



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond



Eesti tuleviku heaks

Nanomaterjalide ohutu kasutamine tööl

Juhend

Sotsiaalministeerium

2013

Sissejuhatus

Käesolev juhend on koostatud nanomaterjalide tootmise ja käitlemise kohta. Juhendis ei käsitleta nanoosakeste juhuslikku keskkonda sattumist, nagu diisliheitmed, keevitusaurud jne.

Üha enam on tõendeid selle kohta, et teatud tüüpi süsiniknanotorude ja teiste bioloogiliselt püsivate kõrge külgsuhtega nanomaterjalide sissehingamine võib tekitada kopsudes põletikku ja fibroosi ning see toime võib olla pöördumatu. Reaktsiooni tõsidust võivad mõjutada nanomaterjali tüüp, selle füüsikaline vorm ja lisandite olemasolu ning pinna modifikatsioonid. Praegu ei ole veel piisavalt informatsiooni kõikide kõrge ohuga seotud asjaolude kindlakstegemiseks. Pole selge, kas seda tüüpi nanomaterjalide sissehingamisel on roll teiste tervist kahjustavate mõjude tekkel.

Mõju, mis tekib nahaga kokkupuutel, on eeldatavasti kohaspetsiifiline nahaärritus, kuigi ei ole välistatud, et nanomaterjalid võivad nahaga kokku puutudes sattuda isegi seedetrakti. Nanomaterjalide mõju kohta nahale on tehtud vähe uuringuid, välja arvatud kosmeetikatööstuses kasutatavad nanomaterjalid. Pikaajalise korduva mõju kohta tervisele puuduvad praegusel ajal küllaldased andmed.

1. Mis on nanomaterjal?

Nanomaterjalide all mõistetakse niinimetatud nanoobjekte või nanostruktuuriga materjale. Nanoobjektid on materjalid, mis on nanotasandil piiratud ühe, kahe või kolme mõõtmega (ligikaudu 1 – 100 nm); tüüpilisteks näideteks on nanoplaadid, nanovardad ja nanoosakesed. Nanoosakesed on nanotasandil kolme mõõtmega objektid.

Nanostruktuuriga materjalidel on sisemine struktuur nanotasandil. Tüüpilisteks näideteks on nanoobjektide agregaadid ja aglomeraadid. Tavaliselt on keerulistes keemilistes ja füüsikalistes protsessides vajalik nanomaterjalide tootmine isoleeritud kujul. Enamikes praegu suurtes kogustes toodetavates kaubanduslikes toodetes ei esine nanoosakesed individuaalsete osakestena, vaid erinevate osakeste agregaatide ja aglomeraatidena. Agregaadid ja aglomeraadid ei ole selle määratluse tähenduses nanoosakesed. Nad on nanostruktuuriga materjalid, milles nanoosakesed on üksteisega seotud. Ilma suure energiasisestusega ei ole nanoosakeste vabastamine nende agregaatidest ja aglomeraatidest võimalik. Mõnel juhul töödeldakse nanoosakesed graanuliteks, preparaatideks, dispersioonideks või komposiitideks juba nende tootjate poolt. Enamasti ei toimu isoleeritud nanoosakeste eraldumist edasistes kasutustes.

2011. a. võttis Euroopa Komisjon vastu soovitusel nanomaterjalide määratlemiseks:

„Nanomaterjal – looduslik, juhuslikult tekkinud või tööstuslikult toodetud materjal, mis on sidumata olekus või esineb agregaaadi või aglomeraadi kujul ning mille lõimise vahemik on vähemalt 50 % moodustab fraktsioon osakekestest, mille üks või mitu välismõõdet on vahemikus 1–100 nm.

Kasutavad mõisted „osake”, „aglomeraat” ja „agregaat” on määratletud järgmiselt:

- a) „osake” – väga väike kindlaksmääratud füüsiliste piiridega aineosa;
- b) „aglomeraat” – nõrgalt seotud osakeste või agregaatide kogum, mille välispindala on võrdne üksikute komponentide pindala summaga;
- c) „agregaat” – osake, mis koosneb tugevasti seotud või kokkusulatatud osakekestest.“

Erandina käsitatakse nanomaterjalidena ka fullereene, grafeenihelbeid ja ühekordse seinaga süsiniknanotorusid, mille üks või mitu välismõõdet on alla 1 nm.

Aastal 2006 OECD Nõukogu juurde moodustatud töörühm (*Working Party on Manufactured Nanomaterials*) loetleb 2008. aastal avaldatud raportis 14 nanomaterjali, mida tuleks ohutuse aspektist esmajärjekorras iseloomustada. Nimekirja kuulub kaheksa anorgaanilist nanomaterjali: nanohõbe, nanoraud, nano-TiO₂, -Al₂O₃, -CeO, -ZnO ja -SiO₂, nanosavid (*nanoclays*) ja kuus orgaanilist nanomaterjali: trükimust (*carbon black*), C60-fullereenid, ühekihilised (*single wall carbon nanotubes* – SWCNTs) ja mitmekihilised süsiniknanotorud (*multiwall carbon nanotubes* – MWCNTs), polüstüreen ning dendrimeerid.

Mis on kõrge külgsuhtega nanomaterjalid ning millised on tõenäolised terviseriskid?

Osakesel on kolmemõõtmeline kuju. Kui üks või kaks nendest mõõtudest on teistest väiksem, öeldakse osakese kohta, et see on 'kõrge külgsuhtega'. Klassikaliseks näiteks on kiud. Maailma Terviseorganisatsioon (WHO) määratleb sissehingatava kiu üle 5-mikromeetrise pikkuse ja alla 3-mikromeetrise laiuse ning üle 3:1 pikkuse ja laiuse suhtega (külgsuhtega) objektina. Kui mõni neist mõõtmetest on nanotasandil, loetakse üle 3:1 külgsuhtega osakest kõrge külgsuhtega nanomaterjaliks (*high aspect ratio nanomaterials* – HARNs).

Teist tüüpi kõrge külgsuhtega nanomaterjalide hulka kuuluvad nanotraadid ja nanovardad. Need võivad olla valmistatud erinevatest metallidest ja/või muudest materjalidest. Nende kõrge külgsuhtega nanomaterjalide ohuprofiili mõjutavad tõenäoliselt nende keemiline koostis ja bioloogiline püsivus, aga ka nende kuju ja suurus. Nende nanomaterjalide kohta on praeguseks olemas mõned katsetuste käigus saadud ohtlikkusealased andmed ning tervisele kahjulikkus pikaajalise ja korduva mõju korral on teadmata. Vastupidiste tõendite puudumisel tuleks arvata, et bioloogiliselt püsivad kõrge külgsuhtega nanomaterjalid võivad mõjuda tervisele kahjulikult.

Plaadikujulisi struktuure (nimetatakse mõnikord ka nanoliistakuteks), mille puhul ainult üks mõõde kuulub nanomõõtude vahemikku, peetakse samuti kõrge külgsuhtega nanomaterjalideks. Nende aerodünaamiline kuju võimaldab neil tungida sügavale kopsu. Andmed selle kohta, kui kerge on plaadikujulisi osakesi kopsust kätte saada, puuduvad, kuid on võimalik, et nende kuju ja suurus takistavad tulemuslikku eemaldamist. Selles olukorras on

võimalik kopsus põletikuliste reaktsioonide tekkimine. Andmed plaadikujuliste osakeste pikaajalise mõju kohta tervisele puuduvad.

Süsiniknanotorud

Süsiniknanotorud (CNT) on näide kõrge külgsuhtega nanomaterjalide erilaadse rühma kohta. Süsiniknanotorusid toodetakse kolmemõõtmelistest süsiniku vormidest ning need liigitatakse kahte põhirühma:

- ühekihilised süsinik-nanotorud
- mitmekihilised süsinik-nanotorud.

Süsiniknanotorud võivad erineda keemilise koostise poolest; nad võivad olla puhtast süsinikust või sisaldada metalle või muid materjale. Mõned süsiniknanotorud esinevad pikkade, sirgete kiududena. Teist tüüpi süsiniknanotorude struktuur on segasem ning nad esinevad madala tihedusega nanotorude „ebemeliste“ kimpudena. Seni pole tõendeid nende ohtlikkusest pleuraõõnele, kuid nad võivad põhjustada põletikulisi protsesse kopsudes.

Füüsikalised omadused, mis võivad näidata kõrget ohutaset

On olemas tõendid, et kõikide järgmiste omadustega kõrge külgsuhtega nanomaterjalid:

- õhemad kui 3 μm ;
- pikemad kui 10–20 μm ;
- bioloogiliselt püsivad;
- ei lahustu ega murdu lühemateks kiududeks

võivad pikaks ajaks püsima jääda kopsu ümbritsevasse kitsasse ruumi – pleuraõõnde. On teada, et pleuraõõnde püsima jäänud pikad kiud võivad põhjustada kroonilist põletikku, mille tagajärjel võivad tekkida pöördumatud haigused, nagu fibroos ja kopsuvähk.

2. Tootmisprotsessid

Keemiatööstuses toodetakse nanomaterjale peamiselt kahe protsessi käigus: sünteesi abil gaasilises olekus ja reageerimise abil lahuses. Gaasilises olekus toimuva reaktsiooni käigus ühinevad individuaalselt toodetud primaarosakesed väga kiiresti, moodustades suuremaid üksusi. Isoleeritud nanoosakesi saab toota reaktsiooni abil lahuses, lisades stabilisaatoreid. Selliseid isoleeritud nanoosakesi töödeldakse edasi dispersioonina või saadakse nad lahuse aurustamise teel. Tehnilistel põhjustel toimub nanomaterjalide süntees gaasilises olekus valdavalt suletud süsteemides.

Töötaja kokkupuutumine nanomaterjalidega tootmise käigus on võimalik peamiselt vaheetappides, nagu süsteemi täitmine, proovivõtmine, puhastamine ja hooldustööd, või normaalse töö katkestamisel, mis nõuab eriti suurt ettevaatlikkust. Vedelas keskkonnas töötades (nt sadestusreaktsioonid, dispersioon vedelas olekus) on kokkupuude sissehingamisel tavaliselt välistatud, kui aerosooli teke on välditud.

3. Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded nanomaterjalidega töötamisel.

Sarnaselt kõikide teiste keemiliste ohuteguritega seonduvate tegevustega alluvad ka nanomaterjalidega seotud tööd töötervishoiu ja tööohutuse nõuetele.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrus 1907/2006 käsitleb kemikaalide registreerimist, hindamist, autoriseerimist ja piiramist (REACH – *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*). Määrus REACH jõustus 1. juunil 2007, Eestis 1. juunil 2008.

Nanoosakeste puhul kehtivad samad põhimõtted, mida määrus REACH tööstuskemikaalide suhtes kehtestas. Nimelt peavad kemikaalide (seega siis ka nanoosakeste ja nanomaterjalide) tootjad, importijad ja kasutajad tagama, et vastavate kemikaalide või nanomaterjalide võimalikud ohtlikud omadused inimese tervisele ja keskkonnale oleksid kindlaks tehtud ning tooted nõuetekohaselt märgistatud.

Ohu kindlakstegemine

Selleks et mõista kasutatavate nanomaterjalidega seotud ohtusid, võiks arvestada sarnaste materjalide kohta olemasoleva teabega. Sel juhul tuleb olla kindel, et vastav teave kehtib ka kasutatavate materjalide, näiteks süsiniknanotorude ja tahma puhul.

Paljude kõige sagedamini kasutatavate nanomaterjalide keemiline koostis on sarnane või sama suuremõõtmeliste osakestega materjalidega (nimetatakse ka puistematerjalideks). Milliseid puistematerjali omadusi võib rakendada nanomõõtmeliste osakeste puhul, pole aga selge. Lisaks sellele tähendavad paljud nanomaterjalidevahelised erinevused seda, et pole selge, milliseid nanomõõtmeliste osakeste omadusi saab rakendada teiste nanomõõtmeliste osakeste puhul. Seetõttu on ühe materjali kohta käiva teabe kasutamisel teise materjali ohtlike omaduste kindlakstegemisel oluline arvestada 'sarnasust'.

Töökeskkonna piirnormid

Spetsiaalselt nanomaterjalide kohta ei ole töökeskkonna piirnorme õigusaktidega kehtestatud. Kuigi peentolmule kehtestatud piirnorme ei või otseselt kohaldada ülipeente tolmuosakeste mõju hindamisel, tuleks ettevaatuse mõttes nendest siiski kinni pidada. (*Märkus:* peentolm koosneb alla 2,5 mikromeetrise läbimõõduga osakestest, mis võivad jõuda koos sissehingatava õhuga kopsu alveoolidesse). Näiteks tahmale kehtestatud piirnormi 3 mg/m³ ei saa süsiniknanotorudele sobivaks pidada, samuti grafiiditolmule kehtestatud piirnormi 5 mg/m³ ei saa pidada sobivaks grafeeni puhul.

Praegu olemasolevate teadmiste põhjal ei saa välistada, et nanomaterjalidega kokkupuutel võib esineda spetsiifilisi toimeid, mis erinevad kuni mikromeetri ulatusse kuuluvate suuremate osakeste mõjust. Kuni nanoosakestele või teatud nanomaterjalidele on sätestatud piirnormid, tuleks püüda nendega kokkupuudet igati vältida.

Riskide hindamine

Nanomaterjalide kasutamisega seotud terviseriskide hindamisel tuleb arvesse võtta kõiki tootmisprotsesse ja tööetappe, kaasa arvatud hooldus-, remonditööd, töökatkestused ja kontrolltoiminguid.

Kui tööülesandega kaasneb väike hulk nanomaterjale ja nende õhku eraldumise võimalus on ebatõenäoline, on ohutase madal isegi siis, kui need nanomaterjalid on ohtlikud. Kui tööülesandega kaasnevad suuremad nanomaterjalide kogused koos nende suurema eraldumisvõimalusega, on nende võimalik mõju suurem ja oht olemas. Näiteks puhastamisel ja jäätmekäitlusel on nanomaterjalidega otsese kokkupuutumise oht suur ning seda tuleks arvestada sobivate kaitsemeetmete valimisel.

Riskianalüüs tähendab ohtude kindlakstegemist ning mõistlike ja proportsionaalsete abinõude rakendamist ohtude ohjamiseks töökohal. Keskenduda tuleb tegelikele ohtudele – nendele, mis kõige tõenäolisemalt kahju võivad tekitada. Mõelge oma töökohas toimuvatele tegevustele, protsessidele ja kasutatavatele ainetele. Kontrollige kemikaalide ja seadmete tootjate juhiseid või andmelehti, kuna need võivad ohtude väljaselgitamisel väga kasulikud olla. Riskide hindamisel võtke arvesse:

- kuidas nanomaterjalid on toodetud/loodud/sünteesitud?
- kas nendega kokkupuutumine on tõenäoline?
- kes võivad nendega kokku puutuda?
- kas kokkupuutumist saab küllaldaselt vältida?
- kui kokkupuutumist vältida ei saa, hinnake kokkupuutumise võimalikke tasemeid.

Kui ohud on kindlaks tehtud, tuleb otsustada, mida nendega teha. Kui ohtu ei ole võimalik täielikult kõrvaldada, tuleks teha niipalju, kui võimalik, et ära hoida töötajatele kahju tekitamine.

Kuidas ja millal võib kokkupuude toimuda?

Kokkupuutumine nanomaterjalidega töö juures võib toimuda:

- nende tootmise käigus;
- teistesse materjalidesse/toodetesse lisamise käigus, nt polümeerkomposiidid, meditsiinilised rakendused ja elektroonikaseadmed;
- nanoosakeste loomisprotsessil mittesuletud süsteemides;
- nanoosakeste omaduste ja kasutusala uurimise käigus;
- tolmutõrjesüsteemide puhastamisel;
- jäätmekäitluse tulemusel;
- juhusliku keskkonda lekkimise tagajärjel.

Kuidas võivad nanomaterjalid töötaja organismi sattuda? Kas:

- nanoosakesi sisaldavate aurude, udu või tolmu sissehingamisel?
- nanoosakeste nahale sattumisel, allaneelamisel või silma sattumisel?
- nahal oleva torkehaava kaudu?

Nanomaterjalidega seotud tegevuste hulka, mis nõuavad võimaliku kokkupuute hindamisel erilist tähelepanu, kuuluvad:

- kaalumise, segamise ja sõelumisega seotud tööd;
- keermestamis- ja puhastamistööd;
- lahustamistoimingud ning pihustamis-kuivatamistööd;
- nanomaterjalide osakeste kasutamine;
- nanoosakeste tootmine (eriti nanoosakeste tootmine gaasifaasis) ning sellega seotud seadmete hooldus;
- nanoosakesi sisaldavate materjalide töötlemine (nt saagimine, lihvimine, teritamine);
- nanomaterjale sisaldavate vedelike pihustamine;
- nanoosakeste töötlemine vedelikus, millega kaasneb kõrge energiatootmine;
- tööruumide puhastus, seadmete hooldus.

Riskianalüüs peab alati olema kirjalik ning see tuleks üle vaadata, kui tingimused muutuvad, või kui kasutatavate nanomaterjalide kohta avaldatakse uusi andmeid.

4. Riskide ohjamine: kaitsemeetmete rakendamine

Nanomaterjalid on ohtlikud ained ning kuni selgeid tõendeid sissehingamisega seotud ohtude kohta pole, tuleks nendega seotud terviseriskide ennetamiseks rakendada ettevaatuspõhimõtet. Kui nanomaterjalide kasutamist vältida ei saa, võib riskide ohjamisprogramm aidata töökohal kokkupuutevõimaluse miinimumini viia. Sellise programmi elemendid peaksid hõlmama järgmist:

- Töötaja tegevuse ja tööülesannete analüüsimine, et teha kindlaks kokkupuute võimalikkus.
- Nanomaterjalidega tegelevate töötajate arvu vähendamine ning nende materjalidega kokkupuutumise kestuse ja kasutatavate koguste vähendamine.

Vajalikud kaitsemeetmed valitakse riskianalüüsi tulemuste põhjal. Kaitsemeetmete rakendamiseks soovitatakse järgmist tegevuskäiku:

1. Asendamine. Siduge pulbrilised nanomaterjalid vedelas või tahkes keskkonnas. Kasutage pulbriliste ainete asemel dispersioone, pastasid või segusid, kui see on tehniliselt teostatav ja ökonoomselt vastuvõetav.

2. Insenertehnilised kaitsemeetmed. Nanomaterjalide õhku sattumise ohu olemasolu korral rakendage järgmisi kaitsemeetmeid:

- Hoidke võimaluse korral materjal märg või niiske või kasutage püdelaid materjale ning vältige energetilisi protsesse, mis võivad põhjustada tolmu või aerosooli tekkimist õhus.

- Hoidke kõik nanomaterjale sisaldavad anumad kinni, kui neid ei kasutata. On teada, et isegi anumate avamisel võivad nanomaterjalid välja pääseda ja õhku sattuda.
- Nanomaterjale kaaludes pange kaalu alla märg absorbendi leht.
- Maha sattunud nanomaterjali kogumiseks kasutage märga absorbendilehte ning hävitage see ohtliku jäätmena.
- Ärge teostage tööülesandeid lahtisel töölaual.

Tehke tööd võimaluse korral suletud paigaldistes. Kui see ei ole võimalik, vältige tolmu ja aerosoolide teket, tõmmates eralduv tolmu ja aerosoolid nende tekkekohas välja, nt sünteesikolonnide täitmis- ja tühjendamistoimingutel. Tagage väljatõmbeseadmetele regulaarne hooldus ja toimimiskontroll. Väljajuhitud õhk ei tohi ilma puhastamata tagasi ringlusse sattuda.

Tehnilised kaitsemeetmed võivad varieeruda sõltuvalt konkreetse töökoha nõuetest. Kokkupuute vältimiseks võib nanomaterjalidega töötavatel inimestel vaja minna kombineeritud kaitsemeetmeid. Nanomaterjalide tootmise/sünteesi või kaalumise seotud protsessides on vajalik täielikult või osaliselt suletud tõmbekapi kasutamine. Komposiitsete nanomaterjalide lõikamiseks, saagimiseks ja poleerimiseks võivad sobida teist tüüpi tõmbekapid, nagu kogumis- ja sissetõmbekapid või tõmbepingid. Kõik lokaalsed ventilatsiooniseadmed tuleks kavandada ja paigaldada vastavalt kõrgetele ohutusstandarditele.

Süsiniknanotorude ja teiste bioloogiliselt püsivate kõrge külgsuhtega nanomaterjalide puhul peaks tõmbekapp olema HEPA filtriga (filtri klass 14) ning saastunud õhk tuleb suunata ohutusse kohta väljaspool hoonet. Väljajuhitavat õhku ei tohi kunagi otse tagasi töökohta suunata, kui seda pole õhus olevate nanomaterjalide kõrvaldamiseks vähemalt ühe HEPA H14 filtriga tõhusalt filtreeritud.

3. Organisatsioonilised kaitsemeetmed. Selgitage asjassepuutuvatele töötajatele vabade nanoosakeste füüsikalisi omadusi, ohutusmeetmete rakendamise vajalikkust ning tolmu pikaajalise toime mõjusid tervisele. Hoidke nanomaterjalidega potentsiaalselt kokkupuutuvate töötajate arv võimalikult väike. Keelata tuleb kõrvalistele isikutele juurdepääs nanoosakeste kasutamise seotud tööaladesse. Tagage, et tööriided oleksid puhtad. Tööriiete pesemise eest hoolitseb tööandja. Tööriideid ja erariideid tuleb hoida eraldi. Tagage töökohtade regulaarne puhastamine. Ainus viis jääkide või lekkinud ainete kõrvaldamiseks on imuriga või nende pühkimine niiske lapiga; ärge eemaldage neid suruõhuga.

4. Isikukaitsevahendid: Isikukaitsevahendite kasutamine on sobiv kohtades, kus tehnilised kaitsemeetmed ei ole piisavad või kus neid ei ole võimalik rakendada. Aine omadustest sõltuvalt võib osutada vajalikuks kaitsekinnaste, küljekaitsega kaitseprillide või kaitseriietuse kandmine. Isikukaitsevahendi kasutamine vajab ka selle kontrollimist ja hooldust, kuna tõrke korral kaitsevõime kaob ning kandja muutub ohu eest kaitsetuks. Kasutajad peavad täpselt teadma, kuidas oma isikukaitsevahendeid nõuetekohaselt kasutada ja hooldada.

Lisaks tolmukaitsemeetmetele tuleb rakendada aine erilistest omadustest tingitud meetmeid, nt oksüdeerivate nanomaterjalide käitlemisel täiendavaid plahvatusvastaseid abinõusid või reaktiivsete või katalüütiliste nanomaterjalide käitlemisel spetsiifilisi kaitsemeetmeid. Lisaks spetsiaalselt nanomaterjalide jaoks mõeldud meetmetele tuleb rakendada kõiki riskianalüüsist tulenevaid abinõusid, nii et muu hulgas peetakse kinni ka teistele kasutatavatele ohtlikele ainetele, nt lahustitele, kehtestatud piirnormidest töökohal.

Kaitseriietus.

Nanomaterjalidega tegeledes tuleks kanda polüestrist valmistatud laborikitleid või kombinesoone. Tuleb tagada, et selga pannakse puhtad kombinesoonid või laborikitlid. Saastunud rõivad võetakse seljast ära nii, et need ei ohustaks teisi töötajaid ega üldist tööpaika. Kui kasutatakse korduvkasutatavaid laborikitleid või kombinesoone, tuleb need puhtaks pesta, et vältida teisest kokkupuudet. Ühekordse ulatusliku saastumise korral tuleks ka nn taaskasutatavaid isikukaitsevahendeid kohelda ühekordsetena. Kui tihti kaitseriietust vahetada või pesta tuleb, sõltub tööülesandest. Minimaalselt soovitakse laborikitleid vahetada vähemalt üks kord kuus. Ärge lubage tööriideid pesemiseks koju viia.

Süsiniknanotorude ja teiste bioloogiliselt püsivate kõrge külgsuhtega nanomaterjalide puhul toimib polüetüleenkangastest (näit *Tyvek*) valmistatud kaitseriietus paremini kui tavaline laborikittel, kuna seda tüüpi materjal ei pea tolmu kinni ega lase tolmul sisse tungida. Soovitatav pole villase, puuvillase, polüester-puuvillase või kootud materjali kandmine, kuna need koguvad endasse tolmu.

Kaitsekindad.

Süsiniknanotorude ja bioloogiliselt püsivate kõrge külgsuhtega nanomaterjalide difusioonivõime sõltub kindamaterjali paksusest, mistõttu tuleks nende käitlemisel kanda ainult asjakohasele standardile vastavaid kindaid. Kui riskianalüüs näitab, et latekskindad on ohutuim valik, kasutage ainult puudrivabu kindaid. Arvestada tuleb ka teisi kasutatavaid ained, nagu lahustid, mis võivad olla süsiniknanotorude ja teiste bioloogiliselt püsivate kõrge külgsuhtega nanomaterjalide töötlemisprotsessi kaasatud. Töötajatele tuleb õpetada kaitsekinnaste nõuetekohast kasutamist, sh kuidas tõmmata kindaid kätte ja käest ära ilma ennast saastamata.

Silmade kaitse.

Nanomaterjalidega tegelemisel tuleks kanda tihedalt paigaldatavaid kaitseprille.

Hingamisteede kaitsevahendid.

Hingamisteede kaitsevahendeid tuleks kasutada ainult siis, kui tehnilised meetmeid ei taga piisavat kaitset.

Hingamisteede kaitsevahendi valimisel tuleb jälgida, et see oleks sobiv ja vastaks asjakohasele ohutusstandardile. Arvestada tuleb ka teisi kasutatavaid ained, nagu lahustid, mida võidakse nanomaterjalide käitlemisel kasutada.

Kui hingamisteede kaitsevahendeid kasutatakse ainsa kaitsemeetodina, tuleks kasutada kogu nägu katvat maski, mille kaitsetegur on 40 ning mis üle ühe tunni kestval pideval kasutamisel on varustatud mootoriga.

Kui hingamisteede kaitsevahendeid kasutatakse teisese kaitsevahendina õnnetusjuhtumi või juhusliku lekke korral või kus riskianalüüsi järgi on vajalik lisakaitse, peab ühekordse või poolt nägu katva maski kaitsetegur olema vähemalt 20.

Kõik maskitüübid, kaasa arvatud ühekordsed, peavad tööülesandeks sobima ja olema isiku näo järgi sobivaks tehtud. Töötajatele tuleb õpetada hingamisteede kaitsevahendite nõuetekohast kasutamist ja kontrollimist. Kui vahendid on korduvkasutatavad, tuleb neid regulaarselt puhastada ja kontrollida, et tagada nende toimivus. Hingamisteede kaitsevahendite hoolduse kohta tuleb pidada kirjalikku dokumentatsiooni.

5. Nanomaterjalide kasutamise tähistamine töökohas

Nanomaterjalide kasutamise tähistamiseks töökohas ei ole veel standardiseeritud ohutusmärke. Soovitav on rakendada ettevaatusepõhimõtet, kasutades kõikide tegelike või potentsiaalsete ohtudega seotud teabe edastamiseks olemasolevaid riski- ja ohutuslauseid ning hoiatusmärke. Sobiva ohumärgistuse valik peaks sõltuma kasutatava materjali kohta olemasolevast ohualasest teabest.

6. Nanomaterjalide transportimine

Nanomaterjale tohib transportida kinnistes, vastupidavates ja märgistatud mahutites, mis on pandud löögikindla konteineri sisse, näiteks vastupidavast plastikust väliskonteineritesse paigutatud pudelites.

7. Lekete koristamine

Pärast nanomaterjalide kasutamist või leket tuleb töökoht ja seadmed puhastada märgpuhastuse abil. Pidage meeles:

- ÄRGE kasutage harja
- ÄRGE kasutage puhastamiseks suruõhku
- ÄRGE asutage tavalist tolmuimejat

Kui tolmuimeja on ainus põhjendatult kasutatav koristusvahend, peab see olema varustatud HEPA filtriga. Nanomaterjalide tolmu sisaldavat filtrit tuleb regulaarselt kontrollitud tingimustes vahetada ning käidelda ohtliku jäätmena. Tolmuimejat tohib kasutada ainult sellel eesmärgil ning kasutusea lõppedes kohelda ohtliku jäätmena, järgides ettevaatuspõhimõtteid.

Lekete, õnnetusjuhtumite ja hädaolukordade jaoks peavad olema koostatud tegevusjuhised, millest peavad kõik töötajad olema teadlikud.

8. Teave, juhendamine ja väljaõpe

Tööandjad peavad kõikidele nanomaterjalidega kokkupuutuvatele töötajatele tagama piisava teabe, juhendamise ja väljaõppe, et mõista võimalikke tervisega seotud riske ja ettevaatusabinõusid, mida peab kokkupuute vältimiseks või minimeerimiseks rakendama. Tööandjad peaksid tagama piisava järelevalve, eriti uutele ja kogenematutele töötajatele.

Väljaõppes tuleb üksikasjalikult selgitada, kuidas kaitsevahendeid kasutada. Töötajad peavad teadma, et oma otsest ülemust tuleb viivitamata teavitada avastatud puudujääkidest kaitsemeetmetes.

Kui kasutatakse hingamisteede kaitsevahendeid, tuleb töötajatele õpetada, kuidas kontrollida nende sobivust ning andma selged juhised nende hoidmise, kasutamise ja hooldamise kohta, ning kui need on ühekordsed, siis ka äraviskamise ja utiliseerimise kohta.

Teave, juhendamine ja väljaõpe peaksid võimaldama töötajal:

- mõista kokkupuutest tulenevaid terviseriske;
- rakendada ettenähtud kaitsemeetmeid tõhusalt;
- kasutada vajaduse korral isikukaitsevahendeid.

Kõik töötaja juhendamised ja läbitud väljaõpped tuleb kogu tema ettevõttes töötamise aja jooksul dokumenteerida.

9. Tervisekontroll

Nanomaterjalidega kokkupuutuvad töötajad peaksid läbima tervisekontrolli vastavalt määrusele „Töötajate tervisekontrolli kord“, kuna nanomaterjalid loetakse eeldatavalt ohtlikeks aineteks. Tervisekontrolliks pole siduvaid kriteeriume, kuna seni pole määratletud sobivaid katse- ega sõeluuringute meetodeid, samuti pole leitud seoseid kutsehaigustega. Tervise pidev jälgimine on asjakohane seal, kus tervisekahjustused on ülimalt tõenäolised. Kui riskianalüüs nõuab mittenanovormiga keemiliste ohutegurite käitlemisel tervisekontrolli, on tervise jälgimine ka nanovormidega tegelevate töötajate puhul asjakohane.

Tööandja peaks pidama nanomaterjalidega kokkupuutuvate töötajate nimekirja koos nende tööülesannete kirjeldusega. Andmeid nimekirja kantud töötajate kohta tuleb hoida ajakohasena.

10. Jäätmekäitlus

Ohtlikeks jäätmeteks liigitatud nanomaterjalide jäätmeid tuleb käidelda vastavalt kehtestatud korrale.

Kasutatud kirjandus:

1. **Using nanomaterials at work.** Health and Safety Executive, UK, 2013.
2. **Guidance for handling and use of nanomaterials at the workplace.** BAuA (Federal institute for occupational safety and health), Berlin/Dormund/Frankfurt, 2007.
3. **Risk management of carbon nanotubes.** Health and Safety Executive, UK, 2009.
4. **Evaluation and control of occupational health risks from nanoparticles.** TemaNord, Copenhagen, 2007.
5. Kahru, A. **Uued materjalid – kas ka uued ohud? Nanoosakesed.** Keskkonnatehnika 5, 2009.
6. **Komisjoni soovitus nanomaterjali määratluse kohta (2011/696/EL),** 18. oktoober 2011.

Käesolev juhend valmis ESF programmi „Tööelu kvaliteedi parandamine 2009-2014“ raames.