



**VARNO RAVNAJMO
Z NEVARNIMI
KEMIČNIMI SNOVI
za zdrava delovna
mesta**



Evropska agencija
za varnost in zdravje
pri delu



Zdravo delovno okolje

Proizvedeni nanomateriali na delovnem mestu

Ključne točke

- Proizvedeni nanomateriali so snovi, pri katerih je vsaj 50 % delcev velikosti med 1 nm in 100 nm. Najmanjši nanodelci so primerljivi z velikostjo atomov in molekul.
- Učinki nanomaterialov na zdravje so odvisni od njihovih lastnosti, na primer iz katerih snovi so, velikosti, oblike in topnosti delcev ter njihovih površinskih lastnosti. Na splošno nanomateriali vplivajo na zdravje enako kot grobi delci iste snovi, vendar pa se lahko pojavijo tudi drugi učinki. Glavni poti izpostavljenosti za nanomateriale sta vdihavanje in stik s kožo.
- Izpostavljenost nanomaterialom je treba obvladovati in vzdrževati mejno vrednost pod mejnimi vrednostmi za snovi v razsutem stanju (ki jih sestavljajo večji delci, lahko pa vsebujejo tudi nanodelce), in sicer na podlagi previdnostnega načela.
- V industrijskih procesih je prednost, če se z nanomateriali lahko ravna v obliki suspenzije ali paste ali se jih hrani v zaprtih prostorih, da se zmanjšajo emisije in izpostavljenost delavcev tem snovem. V bolj kompleksnih primerih je priporočljivo poiskati strokovno pomoč.
- Nanotehnologija se hitro razvija, prav tako pa se vse bolj zavedamo tudi s tem povezanih tveganj. Delavci, delodajalci in strokovnjaki na področju varnosti in zdravja pri delu, ki se ukvarjajo z nanodelci na delovnem mestu, morajo zato poskrbeti, da so na tekočem z razvojem.

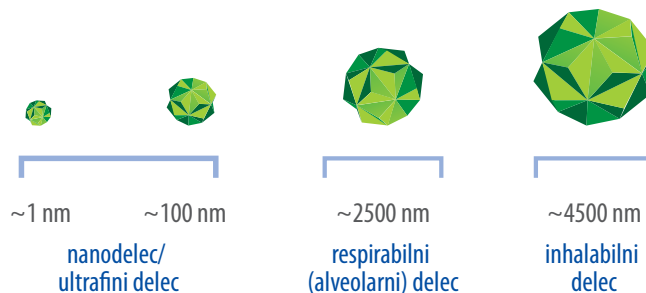
Varno ravnajmo z nevarnimi kemičnimi snovi za zdrava delovna mesta

Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu (EU-OSHA) v letih 2018 in 2019 po celotni Evropi izvaja kampanjo za spodbujanje preprečevanja tveganj zaradi izpostavljenosti nevarnim kemičnim snovem na delovnem mestu. Cilj kampanje je zmanjšati prisotnost nevarnih kemičnih snovi in izpostavljenost tem snovem na delovnem mestu, z ozaveščanjem o tveganjih in učinkovitih načinih njihovega preprečevanja.

Obravnavana težava

Zaradi svojih lastnosti imajo nanomateriali lahko številne strupene učinke. Izkazalo se je, da nekateri (čeprav ne vsi) proizvedeni nanomateriali pomenijo večje tveganje za zdravje kot iste snovi v razsutem stanju. Za ultrafini titanov dioksid (ki lahko vključuje nanodelce) se je na primer izkazalo, da ima močnejše učinke od bolj grobih finih delcev titanovega dioksida. Večplastne ogljikove nanocevkve vrste MWCNT-7 so razvrščene med morebitno rakotvorne snovi za človeka, za druge ogljikove delce pa to ne velja. Različne vrste ogljikovih nanocevk so različno razvrščene.

Kaj so proizvedeni nanomateriali



Proizvedeni nanomateriali so snovi, pri katerih je vsaj 50 % delcev velikosti med 1 nm in 100 nm. Najmanjši nanodelci so primerljivi z velikostjo atomov in molekul.

Delci v tem razponu velikosti imajo lahko drugačne lastnosti od grobih delcev iste snovi. Te lastnosti so posledica njihove majhnosti, pa tudi njihove razmeroma velike površine, oblike, topnosti, kemične sestave, površinske funkcionalizacije in površinske obdelave. Zaradi teh lastnosti so postali bolj zanimivi za znanost in se uporabljajo pri razvoju novih izdelkov in tehnologij.

Nekaj primerov nanomaterialov:

- Nano titanov dioksid se uporablja kot absorber UV-žarkov, na primer, v kozmetiki, barvah in premazih za okensko steklo.
- Grafen je tanka in zelo močna monoatomska plast ogljika z zelo dobro prevodnostjo in velikim potencialom na številnih industrijskih področjih, zlasti v elektroniki.
- Ogljikove nanocevkve imajo lastnosti, ki so zanimive v elektronski industriji. Uporabljajo se za okrepitev različnih vrst materialov, na primer, v gradbeništvu, pa tudi v računalniških zaslonih na osnovi organskih svetlečih diod (OLED).
- Nano srebro se uporablja, na primer, v medicini, kozmetiki in hrani ter kot antiseptično sredstvo pri različnih vrstah uporabe, kot so barve in premazi, oblačila, čevlji in gospodinjski izdelki.
- Kvantne pike so polprevodniki, ki so posebnega pomena za različne vrste uporabe, na primer, za medicinsko slikanje, diagnostiko in elektronske izdelke.

Na področju medicine so nanomateriali postali zanimivi zaradi, na primer, svojega potenciala kot sredstvo za zagotavljanje zdravila ciljnim organom in za slikanje (npr. magnetni nanodelci železovega oksida). Nanomateriali z novimi lastnostmi se razvijajo z uporabo različnih vrst premazov na površino nanodelcev.

Direktive in uredbe EU na področju varnosti in zdravja pri delu, ki zadevajo nanomaterialie

Direktive in uredbe o kemikalijah, ki vsebujejo nanomaterialie, na primer:

Direktiva 89/391/EGS (okvirna direktiva) z dne 12. junija 1989 o uvajanju ukrepov za spodbujanje izboljšav varnosti in zdravja delavcev pri delu

Direktiva 98/24/ES (direktiva o kemičnih dejavnikih) z dne 7. aprila 1998 o varovanju zdravja in zagotavljanju varnosti delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim dejavnikom pri delu

Direktiva 2004/37/ES (direktiva o rakotvornih in mutagenih snoveh) z dne 29. aprila 2004 o varovanju delavcev pred nevarnostmi zaradi izpostavljenosti rakotvornim ali mutagenim snovem pri delu

Uredba (ES) št. 1907/2006 (uredba REACH) z dne 18. decembra 2006 o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij

Uredba (ES) št. 1272/2008 (uredba CLP) z dne 16. decembra 2008 o razvrščanju, označevanju in pakiranju snovi ter zmesi

Nacionalna zakonodaja lahko vsebuje strožje predpise od direktiv in uredb, zato jo je treba upoštevati.

Ukrep, ki ga zahteva zakonodaja na področju varnosti in zdravja pri delu

Zahteve za ravnanje z nanomateriali na delovnem mestu so enake zahtevam za ravnanje z drugimi nevarnimi kemikalijami, vključno s seznanjanjem in usposabljanjem delavcev ter izvajanjem ocen tveganja in ukrepov za zagotavljanje varnega delovnega mesta. Vendar pa se osnovni pogoji za izpolnjevanje teh zahtev za nanodelce razlikujejo od osnovnih pogojev za večino drugih kemikalij. Poznavanje tveganj, ki so povezana z nanomateriali, je še vedno omejeno, prav tako pa mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost (še) ne obstajajo za vse nanomateriale, čeprav so bile predlagane referenčne vrednosti. Zato je treba uporabiti previdnostno načelo, da se izpostavljenost omeji na raven, na kateri naj bi bilo tveganje pod nadzorom, četudi se nanomaterial izkaže za bolj nevarnega, kot je trenutno splošno znano.

Ta informativni list daje splošne praktične nasvete za uporabo previdnostnega načela pri ravnanju z nanomateriali. Za več informacij si oglejte članek OSHwiki „Nanomateriali“.

<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

Tveganja za zdravje zaradi nanomaterialov

Tveganja za zdravje se razlikujejo glede na sestavo nanomaterialov. Na splošno imajo nanomateriali enako vrsto učinkov na zdravje kot grobi delci istega materiala, vendar pa se lahko pojavijo tudi drugi učinki. Nanomateriali, ki vstopijo v telo (tako kot druge snovi), se lahko absorbirajo, razporedijo in presnovijo. Nanomateriale so našli v pljučih, jetrih, ledvicah, srcu, reproduktivnih organih, možganih, vranici, skeletu in mehkih tkivih ter tudi v zarodkih.

Mehanizmi tveganja za zdravje še niso povsem pojasnjeni, vendar pa so nekateri že prepoznani.

- Nekateri nanomateriali lahko povzročijo različne poškodbe pljuč, kot je akutni ali kronični vnetni učinek, za katere se tveganje povečuje z zmanjševanjem velikosti delcev, in tudi poškodbe tkiva, oksidativni stres, kronično toksičnost, citotoksičnost, fibrozo in pojav tumorjev. Nekateri nanomateriali lahko vplivajo tudi na srčno-žilni sistem.
- Zaradi svoje majhnosti lahko nanomateriali vstopijo v telo na način, ki za grobe delce ni mogoč. Za kovine in kovinske okside se je na primer izkazalo, da lahko vstopijo v olfaktorni bulbos prek vohalnega živca, za ogljikove nanocevice pa, da prehajajo skozi posteljico in v plod.
- Vlakenasta, dolga, tanka in netopna nanovlakna, kot so ogljikove nanocevice, lahko povzročijo poškodbe pljuč, kot so vnetja, nastanek granulomov in fibroza. Ti učinki niso bili zaznani pri miših, ki so bile izpostavljene oglju (ista snov, vendar v obliki nanodelcev namesto nanovlaken). Zato je mogoče sklepati, da lahko vsaj nekatere vrste ogljikovih nanocev vplivajo na zdravje na podoben način kot azbest. Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je razvrstila ogljikove nanocevice MWCNT-7 med morebitno rakotvorne za ljudi (skupina 2B). Izkazalo pa se je, da vse ogljikove nanocevice na zdravje ne vplivajo enako. Zaradi svojih površinskih lastnosti nekatere ogljikove nanocevice ne povzročijo nastanka granuloma ali fibroze, izkazalo pa se je tudi, da se lahko ogljikove nanocevice pod določenimi pogoji presnovijo in izločijo iz telesa.

Nevarnost lahko predstavlja tudi visoka eksplozivnost, vnetljivost in katalitski potencial nekaterih nanomaterialov v prahu; zlasti

//

Proizvedeni nanomateriali pomenijo večje tveganje za zdravje kot iste snovi v razsutem stanju.



Izpostavljenost in poti izpostavljenosti

kovinski nanoprahovi, kot je prah na mikro ravni, načeloma močnejše eksplodirajo, njihova občutljivost za vžig pa se povečuje z zmanjševanjem delcev. Tudi temperatura samovžiga se zmanjšuje, manjši kot so delci.

Nanomateriali se ponavadi kopičijo v aglomerate (oblikujejo ohlapno povezane gruče), kar povečuje njihovo velikost, vendar pa aglomeracija ne vpliva močno na njihovo skupno površino. Površina naj bi vplivala na učinke na zdravje, in sicer vsaj pri nekaterih vrstah nanodelcev. Ni jasno, ali aglomeracija vpliva na nevarnosti za zdravje, ki jih povzročijo nanomateriali, niti na kakšen način.

Čeprav so nekateri mehanizmi že poznani, je nujno treba boljše razumeti, kdaj in zakaj nanomateriali vplivajo na zdravje. Vsekakor pa je že zdaj treba upoštevati dokaze, da so vsaj nekateri nanomateriali bolj strupeni od grobih delcev iz iste snovi, in sprejeti preventivne ukrepe.

Izvedenih je bilo več študij, kako lahko nanomateriali vplivajo na zdravje, a so bile opravljene predvsem v celičnih kulturah in na laboratorijskih živalih. Le malo je dokazov o učinkih na zdravje ljudi, ki so bili izpostavljeni proizvedenim nanomaterialom. Obstaja pa veliko dokazov, da je izpostavljenost onesnaževalom zraka, ki vsebujejo naravno tvorjene nanodelce, na primer, varilne hlape, izpuh dizelskih motorjev in druge vrste dima, lahko nevarna na različne načine. Vendar o tem, ali na zdravje vplivajo nanodelci ali druga onesnaževala zraka, ki so prav tako prisotna, ni dovolj podatkov.

Tveganja za zdravje se lahko razvijejo v kronične bolezni ali bolezni, ki se pojavijo samo po izpostavljenosti nanomaterialom. Glavni poti izpostavljenosti nanomaterialom sta vdihavanje in stik s kožo, lahko pa pride tudi do zaužitja.

Do izpostavljenosti proizvedenim nanomaterialom lahko pride v kateri koli fazi njihovega življenjskega cikla, tudi med njihovo proizvodnjo ali proizvodnjo nanofunkcionalnih izdelkov, med uporabo (življenjska doba) nanofunkcionalnih izdelkov ali pri recikliranju, predelavi in odstranjevanju dotrajanih nanofunkcionalnih izdelkov.

Vdihavanje

Če se suh nanomaterial ročno obdeluje na prostem, na primer, če se izsuje iz vreče, naloži v zabojnik ali raztovori iz njega ali nenamerno razsuje, obstaja veliko tveganje za izpostavljenost. Tudi če se nanomateriali obdelujejo v zaprtih sistemih, lahko pride do izpostavljenosti zaradi razsutja ali nesreč. Do izpostavljenosti lahko pride tudi pri ravnanju z odpadki, ki vsebujejo nanomaterialne.

Veliko nanomaterialov se obdeluje kot suspenzija, pasta ali zrnca ali kot sestavni del trdne snovi. Izpostavljenost z vdihavanjem je omejena, vendar lahko pride do nje, če se suspenzija obdeluje na način, pri katerem lahko nastane aerosol, na primer, se prši ali posipava, ali če se granule obdelujejo tako, da se meljejo v manjše delce, pri čemer se oddajajo nanodelci. Do izpostavljenosti lahko pride tudi, če se suspenzija ali pasta posuši, pri čemer nastane suh nanomaterial, ki se lahko dvigne in sprosti v okoliški zrak. Tudi če se nanomaterial obdeluje kot suspenzija, lahko pride do izpostavljenosti, na primer, med čiščenjem in vzdrževanjem.

Izpostavljenost nanomaterialom je treba obvladovati.

Koža

Nanomaterialom je lahko izpostavljena koža, pri čemer je za nekatere nanomateriale to običajna pot izpostavljenosti, saj so sestavine kozmetičnih izdelkov, ki so namenjeni za uporabo na koži. Trenutno velja, da je manjša verjetnost, da se nanomateriali absorbirajo skozi kožo kot z vdihavanjem. Vendar pa lahko poškodovana koža, na primer, zaradi rane ali ekcema, prepušča zelo majhne količine nanomaterialov. Čeprav to trenutno velja za zanemarljivo ali zelo majhno tveganje, se je treba izogniti stiku s kožo, kar bo preprečilo tudi nenamerno zaužitje in izpostavljenost snovem, ki se lahko absorbirajo skozi kožo, ne da bi to bilo že znano.

Zaužitje

Manj verjetno je, da do zaužitja pride na delovnem mestu, vendar lahko slaba higiena povzroči izpostavljenost, na primer, če si delavci ne umijejo rok ali ne preoblečejo oblačil po delu z nanomateriali, nato pa prijemajo hrano ali pijačo z okuženimi rokami oziroma širijo prah nanodelcev v prostor, kjer sta hrana in pijača. Do izpostavljenosti lahko pride tudi nenamerno, na primer s prenosom z rok v usta.

Zunaj delovnega mesta se lahko nanomateriali zaužijejo s hrano, saj lahko embalaža namerno vsebuje nanomateriale. Kot pri nanomaterialih na splošno je učinek na zdravje odvisen od tega, iz česa so sestavljeni. Nedavna študija je pokazala, da zaužitje srebrovih nanodelcev ni povzročilo nobenih klinično ugotovljivih učinkov pri 60 osebah, ki so sodelovale v poskusu.

Ocena tveganja

Načeloma se lahko vse dejavnosti, ki vključujejo obdelovanje suhih nanomaterialov zunaj zaprtih objektov, obravnavajo kot dejavnosti, ki vključujejo tveganje za izpostavljenost delavcev. Vendar pa lahko tudi pri uporabi v zaprtih objektih pride do izpostavljenosti, na primer, zaradi iztekanja ali med čiščenjem in vzdrževalnimi dejavnostmi. To izpostavljenost je treba upoštevati pri ocenah tveganja in preventivnih ukrepih, ki se izvajajo. Ker so nanomateriali sestavljeni iz izredno majhnih delcev, prahu nanodelcev ni mogoče videti na enak način kot ostale vrste prahu. To je treba prav tako upoštevati pri ocenah tveganja.

Tveganja so odvisna od vrste nanomateriala. Največja tveganja pomenijo izpostavljenost netopnim ali slabo topnim nanovlaknom, ki so daljša od 5 µm ter katerih razmerje med dolžino in širino (presečno razmerje) je večje od 3 : 1. Tveganja so visoka tudi pri drugih slabo topnih ali netopnih nanovlaknih in nanoploščicah (npr. v nano tankih listih, kot je grafen). Izpostavljenost nanomaterialom, ki so topni v vodi, velja za manj tvegano.

Tveganja so pogosto ocenjena na podlagi meritev izpostavljenosti. Take meritve so možne, čeprav niso enostavne oziroma preproste in zahtevajo sodobne instrumente za neposredno odčitavanje. Meritve nanodelcev v zraku se v glavnem izvajajo kot del raziskave. Razvita je bila strategija za merjenje, ki združuje

meritve, izvedene z uporabo različnih vrst instrumentov za neposredno odčitavanje različnih frakcij delcev, z meritvami, izvedenimi z uporabo tehnik filtriranja, in analizo z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa (SEM). Vendar pri analizi filtrov obstaja tveganje, da se veliko delcev ujame v pore filtra in niso vidni z mikroskopom SEM. Obenem imajo instrumenti za neposredno odčitavanje omejitve, saj na primer analizirajo delce različnih velikosti, ne pa tudi tega, iz katerih snovi so delci. Poleg tega ni soglasja o tem, katera spremenljivka ima največji pomen za učinke nanomaterialov na zdravje. Standard, kateri parameter (na primer masno koncentracijo, številčno koncentracijo ali površino nanomateriala v zraku) izmeriti za oceno učinkov na zdravje, ne obstaja. Najpomembnejši parameter je lahko odvisen od vrste nanomateriala in učinka na zdravje.

Instrumenti za neposredno odčitavanje izmerijo prisotnost delcev, ne glede na snov v delcu. Ti instrumenti so občutljivi na medsebojno vplivanje nanodelcev, ki niso zadevni proizvedeni nanodelci. Na meritve nanodelcev lahko, na primer, vpliva prisotnost nanodelcev v izpušnih plinih pri različnih vrstah zgorevanja, kot so cigaretni dim in hlapi, ki se sproščajo pri varjenju, spajkanju in toplotnem pečenju. Nanodelci se lahko oddajajo pri gorenju sveč, lupljenju citrusov in kondenzaciji vodnih hlapov.

Če povzamemo, obstajajo pri določitvi ocene tveganja v zvezi z nanomateriali na delovnem mestu naslednje težave:

1. nezadostne informacije o nevarnih lastnostih nanomaterialov;
2. omejitve pri metodah in napravah, ki se lahko uporabljajo za merjenje stopnje izpostavljenosti ter prepoznavanje nanomaterialov in virov emisij.



Na voljo je lahko tudi premalo podatkov o prisotnosti nanomaterialov, in sicer zlasti v zmesih ali izdelkih, ter niže navzdol po uporabniški verigi, v kateri se uporabljajo ali obdelujejo nanomateriali ali izdelki, ki vsebujejo nanomateriale.

Ocena tveganja proizvedenih nanomaterialov mora vključevati:

1. inventar nanomaterialov, ki se shranjujejo in uporabljajo na delovnem mestu;
2. informacije o tveganjih, ki jih nanomateriali pomenijo za zdravje, ponavadi iz varnostnih listov;
3. oceno izpostavljenosti z vdihavanjem, prek kože in z zaužitjem;
4. odločitve o ukrepih, ki so potrebni za zmanjšanje izpostavljenosti, in akcijski načrt, ki določa, kaj je treba storiti, kdo mora to storiti in kdaj;
5. upoštevanje tveganj za delavce iz ranljivih skupin, kot so mladi delavci in nosečnice ali doječe matere, in ali je potrebno posebno ukrepanje za njihovo zaščito;
6. redne revizije ocene tveganja;
7. oceno izvedenih ukrepov in po potrebi izboljšave akcijskega načrta.

Ocene tveganja morajo temeljiti na načelu previdnosti, pri čemer se upoštevajo naslednje ugotovitve:

- Ali je nanomaterial take vrste, da pomeni visoko tveganje?
- Ali lahko na delovnem mestu ali nenamerno pride do visoke ravni izpostavljenosti nanomaterialu?

Nanomateriali z visokim tveganjem in visoka stopnja izpostavljenosti pomenijo zelo veliko tveganje in zahtevajo takojšnje ukrepe za zmanjšanje izpostavljenosti. Nanomateriali z majhnim tveganjem in nizko stopnjo izpostavljenosti ne zahtevajo takojšnjih ukrepov, morda celo nobenih.

Na voljo so različne vrste orodij in podpora za oceno tveganja, ki ga pomenijo nanomateriali.

Pregled je predstavljen v **Smernicah Evropske komisije** o varovanju zdravja in zagotavljanju varnosti delavcev pred možnimi tveganji, ki so povezana z nanomateriali na delovnem mestu.

Dodatne informacije so na voljo na spletnih straneh **Evropske agencije za kemikalije, Svetovne zdravstvene organizacije** ter **Organizacije za gospodarsko sodelovanje in razvoj**.

Ukrepanje in obvladovanje tveganj

Delodajalci morajo za svoje delavce zagotoviti varno in zdravo delovno okolje, kar vključuje varovanje pred tveganji zaradi izpostavljenosti nanomaterialom.

Evropska zakonodaja na področju varnosti in zdravja pri delu določa hierarhijo ukrepov za preprečevanje ali zmanjševanje izpostavljenosti delavcev nevarnim kemičnim snovem (člen 6 direktive o kemičnih snoveh). Ta prednostni vrstni red, kot se imenuje v direktivi, je znan tudi kot načelo STOP:

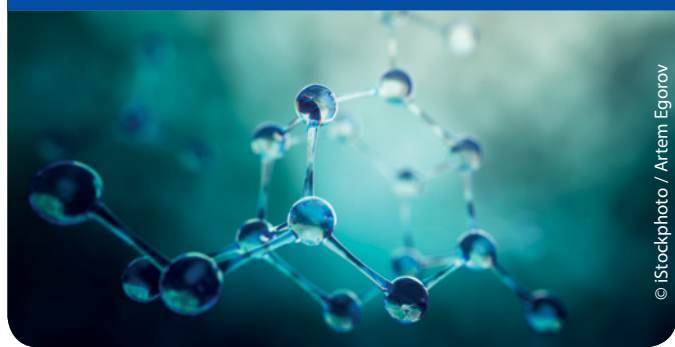
S = nadomestitev (ki zajema tudi popolno odstranitev nevarne kemične snovi);

T = tehnični ukrepi;

O = organizacijski ukrepi;

P = osebni varovalni ukrepi.

S = nadomestitev



Nanomateriali se pogosto uporabljajo zaradi svojih edinstvenih tehničnih lastnosti, zato jih je težko nadomestiti. Čeprav se uporabi nanomaterialov ni mogoče izogniti, pa jih je mogoče upravljaliti v oblikah, pri katerih je izpostavljenost kar najmanjša, na primer, v tekoči obliki, kot suspenzijo ali pasto ali v trdni, strnjeni obliki. To precej zmanjša izpostavljenost, zlasti z vdihavanjem. Treba pa se je izogniti razprševanju nanomaterialov, saj se lahko vdihavajo v aerosolu.

//
*Glavni poti izpostavljenosti
nanomaterialom sta
vdihtavanje in stik s kožo.*

T = tehnični ukrepi



Načeloma se lahko nanomateriali v zraku primerjajo z aerosoli in se lahko nadzirajo z ukrepi, ki so podobni tistim, ki se uporabljajo za **nadzor aerosolov**. Zaradi majhne mase nanodelcev pa je njihova kinetična energija zelo nizka, zato se lahko šteje, da se obnašajo kot plin in ne kot prah. Izbira tehnologije je odvisna od obsega izpostavljenosti, kar pa je odvisno od prašenja in stopnje emisij nanomateriala. Za obvladovanje izpostavljenosti in tveganja je morda treba uporabiti kombinacijo metod. Enkapsulacija in prezračevanje procesa je učinkovit način za zmanjšanje izpostavljenosti. Vendar pa je treba obvladovati tveganja razsutja, prav tako pa upoštevati in obvladovati tveganja v zvezi z vzdrževanjem, popravilom in čiščenjem.

Za procese, pri katerih se obdelujejo nanomateriali, se zaradi potrebe po zaščiti procesa pred kontaminacijo pogosto izberejo zaprti sistemi. Zaprt sistem je ugoden in dober tehnični ukrep, saj preprečuje tudi emisije nanomaterialov v okolico in k delavcem. Tak sistem je prav posebej priporočljiv za dejavnosti, kot so merjenje proizvedenih nanomaterialov, njihovo vlivanje (vključno z mešanjem) v proizvodno ali predelovalno opremo ali odstranjevanje iz nje, čiščenje posod in predelava odpadkov, razen če možnost za izpostavljenost ne obstaja.

Če ni mogoče uporabiti nadomestitve ali zaprtega sistema, je treba za zmanjšanje izpostavljenosti upoštevati tehnične ukrepe (npr. zadrževanje, lokalno prezračevanje, **splošno prezračevanje**). Tehnični ukrepi so odvisni od zahtev posameznega delovnega mesta in morajo upoštevati vir emisij, tveganje ter potrebo po zmanjšanju emisij in izpostavljenosti, pa tudi količino in fizično obliko nanomaterialov ter trajanje in pogostost nalog.

Lokalno in splošno prezračevanje pomagata preprečiti disperzijo nanomaterialov v zraku delovnega območja in sosednjih prostorov. Za odstranjevanje nanodelcev iz odsesanega zraka je treba uporabiti ustrezen filtrirni sistem. To je lahko večstopenjski sistem s filtri HEPA (ang. high-efficiency particulate air, HEPA) ali s filtri ULPA (ang. ultra-low penetration air, ULPA).

Izpostavljenost na delovnem mestu bo zmanjšalo optimiziranje procesa načrtovanja in delovnih praks na način, da se zmanjšajo nevarni stranski proizvodi in odpadki.

Zmanjšanje tveganja za **eksplozije**, ki ga pomenijo nanodelci, se lahko doseže z uporabo **štirih „posebnih varnostnih pregrad“**:

- preprečevalna pregrada: zmanjša verjetnost nezgod s krepitvijo vzdrževalnih postopkov, ki preprečujejo nezajete emisije, naključno ustvarjanje eksplozivnega ozračja, kopičenje statične elektrike in virov nenamernega vžiga;
- ublažitvena pregrada: zmanjša dejavnike tveganja pri procesih z znižanjem temperature in tlakov v procesu;
- ublažitvena pregrada: zmanjša parametre resnosti eksplozivnosti nanoprahov z nadomestitvijo ali redčenjem;
- zaščitna pregrada: poveča stopnjo zaščite za ogrožene delavce.



O = organizacijski ukrepi



Organizacijski ukrepi vključujejo, na primer, seznanjanje delavcev o tveganjih, preventivnih ukrepih, ki jih je treba uporabljati, in pravilih, ki jih je treba upoštevati. Informacije za delavce morajo vključevati tudi podatke o nevarnostih nanomaterialov in pomenu načela previdnosti glede na še vedno omejeno poznavanje nevarnosti, ki jih nanomateriali pomenijo za zdravje.

Dokumentiranje varnih postopkov in delovnih navodil za procese, ki vključujejo nanomaterialne, ter njihova razpoložljivost na delovnem mestu bosta zagotovila podlago za ustrezne delovne prakse in referenčno točko za nenehne izboljšave.

Organizacijski ukrepi lahko vključujejo tudi zmanjšanje števila delavcev na delovnem mestu, ki je izpostavljeno nanomaterialom, in zmanjšanje delovnih ur pri morebitni izpostavljenosti nanomaterialom. Omejiti je treba dostop do območij, na katerih lahko pride do izpostavljenosti; ustrezno je treba uporabljati varnostne in opozorilne znake.



P = osebni varovalni ukrepi



Če zgoraj navedenih ukrepov ni mogoče izvesti ali pa so nezadostni, je treba kot zadnjo možnost uporabiti osebno varovalno opremo. V številnih panogah se uporabljajo delovna oblačila skupaj z rokavicami in varovalnimi očali, kadar je to potrebno.

Informacije o priporočeni osebni varovalni opremi je treba zagotoviti v varnostnih listih za kemične izdelke, ki vsebujejo nanomaterialne.



Dodatne informacije

Vse reference in podrobnejše informacije najdete v članku OSHwiki o nanomaterialih:
<https://oshwiki.eu/wiki/Nanomaterials>

[#Euhealthyworkplaces](#)

