology (GAO), *Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research* (2012). K dispozícii na: <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (sprístupnené 19. októbra 2012).
25. Observatory NANO, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry*, 2010. K dispozícii na: http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf (sprístupnené 19. októbra 2012).
26. Sung, J.H., Ji, J.H., Park, J.D., Song, M.Y., Song, K.S., Ryu, H.R., Yoon, J.U., Jeon, K.S., Jeong, J., Han, B.S., Chung, Y.H., Chang, H.K., Lee, J.H., Kim, D.W., Kelman, B.J., Yu, I.J., „Subchronic inhalation toxicity of gold nanoparticles“, *Particle and Fibre Toxicology*, 2011, 8: s. 16.
27. Smernica rady 98/24/ES zo 7. apríla 1998 o ochrane zdravia a bezpečnosti pracovníkov pred rizikami súvisiacimi s chemickými faktormi pri práci (štrnásť samostatná smernica v zmysle článku 16 ods. 1 smernice 89/391/EHS), Ú. v. ES L 131, 5. mája 1998) K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:EN:PDF>
28. Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2004/37/ES o ochrane pracovníkov pred rizikami z vystavenia účinkom karcinogénov alebo mutagénov pri práci (šiesta samostatná smernica v zmysle článku 16 ods. 1 smernice Rady 89/391/EHS), Ú. v. EÚ L 158, 30. apríla 2004. K dispozícii na: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):EN:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):EN:NOT)
29. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 z 18. decembra 2006 o registrácii, hodnotení, autorizácii a obmedzovaní chemických látok (REACH) a o zriadení Európskej chemickej agentúry, o zmene a doplnení smernice 1999/45/ES a o zrušení nariadenia Rady (EHS) č. 793/93 a nariadenia Komisie (ES) č. 1488/94, smernice Rady 76/769/EHS a smerníc Komisie 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES, Ú. v. EÚ L 396, 30. decembra 2006. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:en:NOT>
30. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1272/2008 zo 16. decembra 2008 o klasifikácii, označovaní a balení látok a zmesí, (nariadenie CLP), Ú. v. EÚ L 353, 31. decembra 2008. K dispozícii na: <http://echa.europa.eu/web/guest/regulations/clp/legislation>
31. Schneider, T., Jansson, A., Jensen, K.A., Kristjansson, V., Luotamo, M., Nygren, O., Skaug, V., Thomassen, Y., Tossavainen, A., Tuomi, T., Wallin, H., „Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles“, *TemaNord* 2007: 581, Severská rada ministrov, Kodaň, 2007. K dispozícii na: http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at_download/publicationfile
32. Borm, P., Houba, R., Linker, F., *Good Uses of Nanomaterials in the Netherlands*, prezentované a distribuované na Nano4All, 15. októbra 2008.
33. Austrian Central Labour Inspectorate (ACLI), *Use of Nano at the Workplace*, 2009. K dispozícii na: http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano_Untersuchung.pdf
34. SafeWork Australia, *An Evaluation of MSDS and Labels Associated with the Use of Engineered Nanomaterials*. K dispozícii na: <http://safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/Whatwedo/Publications/Pages/RP201006EvaluationOfMSDSAndLabels.aspx>.
35. van Broekhuizen, F.A., van Broekhuizen, J.C., *Nanotechnology in the European Construction Industry – State of the art 2009 - Executive Summary*, Európska federácia zamestnancov stavebníctva a drevospracujúceho priemyslu (EFBWW), Európska federácia stavebného

- priemyslu (FIEC), Amsterdam, 2009. K dispozícii na: <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>
36. Európska organizácia spotrebiteľov (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market*, 2012. K dispozícii na: <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfd=off&pdoc=1> (sprístupnené 19. októbra 2012).
37. National Library of Medicine, Consumer Product Information Database, *The Household Products Database*, 2011. K dispozícii na: <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (sprístupnené 19. októbra 2012).
38. Európska komisia (EK), *Pracovný dokument útvarov Komisie - Typy a použitie nanomateriálov vrátane aspektov bezpečnosti - Sprievodný dokument k oznámeniu Komisie Európskemu parlamentu, Rade a Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru o druhom prieskume regulačného rámca pre nanomateriály*, SWD(2012) 288. K dispozícii na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>
39. Nariadenie Komisie (EÚ) č. 453/2010 z 20. mája 2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registrácii, hodnotení, autorizácii a obmedzovaní chemikálií (REACH), Ú. v. EÚ L 133, 31. mája 2010.
40. Európska chemická agentúra (ECHA), *Usmernenie k zostavovaniu kariet bezpečnostných údajov*, december 2011. K dispozícii na: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_en.pdf
41. Nunes, I.L., „The nexus between OSH and subcontracting“, *Work: A Journal of Prevention, hodnotenie a rehabilitácia*, 2012, 41, 1: s. 3062 – 3068.
42. Holandské ministerstvo práce, sociálnych vecí a zamestnanosti, *Stoffenmanager 4.5*, bez dátumu. K dispozícii na: <https://www.stoffenmanager.nl/> (v holandčine, angličtine a fínčine) (sprístupnené 3. decembra 2012).
43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU* [informačný systém o nebezpečných látkach BG-BAU]. K dispozícii na: <http://www.gisbau.de/index.html> (sprístupnené 3. decembra 2012).
44. Golanski, L., Guillot, A., Tardif, F., *Are Conventional Protective Devices such as Fibrous Filter Media, Respirator Cartridges, Protective Clothing and Gloves also Efficient for Nanoaerosols?*, DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. K dispozícii na: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1_s.pdf
45. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, „Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden“ (Bezpečné používanie nanomateriálov v sektore farieb a lakov), *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. K dispozícii na: www.hessen-nanotech.de
46. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles*, DR-331 200810–6, Nanosafe2, 2008. K dispozícii na: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf
47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben (Ochrana proti výbuchu: Nutnosť konať v prípade nanoprachu)*, bez dátumu. K dispozícii na: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (sprístupnené 3. decembra 2012).
48. Institute of Technology (OAWITA), *Assessment of the Austrian Academy of Science*, 2010. K dispozícii na: <http://epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (sprístupnené 10. júna 2011).

Ďalšie informácie

- Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA), Online Case-study Database Online (Online databáza prípadových štúdií), 2012. K dispozícii na: http://osha.europa.eu/en/practical-solutions/case-studies/index_html/practical_solution?SearchableText=&is_search_expanded=True&getRemoteLanguage=en&keywords%3Alist=nanotechnology&nace%3Adefault=&multilingual_thesaurus%3Adefault=&submit=Search (sprístupnené 23. júla 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, energie (IGBCE), Nanomaterialien-Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Nanomateriály – Výzva pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci), Hauptvorstand, 2011. K dispozícii na: <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>
- Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA), Bezpečnosť v údržbe v praxi, 2010. K dispozícii na: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>
- Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, (EU-OSHA), Magazine 12. – Healthy Workplaces (Zdravé pracoviská). A European Campaign on Safe Maintenance (Európska kampaň za bezpečnosť v údržbe), 2011. K dispozícii na: <http://osha.europa.eu/en/publications/magazine/12/view>
- Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (EU-OSHA), Bezpečnosť v údržbe – Pre zamestnávateľov, Chránení zamestnanci – Ušetrené peniaze, Facts 89, 2011. K dispozícii na: <https://osha.europa.eu/en/publications/factsheets/89>
- Health and Safety Executive (HSE), Risk Management of Carbon Nanotubes, Crown, 2009. K dispozícii na: www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf (sprístupnené).