

## NANOMATERJALID HOOLDUSTÖÖDEL: RISKID TÖÖKOHAL JA NENDE ENNETAMINE

Nanotehnoloogia on kiiresti arenev valdkond ja nanomaterjalide kasutamine muutub üha tavalisemaks nii meie argielus kui ka töökohal. See tähendab, et rohkem hooldustöötajaid võib nanomaterjalidega kokku puutuda. Hoolimata käimasolevatest teadusuuringutest areneb nanotehnoloogia valdkond siiski kiiremini kui nanomaterjalide terviseohtu ja ohutuse kohta teadmiste saamine. On veel palju ebaselget, mis tekitab küsimusi töötervishoiu ja -ohutuse riskide hindamisel.

Käesolevas artiklis selgitatakse, kuidas töötajad võivad hooldustöid tehes nanomaterjalidega kokku puutuda, ja antakse nõu, kuidas võimalikke kokkupuuteid ennetada.

### 1 Sissejuhatus

#### 1.1 Mis on nanomaterjalid?

Nanomaterjalid on materjalid, mis sisaldavad osakesi, mille üks või mitu mõõdet on vahemikus 1 kuni 100 nm<sup>(1)</sup>, mis on aatomite ja molekulidega võrreldav suurusjärg. Need võivad olla looduslikud, näiteks pärineda vulkaanituhast, või inimtegevuse soovimatu tagajärg, nagu näiteks diiselmootorite heitgaasides sisalduvad nanomaterjalid. Kuid suurt osa nanomaterjale toodetakse ja lastakse turule tahtlikult ning neile nanomaterjalidele käesolev artikkel keskendubki.

Kuigi nanomaterjalid võivad moodustada aglomeraate või agregate, mis võivad olla suuremad kui 100 nm, võivad need laguneda ja nanomaterjale vabastada. Seetõttu tuleks nanomaterjalidega seotud riskide hindamisel arvesse võtta ka neid aglomeraate ja agregate.

Tööstuslikult toodetud nanomaterjalide (uudsetel) eriomadustel on palju eeliseid arvukatel kasutusvaldkondadel. Tööstuslikult toodetud nanomaterjale saab kasutada eraldi või koos teiste materjalidega näiteks:

- 1) (nt elektroonikaseadmete) miniaturiseerimiseks;
- 2) kaalu vähendamiseks (suurema materjalitõhususe tõttu) ning
- 3) materjalide funktsionaalsuse parandamiseks (nt vastupidavuse, juhtivuse, termilise stabiilsuse ja lahustuvuse suurendamiseks ning hõõrdumise vähendamiseks).

See, milliseid tööstuslikult toodetud nanomaterjale töökohas leidub, sõltub tööprotsessist, valmistatavatest toodetest, sisendmaterjalidest ja töötlemise abimaterjalidest.

<sup>(1)</sup> Euroopa Komisjoni soovitusel [1] on sätestatud:

- „Nanomaterjal“ – looduslik, juhuslikult tekkinud või tööstuslikult toodetud materjal, mis on sidumata olekus või esineb kämbu või pahma kujul ning mille lõimisest vähemalt 50% moodustab fraktsioon osakekestest, mille üks või mitu välismõõdet on vahemikus 1–100 nm. [...] [Fraktsioon on] teatavasse suurusvahemikku kuuluvate osakeste arvu suhe osakeste koguarvu. [...]

- Konkreetsetes olukordades ning kui see on põhjendatud keskkonna-, tervise-, ohutuse- või konkurentsivõimeküsimumustega, võib lõimist iseloomustava suurusvahemiku piirmäärana 50% asendada piirmäärana vahemikust 1–50%.

- [...] Erandina [eeltoodust] käsitatakse nanomaterjalina fullereene, grafeenihelbeid ja ühekordse seinaga süsinikanotorusid, mille üks või mitu välismõõdet on alla 1 nm.”

## 1.2 Hooldus

Korrapärane hooldus on oluline, et seadmed, masinad, hooned ja rajatised (nagu sillad või tunnelid)



Autor: Dovile Cizaitė

ning töökeskkond oleksid ohutud ja usaldusväärsed. Hooldustööd hõlmavad mitmesuguseid tegevusi eri sektorites ja töökeskkondades. Need seisnevad tavaliselt osade hoolduses, parandamises, kontrollimises, katsetamises, reguleerimises või asendamises ja võivad hõlmata näiteks suletud tootmissüsteemide avamist, filtrite vahetamist, värvikihtide eemaldamist, jugapuhastust, teritamist, lihvimist, täiteainete lisamist, värvimist, isoleerimist ning elektri-, gaasi- või veesüsteemi parandamist. Et hooldustöid tehakse teataval määral kõikides sektorites ja kõikidel töökohtadel, on hooldustöötajatel teistest töötajatest suurem tõenäosus puutuda kokku mitmesuguste tööga seotud ohtudega.

Hooldus võib olla proaktiivne – masinate tõrgete või struktuuride purunemise vältimiseks – või reaktiivne – seadmete või ehitusmoodulite parandamiseks. Hooldustööd võivad seega olla töötaja igapäevategevuse osa, nagu pihustuspüstoli puhastamine ja kontrollimine tööpäeva lõpus, või eritööd, mida tehakse siis, kui seadmed või masinad ei tööta korralikult. Hooldustöö võib olla ehitustöötajate põhitegevus.

Kasulik teave hoolduse ning tervishoiu ja -ohutuse kohta on EU-OSHA veebilehel <https://osha.europa.eu/et/topics/maintenance>.

## 1.3 Nanomaterjalid hooldustöödel

Kuigi nanotehnoloogia on suhteliselt uus valdkond, on nanomaterjalid leidnud tänu oma eriomadustele juba palju rakendust. See tähendab, et üha arvukamates sektorites ja töökohtades tuleb arvestada võimaliku nanomaterjalidega kokkupuutumisega hooldustööde ajal.

Et nanomaterjale sisaldavate toodete hulk üha suureneb, kasvab ka tõenäosus, et töötajatel palutakse selliseid tooteid hooldada ja nad võivad nanomaterjalidega kokku puutuda. Selliste nanomaterjale sisaldavate toodete hulka kuuluvad autod, väikese veeretakistusjõuga rehvid, elektri- ja elektroonikaseadmed, nagu üliefektiivsed sensorid ja elektroonika, ning energiatootmisseadmed, nagu suure võimsusega laetavad akusüsteemid või arukad kelmetehnoloogial põhinevad päikesepaneelid. Nanomaterjale võivad sisaldada ka hooned ise.

Peale selle on turule toodud järjest rohkem hooldustooteid, mis sisaldavad hooldustöödeks kasutatavaid tööstuslikult toodetud nanomaterjale, näiteks määrdeaineid, pinnakattevahendeid ja liime. Piisavate ennetusmeetmete puudumine võib põhjustada töötajate kokkupuudet nanomaterjalidega.

Tööstuslikult toodetud nanomaterjalide teatavatest rakendustest, näiteks arukatest värvidest, mida kasutatakse värvitud pindadel pragude või korrosiooni avastamiseks, võib hooldustöötajatele tervishoiu ja -ohutuse seisukohast ka rohkesti kasu olla. Arukad värvid sisaldavad süsiniknanotorusid, mis juhivad elektrit. Nimetatud pinnadefektid mõjutavad nende juhtivust ja seetõttu saab neid värve kasutada mikroskoopiliste struktuuriprobleemide kaugavastamiseks näiteks sildade või tuulegeneraatorite puhul, vältides nii kõrgtöö vajadust selliste rajatiste kontrollimiseks.

## 2 Nanomaterjalidest tulenevad tervishoiu ja -ohutuse riskid hooldustöötajatele

Kuigi nanomaterjalidest on palju kasu, võivad mõned neist olla kahjulikud inimeste tervisele ja ohutusele [2–4] ning hooldustöötajad ohtu seada.

### 2.1 Ohud ja kokkupuuteviisid

Ohutusprobleemid võivad tuleneda mõne nanopulbri (pulbriline nanomaterjal), eriti metallilise nanopulbri suurest plahvatus- ja tuleohtlikkusest ning katalüüseerivast toimest.

Nanomaterjalidel võib olla mitmesuguseid toksilisi toimeid, isegi kui samal makrotasandi materjalil neid ei ole. See on tingitud peamiselt nende väiksusest, kuid sõltub ka osakeste kujust, keemilisest koostisest, pinnaomadustest (nt pindala, pinna funktsionaalsus, pinnatöötlus), agregatsioonist, aglomeratsioonist ja muust [3, 4].

Nanomaterjalid võivad normaalingimustes moodustada aglomeraate või agregate, mis on suuremad kui 100 nm, ja mille tagajärjel nende nanospetsiifilised omadused muutuvad (aga ei pruugi kaduda). Nanomaterjalid võivad siiski nõrgalt seotud aglomeraatidest uuesti vabaneda ja teatavatel tingimustel isegi tugevamalt seotud agregate moodustada. Praegu uuritakse, kas see võib toimuda kopsuvedelikus pärast selliste aglomeraatide või agregaatide sissehingamist [3, 4]. Töökohaga seotud riskide hindamisel tuleks seetõttu arvestada ka nanomaterjale sisaldavaid aglomeraate ja agregate.

Nanomaterjalide kehasse sisenemisele järgnev sisemine kokkupuude võib hõlmata nende imendumist, jaotumist ja metabolismi. Mõnda nanomaterjali on leitud näiteks kopsudest, maksast, neerudest, südamest, suguorganitest, lootest, ajust, põrnast, luustikust ja pehmetest kudedest [5]. Nanomaterjalide bioakumulatsiooni ning rakkudest ja organitest eemaldamise küsimus on veel lahtine. Lisaprobleem on see, et kuigi nanomaterjal ise ei pruugi olla mürgine, võib see käituda nn Trooja hobusena, mis tähendab seda, et mürgisem aine võib nanomaterjali külge kinnituda ja organitesse või rakkudesse pääseda [6].

On leitud, et nanomaterjalid avaldavad suurimat mõju kopsudele ja võivad tekitada põletikku, koekahjustusi, oksüdatiivset stressi, kroonilist toksilist toimet, tsütotoksilist toimet, fibroosi ja kasvajaid. Mõned nanomaterjalid võivad mõjutada ka südame-veresoonkonda. Tööstuslikult toodetud nanomaterjalide võimalikke ohtlikke omadusi alles uuritakse [3, 4].

Näited nanomaterjalide kohta, millega hooldustöötajad võivad kokku puutuda, ja nendega seotud terviseohud on esitatud tabelis 1. Need nanomaterjalid on hooldustööde puhul eriti asjakohased, sest neid kasutatakse värvides, desinfitseerimis- ja puhastusvahendites ning muudes toodetes, mida hooldustöödel sageli kasutatakse.

**Tabel 1. Näited nanomaterjalide kohta, millega hooldustöötajad võivad kokku puutuda, ja nendega seotud võimalikud terviseohud**

Nanomaterjali liik	Terviseohud
Hõbeda nanoosakesed	<p>Hõbeda nanoosakeste kasutamine võib ohustada inimeste tervist [8] ning ELi tekkivate ja hiljuti avastatud terviseriskide teaduskomiteelt küsiti teaduslikku arvamust nanohõbeda ohutuse ning tervise- ja keskkonnamõju kohta ja nanohõbeda rolli kohta ravimiresistentsuses [9].</p> <p>Muret teeb see, et hõbeda nanoosakesed võivad avaldada tervisele negatiivset mõju, näiteks põhjustada allergiat [10], kopsuödeemi [11] ja argüüriat või argüroosi (st naha, küünede, silmade, limaskestade või siseorganite värvuse muutumine halliks või hallikassiniseks või pigmenteerumine mustaks hõbeda ladestumise tõttu), mis on pöördumatu ja ravimatu [12]. Rottide puhul dokumenteeriti ka, et hõbeda nanoosakesed võivad jõuda ülemiste hingamisteede kaudu ajju [13]</p>

Nanomaterjali liik	Terviseohud
Titaandioksiidi (TiO <sub>2</sub> ) nanoosakesed	Rahvusvaheline Vähiuuringute Agentuur (IARC) on klassifitseerinud sissehingatavad titaandioksiidi osakesed rühma 2B: „võimaliku kantserogeense toimega inimestele” [14]. NIOSH (Ameerika Ühendriikide riiklik töötervishoiu ja -ohutuse instituut) soovitas TiO <sub>2</sub> ülipeente osakeste jaoks madalamat kokkupuute piirnormi: 0,3 mg/m <sup>3</sup> TiO <sub>2</sub> nanoosakeste (< 100 nm) puhul, võrreldes peente osakeste (> 100 nm) piirnormiga, mis on 2,4 mg/m <sup>3</sup> [15].
Ränidioksiidi nanoosakesed	Ränidioksiidi nanoosakeste mürgisuse uuringud põhinesid ränidioksiidi tervisemõjul pärast hingamisteede kaudu toimunud akuutset või subakuutset kokkupuudet. Tervisemõjudest täheldati ka pneumoniiti, granuloomide teket ja koldelist emfüseemi [16].

Kolm peamist nanomaterjalidega kokkupuutumise võimalust töökohal on [2, 3, 6, 17–19]:

- **sissehingamine** on kõige levinum õhus edasikanduvate nanoosakestega kokkupuutumise viis töökohal. Sissehingatud nanoosakesed võivad olenevalt kujust ja suuruselt ladestuda hingamisteedes ja kopsudes. Need võivad pärast sissehingamist läbida kopsuepiteeli, siseneda vereringesse ning jõuda muude organite ja kudedeni. Samuti on kindlaks tehtud, et mõned sissehingatud nanomaterjalid jõuavad haistmisnärvide kaudu ajju.
- **allaneelamine** võib toimuda tahtmatult, kui saastunud pinnaga kokkupuutunud käsi pistetakse suhu, või saastunud toidu või vee allaneelamisel. Allaneelamine võib toimuda ka nanomaterjali sissehingamise tagajärjel, kuna mukotsiliaarse kliirensi kaudu hingamisteedest eemaldatavad sissehingatud osakesed võidakse alla neelata. Mõned sissehingatud nanomaterjalid võivad läbida seedeepiteeli, siseneda vereringesse ning jõuda muude organite ja kudedeni.
- **nahakaudset** imendumist alles uuritakse [2, 18]. Terve nahk näib olevat nanomaterjalide imendumise vastu hea kaitse [20]. Kahjustatud nahk näib olevat vähem tõhus, kuid imendumise tase on tõenäoliselt madalam kui sissehingamise puhul [20]. Olenemata sellest tuleks ka nahakaudset kokkupuudet siiski ennetada ja kontrollida.

Kokkupuute võimalikkus sõltub seega peamiselt nanomaterjalide õhku sattumise tõenäosusest ning pulbrite ja pihustatavate ainetega kaasneb suurem risk kui vedelike, pastade, graanulite või komposiitidega. Vedelikes sisalduvate nanomaterjalidega kaasneb omakorda suurem risk võrreldes seotud või fikseeritud nanostruktuuridega, mida võib leida näiteks polümeermaatriksis [21].

## 2.2 Nanomaterjalidega kokkupuutumise riskiga hooldustööd

Hooldustöötajad võivad tööstuslikult toodetud nanomaterjalidega kokku puutuda järgmistel juhtudel:

- nanomaterjale sisaldavaid hooldustooteid kasutades;
- kui hooldatakse nanomaterjalidega seotud paigaldisi, näiteks tootmisliine, kus kasutatakse või töödeldakse nanomaterjale või nanomaterjale sisaldavaid tooteid, ja kui need nanomaterjalid on näiteks ladestunud hooldatava paigaldise pinnale, ning
- kui hooldusprotsess ise, näiteks teritamine või lihvimine tekitab nanomaterjale.

Tabelis 2 on esitatud näited toodetest, mida hooldustöötajad võivad kasutada, käidelda või töödelda ja mis võivad sisaldada nanomaterjale, millega nad võivad tööd tehes kokku puutuda.

**Tabel 2. Hooldustöös kasutatavate nanomaterjale sisaldavate toodete näited**

Nanomaterjalide põhiliigid	Hooldustöös kasutatavate toodete näited
Titaandioksiid (TiO <sub>2</sub> )	värvid, antibakteriaalsed pinnakattevahendid, puhastustooted, tsemendid, keraamilised plaadid, seinakatted, mustust tõrjuvad aknakattevahendid,

Nanomaterjalide põhiliigid	Hooldustöös kasutatavate toodete näited
	autokattevahendid (kõik need tooted põhinevad nanotasandi TiO <sub>2</sub> steriliseerivatel, desodoreerivatel, uduvastastel ja isepuhastuvatel omadustel); kasutatakse ka klaasis tänu omadusele muuta valguse käes värvust [6, 22–24]
Ränidioksiid (SiO <sub>2</sub> )	värvid, betoon ja puhastustooted [6, 23]
Hõbeda nanoosakesed	kasutatakse biotsiidina värvides ja lakkides, polümeerides, kraanikaussides ja sanitaarkeraamikas ning mitmesugustes tarbekaupades, nagu desinfitseerimis- ja puhastusvahendid [6]
Süsiniknanotorud	värvid [23], kergkonstruktsioonid
Tahm	pigmendid
Karbiidid (nt WC, TiC, SiC), nitriidid (nt TiN, CrN), metallid (nt W, Ti, Mo) ja keraamika (nt Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	triboloogilised pinnakattevahendid, mis kantakse komponendi pinnale, et kontrollida selle hõõrdumist ja kulumist [25]
Raudoksiidid	liimilisandid; segud, mis võimaldavad käsu peale liituda ja eralduda [25]
Tsirkooniumdioksiid	tsemendilisandid, plastilisandid
Vaskoksiidid	puidukaitsevahendid
Kulla nanoosakesed	autod ja määrdeained [26]

Mõned hooldustööd, mille käigus töötajad võivad nanomaterjalidega kokku puutuda:

- **Nanomaterjale sisaldavate vedelate toodete kasutamine:**
  - vedelate toodete (nt määrdeained, värvid, pinnakattevahendid, liimid) käitlemine või lekete likvideerimine, mille käigus võib toimuda nahakaudne kokkupuude kaitsmata naha kaudu;
  - mõnikord hõlmab hooldustöö vedelate toodete ettevalmistamist, mis võib tähendada kallamist või segamist, mille puhul tuleb ette palju loksutamist, mis omakorda tekitab aerosoole, mida võidakse sisse hingata (ja seejärel osaliselt alla neelata) või mis võivad kaitsmata nahale langeda ja põhjustada nahakaudset kokkupuudet;
  - näiteks isoleeriva nano-pinnakattevahendi või nanovärvi pihustamine võib kaasa tuua sissehingamise, allaneelamise või nahakaudse kokkupuute ning
  - vedela tuleohtliku nanomaterjali pihustamine suurendab ka plahvatus- ja tuleohtu.
- **Nanomaterjalipulbrite kasutamine:**
  - nanomaterjale sisaldavate pulbrite käitlemine (nt kaalumine, kallamine või segamine), et valmistada hooldustööks vajalikke tooteid, võib tekitada nanomaterjalide õhukaudset edasikandumist ning kaasa tuua nahakaudse kokkupuute, sissehingamise ja allaneelamise.
- **Seotud või fikseeritud nanostruktuuride (polümeermaatriksi) kasutamine:**
  - masintöötlemine, lihvimine, puurimine või muu tegevus, mis võib kahjustada maatriksi struktuuri, võib põhjustada nanoosakeste õhkupaikumist ja tuua kaasa nanoosakeste nahakaudse imendumise, sissehingamise või allaneelamise. Lihvitavas maatriksis sisalduvad nanomaterjalid ei pruugi vabaneda esmaste osakestena, sest nad võivad seostuda muude protsessi käigus tekkivate aerosooliosakestega, kuid on võimalik, et nende side aerosooliosakestega katkeb pärast sissehingamist ja nanomaterjalid pääsevad seetõttu organismi.
- **Nanomaterjalide või nanomaterjale sisaldavate toodete tootmis- või töötlemisseadmete hooldus:**
  - võib vabastada nanomaterjale, mõnikord juhuslikult, ja tekitada nahakaudse kokkupuute, sissehingamise ja allaneelamise riski.

- **Nanomaterjalide kogumiseks kasutatavate tolmukogumissüsteemide puhastamine:**
  - töötajad võivad kokku puutuda tugevalt kontsentreerunud ladestunud või õhu kaudu edasikanduvate nanomaterjalidega, mis võib põhjustada nahakaudset kokkupuudet, sissehingamist ja allaneelamist.
- **Nanomaterjalide lekete likvideerimine:**
  - võib põhjustada nahakaudset kokkupuudet, sissehingamist ja allaneelamist.
- **Nanomaterjale sisaldavate jäätmete transport ja kõrvaldamine:**
  - võivad põhjustada nahakaudset kokkupuudet, sissehingamist ja allaneelamist.

Peale selle suurendab nanopulbrite õhkusattumine plahvatus- ja tuleohtu.

Kokkupuute tase suureneb, kui tööd tehakse kinnistes ruumides, näiteks paakides, ilma et võetaks nõuetekohaseid kontrollimeetmeid.

### 3 Ennetus

ELi direktiivi 89/391/EMÜ [5] kohaselt peavad tööandjad töökohaga seotud riske korrapäraselt hindama ja kehtestama asjakohased ennetusmeetmed. See kehtib ka nanomaterjalidega seotud riskide kohta töökohas. Peale selle kehtestatakse direktiiviga 98/24/EÜ, mis käsitleb keemilisi mõjureid töökohas, [27] töökohal leiduvate ainetega seotud riskide juhtimisele rangemad nõuded, mis kehtivad ka nanomaterjalide kohta, sest need kuuluvad aine mõiste alla. Lisaks tuleb juhul, kui nanomaterjal või sama koostisega makrotasandi materjal on kantserogeenne või mutageenne, järgida ka direktiivi 2004/37/EÜ, mis käsitleb kantserogeenne ja mutageenne töökohal [28]. Liikmesriikide õigusnormid võivad aga olla rangemad ja neid tuleks arvestada.

Et nanomaterjale käsitataks ainetena, on samavõrd asjakohased ka REACH-määrus (kemikaalide registreerimise, hindamise ja autoriseerimise määrus) [29] ja CLP-määrus (ainete ja segude klassifitseerimise, märgistamise ja pakendamise määrus) [30].

#### 3.1 Probleemid nanomaterjalidega seotud riskide ennetamisel hooldustööde ajal

Nanomaterjalidest tulenevate riskide hindamine töökohal võib siiski olla keeruline, arvestades, et praegu on meil piiratud teadmised järgmistes valdkondades:

- 1) nanomaterjalide ohtlikud omadused;
- 2) nanomaterjalide ja nende eraldumise allikate tuvastamise ning kokkupuutetasemete mõõtmise meetodid ja seadmed ning
- 3) teave nanomaterjalide olemasolust eelkõige segudes ja toodetes ning allpool kasutajaahelas nanomaterjalide või nanomaterjale sisaldavate toodete kasutamise või töötlemise korral.

Ohutuskaardid, mis on oluline teabevahend ohtlike ainetega seotud riskide ennetamiseks töökohal, kas sisaldavad üldiselt vähe või ei sisalda üldse teavet nanomaterjalide olemasolu ja omaduste ning töötajatele avalduvate riskide ja nende ennetamise kohta [31–34]. See on eriti problemaatiline tarne- või lepinguliste suhete ahela alumises osas. Näiteks ei tea 75% ehitussektori töötajatest ja tööandjatest nanotoodete olemasolust oma töökohas [35]. Organisatsioonidel soovitatakse seetõttu tarnijatega ühendust võtta ja neilt lisateavet küsida. Loodud on ka mitu kasulikku andmebaasi nanomaterjale sisaldavate kaubanduslike toodete kohta [36–38]. Peale selle peaksid REACH-määruse II lisa muudatused [39], ohutuskaartide õigusraamistik ja Euroopa Kemikaali ameti (ECHA) suunised ohutuskaartide kohta [40], kus antakse lisanõuandeid nanomaterjalide omaduste arvesse võtmise kohta, parandama ohutuskaartidel esitatud teabe kvaliteeti.

Teabelehes „E-fact 72” (<https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>) tutvustatakse olemasolevaid suuniseid ja vahendeid nanomaterjalidega seotud riskide juhtimiseks praeguses olukorras. Hooldustööde puhul võib nanomaterjalidega seotud riskide juhtimisel ja töötajate kaitsmisel siiski ette tulla lisaraskusi.

Hooldustööde allhankimine on väga levinud. Alltöövõtjad töötavad sageli kohtades, mida nad ei tunne, ja kui neid ei ole nõuetekohaselt teavitatud, võivad nad nanomaterjalidega kokku puutuda, ilma et nad seda ise teaksid. Kui puudub teave nanomaterjalidest, mida võib leida hooldatavates masinates (nt

tootmisliinidel, kus kasutatakse või töödeldakse nanomaterjale või nanomaterjale sisaldavaid tooteid), seadmetes (nt heitõhu ärastamise süsteemid) või hoonetes (nt nanomaterjale sisaldavate värvidega kaetud pinnad), on riske raske hinnata ja asjakohaselt ennetada. See on tingitud peamiselt tegevuse halvast planeerimisest, kehvast töökorraldusest ja puudulikust teabevahetusest lepinguliste suhete ahelas.

Teine probleem on seotud sellega, et hooldustöid tehakse sageli tavapäratutes tingimustes ja tavatute seadmete abil. Riskijuhtimismeetmed on mõnel juhul hooldustööde tõttu tõkestatud, näiteks kui avatakse suletud süsteem, et töötajad pääseksid hooldamiseks ligi nanomaterjale tootvale või töötlevale masinale, või kui hooldatakse tehnilise riskikontrolli seadet ennast. Nanomaterjalidega seotud töötervishoiu ja -ohutuse riskide ennetamise suunistes käsitletakse üldiselt tavalisi töötingimusi, aga kui hooldustöö toimub tavapäratutes tingimustes, võib töötajate kokkupuude olla oluliselt erinev. Kui hooldustööde ajal ei kohaldata asjakohaseid riskijuhtimismeetmeid, seab see loomulikult ohtu hooldustöötajad, aga võib ohtu seada ka kliendiks oleva ettevõtte töötajad.

Enne (allhangitud) hooldustööde ajakava koostamist ja elluviimist tuleb nanomaterjalidega seonduvad tööriskid nõuetekohaselt kindlaks teha ning neid hinnata ja nende kohta teavet anda [41]. Oluline on, et hooldustöötajaid teavitataks nõuetekohaselt selliste nanomaterjalide olemasolust, omadustest, võimalikest ohtudest ja asjakohastest ennetusmeetmest, mida kasutatakse, käideldakse või töödeldakse töökohtades, kus neil tuleb hooldustöid teha, samuti muudest ohtudest töökohtal. Olulised on ka töötajate asjakohane väljaõpe ja tööjuhendid.

## 3.2 Ennetusmeetmed

Ennetusmeetmete valik peaks põhinema töökohaga seotud riskide hindamisel ja järgima riskijuhtimismeetmete hierarhiat, milles on tähtsaimal kohal kõrvaldamine ja asendamine, millele järgnevad tehnilised meetmed tekkekohas, korralduslikud meetmed ja lõpuks viimase abinõuna isikukaitsevahendid. Kui nanomaterjalidega seotud riskid on ebaselged, tuleks ennetusmeetmete valimisel kokkupuute vältimiseks järgida ettevaatusprintsipi.

### 3.2.1 Kõrvaldamine ja asendamine

Ettevõttes, kus hooldustöid tehakse, tuleks uurida ohtlike nanomaterjalide kõrvaldamise või asendamise võimalusi. Kui hooldustööd toimuvad töökoahas, kus nanomaterjale tekitatakse või kasutatakse nende nanoomadustega seotud eeliste tõttu, või olemasolevates ehitustarindites, mis juba sisaldavad nanomaterjale, ei pruugi kõrvaldamine ja asendamine võimalikud olla. Alati tuleks siiski silmas pidada tasakaalu ühelt poolt soovitud omaduste ja mõju ning teisalt terviseriskide vahel ning kõrvaldamist ja asendamist põhjalikult kaaluda. Kui ohtlike nanomaterjale leidub toodetes, mida kasutatakse näiteks puhastamiseks või parandamiseks, tuleks hinnata vähem ohtlike alternatiivide kättesaadavust.

Õhu kaudu edasikandumist võimaldavad nanomaterjalid (nt pulbrid) tuleks igal juhul asendada lahustatud või vedelal kujul nanomaterjalide, graanulite, pastade või tahkete ainetega seotud nanomaterjalidega ning pulbrite kasutamist tuleks võimaluse korral vältida.

Nanomaterjali ohtlikku toimet saab vahel vähendada ka selle muutmisega, näiteks katmisega, et kohandada tolmu- ja lahustuvust, muid omadusi.

Asendusvõimaluste väljaselgitamiseks võib kasutada spetsiifilisi veebipõhiseid teabevahendeid, nagu Stoffenmanager [42] ja GISBAU [43].

### 3.2.2 Tehnilised riskijuhtimismeetmed

Tehnilisi ennetusmeetmeid tuleks rakendada nanomaterjalide tekkekohas. Kõige tõhusam tehniline ennetusmeede tekkekohas on suletud süsteemis ja kinnises paigaldises hoidmine. Kohaliku tõmbeventilatsiooni süsteemid koos tahkete osakeste üliefektiivsete õhufiltrite (HEPA-filtritega) või kõrgema puhastusastmega õhufiltritega (ULPA-filtritega) on samuti tõhusad ja koguvad nanomaterjalid tekkekohas kokku, kui nende kinnises paigaldises hoidmine ei ole võimalik.

Mõnikord võivad hooldustööd siiski seisneda nende tehniliste riskijuhtimismehhanismide kontrollimises ja parandamises ning nende mehhanismide ennetav funktsioon võib olla seetõttu tõkestatud. Näiteks kui nanomaterjali tootmis- (tavaliselt suletud süsteem) avatakse hoolduseks ja tõmbesüsteem seepärast peatatakse, peab hooldustöötaja kasutama isikukaitsevahendeid (vt punkt 4.4).

Kohalikud (mobiilsed) õhuväljatõmbesüsteemid võivad olla eriti kasulikud, et kaitsta hooldustööde tegijaid kokkupuute eest, näiteks siis, kui nad eemaldavad pindadelt värvi, mille tagajärjel osakesed

eralduvad. Kohaliku tõmbeventilatsiooni süsteemide kogumistõhusus ei ole nanomaterjalide puhul väiksem kui jämedate materjalide puhul. Mobiilsete õhuärastusseadmete kasutamise korral ei tohiks töötajad sisse hingata nanomaterjali võimaliku heiteallika ja heitõhu väljatõmbesüsteemi vahel liikuvat õhku.

Nanomaterjalidega kokkupuute piiramiseks kasutataval ventilatsioonisüsteemidel peavad olema mitmeastmelised filtrid, mille viimaseks filtriks on HEPA-filter (H14) või ULPA-filter. Nanoosakeste ja aerosoolide filtreerimismaterjalide tõhususe uuringud näitasid, et nende puhul on sageli üldiselt tõhusad tavapärased klaaskiust filtrid ja elektreetfiltrid.

Suletud ruumides tuleb väljatõmmatud õhk asendada värsket õhuga.

### 3.2.3 Korralduslikud meetmed

Korralduslikel meetmetel on ennetuses oluline roll. Et hooldustöid tehakse eri kohtades ja need hõlmavad mitmesuguseid toiminguid, on sobivad protsesside kavandamise meetmed ja muud korralduslikud meetmed äärmiselt tähtsad. Need on järgmised:

- erialade määramine hooldustöödeks, mille käigus võivad eralduda nanomaterjalid (hooldustoodetest või hooldatavatest objektidest). Need alad peaksid olema muudest töökohtadest isoleeritud või eraldatud (näiteks seintega) ning asjakohaselt ja selgelt tähistatud;
- ohustatud töötajate arvu ja nanomaterjalidega kokkupuute kestuse minimeerimine;
- kõrvalistele isikutele hooldustööde alale juurdepääsu keelamine, näiteks märkide paigaldamise või juurdepääsu tõkestamise abil;
- nanomaterjalide kasutamise või käitlemise ala korrapärane puhastamine (märgpuhastus);
- kontsentratsioonitasemete seire õhus, näiteks võrreldes taustatasemetega ajal, mil nanomaterjale ei käidelda.

Et nanomaterjalide käitluskohtade ja konteinerite ohutähiste ja -märgiste kasutamise standardid praegu veel puuduvad, on soovitatav tegutseda läbimõeldult ning kasutada ELi ainete ja segude klassifitseerimise, märgistamise ja pakendamise määru (CLP-määrus) [30] sätestatud riski- ja ohutuslauseid ning hoiatusmärke, et anda piisavat, asjakohast ja konkreetset teavet nanomaterjalide kasutamise ja käitlemisega seotud tegelike ja võimalike tervise- ja ohutusriskide kohta.

Hooldustööde tegemisel tuleks järgida mõningaid üldisi põhimõtteid, mis kehtivad olenemata seotusest nanomaterjalidega:

- hooldustööde kavandamisel tuleks lähtuda riskihindamisest ja kaasata töötajad. Kui hooldustöid tehakse kohas, kus käideldakse teadmata mürgisuse ja toimega nanomaterjale, tuleb sellega arvestada. Riskijuhtimise prioriteediks ei peaks olema mitte ainult teadaolevad riskid, vaid ka nanomaterjalide hindamine ja juhtimine töökohtades, mille kohta ohtude- ja kokkupuuteteave puudub, on poolik või ebaselge;
- ajalist survet tuleks vältida, jättes hooldustööde tegemiseks piisavalt aega;
- tuleks tagada piisav väljaõpe, et hooldustöötajate oskused ja teadmised võimaldaksid neil töötada ohutult ja end nanomaterjalidega kokkupuutumise eest kaitsta;
- kõikidele hooldustöötajatele tuleks alati edastada hooldusjuhendid ja asjaomane teave, eriti kui nad täidavad ainult üht ülesannet ja/või ei ole teadlikud keemilistest riskidest üldiselt ja eelkõige nanomaterjalidega seotud riskidest. See teave tuleks dokumenteerida ka tööjuhendites;
- ettevaatusprintsipi järgimine nanomaterjalidega seotud riskide ennetamisel: nanomaterjalide eraldumise vähendamiseks tuleks võtta kõik olemasolevad meetmeid vastavalt ennetusmeetmete hierarhiale;
- pärast hooldustööde lõppu tuleks töökoht puhastada ja kogu hooldusprotsess dokumenteerida.

Töötajad, kes puutuvad hooldustöödel kokku ohtlike nanomaterjalidega, tuleks kaasata tervisekontrolliprogrammidesse ja kokkupuutejuhud tuleks üksikasjalikult dokumenteerida.

### 3.2.4 Isikukaitsevahendid

Isikukaitsevahendeid tuleks kasutada viimase abinõuna, kui kokkupuudet ei ole võimalik eelnimetatud meetmetega piisavalt tõhusalt vähendada. Kui riskihindamise käigus leitakse, et isikukaitsevahendid



on vajalikud, tuleks koostada isikukaitsevahendite programm. Hea isikukaitsevahendite programm koosneb järgmistest osadest: sobivate isikukaitsevahendite valik, sobitamine ja hooldus ning isikukaitsevahendite koolitus.

Soovitused nanomaterjalidevastaste isikukaitsevahendite kohta on praegu samad mis soovitused tolmu- ja aerosoolidega kokkupuute või – olenevalt asjaomase kokkupuute liigist – nahakaudse kokkupuute vältimiseks [44]. Neid kaitsemeetmeid peetakse sama tõhusaks ka nanomaterjalide puhul.

Hinnata tuleb ka isikukaitsevahendi kasutaja töökoormust ja terviseseisundit, et olla kindel, et isikukaitsevahend tagab piisava kaitse ja et seda saab nõuetekohaselt kasutada. Isikukaitsevahendiga tehtud katsed peaksid tagama, et selle kasutajad saavad isikukaitsevahendit kandes ohutult töötada ja samal ajal vajadust mööda muid vajalikke vahendeid (nt prille) või tööriistu kasutada. Tuleks arvestada, et isikukaitsevahendi pakutav kaitse võib nõrgeneda, kui kasutatakse korraga mitut isikukaitsevahendit. Mõju võivad avaldada ja isikukaitsevahendi tõhusust vähendada ka muud ohutegurid peale nanomaterjalide. Seega tuleb isikukaitsevahendit valides arvestada kõiki töökohaga seotud ohte. Kõikidel kasutatavatel isikukaitsevahenditel peaks olema CE-märgis ning neid tuleks kasutada tootja juhtnõuade kohaselt ja muutmata kujul.

Hooldustöötajad võivad vajada isikukaitsevahendeid, mida ei pruugi hooldustööde toimumiskohas tavaliselt tehtavate tööde käigus vaja olla. Näiteks kui avatakse nanomaterjale sisaldavaid värve segav tootmis anum, peaks töötaja kandma välise õhuvarustussüsteemiga respiraatorit, et vältida nanomaterjalide sissehingamist. Tavaliste tööde käigus jääb anum suletuks ja hingamisteede kaitsevahendeid ei ole vaja.

### ▪ Hingamisteede kaitse

Kui kokkupuudet õhu kaudu edasikanduvate nanomaterjalidega ei ole võimalik vältida punktides 4.1–4.3 nimetatud ennetusmeetmetega, on sellistel kokkupuutejuhtudel soovitatav kasutada sobivaid hingamisteede kaitsevahendeid. Need võivad olla P3/FFP3- või P2/FFP2-filtritega pool- või täismaskid, osakeste filtreerimise seadmed puhuri ja kiivriga (TH2P või MH3P) või osakeste filtreerimise seadmed puhuri ja täis- või poolmaskiga (TM2P ja TM3P)<sup>(2)</sup> [45].

Nanomaterjalide puhul peetakse tõhusaks HEPA-filtreid, respiraatoreid ja kiuliste filtreerimismaterjalidega maske.

Hingamisteede kaitsevahendi valik sõltub:

- õhus edasikanduva nanomaterjali liigist, suurusest ja kontsentratsioonist;
- hingamisteede kaitsevahendi kaitsefaktorist (mis põhineb filtreerimise tõhususel ja tihendi näole sobivusel) ning
- töötingimustest.

Filtreerimise tõhusus on üks isikukaitsevahendite hindamise oluline tegur. Kokkupuute vähendamist võivad mõjutada ka näole sobivus, kandmisaja pikkus ja see, kas isikukaitsevahendit on nõuetekohaselt hooldatud. Filtreerivate poolmaskide puhul on peamine riskitegur nõuetekohase tihendi puudumine näo ja maski vahel [44]. Kokkupuute vähendamine sõltub alati filtri tõhususe ja respiraatori kasutusomaduste koostoimest, mida mõnes ELi riigis väljendatakse nn respiraatoritegurites.

Kui hingamisteede kaitsevahend ei kata silmi, tuleks kasutada ka silmade kaitset (tihedalt liibuvaid kaitseprille).

### ▪ Kaitseriietus

Kootud riidele tuleks eelistada lausriiet (õhukindlaid materjale), näiteks suure tihedusega polüetüleen (vähene tolmu- ja vähenenud tolmu läbilaskvus). Soovitatav on vältida puuvillase kaitseriietuse kasutamist [44].

Kui kasutatakse korduvkasutatavat kaitseriietust, nagu kombinesooni, tuleks seda korrapäraselt pesta ja vältida teisest kokkupuudet. Tuleb ette näha võimalused puhaste kombinesoonide ja kaitsejakkide selgätõmbamiseks ja määrdunute äravõtmiseks, ilma et saastataks inimesi või töökohta üldiselt.

<sup>2</sup> Uuringute kohaselt on P2-filtrite läbitavus kaaliumkloriidi nanoosakeste puhul 0,2% ja P3-filtrite läbitavus 0,011%. Eri suuruses grafiidiosakestega tehtud katsete puhul oli suurim läbitavus 8%. See osutab sellele, et P3-filtrid pakuvad suuremat kaitset, kuid tulemusi ei saa laiendada kõigile nanoosakestele (vt [45]).

## ▪ Kindad

Kindad on hooldustööde ajal eriti olulised, sest töötajad puutuvad nanomaterjalidega sageli otseselt kokku kas kasutatavate toodete või hooldatavate esemete ja materjalide kaudu. Nagu kemikaalide puhul üldiselt, sõltub kaitsematerjalide tõhusus nanomaterjali omadustest. Arvestada tuleks tarnijate soovitusi nanomaterjali kohta, näiteks neid, mis on esitatud ohutuskaardil. Titaandioksiidi ja plaatinaosakeste puhul on osutunud tõhusaks nitril, lateks ja neopreen [44]. Peamine tegur, mis mõjutab nanomaterjali levimist, on kinnaste materjali paksus. Seetõttu on soovitatav kasutada korraga kaht paari kindaid [46].

See ei määra siiski kinnaste tõhusust vedelike või kolloidide käitlemisel. Kinnaste tõhususe kohta konkreetse nanomaterjali puhul sellisel kujul, milles seda töökohas leidub (tolm, vedelik vm), tuleks kinnaste tarnijalt täpselt järele küsida.

## 3.3 Plahvatuste ja/või tulekahjude vältimine

Oma väiksuse tõttu võivad pulbrilised nanomaterjalid olla plahvatusohtlikud, erinevalt vastavatest jämedatest materjalidest<sup>(3)</sup> [47]. Nanopulbrite käitlemisel või tekitamisel, näiteks nanomaterjale sisaldavate materjalide peenestamisel, lihvimisel või poleerimisel tuleks seetõttu olla ettevaatlik.

Pulbriliste nanomaterjalidega seotud ennetusmeetmed on põhimõttelised samad kui plahvatus- ja tuleohtliku jämeda materjali ja plahvatusohtlike tolmupilvede puhul ning peaksid vastama nõuetele, mis on sätestatud direktiivis 99/92/EÜ plahvatusohtlikust keskkonnast potentsiaalselt ohustatud töötajate ohutuse ja tervisekaitse parandamise miinimumnõuete kohta. Need meetmed on järgmised:

- käitlemine peaks võimaluse korral toimuma ainult spetsiaalsetes plahvatusohu tsoonides ja inertses keskkonnas;
- materjalide lahustuvuse parandamiseks tuleks töökohta niisutada (tolmu vältimiseks);
- töökohast tuleks kõrvaldada väikese sädemeohuga seadmed ja muud süüteallikad või elektrostaatilise laengu teket soodustavad tingimused; võimaluse korral tuleks kasutada sädemeohutuid seadmeid (madalvoolul ja -pingel töötavad signaal- ja kontrollahelad);
- tolmukihid tuleks märgpuhastuse teel eemaldada ning
- plahvatus- või tuleohtlike materjalide hoiustamist töökohal tuleks minimeerida. Kasutada võib antistaatilisi kotte.

## 3.4 Ennetusmeetmete tõhususe kontroll

Riskihindamise tulemused tuleb korrapäraselt läbi vaadata ning riskijuhtimismeetmete valimist ja rakendamist tuleb korrapäraselt kontrollida, et hinnata nende tõhusust. See tähendab, et tuleb tagada kõigi kaitsevahendite, nagu puhas- ja laminaarkappide nõuetekohane toimimine ning kõigi ventilatsiooniseadmete ja nende filtreerimissüsteemide korrapärane kontroll. Peale selle tuleb kontrollida isikukaitsevahendite sobivust ja neid vajaduse korral ajakohastada.

Lisaks sellele võib riskivähendusmeetme tõhususe hindamiseks analüüsida nanomaterjalide kontsentratsiooni õhus enne ja pärast ennetusmeetme rakendamist. Riskijuhtimismeetmete rakendamise korral mõõdetavad kokkupuutetasemed ei tohiks oluliselt erineda taustkontsentratsioonist juhul, kui tööstuslikult toodetud nanomaterjalide allikas puudub. Kasutada võib ka muid tehniliste ennetusmeetmete tõhususe hindamise kaudseid meetodeid, nagu suitsukatsed ja/või kontrollkiiruse mõõtmine.

Edaspidi võidakse välja töötada nanomaterjalide piirnormid töökeskkonnas (OEL)<sup>(4)</sup> [48], kuid töökohaga seotud riskide juhtimise peamine eesmärk peaks olema kokkupuute minimeerimine ja seetõttu piirnormide järgimisest ei piisa.

<sup>(3)</sup> Enamiku orgaaniliste tolmude ja paljude metallitollude plahvatusohtlikkus kasvab osakeste suuruse vähenedes. 500 µm näib olevat plahvatusohtliku tolmupilve osakeste suuruse ülempiir. Praegu ei ole kindlaks määratud piiri, millest väiksemate osakeste puhul saab tolmuplahvatused välistada (vt [47]).

<sup>(4)</sup> Vt nt Madalmaade sotsiaal- ja majandusnõukogu (SER) [48], Provisional nano reference values for engineered nanomaterials, 2012, ja Nanowerk [42], SAFENANO team complete BSI British Standards guide to safe handling of nanomaterials, 2012.

## Allikaviited

1. Komisjoni soovitus, 18. oktoober 2011, nanomaterjali määratluse kohta, ELT L 275, lk 38–40. Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:ET: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. Euroopa Komisjon, *Commission Staff Working Paper: Types and Uses of Nanomaterials, Including Safety Aspects. Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*, SWD(2012) 288 (lõplik), Brüssel, 2012. Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
4. Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur (EU-OSHA), *Workplace Exposure to Nanoparticles*, European Risk Observatory, erialakirjanduse ülevaade, 2009. Kättesaadav veebilehel [http://osha.europa.eu/en/publications/literature\\_reviews/workplace\\_exposure\\_to\\_nanoparticles](http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles).
5. Nõukogu direktiiv, 12. juuni 1989, töötajate töötervishoiu ja tööohutuse parandamist soodustavate meetmete kehtestamise kohta (89/391 EMÜ), EÜT L 183, 29.6.1989. Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:ET:NOT>.
6. Senjen, R., „Nanomaterials – Health and Environmental Concerns”, *Nanotechnologies in the 21<sup>st</sup> century*, European Environmental Bureau, Issue 2, juuli 2009. Kättesaadav veebilehel <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>.
7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology*, 2012. Kättesaadav veebilehel [http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction\\_to\\_nanotechnology\\_1.php](http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php) (vaadatud 19. oktoobril 2012).
8. ENRHESi projekt, *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES)*, 2009. Kättesaadav veebilehel <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report> (vaadatud 29. aprillil 2013).
9. Tekkivate ja hiljuti avastatud terviseriskide teaduskomitee (SCENIHR), *Request for a Scientific Opinion on Nanosilver: Safety, Health and Environmental Effects and Role in Antimicrobial Resistance*, 2012. Kättesaadav veebilehel [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/emerging/docs/scenihr\\_q\\_027.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_q_027.pdf).
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, Austria tervishoiuministerium), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien – Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte*, Wien, 2010. Kättesaadav veebilehel [http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg\\_nanosilber\\_fassung\\_veroeffentlichung\\_final\\_mit\\_deckblaetter1.pdf](http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf).
11. Euroopa Komisjon, *Commission Staff Working Paper: Types and Uses of Nanomaterials, Including Safety Aspects Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*, SWD(2012) 288 (lõplik), Brüssel, 3. oktoober 2012. Kättesaadav veebilehel <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. Kättesaadav veebilehel [http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano\\_pen\\_15\\_final.pdf](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): lk 457–468.

14. Maailma Terviseorganisatsioon (WHO), „Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc”, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, Vol. 93, 2010. Kättesaadav veebilehel <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. Kättesaadav veebilehel <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: lk 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Size that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies*, Allianz Center for Technology ja OECD aruanne, kuupäevata. Kättesaadav veebilehel <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>.
18. Murashov, V., „Occupational exposure to nanomedical applications”, *WIREs Nanomed Nanobiotechnol*, 2009, 1: lk 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. Kättesaadav veebilehel <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): lk 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. Kättesaadav veebilehel [http://esonn.fr/esonn2010/xlectures/mangematin/Nano\\_Green\\_Building55ex.pdf](http://esonn.fr/esonn2010/xlectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf).
23. Responsible Nano Forum, *Nano Products – Where and How Nanotechnologies are Used Now*, kuupäevata. Kättesaadav veebilehel <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (vaadatud 19. oktoobril 2012).
24. United States Government Accountability Office (GAO), *Nanotechnology. Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research* (2012). Kättesaadav veebilehel <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (vaadatud 19. oktoobril 2012).
25. Observatory NANO, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry*, 2010. Kättesaadav veebilehel [http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB\\_coating\\_adhesives\\_sealants\\_transport\\_final.pdf](http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf) (vaadatud 19. oktoobril 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: lk 16.
27. Nõukogu direktiiv 98/24/EÜ, 7. aprill 1998, töötajate tervise ja ohutuse kaitse kohta keemiliste mõjuritega seotud ohtude eest tööl (neljateistkümmes üksikdirektiiv direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses). Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:ET:PDF>.
28. Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2004/37/EÜ, 29. aprill 2004, töötajate kaitse kohta tööl kantserogeenide ja mutageenidega kokkupuutest tulenevate ohtude eest (kuues üksikdirektiiv nõukogu direktiivi 89/391/EMÜ artikli 16 lõike 1 tähenduses), ELT L 158, 30.4.2004. Kättesaadav veebilehel [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):ET:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):ET:NOT).
29. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 1907/2006, 18. detsember 2006, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH) ja millega asutatakse Euroopa Kemikaalide Agentuur ning muudetakse direktiivi 1999/45/EÜ ja tunnistatakse kehtetuks nõukogu määrus (EMÜ) nr 793/93, komisjoni määrus (EÜ) nr 1488/94 ning samuti nõukogu direktiiv 76/769/EMÜ ja komisjoni direktiivid 91/155/EMÜ, 93/67/EMÜ, 93/105/EÜ ja 2000/21/EÜ, ELT L 396, 30.12.2006. Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:en:NOT>.

30. Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 1272/2008, 16. detsember 2008, mis käsitleb ainete ja segude klassifitseerimist, märgistamist ja pakendamist (CLP-määrus), ELT L 353, 31.12.2008. Kättesaadav veebilehel <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, Nordic Council of Ministers, Copenhagen, 2007. Kättesaadav veebilehel [http://www.norden.org/da/publikationer/publikationer/2007-581/at\\_download/publicationfile](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*, tutvustatud ja levitatud Nano4All veebisaidil, 15. oktoober 2008.
33. Austria tööinspeksioon, *Umgang mit Nano im Betrieb*, 2009. Kättesaadav veebilehel [http://www.arbeitsinspektion.gv.at/NR/rdonlyres/592E7E96-E136-453F-A87B-3C393FC039E1/0/Nano\\_Untersuchung.pdf](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*, 2010. Kättesaadav veebilehel <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*, European Federation of Building and Wood Workers (EFBWW), European Construction Industry Federation (FIEC), Amsterdam, 2009. Kättesaadav veebilehel <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>.
36. The European Consumers' Organisation (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market*, 2012. Kättesaadav veebilehel <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfd=off&pdoc=1> (vaadatud 19. oktoobril 2012).
37. National Library of Medicine, *tarbekaupade teabe andmebaasil põhinev kodutoodete andmebaas*, 2011. Kättesaadav veebilehel <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (vaadatud 19. oktoobril 2012).
38. Euroopa Komisjon, *Commission Staff Working Paper – Types and uses of nanomaterials, including safety aspects – Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials*, SWD(2012) 288 (lõplik), 2012. Kättesaadav veebilehel <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
39. Komisjoni määrus (EL) nr 453/2010, 20. mai 2010, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrust (EÜ) nr 1907/2006, mis käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH), ELT L 133, 31.5.2010.
40. Euroopa Kemikaaliamet (ECHA), *Ohutuskaartide koostamise juhend*, detsember 2011. Kättesaadav veebilehel [http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds\\_et.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13643/sds_et.pdf).
41. Nunes, I. L., „The nexus between OSH and subcontracting“, *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 2012, 41, supplement 1: lk. 3062–3068.
42. Madalmaade sotsiaal- ja tööhõiveministerium, *Stoffenmanager 4.5*, kuupäevata. Kättesaadav veebilehel <https://www.stoffenmanager.nl/> (hollandi, inglise ja soome keeles; vaadatud 3. detsembril 2012).
43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU*. Kättesaadav veebilehel <http://www.gjsbau.de/index.html> (vaadatud 3. detsembril 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. Kättesaadav veebilehel [http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR1\\_s.pdf](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“, *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Kättesaadav veebilehel [www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de).

46. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles*, DR-331 200810–6, Nanosafe2, 2008. Kättesaadav veebilehel [http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6\\_s.pdf](http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf).
47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben*, kuupäevata. Kättesaadav veebilehel <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (vaadatud 3. detsembril 2012).
48. Institute of Technology Assessment of the Austrian Academy of Science (OAWITA), *Voluntary approaches by industry in the field of nanomaterials*, NanoTrust-Dossier No. 016en, 2010. Kättesaadav veebilehel <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (vaadatud 10. juunil 2011).

## Lisakirjandus

- Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur (EU-OSHA), juhtumiuuringute elektrooniline andmebaas, 2012. Kättesaadav veebilehel [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](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) (vaadatud 23. juulil 2012).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), *Nanomaterialien – Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz*, Hauptvorstand, 2011. Kättesaadav veebilehel <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>.
- Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur (EU-OSHA), *Safe Maintenance in Practice*, 2010. Kättesaadav veebilehel <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>.
- Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur (EU-OSHA), *Magazine 12. – Healthy Workplaces. A European Campaign on Safe Maintenance*, 2011. Kättesaadav veebilehel <http://osha.europa.eu/en/publications/magazine/12/view>.
- Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Agentuur (EU-OSHA), *Ohutud hooldus- ja remonditööd – kaitstud tööandjad. Töötajaid kaitstes säästate raha*, teabeleht nr 89, 2011. Kättesaadav veebilehel <https://osha.europa.eu/et/publications/factsheets/89>.
- Health and Safety Executive (HSE), *Risk Management of Carbon Nanotubes*, Crown, 2009. Kättesaadav veebilehel [www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf](http://www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf) (vaadatud).