

TECHNINĖS PRIEŽIŪROS SRITYJE NAUDOJAMOS NANOMEDŽIAGOS: PROFESINĖ RIZIKA IR PREVENCIJA

Nanotechnologijų srityje daroma sparti pažanga, ir tiek kasdienybėje, tiek darbo vietose vis labiau įprasta naudoti nanomedžiagas. Tai reiškia, kad su nanomedžiagomis gali susidurti daugiau techninės priežiūros darbus atliekančių darbuotojų. Nepaisant šiuo metu vykdomų mokslinių tyrimų, nanotechnologijų sritis vystosi sparčiau nei gaunama žinių apie nanomedžiagų poveikį sveikatai ir saugai. Tebėra daug neaiškumų, todėl kyla klausimų dėl rizikos darbuotojų sveikatai ir saugai vertinimo.

Šiame e. fakte paaiškinama, kaip darbuotojai gali susidurti su nanomedžiagomis atlikdami techninės priežiūros darbus, ir pateikiama informacija, ko imtis siekiant išvengti galimo jų poveikio.

1 Įvadas

1.1 Kas yra nanomedžiagos?

Nanomedžiagos – tai medžiagos, kurių sudėtyje yra dalelių, kurių vienas arba keli matmenys yra nuo 1 iki 100 nm ⁽¹⁾, t. y. šios dalelės yra į atomus ir molekules panašaus dydžio. Jos gali būti natūralios kilmės, pvz., atsiradusios iš vulkaninių pelenų ar kaip nenumatytas žmogaus veiklos padarinys, kaip antai dalelės, kurių yra iš dyzelino susidariusiose išmetamosiose dujose. Vis dėlto daug nanomedžiagų yra sąmoningai gaminamos ir pateikiamos rinkai – šiame e. fakte daugiausia dėmesio skiriama būtent šioms nanomedžiagoms.

Nors nanomedžiagos ir gali sudaryti aglomeratus ir agregatus, kurie gali būti didesni nei 100 nm, šie gali suirti ir išskirti nanomedžiagas. Todėl į šiuos aglomeratus ir agregatus taip pat būtina atsižvelgti atliekant bet kokių nanomedžiagų keliamos rizikos vertinimą.

Specifinės (neįprastos) dirbtinių nanomedžiagų savybės suteikia daug pranašumų, kuriuos galima panaudoti daugybe būdų. Dirbtines nanomedžiagas galima naudoti vienas arba kartu su kitomis medžiagomis siekiant, pvz.:

1. miniatiurizuoti, pvz., elektroninę įrangą;
2. sumažinti svorį (padidinus medžiagos efektyvumą) ir
3. pagerinti medžiagų funkcionalumą (pvz., padidinti jų patvarumą, laidumą, terminį stabilumą, tirpumą, sumažinti trintį).

Tai, kokių dirbtinių nanomedžiagų gali būti darbo vietoje, priklauso nuo to, kokie procesai joje atliekami, kokie produktai gaminami ir kokios medžiagos naudojamos kaip žaliava arba kaip pagalbinė apdorojimo priemonė.

(1) Pagal Europos Komisijos rekomendaciją [1]:

- Nanomedžiaga – „gamtinė, šalutinė arba dirbtinė medžiaga, kurioje yra nesusietųjų dalelių, dalelių agregatų arba aglomeratų ir kurios dalelių dydžio skirstinyje yra 50 % arba daugiau dalelių, kurių vienas arba keli išorės matmenys yra 1–100 nm. Dalelių dydžio skirstinys išreikštas kaip tam tikro matmenų intervalo objektų skaičius, padalytas iš viso objektų skaičiaus.“
- „Konkrečiais atvejais, rūpinantis aplinka, sveikata, sauga arba konkurencingumu, dalelių dydžio skirstinio 50 % slenksčių galima pakeisti 1–50 % slenksčiu.“
- „Nukrypstant nuo pirmiau pateiktos nuostatos, fulerenai, grafeno dribsniai ir vienasieniai anglies nanovamzdeliai, kurių vienas arba keli išorės matmenys mažesni kaip 1 nm, turėtų būti laikomi nanomedžiagomis.“

1.2 Techninė priežiūra



Autorė Dovilė Čižaitė

Nuolatinė techninė priežiūra itin svarbi, kad įranga, mašinos, statiniai ir konstrukcijos (kaip antai tiltai arba tuneliai) bei darbo aplinka išliktų saugūs ir patikimi. Techninė priežiūra apima įvairius labai skirtinguose sektoriuose ir labai įvairioje darbo aplinkoje atliekamus darbus. Paprastai vykdant techninę priežiūrą atliekama tam tikrų dalių techninė apžiūra, remontas, jos tikrinamos, reguliuojamos arba pakeičiamos naujomis, ir ją vykdant darbuotojams gali tekti, pvz., atidaryti uždaras gamybos sistemas, keisti filtrus, pašalinti dažų sluoksnius, naudoti smėliapūtę, trinti, šlifuoti, naudoti užpildus, dažyti, izoliuoti ir taisyti elektros tinklą, dujų ar vandens tiekimo sistemas. Kadangi tam tikri techninės priežiūros darbai atliekami visuose sektoriuose ir visose darbo vietose, palyginti su kitais darbuotojais, techninės priežiūros darbuotojams didesnė tikimybė patirti įvairiausių profesinius pavojus.

Techninė priežiūra gali būti aktyvi (tokia techninė priežiūra atliekama siekiant užkirsti kelią mašinų ar konstrukcijų gedimams ir išvengti nesaugių sąlygų susidarymo darbo vietoje) arba reaktyvi (atliekama siekiant pataisyti įrangą ar suremontuoti statybines konstrukcijas). Todėl techninės priežiūros darbai gali būti darbuotojo kasdienybės dalis, pvz., darbuotojui gali reikėti kiekvienos darbo dienos pabaigoje valyti ir tikrinti purkštuvą, arba tai gali būti neįprasta veikla, vykdoma tuomet, kai įranga arba mašinos sugenda. Techninės priežiūros darbai gali būti pagrindinė statybininkų veikla.

Naudingos informacijos apie techninę priežiūrą bei darbuotojų saugą ir sveikatą rasite EU-OSHA svetainėje, <https://osha.europa.eu/lt/topics/maintenance>.

1.3 Techninės priežiūros darbuose naudojamos nanomedžiagos

Nors nanotechnologijos yra palyginti nauja pramonės šaka, dėl savo specifinių savybių jos jau dabar yra naudojamos daugybe būdų. Tai reiškia, kad į galimą nanomedžiagų poveikį atliekant techninę priežiūrą reikia atsižvelgti vis daugiau sektorių ir darbo vietų.

Iš tiesų daugėjant pagamintų produktų, kuriuose yra nanomedžiagų, tikimybė, kad darbuotojams reikės atlikti tokių produktų techninę priežiūrą, ir galimybė susidurti su nanomedžiagomis didėja. Tokių produktų su nanomedžiagomis pavydžiai – tai automobiliai, mažo pasipriešinimo riedėjimui padangos, elektros ir elektroninė įranga, kaip antai didelio efektyvumo davikliai ir elektronika, energijos gamybos įranga, kaip antai didelės galios įkraunamos baterijų sistemos arba plėvelės storio pažangiosios saulės baterijų plokštės. Pačiuose statiniuose taip pat gali būti nanomedžiagų.

Be to, rinkoje daugėja techninės priežiūros produktų su dirbtinėmis nanomedžiagomis, kurie naudojami atliekant techninės priežiūros darbus, pvz., tepalų, dengiamųjų medžiagų ar klijų. Naudojant šiuos produktus ir netaikant atitinkamų prevencijos priemonių, darbuotojai taip pat gali patirti nanomedžiagų poveikį.

Tam tikri dirbtinių nanomedžiagų naudojimo būdai, pvz., išmanieji dažai, kurie naudojami siekiant nustatyti dažytų paviršių įtrūkimus ar koroziją, taip pat gali būti labai naudingi techninės priežiūros darbuotojams jų saugos ir sveikatos požiūriu. Išmaniųjų dažų sudėtyje yra anglies nanovamzdelių, kurie yra laidūs elektrai. Esant tokiems paviršiaus pažeidimams, sumažėja jų laidumas, todėl šiuos dažus galima naudoti siekiant nuotoliniu būdu nustatyti mikroskopinius struktūrinius pažeidimus, pvz., tiltuose ar vėjo jėgainėse, ir taip išvengti būtinybės dirbti dideliame aukštyje siekiant patikrinti tokias konstrukcijas.

2 Nanomedžiagų keliamą riziką techninės priežiūros darbus atliekančių darbuotojų saugai ir sveikatai

Nors nanomedžiagos gali būti labai naudingos, kai kurios iš jų gali kelti grėsmę žmonių sveikatai ir saugai [2–4] ir kelti pavojų techninės priežiūros darbuotojams.

2.1 Pavojai ir patekimo į organizmą būdai

Pavojų sveikatai gali kilti dėl didelio kai kurių nanomiltelių (miltelių formos nanomedžiagų), ypač metalų nanomiltelių, sprogdumo, degumo ir katalitinio potencialo.

Nanomedžiagos gali sukelti labai įvairų galimą toksinį poveikį, net jei ta pati makroskalės lygmens medžiaga tokio poveikio neturi. Daugiausia tokį poveikį lemia nedidelis dalelių dydis, bet taip pat jis priklauso nuo dalelių formos, esminių cheminių savybių, paviršiaus būklės (pvz., paviršiaus ploto, paviršiaus funkcionalizavimo, paviršiaus apdorojimo), agregacijos ir (arba) aglomeracijos būsenos ir kt. [3, 4].

Įprastomis aplinkos sąlygomis nanomedžiagos gali sudaryti didesnius kaip 100 nm aglomeratus arba agregatus ir taip pakeisti (bet nebūtinai prarasti) savo nanosavybes. Tačiau nanomedžiagos gali vėl išsiskirti iš aglomeratų, kurių dalelės susietos silpnai, o tam tikromis sąlygomis – net ir iš agregatų, kurių dalelės susietos stipriau. Šiuo metu tiriama, ar taip negali atsitikti plaučių skystyje, įkvėpus tokių aglomeratų arba agregatų [3, 4]. Todėl į aglomeratus ir agregatus, kurių sudėtyje yra nanomedžiagų, taip pat reikėtų atsižvelgti atliekant darbo vietos rizikos vertinimą.

Nanomedžiagoms patekus į organizmą, vidaus poveikio mechanizmas gali apimti tolesnį įsisavinimą, pasiskirstymą ir metabolizmą. Kai kurių nanomedžiagų rasta, pavyzdžiui, plaučiuose, kepenyse, inkstuose, širdyje, reprodukciniuose organuose, vaisiui, galvos smegenyse, blužnyje, skelete ir minkštuosiuose audiniuose [5]. Yra neatsakytų klausimų, susijusių su biologiniu nanomedžiagų kaupimusi ir jų šalinimo iš ląstelių ir organų mechanizmais. Dar viena problema yra susijusi su tuo, kad, nors pati nanomedžiaga gali būti netoksiška, ji gali veikti kaip Trojos arklys, t. y. toksiškesnė medžiaga gali prisijungti prie nanomedžiagos ir patekti į žmogaus kūno organus ar ląsteles [6].

Nustatyta, kad svarbiausias nanomedžiagų poveikis pasireiškia plaučiuose ir apima uždegimą, audinių pažeidimus, oksidacinį stresą, lėtinį toksiškumą, citotoksiškumą, fibrozę ir navikų susidarymą. Kai kurios nanomedžiagos taip pat gali paveikti širdies ir kraujagyslių sistemą. Galimos pavojingos dirbtinių nanomedžiagų savybės šiuo metu tebetiriamos [3, 4].

Nanomedžiagų, kurių poveikį gali patirti techninės priežiūros darbuotojai, pavyzdžiai ir jų keliami pavojai sveikatai pateikiami 1 lentelėje. Šios nanomedžiagos yra itin svarbios atliekant techninę priežiūrą, nes jos naudojamos dažų, dezinfekcijos priemonių, valiklių ir kitų techninės priežiūros darbuose naudojamų produktų gamyboje.

1 lentelė. Nanomedžiagų, kurių poveikį gali patirti techninės priežiūros darbuotojai, pavyzdžiai ir pavojai, kuriuos jos gali kelti sveikatai

Nanomedžiagos rūšis	Pavojai sveikatai
Sidabro nanodalelės	Sidabro nanodalelių naudojimas gali būti pavojingas žmonių sveikatai [8], ir ES Atsirandančių ir nustatomų naujų pavojų sveikatai mokslinio komiteto buvo paprašyta pateikti mokslinę nuomonę dėl nanosidabro poveikio saugai, sveikatai ir aplinkai bei jo vaidmens formuojantis bakterijų atsparumui antimikrobinėms medžiagoms [9]. Nerimaujama, kad sidabro nanodalelės gali turėti neigiamų padarinių sveikatai, pvz., gali sukelti alergijas [10], plaučių edemą [11] ir argiriją arba argirozę (t. y. dėl sidabro nuosėdų oda, nagai, akys, gleivinės arba vidaus organai gali įgauti pilką ar melsvai pilką atspalvį arba juodą pigmentaciją); šių sutrikimų neįmanoma pašalinti, ir jie yra neišgydomi [12]. Su žiurkėmis atliktų tyrimų dokumentuose užfiksuota, kad sidabro nanodalelės gali pasiekti galvos smegenis per viršutinius kvėpavimo

Nanomedžiagos rūšis	Pavojai sveikatai
	takus [13].
Titano dioksido (TiO ₂) nanodalelės	Įkvėptas titano dioksido dalelės Tarptautinė vėžio tyrimų agentūra (IARC) priskyrė prie medžiagų, kurios „gali būti kancerogeniškos žmonėms“ (2B grupės kancerogenas) [14]. JAV Nacionalinis profesinės saugos ir sveikatos institutas (NIOSH) rekomendavo nustatyti mažesnę ypač smulkių TiO ₂ dalelių ekspozicijos ribinę vertę: 0,3 mg/m ³ TiO ₂ nanodalelėms (<100 nm), palyginti su 2,4 mg/m ³ smulkioms dalelėms (>100 nm) [15].
Kvarco nanodalelės	Atlikti nanokvarco toksiškumo tyrimai buvo pagrįsti per kvėpavimo takus į organizmą patekusio kvarco poveikiu sveikatai, įvykus ūmiai arba poūmiai ekspozicijai. Tarp ataskaitose nurodytų poveikio sveikatai reiškinių – plaučių uždegimas, granulomų susidarymas ir židininė emfizema [16].

Yra trys pagrindiniai būdai, kaip nanomedžiagos gali patekti į organizmą darbo vietoje [2, 3, 6, 17–19]:

- **nanomedžiagas galima įkvėpti.** Tai yra dažniausias ore esančių nanodalelių patekimo į organizmą būdas darbo vietoje. Įkvėptos nanodalelės, atsižvelgiant į jų formą ir dydį, gali nusėsti kvėpavimo takuose ir plaučiuose. Įkvėpus šių nanodalelių, jos gali prasiskverbti pro plaučių epitelį, patekti į kraujotaką ir pasiekti tolimesnius organus bei audinius. Taip pat nustatyta, kad kai kurios įkvėptos nanomedžiagos pasiekia galvos smegenis per uoslės nervą;
- **nanomedžiagas galima nuryti.** Tai gali įvykti dėl netyčinio nanodalelių pernešimo nuo rankų į burną, palietus užterštus paviršius, arba nurijus užteršto maisto ar vandens. Nuryti nanomedžiagas galima jų įkvėpus, nes iš plaučių virpamuoju epitelium per gerklę pašalintas įkvėptas daleles galima nuryti. Kai kurios nurytos nanomedžiagos gali prasiskverbti per žarnų epitelį, patekti į kraujotaką ir pasiekti tolimesnius organus bei audinius;
- **nanomedžiagos gali prasiskverbti pro odą.** Šis patekimo būdas vis dar tiriamas [2, 18]. Panašu, kad nepažeista oda gerai apsaugo nuo nanomedžiagų patekimo į organizmą [20]. Pažeista oda tai daro ne taip veiksmingai, tačiau tokiu būdu nanomedžiagų į organizmą veikiausiai vis vien patenka mažiau nei jų įkvėpus [20]. Nepaisant to, vis dėlto reikėtų užkirsti kelią nanomedžiagų patekimui į organizmą per odą ir jį kontroliuoti.

Todėl nanomedžiagų poveikio galimybė daugiausia priklauso nuo to, ar jų dalelės gali pasklisti ore; taigi, miltelių ar purškalo formos nanomedžiagos kelia didesnę riziką, nei skystos suspensijos, pastos, granuliuotos medžiagos ar mišiniai. Savo ruožtu skysčiuose esančios nanomedžiagos kelia didesnę riziką, nei surištieji ar sujungtieji nanodariniai, kaip antai esantys polimerų matricoje [21].

2.2 Techninės priežiūros darbai, kuriuos atliekant kyla nanomedžiagų poveikio pavojus

Techninės priežiūros darbuotojai dirbtinių nanomedžiagų poveikį gali patirti tokiomis aplinkybėmis:

- naudodami techninės priežiūros produktus, kuriuose yra nanomedžiagų;
- atlikdami įrenginių, kuriuose naudojamos nanomedžiagos, pvz., gamybos linijos, kurioje naudojamos arba perdirbamos nanomedžiagos arba produktai su nanomedžiagomis, techninę priežiūrą ir šioms nanomedžiagoms, pvz., nusėdus ant įrenginio, kurio techninė priežiūra atliekama, paviršiaus, ir
- kai atliekant techninę priežiūrą susidaro nanomedžiagos, pvz., atliekami šlifavimo arba poliravimo darbai.

2 lentelėje pateikiami pavyzdžiai produktų, kuriuos techninės priežiūros darbuotojai gali naudoti, tvarkyti arba perdirbti ir kuriuose yra nanomedžiagų, kurių poveikį tokie darbuotojai gali patirti atlikdami savo darbą.

2 lentelė. Atliekant techninę priežiūrą naudojamų produktų su nanomedžiagomis pavyzdžiai

Pagrindinės nanomedžiagų rūšys	Atliekant techninę priežiūrą naudojamų produktų pavyzdžiai
Titano dioksidas (TiO ₂)	Dažai, antibakterinės dangos, valymo priemonės, cementai, plytelės, sienų dangos, nuo purvo apsaugančios langų dangos, automobilių dangos (visuose šiuose produktuose TiO ₂ naudojamas dėl to, kad nanoskalės lygmeniu ši medžiaga sterilizuoja, dezodoruoja ir apsaugo paviršius nuo rasoformos bei užtikrina savaiminį jų valymąsi) ir stiklas (veikiamas šviesos stiklas, kuriame yra šios nanomedžiagos, keičia spalvą) [6, 22–24].
Kvarcas (SiO ₂)	Dažai, betonas ir valymo priemonės [6, 23];
Sidabro nanodalelės	Naudojamos kaip biocidai gaminant dažomąsias medžiagas (dažus) ir lakus, polimerus, praustuves ir keraminę santechniką, taip pat įvairias vartojimo priemones, kaip antai dezinfekcijos priemones ir valiklius [6].
Anglies nanovamzdeliai	Dažai [23], lengvos konstrukcijos.
Suodžiai	Pigmentai
Karbidai (pvz., WC, TiC, SiC), nitridai (pvz., TiN, CrN), metalai (pvz., W, Ti, Mo) arba keramika (pvz., Al ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃)	Tribologinės paskirties dangos, kuriomis padengiamos detalės siekiant kontroliuoti jų trintį ir dėvėjimąsi [25].
Geležies oksidai	Klijų priedai; preparatai, kurie suteikia galimybę sulipinti ir atskirti objektus pagal poreikį [25].
Cirkonio dioksidas	Cementų priedai, plastikų priedai.
Vario oksidai	Medienos konservantai
Aukso nanodalelės	Automobiliai ir tepalai [26].

Darbuotojai nanomedžiagų poveikį gali patirti atlikdami šiuos techninės priežiūros darbus:

- **naudodami skystus produktus su nanomedžiagomis:**
 - dirbdami su skystais produktais (pvz., tepalais, dažais, dengiamosiomis medžiagomis, klijais) arba valydamie išsiliejusius produktus – taip nanomedžiagos gali patekti ant neapsaugotos odos ir paveikti per odą;
 - tam tikromis aplinkybėmis atliekant techninę priežiūrą darbuotojams tenka ruošti skystus produktus – atliekant tokius darbus skysti produktai gali būti pilstomi arba maišomi, todėl jie gali būti stipriai suplakami, dėl to gali susidaryti aerozolių, kurių darbuotojai gali įkvėpti (ir vėliau iš dalies nuryti) arba kurie gali patekti ant neapsaugotos odos ir paveikti per odą;
 - purškiant, pvz., izoliacines nanodangos medžiagas arba nanodažus, nanomedžiagų galima įkvėpti, nuryti arba jų gali patekti ant odos; ir
 - purškiant skystas degias nanomedžiagas taip pat didėja sprogimo arba gaisro pavojus;
- **naudodami nanomedžiagų miltelius:**
 - tvarkant (pvz., sveriant, pilant arba maišant) miltelius, kurių sudėtyje yra nanomedžiagų, kad būtų galima paruošti techninei priežiūrai būtinus produktus, ore gali pasklisti nanomedžiagų dalelių ir jų gali patekti ant darbuotojų odos, darbuotojai jų gali įkvėpti ir nuryti;
- **naudodami surištuosius arba sujungtuosius nanodarinius (polimerų matricą):**
 - atliekant mašininio apdirbimo, šlifavimo, gręžimo ar kitus darbus, kurių metu gali būti pažeista matricos struktūra ir ore gali pasklisti nanodalelės, kurios gali prasiskverbti pro odą arba kurių darbuotojai gali įkvėpti ir nuryti. Šlifuojamoje matricoje esančios nanomedžiagos nebūtinai atpalaiduojamos kaip pirminės dalelės – jos gali susijungti su kitomis proceso metu susidariusio aerozolio dalelėmis; vis dėlto, įkvėptos šios

susijungusios nanomedžiagos gali „atsikabinti“ nuo aerozolio dalelių ir pasklisti žmogaus organizme;

- **atlikdami įrangos, kurią naudojant gaminamos arba perdirbamos nanomedžiagos arba produktai, kuriuose yra nanomedžiagų, techninę priežiūrą:**
 - atliekant tokius darbus, gali atsipalaiduoti nanomedžiagos (kai kuriais atvejais atsitiktinai), kurių gali patekti ant darbuotojų odos ir kurių jie gali įkvėpti ir nuryti;
- **valydami dulkių surinkimo sistemas nanomedžiagoms sugauti:**
 - atliekant tokius darbus, darbuotojai gali susidurti su nusėdusiomis arba ore pasklidusiomis didelės koncentracijos nanomedžiagomis, kurių gali patekti ant darbuotojų odos ir kurių jie gali įkvėpti ir nuryti;
- **valydami išsiliejusias nanomedžiagas:**
 - nanomedžiagų gali patekti ant odos, darbuotojai jų gali įkvėpti ir nuryti;
- **veždami ir šalindami atliekas, kuriose yra nanomedžiagų:**
 - nanomedžiagų gali patekti ant odos, darbuotojai jų gali įkvėpti ir nuryti.

Be to, nanomilteliams pasklidus ore, padidėja sprogimo arba gaisro pavojus.

Poveikio mastas bus didesnis, jei darbai bus atliekami uždaroje erdvėje, pvz., rezervuaruose, netaikant atitinkamų kontrolės priemonių.

3 Prevencija

Pagal ES Direktyvą 89/391/EEB [5] darbdaviai privalo atlikti reguliarius darbo vietos rizikos vertinimus ir taikyti tinkamas prevencijos priemones. Tai taikytina ir galimai nanomedžiagų keliamai rizikai darbo vietoje. Be to, Direktyvoje 98/24/EB dėl darbuotojų saugos ir sveikatos apsaugos nuo rizikos, susijusios su cheminiais veiksniais darbe [27], nustatytos griežtesnės cheminių medžiagų rizikos valdymo darbe nuostatos, kurios taip pat taikomos nanomedžiagoms, nes šios atitinka „cheminių medžiagų“ apibrėžtį. Be to, jeigu nanomedžiaga arba tos pačios sudėties makroskalės lygmens medžiaga yra kancerogeninė arba mutageninė, būtina laikytis Direktyvos 2004/37/EB dėl darbuotojų apsaugos nuo rizikos, susijusios su kancerogenų arba mutagenų poveikiu darbe [28] reikalavimų. Bet kuriuo atveju nacionaliniais teisės aktais gali būti nustatytos griežtesnės nuostatos, todėl juos reikėtų peržiūrėti.

Kadangi nanomedžiagos laikomos cheminėmis medžiagomis, REACH (cheminių medžiagų registracijos, įvertinimo, autorizacijos ir apribojimų) [29] ir CLP (cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimo, ženklinimo ir pakavimo) [30] reglamentai taip pat yra aktualūs.

3.1 Nanomedžiagų keliamos rizikos prevencijos sunkumai techninės priežiūros srityje

Apskritai atlikti nanomedžiagų keliamos rizikos darbo vietoje vertinimą gali būti sudėtinga dėl šiuo metu esamų apribojimų, susijusių su:

1. negausiomis žiniomis apie pavojingas nanomedžiagų savybes;
2. esamų metodų ir prietaisų, kuriais nustatomos nanomedžiagos bei jų išmetimo šaltiniai ir matuojamas poveikio mastas, trūkumais; ir
3. informacijos apie nanomedžiagų buvimą, visų pirma mišiniuose ar gaminiuose, taip pat tolesnėje vartojimo grandinės dalyje, kurioje nanomedžiagos ar produktai, kurių sudėtyje yra nanomedžiagų, naudojami arba perdirbami, stoka.

Saugos duomenų lapuose (SDL), kurie yra svarbi pavojingų cheminių medžiagų keliamos rizikos prevencijai darbo vietose skirta informacijos priemonė, paprastai pateikiama mažai arba iš viso nepateikiama informacijos apie nanomedžiagų buvimą ir jų savybes, darbuotojams keliamą riziką ir tos rizikos prevenciją [31–34]. Tai kelia itin daug problemų tolesnėje tiekimo arba subrangos grandinės dalyje. Pavyzdžiui, maždaug 75 proc. statybos sektoriaus darbuotojų ir darbdavių nežino, kad jų darbo vietoje yra nanoproductų [35]. Todėl organizacijoms patariai kreiptis į tiekėjus ir paprašyti jų pateikti papildomą informaciją. Taip pat yra keletas naudingų duomenų bazių, kuriose nurodyti komerciniai produktai, kurių sudėtyje yra nanomedžiagų [36–38]. Be to, REACH reglamento II priedo [39], SDL teisinės sistemos bei Europos cheminių medžiagų agentūros (ECHA) SDL gairių [40], kuriose pateikiama daugiau patarimų, kaip apibūdinti nanomedžiagų savybes, pakeitimais tikimasi pagerinti SDL pateikiamos informacijos kokybę.

72 e. fakte, kurį galima rasti adresu: <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures>, pristatytos esamos rekomendacijos ir priemonės, skirtos padėti valdyti nanomedžiagų keliamą riziką dabartinėmis aplinkybėmis. Vis dėlto, taikant nanomedžiagų keliamos rizikos valdymo priemones ir siekiant apsaugoti darbuotojus, atliekančius techninės priežiūros darbus, gali iškilti tam tikrų papildomų sunkumų.

Labai dažnai techninė priežiūra vykdoma sudarius subrangos sutartį. Dažnai rangovai savo darbą atlieka objektuose, kurių jie nepažįsta, ir, jeigu tokie darbuotojai tinkamai neinformuojami, jie gali net nežinoti, kad patyrė nanomedžiagų poveikį. Neturint informacijos apie nanomedžiagas, kurių gali būti mašinose (pvz., gamybos linijose, kuriose gaminamos arba perdirbamos nanomedžiagos arba produktai su nanomedžiagomis), įrangoje (pvz., išmetamųjų dujų ištraukimo sistemose) ar statiniuose (pvz., paviršiuose, nudažytuose dažais su nanomedžiagomis), kurių techninę priežiūrą numatoma atlikti, sunku tinkamai įvertinti riziką ir jos išvengti. Iš esmės tokios aplinkybės susiklosto dėl prastai planuojamos veiklos, netinkamai organizuojamo darbo ir prastos komunikacijos tarp subrangos grandinės dalyvių.

Kitas sunkumas susijęs su tuo, kad dažnai atliekant techninę priežiūrą darbuotojams įrangą tenka valdyti neįprastomis sąlygomis ir naudoti ją neįprastu būdu. Kai kuriais atvejais dėl atliekamų techninės priežiūros darbų rizikos kontrolės priemonės yra netaikomos, pvz., atidarant uždara sistemą, kad į ją galėtų patekti darbuotojai, atliekantys nanomedžiagas gaminančios ar perdirbančios mašinos techninę priežiūrą, arba atliekant paties techninio rizikos kontrolės prietaiso techninę priežiūrą. Paprastai nanomedžiagų keliamos rizikos darbuotojų saugai ir sveikatai prevencijos gairėse aptariamoms įprastoms darbo sąlygoms, tačiau darbuotojai, techninę priežiūrą atliekantys tokiomis neįprastomis sąlygomis, nanomedžiagų poveikį gali patirti visiškai kitaip. Jeigu atliekant techninės priežiūros darbus, netaikomos tinkamos kontrolės priemonės, be abejo, pavojus gali kilti ne tik techninės priežiūros darbuotojams, bet ir kliento įmonės darbuotojams.

Prieš numatant ir atliekant (pagal subrangos sutartį) techninės priežiūros darbus, būtina tinkamai nustatyti ir deramai įvertinti su nanomedžiagomis susijusią galimą profesinę riziką ir apie ją informuoti [41]. Svarbu, kad techninės priežiūros darbuotojai būtų tinkamai informuoti apie darbo vietoje, kuriose jie turi atlikti techninės priežiūros darbus, naudojamų, tvarkomų ar perdirbamų nanomedžiagų buvimą, jų savybes, galimą riziką ir su jomis bei kitais darbo vietoje esančiais pavojais susijusias atitinkamas prevencijos priemones. Taip pat itin svarbu, kad darbuotojams būtų surengti atitinkami mokymai, ir jie susipažintų su darbo instrukcijomis.

3.2 Prevencijos priemonės

Prevencijos priemonės reikėtų rinktis remiantis darbo vietos rizikos vertinimu, be to, reikėtų laikytis kontrolės priemonių hierarchijos, pirmenybę teikiant pavojingų nanomedžiagų pašalinimui ir pakeitimui kitomis, toliau – vietoje taikomoms techninėms priemonėms, organizacinėms priemonėms ir galiausiai – kraštutiniu atveju – asmeninės apsaugos priemonėms. Atsiradus neaiškumų dėl nanomedžiagų keliamos rizikos ir siekiant išvengti nanomedžiagų poveikio, prevencijos priemonės reikėtų rinktis apdairiai.

3.2.1 Pašalinimas ir pakeitimas

Galimybes pašalinti pavojingas nanomedžiagas arba jas pakeisti kitomis reikėtų įvertinti kartu su įmone, kurioje numatoma atlikti techninės priežiūros darbus. Jeigu techninė priežiūra atliekama darbo vietoje, kur nanomedžiagos yra gaminamos arba naudojamos dėl specifinių nanosavybių teikiamos naudos, arba jei techninė priežiūra vykdoma esamose statybinėse konstrukcijose, kuriose jau yra nanomedžiagų, pašalinti tokias medžiagas ar pakeisti jas kitomis gali būti neįmanoma. Vis dėlto visada reikia atsižvelgti į norimų savybių bei poveikio ir rizikos sveikatai santykį ir nuodugnai apsvarstyti pavojingų nanomedžiagų pašalinimo ir pakeitimo galimybę. Jeigu pavojingų nanomedžiagų yra, pvz., valant ar taisant naudojamuose produktuose, reikėtų apsvarstyti, ar nėra ne tokių pavojingų alternatyvų.

Bet kuriuo atveju visų formų nanomedžiagas, kurios gali pasklisti ore (pvz., miltelius), reikėtų pakeisti ištirpintų arba skystų formų nanomedžiagomis, granulėmis, pastomis arba surištomis kietos būsenos nanomedžiagomis, ir kai tik įmanoma, reikėtų vengti naudoti miltelius.

Taip pat gali būti įmanoma sumažinti pavojingąsias nanomedžiagos savybes pakeičiant jos paviršių, pavyzdžiui, padengiant jį specialia danga medžiagos dulkingumui, tirpumui ir kitoms jos savybėms pakeisti.

Informacijos apie tai, kuo būtų galima pakeisti pavojingas nanomedžiagas, galima rasti naudojant specialias internetines informacijos priemones, kaip antai *Stoffenmanager* [42] arba GISBAU [43].

3.2.2 Techninio valdymo priemonės

Technines prevencijos priemonės reikėtų įgyvendinti prie nanomedžiagų pasklidimo šaltinio. Veiksmingiausia vietoje taikoma techninio valdymo priemonė yra nanomedžiagų sulaikymas naudojant uždaras sistemas ir uždarus įrenginius. Tinkamos efektyvios vietinės ištraukiamosios ventiliacijos sistemos su didelio našumo kietųjų dalelių oro (angl. *high-efficiency particulate air*, HEPA) arba ypač mažo laidumo oro (angl. *ultra-low penetration air*, ULPA) filtrais taip pat veiksmingai vietoje sugauna nanomedžiagas, kai jų neįmanoma sulaikyti.

Vis dėlto, kai kuriais atvejais atliekant techninės priežiūros darbus gali tekti tikrinti ir taisyti pačias techninio valdymo priemones, todėl prevencinė šių techninio valdymo priemonių funkcija gali neveikti. Pavyzdžiui, kai talpykla, kurioje gaminama nanomedžiaga (paprastai tai yra uždara sistema), atidaroma techninės priežiūros tikslais ir todėl sustabdoma ištraukiamosios ventiliacijos sistema, techninės priežiūros darbuotojas gali pasikliauti tik asmeninės apsaugos priemonėmis (žr. 4.4 skyrių).

Vietinės (mobiliosios) oro ištraukimo sistemos gali būti itin naudingos siekiant apsaugoti darbuotojus nuo nanomedžiagų poveikio atliekant techninę priežiūrą, pvz., šalinant dažus nuo paviršių, kai susidaro nanomedžiagų dalelių. Vietinių ištraukiamosios ventiliacijos sistemų efektyvumas gaudant nanomedžiagas ne mažesnis, nei gaudant stambesnės formos medžiagas. Naudojant mobiliuosius oro ištraukimo prietaisus, darbuotojo kvėpavimo zona neturi patekti į oro srauto zoną tarp galimo nanomedžiagų pasklidimo šaltinio ir ištraukiamosios ventiliacijos sistemos.

Vėdinimo sistemose, kurios naudojamos nanomedžiagų poveikiui kontroliuoti, turi būti naudojami daugiapakopiai filtrai su HEPA (H14) arba ULPA filtru, kaip paskutiniu sistemos filtru. Atlikti nanodalelių ir aerozolių filtrų medžiagų efektyvumo moksliniai tyrimai atskleidė, kad daugeliu atveju įprasti iš stiklo pluošto pagaminti filtrai ir elektreto filtrai paprastai veiksmingai sulaiko nanodaleles ir aerozolius.

Uždaroje erdvėje ištrauktas oras turi būti pakeistas grynu oru.

3.2.3 Organizacinės priemonės

Vykdamas pavojingų nanomedžiagų poveikio prevenciją, organizacinės priemonės atlieka svarbų vaidmenį. Kadangi techninė priežiūra vykdoma labai įvairiose vietose ir jos metu atliekami labai skirtingi darbai, itin svarbu tinkamai suplanuoti šį procesą, taip pat taikyti kitas organizacines priemones. Organizacinių priemonių pavyzdžiai:

- nustatyti konkrečias zonas, kuriose būtų galima atlikti techninės priežiūros darbus, dėl kurių aplinkoje gali pasklisti nanomedžiagos (tiek iš techninės priežiūros produktų, tiek iš objektų, kurių techninė priežiūra atliekama). Šios zonos turėtų būti izoliuotos arba atskirtos, pvz., sienomis, nuo kitų darbo vietų ir aiškiai pažymėtos atitinkamais ženklais;
- pasirūpinti, kad galimas pavojus kiltų kuo mažiau darbuotojų ir kad galimo poveikio darbuotojams laikas būtų kuo trumpesnis;
- uždrausti leidimo neturintiems darbuotojams patekti į zoną, kurioje atliekami techninės priežiūros darbai, pvz., pastatant ženklus arba užtvėriant šią zoną;
- nuolat (drėgnai) valyti darbo zoną, kurioje naudojamos ar tvarkomos nanomedžiagos;
- stebėti nanomedžiagų koncentraciją ore, pvz., palyginti su fonine koncentracija, kai netvarkomos jokios nanomedžiagos.

Kadangi šiuo metu nėra standartizuoto saugos ženklų naudojimo arba darbo vietų ar talpyklų su nanomedžiagomis ženklinimo metodo, rekomenduojama elgtis apdairiai ir vartoti esamas su rizika ir sauga susijusias frazes iš ES reglamento dėl cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimo, ženklinimo ir pakavimo (CLP) [30] bei įspėjamuosius ženklus, kad būtų pateikta pakankama, aktuali ir konkreti informacija apie bet kokią esamą ar galimą nanomedžiagų naudojimo ir tvarkymo riziką saugai ir sveikatai.

Techninė priežiūra turėtų būti vykdoma vadovaujantis tam tikrais bendraisiais principais, kurie taikomi nepaisant to, ar ji susijusi su nanomedžiagomis, ar ne:

- techninės priežiūros darbai turėtų būti planuojami remiantis rizikos vertinimu ir dalyvaujant darbuotojams. Jeigu techninė priežiūra atliekama darbo vietose, kur tvarkomos nežinomo toksiškumo ir savybių nanomedžiagos, į šias aplinkybes būtina atsižvelgti. Vykdamas rizikos valdymą, pirmenybė turėtų būti teikiama ne tik žinomai rizikai, bet ir nanomedžiagų vertinimui ir

valdymui darbo vietose, kuriose nėra ar trūksta informacijos apie nanomedžiagų keliamus pavojus ir poveikį arba ji nėra tiksli;

- reikėtų vengti skubos ir numatyti pakankamai laiko techninės priežiūros darbams atlikti ir užbaigti;
- siekiant užtikrinti, kad techninės priežiūros darbuotojai turėtų pakankamus įgūdžius ir žinias darbui saugiai atlikti ir apsaugoti nuo į aplinką patekusių nanomedžiagų poveikio, reikia jiems surengti deramus mokymus;
- techninės priežiūros nurodymai ir informacija visada turi būti pateikti visiems techninės priežiūros darbuotojams, ypač jeigu sutartis su jais sudaryta tik šiai užduočiai atlikti ir (arba) jie nėra susipažinę apskritai su cheminių medžiagų ir ypač nanomedžiagų keliama rizika. Ši informacija taip pat turėtų būti pateikta darbo vietos taisyklėse;
- reikėtų apdairiai užtikrinti nanomedžiagų keliamos rizikos prevenciją; laikantis prevencijos priemonių hierarchijos, reikėtų imtis visų galimų priemonių nanomedžiagų patekimui į aplinką sumažinti.
- Užbaigus techninės priežiūros darbus, darbo vietą reikėtų išvalyti, o visą techninės priežiūros procesą – dokumentuoti.

Darbuotojai, kurie susiduria su pavojingomis nanomedžiagomis vykdydami techninę priežiūrą, turėtų būti įtraukti į sveikatos stebėsenos programas, kuriose turėtų būti išsamiai aprašytos poveikio aplinkybės.

3.2.4 Asmeninės apsaugos priemonės

Asmeninės apsaugos priemonės (AAP) turėtų būti naudojamos kraštutiniu atveju, kai nanomedžiagų poveikio negalima pakankamai veiksmingai sumažinti taikant pirmiau nurodytas priemones. Jeigu rizikos vertinime nustatyta, kad AAP yra būtinos, reikėtų parengti AAP programą. Gerą AAP programą sudaro šie elementai: tinkamų AAP parinkimas, pritaikymas, mokymas jomis naudotis ir jų priežiūra.

Šiuo metu rekomendacijos dėl apsaugos nuo nanomedžiagų priemonių yra tokios pat kaip rekomendacijos dėl dulkių ir aerozolių poveikio prevencijos ir – atsižvelgiant į susijusį nanomedžiagų patekimo į organizmą būdą – dėl nanomedžiagų patekimo ant odos prevencijos [44]. Manoma, kad šios apsaugos priemonės tiek pat veiksmingai apsaugo ir nuo nanomedžiagų.

Siekiant įsitikinti, kad AAP užtikrinama pakankama apsauga ir jas galima tinkamai naudoti, reikia įvertinti AAP naudotojo darbo tempą ir sveikatos būklės tinkamumą. Su AAP atliktais bandymais turėtų būti užtikrinta, kad jų naudotojai galėtų saugiai atlikti savo darbą dėvėdami AAP ir kad tuo pačiu metu jie prireikus galėtų naudoti kitus būtinus instrumentus (pvz., akinius) ar priemones. Reikėtų turėti omeny, kad AAP teikiama apsauga gali susilpnėti tuo pačiu metu naudojant kelis AAP rinkinius. Be to, AAP veiksmingumas gali sumažėti ne tik dėl nanomedžiagų, bet ir dėl kitų pavojingų veiksnų. Todėl, renkantis AAP, reikia atsižvelgti į visus darbo vietoje kylančius pavojus. Visos naudojamos AAP turėtų būti pažymėtos CE ženklu ir be pakeitimų naudojamos pagal gamintojo nurodymus.

Techninės priežiūros darbuotojams gali reikėti dėvėti AAP, kurios gali būti nereikalingos vykstant įprastam darbui toje darbo vietoje, kurioje atliekami techninės priežiūros darbai. Jeigu, pvz., atidaroma gamybinė talpykla, kurioje maišomi dažai su nanomedžiagomis, darbuotojas turi dėvėti respiratorių su išorine oro tiekimo sistema, kad neįkvėptų nanomedžiagų. Vykstant įprastam darbui, talpykla neatidaroma ir kvėpavimo takų apsaugos priemonių nereikia.

▪ Kvėpavimo takų apsaugos priemonės

Jeigu ore esančių nanomedžiagų poveikio negalima išvengti taikant pirmiau 4.1–4.3 skyriuose paminėtas prevencijos priemones, tokiomis aplinkybėmis rekomenduojama dėvėti atitinkamas kvėpavimo takų apsaugos priemones. Tai gali būti puskauskės arba visą veidą dengiančios kaukės su P3/FFP3 ar P2/FFP2 filtrais, dalelių filtravimo prietaisai su oro putikliu ir šalmu (TH2P arba MH3P) arba dalelių filtravimo prietaisai su oro putikliu ir visą veidą dengiančia kauke arba puskauke (TM2P ir TM3P)⁽²⁾ [45].

HEPA filtrai, kvėpavimo aparatų kasetės ir kaukės su pluoštinėmis filtravimo medžiagomis laikomi veiksmingomis apsaugos nuo nanomedžiagų priemonėmis.

⁽²⁾ Tyrimų duomenimis, P2 filtrai praleidžia 0,2 proc., o P3 filtrai – 0,011 proc. kalio chlorido nanodalelių. Atlikus bandymus su skirtingų dydžių grafito dalelėmis, nustatyta ne didesnė kaip 8 proc. penetracija. Iš šių duomenų matyti, kad P3 filtrai apsaugo geriau, tačiau šių rezultatų negalima apibendrintai taikyti visoms nanodalelėms (žr. [45]).

Kvėpavimo takų apsaugos priemonės (KTAP) pasirenkamos atsižvelgiant į šiuos veiksniai:

- ore esančios nanomedžiagos rūšį, dalelių dydį ir koncentraciją;
- KTAP priskirtą apsaugos koeficientą (kuriuo nurodomas filtravimo efektyvumas ir antveidžio prigludimas prie nešiootojo veido) ir
- darbo sąlygas.

Vienas iš svarbių veiksnių vertinant AAP yra respiratorių ir filtrų filtravimo efektyvumas. Kiti veiksniai, kaip antai KTAP prigludimas prie veido, jos dėvėjimo laikas ir tinkama AAP priežiūra taip pat gali turėti įtakos poveikio mažinimo efektyvumui. Kalbant apie puskautes su filtru, nustatyta, kad nepakankamas kaukės prigludimas prie veido yra vienas dažniausių rizikos veiksnių [44]. Visais atvejais nustatant poveikio mažinimą reikėtų įvertinti ir filtro efektyvumą, ir respiratoriaus naudojimo ypatumus, kurie kai kuriose ES šalyse nurodomi naudojant vadinamuosius respiratoriaus rodiklius.

Tais atvejais, kai kvėpavimo takų apsaugos priemonės neuždengia akių, turėtų būti naudojama ir akių apsauga (priglundę apsauginiai akiniai).

▪ Apsauginiai drabužiai

Pirmenybę reikėtų teikti ne austinės, o neaustinės tekstilės (oro nepraleidžiančioms) medžiagoms, pvz., didelio tankio polietilenui (šioje medžiagoje susilaiko mažai dulkių ir ji mažai dulka). Rekomenduojama vengti dėvėti iš medvilninių audinių pagamintus apsauginius drabužius [44].

Jeigu dėvimi daugkartinio naudojimo apsauginiai drabužiai, pvz., kombinezonai, juos reikėtų nuolat skalbti ir reikėtų užkirsti kelią antriniam poveikiui. Taip pat reikėtų užtikrinti, kad švarius kombinezonus ir apsauginius darbo chalatus būtų galima apsivilkti, o nešvarius – nusivilkti taip, kad teršalai nepatektų ant žmonių ir nepasklistų bendrosios paskirties darbo vietoje.

▪ Pirštinės

Pirštinės itin svarbios atliekant techninės priežiūros darbus, nes nanomedžiagų dažnai tiesiogiai patenka ant darbuotojų rankų – tiek iš produktų, kuriuose jie naudoja, tiek iš objektų ir medžiagų, kurių techninę priežiūrą jie atlieka. Kalbant apie chemines medžiagas apskritai, apsauginių medžiagų efektyvumas priklauso nuo nanomedžiagų savybių. Reikėtų laikytis, pvz., saugos duomenų lapuose pateiktų tiekėjų rekomendacijų dėl konkrečios nanomedžiagos. Nustatyta, kad nuo titano dioksido ir platinos dalelių veiksmingai apsaugo iš nitrilo, latekso ir neopreno pagamintos pirštinės [44]. Pirštinių medžiagos storis – svarbus veiksnys nustatant nanomedžiagos difuzijos greitį. Todėl rekomenduojama tuo pačiu metu naudoti dvi poras pirštinių [46].

Tačiau tai dar nereikia, kad pirštinės veiksmingai apsaugos nuo skysčių ar koloidų. Dėl pirštinių apsaugos nuo konkrečios nanomedžiagos ta forma, kuria ji aptinkama darbo vietoje (dulkės, skysčiai ir t. t.), veiksmingumo reikėtų konkrečiai teirautis pirštinių tiekėjo.

3.3 Sprogimų ir (arba) gaisro prevencija

Dėl mažo miltelių formos nanomedžiagų dalelių dydžio gali kilti sprogimo rizika, kuri nebūdinga atitinkamoms stambesnės formos medžiagoms ⁽³⁾ [47]. Todėl tvarkant nanodulkes arba atliekant darbus, dėl kurių jų atsiranda, pvz., trinant, šlifuojant ar poliruojant medžiagas, kurių sudėtyje yra nanomedžiagų, reikėtų imtis atsargumo priemonių.

Miltelių formos nanomedžiagoms taikomos rizikos prevencijos priemonės iš esmės yra tokios pačios, kokios taikomos visoms kitoms stambios formos sprogiosioms ir degiosioms medžiagoms bei sprogiųjų dulkių debesims, ir turėtų atitikti Direktyvoje 1999/92/EB dėl būtiniausių darbuotojų saugos ir sveikatos apsaugos reikalavimų, taikomų dirbant potencialiai sprogioje aplinkoje, nustatytus reikalavimus. Tai yra šios prevencijos priemonės:

- esant galimybei, tokios medžiagos turėtų būti tvarkomos tik specialiose sprogiųjų medžiagų tvarkymo zonose ir tik inertinių dujų aplinkoje;
- medžiagas reikėtų ištirpinti sudrėkinant darbo vietą (dulkių susidarymo prevencija);

⁽³⁾ Daugumos organinių ir daugelio metalų dulkių sprogumas didėja mažėjant dalelių dydžiui. Panašu, kad 500 µm yra viršutinė sprogiųjų dulkių debesies dalelių dydžio riba. Šiuo metu apatinė riba, kurios neviršijus būtų galima atmesti dulkių sprogimo galimybę, nenustyta (žr. [47]).

- iš darbo vietos turėtų būti pašalinta mažo kibirkštinio uždegimo įranga bei kiti degimo šaltiniai ir užtikrinta, kad nesusidarytų sąlygos elektrostatiniam krūviui atsirasti; jeigu yra galimybė, turėtų būti naudojama iš esmės saugi įranga (žemos srovės ir įtampos signalinės ir valdymo grandinės);
- dulkių sluoksnius reikėtų pašalinti drėgna šluoste.
- Darbo vietose turėtų būti laikoma kuo mažiau sprogusių ar degusių medžiagų. Gali būti naudojami antistatiniai maišeliai.

3.4 Prevencijos priemonių veiksmingumo tikrinimas

Reikėtų reguliariai peržiūrėti rizikos vertinimą ir nuolat kontroliuoti bei tikrinti, ar veiksmingai pasirenkamos ir įgyvendinamos rizikos valdymo priemonės. Tai reiškia, jog reikia užtikrinti, kad visa apsauginė įranga, pvz., laboratorinės traukos spintos ar laminarinio srauto kabinos, veikėtų tinkamai, ir reguliariai tikrinti visą ventiliacijos įrangą bei atitinkamas filtravimo sistemas. Be to, reikėtų tikrinti AAP tinkamumą ir prireikus jas atnaujinti.

Rizikos mažinimo priemonės veiksmingumą taip pat galima įvertinti išanalizavus nanomedžiagų koncentraciją ore prieš taikant prevencijos priemonę ir po to. Poveikio lygis, nustatytas pritaikius rizikos valdymo priemones, neturėtų smarkiai skirtis nuo foninės koncentracijos, kai nėra dirbtinių nanomedžiagų šaltinio. Taip pat galima atlikti kitus netiesioginius matavimus techninių prevencijos priemonių veiksmingumui įvertinti, pvz., dūmų nustatymo bandymus ir (arba) kontrolinius greičio matavimus.

Ateityje gali būti nustatytos darbo aplinkoje taikytinos nanomedžiagų ekspozicijos ribinės vertės (OEL) ⁽⁴⁾ [48], tačiau, valdant riziką darbo vietoje, visų pirma reikėtų siekti kuo labiau sumažinti nanomedžiagų poveikį, todėl vien laikytis ekspozicijos ribinių verčių darbo aplinkoje nepakanka.

Nuorodos

1. 2011 m. spalio 18 d. Komisijos rekomendacija dėl nanomedžiagos apibrėžties, OL L 275, p. 38–40. Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0038:0040:EN:PDF>.
2. Nacionalinis profesinės saugos ir sveikatos institutas (NIOSH), *Approaches to Safe Nanotechnology—Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials* (Saugios nanotechnologijos metodai: su dirbtinėmis nanomedžiagomis susijusių pavojų sveikatai ir saugai valdymas), Sveikatos ir žmogiškųjų paslaugų departamentas. Ligų kontrolės ir prevencijos centrai, leidinys Nr. 2009–125, 2009.
3. Europos Komisija (Komisija), *Komisijos tarnybų darbinis dokumentas dėl nanomedžiagų rūšių ir naudojimo būdų, įskaitant saugos aspektus. Pridedamas prie Komisijos komunikato Europos Parlamentui, Tarybai ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui dėl antrosios nanomedžiagų reglamentavimo peržiūros*, SWD(2012) 288 final, Briuselis, 2012. Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
4. Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA), *Workplace Exposure to Nanoparticles (Nanodalelių poveikis darbo vietoje)*, Europos rizikos stebėjimo tarnyba, literatūros apžvalga, 2009. Paskelbta: http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles.
5. 1989 m. birželio 12 d. Tarybos direktyva dėl priemonių darbuotojų saugai ir sveikatos apsaugai darbe gerinti nustatymo, OL L 183, 1989.6.29. Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0391:LT:NOT>.
6. Senjen, R., „Nanomaterials - Health and Environmental Concerns“ („Nanomedžiagos: nerimą dėl sveikatos ir aplinkos keliantys klausimai“), *Nanotechnologies in the 21st century* (Nanotechnologijos XXI amžiuje), Europos aplinkos biuras, Nr. 2, 2009 m. liepa. Paskelbta: <http://www.eeb.org/?LinkServID=540E4DA2-D449-3BEB-90855B4AE64E8CE6&showMeta=0>.

⁴ Žr., pavyzdžiui, Nyderlandų socialinių ir ekonomikos reikalų tarybos (SER) (2012) ataskaitą *Provisional Nano Reference Values for Engineered Nanomaterials* (Preliminarios dirbtinių nanomedžiagų referencinės vertės) ir portalą Nanowerk (2012) (SAFENANO grupės parengtą išsamų BSI Britanijos standartų institucijos saugaus nanomedžiagų tvarkymo vadovą).

7. Nanowerk, *Introduction to Nanotechnology (Nanotechnologijos įvadas)*, 2012. Paskelbta: http://www.nanowerk.com/nanotechnology/introduction/introduction_to_nanotechnology_1.php (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
8. ENRHES projektas, *Engineered Nanoparticles: Review of Health and Environmental Safety (ENRHES) (Dirbtinių nanodalelių poveikio sveikatai ir aplinkos apsaugai peržiūra (ENRHES))*, 2009. Paskelbta: <http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/whats-new/enhres-final-report> (žiūrėta 2013 m. balandžio 29 d.).
9. Atsirandančių ir nustatomų naujų pavojų sveikatai mokslinis komitetas (SCENIHR), *Request for a Scientific Opinion on Nanosilver: Safety, Health and Environmental Effects and Role in Antimicrobial Resistance (Prašymas pateikti mokslinę nuomonę dėl nanosidabro poveikio saugai, sveikatai ir aplinkai bei jo vaidmens atsparumo antimikrobinėms medžiagoms srityje)*, 2012. Paskelbta: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_q_027.pdf.
10. Bundesministerium für Gesundheit (BMG, Austrijos sveikatos apsaugos ministerija), *Nanosilber in Kosmetika, Hygieneartikeln und Lebensmittelkontaktmaterialien - Produkte, gesundheitliche und regulatorische Aspekte (Nanosidabras kosmetikos gaminiuose, higienos priemonėse ir su maistu besiliečiančiuose gaminiuose: su sveikata susiję ir reguliavimo aspektai)*, Viena, 2010. Paskelbta: http://bmg.gv.at/cms/home/attachments/9/7/2/CH1180/CMS1288805248274/bmg_nanosilber_fassung_veroeffentlichung_final_mit_deckblaetter1.pdf.
11. Europos Komisija (Komisija), *Komisijos tarnybų darbinis dokumentas dėl nanomedžiagų rūšių ir naudojimo būdų, įskaitant saugos aspektus. Pridedamas prie Komisijos komunikato Europos Parlamentui, Tarybai ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui dėl antrosios nanomedžiagų reglamentavimo peržiūros*, SWD(2012) 288 final, Briuselis, 2012 m. spalio 3 d. Paskelbta: <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? (Sidabro nanotechnologijos ir aplinka: senos problemos ar nauji iššūkiai?)*, „Pew Charitable Trust“ patikos fondas ir Tarptautinis Woodrow Wilson mokslininkų centras, 2008. Paskelbta: 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' („Sidabro nanodalelių poveikis pirminėms mišrioms nervų ląstelių kultūroms: įsisavinimas, oksidacinis stresas ir ūmi kalcio išsiskyrimo reakcija“), *Toxicological Sciences*, 2012, 126(2): p. 457–468.
14. Pasaulio sveikatos organizacija (PSO), *Carbon Black, Titanium Dioxide and Talc (Suodžiai, titano oksidas ir talkas)*, Tarptautinės vėžio tyrimų agentūros (IARC) kancerogeninės rizikos žmonėms vertinimo monografijos, 93 tomas, 2010. Paskelbta: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>.
15. Nacionalinis profesinės saugos ir sveikatos institutas (NIOSH), 'Occupational exposure to titanium dioxide' („Profesinis titano oksido poveikis“), *Current Intelligence Bulletin* 63, 2011. Paskelbta: <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“ („Nano silicio dioksido keliamas pavojus. Dar viena kintama medžiaga“), *Particle and Fibre Toxicology*, 2010, 7: p. 39.
17. Lauterwasser, C., *Small Sizes that Matter: Opportunities and Risks of Nanotechnologies (Mažas, bet reikšmingas: nanotechnologijų galimybės ir rizika)*, Allianz technologijų centro ir EBPO ataskaita, data nenurodyta. Paskelbta: <http://www.oecd.org/dataoecd/32/1/44108334.pdf>.
18. Murashov, V., 'Occupational exposure to nanomedical applications' („Profesinis poveikis naudojant nanomedžiagas medicinoje“), *WIREs Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 2009, 1: p. 203–213.
19. Hanson, N., Harris, J., Joseph, L.A., Ramakrishnan, K., Thompson, T., *EPA Needs to Manage Nanomaterial Risks More Effectively (AAA turi veiksmingiau valdyti nanomedžiagų keliamą riziką)*, JAV aplinkos apsaugos agentūra (EPA), Ataskaita Nr. 12-P-0162, 2011. Paskelbta: <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' („Kvantinių taškų dalelių

- prasiskverbimas per žmogaus odą“), *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 2010, 6(5): p. 586–595.
21. Nacionalinis darbuotojų saugos ir sveikatos institutas (NIOSH), *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories (Bendri saugaus darbo su dirbtinėmis nanomedžiagomis mokslinių tyrimų laboratorijose metodai)*, Sveikatos ir žmoniškųjų paslaugų departamentas (NIOSH), leidinys Nr. 2012–147, 2012.
 22. Elvin, G., *Nanotechnology for Green Building (Nanotechnologijos žaliosioms statyboms)*, *Green Technology Forum*, 2007. Paskelbta: http://esonn.fr/esonn2010/xlectures/mangematin/Nano_Green_Building55ex.pdf.
 23. *Responsible Nano Forum, Nano Products - Where and How Nanotechnologies are Used Now (Nano produktai: kur ir kaip nanotechnologijos naudojamos šiandien)*, be datos. Paskelbta: <http://www.nanoandme.org/nano-products/> (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
 24. Jungtinių Valstybių vyriausybės nanotechnologijų tarnyba (GAO), *Improved Performance Information Needed for Environmental, Health, and Safety Research (Būtina geriau informuoti apie aplinkosaugos, sveikatos ir saugos srities mokslinių tyrimų rezultatus)* (2012). Paskelbta: <http://www.gao.gov/assets/600/591007.pdf> (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
 25. NANO observatorija, *Coatings, Adhesives and Sealants for the Transport Industry (Transporto pramonei skirtos dangos, klijai ir sandarikliai)*, 2010. Paskelbta: http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/NOB_coating_adhesives_sealants_transport_final.pdf (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
 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' („Poūmis aukso nanodalelių toksiskumas jų įkvėpus“), *Particle and Fibre Toxicology*, 2011, 8: p. 16.
 27. 1998 m. balandžio 7 d. Tarybos direktyva 98/24/EB dėl darbuotojų saugos ir sveikatos apsaugos nuo rizikos, susijusios su cheminiais veiksniais darbe (keturioliktoji atskira direktyva, kaip numatyta Direktyvos 89/391/EEB 16 straipsnio 1 dalyje). Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1998L0024:20070628:LT:PDF>.
 28. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2004/37/EB dėl darbuotojų apsaugos nuo rizikos, susijusios su kancerogenų arba mutagenų poveikiu darbe (šeštoji atskira direktyva, kaip numatyta Tarybos direktyvos 89/391/EEB 16 straipsnio 1 dalyje), OL L 158, 2004 m. balandžio 30 d. Paskelbta: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R\(01\):EN:NOT](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0037R(01):EN:NOT).
 29. 2006 m. gruodžio 18 d. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1907/2006 dėl cheminių medžiagų registracijos, įvertinimo, autorizacijos ir apribojimų (REACH), įsteigiantis Europos cheminių medžiagų agentūrą, iš dalies keičiantis Direktyvą 1999/45/EB bei panaikinant Tarybos reglamentą (EEB) Nr. 793/93, Komisijos reglamentą (EB) Nr. 1488/94, Tarybos direktyvą 76/769/EEB ir Komisijos direktyvas 91/155/EEB, 93/67/EEB, 93/105/EB bei 2000/21/EB, OL L 396, 2006 m. gruodžio 30 d. Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1907:en:NOT>.
 30. Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1272/2008 dėl cheminių medžiagų ir mišinių klasifikavimo, ženklinimo ir pakavimo (CLP reglamentas), OL L 353, 2008 m. gruodžio 31 d. Paskelbta: <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' („Nanodalelių keliamos rizikos darbuotojų sveikatai vertinimas ir kontrolė“), *TemaNord* 2007: 581, Šiaurės šalių Ministrų Taryba, Kopenhaga, 2007. Paskelbta: 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 (Gerai nanomedžiagų panaudojimo būdai Nyderlanduose)*, 2008 m. spalio 15 d.
 33. Austrijos centrinė darbo inspekcija (ACLI), *Use of Nano at the Workplace (Nanomedžiagų naudojimas darbo vietoje)*, 2009. Paskelbta: 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 (Su dirbtinių nanomedžiagų naudojimu susijusių medžiagų duomenų saugos lapų ir etikečių vertinimas)*. Paskelbta:

- <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* (Nanotechnologijos Europos statybos pramonėje: 2009 m. padėtis (Santrauka), Europos statybos ir medžio apdirbimo pramonės darbuotojų (EFBWW), Europos statybos pramonės federacija (FIEC), Amsterdamas, 2009. Paskelbta: <http://www.efbww.org/pdfs/Nano%20-%20GB%20Summary.pdf>.
36. Europos vartotojų organizacijų asociacija (ANEC/BEUC), *Inventory of Products Claiming to Contain Nano-silver Particles Available on the EU Market* (ES rinkoje esančių produktų, kuriuose tariamai yra sidabro nanodalelių, aprašas), 2012. Paskelbta: <http://www.beuc.org/beucnoframe/Common/GetFile.asp?PortalSource=2530&DocID=24222&mfd=off&pdoc=1> (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
37. Nacionalinė medicinos biblioteka, Vartojimo produktų informacijos duomenų bazė, *The Household Products Database* (Buitinių priemonių duomenų bazė), 2011. Paskelbta: <http://hpd.nlm.nih.gov/about.htm> (žiūrėta 2012 m. spalio 19 d.).
38. Europos Komisija (Komisija), *Komisijos tarnybų darbinis dokumentas dėl nanomedžiagų rūšių ir naudojimo būdų, įskaitant saugos aspektus. Pridedamas prie Komisijos komunikato Europos Parlamentui, Tarybai ir Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui dėl antrosios nanomedžiagų reglamentavimo peržiūros*, SWD(2012) 288 final, 2012. Paskelbta: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2012:0288:FIN:EN:PDF>.
39. 2010 m. gegužės 20 d. Komisijos reglamentas (ES) Nr. 453/2010, iš dalies keičiantis Europos Parlamento ir Tarybos reglamentą (EB) Nr. 1907/2006 dėl cheminių medžiagų registracijos, įvertinimo, autorizacijos ir apribojimų (REACH), OL L 133, 2010 m. gegužės 31 d.
40. Europos cheminių medžiagų agentūra (ECHA), *Guidance on the Compliance of Safety Data Sheets* (Rekomendacijos, kaip pildyti saugos duomenų lapus), 2011 m. gruodžio mėn. Paskelbta: http://echa.europa.eu/documents/10162/17235/sds_en.pdf.
41. Nunes, I.L., 'The nexus between OSH and subcontracting' („Ryšys tarp darbuotojų saugos ir sveikatos ir subrangos“), *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 2012, 41, 1 priedas: p. 3062–3068.
42. Nyderlandų socialinių reikalų ir užimtumo ministerija, *Stoffenmanager 4.5*, be datos. Paskelbta: <https://www.stoffenmanager.nl/> (Nyderlandų, anglų ir suomių kalbomis) (žiūrėta 2012 m. gruodžio 3 d.).
43. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), *Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU - GISBAU* [BG-BAU pavojingų medžiagų informacinė sistema]. Paskelbta: <http://www.gisbau.de/index.html> (žiūrėta 2012 m. gruodžio 3 d.).
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? (Ar įprastos apsaugos priemonės, kaip antai pluoštinės filtravimo medžiagos, kvėpavimo aparatai kasetės, apsauginiai drabužiai ir pirštinės, taip pat veiksmingai apsaugo ir nuo nanoaerozolių?)* DR-325/326-200801-1, Nanosafe2, 2008. Paskelbta: 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 („Saugaus nanomedžiagų naudojimo dažų sektoriuje gairės“), *Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech*, Band 11, 2009. Paskelbta: www.hessen-nanotech.de.
46. Klenke, M., *First Results for Safe Procedures for Handling Nanoparticles* (Pirmieji saugaus nanodalelių tvarkymo procedūrų taikymo rezultatai), DR-331 200810-6, Nanosafe2, 2008. Paskelbta: http://www.nanosafe.org/home/liblocal/docs/Dissemination%20report/DR6_s.pdf.
47. Dyrba, B., *Explosionsschutz: Handlungsbedarf bei Nanostäuben* (Apsauga nuo sprogyto: būtinybė imtis veiksmų nanodulkių atžvilgiu), data nenurodyta. Paskelbta: <http://www.arbeitssicherheit.de/de/html/fachbeitraege/anzeigen/337/Explosionsschutz-Nanostaub/> (žiūrėta 2012 m. gruodžio 3 d.).
48. Technologijų institutas (OAWITA), *Assessment of the Austrian Academy of Science* (Austrijos mokslo akademijos vertinimas), 2010. Paskelbta: <http://epub.oeaw.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier016en.pdf> (žiūrėta 2011 m. birželio 10 d.).

Papildoma literatūra

- Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA), *elektroninė atvejų tyrimų duomenų bazė*, 2012. Paskelbta: <https://osha.europa.eu/lt/practical-solutions/case-studies> (žiūrėta 2012 m. liepos 23 d.).
- Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie (IGBCE), *Nanomaterialien—Herausforderung für Arbeits- und Gesundheitsschutz (Nanomedžiagos – iššūkis darbuotojų sveikatai ir saugai)*, Hauptvorstand, 2011. Paskelbta: <http://www.igbce.de/download/15044-15052/2/nanomaterialien.pdf>.
- Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA), *Safe Maintenance in Practice (Saugi techninė priežiūra praktikoje)*, 2010. Paskelbta: <http://osha.europa.eu/en/publications/reports/safe-maintenance-TEWE10003ENC/view>.
- Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA), *Magazine 12. Healthy Workplaces. A European Campaign on Safe Maintenance (Saugios darbo vietos. Europos saugios techninės priežiūros kampanija)*, 2011. Paskelbta: <http://osha.europa.eu/en/publications/magazine/12/view>
- Europos darbuotojų saugos ir sveikatos agentūra (EU-OSHA), *Saugi techninė priežiūra – darbdavio užduotis. Saugokite darbuotojus – taupykite pinigus, Facts 89*, 2011. Paskelbta: <https://osha.europa.eu/lt/publications/factsheets/89>.
- *Health and Safety Executive (HSE), Risk Management of Carbon Nanotubes (Sveikatos ir saugos vadovas. Anglies nanovamzdelių keliamos rizikos valdymas)*, Crown, 2009. Paskelbta: www.hse.gov.uk/pubns/web38.pdf (žiūrėta).