

Korjaushankkeen pölyntorjunta

*Hannu Koski, diplomi-insinööri
Johtava tutkija, VTT
hannu.koski@vtt.fi*

*Markku Linnainmaa, filosofian tohtori, dosentti
Tiimipäällikkö, Työterveyslaitos
markku.linnainmaa@ttl.fi*

*Maija-Leena Merivirta, filosofian maisteri
Asiantuntija, Työterveyslaitos
maija-leena.merivirta@ttl.fi*

*Pertti Pasanen, filosofian tohtori, dosentti
Tutkimusjohtaja, Itä-Suomen yliopisto
pertti.pasanen@uef.fi*

Tekesin rahoittamassa tutkimushankkeessa ”Epäpuhtauksien hallinta saneeraushankkeissa – Puhdas ja turvallinen saneeraus” (PUTUSA) selvitettiin työntekijöiden altistumista ja epäpuhtauksien leviämistä seitsemässä peruskorjaus-, LVIS-saneeraus- ja kos-teusvauriokohteessa. Erilaisten pölyntorjuntamenetelmien vertailemiseksi osassa kohteita mitattiin pölyn, kemiallisten epäpuhtauksien ja mikrobin pitoisuuksia ilmassa. Lisäksi seurattiin korjausalueen ja käytössä olevien tilojen välistä paine-eroa. Kyse-lytutkimuksella selvitettiin korjausrakennuskohteen olosuhteita sekä koettuja haittoja ja niiden syitä. Kysely kohdistettiin kohteen rakennustyöntekijöille, kohteen viereisissä tiloissa työskenteleville sekä rakennuksen asukkaille. Kyselyillä ja haastatteluil-la kerättiin myös tietoa kohteissa käytössä olleista hyvistä menettelytavoista ja mahdollisista kehittä-miskohteista.

Tämä artikkeli perustuu tähän vuosina 2010–2013 toteutettuun PUTUSA-tutkimushankkeeseen, johon osallistuivat Itä-Suomen yliopisto, Työterveys-laitos, Teknologian tutkimuskeskus VTT sekä useat yritykset. Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa korjausrakentamisessa käytettävien pölyntorjunta-menetelmien toimivuudesta käytännössä, erityises-ti sellaisissa kohteissa, joissa osa rakennuksesta on tavanomaisessa käytössä ja osaa korjataan.

1 Korjausrakentamisen koetut vaara- ja haittatekijät

Yli puolet rakennustyöntekijöistä kokee kärsivän-sä pölystä tai muusta haitasta työssään. Korjaus-rakennushankkeissa pölyn koetaan haittaavan eri-tyisesti purkuvaiheessa. Haittaa voivat kokea myös työmaan lähellä työskentelevät tai asuvat henki-löt. Haittojen kokemisen määrän ja luonteen selvit-täminen on tärkeää, kun mietitään korjausrakenta-misesta aiheutuvien terveys- ja viihtyisyyshaittojen vähentämiskeinoja sekä rakennustyöntekijöiden ja rakennuksen käyttäjien hyvinvointia.

1.1 Rakentajien kokema haitta

Rakennustyöntekijät kokevat työn vaara- ja haitta-tekijöistä eniten melua. Sen lisäksi rakentajat koke-vat paljon ruumiilliseen kuormitukseen liittyviä tekijöitä: käsiin ja jalkojen tai selän kuormittumista, työn raskautta ja vaikeita työasentoja. Myös kivi- ja betonipölystä aiheutuvaa haittaa koetaan olevan työmailla jokseenkin paljon (kuva 1).

Työmaalla vaaraa tai haittaa aiheuttavina asioina koetaan myös esimerkiksi kiire ja töiden sekava ete-neminen. Lisäksi kuormitusta aiheuttavina koetaan työmaan logistiikkajärjestelyt, työvälineiden nos-tot ja siirrot sekä ilmanvaihdon toimimattomuus ja lämpötilat erityisesti kesäaikaan.

1.2 Työmaan lähellä työskentelevien kokema haitta

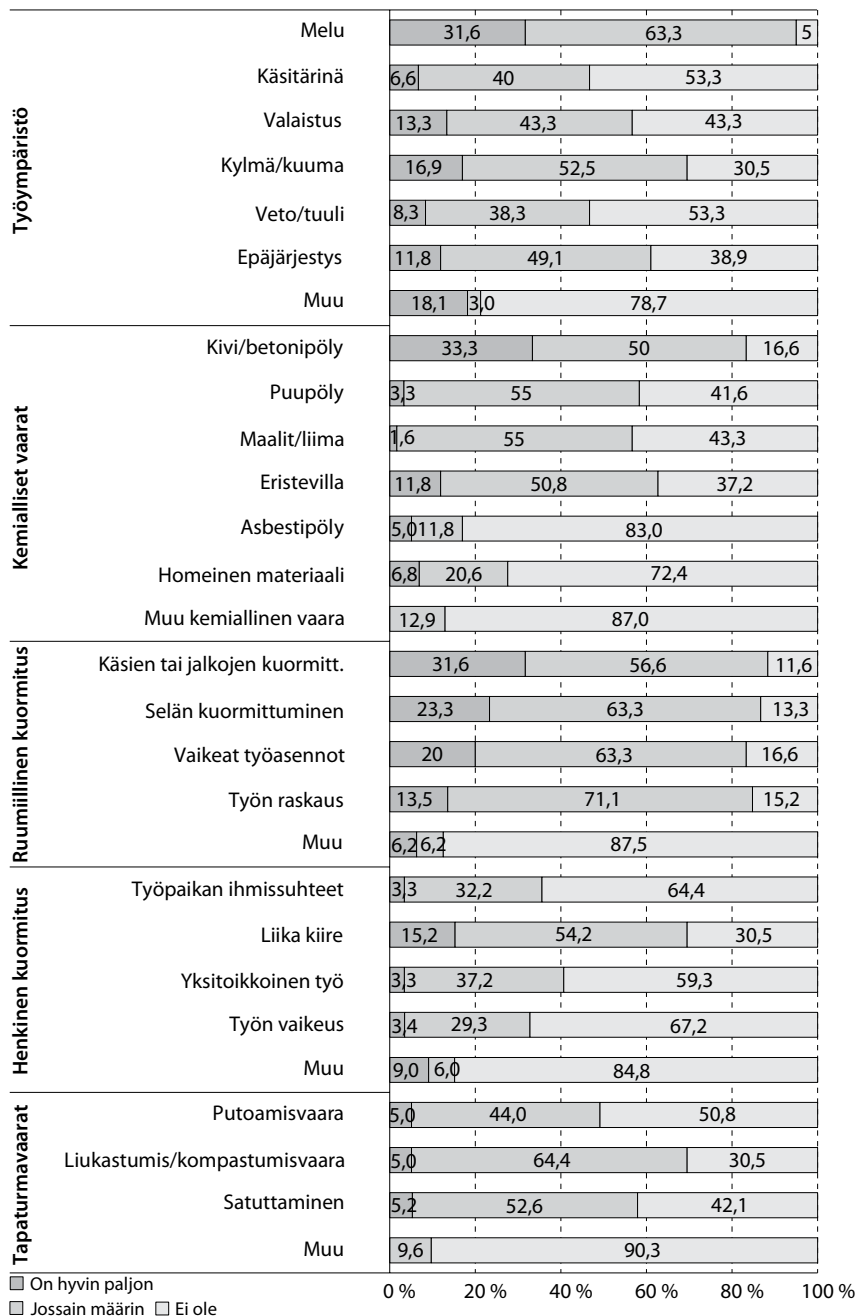
Rakennustyömaan lähellä työskentelevät kokevat erityisen paljon haittaa melusta, pölyn leviämises-tä sekä epäjärjestyksestä tai epäsiisteydestä. Myös kuumuutta, kylmyyttä tai vetoa sekä pölyjä, hajuja ja käryjä ilmassa on koettu paljon (kuva 2).

Muita mainittuja vaaroja ja altisteita ovat esimer-kiksi asbesti, home, roikkuvat tai lattialla lojuvat sähköjohdot ja poistumisteiden sulkeminen. Koet-tuina haittoina mainittiin hengitystieoireet, stressi ja vaikutukset työhyvinvointiin.

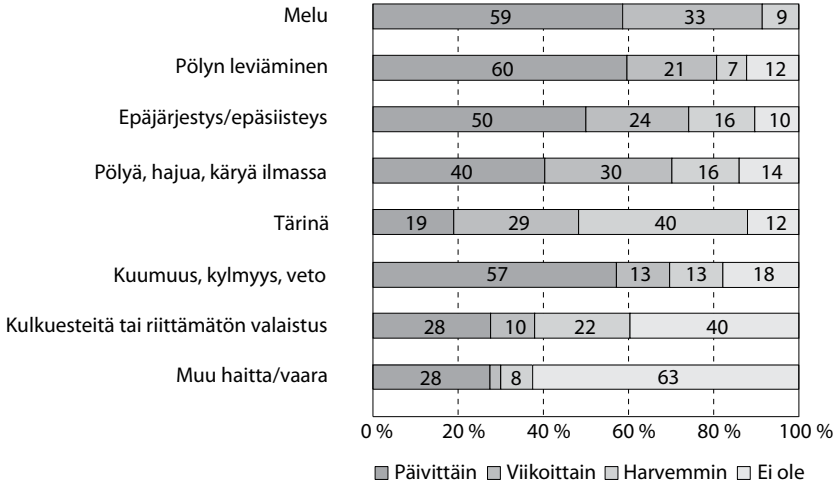
1.3 Saneerauskohteen asukkaiden kokema haitta

Samaan tapaan kuin työmaan lähellä työskentele-vien kohdalla, saneerauskohteen asukkaille vähin-tään päivittäin tai viikoittain ilmenevää haittaa tai vaaraa ovat aiheuttaneet melu, pölyn leviäminen ja epäjärjestys tai epäsiisteys. Näiden lisäksi haittaa ai-heuttivat pölyt, hajut ja käryt ilmassa, kuumuus, kyl-myys ja veto sekä kulkuesteet tai riittämätön valais-tus (kuva 3).

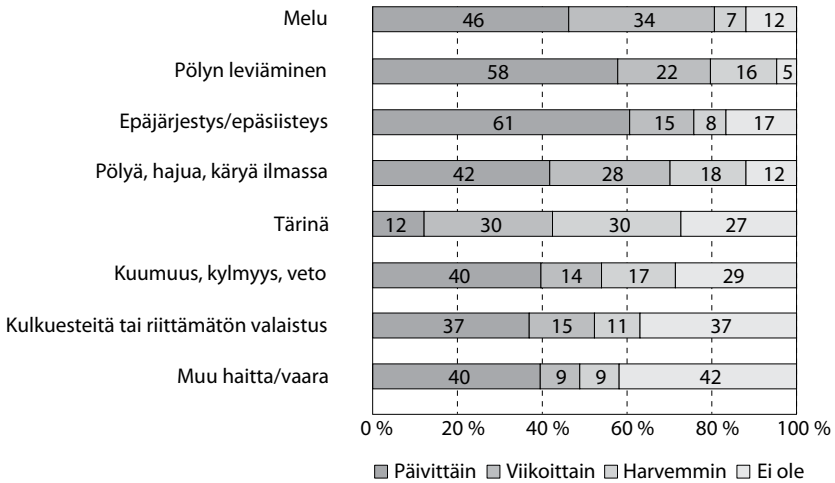
Muina haitan tai vaaran kokemusta aiheuttavina tekijöinä saneerauskohteen asukkaat mainitsivat esimerkiksi muuton talosta ja sijaisasunnon etsimi-sen, tavaroiden rikkoutumisen ja liikaantumisen lä-



Kuva 1. Rakentajien kokemat työn vaara- ja haittatekijät (n=60).



Kuva 2. Koetut vaara- ja häirtatekijät, työmaan lähellä työskentelevät (n=63).



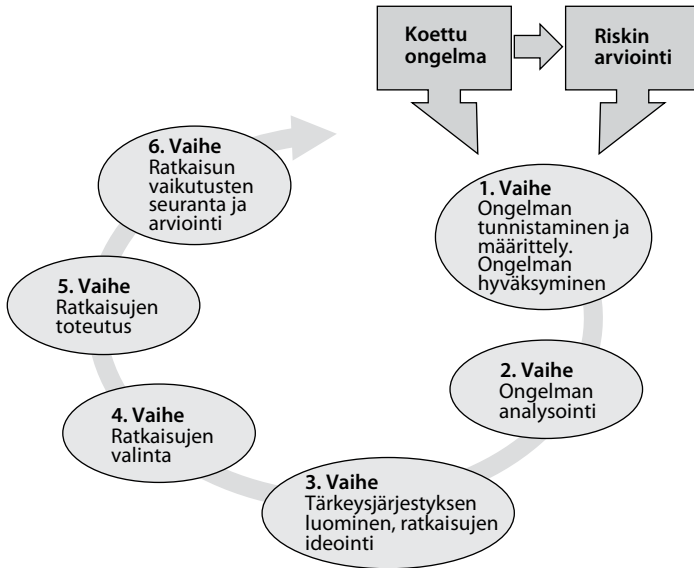
Kuva 3. Koetut vaara- ja häirtatekijät, saneerauskohteen asukkaat (n=69).

hinnä purkutöiden yhteydessä, huolimattomuuden asennustöissä sekä pelastusteiden tukkeutumisen.

1.4 Osallistava toiminta ja viestintä avuksi haittojen hallintaan

Osallistavan toiminnan tavoitteena on lisätä työntekijöiden ymmärrystä työstä ja työtapoihin liittyvistä työturvallisuusriskeistä. Sitä kautta voidaan saada alkuun työntekijöiden oma innostus työn kehittämiseen kohti pölytöntä työympäristöä.

Rakentajien mielipiteitä omasta työstään voi kartoittaa esimerkiksi PUTUSA-hankkeessa kehitettyjen ASKEL-menetelmää soveltavien kyselylomakkeiden avulla, jotka löytyvät Työterveyslaitoksen www-sivuilta. Tässä työnantaja voi käyttää apuna esimerkiksi työterveyshuoltoa. Työtä ja työtapoja voidaan havainnollistaa ja tutkia myös valokuvien ja videoiden avulla. Tulokset on tärkeää käydä läpi työntekijöiden kanssa ja mieltä yhdessä toimintatapoja, joilla haittoja saataisiin vähennettyä. Kuvaa-



Kuva 4. Työhygieenisen kehittämisen malli (Säämänen ym. 2005).

sa 4 on esitetty eräs kehittämisen malli, jota voidaan käyttää osallistavan kehittämisen perustana.

Tilojen käyttäjät ovat keskeisessä asemassa mahdollisille epäpuhtauksille tai muille saneerauksesta aiheutuville haitoille altistuvina asukkaina tai saneerauskohteen lähellä työskentelevinä. Tämän vuoksi viestintä heille on erityisen tärkeää. Viestinnän avulla asukkaat saadaan paremmin ymmärtämään saneerauksen tarkoitus ja suhtautumaan siihen positiivisella ja saneerausprojektiä edesauttavalla tavalla.

Viestinnällä on suuri merkitys, kun pyritään hallitsemaan saneeraustyöstä tilojen käyttäjille ja asukkaille aiheutuva haittaa. Viestinnän avulla heille jaetaan mahdollisimman totuudenmukaista ja ymmärrettävää tietoa saneerauksen riskeistä sekä opastetaan tietoisesti välttämään riskitilanteita. Keskeistä on tiedottamisen avoimuus ja tiedon luotettavuus. Lisäksi jatkuva tiedonkulku on tärkeää, sillä siten vältetään tietovajeista mahdollisesti seuraavien huhujen ja muun epävirallisen tiedon syntyminen.

Mahdolliset muutokset aikatauluihin ja työjärjestykseen tai muut poikkeukset on tärkeää viestiä tilojen käyttäjille mahdollisimman nopeasti. Muutoksiin on helpompi suhtautua positiivisesti, kun niistä on tiedotettu ajoissa ja niiden syyt ovat tiedossa. Saneeraushankkeen viestintäsuunnitelma ylläpitää viestinnän jatkuvuutta, jolloin tilojen käyttäjät tietä-

vät mitä milloinkin tapahtuu. Hyvin toteutettu, ymmärrettävä viestintä auttaa asukkaita ja tilojen käyttäjiä toimimaan annettujen ohjeiden mukaan. On myös todennäköistä, että viihtyvyyshaittaa aiheuttaviin tekijöihin työ- tai asuinpaikalla suhtaudutaan myönteisemmin ja niitä siedetään paremmin, kun niiden aiheuttajat ja kesto ovat ennalta tiedossa.

Toimivassa viestinnässä asukkaille tai tilojen käyttäjille on järjestetty tilaisuus tuoda esiin huomiensa ja huolensa saneerauksen tekijöille ja saada niihin palautte. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi keskustelutilaisuuksia, palautelaatikoita tai PUTUSA-hankkeessa kehitettyjä kyselylomakkeita, jotka voivat toimia samalla myös osana saneeraustyön laadunvalvontaa.

2 Korjausrakentamisen pölyt ja niistä aiheutuvat haitat

Kaikki pölyt, myös ns. vähätehoiset, "vaarattomat" pölyt kuormittavat keuhkoja ja liikaa hengitettyinä aiheuttavat parantumatonta keuhkohtaumatauti. Tupakka on toki merkittävin keuhkohtaumataudin aiheuttaja, mutta työympäristön syyosuus taudin synnyssä on noin 15 % ja tupakoimattomilla jopa 50 %. Uhkana rakentajilla ovat myös asbestisairaudet, astma, kivipölykeuhko ja keuhkosyöpä.

Purkutöiden aikana rakennustyöntekijä voi altistua kvartsia sisältäville betoni-, kivi- ja tiilipölylle. Li-

säksi altistumista asbestille, mikrobeille, kreosoottile tai PCB- ja lyijy-yhdisteille voi esiintyä purettaessa kyseisiä aineita sisältäviä rakenteita. Purku- ja rakennustöiden aikana työntekijä voi altistua myös puu- ja mineraalivillapölylle sekä erilaisille maalien ja liimojen sisältämille aineosille.

Betoni- ja kivi-pöly ärsyttävät hengitysteitä ja ihoa. Niiden sisältämä kvartsi voi aiheuttaa pitkäkestoisessa altistumisessa kivi-pölykeuhkon, silikoo-sin. Silikoo-si lisäksi keuhkosyövän riskin kaksinker-taiseksi. Asbestipurkutöissä huolellisuus on valttia. Pienetkin määrät hengitettyä asbestipölyä aiheut-tavat syöpävaaraa.

Mikrobit voivat aiheuttaa ihmisille erilaisia ärsyt-s- ja yleisoireita, astmaa ja allergista nuhaa sekä toistuvia tulehduksia. Kosteusvaurioituneiden ra-kenteiden purku- ja korjaustöiden aikana ilman sieni-itiö- ja bakteeripitoisuudet nousevat 10–100-kertaisiksi verrattuna tasoon ennen korjaustöi-tä. Mikrobipitoisuudet nousevat myös – joskin vä-hemmän – tavallisessa peruskorjaustyössä, jossa purettavat rakenteet eivät ole kosteus- tai mikrobi-vaurioituneita. Tyypillisiä oireita jo tavallisissa pur-kutöissä ovat nuhaoireet, äänen käheys ja silmä-oireet. Ohimenevien oireiden lisäksi vakavampia terveyshaittoja ja sairauksia esiintyy, sillä mikrobi-en, lähinnä homesienten, on raportoitu aiheutta-neen viime vuosina ammattitaituja myös raken-nyöntekijöille.

Kosteuden- ja vedeneristeenä käytettyä kivihii-lipikeä eli kreosoottia purettaessa työtilaan vapau-tuu hiukkasia ja kaasumaisia aineosia, kuten syöpä-vaarallisia polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteet). Kreosoottia sisältävä pöly voi ärsyttää ihoa ja hengitysteitä. Myös PCB (polykloora-tut bifenyylit) on luokiteltu mahdollisesti syöpää ai-heuttaviksi yhdisteiksi. Niitä ja lyijyä saattaa esiintyä vanhoissa rakennuksissa käytetyissä saumausmas-soissa. Lyijy imeytyy elimistöön pääasiassa hengi-tyksen kautta lyijyhöyrynä ja pölynä ja epäsiististi työskenneltäessä käsin kautta suuhun ja sitä kaut-ta elimistöön.

Puupöly voi ärsyttää sekä hengitysteitä että ihoa ja se voi aiheuttaa myös astmaa ja allergista koske-tushottumaa. Kovapuulajeista erityisesti tammea ja pyökkiä sisältävät pölyt on luokiteltu syöpävaaralliseksi, koska niiden on todettu aiheuttavan mm. nenäsyöpää. Mineraalivillakuituja ei luokitella syöpä-

pää aiheuttaviksi, mutta nekin voivat jo melko al-haisina pitoisuuksina ärsyttää ihoa, silmiä ja hen-gitysteitä. Lisäksi villamateriaaleissa sideaineena käytettävä ureaformaldehydihartsit voi herkkistää ihoa ja hengitysteitä.

3 Pölyntorjunta korjaushankkeessa

3.1 Tavoitteet ja puhtauden tavoitearvot

Pölyntorjunnan tavoitteena on

- aikaansaada korjaustyöntekijöille pölyhaitaton työympäristö sekä estää tilojen ja pintojen li-kaantuminen
- estää pölyn pääseminen talotekniikkaan, erityi-sesti IV-laitteisiin
- estää pölyn leviäminen korjattavan alueen ulko-puolelle.

Ilman pölypitoisuus korjaustyön aikana

Ilman pölypitoisuus vaikuttaa esim. purkutyöntekijöiden ja muiden samassa tai viereisissä tilois-sa työskentelevien rakennustyöntekijöiden tervey-teen sekä sivullisiin, jotka työskentelevät, liikkuvat tai asuvat samassa rakennuksessa. Säädöksissä ja vi-ranomaisten päätöksissä on työpaikan ilmalle mää-ritetty pölylajeyhtymä ns. haitalliseksi tunnettuja pi-toisuuksia (HTP), joita ei saisi ylittää. Lisäksi joillekin altisteille, kuten asbestille ja lyijylle, on annettu si-tovat raja-arvot. Työterveyslaitos ja Suomen Talotekniikan Kehityskeskus Oy ovat julkaisseet tavoite-tasoja, joilla pyritään viranomaismääräyksissä edellytettyä parempaan ilmanlaatuun.

PUTUSA-tutkimushankkeessa asetettiin pölypi-toisuudelle taulukossa 1 esitetyt tavoitearvot.

Tilaa ja päättää, edellytetäänkö viranomaistasoa alempia pölypitoisuuksia. Päätoteuttaja vastaa pö-lyntorjunnan suunnittelusta ja toteutuksesta niin, etteivät pölypitoisuuden tavoitearvot ylity ja tarvit-taessa käytetään hengityksensuojaimia. Tavoitteet kirjataan pölynhallintasuunnitelmaan.

Korjatun tilan pintojen pölykertymät työn päätyttyä

Pintojen pölykertymä vaikuttaa viihtyisyyteen ja ra-kennuksen käytönaikaiseen terveellisuuteen. Salli-tuille pölykertymille ei ole määräksiin perustuvia arvoja, vaan ne on tilaajan määriteltävä ja kirjatta-va urakkasopimukseen. Usein kyseiset arvot pe-rustuvat Sisäilmastoluokitus 2008 -julkaisuun, jos-

Taulukko 1. Ilman pölypitoisuuden enimmäisarvot Putusa-hankkeen mukaan.

Hengittävä pöly	5 mg/m ³	Työtila, voi ylittyä hetkellisesti, ei kuitenkaan yli 10 mg/m ³
Alveolijakeinen pöly	0,5 mg/m ³	Työtila
PM ₁₀ -pitoisuus	50 µg/m ³	Korjausalueen viereiset tilat

sa on esitetty rakennustöiden puhtausluokat P1 ja P2. Puhtausluokan P1 mukaisesti työskenneltäessä on korjaustyön toteutukselle ja mm. siivoukselle asetettu useita vaatimuksia. Puhtausluokka P1:lle on myös määritetty sallitut pölykertymät erilaisille pinnoille. Puhtausluokalle P2 ei ole asetettu erityisiä toimintatapa- tai puhtausvaatimuksia, mutta korjaustyö on tehtävä Suomen Rakentamismääräyskokoelman vaatimusten mukaisesti. Vaikka korjaustyötä ei sovittaisi tehtävän P1-luokan mukaisesti, voi tilaaja silti halutessaan asettaa vaatimuksia esim. siivoukselle ja sallituille pölykertymille.

3.2 Pölyntorjuntamenetelmät

Pölyntorjunnassa sovelletaan viittä pääperiaatetta

- 1 Estetään pölyn syntyminen mahdollisimman hyvin.
- 2 Vähennetään syntyvän pölyn määrää.
- 3 Rajoitetaan syntyneen pölyn leviämistä.
- 4 Siivotaan tilat säännöllisesti hyvillä menetelmillä.
- 5 Käytetään henkilökohtaisia suojaimia.

3.2.1 Riskinarviointi ja pölyhallintasuunnitelma

Rakennustyömaan turvallisuuden ja terveellisyysyden ylläpitäminen edellyttää suunnitelmallista työtä riskien ja altistumisen minimoimiseksi. Riskinarviointi aloitetaan selvittämällä ennen töiden alkamista korjauskohteen rakenteissa esiintyvät epäpuhtaudet ja niiden mahdollinen leviäminen korjaustyön aikana. Haitallisia altisteita sisältävien materiaalien esiintymislaajuuden ja -paikan tarkka selvittäminen on pölyntorjuntasuunnitelman laadinnan edellytys. Tämä voi vaatia rakennuttajalta esiselvitysten teettämistä. Ilmaan joutuvien altisteiden perusteella tehdään riskienhallintasuunnitelma, jossa huomioidaan epäpuhtauden terveysvaikutukset ja korjattavan kohteen vaatimat työtavat. Haitallisten aineiden tunnistaminen perustuu

- rakentamisen, korjaamisen ja kunnossapidon asiakirjoihin, joista selvitetään käytetyt materiaalit ja tarvikkeet sekä tuotenimet
- tietoihin em. toimenpiteiden ajankohtana käytettyjen tarvikkeiden ja materiaalien sisältämistä haitallisista aineista ja niiden pitoisuuksista
- kartoittajan kohteessa tekemään tutkimukseen
- materiaalista tai rakenteesta otetun näytteen laboratoriotutkimukseen
- korjaushistoriaan.

Pölyhallintasuunnitelma on turvallisuussuunnitelman osa, jossa kuvataan pölyn leviämisen ja pölylle altistumisen vähentämiseen tähtäävät toimet. Suunnitelmaan kirjataan työläji, työkohte, työn toteuttamisaikataulu, pölyntorjuntatekniikka esim. kohdepoisto, osastointi ja hengityksensuojaintarve ja ko. työvaiheen pölyntorjunnasta vastaavan

henkilön nimi. Edellä mainitut asiat kootaan esim. työlajikohtaisesti taulukkoon, jolloin koko hankkeen pölyvät työvaiheet on esitetty samalla listalla. Esimerkkejä näistä turvallisuussuunnitelman liitteiksi laitteistavista listoista on mm. VTT:llä ja useilla urakoitsijoilla. Jos pölyntorjunta edellyttää alipaineistettavan osastoinnin rakentamista, tämän mitoitus ja toteutussuunnitelma on tehtävä erikseen.

3.2.2 Työntekijöiden pölyaltistumisen vähentäminen

Pölyntorjunta toteutetaan ensisijaisesti estämällä pölyn muodostuminen, mikä edellyttää vähemmän pölyä tuottavien työmenetelmien valitsemista. Tämän jälkeen pölyn syntymistä pyritään vähentämään esimerkiksi pölynsidontamenetelmillä, joilla pöly sidotaan mahdollisimman läheltä sen syntyykohtaa. Kun pölyn muodostumista ei voida estää, sen leviämistä työmaa-alueella tulee rajata kohdepoistojen avulla. Lisäksi työntekijän altistumista rajataan ajan ja paikan suhteen, esimerkiksi työkierron avulla ja rajoittamalla muiden työntekijöiden työskentelyä samoissa tiloissa.



Kuva 5. Lattian piikkausta kohdepoistolla varustetulla piikkausvasaralla: hengittyvän pölyn pitoisuus 5–10 mg/m³, alveolijakeisen kvartsin pitoisuus alle raja-arvon (ilman kohdepoistoa pitoisuudet 6–8-kertaisia).



Kuva 6. Kaakeleiden poistoa (piikkausvasarassa kohdepoisto): hengittyvä pöly 10–14 mg/m³, alveolijakeinen kvartsi 0,013 mg/m³ (ilman kohdepoistoa pölypitoisuudet 4–6-kertaisia ja kvartsipitoisuudet n. 10-kertaisia).

Kohdepoistojen käytöllä voidaan työntekijöiden pölyaltistumista vähentää merkittävästi. Kuivissa 5–7 on esimerkkejä konekohtaisista kohdepoistoista ja niiden vaikutuksesta pölypitoisuuksiin. Kuitenkin kaikkein pölyisimmissä työvaiheissa eli purku- ja hiontatöissä hengittyvän pölyn ja alveolijakeisen kvartsin pitoisuudet ylittävät usein haitallisiksi tunnetut pitoisuustasot työntekijöiden hengitysvyöhykkeellä, vaikka koneissa on kohdepoistot. Työntekijöiden turvallisen työskentelyn varmistamiseksi tuleekin kyseisissä töissä käyttää riittävän tehokkaita hengityksensuojaimia.

Suojaimien käytössä on yleisesti puutteita. Yksi syy käyttämättömyyteen voi olla se, että pölyjen aiheuttamat sairaudet kehittyvät pitkän ajan kuluessa, eikä vaaraa mielletä todelliseksi. Hengityksensuojaimien käyttöä saatetaan kokea hankalaksi ja työntekoa haittaavaksi. Nykyisin on kuitenkin saatavilla suojaimia, jotka ovat paitsi tehokkaita myös entistä mukavampia käyttää. Joka tapauksessa suojaimien käytön hyödyt ovat monin verroin haittoja suuremmat.

Rakentamisen aikaisella laadukkaalla ja säännöllisellä siivouksella voidaan myös estää epäpuhtauk-



Kuva 7. Tasoitteen hiontaa: hengittyvä pöly 20 mg/m³ (ilman kohdepoistoa 120 mg/m³).

sien leviämistä sekä korjausalueen sisällä että sen ulkopuolelle. Siivouksella estetään myös pintojen likaantumista ja vaurioitumista sekä lisään rakennustöiden sujuvuutta. Siisteys lisää myös työturvallisuutta.

3.2.3 Pölyn leviämisen estäminen osastoimalla

Osastoinnilla tarkoitetaan tilan eristämistä ilmanvaihdollisesti ympäröivästä tilasta korjaustyön ajaksi. Onnistunut osastointi edellyttää suunnitelmaa, jossa huomioidaan rakentamisen vaatima tila ja tarvittavat materiaalien kuljetusväylät. Pölynhallinnan kannalta osastoinnin tiiviyys ja ilmanvaihtuvuuden ja alipaineistuksen mitoittaminen riittäväksi ja jatkuvaksi ovat keskeisimmät tekijät.

Osastoinnin rakentamisessa hyödynnetään olemassa olevia rakenteita, joita täydennetään rakentamalla tiiviitä tilapäisiä seiniä. Rakennuslevystä tehdyt väliseinät ovat kestäviä ja siistejä ympäröiviin tiloihin nähden ja niihin on mahdollista rakentaa toimivat oviaukot. Myös hyvin tuettuja muovikalvoseiniä voidaan rakentaa. Muovikalvo kiinnitetään rimojen avulla ympäröiviin rakenteisiin, kattoon, seiniin ja lattiaan ja tarvittaessa kalvon ja kiinteän rakenteen välinen liitos tiivistetään teipillä. Tiiviiden varmistamisessa on kiinnitettävä erityistä huomiota erilaisten putkiläpivientien, kanavien ja mahdollisten alakattojen alueisiin. Muovikalvoseinäisissä kulkuaukoissa käytetään vetoketjulla avattavia aukkoja tai vaihtoehtoisesti kaksoismuovikalvorakennetta, jossa muoviin leikatut viillot eivät ole kohdakkain. Kaikki mahdolliset ilmankulkureitit, esimerkiksi ilmanvaihtopäätelaitteet, on suljettava tiiviisti.

Osastoinnin ilmanvaihtuvuus on suunniteltava siten, että epäpuhtaudet poistuvat osaston kaikista osista. Ilmanvaihtuvuuden tavoite on vähintään

6–10 kertaa tunnissa, ja se saavutetaan mitoittamalla tilan alipaineistuspuhaltimet riittävän suuriksi. Erityisen vaarallisia epäpuhtauksia sisältävissä tiloissa mitoitusarvo on vähintään 10 kertaa tunnissa. Epäpuhtauksien poistotehokkuuden kannalta on olennaista, että ilmanvaihtuvuus on joka kohdassa osastoa riittävä. Mahdollisten oikosulkuvirtausten tai katvealueiden välttämiseksi tuloilma-aukkojen tulisi sijaita tilan vastakkaisella puolella alipaineistajan poistoaukkoihin nähden. Ilmanvaihtuvuuden suuruus saadaan riittäväksi oikealla alipaineistajan mitoittamisella korjattavan tilan tilavuuteen nähden. Mitoitusallipaine on 5–15 Pa, ja tilan tulee säilyä alipaineisena koko rakennustyön ajan. Alipaineistaja on varustettava riittävällä pölyn suodatuksella. Jos ilma johdetaan suoraan tai esimerkiksi muovikalvosukkaa pitkin ulos, ovat esisuodattimella (G4 tai F5) varustetut hienosuodattimet riittäviä (F7). Jos alipaineistajan ilma joudutaan johtamaan huonetilaan, suodatettava ilma on puhdistettava esisuodatuksen lisäksi korkean erotuskäyvän HEPA-suodattimilla. Alipaineistajan mitoituksessa on huomioitava pölyllä kuormittuvien suodattimien aiheuttama painehäviö. Osaston ilmanpuhdistus-

ta voidaan tehostaa osaston sisälle sijoitettavilla ilmanpuhdistimilla. Ilmanpuhdistimien puhallusilma on ohjattava siten, että se ei nosta laskeutunutta pölyä ilmaan. On huomioitava, että tällöinkin tarvitaan riittävä alipaineistajien teho ylläpitämään vaadittua 5–15 Pa:n paine-eroa ja ilmanvaihtuvuutta.

Tavaran kuljettaminen ja kulkuaukot muodostavat suurimman pölyn leviämiskin ympäriin tiloihin. Tätä riskiä voidaan vähentää rakentamalla kulkuaukkoon eteinen, jonka tulee olla riittävän suuri, jotta aukoista kuljettaessa vain toinen ovi tai kalvo-ovi on kerrallaan auki. Jos pölyn leviäminen halutaan estää mahdollisimman hyvin tai tilassa muodostuu erityisen vaarallisia pölyjä, on käytettävä kahden sulkutilan rakennetta, jossa jokainen sulkutila on alipaineinen puhtaampaan tilaan nähden.

Pölynsidontamatto on tehokas keino jaloissa kulkeutuvan pölyn leviämisen estämiseksi ympäriin tiloihin. Maton liikaannuttua se vaihdetaan tai imuroidaan pölyttömäksi.

Pölymäärien vähentämiseksi, pölyjen leviämisen estämiseksi sekä terveystarkkuuksien poistamiseksi on käytettävissä mm. taulukossa 2 esitetyjä teknisiä menetelmiä.

Taulukko 2. Pölyntorjunnan pääkeinot ja tekniset menetelmät

1. Pölyämättömät työmenetelmät	Valitaan purkamis- ja rakentamismenetelmiä, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän pölyä. Esimerkkejä: Katkaisu leikkurilla sahausken sijaan. Hydraulinen murtaminen piikkauksen sijaan. Jalkalistojen kiinnitys betoniseinään liimaamalla, porattavien tulppa-ruuvi-kiinnitysten sijaan. Määrämittaisten tuotteiden käyttö uutta rakennettaessa.
2. Kohdepoisto	Käytetään sirkkeleissä, hiomalaitteissa ym. koneissa kohdepoistolaitteistoa.
3. Osastointi	Eristetään ja alipaineistetaan korjattava tila, jolloin ilmvirta kulkee puhtaasta korjattavaan tilaan.
4. Ilmanpuhdistus	Sijoitetaan korjattavaan, yleensä myös eristettyyn tilaan ilmanpuhdistaja, joka on varustettu riittävän tehokkaalla suodatuksella, esim. H13.
5. Siivoaminen	Siivotaan tilat hyvillä menetelmillä (esim. ei harjaamalla) korjaustyön aikana noin kaksi kertaa viikossa, tarvittaessa päivittäin sekä ennen ja jälkeen toimintakokien (ns. loppusiivous).
6. Hengityksensuojaimien käyttäminen	Käytetään oikean suojausluokan hengityksensuojaimia. Huolehditaan, että tarvittaessa myös muut kuin varsinaista pölyävää työtä tekevät työntekijät käyttävät suojaimia.
7. Muita menetelmiä	<i>Vesisumutus.</i> Soveltuu käytettäväksi lähinnä ulkotiloissa, sisätiloissa vain työkohteen rajattuun kasteluun. Liiallinen vesisumutuksesta aiheutuva ilmankosteus heikentää ilmanpuhdistimien ja niiden suodattimien toimintaa sekä saattaa aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita. <i>Jätekuilu (purkukuilu).</i> Putki, jota pitkin purkujäte pudotetaan kerroksista esim. pihalla olevalle jätelavalle. Pölyämisen estämiseksi voidaan käyttää vesikastelua, pressuilla suojattuja jätelavoja tai alipaineistettuja pudotuskontteja. Pölyä sitovat matot. Käytetään esim. osastoidun alueen sisäankäynnissä.

3.3 Tuotannosuunnittelu

Tuotannosuunnittelussa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin tehtäviin pölyntorjunnan onnistumiseksi

- Valitaan korjauskohteeseen vähän pölyä aiheuttavia työmenetelmiä.
- Suunnitellaan korjaustyön vaiheistus, ajoitus ja osastoinnit niin, että pölyntorjunta on jatkuvaa ja toimivaa koko hankkeen ajan.
- Varataan osastoinnille ja muille pölyntorjuntajärjestelyille riittävästi aikaa ja resursseja, ennen varsinaisen korjaustyön käynnistymistä.
- Valitaan ja mitoitetaan käytettävät pölyntorjuntamenetelmät ja siivoustaajuus niin, että pölyntorjunnalle asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa.

Menetelmien valinnassa on syytä käyttää pölyntorjuntaan erikoistunutta yritystä tai asiantuntijaa.

- Varataan riittävästi aikaa loppusiivouksille, toimintakokeille ja luovutukselle.

3.4 Pölyntorjuntatehtävät korjaustyön aikana

Seuraavassa on lueteltu pölyntorjunnan kannalta keskeisiä korjaustyössä hoidettavia tehtäviä.

Rakennustyön aloituskokous. Kokouksessa käsitellään laajasti koko rakennushanketta koskevia seikkoja rakentamisen laadun varmistamiseksi. Kokouksessa on syytä käydä läpi myös pölyntorjuntaan liittyvät tärkeimmät asiat (pölyntorjuntasuunnitelma), jotta ne tulevat hankkeen kaikkien osapuolten tietoon.

Osastoinnin rakentaminen. Suojaseinät voidaan tehdä esim. teippaamalla muovikalvo olemassa oleviin rakenteisiin, pingoittamalla muovi puurimoilla katon ja lattian väliin tai rakentamalla pitkäaikaiseen käyttöön tarkoitettuja seinät puurungon ja levyjen avulla. Kaikissa menetelmissä on tärkeää, että seinien liitokset sekä putket ja muut läpiviennit tiivistetään huolellisesti teipillä tai saumanauhoilla. Kulkuaukot voidaan tehdä erilaisilla muovi- tai muovilevyovilla. Mikäli on vaarana, että suojaseinän kulkuaukosta pääsee liikaa pölyä korjattavan tilan viereiseen tilaan, on rakennettava kahdesta ovesta koostuva sulkutila (asbesti- ja mikrobipurku-työssä kolmiosainen).

Alipaineistus. Pelkkä osastointi on yleensä riittämätön pölyntorjuntakeino, minkä vuoksi osastoitu, korjattava tila alipaineistetaan ympäröiviin tiloihin verrattuna. Tällöin ilmavirran suunta on puhtaasta tilasta korjattavaan tilaan päin. Poistoilma suodattetaan ja johdetaan osaston ulkopuolelle, yleensä ulos. Tavanomaisissa purku- ja korjaustyöissä käytettävät alipaineistuslaitteet on valittava ja mitoitettava niin, että osastoidun tilan ilma vaihtuu 6–10

kertaa tunnissa. Vaarallisia aineita sisältävien materiaalien purkutöissä ilmanvaihtuvuuden on oltava tätäkin suurempi.

Osastoidun tilan tulisi olla 5–15 Pa alipaineinen. Liian suuri alipaine voi rikkoa suojaseinien tiivistyksiä, estää ovien aukeamista ja mm. haitata rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa.

Ilmansuodatus. Alipaineistus- ja kohdepoistolaitteet on varustettava tarvittavilla suodattimilla. Karkeasuodatin esisuodatukseen (vähintään G4), hienosuodatin (vähintään F7) poistettaessa ilma ulos ja HEPA-suodatin vaativiin kohteisiin tai jos ilmaa ei voida johtaa ulos.

Aliurakan (työvaiheen, tehtävän) aloituspalaveri. Pölyntorjunnan kannalta tärkein on purku-urakan aloituspalaveri, jossa todetaan muun muassa

- työntekijöiden ammattitaito ja kokemus kyseisestä työstä
- työalueen rajaus
- osastointien tiiveys, kulkuaukkojen ja sulkutilojen toteutus
- alipaineistuskoneiden ja suodattimien suunnitelmanmukaisuus ja toimivuus
- kohdepoistolaitteiden ja muiden pölyntorjuntaratkaisujen valmius
- työsuunnitelman valmius (työn vaiheistus ja eteneminen, käytettävät työmenetelmät, koneet ja laitteet kattaen purkutyöt, jätteiden siirron ja varastoinnin)
- henkilökohtaisten suojaimien käyttötarve ja saatavuus
- yhteiset pelisäännöt, esim. että purkutyötä ei aloiteta eikä tehdä, mikäli pölyntorjunta ei joltain osin toimi suunnitellusti (edes ilmanvaihdon tarkistusluukkuja ei avata).

Laitteiden tarkastus ja huolto. Alipaineistus- ja kohdepoistolaitteiston sekä osastoinnin kunto ja toimivuus tarkistetaan päivittäin. Osastoidun ja ympäröivän tilan paine-eroa tulisi seurata toistuvasti päivän mittaan alipaineistajan paine-eromittarista tai erillisestä tallentavasta mittarista. Suodattimet on tarkistettava säännöllisesti ja vaihdettava tarvittaessa laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Vaihtoväli riippuu käyttöolosuhteista ja suodattimesta.

Siivous. Hyvin toteutettu rakennussiivous koostuu työnaikaisesta siivouksesta ja kaksivaiheisesta loppusiivouksesta. Työn aikana siivotaan purkutyövaiheessa päivittäin, muulloin vähintään kerran viikossa. Ensimmäinen loppusiivous tehdään ennen laitteiden toimintakokeita ja toinen toimintakokeiden jälkeen, ennen rakennuskohteen luovutusta.

Vaatteiden puhdistus ja vaihto. Työssä, joissa syntyy erityisen vaarallisia pölyjä (asbestia, kreosoottia, mikrobeja), on osastoidun alueen sulkutilaan järjestettävä peseytymisvälineet, HEPA-suodattimel-

la varustettu imuri suojavaatteiden imurointia varten sekä jätesäkki kertakäyttöisille suojarusteille. Sulkutilan puhtaimmassa osassa säilytetään työntekijöiden pitovaatteita. Myös tavanomaisia pölyjä (esim. betonipölyä) synnyttävissä töissä on syytä järjestää imuri vaatteiden puhdistamiseen tai vaihtovaatteet. Muussa tapauksessa vaatteista voi kulkeutua huomattava määrä pölyä puhtaaksi tarkoitettuun tilaan.

Urakoitsijapalaverit. Palavereissa käsitellään pölyntorjunnassa esiin nousseita ongelmia sekä aiemmin kohdassa Aliurakan aloituspalaveri mainittuja asioita.

Mittaukset. Korjauskohteen pölyyn liittyvät mittausuureet ovat

- Osastoidun ja sen viereisen tilan paine-ero.
- Hengitettävien hiukkasten (PM10) pitoisuus. Käytetään osastoinnin toimivuuden ja pölyn leviämisen arviointiin. Mitataan ns. suoraan osoitavalla mittarilla.
- Hengittyvän ja alveolijakeisen pölyn pitoisuus. Käytetään työntekijöiden altistumisen ja kohdepoistojen toimivuuden arviointiin. Mitataan joko kerääväällä menetelmällä tai suoraan osoitavalla mittarilla.
- Pintojen puhtaus. Käytetään pölyntorjunnan ja siivouksen onnistumisen arviointiin korjaustyön aikana ja sen päätyttyä. Arvioidaan silmämääräisesti tai mitataan ns. geeliteippimenetelmällä, mikäli arvion tulkinna ei päästä yksimielisyyteen tai mittauksesta on erikseen sovittu.

4 Yhteenveto

Korjausrakentamisessa työntekijät altistuvat pääasiassa purettavien rakenteiden pölyille (kvartsi sisältyvät kivimateriaalipölyt, mikrobit, PAH-yhdisteet) ja uusien rakenteiden hionnassa syntyville pölylle. Suunnitelmallisella pölyntorjunnalla voidaan merkittävästi vähentää rakennustyöntekijöiden altistumista ja vähentää pölyn leviämistä myös rakennustyömaan ulkopuolisille alueille. Tällä on merkitystä saneerattavien tilojen ulkopuolella työskentelevien viihtyisyyteen ja terveyteen.

Tutkimushankkeessa käytetty osallistava toimintamalli auttoi työntekijöitä tunnistamaan työympäristönsä riskitekijöitä ja samalla heidät saatiin motivoitua kehittämään omaa työtään turvallisemmaksi ja pölyttömämmäksi. Kyselyllä saadaan myös selville rakennuksen käyttäjille korjausrakentamisesta aiheutuvat haitat. Rakentajat ja rakennuttajat voivat käyttää kyselyä toimintansa kehittämistyökaluna ja osana laadunhallintaa.

Kohdepoistojen käyttö työstökoneissa on tehokas pölyntorjuntakeino. Työntekijöiden pölyaltistuminen vähentyi merkittävästi. Tästä huolimatta pur-

ku- ja hiontatyövaiheissa terveydelle vaarallisten altisteiden pitoisuudet, esim. alveolijakeisen kvartsin pitoisuudet nousivat työntekijän hengitysvyöhykkeellä haitalliselle tasolle. Kohdepoistojen käyttö vähentää myös pölyn leviämiskäsiä laajemmalle työmaalla ja myös työmaan ulkopuolelle.

Pölyaltistumisen vähentäminen myös henkilökohtaisin suojaimin on tarpeen myös vähemmän pölyävissä töissä, sillä monet altistumisesta tulevat sairaudet kehittyvät pitkän ajan kuluessa. Tutkimuksessa havaittiin, että suojainten käyttö oli puutteellista, minkä vuoksi työntekijöitä tulisi motivoida suojainten aktiiviseen käyttöön.

Korjausalueen eristäminen osastoimalla ja alipaineistamalla osoittautui tehokkaaksi keinoksi estää pölyn leviämistä työmaan ulkopuolelle. Tutkimuksessa havaittiin, että alipaineisuuden on oltava jatkuvaa ja sen on oltava riittävä estämään työmaan epäpuhtauksien leviämistä. Vuodot ilmenivät jatkuvatoimisissa pölymittauksissa samanaikaisena pölypitoisuuden vaihteluna. Toimivan osastoinnin rakentaminen edellyttää suunnitelmaa. Tavoitteena on ylläpitää 5–15 Pa:n alipainetta ja ilmanvaihtuvuuden tulisi olla 6–10 kertaa tunnissa. Jatkuva alipaineisuuden seuranta osoittautui toimivaksi laadunhallintamenetelmäksi. Osaston kulkuaukko on varustettava sulkutilalla tai vaativimmissa kohteissa kahdella sulkutilalla, jossa vaihdetaan mm. pölyiset työvaatteet pois ennen paluuta pölyttömälle alueelle. Pölynleviämistä kulkuväylillä voidaan estää pölynsidontamatoilla.

Tutkimushankkeessa luotiin korjausrakennustyöympäristölle pölypitoisuuksien tavoitearvot työtilassa: hengittyvä pöly 5 mg/m³ ja alveolijakeinen pöly 0,5 mg/m³. Työmaan ulkopuolelle tavoitearvoksi asetettiin 50 µg/m³.

5 Käsitteitä

Alipaineistaja	Laitte, joka pölyntorjunnassa imee ilmaa korjattavasta, eristetystä tilasta ja puhalttaa sen suodatettuna toiseen tilaan tai ulkoilmaan. Tällöin korjattavaan tilaan syntyy alipaine viereisiin tiloihin verrattuna.
Alveolijakeinen pöly	Erittäin hienojakoisista hiukkasista ($< 4 \mu\text{m}$) koostuva pöly, joka pääsee kulkeutumaan keuhkorakkuloihin asti eli keuhkojen ns. kaasujenvaihtoalueelle.
Geeliteippimenetelmä	Pintojen pölykertymien mittaamiseen tarkoitettu menetelmä, jossa geeliteippi painetaan mitattavalle pinnalle näyteenottotelalla. Telattu geeliteippi läpivalaistaan laseroptisella mittauslaitteella, joka ilmoittaa pölypeittoprosenttina, kuinka suuri osa teipin pinnasta on pölyn ja lian peitossa.
Hengittyvä pöly	Kaikki se pöly, joka voi kulkeutua nenän tai suun kautta elimistöön.
HEPA-suodatin	Erittäin hyvän suodatuskyvyn suodatin. HEPA on lyhenne sanoista High Efficiency Particulate Air filter.
HTP-arvot	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus eli HTP-arvo on pienin ilman epäpuhtauspitoisuus, jonka arvioidaan voivan aiheuttaa haittaa tai vaaraa työntekijän terveydelle. Haitalliseksi tunnettu pitoisuus ilmoitetaan 8 tunnin (HTP8h) tai 15 minuutin (HTP15min) keskipitoisuudelle tai hetkelliselle pitoisuudelle.
Kohdepoisto	Kohdepoiston avulla epäpuhtaudet poistetaan muodostumispaikaltaan ennen niiden leviämistä työntekijän hengitysvyöhykkeelle. Korkeapaineisessa kohdepoistossa käytetään esierottimella ja mikro-suodattimella varustettua liikuteltavaa rakennusimuria tai keskuspölynimurijärjestelmää. Kohdepoisto voidaan liittää purkutyössä käytettäviin työstökoneisiin, kuten sahoihin, sirkkeleihin, jyrsimiin ja hiontalaitteisiin.
Osastointi	Korjattavan tilan osastoinnilla tarkoitetaan tilan ilmanvaihdon erottamista ympäröivistä tiloista korjaustyön ajaksi. Osastointi toteutetaan käyttämällä hyväksi rakennuksen huonejakoa tai esim. tilapäisillä pölytiiviillä suojaseinillä.
Pimex-video	PIMEX-menetelmässä (PIMEX = Picture Mix Exposure) yhdistetään työkohteen videointi ja työntekijän pölyaltistumisen mittaaminen reaaliajassa. Työtä kuvataan videolle, ja videokuva ja pölymittauksen tulos yhdistetään reaaliajassa paikanpäällä PIMEX-videoksi.
PM10 -pitoisuus	Hengitettävien hiukkasten ($< 10 \mu\text{m}$) pitoisuus
Pölykertymä	Seinä-, lattia- ja muille pinnoille kertynyt pölymäärä. Mitataan geeliteippimenetelmällä.
Pölypitoisuus	Pölyn määrä ilmassa. Yksikkönä tavallisesti mg/m^3 tai $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

PUTUSA-hankkeen materiaalit (loppuraportti, pölyntorjuntaohjeet, kyselylomakkeet) löytyvät mm. linkistä http://www.ttl.fi/toimialat/rakennus/ajankohtaista/Sivut/hyvalla_polyntorjunnalla_terveellisempaa_korjausrakentamista.aspx.